

平成 28 年度

戦略的イノベーション創造プログラム

(自動走行システム) :

「走行映像データベース」の構築技術の開発及び実証

平成 29 年 3 月

(委託先)

一般財団法人 日本自動車研究所

# 目 次

序章	序	1
1. はじめに	序	1
1.1 事業全体の目標	序	1
1.2 全体スキーム	序	2
1.3 委員名簿	序	5
2. 技術開発項目	序	7
2.1 平成 28 年度の研究開発課題の概要	序	8
2.2 技術開発内容	序	10
2.2.1 走行映像データベースの分析	序	10
2.2.2 タグ付け技術開発	序	10
2.2.3 検索用データベース技術開発	序	10
2.2.4 走行映像データベースの開発と実証	序	11
2.2.5 走行映像データベースの評価	序	12
2.3 走行映像データベースの開発目標	序	13
2.4 研究開発成果のまとめ	序	14
2.4.1 走行映像データの分析	序	14
2.4.2 走行映像データベースへのタグ付け技術開発	序	19
2.4.3 走行映像データベース開発および実証	序	23
2.4.4 走行映像データベースの評価	序	26
2.4.5 研究開発全体企画・管理	序	43
第 1 章 走行映像データの分析		1
1.1 国内走行映像データの分析		1
1.1.1 走行環境シーン分類の目的		1
1.1.2 走行環境シーン分類の定義		1
1.1.3 走行環境シーン分類対象映像データ		8
1.1.4 走行環境シーン分類、映像抽出方法		10
1.1.5 走行環境シーン番号映像時刻一覧表		11
1.1.6 走行環境シーン分類抽出結果（作業分）		12
1.1.7 走行環境シーン分類全体予測		13
1.1.8 全体歩行者シーン数		15
1.1.9 地域区分によるシーン数の傾向		15
1.1.10 平成 27 年度成果報告書との相違		17
1.1.11 走行環境シーン分類完了率		17
1.1.12 国内走行映像データの分析まとめ		17

1.2	海外走行映像データの分析 .....	20
1.2.1	海外走行映像データの分析 .....	20
1.2.2	海外走行映像からの特徴シーンの抽出 .....	24
1.3	走行映像データ分析支援ツールの開発 .....	30
1.3.1	走行映像データの分類ツールの開発 .....	30
1.3.2	走行映像データ抽出ツールの開発 .....	36
1.3.3	走行映像データ分析支援ツール開発のまとめ .....	38
1.3.4	今後の課題 .....	39
1.4	データ収集車両の機能設計 .....	40
1.4.1	データ収集システムの改良開発 .....	40
1.4.2	まとめと今後の課題 .....	52
1.5	走行映像データの分析 成果と今後の課題 .....	53
1.5.1	成果まとめ .....	53
1.5.2	今後の課題 .....	54
<b>第2章</b>	<b>走行映像データへのタグ付け技術の開発および実証 .....</b>	<b>55</b>
2.1	タグ付け技術開発 .....	55
2.1.1	シーン抽出機能 .....	55
2.1.2	自動タグ付け機能 .....	57
2.1.3	手動タグ付け GUI 機能 .....	70
2.1.4	フレーム間補間機能 .....	75
2.1.5	運用プログラム .....	75
2.1.6	まとめと今後の課題 .....	76
2.2	走行映像データへのタグ付け技術の開発及び実証 .....	77
2.2.1	走行映像データベースの運用 .....	77
2.2.2	手動タグ付け編集作業・タグ情報確認作業の実施 .....	80
2.2.3	検索性データベースの開発 .....	88
2.3	走行映像データへのタグ付け技術の開発および実証と成果 まとめ .....	107
2.3.1	成果まとめ .....	107
2.3.2	今後の課題 .....	108
<b>第3章</b>	<b>走行映像データベースの評価 .....</b>	<b>109</b>
3.1	走行映像データベースの性能比較評価 .....	109
3.1.1	周辺環境の物体認識アルゴリズムの要件とデータベース評価基準 .....	109
3.1.2	走行映像データベースの評価 .....	111
3.1.3	走行映像データベースの性能比較評価のまとめ .....	118
3.2	走行映像データベースの評価 .....	123
3.2.1	前遠方監視画像に対する映像データベースの評価 .....	123
3.2.2	全周囲監視画像に対する映像データベースの評価 .....	130
3.2.3	評価用サンプルデータベースの作成 .....	134

3.3	走行映像データベースの質や量及び多様性に関わる評価 .....	139
3.3.1	データベースの評価 1 (レーザーレンジセンサによる基準距離情報付加の有効性評価、画像データの平均輝度のバリエーション評価) .....	139
3.3.2	データベースの評価 2 (映像データの 27 シーン分類の指針検討及び有効性の評価、歩行者の属性情報等を用いたタグ情報の有効性評価) .....	147
3.3.3	データベースの評価 3 (レーザレンジセンサによる基準距離情報付加の有効性評価、真値タグ付き画像の活用方法検討及び追加タグ情報の提案、高分解能カメラの有効性評価) ..	156
3.3.4	データベースの評価 4 (真値タグ付き画像の活用方法検討及び追加タグ情報の提案) .....	166
3.3.5	データベースの評価 5 (映像データの 27 シーン分類の指針検討及び有効性の評価) .....	174
3.3.6	データベースの評価 6 (映像データの 27 シーン分類の指針検討及び有効性の評価、誤認識対象のバリエーション評価、真値タグ付き画像の活用方法検討及び追加タグ情報の提案) .....	183
3.3.7	データベースの評価 7 (真値タグ付き画像の活用方法検討及び追加タグ情報の提案) .....	191
3.3.8	走行映像データベースの評価まとめ .....	198
第 4 章	研究開発全体企画・管理 .....	206
4.1	全体工程表の策定 .....	206
4.2	研究開発の運営 .....	207
4.2.1	開発検討会の実施 .....	207
4.2.2	自動運転システム研究推進委員会の参画 .....	208
4.2.3	SIP システム実用化 WG の参画 .....	209
4.2.4	研究開発全体企画会議の実施 .....	210
4.2.5	技術動向調査の実施 .....	212
4.3.	研究開発全体企画・管理と成果 まとめ .....	227
4.3.1	まとめ .....	227
4.3.2	今後の課題 .....	227
	おわりに .....	228
	参考資料 .....	230

# 序章

## 1. はじめに

### 1.1 事業全体の目標

2018年を目処に交通事故死者数を2,500人以下とし、2020年までには世界で最も安全な道路交通社会を実現すると共に、交通渋滞を大幅に削減するとした政府施策目標の解決策として、人為的ミスの抑制や円滑な交通流の実現に向けた自動走行システムの実用化と普及が期待されており、その根幹をなす周辺環境認識技術の発展が望まれている。

車載カメラ方式を用いた周辺環境認識技術において、交通弱者である歩行者や二輪車の形状や挙動の認識には、高解像度カメラで撮像された多数の歩行者画像を含む走行映像データベース（以下DBと称す）が不可欠である。また、走行映像データに対して、従来手動等で実施していた対象物へのタグ付け作業を自動で対象物を検知して行うタグ技術開発などの基盤開発の発展が望まれている。

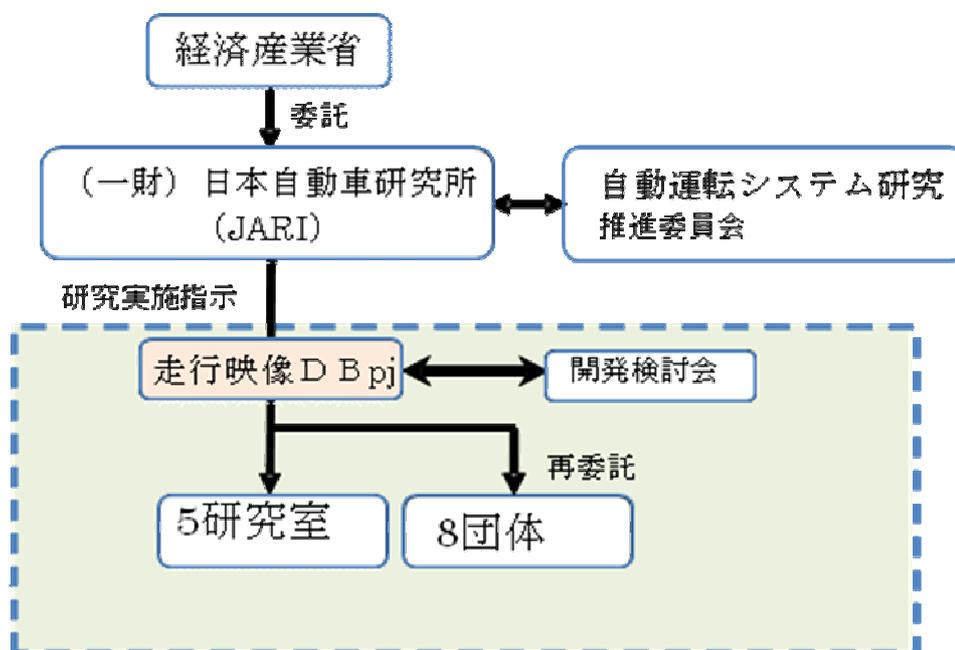
本事業は、SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）自動走行システム研究開発計画（2015年5月11日：内閣府政策統括官（科学技術・イノベーション担当））の〔I〕自動走行システムの開発・実証の研究開発内容であるセンシング能力の向上技術開発と実証実験の一つのテーマとして、走行映像データベースの構築技術の確立を目標に平成26年度から実施している。

平成28年度は、平成27年度にデータ収集システム車両を用いて収集した国内走行映像データおよび海外走行映像データを活用して、開発検討会の合意事項である27シーン分類（以下、走行環境シーンと称す）に基づきタグ付け作業を各シーン毎に分析および評価を行い、蓄積した走行映像データベースに対する検証を行う。また、自動タグ付け技術開発は、検知・認識率向上のためのアルゴリズム改良に加えて、対象物までの距離情報等の付加情報追加に対応するアルゴリズム開発や検索用データベースの開発を行う。合わせて、走行映像データベースの評価手法に関して、評価方式仕様書に基づく性能比較評価の実施および収集した一部データを公開し、OEM（Original Equipment Manufacturer）およびサプライヤ等から選定した一部に対して評価サンプルデータを提供し、質や量および多様性等に対する幅広い評価やアイデア提供に基づく技術開発を行う。

## 1.2 全体スキーム

本事業の全体実施体制を図序 1.2-1 に示す。日本自動車研究所（以下、JARI と称す）は、本事業の研究開発を実施に当り委託契約に基づき、図序 1.2-2 に示す通り、2つの研究テーマである「走行映像データの分析」および「走行映像データベースへのタグ付け技術の開発および実証」を実施した。

研究開発の推進体制は、JARI が研究開発の全体を統括し、当研究開発に必要な要素技術を所有している安全システムを商品開発するサプライヤ、画像認識技術やデータベースシステムなどを商品開発する総合電機メーカー、システム小型化を実現する半導体メーカーなどを含めた 5つの研究室および走行映像データベースの評価を実施する 8団体の再委託先による組織の連携で実施した。



図序 1.2-1 全体実施体制図

本事業に参画する 5つの研究室および再委託先における研究開発分担の概要を示す。

### JARI 第 51 研究室（クラリオン株式会社）

国内の走行映像データの分析および収集した全周辺監視画像データに対する評価等を担当した。

### JARI 第 52 研究室（萩原電気株式会社）

国内の走行映像データの分析およびデータ収集車両の改良開発等を担当した。

### JARI 第 61 研究室（ルネサスエレクトロニクス株式会社）

タグ付け技術開発におけるシーン抽出技術開発、手動タグ付け GUI 技術開発、フレーム間補間技術開発を担当した。

JARI 第 62 研究室（日本電気株式会社）

画像に対する自動タグ付け技術開発及び検索用データベース技術開発を担当した。

JARI 第 63 研究室（株式会社デンソー）

走行映像データセンタを活用した走行映像ベースの蓄積及び前遠方監視画像データに対する評価等を担当した。

再委託 1（国立研究開発法人 産業技術総合研究所）

走行映像データベースの提供データを用いた評価として、走行映像データベースに係る性能比較評価を担当した。

再委託 2（国立大学法人 名古屋大学）

提供データを用いた走行映像データベースの質や量及び多様性に係る評価として、レーザレンジセンサによる基準距離情報付加の有効性評価、画像データの平均輝度のバリエーション評価を担当した。

再委託 3（日立製作所株式会社）

提供データを用いた走行映像データベースの質や量及び多様性に係る評価として、映像データの 27 シーン分類の指針検討及び有効性の評価、歩行者の属性情報等を用いたタグ情報の有効性評価を担当した。

再委託 4（三菱電機株式会社）

提供データを用いた走行映像データベースの質や量及び多様性に係る評価として、レーザレンジセンサによる基準距離情報付加の有効性評価、真値タグ付き画像の活用方法検討及び追加タグ情報の提案、高分解能カメラの有効性評価を担当した。

再委託 5（パナソニック株式会社）

提供データを用いた走行映像データベースの質や量及び多様性に係る評価として、真値タグ付き画像の活用方法検討及び追加タグ情報の提案を担当した。

再委託 6（富士通株式会社）

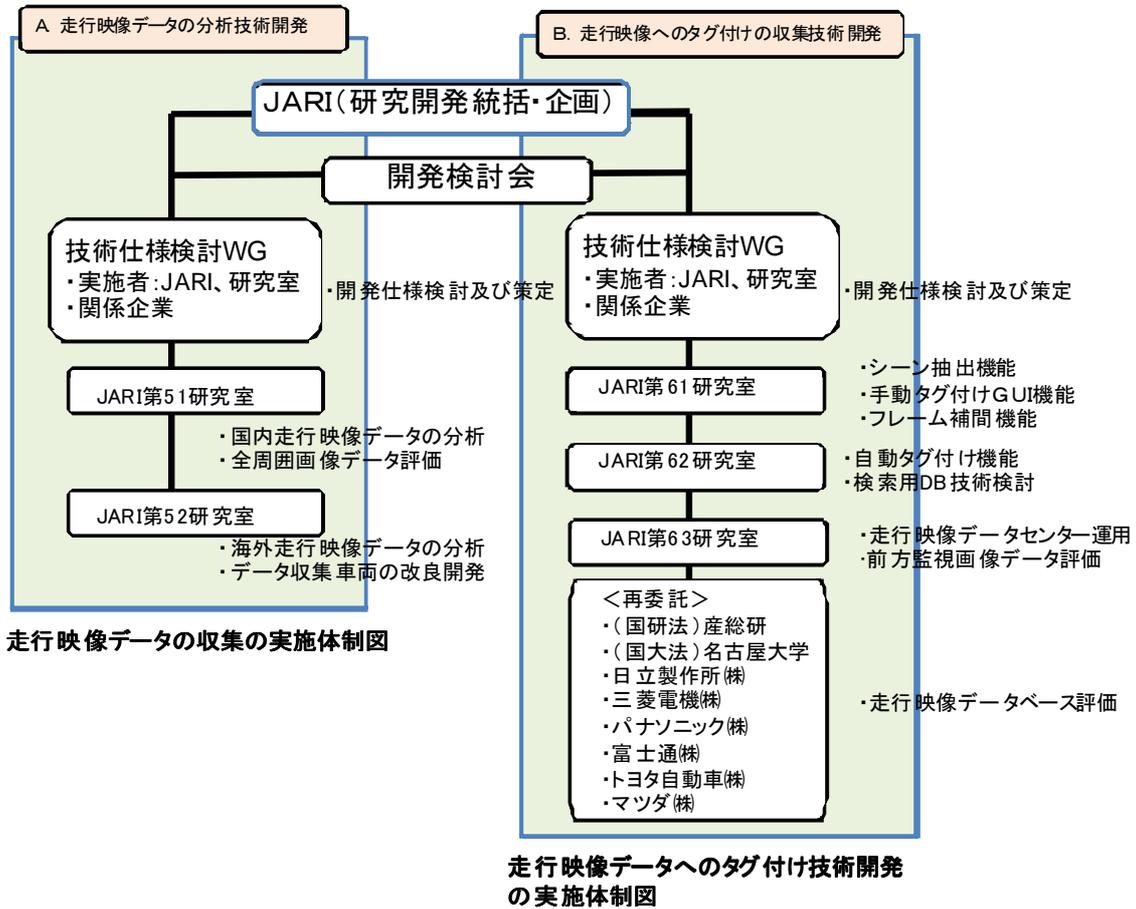
提供データを用いた走行映像データベースの質や量及び多様性に係る評価として、映像データの 27 シーン分類の指針検討および有効性の評価を担当した。

再委託 7（トヨタ自動車株式会社）

提供データを用いた走行映像データベースの質や量及び多様性に係る評価として、映像データの 27 シーン分類の指針検討及び有効性の評価、誤認識対象のバリエーション評価、真値タグ付き画像の活用方法検討及び追加タグ情報の提案を担当した。

再委託 8 (マツダ株式会社)

提供データを用いた走行映像データベースの質や量及び多様性に係る評価として、真値タグ付き画像の活用方法検討及び追加タグ情報の提案を担当した。



図序 1.2-2 研究室体制図

### 1.3 委員名簿

本事業を推進するに当たり、有識者メンバで構成される自動運転システム研究推進委員会に対して研究開発の進捗状況等の報告を実施しており、委員名簿を表序 1.3-1 に示す。

本委員会は、平成 28 年度に 2 回開催され、以下の報告を行い質疑応答及び意見交換を実施した。

- ・ 第 1 回（平成 28 年 9 月 29 日）：平成 27 年度成果と課題、平成 28 年度研究開発目標の概要
- ・ 第 2 回（平成 29 年 2 月 27 日）：平成 28 年度の研究成果概要、質疑応答等

また、内閣府が主催する SIP システム実用化 WG において、以下の報告し質疑応答を実施した。

- ・ 第 1 回（平成 28 年 6 月 5 日）：平成 27 年度成果と課題、平成 28 年度研究開発目標の概要
- ・ 第 2 回（平成 28 年 9 月 28 日）：平成 28 年度研究開発の中間報告、質疑応答
- ・ 第 3 回（平成 29 年 3 月 8 日）：平成 28 年度研究開発の成果と課題報告、質疑応答

さらに、本事業の技術開発方針の策定に際して、自動車メーカー参加による意見交換やアドバイスを頂く場として、平成 28 年度に 5 回の開発検討会（表序 1.3-2）を開催し、自動車メーカーや再委託の関係 8 団体のニーズを反映した推進の方向性等に反映した。

- ・ 第 1 回（平成 28 年 6 月 29 日）：平成 27 年度成果、平成 28 年度研究開発目標の概要
- ・ 第 2 回（平成 28 年 9 月 2 日）：再委託先の走行映像データベースの評価内容の概要紹介等
- ・ 第 3 回（平成 28 年 10 月 28 日）：走行映像データベースの再委託先の中間報告等の概要紹介
- ・ 第 4 回（平成 28 年 12 月 16 日）：走行映像データベースの再委託先の報告書骨子等の概要紹介
- ・ 第 5 回（平成 29 年 1 月 20 日）：走行映像データベース評価結果のとりまとめ等

表序 1.3-1 自動運転システム研究推進委員会 委員名簿

	氏名	組織名	所属/役職
座長	伊藤 誠	筑波大学	システム情報系/教授
委員	石 太郎	早稲田大学	環境総合研究センター/参事
委員	大前 学	慶應義塾大学	大学院政策・メディア研究科/教授
委員	北崎 智之	国立研究開発法人産業技術総合研究所	自動車ヒューマンファクター研究センター/研究センター長
委員	葛巻 清香	SIP-adus プログラムディレクター	(トヨタ自動車株式会社/CSTO 補佐)
委員	菅沼 直樹	金沢大学	新学術創成研究機構准/准教授
委員	須田 義大	東京大学生産技術研究所	次世代モビリティ研究センター/教授・センター長
委員	高田 広章	名古屋大学	未来社会創造機構/教授
オブザーバー		経済産業省製造産業局自動車課/国土交通省自動車局技術政策課	
事務局		一般財団法人日本自動車研究所	

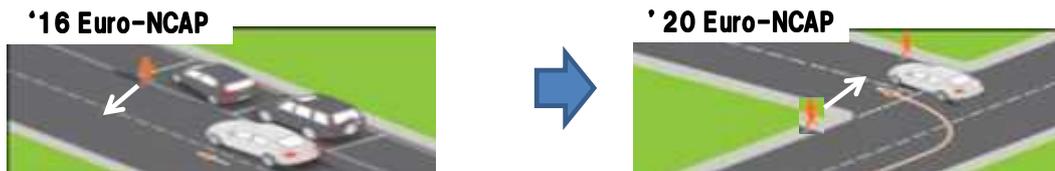
表序 1.3-2 走行映像 DB 開発検討会 委員名簿

	氏名	組織名	所属/役職
座長	谷川 浩	(一財)日本自動車研究所	ITS研究部/部長
委員	田中 勇彦	トヨタ自動車(株)	先進安全先行開発部 第1先行開発室/主幹
委員	下村 倫子	日産自動車(株)	総合研究所/モビリティ・サービス研究所/主任研究員
委員	斉藤 徹	(株)本田技術研究所	四輪R&Dセンター 第12技術開発室/主任研究員
委員	速水 正人	マツダ(株)	統合制御システム開発本部/シニアスタッフ
委員	喜瀬 勝之	富士重工業(株)	スバル第一技術本部 車両研究実験第4部/主幹

## 2. 技術開発項目

走行映像データベースの構築技術の開発及び実証は、従来の画像認識技術に用いる歩行者辞書に対して、未検出や誤検出が存在する歩行者情報を、自動走行システムの周辺環境認識センサに求められる歩行者の属性情報（大人・子供、男・女、保有物、移動方向等）や自転車乗車など認識用映像辞書の充実で認識率の向上を図るため、国内外の走行映像データを地域（関東地域、中京地域、関西地域）、季節（寒冷地を含む）、道路種別（高速道路、国道、県道、市道、山岳道）、特殊な場所（観光地や高速道路サービスエリア駐車場）および様々な時間帯等を網羅する走行映像データを収集し、研究目標延べ歩行者 400 万事例および歩行者シーン 4 万シーンの走行映像データベースを構築するための技術開発である。

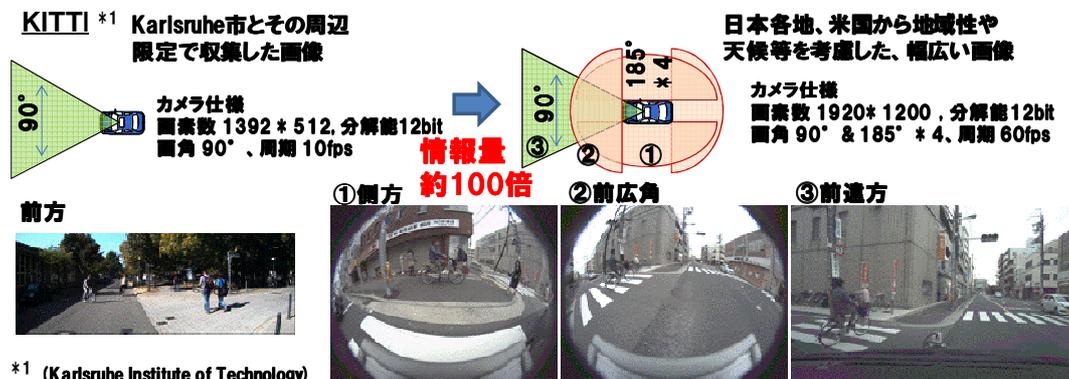
本事業が目指す周辺環境認識技術への利活用としては、ADAS 動向の一つに代表される Euro NCAP において、図序 2-1 に示すように 2016 年単路飛出しから 2020 年交差点事故対応があり、本走行映像データベースは 2020 年交差点事故対応への事業成果の適用を目標の一つとして設定しており、車両の全周辺検知を必要とする技術開発成果が求められている。



図序 2-1 ADAS 動向（Euro NCAP）

現在公開されている画像データベースとして、Karlsruhe 市とその周辺限定で収集した前方画像のデータベースである KTTI（Karlsruhe Institute of Technology）がある。

他方、本走行映像データベースは、日本各地、米国から地域性や天候等を考慮した、幅広い画像データを収集している。また、図序 2-2 に示す通り、データ収集車両に搭載された前遠方監視と全周辺監視用 5 台の高分解能ハイビジョンカメラ及び 5 台の前遠方監視と全周辺監視用レーザレンジセンサから構成され、既存システムと比べて約 100 倍の情報を活用出来る走行映像データベース構築を目指すものである。



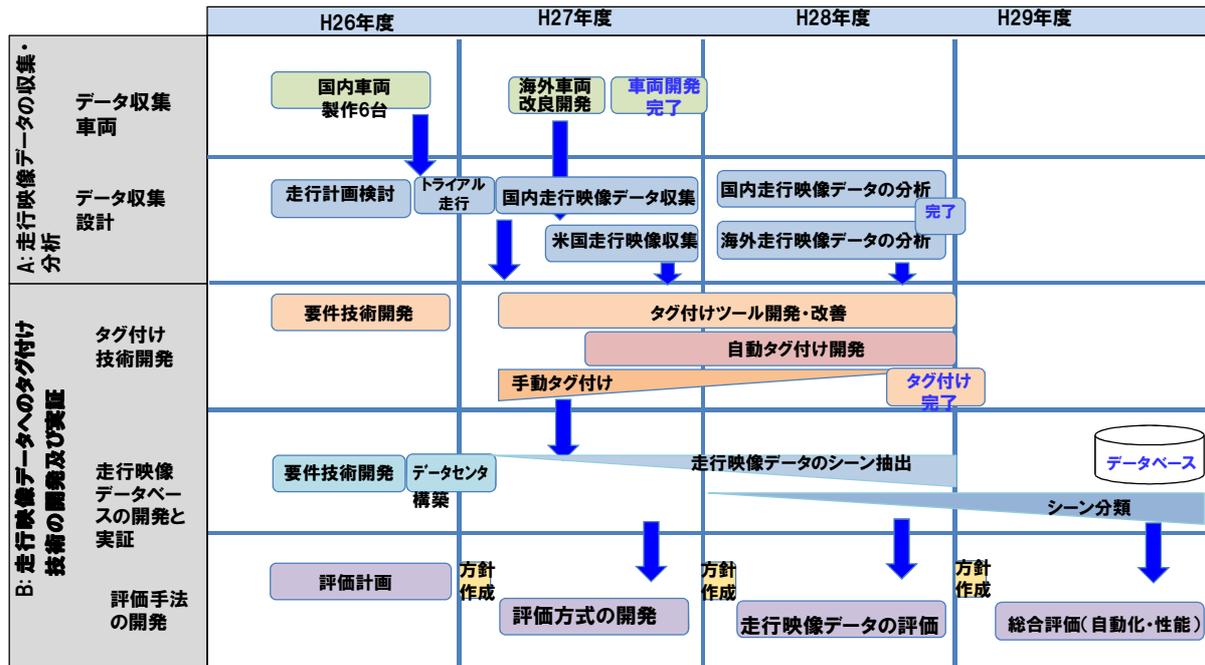
図序 2-2 既存システムとの有効性比較例

## 2.1 平成 28 年度の研究開発課題の概要

本事業は、自動走行に供する周辺環境認識技術の設計開発と評価を効率的に行う走行映像データベースの確立を目標に、2つの研究開発テーマがある。

- ・テーマ A. 走行映像データの分析
- ・テーマ B. 走行映像データへのタグ付け技術の開発及び実証

を図序 2.1.1-1 の研究開発の流れに示すように、4年間の事業を通して実施を計画している。

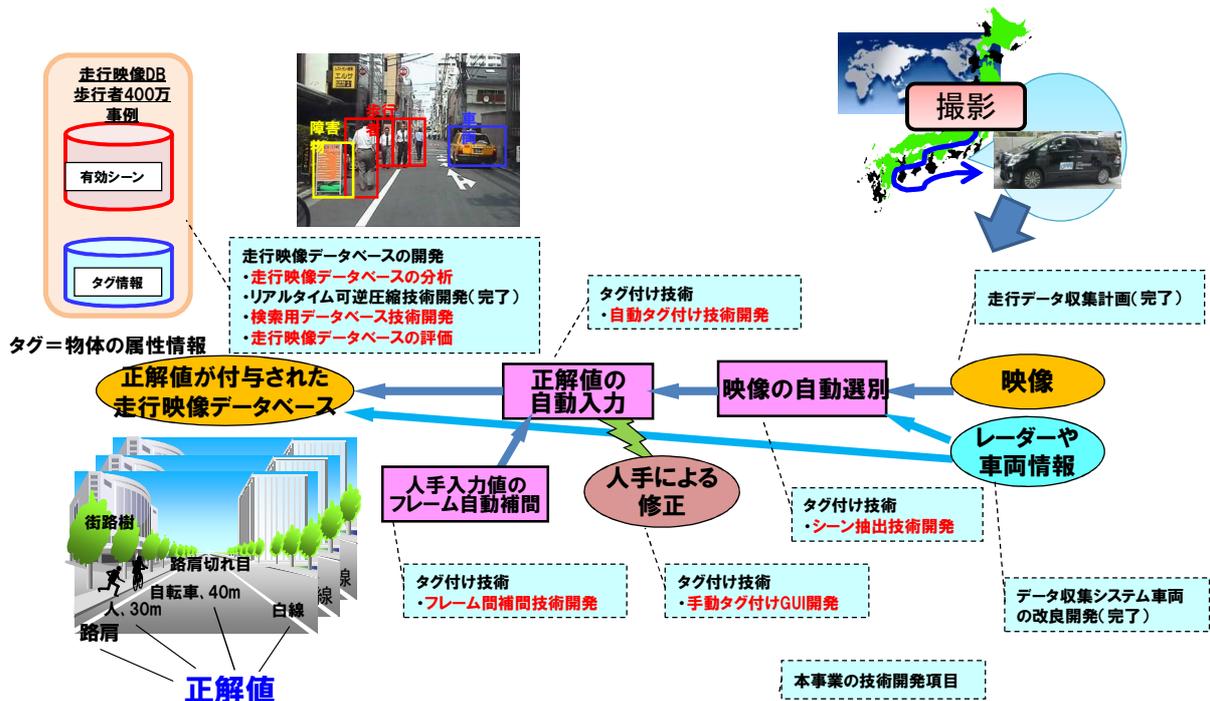


図序 2.1.1-1 研究開発の流れ

平成 28 年度は、走行映像データベースの要素技術開発として、平成 27 年度に収集した走行映像データの自動検知された対象物に対して距離情報を付加する自動タグ付け機能やシーン抽出機能等の性能向上を行う(1)タグ付け技術開発、走行映像データベースの利活用を有効にする(2)検索用データベースの開発を実施した。

また、タグ付け作業を実施したデータベースを用いて、平成 27 年度に開発検討会で合意した走行環境シーン(27シーン分類)に基づいたシーン抽出やシーン分類を行う(3)走行映像データベースの分析を実施した。さらに、走行映像データベースを利活用の対象となるOEM、サプライヤおよび研究機関を新たに参画して頂き(4)走行映像データベースの評価を中心とした技術開発を実施した。

技術開発項目の概要を図序 2.1.1-2 に示す。



図序 2.1.1-2 技術開発項目（概要）

平成 28 年度の技術開発項目として、(1) から (4) を実施した。

- (1) 収集した走行映像データに距離情報等を付加する「タグ付け技術開発」
- (2) 走行映像データベースを有効利活するツールである「検索用データベース技術開発」
- (3) 国内外の走行映像データを走行環境シーン（27 シーン分類）に基づいた分析を行う「走行映像データベースの分析」
- (4) 研究開発した走行映像データベースの性能比較評価やデータベースの質や量及び多様性等を定量的に評価するための「走行映像データベースの評価」

## 2.2 技術開発内容

2.1 項で示した各技術分野について更に必要な詳細技術項目やシステム信頼性を向上するための技術項目を定め開発を行った。

### 2.2.1 走行映像データベースの分析

平成 27 年度に収集した国内走行映像データに対して、平成 27 年度開発検討会で合意した走行環境シーン（27 シーン分類）を用いて収集した映像を分析しシーン抽出する。シーン抽出した映像取得日付、場所、時刻にシーン分類番号を関連付けの検討を行い、シーン抽出と標準シーン分類番号の関連付けを行う技術項目として定めた。

### 2.2.2 タグ付け技術開発

平成 27 年度に開発した自動タグ付け機能に対して、単眼画像測距技術を用いたデータ収集車両から対象物までの距離情報を付加する研究開発を行う。また、走行映像データセンタで運用している処理ソフトウェアの処理速度・検知・認識率向上のために、シーン抽出機能、手動タグ付け GUI（Graphical User Interface）機能およびフレーム間補間機能のアルゴリズム改良を施す研究開発を技術項目と定めた。表序 2.2.2-1 に示す。

表序 2.2.2-1 タグ付け技術開発の機能概要

技術項目	内容	目標
シーン抽出機能	シーン抽出用アルゴリズム開発の改良。 歩行者検知用辞書および車両検知用辞書の改善	タグ付け情報プログラムによりシーン抽出の自動化を実現する。
自動タグ付け機能	単眼画像測距技術を用いた対象物までの距離情報を付加するツールの開発	効率的なタグ付け作業を行える自動タグ付けツールを実現する。
手動タグ付け GUI 機能 フレーム間補間機能	手動タグ付け GUI ツールの機能追加および作業者の操作性向上	対象物 ID を用いた属性情報の関連付け作業の迅速化を実現する。

### 2.2.3 検索用データベース技術開発

平成 27 年度に開発した検索データベースのデータ構造体をベースとして、発話ログによるシーン属性データおよび歩行者属性データ、画像タグ付け結果から抽出される歩行者属性情報データおよび他の車両出力情報 CAN（Controller Area Network）及び GPS（Global Positioning System）等のデータに対する横断データ分析が可能な検索用データベースの研究開発を技術項目と定めた。

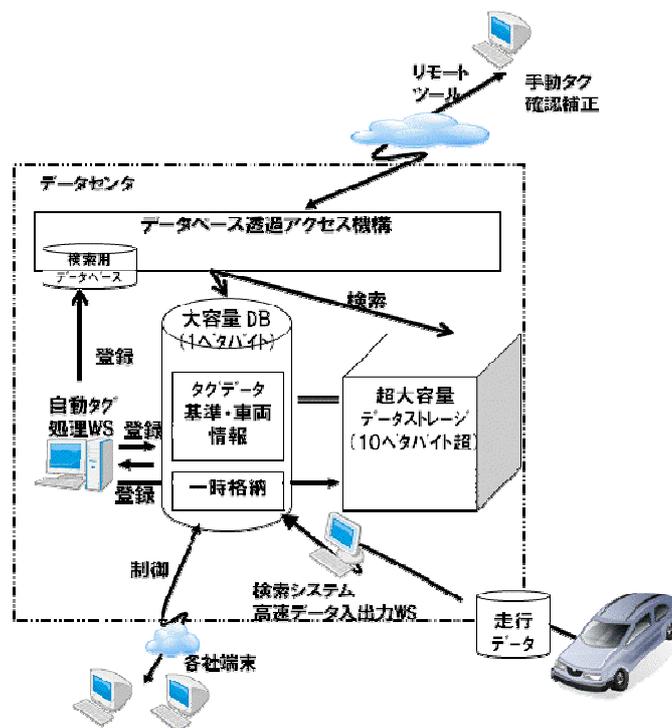
表序 2.2.3-1 検索用データベース技術開発

技術項目	内容	目標
検索用データベース技術開発	データ構造体をベースとして、発話ログを用いた各データを横断分析が可能な検索エンジンの開発	検索機能および視覚化機能のアプリケーションを実現する。

## 2.2.4 走行映像データベースの開発と実証

### ① 走行映像データセンタの運用

平成 27 年度に収集した国内走行映像データおよび海外走行映像データに対し、タグ技術開発ツール等を活用して、走行映像データベースを蓄積するための走行映像データセンタの運用を実施し、運用の安定性を検証する。図序 2.2.4-1 に走行映像データベースのシステム構成を示す。



図序 2.2.4-1 走行映像データベースのシステム構成図

表序 2.2.4-1 走行映像データベース開発

技術項目	内容	目標
走行映像データの蓄積	映像データ (RAW 動画) サムネイル動画データ シーンデータ (距離データ) 等を電子媒体にバックアップさせ、次工程に受け渡し	定期的に輸送される走行映像データを遅延等なく確実なデータ蓄積を行う。

## ② 手動タグ付け編集作業、タグ情報確認作業

平成 28 年度に機能改良した手動タグ付け GUI ツールを用いて、自動タグ付けされたタグ情報の内容確認および各対象物への属性情報を付与することを技術項目として定めた。

表序 2.2.4-2 手動タグ付け編集作業、タグ情報確認作業

技術項目	内容	目標
手動タグ付け編集作業、タグ情報確認作業	手動タグ付け GUI ツールを用いた自動タグ付け情報の内容確認及び未検知対象物への手動タグ情報付与 各タグ対象物への属性情報の手動付与	30 万フレーム以上のタグ情報を作成する

## 2.2.5 走行映像データベースの評価

平成 27 年度に策定した評価方式仕様書に基づき、平成 27 年度に収集した走行映像データ及びタグ情報等を用いて、公知の画像認識エンジン等を用いた検出・認識方式のベンチマーク評価、学習型の検出・認識方式に対する学習データベース評価および走行映像データベースを統計解析し、対象物の分布からデータベースの性質の評価を技術項目と定めた。

また、評価用サンプルデータを用いて、走行映像データベースに係る質や量及び多様性等に係る評価項目を、OEM、サプライヤ及び研究機関先の開発環境等を活用して評価を行い、改良や追加すべきシーン等を抽出し報告書に纏める。

表序 2.2.5-1 走行映像データベースの評価

技術項目	内容	目標
走行映像データベースの評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>検出・認識方式のベンチマーク評価、学習型データベース評価および統計解析し対象物の分布からデータベースの性質の評価</li> <li>走行映像データベースに係る質や量及び多様性等に係る評価</li> </ul>	走行映像データベースの性能比較評価および改良や追加すべきシーン等を抽出する

## 2.3 走行映像データベースの開発目標

本事業における走行映像データベースの最終開発目標は、以下の通りである。

(目標) 延べ歩行者事例：400 万事例、歩行者シーン 4 万シーン (動画データ)

(取得実績)：国内走行 1,347 時間および米国走行 135 時間の合計約 1,482 時間の走行映像データを収集した。

(成果物)

- ・ 走行映像データベース (走行映像データ、車両情報、タグ付け情報を含む)
- ・ 技術開発項目に対応した各種の製作仕様書およびソフトウェア仕様書
- ・ 走行映像データベース関連の総合評価結果 (自動化、性能)

また、表序 2.3-1 に平成 28 年度の成果目標および開発目標のまとめを示す。

表序 2.3-1 研究開発テーマ別の成果目標および開発目標のまとめ

年度	データベース化基盤技術開発	走行映像データの分析	走行映像データベースの評価
平成 28 年度	<p>①タグ付け技術開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 自動タグ付け機能 単眼画像測距技術を用いた自動タグ付けツールを開発し、タグ付け作業を 100%完了</li> <li>・ シーン抽出機能 ツールのアルゴリズム改良を行い、シーン抽出作業を 100%完了</li> <li>・ 手動タグ付け GUI 機能 作業効率向上の機能改良をツールに反映し、手動タグ付け作業を投入し完了する。</li> </ul> <p>②検索用データベースの技術開発</p> <p>検索機能及び視覚化機能を実装した検索エンジンプロトタイプを開発し評価を実施する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 国内外走行映像データに対して、走行環境シーン (27 シーン分類) を用いて収集した映像を分析しシーン抽出する。</li> <li>・ シーン抽出結果と走行環境シーン番号の関連付け結果から、走行映像データベースに対する質や量に対する評価及び分析を行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 検出・認識方式のベンチマーク評価、学習型データベース評価および統計解析し対象物の分布からデータベースの性質を評価する。</li> <li>・ 走行映像データベースに係る質や量及び多様性等に係る評価する。</li> <li>・ 走行映像データベースの性能比較評価および改良や追加すべきシーン等を抽出する。</li> </ul>

## 2.4 研究開発成果のまとめ

### 2.4.1 走行映像データの分析

#### (1) データ収集設計

##### ① 国内走行映像データの分析

###### 【開発目標】

平成 27 年度分の国内走行映像データに係る走行環境シーン（27 シーン分類）の整理を実施する。

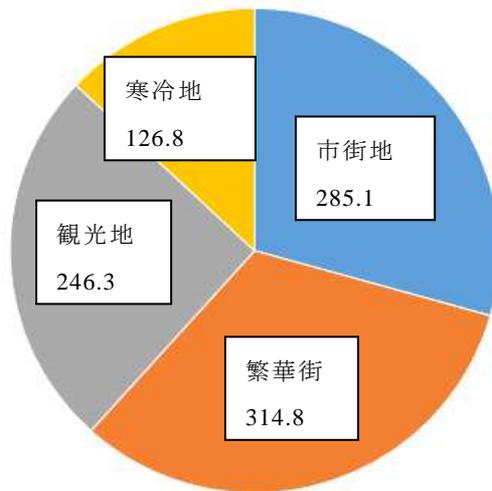
###### 【成果】

平成 27 年度分走行映像データに係る交通環境映像を走行環境シーン（27 シーン分類）で整理し、件数を表序 2.4.1-1 に纏めた。その結果、歩行者シーン 4 万件に対し、全歩行者シーン数の合計は 115,717 件である。また、歩行者事例 400 万件に対し、約 694 万件（注）と事業目標を達成した。また、シーン番号 1、14 及び 15 の地域区分別比較を図序 2.4.1-1、2 に示す。

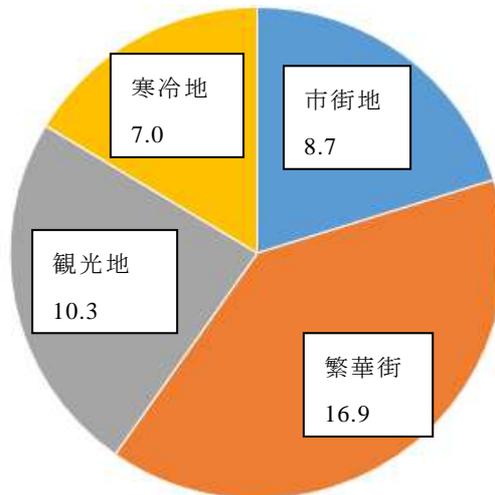
表序 2.4.1-1 走行環境シーン分類結果（全体数予測内訳）

シーン番号	内容	件数
1	単路 追い越し(歩行者)	64187
2	単路 追い越し(自転車)	45996
3	横断歩道 横切り(歩行者)	9788
4	横切り(自転車)	13871
5	交差点左折(歩行者)	2627
6	交差点左折(自転車)	1743
7	交差点右折(歩行者)	1211
8	交差点右折(自転車)	820
9	複数歩行者 追い越し	18382
10	複数歩行者 横断歩道(横切り)	5143
11	歩行者・自転車混在	5691
12	群集 追越し	2365
13	群集 横断歩道(横切り)	2036
14	群集 左折時(横切り)	1773
15	群集 右折時(横切り)	469
16	歩行者の付属物	8658
17	特殊歩行者	7592
18	特殊自転車	7652
19	特殊周辺環境	2044
20	路側物(誤認識対象)	0
21	路側駐車車両追い越し	80466
22	交差点右折時対向直進車(自動車)	4349
23	交差点右折時対向直進車(二輪車)	655
24	交差点直進時前方右折車(自動車)	4900
25	交差点直進時前方右折車(二輪車)	258
26	交差点前方横切り直進車(自動車)	32626
27	交差点前方横切り直進車(二輪車)	5065

注：全歩行者シーン数 115,717x 平均映像時間 10sx フレームレート 6fps = 6,943,020 件



図序 2.4.1-1 歩行者追越し（シーン番号 1） 地域区分別比較（件数/日）



図序 2.4.1-2 右左折群集（シーン番号 14 及び 15） 地域区分別比較（件数/日）

## ② 海外走行映像データの分析

### 【開発目標】

平成 27 年度分の海外（米国）走行映像データに係る走行環境シーン（27 シーン分類）の整理を実施する。

### 【成果】

海外走行映像データ約 68 時間における 27 シーン分類数は表序 2.4.1-2 に示す通り 21,923 シーンであり、歩行者シーン数は 14,577 及び自転車のシーン数は 1,976 であった。

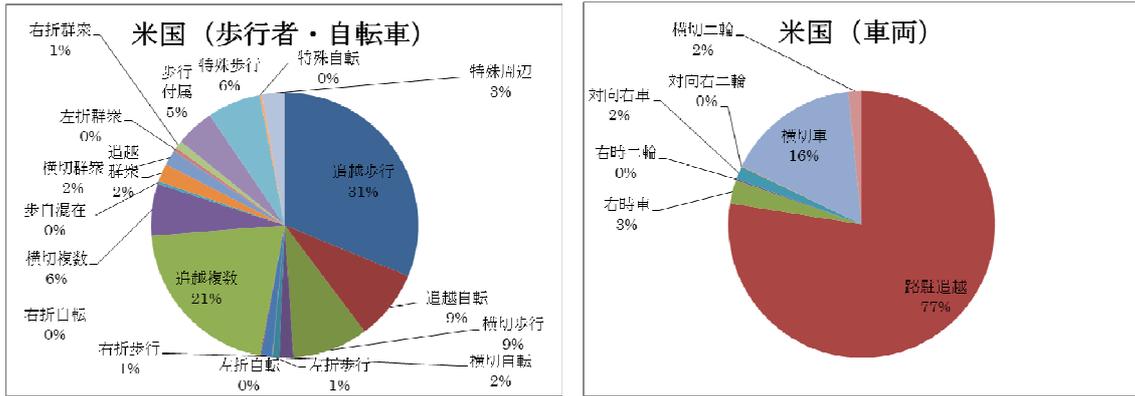
また、海外（米国）における走行映像データ分析結果を図序 2.4.1-3 に示す。

表序 2.4.1-2 海外走行環境シーン分類結果（海外全体数予測内訳）

シーン番号：シーン名称	シーン数
1：追越し（歩行者）	5,583
2：追越し（自転車）	1,529
3：横断歩道 横切り（歩行者）	1,631
4：横切り（自転車）	307
5：交差点左折（歩行者）	145
6：交差点左折（自転車）	9
7：交差点右折（歩行者）	243
8：交差点右折（自転車）	17
9：追越し（複数歩行者）	3,713
10：横断歩道 横切り（複数歩行者）	1,129
11:歩行者・自転車混在	60
12:追越し（群集）	392
13:横断歩道 横切り（群集）	336
14:交差点左折（群集）	81
15:交差点右折（群集）	170
16:歩行者の付属物	835
17:特殊歩行者	1,154
18:特殊自転車	55
19:特殊周辺環境	481
20:路側物（誤認識対象）	0
21:路側駐車 車両追い越し	3,837
22:交差点右折時対向直進車（自動車）	141
23:交差点右折時対向直進車（二輪車）	9
24:交差点直進時前方右折車（自動車）	77
25:交差点直進時前方右折車（二輪車）	4
26:交差点前方横切り直進車（自動車）	801
27:交差点前方横切り直進車（二輪車）	81
合計（シーン番号 11, 16 は除く）	21,923

歩行者シーン数	14,577
自転車シーン数	1,976
合計	16,553

※シーン番号 11,16 は他の歩行者シーンに付随するためシーン数からはのぞく



図序 2.4.1-3 海外（米国）走行映像データ分析結果

### ③ 走行映像データ分析支援ツールの開発

#### 【開発目標】

走行環境シーンの分析に用いる走行映像データ分析支援ツールの開発を実施する。走行映像データ分析支援ツール機能イメージを図序 2.4.1-4 に示す。

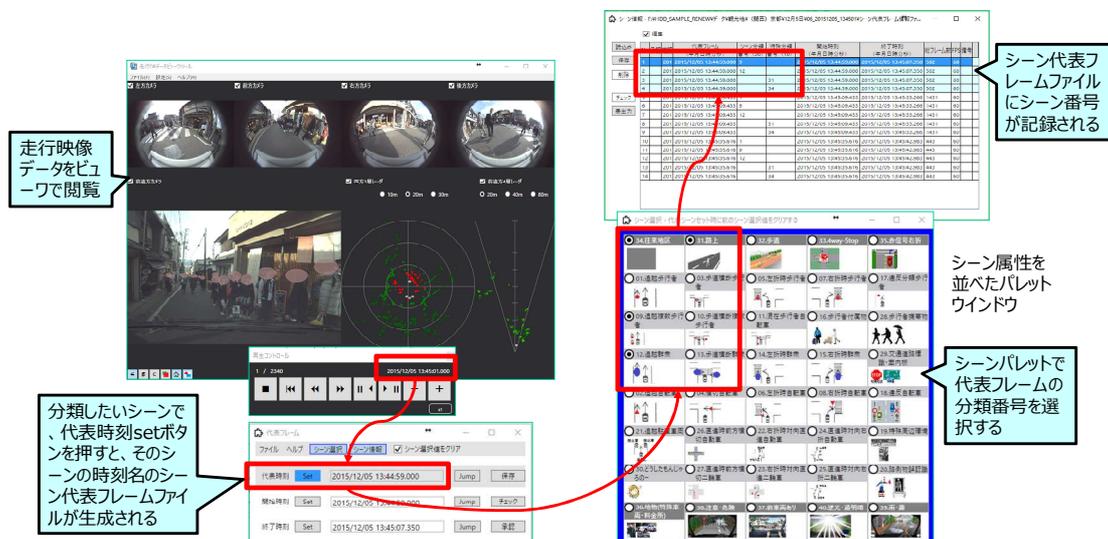
#### 【成果】

##### 成果 (i)

走行映像データ分類ツールは、平成 27 年度に開発したデータベースビューワの拡張ツールとして作成し、追加機能としてシーン分類のための種別番号や属性データを映像フレーム毎に情報として付与を実現した。

##### 成果 (ii)

走行映像データ抽出ツールは、ユーザが抽出条件をカスタマイズすることで、任意条件の抽出対象データが抽出できるツールの作成が出来た。



図序 2.4.1-4 走行映像データ分析支援ツール機能イメージ図

## (2) データ収集車両の改良開発

### 【開発目標】

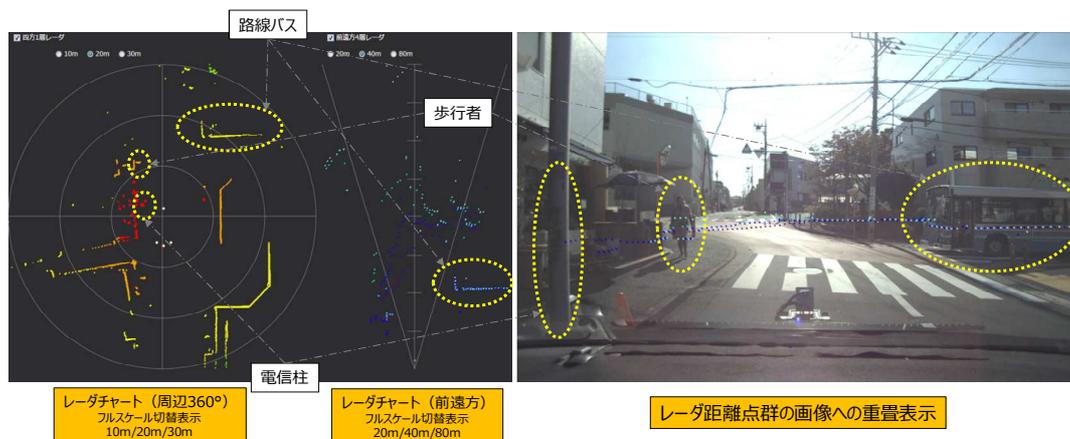
走行環境シーンのデータ整理に合わせて、データ収集車両の機能改良を実施する。

### 【成果】

#### 成果①

- レーダチャート／レーダ距離点群の画像重畳

距離情報の可視化と活用のために、レーダチャートの追加と距離点群の画像への重畳表示の試作評価を行い、JPEG 画像ビューワに追加実装し、同期してデータを解析出来ることを確認した（図序 2.4.1-5）。

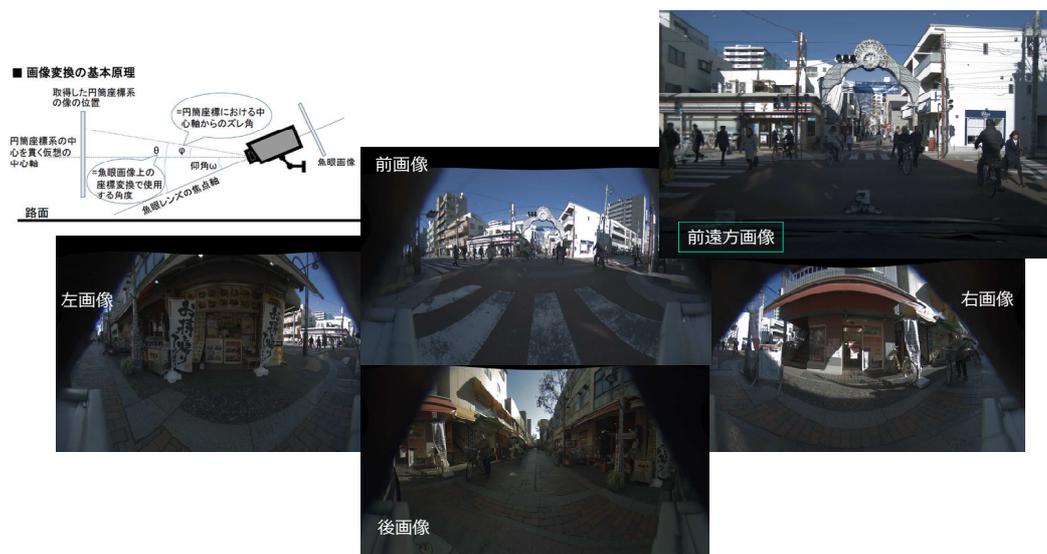


図序 2.4.1-5 レーダチャート／レーダ距離点群の画像重畳の動作イメージ図

#### 成果②

- 画像表示変換と動画化表示のデータ利用確認

前後左右 180 度魚眼カメラの歪補正画像を円筒投影画像変換した活用例を検討した（図序 2.4.1-6）。



図序 2.4.1-6 画像表示変換と動画化表示のデータ利用検討

## 2.4.2 走行映像データベースへのタグ付け技術開発

### 【開発目標】

- (1) シーン抽出に係るデータ処理の高速化
  - (2) 手動タグ付け GUI ツールの機能改良
  - (3) 自動タグ付け機能向上
- を実施する。

### 【成果】

#### (1) シーン抽出に係るデータ処理の高速化

##### ① JPEG 変換ルーチンの高速化（表序 2.4.2-1）

##### 成果（i）

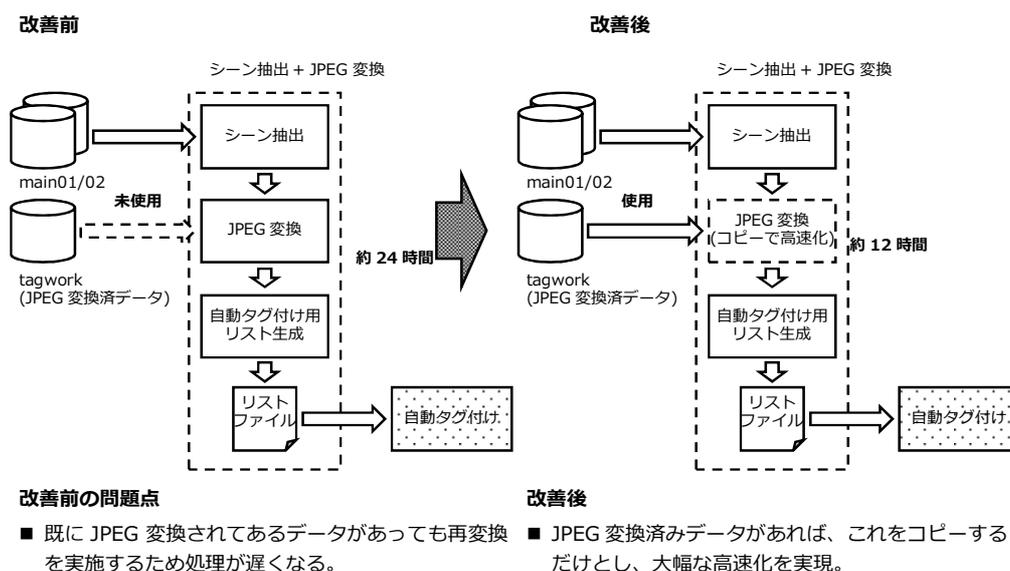
変換済みファイルの有無を確認し、存在する場合にはコピーのみとし、処理全体のボトルネックになっている JPEG 変換の高速化を実現した（図序 2.4.2-1）。

##### 成果（ii）

特に並列処理を行う高負荷時に効果した。

表序 2.4.2-1 JPEG 変換ルーチンの高速化

負荷状況	JPEG 変換	コピーのみ
高負荷時	3 min / 60 frame	1.5 min / 60 frame
低負荷時	5 sec / 60 frame	5 sec / 60 frame



図序 2.4.2-1 JPEG 変換の効率改善

## (2) 手動タグ付け GUI ツールの機能改良

### ① 改良内容

手動タグ付け GUI ツールにおける主な改良内容を示す（図序 2.4.2-2）。

#### 【成果】

- ・ 矩形枠色分け：自動タグ付け結果と手動タグ付け結果を目視確認可能
- ・ 矩形枠のスケール機能：対象物を取り囲む矩形枠の画素数の大きさを示す
- ・ 特定フレーム以降の属性変更：
- ・ タグ一覧：単独自動コピー機能、同一 ID 指定、フレーム切替え時の設定引継ぎ
- ・ ショートカットキー対応
- ・ 自動ファイル保存
- ・ タグ付けファイルの大容量対応
- ・ 映像フォルダや XML ファイルのドラッグアンドドロップ対応
- ・ 高速化
- ・ エラー発生時のメッセージ内容の詳細化
- ・ ログ内容の詳細化



■ 単独自動コピー機能

■ 同一 ID 指定

■ フレーム切り替え時の設定引き継ぎ

図序 2.4.2-2 手動タグ付け GUI ツールの改良（改善点一覧）

## ② 単独コピー機能

### 【成果】

自動コピーの対象とするものを個別に設定することにより、既にタグ付けされた対象物に影響を与えず追加または修正する対象物のみを自動コピーすることが可能とした（図序 2.4.2-3）。

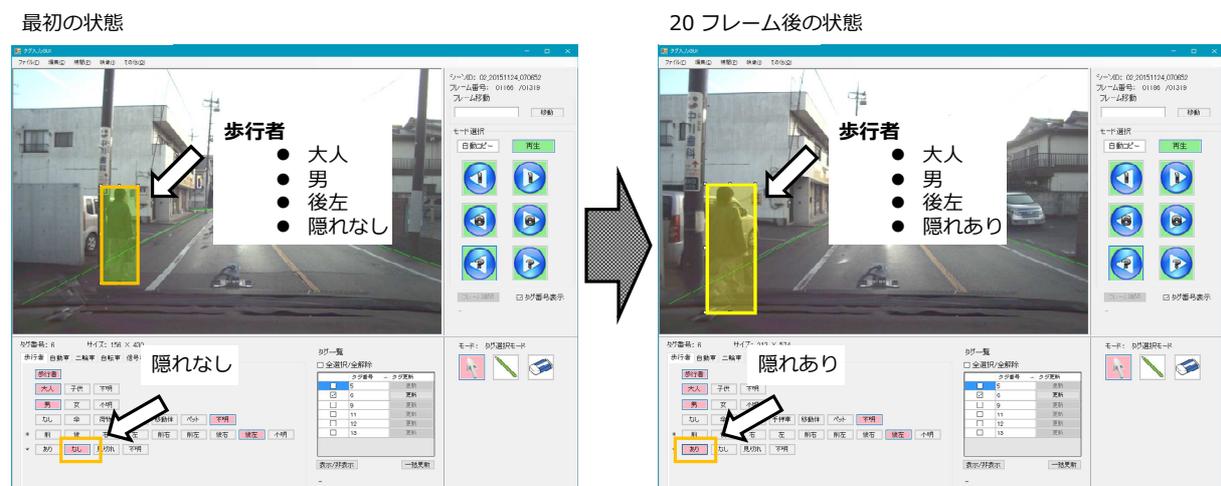


図序 2.4.2-3 手動タグ付け GUI ツールの改良（単独コピー機能）

## ③ 特定フレーム以降での属性変更

### 【成果】

自動コピーではすべての属性がコピー対象になっていたが、自車との相対関係でフレームごとに異なる可能性のある方向や隠れなどの属性は変更可能とした。また、対象とする属性はカスタマイズ可能とした（図序 2.4.2-4）。



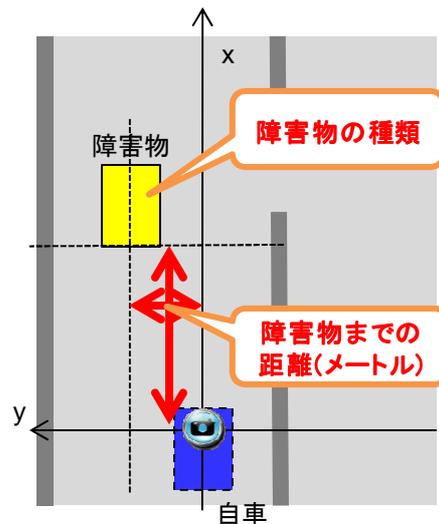
図序 2.4.2-4 手動タグ付け GUI ツールの改良（特定フレーム以降での属性変更）

### (3) 自動タグ付け機能向上

#### 【開発目標】

平成 27 年度に研究開発した自動タグ付けツールに対する機能強化、課題対応として以下の研究開発を実施した。

- ① 自動タグ付け結果に、障害物と自車との距離情報を付加（図序 2.4.2-5）
- ② 自動タグ付け処理の高速化
- ③ 物体認識種類の拡大



図序 2.4.2-5 自動タグ付け結果（障害物と自車両との距離情報付加）

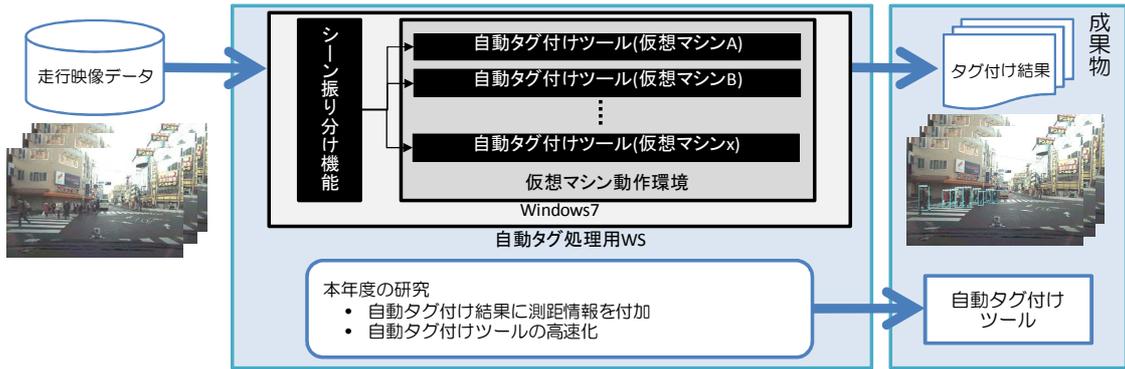
#### 【成果】

##### 成果①

単眼画像測距エンジンを導入することにより、障害物までの距離をタグ情報として出力する仕組みを実装し、63,983 本のシーン、22,521,337 フレームに対する自動タグ付けを実施した。

##### 成果②

より高速な認識エンジンへの差し替えと、自動タグ付け処理の並列実行の仕組みを研究開発、平成 27 年度比で約 23.5 倍の高速化を実現した（図序 2.4.2-6）。



図序 2.4.2-6 自動タグ付け処理の高速化

### 2.4.3 走行映像データベース開発および実証

#### (1) 走行映像データベースの運用

##### 【開発目標】

年間を通じた安定稼働の確認及び検証を実施する（図序 2.4.3-1）。

##### 【成果】

##### 成果①

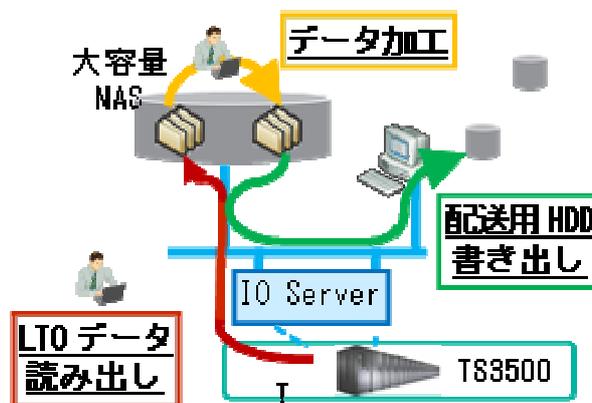
蓄積総容量 2.1PB、加工処理中の NAS(HDD)容量 696TB に対し、

- ・ハードウェア（HDD,LTO,各種機器）不具合 無し
- ・LTO 読み出し 337 本（638 万 File）不具合 無し

##### 成果②

安定稼働の検証

- ・タグ付け拠点配送データ（約 35GB、18 万 File）書き出し時間
- ・元データ書き出し時間 4,797s 18 万⇒10File にアーカイブ 301s



図序 2.4.3-1 走行映像データベースの運用評価

## (2) 手動タグ付け編集作業、タグ情報確認作業

### 【開発目標】

自動タグ付けタグ情報の一部に対して、改良された手動タグ付け GUI ツールを用いて 30 万フレーム以上のタグ情報を作成する。

### 【成果】

自動タグ付け結果の一部に対して、表序 2.4.3-1 に示すデータを選定し、映像データ数 700 シーン以上の手動タグ付け編集作業を実施した。

- ・新規追加：繁華街（関東、中部、関西地区）、高速道（首都高速、名古屋高速、東名高速）
- ・データ拡充：海外（NY：繁華街）、一般道（関東地区）、市街地（関東、関西地区）、駐車場（関東地区）

表序 2.4.3-1 手動タグ付け編集作業・タグ情報確認作業のデータ対象

項目	地域	場所	撮像日時	時間帯	天候
繁華街	関東	神奈川県・横浜	9月12日	朝→昼	晴
		東京都・新橋	10月7日	朝→昼	晴
		東京都・渋谷	10月23日	夜	曇
		東京都・新宿	11月21日	夜	曇
	中部	愛知県・名古屋市栄	11月20日	朝→昼	曇・晴
		愛知県・名古屋駅東	11月13日	夜	曇・雨
		愛知県・名古屋駅東	11月26日	朝→昼	晴
		愛知県・名古屋市伏見	11月27日	朝→昼	晴
	関西	大阪府・難波	11月20日	朝→昼	晴
		大阪府・難波	12月16日	夜	曇・晴
		大阪府・本町	12月18日	夜	曇・雨
		大阪府・梅田	9月4日	朝→昼	晴・曇
海外	NY	市街地／繁華街／高速道／一般道／駐車場	11月9日 11月10日 11月12日	朝→昼	晴・曇
高速道	関東	首都高速	11月20日	朝→昼	曇
	中部	名古屋高速	9月11日	朝→昼	晴
		東名高速	10月15日	朝→昼	晴
一般道	関東	神奈川県・国道1号線	10月28日	朝→昼	晴
		東京・都道5号線	10月14日	朝→昼	曇・晴
市街地	関東	神奈川県・上大岡	11月6日	朝→昼	晴
		神奈川県・武蔵小杉	11月11日	昼→夜	曇
	関西	大阪府・新大阪	11月9日	昼→夜	雨・曇
		大阪府・天王寺	11月23日	朝→昼	曇・雨
駐車場	関東	東京都・国際展示場	10月30日	昼	曇・晴
		東名・海老名 SA	11月10日	昼→夜	雨

### (3) 検索用データベースの開発

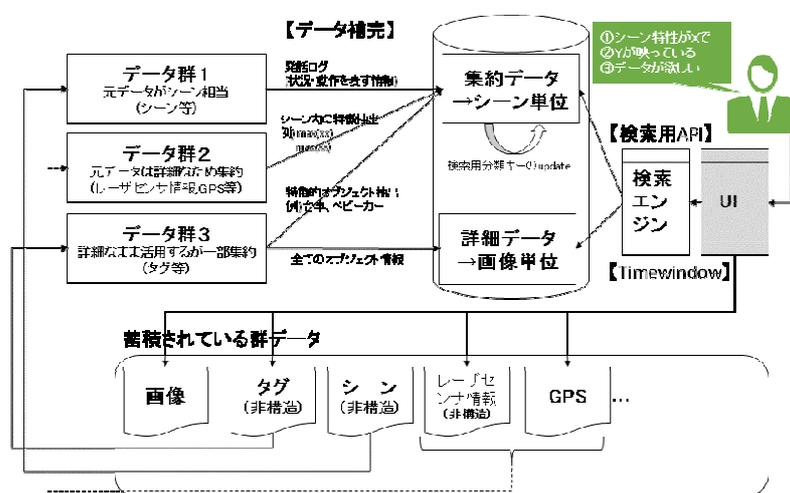
#### 【開発目標】

以下の機能追加に係るソフトウェア研究開発及び機能評価を実施する。

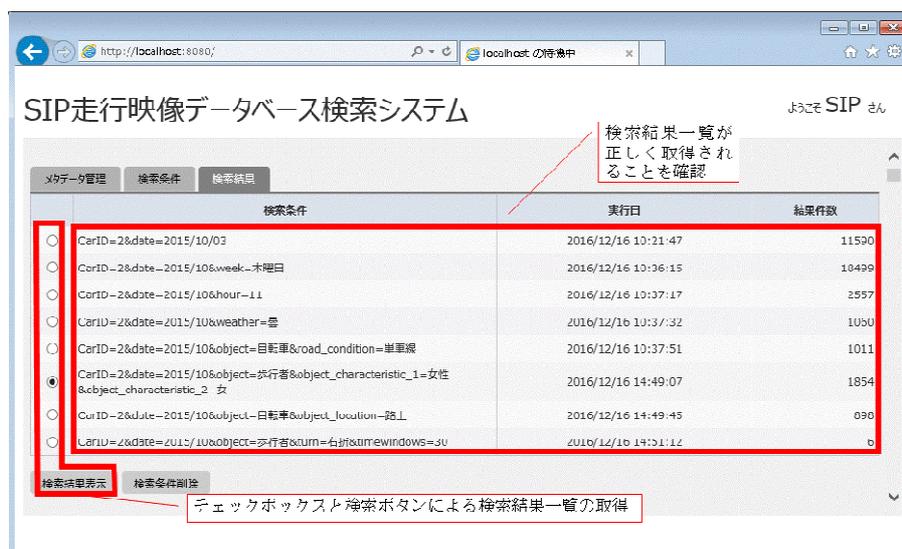
- ・ 検索 API 環境
- ・ データ特性に応じたデータ補完
- ・ Timewindow による時間範囲を考慮したデータ抽出

#### 【成果】

過年度のデータモデル検討に加え、検索 API 仕様／データ補完方式の見直し、Timewindow 検索などの仕様を見直した上で検索データベース機能のソフトウェアを実装し、機能評価を実施し設計仕様の達成を確認した。検索用データベースの概要を図序 2.4.3-2 に、画面イメージを図序 2.4.3-3 に示す。



図序 2.4.3-2 検索用データベースの概要



図序 2.4.3-3 SIP 走行映像データベース検索システム (画面イメージ)

第4回開発検討会における検索用データベースのデモンストレーションを実施し、コメントを研究開発にフィードバックさせた。

## 2.4.4 走行映像データベースの評価

### (1) 走行映像データベースの性能比較評価

#### 【開発目標】

走行映像データベースに係る性能比較評価として、①から⑤の評価項目により、KTTI (Karlsruhe Institute of Technology) など公知のデータベースとの比較比較を行い、走行映像データベースの性能性を検証する。

#### 【成果】

#### ① ベンチマークデータセットとしての評価

##### (i) 走行映像データベース平成27年度版との比較

適合率 (Precision)、再現率 (Recall) とともに低い値⇒ 評価用データベースとして、より正検出難易度の高いデータベースである。

##### (ii) KITTI DB との比較結果 (表序 2.4.4-1)

- ・高い Precision の値：誤検出が少なかったことを示す。
  - ・低い Recall の値：検出漏れは多かったことを示している。
- ⇒ 走行映像データベースには、歩行者と誤検出する背景映像は少なく、検出困難な歩行者映像は多いことを示している (平成27年度版と同様の傾向である)。

表序 2.4.4-1 学習用 DB : INRIA、評価用 DB : others とした場合の評価結果

TestDB	F-measure	Precision	Recall
SIP (2015年度の評価結果)	0.0076	0.0052	0.0148
SIP (本年度の評価結果)	0.0047	0.0033	0.0082
KITTI	0.0026	0.0013	0.0622

#### ② 学習用データセットとしての評価

KITTI データベースとの比較では、≠総じて同等程度の性能となった。学習時にサンプル選択を実施することで、検出器の性能向上が見込める。つまり、走行映像データベースは、KITTI データベースよりもサンプル数が多い利点を活かす評価を行うことが重要である。表序 2.4.4-2 に学習用データセットについての評価結果を示す。

Precision : 適合率 = 検出数 / (検出数 + 誤検出数) (正解率、高い値程誤検出が少ない)

Recall : 再現率 = 検出数 / (検出数 + 未検出数) (正例再現率、高い値程検出漏れ少ない)

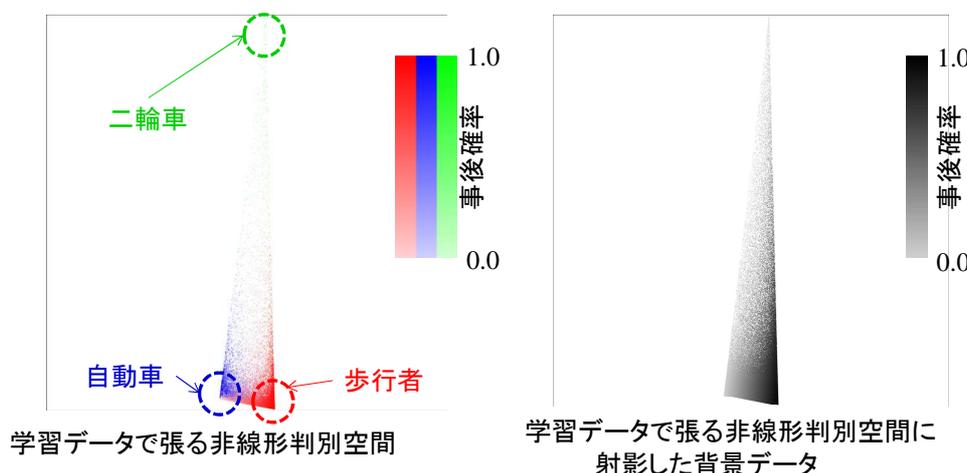
F-measure : Precision、Recall の調和平均 = 検出数 / (検出数 + (誤検出数 + 未検出数) / 2)

表序 2.4.4-2 F-measure (調和平均) / Precision (正解率) / Recall (正例再現率)

Test	Training: SIP	Training: KITTI	Test	Training: SIP	Training: KITTI	Test	Training: SIP	Training: KITTI
SIP	0.0009	0.0009	SIP	0.0004	0.0005	SIP	0.0221	0.0215
	(result 1-1)	(result 2-1)		(result 1-1)	(result 2-1)		(result 1-1)	(result 2-1)
KITTI	0.0025	0.0027	KITTI	0.0012	0.0014	KITTI	0.0759	0.0804
	(result 1-2)	(result 2-2)		(result 1-2)	(result 2-2)		(result 1-2)	(result 2-2)

③ 統計解析によるデータベースの性質 (特性) 評価 (図序 2.4.4-1)

- ・ラベル付き画像の性質 : 凡化性の高いデータセット
- ・背景画像の性質 : 対象と誤検出しやすい画像多数 ⇒ 高難易度な評価用データセット



図序 2.4.4-1 データベース性質の可視化結果

④ 識別性能評価 1 (同一 DB で学習・評価を実施した場合) (表序 2.4.4-3)

- ・KITTI データベース: TP rate が低い  
⇒ 歩行者の正検出が困難なデータベース (検出漏れが多いデータベース)
- ・走行映像データベース : TP、TN rate は 70% 以上  
⇒ サンプル数が多いことから、評価難易度を調整できる。  
(計測環境等に関するタグも付与されたデータベースであることから、幅広い検出方式評価への活用が期待できる。)

表序 2.4.4-3 識別性能評価 1 の結果

	Training set: SIP Test set: SIP (昨年度版)	Training set: SIP Test set: SIP (今年度版)	Training set: KITTI Test set: KITTI
TP rate	0.765 (± 0.033)	<b>0.839</b> (± 0.005)	<b>0.660</b> (± 0.005)
TN rate	<b>0.447</b> (± 0.036)	0.767 (± 0.015)	<b>0.831</b> (± 0.014)

“TP rate” ≡ 歩行者の正検出性能、“TN rate” ≡ 誤検出抑制性能

⑤ 識別性能評価 2(学習データベースとは異なる評価用データ INRIA で評価した場合)(表序 2.4.4-4)

- ・ 評価用 DB を変えても TP rate の変化が少ない。  
(歩行者の正検出性能に関して、頑健性が高い)
- ・ 昨年度版との比較から、TP, TN rate とともに向上した。  
(データ収集・アノテーション時の過学習対策が有効に機能した)

表序 2.4.4-4 識別性能評価 2 の結果

	Training set: SIP (昨年度版) Test set: INRIA	Training set: SIP (本年度版) Test set: INRIA	Training set: KITTI Test set: INRIA
TP rate	0.761 (± 0.056)	<b>0.855</b> (± 0.008)	<b>0.697</b> (± 0.021)
TN rate	<b>0.445</b> (± 0.033)	0.591 (± 0.012)	<b>0.653</b> (± 0.034)

## (2) 前方監視画像に対する映像データの評価

### 【開発目標】

走行映像データとして取得した画像データの品質を、画像認識に対して重要な特性である、解像度とコントラストに注目して評価を行う。

### 【成果】

- ① 通常環境、悪環境での認識用画像品質に問題無いことを確認した。
  - ・ 画質評価の範囲（通常）：距離 10-25m、角度 20°の範囲を評価（車速 20～60km/h、歩行者横断 5km/h を前提）。前方監視画像（通常）の画質評価結果を表序 2.4.4-5 に示す。またその評価例を図序 2.4.4-2 に示す。

表序 2.4.4-5 前方監視画像（通常）の画質評価結果

距離 (m)	角度 (度)	脚部幅 (画素)	コントラスト (LSB)	Sobel
10	0	10	80	◎
10	20	9	80	○
15	15	6	80	◎
20	10	4	80	◎
25	5	4	70	○



図序 2.4.4-2 前方監視画像（通常）の画質評価例

- 画質評価の範囲（悪環境）距離 40-50m、天候、背景、日射に特徴あるシーンの画像を評価（表序 2.4.4-6）。またその評価例を図序 2.4.4-3 に示す。

表序 2.4.4-6 前方監視画像（悪環境）の画質評価結果

距離 (m)	環境条件	脚部幅 (画素)	コントラスト (LSB)	Sobel
50	小樽(降雪、昼間)	2	70	◎
50	尼崎(降雨)	5(両足)	80	○
50	札幌(降雪、夜間)	2	30	◎
40	西川口(雨上がり)	3	60	◎
45	藤が丘(コンクリート路)	3	130	○
45	藤が丘(逆光、夕方)	2	60	△
45	海老名(逆光、昼間)	3	70	△
40	米国(明るい日射)	3	110	◎



例1)降雪シーン

例2)逆光シーン

図序 2.4.4-3 前方監視画像（悪環境）の画質評価例

### (3) 全周辺監視画像に対する映像データの評価

#### 【開発目標】

車両周辺監視カメラによる映像が、車両周辺センシングシステムの開発として有用であるかを評価する。

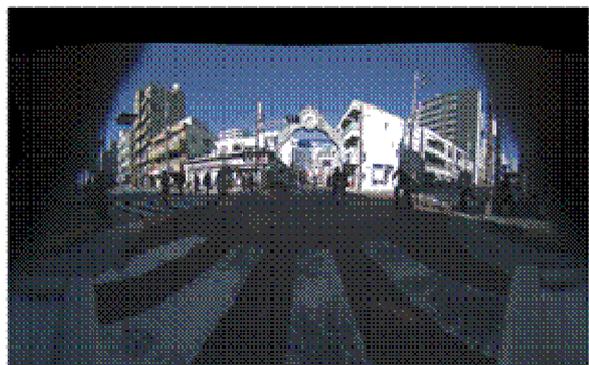
#### 【成果】

##### ① 魚眼周辺映像データの円筒変換

魚眼映像である周辺監視カメラの映像を、円筒変換による映像変換を行い、変換後の画面上の座標位置の縦横ピクセル比で比較を行い正常であるか否かで判断した。高さとの幅の比は、周辺監視カメラが 2.2037、前遠方カメラが 2.2167 となり、値の一致率は 99.4%であり、正確に一致していると言える。円筒変換前後の映像の比較を図序 2.4.4-4 に示す。



《変換前》



《変換後》

図序 2.4.4-4 車両周辺監視カメラ（前方）の円筒変換前後の映像比較（サンプル 1）

##### ② 車両周辺監視カメラ（前方）と前遠方監視カメラ（広角）との比較

自動車について切り出し、周辺監視カメラと前遠方カメラに撮像された画像の高さ及び幅の各ピクセル数を比較した。値の一致率は 99.2%であり、正確に一致していると言える。円筒変換前後の映像の比較を図序 2.4.4-5 に示す。



《変換前》



《変換後》

図序 2.4.4-5 車両周辺監視カメラ（前方）の円筒変換前後の映像比較（サンプル 2）

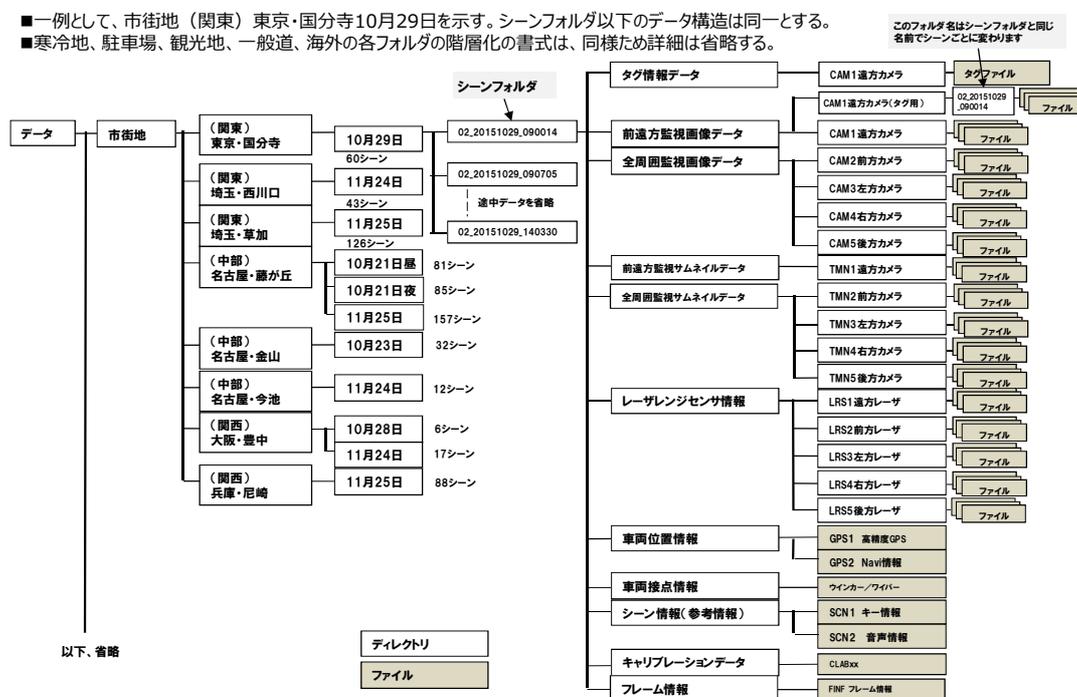
#### (4) 評価用サンプルデータの作成

##### 【開発目標】

平成 27 年度研究成果を活用し、走行映像データベースの委託評価に係り委託評価を実施する関係 8 団体（OEM2、サプライヤ 4、研究機関 2）に提供する評価用サンプルデータ仕様を作成する。図序 2.4.4-6 に評価用サンプルデータの電子媒体のフォルダ構成のイメージを示す。

##### 【成果】

平成 27 年度のタグ付け技術開発成果の一部である市街地 709、寒冷地 63、観光地 39、駐車場 3、一般道 25 及び海外 45 の映像データ数 884 シーンを抽出し、昼約 8 時間及び夜約 2 時間の約 10 時間分の画像データ、レーザレーダセンサ情報、車両位置情報、キャリブレーション情報等を提供した。



図序 2.4.4-6 評価用サンプルデータの電子媒体のフォルダ構成イメージ図

#### (5) 走行映像データベースの質や量及び多様性に係る評価

##### 【開発目標】

関係 7 団体（OEM2、サプライヤ 4、研究機関 1）による走行映像データベースの質や量及び多様性に係る評価を下記の①から⑦にて実施する。

## ① 再委託 2

### (i) レーザレンジセンサによる基準距離情報付加の有効性評価

対象物の検知において画像認識技術に加えて、同時にレーザレンジセンサによる対象物までの距離情報を付加した場合において、各画像認識アルゴリズムの違いによる有効性の評価である。

#### 【評価結果】

表序 2.4.4-7 にレーザレンジセンサによる基準距離情報付加の有効性評価を示す。

- ・夜は、多少の効果があったが大きくは無い。
- ・カメラとレーザレンジセンサの時間合わせは重要である（時間ずれのまま統合すると性能が落ちることもある）。

\* Miss Rate：値が小さい方が認識率が高い

表序 2.4.4-7 レーザレンジセンサによる距離を付加した結果（Miss Rate）

手法名	昼 (%)		夜 (%)	
	画像	距離付加	画像	距離付加
DPM	65	66	67	67
ACF	74	73	84	81
LDCF	71	72	79	72
Faster R-CNN	72	72	77	77

### (ii) 画像データの平均輝度のバリエーション評価

前記と同様に画像認識技術に加えて、同時にレーザレンジセンサによる対象物までの距離情報を付加した場合において、画像データの昼と夜の平均輝度の違いに対し、各画像認識アルゴリズムの違いによる有効性の評価である。

#### 【評価結果】

表序 2.4.4-8 に昼と夜の画像データの認識結果を示す。

- ・昼と夜に大きな差は無い。また DPM が一番よいが手法による大きな差も無い。
- ・別途公開されている Caltech Pedestrian Dataset と比較すると認識率が低い（DPM63%、ACF 44%、LDCF 25%）が Japan Dataset と比較すると認識率は同等（DPM74%、ACF 69%）である。

表序 2.4.4-8 画像明暗評価結果

手法名	昼 (%)	夜 (%)
DPM	65	67
ACF	74	84
LDCF	71	79
Faster R-CNN	72	77

## ② 再委託 3

### (i) 映像データの 27 シーン分類の指針検討及び有効性の評価

#### 【評価結果】

VGG16<sup>\*</sup>を用いた歩行者進行方向の予測結果を表序 2.4.4-9 に示す。

走行映像データのタグ情報は、以下の改善内容を反映することで、データベースとしての有効性が更に増加する。

- ・タグ情報の前後左右の各クラスに属するサンプル数を均衡にする。
- ・自動タグ付け情報の矩形枠の位置ずれを修正する。
- ・オクリュージョン情報を有効にする（現在は無効）。

表序 2.4.4-9 VGG16<sup>\*</sup>を用いた歩行者進行方向の予測結果

		予測クラス				クラス別 正答率
		左	前	後	右	
実 ク ラ ス	左	30	1093	7	22	2.60%
	前	6	4171	76	8	97.8%
	後	2	3186	363	25	10.1%
	右	5	1397	79	2	0.134%

※ VGG16: VERY DEEP CONVOLUTIONAL NETWORKS FOR LARGE-SCALE IMAGE RECOGNITION

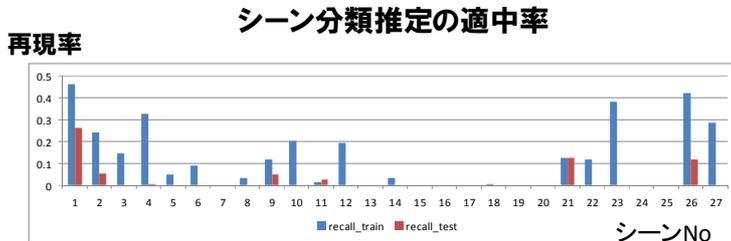
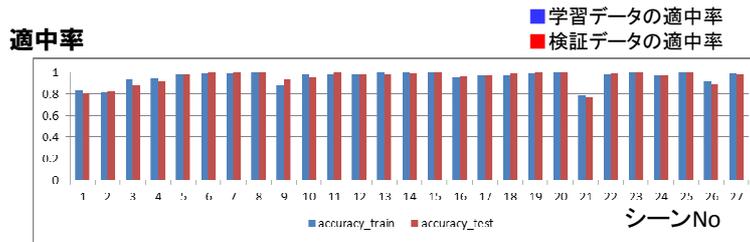
### (ii) 歩行者の属性情報等を用いたタグ情報の有効性評価

#### 【評価結果】

シーン分類推定の適中率・再現率の評価結果例を図序 2.4.4-7 に示す。

走行映像データのシーン分類情報は、以下の改善内容を反映することで、データベースとしての有効性が更に増加する。

- ・代表フレームのみではなく、シーンの開始／終了時刻をシーン分類情報として付与する。
- ・正確なシーン分類情報を付与する。



図序 2.4.4-7 シーン分類推定の適中率、再現率評価結果例

③ 再委託 4

(i) レーザレンジセンサによる基準距離情報付加の有効性評価

【評価結果】

表序 2.4.4-10 に画像単体と画像+レーザレンジセンサの認識精度の評価結果を示す。

- a) 画像認識に距離情報を付加することで誤検出が低減され、レーザレンジセンサの有効性が確認出来た。
- b) 走行映像データベースの距離情報、各センサのキャリブレーションデータは、センサ融合アルゴリズムの評価に有用である。

【改善要望】

- a) 遮蔽へのロバスト性向上や、対象物の高さ情報取得のために複数の走査線を有するレーザレンジセンサの利用も検討すべきである。
- b) 現状ではデータベース利用者がカメラとレーザレンジセンサの同期処理を自作する必要があるため、同期した状態でデータを提供いただきたい  
レーザレンジセンサのデータを画像に重畳するツールが提供されるとよい。

表序 2.4.4-10 認識精度評価結果

環境	画像枚数	認識種別	Precision	Recall
一般道 (昼・曇天)	4,800	画像	0.80	0.67
		画像+レーザ	0.84	0.62
市街地 (昼・曇り)	14,000	画像	0.72	0.67
		画像+レーザ	0.74	0.46
市街地 (昼・雨)	1,200	画像	0.80	0.37
		画像+レーザ	0.84	0.19
寒冷地 (夜・降雪)	3,000	画像	0.82	0.28
		画像+レーザ	0.80	0.17

(ii) 真値タグ付き画像の活用方法検討および追加タグ情報の提案

映像や画像の活用アイデアとして、真値タグ付き画像の活用方法や追加タグについて検討した結果を表序 2.4.4-11 に示す。

表序 2.4.4-11 新しい活用方法や追加タグの検討結果まとめ

分野	映像・画像の活用アイデア(キーワードのみ)
自動車	対象検出(前方車両、対向車両、歩行者(向き別)、二輪車、自転車、レーン、道路境界(雪壁)、路側構造物、信号機、標識、路面標示、障害物) 歩きスマホ、路面の凍結推定、前方のわき道検出、駐車枠検出 フロントガラスの雨滴検出、カメラレンズ汚れ検出 距離計測、自車両の運動推定、速度超過判定、SLAM、測位 危険度推定、衝突時間推定、運転の質判定、運転能力評価
コネクテッドカー	対象検出(上記と同様) 動的情報を含んだ地図生成機能
道路監視	対象検出(車両・二輪車・歩行者)、ナンバー読み取り、車種判定、鳥瞰図生成
都市計画	土地利用のあり方、都市施設の整備、市街地開発計画策定 都市環境モデル化、土地利用分類、障害者・高齢者支援
インフラ点検	路面性状の点検、コンクリート壁面点検、マンホールの摩耗点検
防災、減災、復興支援	被災状況把握
防犯	群衆行動解析、異常行動検出、顔・歩容認証、異なるカメラ間での人物同定
映像解析研究	シーン分割、イベント検出、メタデータ付与、サムネイル作成、映像要約、映像修復、ズーム映像生成、プライバシー保護
画像認識研究	一般物体認識、自己位置推定、3次元形状計測、顕著性マップ推定、超解像度画像生成、画像検索、動きの視覚化、情景中の文字認識、モーションステレオ、画像修復、領域分割、カメラ外部校正、画像縮小、夜間画像の画質改善、motion segmentation、影検出、Object Proposal、隠消現実感、人物追跡、見落としやすさ、シーン理解、自由視点映像生成

(iii) 高分解能カメラの有効性評価

【評価結果】

図序 2.4.4-8 に高分解能カメラと車載カメラ程度の分解能による再現率の例を示す。

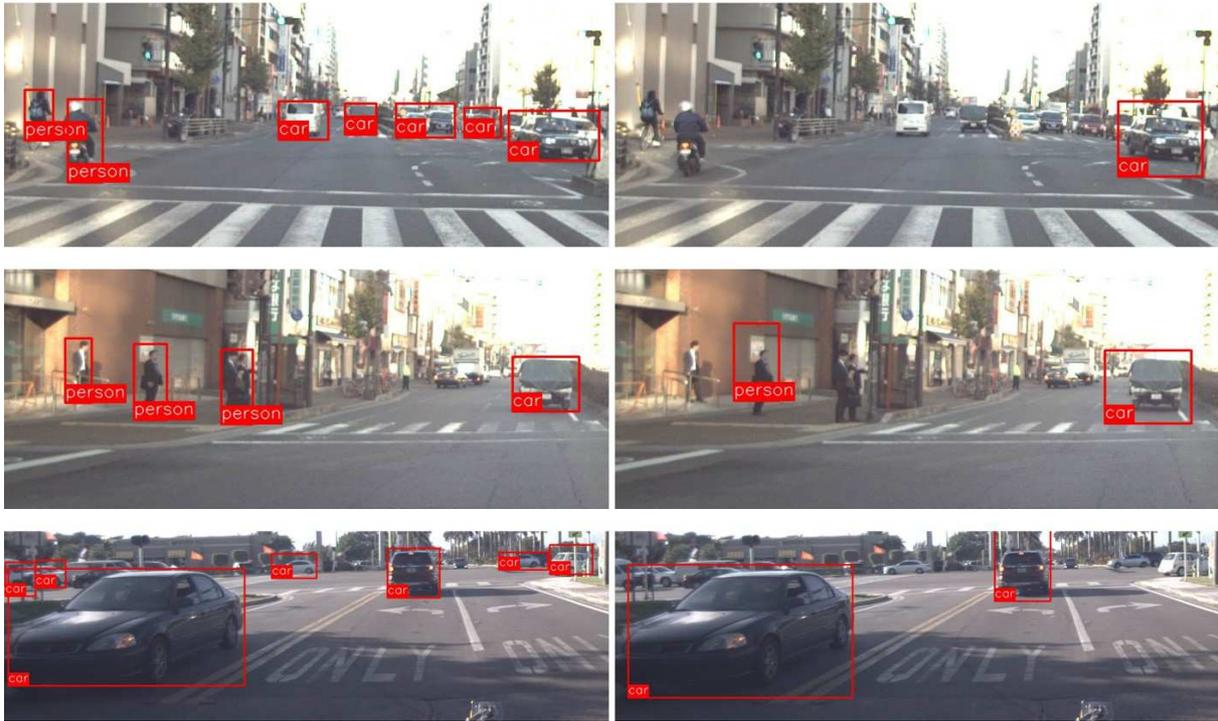
- 高分解能カメラ（1920×1200 画素）の利用により画像認識の精度が向上することが確認出来た。
- 技術進歩により車載カメラが高分解能化していくことは間違いのないため、現行の一般的な車載カメラ程度（800×500 画素）よりも分解能が高いカメラでデータベースを構築することは大いに意義がある。

【改善要望】

- データベース利用者の利便性や評価の公平性向上のため、画像認識アルゴリズムの認識精度を自動計算するツールについても提供されることが望ましい。
- 評価のためのベースラインとなるような基本的な画像認識アルゴリズムがツールとして提供されるとデータベースの利便性、有効性が向上すると考えられる。

1920 × 1200画素

800 × 500画素



図序 2.4.4-8 高分解能カメラと車載カメラ程度の分解能による再現率例

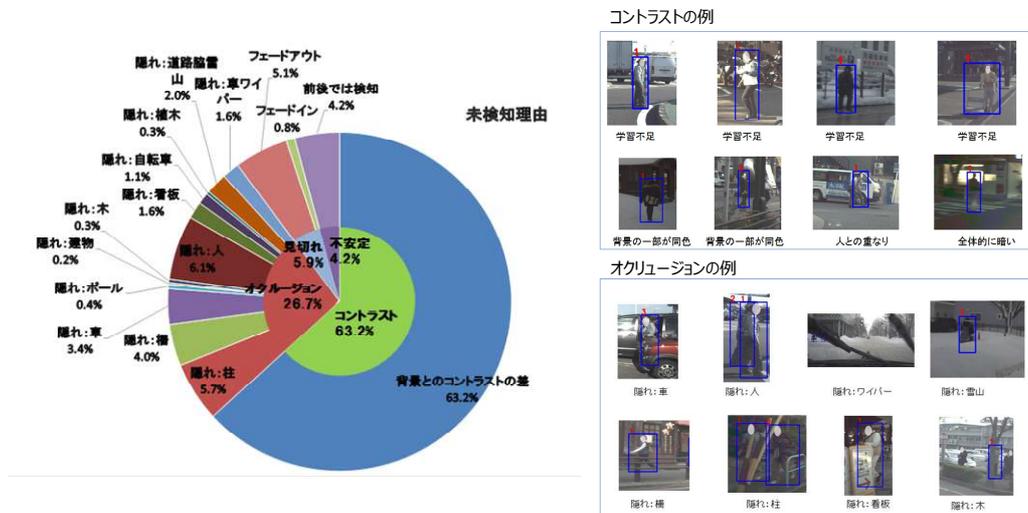
④ 再委託 5

(i) 真値タグ付き画像の活用方法検討および追加タグ情報の提案

【評価結果】

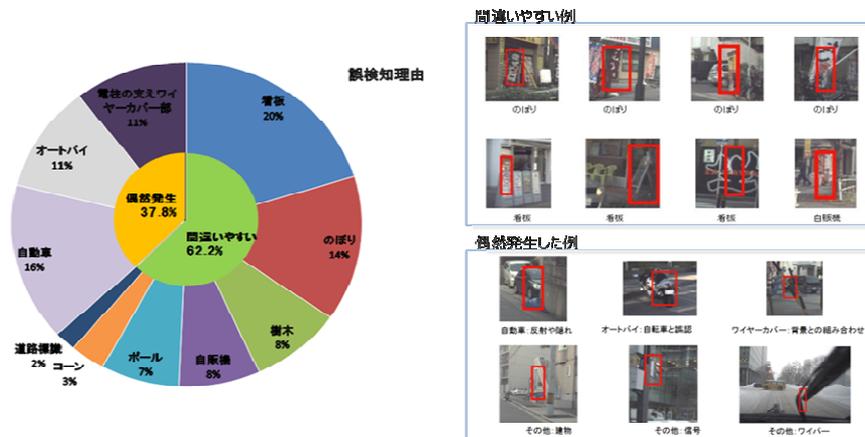
図序 2.4.4-9～10 に未検知理由の内訳とコントラスト例とオクルージョン例を示す。

- ・画像認識エンジンのロバスト性の評価に使用可能なデータである。
- 背景とのコントラスト差の度合い、隠れ度合い、人との重なり有無のタグ追加を要望



図序 2.4.4-9 未検知の事例集と頻度解析結果

- 間違いやすそうなものは路側物としてタグをつけておくのは有効である。
- 偶然発生しやすそうなものは一般的な検知ソフトで誤認した例をタグにするのも評価加速に有効である。



図序 2.4.4-10 誤検知の事例集と頻度解析結果

### 【改善要望】

人に関する危険度を示したタグ情報として、

#### a) 人に関して危険度を示したタグの追加

- ・飛び出しそうな人/交差点で立ち止まっている人/ふらふらしている人/寝ている人 / それ以外
- ・スマートフォンを見て歩いている人
- ・ヘッドフォン、イヤホンをしている人
- ・死角から現れた人

#### b) 自転車に対して危険度を示したタグの追加

- ・乗車人数
- ・自転車の種類情報 (ロードレーサ/軽快車 (シティサイクル) / 子供用自転車/それ以外)
- ・死角から現れた自転車

自動運転に対して有効なログ情報として、自車位置及びオドメトリ情報の追加、障害物の正確な位置及び動作情報の追加を提案する。

#### a) 自車位置、オドメトリ情報の追加 (速度、方向関係の情報)

EGO モーションによる自車の動きをキャンセルできるため、歩行者の移動方向、速度を利用したい。

- ・検知アルゴリズムの評価データとしての利用性が高まる。
- ・自車位置の情報と 3次元ダイナミックマップ (以下、3次元 MAP と称す) を利用すると、信号や白線の位置が特定出来る。

b) レーダレンジセンサ情報の関連情報の追加（障害物の正確な位置情報）

人、自転車、車等の自車からみた位置情報（ローカル座標）、動作情報があると、画像認識による距離誤差やレーダとカメラフュージョンに利用出来る。

⑤ 再委託 6

(i) 映像データの 27 シーン分類の指針検討及び有効性の評価

a) シーンの網羅性についての考察

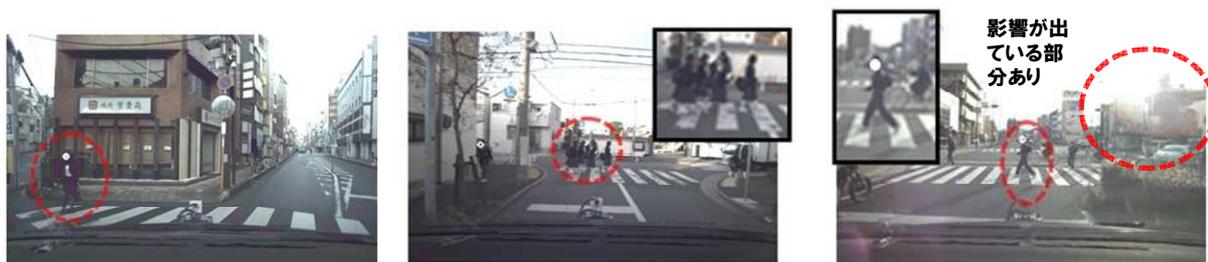
- ・シーンによる映像数の偏りは見られるが、歩行者に対する多様な映像は集約できている。カメラやレンズ特性、画角、搭載高さなどにチューニングされた製品の實力評価には活用できないが、認識アルゴリズムの性能目標の確認や比較、シーン見本的な活用ができると考える。

b) データベース（タグ情報）内容の過不足、改善点の抽出

- ・センサ開発を行うにあたり、タグ付けされたデータベースは有効活用できると考えるが、現状のデータベースは、自動タグ付け結果の誤ったタグ情報が含まれていたり、安全走行に必要な対象物にタグ情報が付与されていなかったりするため、システム的に必要なタグ付けが十分にされているとはいえず改善が必要と考える。

c) 今後に向けた提言

- ・歩行者観点での網羅的な映像を集約したデータベースとして活用するためには、映像数の少ない右左折時の映像の追加と画像認識に厳しい映像の追加が必要と考える。
- ・実際の画像認識センサは、検知対象が歩行者に限らないため、他の対象物（例えば電柱などの障害物や標識）のタグ情報の追加が必要と考える。また、効率的な距離・角度精度の評価のため、物体の距離・角度タグの追加が必要と考える。図序 2.4.4-11 に今後、追加が必要と思われる映像の事例を示す。
- ・画像認識センサの誤認識や精度劣化を防止するため、正確な隠れ障害物のタグ情報の追加、間違ったタグ情報の修正と「不明」タグの削減、認識対象の最下点を囲むといった改善が必要と考える。
- ・自動運転のためにはカメラ同士のデータ融合も要求されてくる。遠方前方と同期撮影したデータとなる周辺監視カメラの映像にタグ情報を付与できれば活用範囲が拡大すると考える。
- ・本走行映像データベースはファイル容量が大きく扱いにくいいため、欲しい映像を確認／抽出したり、タグ情報を容易に確認したりするツールが必要と考える。



図序 2.4.4-11 追加が必要な映像事例

⑥ 再委託 7

(i) 映像データの 27 シーン分類の指針検討および有効性の評価

予防安全/自動運転システムの観点から、以下の課題がある。

- ・ニアミスの可能性のある映像がない
- ・交差点右左折時の映像が少ない
- ・道路交通環境を把握する情報がない
- ・複数/群衆や付属品の項目は不要

(ii) 誤認識対象のバリエーション評価

- ・全体的に暗く歩行者の背景とコントラストが低い場合に未検出になりやすく、歩行者と形状が似た対象物が高コントラストになる場合に誤検出する傾向がある。
- ・誤検出の要因に本画像特有の要素はなく、一般的な画像データベースと同等である。

表序 2.4.4-12 に未検出/誤検出が発生する要因の推定結果を示す。

表序 2.4.4-12 未検出/誤検出が発生する要因推定

検出結果	結果の発生状況	
未検出	・隠れの影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>・歩行者が路側構造物や車両などにより隠れ、全体が見えない</li> <li>・体の足(下半身)が隠れている場合は、特に未検出になりやすい</li> <li>・人の目で見ても判別しにくい歩行者にまでタグが付与されたり、自動認識の課題としては難しい</li> </ul>
	・明るさ(コントラスト)の影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>・歩行者と背景の明暗差が低いもの(周辺と同色)で未検出が多発</li> <li>・横断歩道上や白い建物壁前に立つ白服の歩行者は、背景との明暗差が低くなり未検出が増える傾向にある</li> <li>・全体的に暗く写ったシーンでの暗い色の服や、日陰などの暗い場所では、検出性能が極端に低下</li> <li>・提供された画像は擬色の発生が多く、コントラストに少なからず変化をもたらし検出性能にも影響</li> </ul>
誤検出	・支柱	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海側に設置しているポールを誤検出(→コントラストが出やすい)</li> <li>・ポールと背景の明暗差(コントラスト)があり、高さが検出窓に近いものを誤検出</li> <li>・電柱は根本部分と上方の変圧器を誤検出、電柱に看板などが巻いてあると誤検出</li> </ul>
	・建物	<ul style="list-style-type: none"> <li>・光が当たりコントラスト差のある面を誤検出</li> <li>・建物窓では、壁面と窓枠とガラスの明暗差(コントラスト)がある部分で誤検出</li> </ul>
	・車両	<ul style="list-style-type: none"> <li>・車両に光が当たっている面を検出</li> <li>・側面とランプ周辺について、背景との明暗差およびボデーの形状から誤検出</li> <li>・誤検出しやすい車両は特いない</li> </ul>

(iii) 真値タグ付き画像の活用方法検討および追加タグ情報の提案

真値タグ付き画像の活用方法や追加タグについて検討した結果を表序 2.4.4-13 に示す。

表序 2.4.4-13 活用法の検討結果

項目	内容	メリット	デメリット	追加タグ(データ)
<b>車両開発</b>				
交通シミュレーション	・走行データから街(道路)を仮想化	・シミュレーションのシナリオを計画しやすい ・現実に近い環境を走行可能	・電柱などのオブジェクトにはタグ付けがされていない	・電柱などのオブジェクトにタグ付け
交通安全教育	・教育資料に使用		・ヒヤリハットが無い	・ヒヤリハットが発生した運転映像
事故多発地点解析&危険警告	・加速度がよく発生する場所をフィードバックして、事故多発地帯を分析し、通行時に警告		・車両が加減速してしまう映像がない ・網羅性が低い	・車両を加減速させる運転映像
路車間通信装置の設置場所検討	・電波の通りやすい場所、設置できる場所の検討	・走行時に見逃していた場所を後から確認可能		・大通りだけでなく、狭い道(路地)の走行情報
交通信号	・交通信号装置の見たい目評価 ・見通しがいいのか	・定量的な視認性の比較		・大通りだけでなく、狭い道(路地)の走行情報
検出技術検討	・歩行者や自転車、自動車、路側構造物、路面表示などの道路環境に存在するオブジェクト検出技術検討におけるリソース	・歩行者及び自転車がいろいろパターンで撮影されている	・電柱などのオブジェクトへのタグ付け	・一部映像にタグ付けされているため残りの映像に対してタグ付け
行動分析	・歩行者や自転車が障害物等を回避するときの行動より、車両の危険回避検討	・歩行者及び自転車が自車の近くを多く通行している	・回避行動をとる状況が少ない	・歩行者や自転車の回避行動
車両特性解析 車両開発	・走行路面に対する車両性能を車載映像から解析(分析)			・1車種のみでなく、他車種でも実施
<b>道路・環境</b>				
地図作成	・交差点形状や路面表示などとGPS位置情報から詳細な地図を作成 ・細かい地形や信号などの変化に対応 ・カメラ映像(後方)から地図を生成	・ナビの更新が最小限	・常にデータのやり取りが必要 ・走行によっては使用できない	
3D地図	・上空写真と組み合わせることで、建物とのテクスチャを加味した地図の作成		・上空写真が必要	・上空写真とのマッチング
道路評価	・自動運転が実現した時のインフラ評価(実際に走行する道路の評価)		・走行した道路が少ない	・ほぼすべての道路を走行した映像

(iv) まとめ

技術的な分野として、

- ・交通シミュレーションや検出技術開発における本データベースの利用価値は非常に高い。
- ・自動運転等のシステム開発における目標設定や効果確認用としての利用価値はあまり高くない(優良ドライバーのモデルは作れても、一般ドライバーや高齢ドライバーモデルは作れない)。

開発フェーズでは、

- ・研究フェーズでの利用において、簡易的な評価検討に既存のデータベースと同等に利用出来る。
- ・製品開発に移行した開発現場においては、利用が一部システム(運転注意モニタなど)に限定される。(ニアミスや事故のシーンが皆無であるため、安全系システムでの適用範囲が限られる)

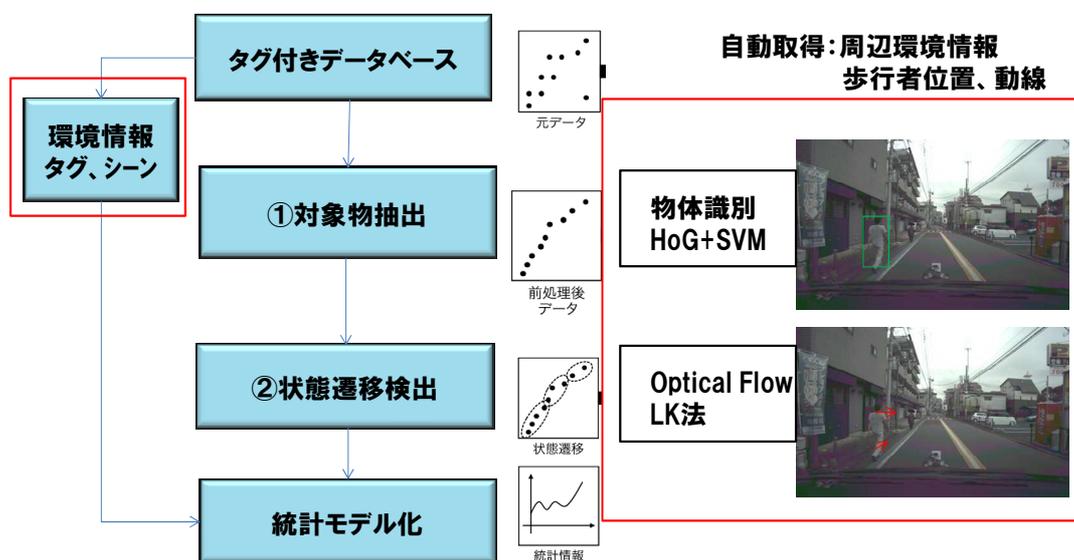
追加要望となるタグ情報は、

- ・精度も含め網羅的にタグ付与仕様を決めデータベース構築することで、付加価値が向上する。
- ・既存システムで活用されている路側構造物や路面表示など、最低限の情報付与は必須である。
- ・ドライバーの状態についても異常状態が設定されない限り、その利用方法について想定が難しい。

⑦ 再委託 8

(i) 真値タグ付き画像の活用方法検討および追加タグ情報の提案

真値タグ付き画像を教師データとして利用し、歩行者及び車両のタグ付け情報及び画像から特徴量を抽出し、歩行者および車両の動きをモデル化する（図序 2.4.4-12）。



図序 2.4.4-12 全体構成図

(ii) まとめ、要望

a) 画像取得スペック

- ・ 撮像映像のコントラスト改善

部位毎に最適な撮像時間のコントロールを要望する。

- ・ 撮像映像の高解像度化、広角化（FOV）

現状の取得画像は、前遠方監視カメラ画角 90° に加えて、周囲監視カメラにより 360° 画像取得しているものの、前後左右の各フレーム間の同期分析は難しく、画像から連続的に動線情報を取得する様にするため、前遠方監視カメラの FOV の広角化（110° 以上）を要望する。

b) 追加情報取得要望

歩行者の状態に対して主成分分析を行う際、どのような挙動情報を主成分として運転しているか、ドライバの運転操作情報、運転姿勢情報を取得対象とし、モデル化の際に補助情報として活用する。

## (6) 走行映像データベース評価のまとめ

### ① 関係 8 団体（OEM2、サプライヤ 4、研究機関 2）への委託評価の結果

歩行者など障害物認識システムの評価用データベースとしては有効である。但し、ヒヤリハットや認識が難しいシーンの検索機能や欲しいシーンのデータ増強など、データベースとしての完成度を高めることと、データ活用環境やツール強化など対応期待が挙げられた。

### ② 事業成果の活用について

本事業とは別途実施された周辺環境認識技術に係る調査事業では、「走行映像データベース」構築技術及び実証に対して、障害物認識の他にダイナミックマップ等への応用研究も視野に、画質や量に優れた走行映像データベース利用の期待は大きく、民間で活用する仕組み作りが期待されていることが判明した。

### ③ 今後の取組み方針について

各社でデータベースを活用するために必要なデータ加工や検索機能の完成を急ぐとともに、実用性検討に必要なデータや解析ツール類をタイムリーに提供して行く計画である。



## (2) 開発検討会の運営

### 【開発目標】

走行映像データの分析及び走行映像データへのタグ付け技術の開発及び実証に共通したシステム仕様や重要な課題などを検討する。また、各研究室及び関係企業による仕様検討WGの研究管理を行う。

開発検討会において、4回以上委員に対して技術開発や実施内容等に関して進捗報告などを行い、実施内容に反映する。さらに、自動運転システム推進委員会において、2回以上の研究開発進捗報告を開催し、開発計画や実施内容等に関して進捗報告を行い、アドバイスやコメントを頂き、実施内容に反映する。

### 【成果】

以下の会議体を開催および出席を行い、研究開発の進捗状況を報告し、意見やコメント等を研究開発に反映させた。

開発検討会は、隔月毎を目安に5回開催し表序 2.4.5-2 の議事内容で実施した。また、図序 2.4.5-1 に実施状況を示す。

表序 2.4.5-2 開発検討会の実施概要

開催日時	議事内容
第1回(平成28年6月29日)	平成28年度研究開発概要、タグ付け技術開発、検索性DB開発
第2回(平成28年9月2日)	走行映像DB評価の進捗状況報告
第3回(平成28年10月28日)	走行映像DB評価の中間報告
第4回(平成28年12月16日)	走行映像DB評価の結果概要報告
第5回(平成29年1月20日)	走行映像DB評価の報告書内容のとりまとめ



図序 2.4.5-1 開発検討会の実施

自動運転システム推進委員会に2回出席し、事業内容の概況や事業成果報告を実施した（表序 2.4.5-3）。

表序 2.4.5-3 自動運転システム推進委員会の実施概要

開催日時	議事内容
第2回（平成28年9月29日）	平成28年度実施計画の概要説明、質疑応答
第4回（平成29年2月27日）	平成28年度研究成果の概要説明、質疑応答

SIPシステム実用化WGに3回出席し、事業内容の概況や中間報告を実施した（表序 2.4.5-4）。

表序 2.4.5-4 SIPシステム実用化WGの実施概要

開催日時	議事内容
第1回（平成28年6月8日）	平成28年度実施計画の概要説明、質疑応答
第2回（平成28年9月28日）	走行映像DB評価の中間報告
第3回（平成29年3月8日）	平成28年度研究成果の概要説明、事業成果活用について

研究開発全体企画会議は、毎月1回程度で延べ16回開催し、各研究室の研究開発状況の報告及び研究室間に跨る検討課題等の整理を実施した。また、表序 2.4.5-5 に議事内容の概要を示す。

表序 2.4.5-5 研究開発全体企画会議の実施概要

開催日時	議事内容
第1回（平成28年6月29日）	走行映像データ分析の検討
第2回（平成28年7月29日）	研究開発の検討報告、事業成果の活用について
第3回（平成28年8月25日）	研究開発の検討報告、27シーン分類の検討
第4回（平成28年9月2日）	研究開発の検討報告、事業成果の活用について（継続）
第5回（平成28年9月8日）	事業成果の活用について（継続）
第6回（平成28年9月14日）	事業成果の活用について（継続）
第7回（平成28年9月23日）	SIPシステム実用化WG報告内容審議
第8回（平成28年9月29日）	SIPシステム実用化WG報告結果の研究開発への反映
第9回（平成28年10月28日）	第3回開発検討会の課題対応審議
第10回（平成28年11月1日）	画像データ対策中間報告
第11回（平成28年11月8日）	画像データ対策完了報告
第12回（平成28年12月16日）	成果報告書の要旨検討
第13回（平成29年1月20日）	成果報告書の要旨摺り合せ
第14回（平成29年2月14日）	成果報告書の初版内容摺り合せ
第15回（平成29年2月22日）	成果報告書の内容確認、自動運転システム推進委員会報告資料審議
第16回（平成29年3月2日）	成果報告書の最終内容確認、SIPシステム実用化WG報告資料審議

# 第 1 章 走行映像データの分析

## 1.1 国内走行映像データの分析

### 1.1.1 走行環境シーン分類の目的

平成 27 年度 戦略的イノベーション創造プログラム（自動走行システム）：「走行映像データベース」の構築技術の開発及び実証の成果報告書（以下、「平成 27 年度成果報告書」と言う）に記載されている通り、平成 27 年度は、日本国内各地を走行し映像データを蓄積してきた。主に道路上に存在する歩行者や自転車をターゲットとして映像収集してきたが、映像データの中には、路側駐車車両や交差点右折車両等、対歩行者や自転車に限らない走行環境シーンも数多く収集できており、歩行者や自転車に限らず、対車両も含めて走行環境シーンとしての映像の価値もあると考えられる。

そこで、平成 28 年度は、代表的な走行環境シーンをいくつか挙げ、それら走行環境シーン（27 シーン分類）が全体映像中にどの程度の分量、割合としてあるのか、解析し、纏めることとした。

### 1.1.2 走行環境シーン分類の定義

走行環境シーン分類として、27 のシーンを定義した。表 1.1.2-1 から表 1.1.2-3 に、走行環境シーン分類一覧を示す。走行環境シーンは、大きく 3 つに分類される。

対象シーン 1 から 10 は、場所（単路、交差点）、対象物（歩行者、自転車）、挙動（追越し、道路横断）の基本的な走行映像の組合わせである。

対象シーン 11 から 20 は、上記の対象シーンに対する特殊な走行映像として、歩行者と自転車の混在、対象物の数量が多い映像、歩行者が保有する特殊な保有物（台車やベビーカー等を想定）や道路工事や特殊な交差点形状等の各走行映像である。

対象シーン 21 から 27 は、交通事故には至らない映像シーンとして、路側駐車車両の追越し、交差点の右左折時における対向車両（自動車・二輪車）や交差点前方横切り車両の各走行映像である。

表 1.1.2-1 走行環境シーン分類 (1~10)

No	対象シーン	イメージ(例)	備考
1	単路 追い越し(歩行者)		
2	単路 追い越し(自転車)		
3	横断歩道 横切り(歩行者)		
4	横切り(自転車)		
5	交差点左折(歩行者)		
6	交差点左折(自転車)		
7	交差点右折(歩行者)		
8	交差点右折(自転車)		
9	複数歩行者 追い越し		複数: 数名を想定
10	複数歩行者 横断歩道(横切り)		同上

表 1.1.2-2 走行環境シーン分類 (11~20)

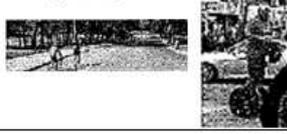
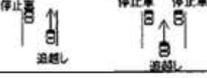
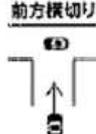
No	対象シーン	イメージ(例)	備考
11	歩行者・自転車混在		
12	群集 追越し		群集:5名以上多くの移動を想定
13	群集 横断歩道(横切り)		同上
14	群集 左折時(横切り)		同上
15	群集 右折時(横切り)		同上
16	歩行者の付属物		ベビーカー、台車等の大きな付属物を保有
17	特殊歩行者		横断歩道以外を横断
18	特殊自転車		自転車の右側通行等
19	特殊周辺環境		道路工事、特殊交差点、自転車専用レーン等 セグウェイやスケートボード等での道路移動
20	路側物(誤認識対象)		沿道に設置してある標識や人のポスターや看板等のシーン

表 1.1.2-3 走行環境シーン分類 (21~27)

No	対象シーン	イメージ(例)	備考
21	路側駐車車両追い越し		追突事故の可能性評価用
22	交差点右折時対向直進車(自動車)		右直事故の可能性評価用
23	交差点右折時対向直進車(二輪車)		同上
24	交差点直進時前方右折車(自動車)		同上
25	交差点直進時前方右折車(二輪車)		同上
26	交差点前方横切り直進車(自動車)		出会頭事故の可能性評価用
27	交差点前方横切り直進車(二輪車)		同上

### No.1：単路 追い越し（歩行者）

路上にいる単独の人が対象である。歩くや座るなど、人の動作は問わない。自車が追い越す、自車が追い越される場合の双方とも対象。路上とは、ガードレールや縁石等で分離された歩道を除き、車両が無理せず通常走行可能な道路領域を指す。

- ・車両から横方向 6m以内に存在している歩行者を対象とし、6m以上離れている場合は対象外とする。
- ・歩道から身体が路上にはみ出している歩行者は路上に存在するとみなす。
- ・自転車から降りている歩行者は「歩行者+付属物(自転車)」として扱う。
- ・歩行者が歩道に存在しても付属物が路上にある場合は路上歩行者とみなす。
- ・歩道と路上に歩行者が並んでいる場合は路上にいる歩行者人数のみで判断する。
- ・歩行者と自転車が 5m以内にいる際には自転車を混在シーンとし、歩行者+混在の 1シーンとする。
- ・歩行者が車両進行方向に連なって存在しているケースでは、車両進行方向の歩行者間隔が 5m以上離れている場合、新たな歩行者としてカウントする。5m以内であれば、No.9 項の複数歩行者へ分類する。

### No.2：単路 追い越し（自転車）

路上にいる自転車が対象。単数/複数の区別はしない。自転車とは、乗り物として公道走行が許されているものとする(幼児の3輪車=歩行者+付属物、車いす=歩行者+付属物、キックボード=歩行者+付属物、人力車=自転車)。

追い越しのタイミングで複数台連なる場合（自転車間が 5m以内）は、1シーンにまとめる。自車が追い越す、自車が追い越される場合の双方とも対象とする。

- ・車両から横方向 6m以内に存在している自転車を対象とし、6m以上離れている場合は対象外とする。
- ・自転車から降りている歩行者は歩行者+付属物(自転車)として扱う。
- ・歩行者と自転車が 5m以内にいる際には自転車を混在シーンとし、歩行者+混在の 1シーンとする。

### No.3：横断歩道 横切り（歩行者）

横断歩道を横切る単独の歩行者を対象。

- ・横断歩道がない交差点を渡る歩行者は、⑰項の特殊歩行者とする。
- ・横断歩道のすぐ横を渡る程度の横断歩行者は⑰項としない。
- ・自車前方 30m以上の横断歩行者は対象外とする。
- ・30m以内でも、交差点後方の横断歩道は対象としない。
- ・対象歩行者が横断歩道を渡りきる前に、別の歩行者が同一横断歩道の横断を始めた場合は単独→複数→群衆とグループを変更して 1シーンに纏める。
- ・同一横断歩道内に自転車がある場合は、歩行者+混在の 1シーンとし、自転車は単独シーンとして扱わない。

#### No.4：横切り（自転車）

横断歩道を横切る自転車が対象。単数／複数の区別はしない。他は③項と同様である。横断のタイミングで複数台連なる場合、1シーンに纏める。

#### No.5：交差点左折（歩行者）

自車が左折しようとして交差点に進入した際、路上を通行している人が対象。横断歩道の有無によらない。自車は左折レーンにいるが、先頭車両でない場合は対象外とする。

#### No.6：交差点左折（自転車）

自車が左折しようとして交差点に進入した際、路上を通行している自転車が対象。台数は問わない。他はNo.5項と同様とする。

#### No.7：交差点右折（歩行者）

自車が右折しようとして交差点に進入した際、路上を通行している人が対象。横断歩道の有無によらない。自車は右折レーンにいるが、先頭車両でない場合は対象外とする。

#### No.8：交差点右折（自転車）

自車が右折しようとして交差点に進入した際、路上を通行している自転車が対象。台数は問わない。他はNo.7項と同様とする。

#### No.9：複数歩行者 追い越し

2から4人のグループが対象。他はNo.1項と同様とする。

- ・歩行者間が約5m（自車進行方向）以内の場合に同一グループとして纏める。
- ・歩行者の進行方向は問わず、追越し時の歩行者間距離が5m以内であれば同一グループに纏める。
- ・車両の左側と右側に歩行者が同時に存在した場合は同一グループとはしない。

#### No.10：複数歩行者 横断歩道（横切り）

横断歩道を横切る2から4人の歩行者が対象。他は③項と同様とする。

- ・歩行者の進行方向によらず、同一横断歩道内の歩行者数でグループとして判断する。

#### No.11：歩行者・自転車混在

路上に歩行者と自転車が同時に居る場合が対象。歩行者シーン番号の付属情報となる項目である。

No.12：群集 追越し

5人以上の歩行者が存在する場合が対象。他はNo.9項と同様とする。

No.13：群集 横断歩道（横切り）

横断歩道を横切る5人以上の歩行者が存在する場合対象とする。他はNo.10項と同様とする。

No.14：群集 左折時（横切り）

自車が左折しようとして交差点に進入した際、横断歩道を通行している2人以上が対象とする。他はNo.5項と同様とする。

No.15：群集 右折時（横切り）

自車が右折しようとして交差点に進入した際、横断歩道を通行している2人以上が対象とする。他はNo.7項と同様とする。

No.16：歩行者の付属物

ベビーカー、台車等、タイヤのついている荷物を持っている、ペットを散歩している、自転車に乗らず、押している歩行者シーンが対象となる。歩行者シーン番号の付属情報となる項目である。

No.17：特殊歩行者

横断歩道以外を横切る歩行者が対象とする。単数／複数を問わない。

No.18：特殊自転車

右側走行する自転車、通行禁止領域を走行する自転車などの交通違反自転車とする。

No.19：特殊周辺環境

道路工事、特殊交差点、自転車レーン等特殊な道路環境の場合や、米国によく見られるセグウェイやスケートボード等で道路移動している場合に対象とする。

No.20：路側物（誤認識対象）

路上に設置してある標識や人のポスター、看板等が対象とする。

#### No.21：路側駐車車両追い越し

路上駐車（一時停止も含む）車両が対象。二輪車、自転車は対象外。次の駐車車両までの間隔が 30m 以内であれば同一シーンに含める。

- ・路上でない場合（道路のすぐ横が駐車スペース等）は対象外とする。
- ・駐車場内走行時の駐車車両は対象外とする。
- ・右側は自車と駐車車両が 6m 以上離れている場合は対象外とする。
- ・信号待ち、渋滞により車両が停止している場合は対象外とする。

#### No.22：交差点右折時対向直進車（自動車）

自車が右折しようとしている時、直進してくる対向車が対象。自車が交差点に進入していれば、走行中/停止中は問わない。右折レーンにいるが、信号待ち等により交差点に進入していない場合は対象外とする。

#### No.23：交差点右折時対向直進車（二輪車）

直進してくる二輪車が対象。他はNo.22 項と同様とする。

#### No.24：交差点直進時前方右折車（自動車）

自車が直進しようとしている時、右折する自動車が対象。対向右折レーンに車両が並んでいる場合は先頭車両が対象シーンとなる。対向車が右折している／右折しようとして停止しているすべてが対象とする。

#### No.25：交差点直進時前方右折車（二輪車）

二輪車が対象とする。他は⑭項と同様とする。

#### No.26：交差点前方横切り直進車（自動車）

自車が直進時、自車の前を横切る自動車を対象とする。自車の状態（停止/直進中）は問わない。30m 以上先の横切りは対象外とする。

#### No.27：交差点前方横切り直進車（二輪車）

二輪車が対象とする。他は⑭項と同様とする。

### 1.1.3 走行環境シーン分類対象映像データ

走行映像データベースの走行映像データ全てを分類作業した場合、多大な時間とコストを必要とするため、一部の映像データを解析することで、全データのシーン数を推定する方法を検討した。

平成 27 年度成果報告書に示した様に、歩行者を対象とした走行場所は、関東、中部、関西の市街地、繁華街、観光地、および札幌、小樽の寒冷地である。対象都市の選定は人口統計データ等を用いて行われ、市街地は 22 都市、繁華街で 10 都市、観光地で 3 都市、寒冷地で 2 都市であり、合計 37 都市である。

歩行者等の移動時間が時間帯で歩行者数が異なることを考慮するとともに、走行映像データを蓄積するデータ収集車両の映像データの蓄積量の制限等から、都市毎においては早番（7:00～15:00）または遅番（15:00～23:00）の時間帯で複数の日にちに渡って走行している。

開発検討会における走行映像データ収集の検討において、画像認識用データベースであるため、時間帯の違いによる様々な日照変化（輝度変化）の収集が求められた。また、1 日の走行ルートは同一区間としており、日にちが変わっても遭遇する走行環境シーンの頻度はほぼ同じと見なすこととした。但し、時間帯が変わると交通量が変わるため、早番、遅番の各々において分析することとした。

結果、分析対象とする走行日を、表 1.1.3-1 および表 1.1.3-2 とした。尚、走行日数 0 日の項目については走行映像データが無いため対象外とする。

表 1.1.3-1 走行環境シーン分類対象日（市街地）

区分	地域	場所	時間帯	走行日数	解析対象日数	解析対象データ
市街地	関東	吉祥寺	早番	2	1	10月16日
			遅番	2	1	11月4日
		三鷹	早番	4	1	10月1日
			遅番	0	0	
		田無	早番	3	1	10月9日
			遅番	2	1	10月22日
		国分寺	早番	4	1	10月29日
			遅番	2	1	11月13日
		狛江	早番	3	1	10月15日
			遅番	2	1	10月20日
		武蔵小杉	早番	3	1	9月1日
			遅番	4	1	11月11日
		溝の口	早番	2	1	9月2日
			遅番	4	1	9月10日
		新横浜	早番	3	1	9月4日
			遅番	4	1	9月21日
		上大岡	早番	2	1	11月6日
			遅番	3	1	8月26日
		蕨	早番	4	1	12月9日
			遅番	2	1	1月31日
		西川口	早番	4	1	11月24日
			遅番	3	1	2月2日
		川口	早番	4	1	12月4日
			遅番	1	1	2月3日
	草加	早番	4	1	11月25日	
		遅番	2	1	2月1日	
	大阪	豊中	早番	10	1	10月28日
			遅番	6	1	9月16日
		尼崎	早番	9	1	11月25日
			遅番	5	1	12月21日
		新大阪	早番	11	1	10月5日
			遅番	5	1	11月9日
		守口	早番	5	1	9月21日
			遅番	2	1	9月15日
		天王寺	早番	10	1	11月23日
			遅番	4	1	9月25日
	愛知	藤ヶ丘	早番	7	1	11月25日
			遅番	2	1	10月21日
		今池	早番	4	1	11月24日
			遅番	3	1	10月13日
		八事	早番	3	1	9月29日
			遅番	1	1	10月19日
金山		早番	8	1	12月4日	
		遅番	3	1	10月23日	

表 1.1.3-2 走行環境シーン分類対象日（繁華街・観光地・寒冷地）

区分	地域	場所	時間帯	走行日数	解析対象日数	解析対象データ
繁華街	関東	新宿	早番	0	0	
			遅番	1	1	11月21日
		渋谷	早番	0	0	
			遅番	1	1	10月23日
		新橋	早番	1	1	10月7日
			遅番	0	0	
	横浜	早番	2	1	9月12日	
		遅番	1	1	8月21日	
	大阪	梅田	早番	2	1	9月4日
			遅番	2	1	11月13日
		本町	早番	1	1	9月29日
			遅番	1	1	12月18日
		難波	早番	2	1	11月20日
			遅番	2	1	12月16日
	愛知	名古屋駅東	早番	6	1	11月26日
			遅番	3	1	11月13日
		伏見	早番	8	1	11月27日
			遅番	2	1	10月6日
栄		早番	2	1	11月20日	
		遅番	1	1	10月9日	
観光地	鎌倉	早番	2	1	11月7日	
		遅番	1	1	10月3日	
	京都	早番	2	1	12月5日	
		遅番	0	0		
	高山	早番	1	1	9月12日	
		遅番	0	0		
寒冷地	札幌	早番	6	1	1月14日	
		遅番	3	1	1月22日	
	小樽	早番	3	1	1月11日	
		遅番	2	1	1月19日	

#### 1.1.4 走行環境シーン分類、映像抽出方法

1.1.3 項で示した解析対象データに対して、映像を目視確認し、走行環境シーンナンバーと映像時刻を一覧表に纏め、纏めた表を基に走行環境シーン数の把握を行う。また、どのような走行環境シーンであるのかを映像で示せるように、シーンごとに代表映像を1枚選定した代表シーン映像集を作成する。

走行環境シーンまとめ表の作成作業、及び代表映像抽出作業は外注にて行う。外注作業を効率化させるために、走行環境シーン抽出支援ツールを作成した。

走行環境シーン抽出支援ツールでは、ビューワで示される映像を再生し、対象となるシーンに到達したときに、シーンナンバーを入力することでシーンナンバーと映像時刻が自動的に表へ入力される。また、同時に代表シーン映像集フォルダへ同時刻の1枚の映像データ（前遠方監視カメラの撮像データ）が保管される。

シーンを選定するタイミング（代表シーンのタイミング）は、追い越しであれば、対象が全遠方カメラに映っており自車に最も接近している状態（全遠方カメラの最左または最右位置）であり、横切りであれば対象が自車正面に位置しているときである。

図 1.1.4-1 代表シーン抽出の具体例を示す。



図 1.1.4-1 歩行者追い越しシーン

図 1.1.4-1 は歩行者追い越しシーンである。車両周辺 6m 範囲に存在する歩行者を対象とするため、同図に示した歩行者は車両の右側に存在するが対象となる。代表シーン抽出のタイミングは、同図で示した通り、対象者がカメラの視覚上、最も右寄りの状態となる。

#### 1.1.5 走行環境シーン番号映像時刻一覧表

走行環境シーン抽出支援ツールによって抽出したシーンは、表 1.1.5-1 の例に示すように、自動作成されたシーン情報ファイルへ、シーン代表時刻、シーン番号が保存される。

表 1.1.5-1 走行環境シーン番号映像時刻一覧表（例）

A	B	C	D	E	F	G
代表時刻	シーン分類番号	シーン特殊番号	総フレーム数	FPS	SRFファイル名	代表フレーム遠方ファイル名
2015-1016_0848-12.916	18: 違反自転車		1201	60	SRF-02_20151016_084812_916.csv	CAM1_02_20151016_084812_916.jpg
2015-1016_0848-14.116	26: 直進時前方横切自動車		1201	60	SRF-02_20151016_084814_116.csv	CAM1_02_20151016_084814_116.jpg
2015-1016_0848-22.133	09: 追越複数歩行者		1201	60	SRF-02_20151016_084822_133.csv	CAM1_02_20151016_084822_133.jpg
2015-1016_0848-33.633	01: 追越歩行者		1201	60	SRF-02_20151016_084833_633.csv	CAM1_02_20151016_084833_633.jpg
2015-1016_0848-33.633	16: 歩行者付属物		1201	60	SRF-02_20151016_084833_633.csv	CAM1_02_20151016_084833_633.jpg
2015-1016_0849-21.816	01: 追越歩行者		1201	60	SRF-02_20151016_084921_816.csv	CAM1_02_20151016_084921_816.jpg
2015-1016_0849-23.166	21: 追越駐車車両		1201	60	SRF-02_20151016_084923_166.csv	CAM1_02_20151016_084923_166.jpg
2015-1016_0849-25.866	13: 歩道横断群衆		974	60	SRF-02_20151016_084925_866.csv	CAM1_02_20151016_084925_866.jpg
2015-1016_0849-25.866		34: 往来地区	974	60	SRF-02_20151016_084925_866.csv	CAM1_02_20151016_084925_866.jpg
2015-1016_0849-29.350	26: 直進時前方横切自動車		1201	60	SRF-02_20151016_084929_350.csv	CAM1_02_20151016_084929_350.jpg
2015-1016_0849-32.666	26: 直進時前方横切自動車		1201	60	SRF-02_20151016_084932_666.csv	CAM1_02_20151016_084932_666.jpg
2015-1016_0849-39.033	03: 横断歩道横断歩行者		1201	60	SRF-02_20151016_084939_033.csv	CAM1_02_20151016_084939_033.jpg
2015-1016_0849-47.450	26: 直進時前方横切自動車		1201	60	SRF-02_20151016_084947_450.csv	CAM1_02_20151016_084947_450.jpg
2015-1016_0850-19.866	22: 右折時対向直進自動車		1073	60	SRF-02_20151016_085019_866.csv	CAM1_02_20151016_085019_866.jpg
2015-1016_0850-19.866		34: 往来地区	1073	60	SRF-02_20151016_085019_866.csv	CAM1_02_20151016_085019_866.jpg
2015-1016_0850-43.883	23: 右折時対向直進二輪車		1201	60	SRF-02_20151016_085043_883.csv	CAM1_02_20151016_085043_883.jpg
2015-1016_0850-43.950	22: 右折時対向直進自動車		1590	60	SRF-02_20151016_085043_950.csv	CAM1_02_20151016_085043_950.jpg
2015-1016_0850-43.950		34: 往来地区	1590	60	SRF-02_20151016_085043_950.csv	CAM1_02_20151016_085043_950.jpg
2015-1016_0850-58.583	23: 右折時対向直進二輪車		1201	60	SRF-02_20151016_085058_583.csv	CAM1_02_20151016_085058_583.jpg
2015-1016_0851-02.250	02: 追越自転車		1201	60	SRF-02_20151016_085102_250.csv	CAM1_02_20151016_085102_250.jpg
2015-1016_0851-10.483	22: 右折時対向直進自動車		1201	60	SRF-02_20151016_085110_483.csv	CAM1_02_20151016_085110_483.jpg
2015-1016_0851-27.683	21: 追越駐車車両		1201	60	SRF-02_20151016_085127_683.csv	CAM1_02_20151016_085127_683.jpg
2015-1016_0852-20.533	24: 直進時対向右折自動車		1201	60	SRF-02_20151016_085220_533.csv	CAM1_02_20151016_085220_533.jpg
2015-1016_0852-22.566	18: 違反自転車		1201	60	SRF-02_20151016_085222_566.csv	CAM1_02_20151016_085222_566.jpg

表 1.1.5-1 において、A 列から G 列はそれぞれ、以下の意味である。

- ・ A 列：走行環境シーンの代表時刻（年月日時分秒）
- ・ B 列：走行環境シーンナンバー（1～27 シーン分類）
- ・ C 列：付属情報（A 列と同時刻の走行環境シーンの付属情報）
- ・ D 列：1 シーンの総フレーム数（代表シーンを含めた前後 10 秒間のフレーム数（注 1）、または往来地区（注 2）の開始から終了までのフレーム数）
- ・ E 列：総フレーム数のベースとなる 1 秒あたりのフレーム数（夜間のフレーム削減データも含め、一律 60）。
- ・ F 列：シーン分類表作成にて一時的に作成されるファイル名。
- ・ G 列：代表フレームの映像ファイル名。

（注 1）前後 10 秒間のフレーム数は、昼夜問わず一律に 1201（前 10 秒間 600 フレーム＋代表シーン時刻 1 フレーム＋後 10 秒間 600 フレームの合計フレーム数）とした。

（注 2）往来地区とは同一シーンが複数回連続して発生しており、開始時刻から終了時刻までの間に多くのシーンが存在している状態である。開始時刻は A 列の代表時刻を示し、終了時刻は D 列に示すフレーム数を経過した時の時刻である。但し、1 秒間のフレーム数は 60 である。

### 1.1.6 走行環境シーン分類抽出結果（作業分）

表 1.1.6-1 に、走行環境シーン分類の作業結果（シーン番号別総合計）を示す。

表 1.1.6-1 走行環境シーン分類作業結果（シーン番号別総合計件数）

シーン番号	内容	件数
1	単路 追い越し(歩行者)	19102
2	単路 追い越し(自転車)	12446
3	横断歩道 横切り(歩行者)	2914
4	横切り(自転車)	3994
5	交差点左折(歩行者)	759
6	交差点左折(自転車)	464
7	交差点右折(歩行者)	356
8	交差点右折(自転車)	219
9	複数歩行者 追い越し	6123
10	複数歩行者 横断歩道(横切り)	1672
11	歩行者・自転車混在	1705
12	群集 追越し	873
13	群集 横断歩道(横切り)	699
14	群集 左折時(横切り)	581
15	群集 右折時(横切り)	151
16	歩行者の付属物	2489
17	特殊歩行者	2484
18	特殊自転車	2171
19	特殊周辺環境	517
20	路側物(誤認識対象)	0
21	路側駐車車両追い越し	23270
22	交差点右折時対向直進車(自動車)	1231
23	交差点右折時対向直進車(二輪車)	193
24	交差点直進時前方右折車(自動車)	1371
25	交差点直進時前方右折車(二輪車)	64
26	交差点前方横切り直進車(自動車)	9906
27	交差点前方横切り直進車(二輪車)	1491

(注) 路側物（誤認識対象）は抽出対象から除外した

### 1.1.7 走行環境シーン分類全体予測

表 1.1.3-2 で示したように、同一の走行場所で複数回の走行を行っているが、シーン分類作業は各々1日分のデータで行った。走行映像データ全体を把握するために、走行場所ごとに抽出したシーン数を走行日数で乗算する必要がある。

表 1.1.7-1 に走行場所に対するシーン数一覧（抽出作業結果）を示す。また、表 1.1.7-2 には、表 1.1.3-1 および表 1.1.7-1 より予測した走行環境シーン数全体予測結果を示す。

表 1.1.7-1 走行場所に対するシーン分類作業結果 (件数/1日)

区分	地域	場所	時間帯	シーン番号																										
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
市街地	関東	吉祥寺	早番	252	87	30	29	12	1	5	2	71	24	17	5	17	10	1	26	30	29	12	0	188	15	5	10	0	107	13
市街地	関東	吉祥寺	遅番	325	358	44	62	12	4	4	5	106	24	59	11	24	10	4	47	31	25	12	0	233	25	10	7	0	134	29
市街地	関東	三原	早番	324	336	93	132	23	18	15	10	46	64	51	4	7	0	2	25	49	16	29	0	308	27	4	34	1	188	24
市街地	関東	田無	早番	222	230	31	76	8	10	5	4	50	25	40	4	15	0	0	52	22	24	0	0	133	4	2	6	0	78	21
市街地	関東	田無	遅番	208	261	35	62	13	8	2	4	59	16	21	4	2	3	0	32	25	22	4	0	83	13	7	12	1	128	28
市街地	関東	国分寺	早番	489	385	44	79	9	5	6	1	128	13	25	7	6	1	1	37	35	35	18	0	156	32	4	18	2	190	32
市街地	関東	国分寺	遅番	312	217	33	62	6	5	14	4	111	20	44	10	9	4	0	27	16	26	0	0	161	22	2	10	1	103	22
市街地	関東	狛江	早番	316	249	50	106	17	18	4	9	65	25	41	3	5	12	3	67	54	38	6	0	275	22	8	35	1	140	46
市街地	関東	狛江	遅番	174	141	33	62	21	15	8	14	41	11	29	4	8	14	2	24	29	19	0	0	171	13	2	5	0	113	50
市街地	関東	武蔵小杉	早番	394	288	51	54	11	8	10	3	108	37	27	6	11	8	4	51	56	20	6	0	307	17	7	10	2	83	15
市街地	関東	武蔵小杉	遅番	408	314	49	70	10	8	11	2	142	31	55	19	11	4	8	50	46	50	15	0	238	22	4	13	0	126	25
市街地	関東	溝の口	早番	625	294	55	43	16	3	4	7	112	26	11	17	11	4	2	42	24	82	14	0	320	71	7	11	2	190	13
市街地	関東	溝の口	遅番	648	257	49	57	12	5	4	3	241	46	45	17	11	13	4	48	52	36	0	0	232	16	5	22	1	104	22
市街地	関東	新横浜	早番	201	81	53	23	22	5	5	3	39	19	17	3	10	33	1	35	23	10	25	0	423	18	2	18	0	117	25
市街地	関東	新横浜	遅番	92	52	53	21	18	5	2	1	41	27	5	8	7	20	1	23	10	3	18	0	252	10	0	15	5	192	43
市街地	関東	上大岡	早番	483	74	41	24	7	2	6	3	85	16	10	6	10	3	0	37	44	8	6	0	253	15	5	12	2	106	24
市街地	関東	上大岡	遅番	402	42	46	14	10	2	12	1	90	16	4	7	2	4	1	35	51	8	0	0	238	5	0	6	1	92	30
市街地	関東	蕨	早番	300	340	35	106	3	7	11	6	89	17	19	9	4	3	4	37	44	21	8	0	220	14	1	6	2	131	20
市街地	関東	蕨	遅番	181	241	8	35	3	3	2	4	54	10	26	13	5	4	2	33	15	20	0	0	144	17	0	28	2	80	11
市街地	関東	西川口	早番	292	320	24	102	3	4	9	5	64	18	6	6	4	12	2	62	38	23	11	0	258	22	3	20	1	255	34
市街地	関東	西川口	遅番	276	279	53	71	1	7	6	2	52	16	19	4	2	4	0	26	35	35	0	0	230	16	1	37	1	186	27
市街地	関東	川口	早番	327	312	45	89	12	18	12	9	73	31	75	26	25	16	2	60	68	44	3	0	316	20	0	13	0	166	36
市街地	関東	川口	遅番	377	355	65	103	25	4	13	5	89	43	54	7	4	15	4	56	77	37	2	0	434	11	1	13	1	256	32
市街地	関東	草加	早番	250	182	15	72	7	7	4	6	30	6	2	12	1	0	0	14	53	8	4	0	125	30	1	19	1	219	23
市街地	関東	草加	遅番	176	164	11	78	1	1	0	1	36	2	15	1	0	2	0	13	16	25	1	0	88	38	6	25	1	248	33
市街地	関西	豊中	早番	434	349	12	50	11	16	2	5	100	16	22	12	7	1	3	71	20	47	8	0	298	7	8	13	0	73	35
市街地	関西	豊中	遅番	241	225	19	49	4	2	1	0	69	18	21	11	2	1	1	25	20	37	0	0	255	7	1	13	3	83	45
市街地	関西	尼崎	早番	193	232	34	88	12	5	4	1	37	11	20	1	3	2	0	21	21	49	14	0	307	28	3	33	3	137	32
市街地	関西	尼崎	遅番	207	237	26	85	8	8	1	1	57	11	35	3	14	4	0	24	24	49	3	0	254	15	2	15	2	109	44
市街地	関西	新大阪	早番	432	367	51	101	15	5	9	11	92	16	47	13	10	13	2	74	34	77	8	0	681	16	0	40	4	178	26
市街地	関西	新大阪	遅番	311	300	75	94	8	7	2	6	122	28	24	16	13	18	1	42	57	92	6	0	467	16	11	49	0	119	15
市街地	関西	守口	早番	286	448	30	101	10	7	2	7	58	17	25	0	7	2	0	51	20	84	3	0	319	16	0	3	0	195	30
市街地	関西	守口	遅番	194	303	29	93	10	6	0	6	54	6	13	1	0	4	1	42	6	91	2	0	266	10	0	16	4	253	41
市街地	関西	天王寺	早番	435	342	55	77	21	18	8	5	149	17	53	23	4	11	1	76	59	50	25	0	465	46	3	22	2	227	19
市街地	関西	天王寺	遅番	241	247	21	79	8	13	5	10	104	31	26	6	10	10	5	44	36	69	29	0	364	26	12	52	2	68	18
市街地	中部	藤ヶ丘	早番	121	43	19	14	4	6	4	2	15	10	4	2	1	2	6	9	9	2	13	0	191	24	1	41	0	110	8
市街地	中部	藤ヶ丘	遅番	215	65	70	32	14	4	8	2	62	25	18	6	9	8	0	19	29	6	7	0	269	20	1	18	1	163	16
市街地	中部	今池	早番	196	99	39	55	17	15	5	0	35	18	14	2	1	3	0	24	20	22	15	0	346	29	3	24	0	135	13
市街地	中部	今池	遅番	226	116	58	76	30	17	3	3	56	23	26	11	5	8	3	30	29	21	3	0	310	21	1	10	0	194	20
市街地	中部	八事	早番	150	37	21	34	3	7	7	2	29	23	10	6	7	4	4	19	15	3	10	0	201	29	6	17	0	209	17
市街地	中部	八事	遅番	100	48	24	54	6	2	0	2	29	6	7	7	3	3	1	10	8	12	3	0	111	15	3	19	0	165	10
市街地	中部	金山	早番	107	55	25	24	8	7	5	1	31	11	16	3	8	1	2	6	9	5	1	0	274	17	3	27	1	90	11
市街地	中部	金山	遅番	106	81	27	46	7	4	4	1	48	17	11	4	4	1	2	14	15	6	10	0	210	7	2	23	1	116	9
警華街	関東	新宿	早番	263	123	45	35	21	10	4	1	194	39	24	42	16	23	5	42	63	11	11	0	612	13	0	3	0	80	10
警華街	関東	渋谷	早番	501	164	42	29	4	1	4	0	218	39	28	65	31	17	3	29	95	20	23	0	592	9	2	32	1	89	14
警華街	関東	新橋	早番	275	70	42	38	17	6	11	3	116	55	11	32	25	38	17	43	65	10	12	0	567	12	3	57	1	113	27
警華街	関東	横浜	早番	64	49	53	31	21	2	7	0	3	26	3	2	11	8	2	10	3	5	11	0	525	39	2	11	0	216	17
警華街	関東	横浜	遅番	101	57	67	31	14	4	14	1	87	36	14	14	20	22	5	17	32	5	4	0	406	19	2	15	1	252	35
警華街	関西	梅田	早番	291	187	50	86	14	11	4	5	85	24	12	8	3	2	1	51	58	36	2	0	394	13	5	26	0	79	15
警華街	関西	梅田	遅番	277	122	32	52	8	4	1	1	107	33	22	38	14	9	2	17	49	53	1	0	495	13	3	14	0	85	7
警華街	関西	本町	早番	701	294	45	143	17	9	4	2	257	29	98	25	31	9	1	83	116	104	6	0	683	10	5	28	0	200	45
警華街	関西	本町	遅番	668	254	85	128	14	10	5	2	235	70	69	40	24	2	0	98	85	55	5	0	586	9	1	17	0	339	37
警華街	関西	難波	早番	611	309	66	98	8	15	2	2	186	25	41	8	5	9	0	104	61	123	6	0	738	6	4	8	2	98	20
警華街	関西	難波	遅番	485	335	35	82	11	13	3	0	176	27	60	25	13	11	3	55	69	153	6	0	563	7	1	14	1	140	21
警華街	中部	名古屋駅	早番	183	44	60	42	27	8	5	2	44	32	5	5	12	8	1	24	39	1	3	0	399	17	1	14	0	94	7
警華街	中部	名古屋駅	遅番	85	46	8	5	1	4	4	1	66	10	34	15	14	12	2	25	30	12	0								

表 1.1.7-2 走行環境シーン分類結果（全体数予測）

シーン番号	内容	件数
1	単路 追い越し(歩行者)	64187
2	単路 追い越し(自転車)	45996
3	横断歩道 横切り(歩行者)	9788
4	横切り(自転車)	13871
5	交差点左折(歩行者)	2627
6	交差点左折(自転車)	1743
7	交差点右折(歩行者)	1211
8	交差点右折(自転車)	820
9	複数歩行者 追い越し	18382
10	複数歩行者 横断歩道(横切り)	5143
11	歩行者・自転車混在	5691
12	群集 追越し	2365
13	群集 横断歩道(横切り)	2036
14	群集 左折時(横切り)	1773
15	群集 右折時(横切り)	469
16	歩行者の付属物	8658
17	特殊歩行者	7592
18	特殊自転車	7652
19	特殊周辺環境	2044
20	路側物(誤認識対象)	0
21	路側駐車車両追い越し	80466
22	交差点右折時対向直進車(自動車)	4349
23	交差点右折時対向直進車(二輪車)	655
24	交差点直進時前方右折車(自動車)	4900
25	交差点直進時前方右折車(二輪車)	258
26	交差点前方横切り直進車(自動車)	32626
27	交差点前方横切り直進車(二輪車)	5065

### 1.1.8 全体歩行者シーン数

表 1.1.7-2 より、歩行者シーン数の合計は 115,717 件となった。歩行者シーンとは、シーンNo.1、3、5、7、9、10、12、13、14、15、17 を意味する。シーンNo.11 および 16 は他の歩行者シーン番号に付随する番号であり、シーン数合計へ加えることは不要である。

### 1.1.9 地域区分による走行環境シーン数の傾向

表 1.1.7-1 より地域区分別（市街地／繁華街／観光地／寒冷地）のシーン数割合を抽出する。ここでは、歩行者追い越しシーン（シーン番号 1）、右左折群集（シーン番号 14 および 15）を例にとり、それぞれ図 1.1.9-1、図 1.1.9-2 に示す。

両シーン共に、繁華街が最も件数が多く、群集では繁華街の増加傾向が大きくなること分かった。但し、市街地でも歩行者シーンは十分に取得できることが分かる。これは、平成 27 年度の市街地走行は、主要駅を中心として比較的歩行者が多いと推定されるコースを選択した効果であると推定する。

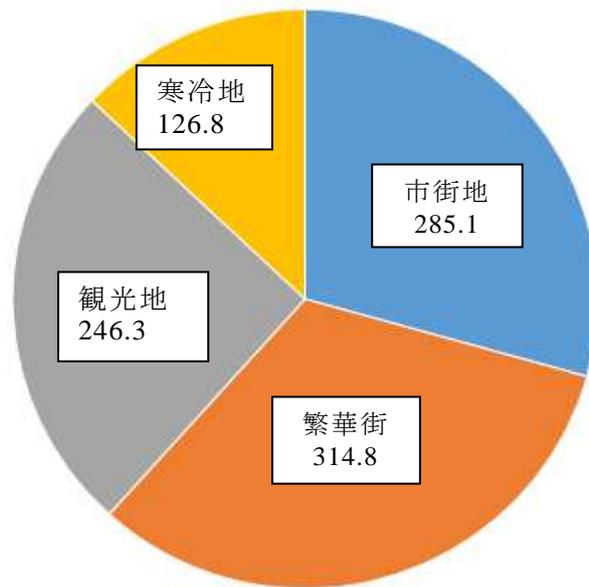


図 1.1.9-1 歩行者追い越しシーン数の地域区分別比較（件数/日）

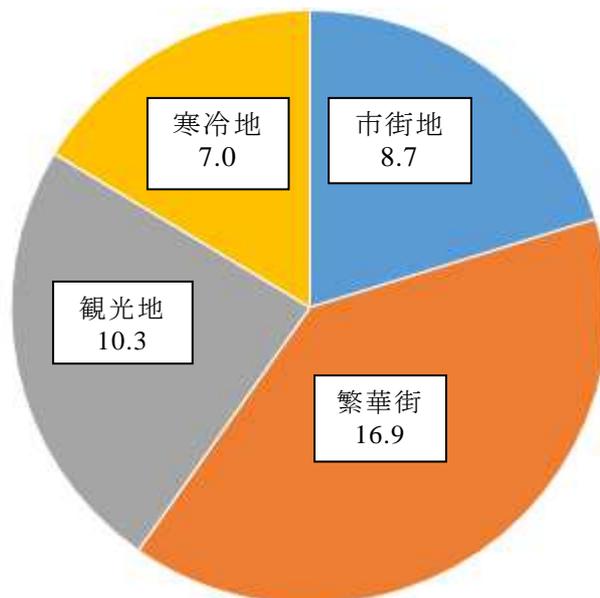


図 1.1.9-2 右左折群集シーン数の地域区分別比較（件数/日）

### 1.1.10 平成 27 年度成果報告書との相違

平成 27 年度成果報告書で述べた取得歩行者シーン予測値は、20,535 件であった。今回の分析では、115,717 件となっている。以下に差異要因を述べる。

#### ① 増加要因

- ・ 集計した地域区分

平成 27 年度は市街地のみ分析したのに対し、今回は繁華街、観光地、寒冷地と範囲を拡大した。

- ・ 対向車線側の歩行者

平成 27 年度は、自転車線側の歩行者のみを対象として件数を推定したが、今回は反対車線側でも 6m 範囲内の歩行者であれば、道路空間を移動する対象物であることからカウントすることとした。

#### ② 減少要因

商店街の大勢の歩行者等、比較的短時間に繰り返し遭遇するシーンは往来地区とし、1シーンのみでカウントしている。対して平成 27 年度は、往来地区でも細かくカウントを行っていた。

以上を総合して、平成 27 年度に対して約 6 倍の歩行者シーン推定量となった。

### 1.1.11 走行環境シーン分類完了率

表 1.1-4 および表 1.1-5 で示すように、平成 27 年度に走行した市街地、繁華街、観光地、寒冷地は合計 229 日であり、今回、シーン分類を行った対象日数は 68 日である。市街地、繁華街、観光地、寒冷地をすべてシーン分類した場合を 100%とすると、今回の作業は完了率 30%となる。

### 1.1.12 国内走行映像データの分析まとめ

#### (1) まとめ

平成 27 年度に実施した走行映像データについて、走行環境シーンを 27 シーンに分類し、各交通環境シーンの件数を纏めた。

歩行者シーン数については、事業目標の歩行者シーン数 4 万件に対し、歩行者を超える 11 万シーン以上の収集が出来ており、歩行者シーンの事業目標を達成した。

平成 28 年度検討した走行環境シーン（27 シーン分類）について、最も少なかったシーン（交差点直進時前方右折車（二輪車））でも 270 シーンの収集ができており、データ量としては十分である。

走行環境シーン（27 シーン分類）の代表映像を抽出しまとめたことで、どのようなシーンがどこに存在するのかがわかりやすくなった。また、交差点右折シーン等、所望のシーンのみの代表映像集を目視で確認できるようになり、走行映像データベースがより使いやすくなったと言える。

## (2) 今後の課題

### ① 走行環境シーン抽出の効率化

平成 28 年度の対象日数目標 68 日分を全て完了することができた。

一方、走行環境シーン番号映像時刻一覧表について、代表シーンに複数シーンが含まれる場合は、同一のシーン代表時刻が数行に渡って記載されることになり、シーン分類の関連性がわかりづらくなった（図 1.1.12-1）。

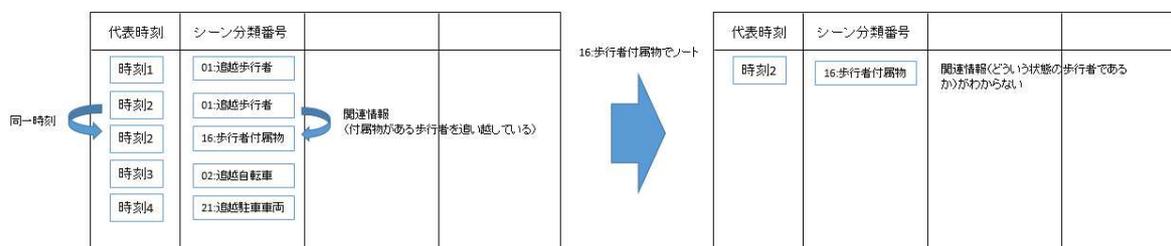


図 1.1.12-1 現在の走行環境シーン番号映像時刻一覧表

同一のシーン代表時刻が複数存在する場合は、1 行にまとめて記載する方が、関連性がわかりやすくなる（図 1.1.12-2）。



図 1.1.12-2 走行環境シーン番号映像時刻一覧表改善案

この事例等を鑑みて、より使いやすい一覧表を作成することが今後の課題である。

## ② 走行環境シーンの開始時刻、終了時刻

平成 28 年度の事業目標（68 日分の分類作業完了）を達成するために、走行環境シーン分類作業を効率化すべく、シーンの開始時刻と終了時刻の抽出は実施しなかった。映像を利用したシミュレーション評価等に用いる場合を考慮すると、映像の切り出し部分が明確である方が良く、そのためにもシーンの開始時刻と終了時刻を明確にするが望ましい。開始時刻と終了時刻の抽出は、今後の課題となる。

## ③ 路側物（誤認識対象）の分類

今回、誤認識対象の分類を行わなかった。これは、誤認識しやすい対象物が認識エンジンに依存することから、映像の目視確認で誤認識対象を分類することが難しいためである。誤認識対象について、どのような観点で、どういった方法で分類するのが今後の課題となる。

## ④ 未分類データ

今回は、全映像データに占める走行環境シーン（27 シーン分類）の過不足を判断するために、同一地域を複数回（複数日）走行しているデータに対しては 1 日分のデータのみを分類した。従って、未分類のデータは全体の約 70% 存在することになる。代表シーン映像の使いやすさを考慮すると、今後、未分類のデータも分類し、代表シーン映像集へ加えていく予定である。

## 1.2. 海外走行映像データの分析

### 1.2.1 海外走行映像データの分析

#### (1) 海外走行環境シーン分類の目的

平成 28 年度は、国内データで行ったシーン分類と同等な定義により、平成 27 年度に収集した米国のデータについてもシーン分類を行い、蓄積した映像価値を評価するための取りまとめを行った。

平成 27 年度は対象物（歩行者、自転車）をもとに集計を行い、収集した地域種別（区分）の違いによる傾向を国内データと比較したが、集計に使用したデータは収集時に車上オペレータが記録したデータが中心であった。平成 28 年度は、走行環境シーン（27 シーン分類）を利用して米国映像を分類し、米国映像全体のシーンの分量、割合についてまとめることにした。

#### (2) 海外走行環境シーン分類の方法

米国のデータ収集は、国内のように同じ地区の早朝から深夜までの全時間帯を収集するのではなく、一日で異なる地区を巡回するコースをもとに毎日繰り返し走行するというものである。従ってシーン数の推定も代表とする一日の走行を選定して行い、全体のシーン数を推定する方法で検討を行なうことにした。

シーンの分類は国内と同じ走行環境シーン分類の定義に従って行った。但し、米国の交通ルールは国内とは右左逆であるため、左右を読み替えて分類をおこなうようにした。すなわち車両の右折シーン分類には左折シーンを分類している。

#### 《シーン分類する走行データの選定》

平成 27 年度の米国のデータ収集は、地域種別、気候の違いを短期間で効率的に収集する目的で南と北をマイアミとニューヨークの順で実施している。それぞれの都市での日々の走行はほぼ同一コースであるため、走行の早番（9:20～18:20）、遅番（13:20～21:20）からそれぞれ一日ずつ、計 4 日分を選定してシーン分類を行った。

マイアミの走行データはカメラに防水対策用キャップを装着していない比較的晴れた日の早番 10 月 22 日と、遅番 10 月 30 日を選定した。

ニューヨークの走行データは、走行映像データ収集の実施日において交通規制があることから一部異なる走行コースが混在するため、共通するコースとなるハーレムを市街地として含む早番 11 月 9 日と、セントラルパークを繁華街として含む遅番 11 月 17 日を選定した。

また、シーン分類する地域種別（区分）については、国内のシーン分類結果と比較できるように、区分間を移動する道路や駐車場を除き、繁華街（10.5 時間）、市街地（1 時間）、観光地（4.5 時間）を対象としてシーン分類を行った。

表 1.2.1-1 に海外走行(米国)のマイアミとニューヨークにおける対象走行データを示す。

表 1.2.1-1 海外走行（米国）のマイアミとニューヨークにおける対象走行データ

地域	区分	選定地区（場所）	時間帯	選定日	分類対象
マイアミ	繁華街	DownTown	早番	10月22日	○
			遅番	10月30日	○
	観光地	LincolnRoadMall	早番	10月22日	○
			遅番	10月30日	○
		OceanDrive	早番	10月22日	○
			遅番	10月30日	○
ニューヨーク	繁華街	TimesSquare	早番	11月9日	○
			遅番	11月17日	○
		MadisonSquareGarden	早番	11月9日	○
			遅番	11月17日	○
		ChinaTown	早番	11月9日	○
			遅番	11月17日	○
	CentralPark	遅番	11月17日	○	
	市街地	GreenwichVillage	早番	11月9日	○
			遅番	11月17日	○
		Harlem	早番	11月9日	○

### (3) 海外走行環境シーン分類の全体予測

シーン分類を行った結果をシーン別に集計し、米国全体での走行時間の繁華街（42.1時間）、市街地（4.1時間）、観光地（21.8時間）に換算したシーン数と各シーンの割合を表.1.2.1-2 海外走行環境シーン分類結果に示す。

海外の走行予測シーン数の合計は 21,923 シーン、内、歩行者シーン数（シーン番号 1, 3, 5, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 17）の合計は 14,577 シーン、自転車のシーン数（シーン番号 2, 4, 6, 8, 18）の合計は 1,976 シーンとなった。

表.1.2.1-2 海外走行環境シーン分類結果（海外全体数予測内訳）

シーン番号・名称	シーン数	割合	繁華街	市街地	観光地
1. 追い越し（歩行者）	5,583	25.5%	54%	11%	34%
2. 追い越し（自転車）	1,529	7.0%	65%	11%	25%
3. 横断歩道 横切り（歩行者）	1,631	7.4%	48%	15%	37%
4. 横切り（自転車）	307	1.4%	66%	15%	19%
5. 交差点左折（歩行者）	145	0.7%	46%	40%	14%
6. 交差点左折（自転車）	9	0.0%	50%	50%	0%
7. 交差点右折（歩行者）	243	1.1%	68%	15%	16%
8. 交差点右折（自転車）	17	0.1%	23%	23%	55%
9. 追い越し（複数歩行者）	3,713	16.9%	37%	12%	51%
10. 横断歩道 横切り（複数歩行者）	1,129	5.1%	44%	12%	44%
11. 歩行者・自転車混在	60		84%	7%	8%
12. 追い越し（群集）	392	1.8%	48%	6%	46%
13. 横断歩道 横切り（群集）	336	1.5%	69%	9%	22%
14. 交差点左折（群集）	81	0.4%	78%	16%	6%
15. 交差点右折（群集）	170	0.8%	80%	0%	20%
16. 歩行者の付属物	835		64%	5%	31%
17. 特殊歩行者	1,154	5.3%	73%	4%	23%
18. 特殊自転車	55	0.3%	67%	15%	18%
19. 特殊周辺環境	481	2.2%	78%	15%	7%
20. 路側物（誤認識対象）	0	0.0%	—	—	—
21. 路側駐車車両追い越し	3,837	17.5%	49%	11%	40%
22. 交差点右折時対向直進車（自動車）	141	0.6%	0%	3%	97%
23. 交差点右折時対向直進車（二輪車）	9	0.0%	0%	0%	100%
24. 交差点直進時前方右折車（自動車）	77	0.3%	14%	5%	81%
25. 交差点直進時前方右折車（二輪車）	4	0.0%	0%	0%	100%
26. 交差点前方横切り直進車（自動車）	801	3.7%	46%	6%	48%
27. 交差点前方横切り直進車（二輪車）	81	0.4%	23%	5%	72%
合計（シーン番号 11、16 は除く）	21,923				
歩行者シーン数	14,577				
自転車シーン数	1,976				
合計	16,553				

※シーン番号 11,16 は他の歩行者シーンに付随するためシーン数からは除く

#### (4) 海外走行環境シーン分類のまとめ

海外のデータの集計結果は、分類を行った時間量が少ないため米国の一般的な傾向とするのは難しいところがあるが、繁華街での追い越しシーンの割合が少なくなっているのは渋滞が多い交通状況に原因がある。特殊（違反）歩行者シーンが多い理由も同様で、渋滞のために車両の間を通り抜ける歩行者が多いことが原因となっている。

観光地における追い越し群集及び追い越し複数歩行者が繁華街に比べて多いのは、グループでの歩行者が多いという特徴が表れている。また、市街地の複数歩行者追い越しが繁華街より多いが、市街地のデータが少ないため、傾向として一般化するのには難しいと判断している。

平成 27 年度の対象物から推定した歩行者シーンの予測数 1,968 シーンに比べ、走行環境シーンによる分類結果は 14,577 シーンと 7 倍近いシーン数となっているが、同じ分類方法で実施した国内と同じ傾向が現れているので、シーン分類による推定方法に依存して増えた結果と捉えている。

#### (5) 地域区分別のシーンの傾向と国内との比較

地域区分別（市街地／繁華街／観光地）のシーン数割合を歩行者追い越しシーン（シーンNo.1）、右左折群集（シーンNo.14 および 15）を例にとり、それぞれ図 1.2.1-1、図 1.2.1-2 に示す。

海外データは繁華街（10.5 時間）、市街地（1 時間）、観光地（4.5 時間）、国内データは同時間帯の繁華街（18.1 時間）、市街地（5.9 時間）、観光地（9.9 時間）から求めた。

- ・繁華街：新橋、渋谷、新宿、梅田、難波、栄
- ・市街地：国分寺、狛江、天王寺、尼崎、藤が丘
- ・観光地：京都、鎌倉、高山

##### ① 追い越し歩行者シーンの割合の比較

海外走行の歩行者追い越しシーンの割合が日本よりかなり少ないのは下記の 2 つが主要原因と考えられる。

- ・観光地、繁華街は日本に比べ、渋滞が多く追い越しとなる走行が少ない。
- ・米国は歩道の整備率が高いため、追い越し歩行者は対象外となっている。

##### ② 右左折群衆シーンの割合の比較

右左折群衆シーンの割合で国内の観光地が多く、国内の市街地が少ないのは、走行パターンの違いが大きな原因と考えられる。国内は地域種別毎に走行パターンが異なる傾向がみられるが、海外走行では地域種別毎に全通りを舐めるパターンで、各地を一日で回るため、右左折シーンも均等に織り交ざる形となっている。従って、地域種別間の比較において走行パターンの影響は海外シーンの方が少ないと考える。

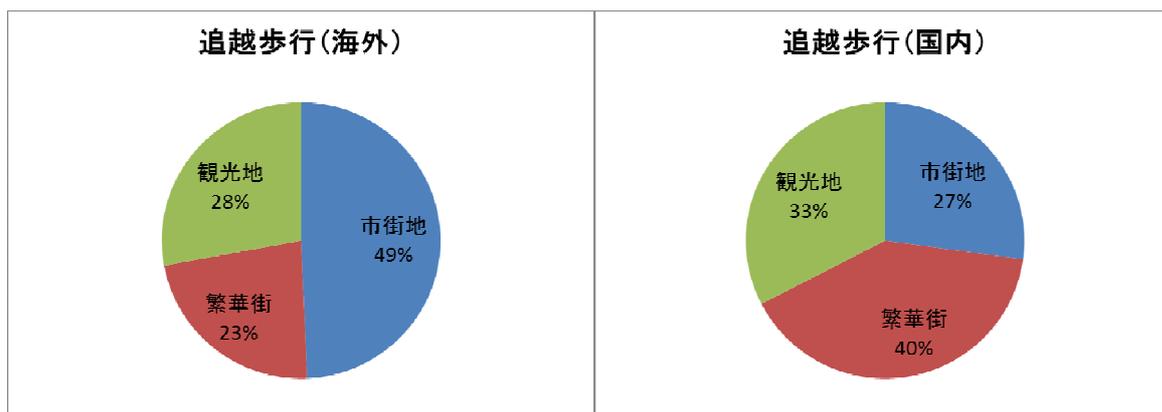


図 1.2.1-1 地域区分別歩行者追い越シーン

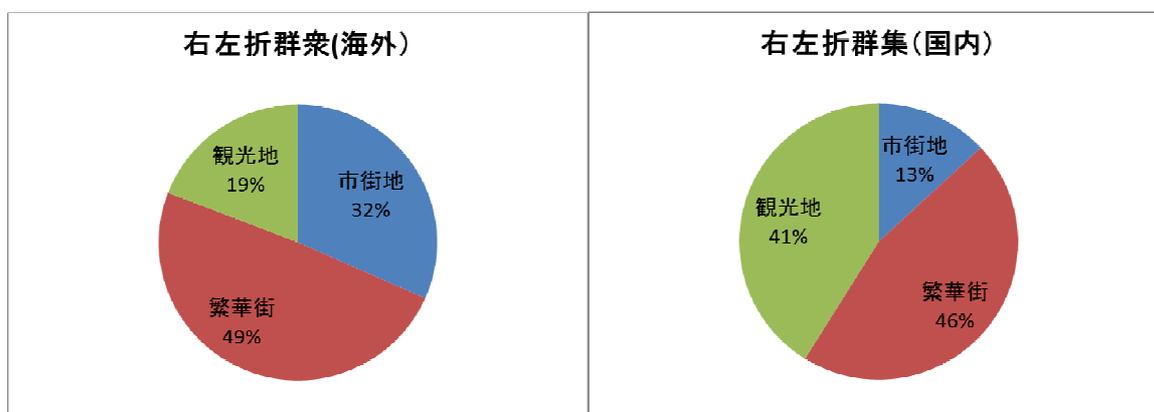


図 1.2.1-2 地域区分別右左折群集シーン

## 1.2.2 海外走行映像からの特徴シーンの抽出

### (1) 海外走行映像データの特徴抽出の目的

平成 27 年度の米国のデータ収集は、地域、気候の違いを短期間で効率的に収集することを目的にしたため、地域毎に一日の全時間帯を通してのデータ傾向を分析するには国内に比べ圧倒的にデータ量が少ないことは否定出来ない。従って、海外データについては短期間に多くの地区を走行することで得られた地域性のある映像シーンをできるだけ多く抽出することが有意義と考え特徴映像の抽出を行なった。平成 27 年度の報告では代表的な特徴画像を上げる程度であったため、平成 28 年度は抽出のための種別と目的を決めて分類し量的な確認も行なうこととした。抽出する対象やシーンは下記の観点で選ぶようにした。

- ・国内では見受けられない地域性がある対象物やシーン。
- ・安全に走行するために正しく認識する必要がある対象物。
- ・対象物と誤認識する可能性がある対象物やシーン。

## (2) 海外走行映像データの特徴抽出の方法

海外走行映像データに撮影されている特徴的な対象物やシーンの各地区を回る代表的な日を選定して行った。海外の特徴シーンを分類するための分類項目を決め、分類ツールで映像データを見直してマークする方法で拾い出し、シーン数もマークした数で集計するようになった。特徴抽出のための分類はエリア間移動中も、米国特有の標識、地物が多いため分類対象に含めた。また、海外特徴分類では同一場所の重複確認を避け、基本的に1回のみ選定することにした。

特徴抽出を行った走行データ、繁華街（5時間）、市街地（42分）、観光地（37分）、高速道路（143分）、一般道（103分）、駐車場（18分）を表1.2.2-1に示す。

表 1.2.2-1 海外走行環境シーン分類の特徴分類対象

地域	区分	地区（場所）	現地日付	選定/選定外理由
マイアミ	高速道	移動(高速)	10月22日	マイアミ高速道路走行の代表
マイアミ	高速道	移動(高速)	10月22日	360度ターンを含む高速道路、逆光シーン
マイアミ	一般道	移動	10月22日	一般道の移動代表
マイアミ	駐車場	Central Shopping Center	10月22日	ショッピングセンタ駐車場の代表
マイアミ	駐車場	DolphinMall	10月22日	大型モール駐車場の代表
マイアミ	観光地	Lincoln RoadMall	10月22日	4wayなどの海外特有交通ルール地域
マイアミ	観光地	OceanDrive	10月22日	セグウェイなどの特殊乗り物
ニューヨーク	高速道	移動(高速)	11月9日	ニューヨーク高速道路代表、リンカーントネル
ニューヨーク	高速道	移動(高速) & EastRiver Plaza	11月9日	車線間が狭い高速代表、立体駐車場
ニューヨーク	一般道	移動	11月9日	大都心から市街地への移動間の状況変化代表
ニューヨーク	一般道	移動	11月9日	都心から市街地への移動間の状況変化代表
ニューヨーク	繁華街	TimesSquare	11月9日	大都心内特有の地物、一方通行
ニューヨーク	繁華街	Madison Square Garden	11月9日	都心内特有の地物、対面通行
ニューヨーク	繁華街	ChinaTown	11月9日	アジア人種中心の都心内特有の地物
ニューヨーク	繁華街	CentralPark	11月17日	セントラルパーク内、馬、馬車、特殊自転車
ニューヨーク	市街地	Harlem	11月9日	市街地代表、2重駐車、住宅街
ニューヨーク	市街地	Greenwich Village	11月9日	市街地代表、公園付近、工事現場

### (3) 海外走行映像データの特徴抽出の結果

#### ① 特徴抽出のための分類

海外特徴の抽出と抽出数の集計を行った。表 1.2.2-2 に、海外特徴分類の集計結果を示す。

表 1.2.2-2 海外特徴分類の集計結果

大分類名	抽出数	中分類名	特徴抽出例
標識	279	規則標識	一時停止／進入禁止／右折禁止／左折禁止／Uターン禁止／停止位置指定など
	160	警告標識	スクールゾーン／前方対面通行／公園が近くにある／前方工事中など
	245	案内標識	地名／各種施設／道路名／道路番号など
信号機	205	車両用	縦型、横型、矢印付など
		歩行者用	縦型
看板	41	標識	高速道路の看板
		ランドマーク	店舗の看板など
路面表示	56	規則標示	規制：進入禁止／制限速度／進行方向（<<記号）／徐行専用車線：直進専用車線矢印／右折専用車線矢印／左折専用車線矢印／道路中央の左折専用中央線／バス専用車線／有料走行専用車線／有料走行案内車線／RAMP 入口専用車線／消防車専用車線／自転車専用車線
		警告・安全標示	道路状況変化情報：合流注意／制限速度変更注意 周辺環境情報：近隣に学校あり／学童用横断歩道あり／路面悪し／横断歩道あり（人の絵）
		案内標示	白線の黒枠強調表示／徐行のための段差／キャッツアイ／青縁石（許可車両のみ駐車可能）／黄縁石（乗降・積み下ろし用途のみ停車可能）／赤縁石（駐車禁止）／縁石色に合わせた路上駐車枠
交通車両	188	優先車両	パトカー（マイアミ・ニューヨーク）／消防車／スクールバス／タクシー／観光バス／連結バス／ゴミ収集車／牽引車／大型トレーラ／フォークリフト／建機／重機
		特徴車両	三輪自転車（単体）／三輪自転車（人力車の自転車版）／レンタサイクル／自転車便
		特定用途（レジャー、スポーツ、その他）	車椅子／スケードボード／ローラースケート／ローラーブレード／キックボード ／セグウェイ／スマートセグウェイ／一輪車
地物	185	一般地物	ポスト／消火栓／バス停／ポール／電柱／
		交通障害物	煙突／工事用柵／工事用ガードレール／ラバーポール／遮断機／料金所
		背景地物	建造物／店舗／露店／地下鉄出入口／レンタサイクルステーション／客船／トンネル ／高架／海／橋
特徴的シーン	49	危険歩行者シーン	複数車線の横断歩道以外を横切る歩行者／渋滞中の車両を横切る歩行者 ／渋滞中の車線間を縫って歩行してくる歩行者

		危険自転車シーン	後方からの追い抜かれ、自動車間のすり抜け
		危険車両シーン	強引な割り込み車両／降車時に走行の妨げとなるドア開放／狭い車線間を走りかう車両 ／急な路上駐車開始車両／急な路上駐車からの合流車両・強引な割り込み合流
		危険静止物シーン	二重駐車、放置牽引車、放置荷台
		注意対象シーン	大群衆、大渋滞
地域・環境シーン	7	周囲環境シーン	逆光シーン／トンネル入り口の暗いシーン／トンネル出口の真っ白なシーン ／立体駐車場屋上にでた際の真っ白なシーン／スクール
合計	1,415		

## ② 主な特徴的シーン例

### (i) 危険な歩行者

- ・ 渋滞停止の車両の間を群集ですり抜けて道路を横断する歩行者
- ・ 渋滞停止中でなくても横断歩道以外を横切る歩行者
- ・ 歩行者信号が赤でも横断歩道の横切りはを行う歩行者
- ・ 6車線のような道路横断に距離があっても横断歩道以外を横切る歩行者
- ・ 路肩でなく中央寄りの車線間の路上を歩行する歩行者



図 1.2.2-1 危険な歩行者

### (ii) 危険な自転車

- ・ 車両渋滞時の車両の間をすり抜けて追抜いていく自転車
- ・ 車両渋滞時に車両の間を横切る自転車
- ・ 主に後方死角から、追い抜きを行う自転車



図 1.2.2-2 危険な自転車

(iii) 危険な車両

- ・強引な割り込み合流を行う車両
- ・駐停車時のドアを開いたままにする車両
- ・急に路上駐車を始める車両
- ・路上駐車から急に合流を始める車両
- ・センターラインからの大きなはみ出した運転



図 1.2.2-3 危険な車両（割り込み、センターライン越え、近接走行）

(iv) 危険な静止物

- ・二重駐車が多い特定の地域
- ・放置された牽引車両のある地域



図 1.2.2-4 危険な静止物（二重駐車、放置牽引車、放置荷台）

(v) その他注意対象シーン

- ・ニューヨーク都心部は群衆の歩行者数が多く、歩行者の重なりによる隠れ歩行者シーン
- ・ニューヨーク都心部は大渋滞で動かない場所が多く、車両の陰にいる隠れ歩行者シーン



図 1.2.2-5 注意対象シーン（大群衆、大渋滞）

(vi) 主な地域・環境シーン

- ・急激な降雨が数分で止むというスコールのシーン



図 1.2.2-6 地域・環境シーン（映像内の対象が認識しにくい周囲環境）

(4) 海外走行環境シーン特徴抽出のまとめ

走行した地域での特徴抽出は、主だったものとして挙げた標識類、道路標示、地物、乗り物などの特徴物が 1359、特徴的なシーンが 56 だった。

前期について評価できる判断基準はまだ持っていないが、抽出したいシーンの要件が決まれば、走行データに含まれる特徴物は明確にリストアップできるため、比較的整備しやすい情報である。一方、日本国内と海外（米国）では、歩道整備率や無電柱整備率等の都市構造の違いや片側車線数等の道路構造の違いがあり、地域の特徴を考慮した走行映像データの収集を行う必要性を認識した。

海外走行データは、国内のような量的な事例は少ないものの、抽出すべき情報を比較検討するための材料として重要なデータということが出来る。画像認識ニーズ等に基づき海外走行映像データを増やすことで、データベースの情報の質を高めていけると良いと考える。

## 1.3 走行映像データ分析支援ツールの開発

### 1.3.1 走行映像データの分類ツールの開発

#### (1) 走行映像データ分類ツールの目的

走行映像データを分析するにあたり、想定される走行環境シーンが全体映像中にどの程度蓄積されているかを把握する必要があるため、平成 27 年度に開発した走行映像データベースビュー（以降、DB ビューと称す）の拡張機能として、映像をビューで見ながら、走行環境シーンに仕分け分類するツールを開発した。

追加した機能は、映像フレーム毎にシーンを分類する種別番号や属性データを付与するしくみとその情報を格納する「シーン代表フレーム情報ファイル」の追加である。ローカル PC で実行する走行映像データ分類ツールとデータセンタのリモート端末としてデータ抽出を行うブロック構成図を図 1.3.1-1 に示す。

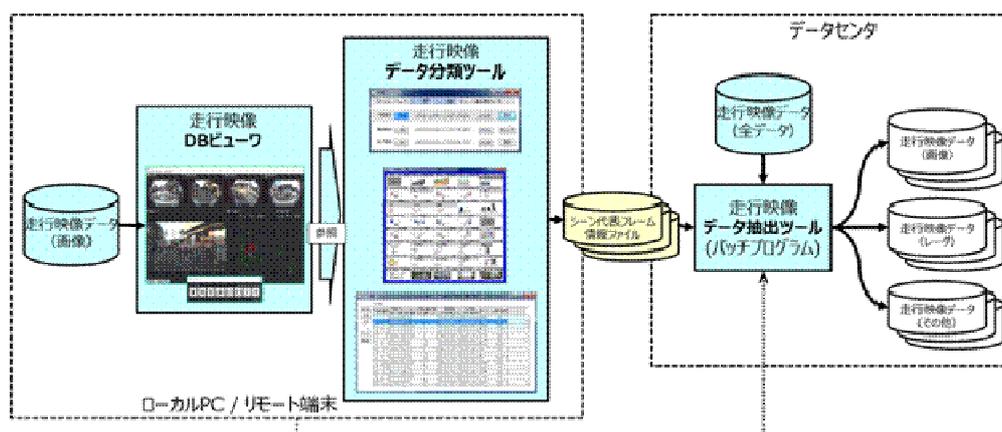


図 1.3.1-1 データ分類ツールとデータ抽出ツールの構成図

開発したツールは、単に映像を見て分類する機能を追加するのみでなく、大量の映像データを効率よく分類する必要があるため操作の簡素化にも配慮を行った。例えば、分類シーンを示すイラストを並べたパレットをマウスクリックすることで映像に分類番号を付与するユーザインターフェースや、分類判定に必要なガイドラインの映像上への重ね表示などである。

また、分類ツールで生成するシーン代表フレーム情報ファイルについては後工程を考慮して、シーン分析作業での走行データの抽出に利用できること、データベースの追加情報としてタグ付けのシーン抽出や検索システムでも活用できること、分類作業を自動化するための拡張が出来ることを考慮して設計を行った。

## (2) 走行映像データ分類ツールの概要

走行環境シーン分類ツールの機能概要を下記に示す。

- ① DB ビューワで分類したいシーンを見つけて、そのシーンを代表する画像とシーンの始まり、終了の時刻をシーン代表フレーム情報ファイルに出力する
- ② 代表フレーム情報ファイルに選択したシーン分類番号を記録追加する
- ③ 代表フレーム情報ファイルに記録した代表画像とともに、記録情報を表示して確認、編集する
- ④ 代表画像を選定するために必要な情報（ガイド線）を画像に重畳表示する
- ⑤ 記録時の入力エラーを検知しメッセージを表示する

走行環境シーン分類ツールを図 1.3.1-2 に示す。

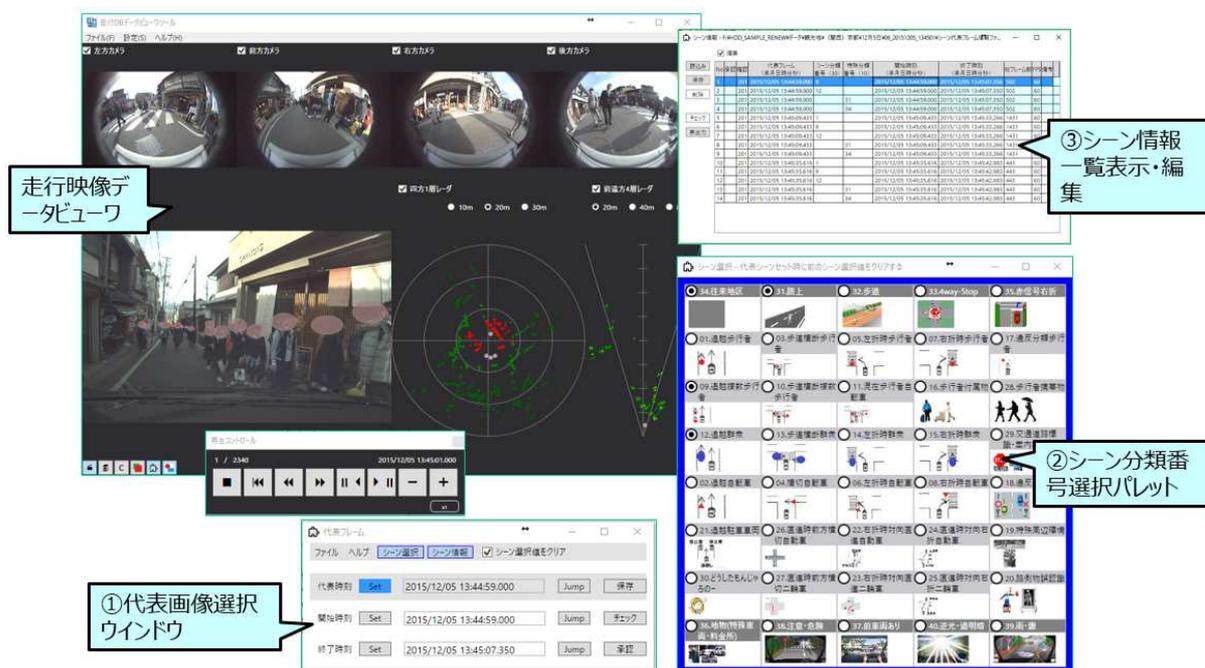


図 1.3.1-2 走行環境シーン分類ツール

## (3) 走行環境シーン分類機能

### ① 代表シーン選択（シーン時刻記録）

走行映像 DB ビューワで分類したいシーン映像を表示させ、そのシーンを示す代表的な画像を選択して、画像に付与された時刻（ファイル名）を情報ファイル（シーン代表フレーム情報ファイル）に記録する。また、シーンの開始時刻および終了時刻も付加情報として記録できる。分類作業の効率化のために、代表時刻前後の所定設定時間で開始、終了時刻を決定できる機能を追加し、代表時刻の前後 10 秒をシーン時間とした。

シーン代表フレーム情報ファイルは、図 1.3.1-3 の代表フレームウインドウにて代表時刻を SET することで画像フレーム毎に生成される。



図 1.3.1-3 シーン時刻記録

② シーン分類選択（分類番号記録）

シーン分類は、1.1.2 項で定義した走行環境シーン（27 シーン分類）を下記のシーン選択パレット上にアイコンとオプションボタンにして配置しておき、オプションボタンをマウスで選択することでシーン番号がシーン代表フレーム情報ファイルに記録入力出来るようにした。

シーン選択パレット上のシーンの配置は関連性や作業性を考慮しては配置決めをし、27 分類を補助する情報や追加分類、情報の拡張が出来るようにした。

歩行者シーンを中央上段に、自転車シーンを中断に、自動車シーンを下段に、属性、付加情報を上下端に並べている。31.路上、32.歩道など歩行者の所在情報や、40.逆光、39.雨・霧、38. 注意・危険シーンなどの周辺環境情報、また、30.の疑問、不明のように分類作業からの質問を画像でやりとりして画像マニュアルの作成などにも活用した。

国内の走行環境シーン分類時に利用したシーン選択パレットを図 1.3.1-4 に示す。

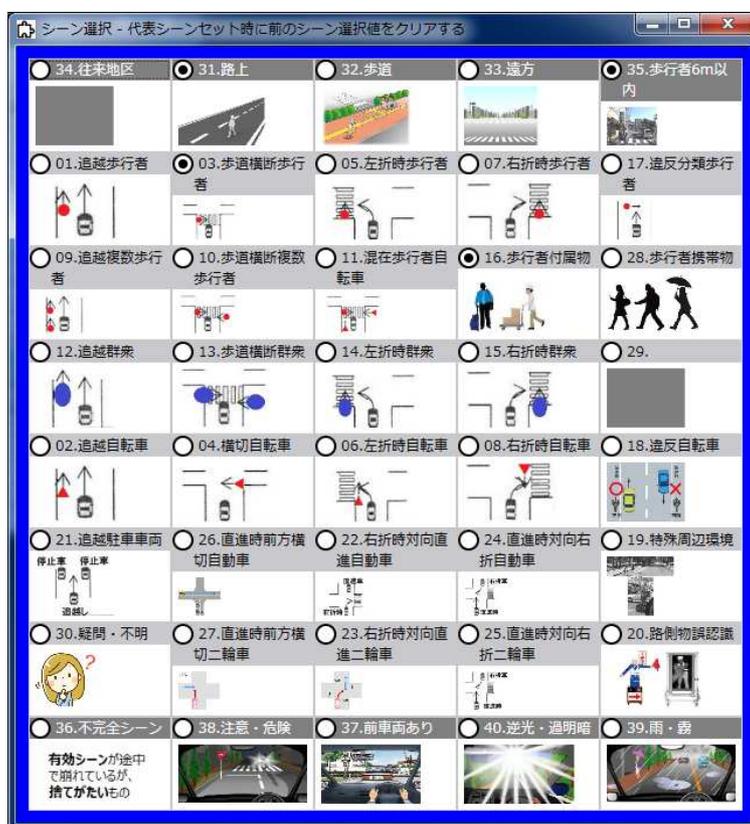


図 1.3.1-4 シーン選択パレット

### ③ 記録したフレーム情報の確認、編集

記録したシーン代表フレーム情報ファイルの内容は、図 1.3.1-5 のように代表画像の時刻順に、記録したシーン分類番号毎に行に分けて一覧表示される。各列でソートできるので時刻順か、シーン番号毎で記録した代表シーン画像および記録情報を確認、編集することができる。

表示行をダブルクリックすると、その行の代表フレームの画像およびシーン情報が、ビューワ、入力パレット、代表シーン選択ウインドウに書き戻されるため、入力した状態に戻して修正をして再記録するようにして編集をすることが出来るようにした。

<input checked="" type="checkbox"/> 編集											
読み込み	No	承認	確認	代表フレーム (年月日時分秒)	シーン分類 番号 (30)	特殊分類 番号 (10)	開始時刻 (年月日時分秒)	終了時刻 (年月日時分秒)	総フレーム数	FPS	備考
保存	1	201	201	2015/12/05 13:44:59.000	9		2015/12/05 13:44:59.000	2015/12/05 13:45:07.350	502	60	
削除	2	201	201	2015/12/05 13:44:59.000	12		2015/12/05 13:44:59.000	2015/12/05 13:45:07.350	502	60	
	3	201	201	2015/12/05 13:44:59.000		31	2015/12/05 13:44:59.000	2015/12/05 13:45:07.350	502	60	
	4	201	201	2015/12/05 13:44:59.000		34	2015/12/05 13:44:59.000	2015/12/05 13:45:07.350	502	60	
チェック	5	201	201	2015/12/05 13:45:09.433	1		2015/12/05 13:45:09.433	2015/12/05 13:45:33.266	1431	60	
	6	201	201	2015/12/05 13:45:09.433	9		2015/12/05 13:45:09.433	2015/12/05 13:45:33.266	1431	60	
表出力	7	201	201	2015/12/05 13:45:09.433	12		2015/12/05 13:45:09.433	2015/12/05 13:45:33.266	1431	60	
	8	201	201	2015/12/05 13:45:09.433		31	2015/12/05 13:45:09.433	2015/12/05 13:45:33.266	1431	60	
	9	201	201	2015/12/05 13:45:09.433		34	2015/12/05 13:45:09.433	2015/12/05 13:45:33.266	1431	60	
	10	201	201	2015/12/05 13:45:35.616	1		2015/12/05 13:45:35.616	2015/12/05 13:45:42.983	443	60	
	11	201	201	2015/12/05 13:45:35.616	9		2015/12/05 13:45:35.616	2015/12/05 13:45:42.983	443	60	
	12	201	201	2015/12/05 13:45:35.616	12		2015/12/05 13:45:35.616	2015/12/05 13:45:42.983	443	60	
	13	201	201	2015/12/05 13:45:35.616		31	2015/12/05 13:45:35.616	2015/12/05 13:45:42.983	443	60	
	14	201	201	2015/12/05 13:45:35.616		34	2015/12/05 13:45:35.616	2015/12/05 13:45:42.983	443	60	

図 1.3.1-5 シーン情報一覧表示・編集

### ④ カメラ画像へのガイド線の重畳表示（映像分析用補助機能）

各カメラ映像上にシーン分類に必要なガイド線表示を行う機能を追加した。

重畳する画像は設定にて変更できる。シーン分析用の応用例として、対象物との位置関係を把握するための車両原点からの距離、角度を示すガイド線表示を作成した。

重畳機能により、タグの表示やレーダ点群の重畳表示も可能とした。

表示例を図 1.3.1-6 に示す。

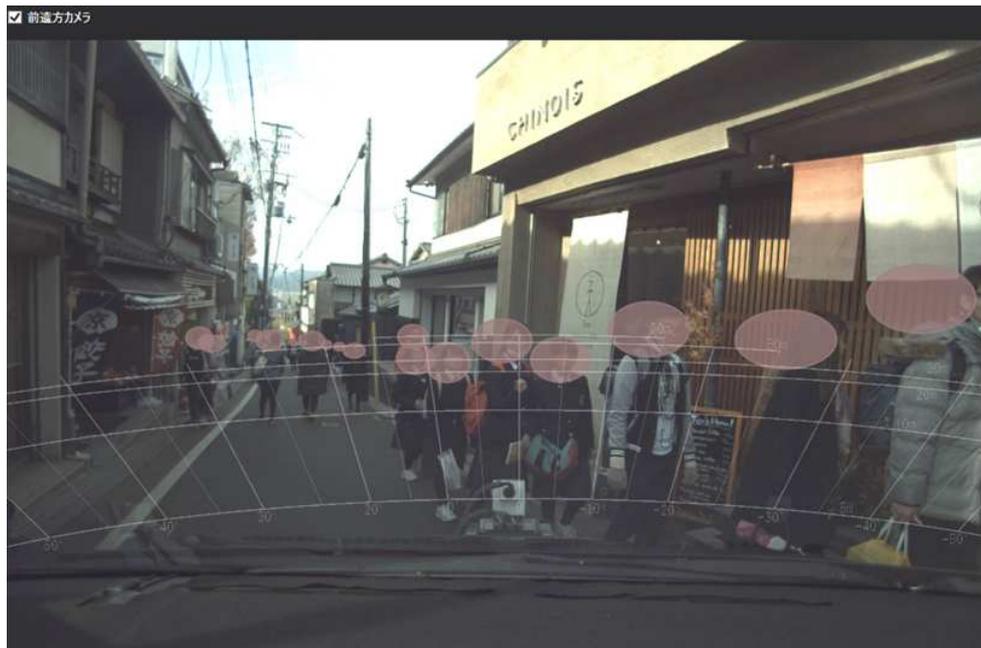


図 1.3.1-6 重畳画像表示（ガイド線距離・角度目安、秘匿タグ）

⑤ 記録情報の入力時のエラーチェック機能

今回のシーン分類は大量の映像データを作業者の判断により記録する作業が中心であるため、人的ミスによる間違いを知らせる機能を検討し実装した。

エラー検知機能はシーン番号を入力する際に、ありえないシーン番号の組合せを検知して警告メッセージを表示するようにした。図 1.3.1-7 は代表フレーム時刻を保存するときにポップアップ表示されるエラーメッセージの表示例である。

同時に複数のシーン番号が選ばれて保存されようとしているエラーを通知している。

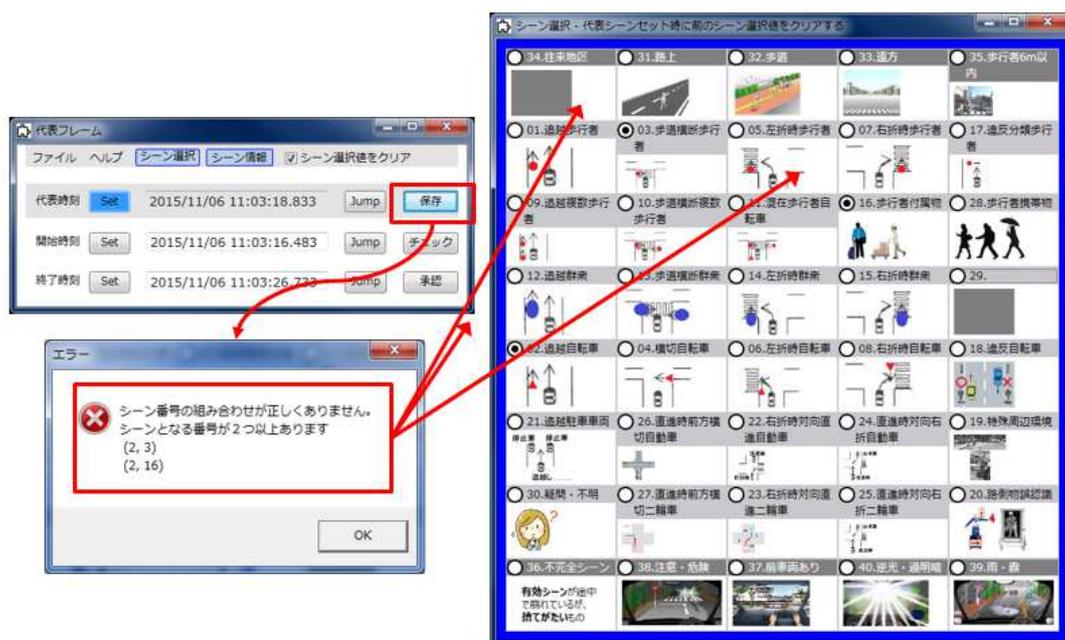


図 1.3.1-7 誤入力エラーチェック表示

シーン分類作業の入力後の修正数の推移を図 1.3.1-8 に示す。10月17日からチェック機能を導入した。

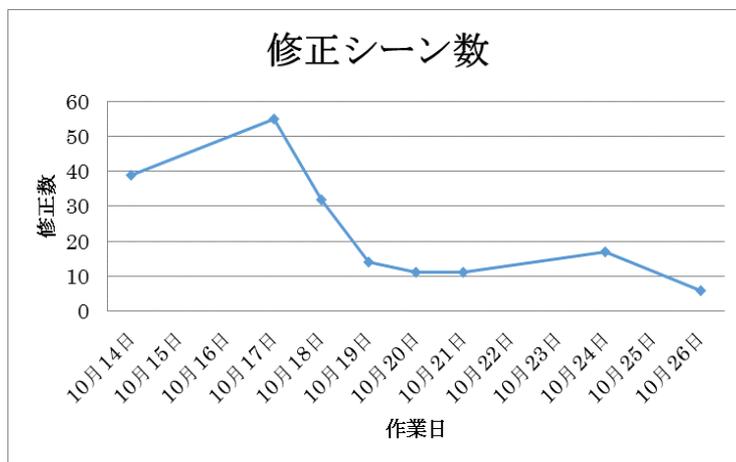


図 1.3.1-8 シーン分類作業結果の修正数

#### (4) 走行映像データ分類ツール開発のまとめ

データベースビューワで可視化した情報を基に映像を評価してシーンを選択するという枠組みで機能実装ができ、画像単位に任意属性情報が付与記録できるようにしたため、シーン分類の用途に限らず、所望の画像データをマークして後工程で利用するという走行映像データベース分析のためのフロントツールとして纏めることが出来た。

また、ツール開発目標であった作業高効率の実現については、正確な作業を早く立ち上げる必要があったため、できる限り簡単で慣れの効果のでやすい作業方法をサポートするためのツール改良を実施した。

当初想定では、一走行5時間分のデータを8時間で作業するという目標で作業を開始したが、当初は40倍以上の時間を要した状況から、最終的には2倍程度の時間で作業実施出来るところまで作業効率を上げることが出来た。平成28年度に分類したシーン数は、平成27年度の見込みで計画したシーン数の6倍程度となっており、分類作業の達成度も予想より高い水準で実現したということが出来る。

シーン分類作業時間/データ収集時間で求めた作業時間比率の推移を図 1.3.1-9 に示す。

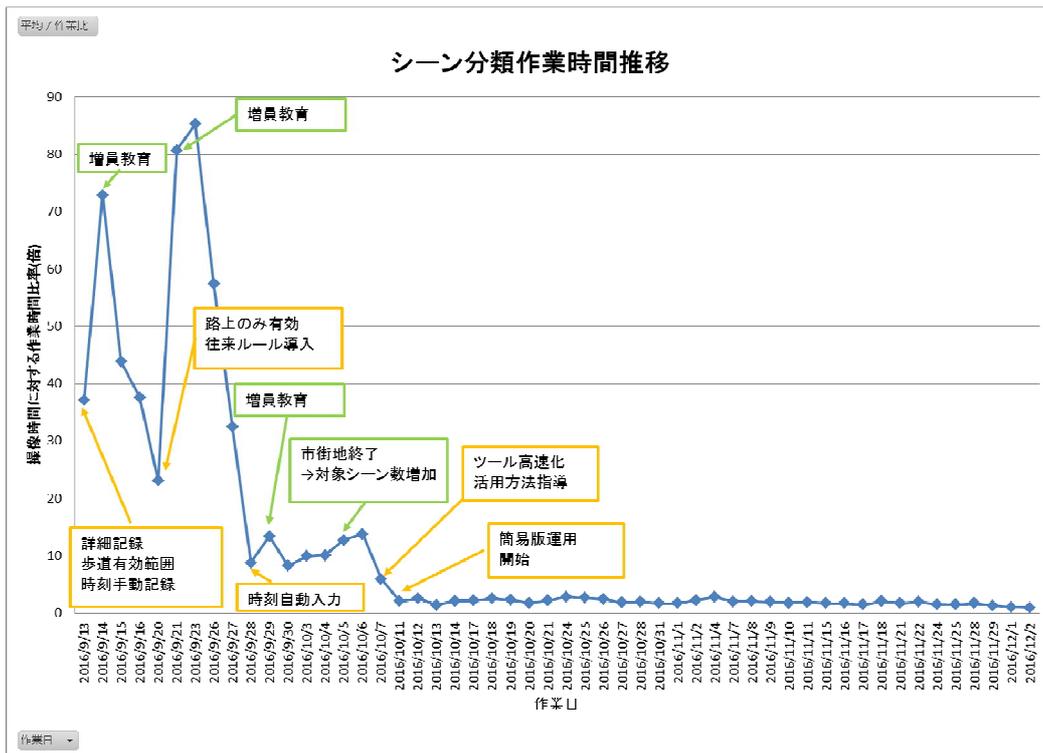


図 1.3.1-9 シーン分類作業時間比率

## 1.3.2 走行映像データ抽出ツールの開発

### (1) 走行映像データ抽出ツール開発の目的

シーン分類ツールで作成した「シーン代表フレーム情報ファイル」を使って、指定する画像や関連データを、データセンタに接続したリモート端末から抽出するバッチプログラム（データ抽出ツール）を作成した。また圧縮 RAW 画像を抽出する際は、DB ビューワで確認出来るように JPEG 画像に変換して受け取ることが出来るようにした。

### (2) 走行映像データ抽出ツール概要

データセンタのデータを抽出するには、「シーン代表フレーム情報ファイル」をデータセンタの指定フォルダへコピーし、リモート接続した PC 端末から画像抽出用のバッチプログラムを実行すると、指定するデータが格納先から抽出され指定したフォルダへコピーされる（図 1.3.2-1 参照）。

走行映像データ抽出ツールの機能概要を下記に示す。

- ① 「シーン代表フレーム情報ファイル」の示すシーン時刻の JPEG 画像データを抽出する。
- ② 抽出対象の JPEG 画像データが存在していない場合は圧縮 RAW 画像から JPEG 画像へ変換を行う。
- ③ 「シーン代表フレーム情報ファイル」に記録したシーン分類番号を基に画像ファイルの出力先仕分けをする。

- ④ 「シーン代表フレーム情報ファイル」の示すシーン時刻の画像以外のデータを抽出する。
- ⑤ 抽出したデータを圧縮してデータセンタからリモート端末側の PC へコピーする。

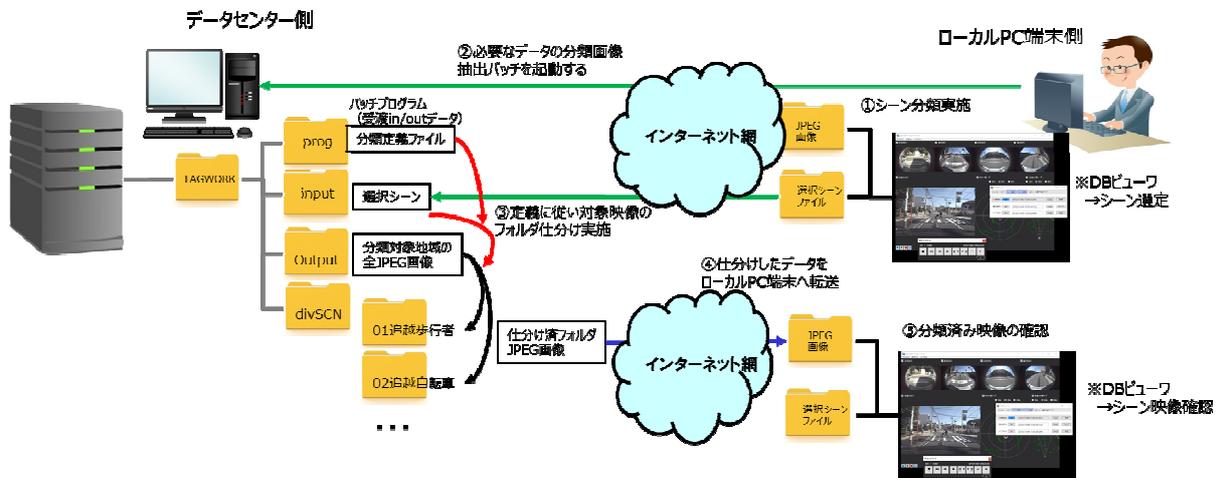


図 1.3.2-1 対象画像抽出イメージ

### (3) 走行映像データ抽出ツール機能

データ抽出バッチプログラムは、引数に抽出設定ファイル(DBCopy.prm)を指定して実行する。抽出設定ファイルでは下記設定内容を指定することが出来る。

- ・抽出するデータの選択
- ・抽出するデータ用のバッチプログラムの格納先の指定(TAGWROK¥prog)
- ・「シーン代表フレーム情報ファイル」の格納先指定(TAGWORK¥input)
- ・抽出するデータのファイルリストの格納先指定(TAGWORK¥prog¥inc¥list\_jpgdir.txt)
- ・抽出するデータの出力フォルダの指定  
(出力フォルダ名および各種抽出データ毎の下位階層フォルダ名)
- ・抽出する画像のシーン分類番号による仕分けの仕方の設定
- ・抽出したデータの圧縮の可否の設定

抽出対象となるデータと内容を表 1.3.2-1 に示す。

表 1.3.2-1 抽出対象データの内容

対象データ	詳細	内容
フルハイビジョンカメラ画像	前遠方/前方/左方/右方/後方 (1920x1200 サイズ) ※1	代表シーンフレーム時刻 JPEG 画像
サムネイルカメラ画像	前遠方/前方/左方/右方/後方 (480x300 サイズ) ※2	代表シーン秒時刻単位 JPEG 画像
レーザレーダファイル	前 4 層/前 1 層/左 1 層/右 1 層/後 1 層	代表シーン時刻を含む 1 分データ dat
タグファイル	自動/手動 ※3	代表シーン対象の走行車・日時内での代表時刻直前から開始されている XML
シーン情報ファイル	車両内部記録の周辺環境情報記録ファイル	代表シーン時刻を含む SCN1 の csv、SCN2 の csv
GPS ファイル	高精度 GPS および車両ナビ GPS ファイル	代表シーン時刻を含む GPS1 の csv、GPS2 の csv
CAN ファイル	車両挙動ファイル	代表シーン時刻を含む CAN1 の dat、CAN1 の csv
キャリブレーションファイル	カメラ、レーダキャリブレーションデータ一式	代表シーン対象の走行車・日時の対象キャリブレーションデータ一式の zip

※1, 2 : 検索先に JPEG 画像が存在していない場合は RAW 画像から JPEG 画像へ変換する

※3 : 自動タグファイルは同一時刻の XML が重複することがあるため、最初に一致したファイルのみを抽出する

#### (4) 走行映像データ抽出ツール開発のまとめ

シーン分類した情報をもとに、目的に応じて画像だけでなく収集したデータを選択して抽出するプログラムを作成した。

シーン分類毎やデータ種別毎に格納先フォルダを仕分けして必要なデータのみを抽出して受信出来るようにすることで、データセンタのデータをリモートで扱うための効率性を考慮した。

シーン分類ツールとデータ抽出ツールを組み合わせることで、指定したシーンのデータを任意に抽出し確認できる画像ビューワをフロントツールとした簡易的なデータベース分析支援ツールが作成出来たと考えている。

#### 1.3.3 走行映像データ分析支援ツール開発のまとめ

走行環境シーン分類ツールは、走行映像 DB ビューワに機能拡張することで、対象シーンを目視確認して正確に情報を記録出来る、ビューワをフロントツールとした走行環境シーン分類用途以外への応用も可能なシーン選択ツールとして開発が出来た。

作業判断基準としてのガイド線表示、運用ルールや人的ミスを防止する簡易的なチェック機能も入れることにより作業効率化および品質低下防止に貢献出来た。

また、シーン分類作業を行うだけでなく、分析支援ツールとして必要な情報を任意追加することが出来るように機能を盛り込んでいる。

走行映像データ抽出ツールと組み合わせることで、必要なシーンを選択し、データセンタのデータ（画像及び画像以外の距離情報やタグ情報など）を選択的に抽出し、確認することができるデータベース分析ツールとして開発が出来たと考えている。

#### 1.3.4 今後の課題

今回の分類作業では、前遠方監視カメラ映像を中心とした考え方でシステムをまとめたが、今後の分類作業を行うに際しては、全周辺監視の左右カメラ映像も有効に活用するように見直す必要を認識している。

シーン分類作業での最も負担になるところは映像情報の確認工程にある。、長時間のデータを目視確認するマニュアルだけの作業は確認項目も多く情報の均一性を保つための人材教育などデータの品質を維持するための課題は多い。

映像の中のシーンを分類する要素となる対象物を検知して知らせたり、レーダレンジセンサ情報を活用した注目対象の距離状態の通知など分類作業の半自動化を進める必要がある。

## 1.4 データ収集車両の機能設計

### 1.4.1 データ収集システムの改良開発

#### (1) シーン分類のためのシーン付加機能の検討

収集した走行データにシーンの状態を示す多くの付加情報を付与することは、シーン抽出や検索用データベースの開発において、重要なキーワードとなる。既に収集したデータについて、後工程において目的に応じて綿密にデータを解析することでより有用な情報を繰り返し付加していくことが出来ると考えるが、データ収集工程において本来付加すべきシーン情報を漏れなく適切に設定することは、収集システムにとって必要な課題と言える。

従って、データ収集システムに必要な改良は、より正確なデータを欠落なく、要求にあった精度で収集すること、シーンを捉え周辺状況を把握するためにより多くの条件要素を集める機能を充実していくこと等があり、シーン分類を実施するために必要なシーン付加機能に係る検討を実施した。以下に実現可能な検討案を列挙する。

##### ① 車両情報の収集と活用

データ収集時にオペレータが記録していた車両挙動情報を CAN データから得られる車両情報に置き換えることは、データの正確性や収集情報量において大幅な改良が見込まれる。CAN から得られる情報を分析することにより自車両の挙動分析だけでなく、走行周辺環境の把握（道路状況、走行状況）、運転状況の解析（運転手状態）などにも活用できる可能性があると考えられる。また、自車両の正確な走行挙動の把握は、歩行者、交通対象物との相互影響の分析にも役立つものと考えられ、CAN データの活用はシステムの改良要件として重要と考える。

まずは、CAN データの中から必要と思われる車両データを利用目的毎に抜き出し評価するために速度関係のデータ、操舵関係のデータ、ライト・車内装備関係のデータなど 28 種類のデータを抽出したが、データから実際の車両挙動の情報を得るためには、時系列データとして傾向解析して正確な挙動判定を行なう研究要素があると考えている。

例えばステアリング操作による右左折か車線変更かを区別するためには、旋回判定と操舵角データを時系列に追って実際の挙動と比べて判断しなければいけない。

CAN データは車両メーカーの秘密情報であるため公開はできないが、一般的な情報に変換してデータベースとして利用出来るように検討していく必要がある。

##### ② 有効シーン抽出情報の自動付与

収集した画像データからのタグ付け用有効シーンの抽出は、現状は車両内でオペレータが時刻記録したシーン情報ファイル内の対象物や地物、周辺情報に、抽出のための重要度の点数を付け、その積算値の高い時間帯を有効シーンとして選択するというものである。

このオペレータによる記録情報を画像認識技術によって置き換える候補は以下。

- ・ 天気状態、逆光、暗所などの記録（画像輝度状態で推定）

- ・対象物の記録（認識対象物で推定）
- ・対象物の状態（オプティカルフローによる推定、背景分離）

上記の画像認識による対象抽出は車両収集システムに搭載してオペレータのシーン記録判断の支援情報として提供し、未認識物については他のセンサとの補助情報によりオペレータの判断で記録させ学習させるようにすることで、認識経験を再帰的に拡充させるシーン情報推定付与ツールとして開発することが考えられる。

上記で記録した情報を使って注目シーンをゆっくり、その他を高速再生するサマライズ表示機能によってシーン抽出の効率向上を施すことが出来る。同様に周辺の音声特徴によるサマライズ機能も追加情報として有効と考えている。



図 1.4.1-1 画像サマライズ機能によるシーン抽出結果表示検討案

### ③ まとめ

シーン分類の情報付与における改良点としては下記を検討することが必要と考える。

- ・正確な情報への置き換え
- ・判断基準の明確化
- ・シーン抽出情報の拡充、副次的な詳細情報の追加
- ・シーン抽出、検索のためのシーン情報ファイルの再構築

## (2) レーダ情報活用設計

画像認識用タグ情報への距離情報の付与を目標に、収集したレーザデータの可視化のためのレーダチャートと、カメラ画像への距離データの重畳の試行を行った。

収集したレーザデータは、センサーの出力データをバイナリ保管したままのものであるため、利用するために必要な正規化変換や、データベースの持ち方について検討し考察を行った。

## ① 収集データの同期時系列の正規化

レーダデータは収集時の装置の不具合が主原因と思われるデータの欠損が、開始または計測途中で見受けられた。欠損は確認した限りにおいて、レーダのスキャン単位で起こっており、スキャン単位のデータにはタイムスタンプが打たれているため、このタイムスタンプ時刻を見て、車両センサー間の同期のための時刻オフセットを補正し、欠損データへのダミーデータ挿入を行うことで、正規化したデータを再構築できることを仕様レビューにより確認した。以下にその正規化のための変換概要仕様を示す。

(i) データ内のタイムスタンプを見てデータの時系列をまとめ直す

(ii) 欠落したデータの復旧処置

現状のレーダデータは一分単位にファイル化しているが、このファイル内での欠落はダミーデータを埋めて、一分 50 パケットのファイルとして再構築する(図 1.4.1-2)。

ダミーの詰め方は、パケット間の時刻差から抜けたパケット数を計算して埋める。

(iii) 収集の開始と終了は秒単位で行うため、一分毎のファイルにはならないが、途中は一分単位のファイルにとして構築する。途中一分以上のデータの欠落がある場合はファイルごと欠落した状態とする。

(iv) ダミーデータは記載内容を任意設定できるものとする(ダミー判定コードを定義する)。

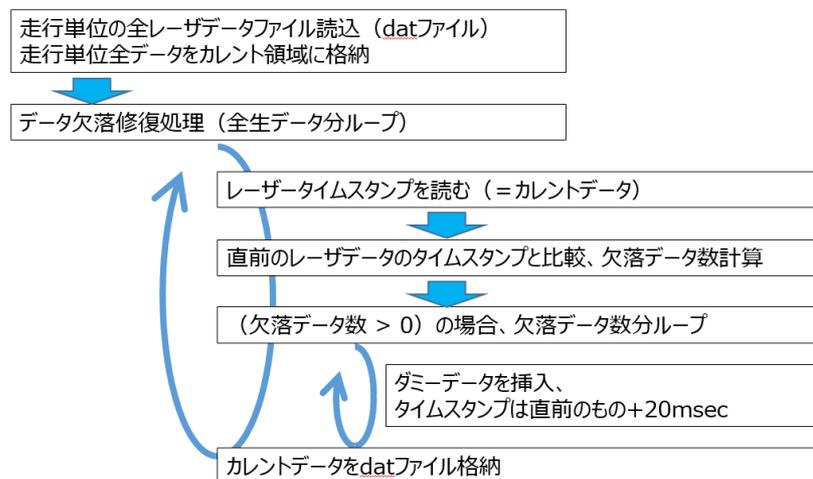


図 1.4.1-2 レーダデータの再構築の処理フロー図

## ② レーダデータの中間ファイルの検討

レーダデータを利用する場合は、必ず必要となる前処理として各レーダセンサの取付け座標を車両座標系に変換することが必要になる。また、収集時点では、各センサー装置は独自のバイナリーデータで可変長フォーマットのものもあり、取り扱いがし易いとはいえない。それぞれのフォーマットを確認して処理しやすい中間ファイルを用意することを検討した。

本収集システムのレーダデータは2機種あり、一方は固定長、もう一方は可変長のデータであるため可変長フォーマットのレーダデータについてはインデックスファイルをヘッダ部に設ける方式とした。

### (i) 中間ファイルの位置づけ

レーダデータの中間ファイルを考えるためのコンセプトとして下記を考慮した。

- ・データへのアクセスレベル
  - ーセンサーのデータの情報を損なわないこと
  - ーファイルフォーマットが明確で、必要なデータのハンドリングが利用者にとって容易であること
- ・データ利用レベル
  - ー利用用途に向けた最適化がされていること
  - ー複数のセンサーの車両座標系への統合
  - ー弧度法での表記。車両からの角度と距離が必要なユースケース
  - ーXYZ座標系への変換が必要なユースケース

各レーダセンサに対応する正規化データを生成し、この正規化した中間ファイルだけで必要十分な情報を提供できるようにすることを目標とした。図 1.4.1-3 に実験的に作成した中間ファイルの構成と位置付けを示す。

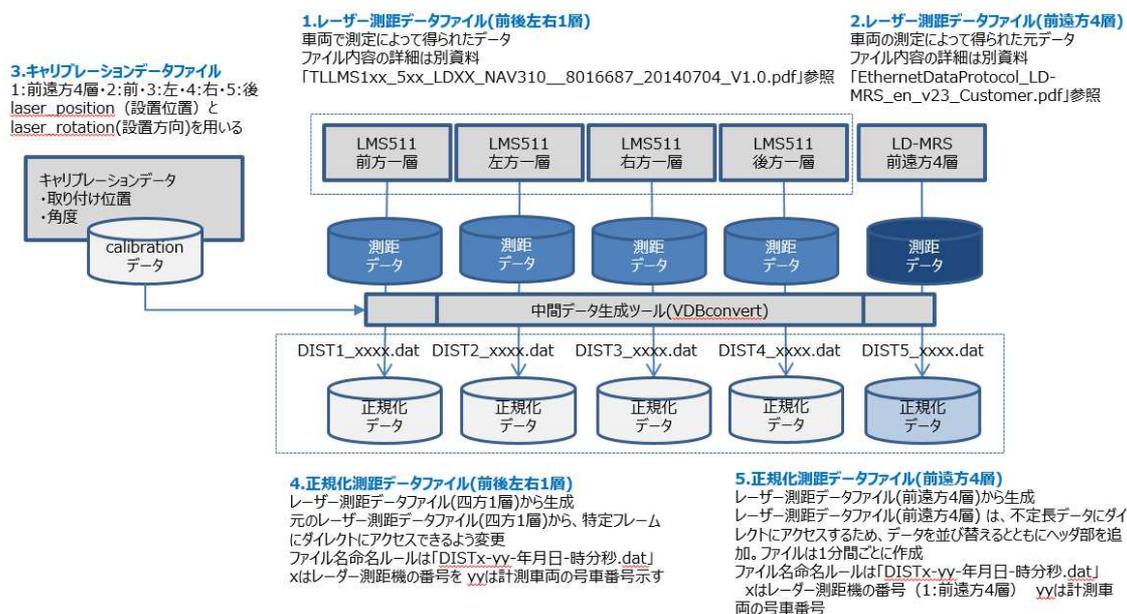


図 1.4.1-3 中間ファイル（正規化データ）の構成・位置づけ

(ii) 中間ファイルフォーマットの定義

a) 周辺レーダ（バイナリーフォーマット可変長）

周辺レーダ LMS511 Pro の外観を図 1.4.1-4 に、仕様を表 1.4.1-1 に示す。



図 1.4.1-4 LMS511 Pro

表 1.4.1-1 LMS511 概略仕様

品名	LMS511 Pro
メーカー	SICK
測定距離	0.7-65m (100%) 0.7-26m (10 %)
スキャン角度	190°
角度分解能	0.333
スキャン回数	50Hz
レイヤ数	1
インタフェース	Ethernet,RS232, USB,CAN
保護クラス	IP67

・現状の収集データのフォーマット

計測車両での測定によって得られた元データ。

ファイルは1分間ごとに作成されており、同じ時間帯に4つ（4方向の一層レーダ）のファイルが存在する。

ファイル内容の詳細はメーカー資料の

「TLLMS1xx\_5xx\_LDXX\_NAV310\_\_8016687\_20140704\_V1.0.pdf」を参照。

・中間フォーマットファイル：正規化測距データファイル（前後左右一層）

データファイル全体構造。

正規化測距データファイルは、レーザレンジセンサ測距データファイル（周辺監視用の前後左右4方向からなる一層センサデータ）から生成する1つのファイルには50フレーム/s×60sで3,000フレームのデータが格納する。

表 1.4.1-2 LMS511（周辺 1 層レーダ）の中間ファイルフォーマット

名称	個数	サイズ
開始フレーム 秒	1個	4バイト
開始フレーム フレーム番号	1個	4バイト
終了フレーム 秒	1個	4バイト
終了フレーム フレーム番号	1個	4バイト
センサ取り付け位置(X,Y,Z)	1個	24バイト
センサ向き情報行列(1,X)	1個	24バイト
センサ向き情報行列(2,X)	1個	24バイト
センサ向き情報行列(3,X)	1個	24バイト
センサ(ロール、ピッチ、ヨー)	1個	24バイト
0秒0フレームのタイムスタンプ	1個	11バイト
0秒0フレームの 距離データ、エコー強度データ	5個 × 571セクタ	3バイト×5 ×571 =8565バイト
0秒1フレームのタイムスタンプ	1個	11バイト
0秒1フレームの 距離データ、エコー強度データ	5個 × 571セクタ	3バイト×5 ×571 =8565バイト
中略		
0秒49フレームのタイムスタンプ	1個	11バイト
0秒49フレームの 距離データ、エコー強度データ	5個 × 571セクタ	3バイト×5 ×571 =8565バイト
1秒0フレームのタイムスタンプ	1個	11バイト
1秒0フレームの 距離データ、エコー強度データ	5個 × 571セクタ	3バイト×5 ×571 =8565バイト
中略		
59秒49フレームのタイムスタンプ	1個	11バイト
59秒49フレームの 距離データ、エコー強度データ	5個 × 571セクタ	3バイト×5 ×571 =8565バイト

ヘッダ部データ構造				
No.	名称	型式	長さ(バイト数)	備考
1	開始フレーム 秒	Integer	4	通常は0
2	開始フレーム フレーム番号	Integer	4	通常は0
3	終了フレーム 秒	Integer	4	通常は59
4	終了フレーム フレーム番号	Integer	4	通常は49
5	センサ取り付け位置 X	Double	8	
6	センサ取り付け位置 Y	Double	8	
7	センサ取り付け位置 Z	Double	8	
8	センサ向き情報行列 (1,1)	Double	8	
9	センサ向き情報行列 (1,2)	Double	8	
10	センサ向き情報行列 (1,3)	Double	8	
11	センサ向き情報行列 (2,1)	Double	8	
12	センサ向き情報行列 (2,2)	Double	8	
13	センサ向き情報行列 (2,3)	Double	8	
14	センサ向き情報行列 (3,1)	Double	8	
15	センサ向き情報行列 (3,2)	Double	8	
16	センサ向き情報行列 (3,3)	Double	8	
17	センサ ロール	Double	8	
18	センサ ピッチ	Double	8	
19	センサ ヨー	Double	8	

データ部データ構造				
No.	名称	型式	長さ(バイト数)	備考
1-1	タイムスタンプ 年	Ushort	2	
1-2	タイムスタンプ 月	Uchar	1	
1-3	タイムスタンプ 日	Uchar	1	
1-4	タイムスタンプ 時	Uchar	1	
1-5	タイムスタンプ 分	Uchar	1	
1-6	タイムスタンプ 秒	Uchar	1	
1-7	タイムスタンプ マイクロ秒	Integer	4	
2-1	距離データ 1	Ushort	2	単位はミリメートル(以下同)
3-1	エコー強度 1	Uchar	1	※強いものから1~5に詰める
2-2	距離データ 2	Ushort	2	
3-2	エコー強度 2	Uchar	1	※強いものから1~5に詰める
2-3	距離データ 3	Ushort	2	
3-3	エコー強度 3	Uchar	1	※強いものから1~5に詰める
2-4	距離データ 4	Ushort	2	
3-4	エコー強度 4	Uchar	1	※強いものから1~5に詰める
2-5	距離データ 5	Ushort	2	
3-5	エコー強度 5	Uchar	1	※強いものから1~5に詰める

ヘッダ部はファイル先頭に1個だけ存在する  
計測に欠損がない場合、50フレーム/秒×60秒=3000フレーム分のデータが1ファイルに格納される

データ部はタイムスタンプ・距離データ・エコー強度の3つのデータから構成される  
タイムスタンプ(11バイト)は1フレームに1個だけ存在する  
距離データ・エコー強度データは1フレームにつき571セクタ (-5度から185度の190度分の範囲を1/3度刻みに計測) で構成される。1セクタごとに最大5個の計測データが存在する

・ 中間ファイル化の要件

計測に欠損がない場合、当ファイルのサイズは、管理部 4 バイト + 距離データ 4 バイト × 5 個 × 571 セクタ × 3000 フレーム = 34,260,004 バイトになる。

欠測時は距離データをすべて 0 にしたレコードが置かれる。

このファイルから特定フレーム (秒 s) とフレーム番号 (f) で指定する) を取り出す場合、 $4 + (4 \times 5 \times 571) \times 50 \times \text{特定フレーム}(s) + (4 \times 5 \times 571) \times \text{フレーム番号}(f)$  という計算式で先頭からのバイト数を算出することが出来る。

b) 前遠方レーダ (バイナリーフォーマット固定長)

前遠方レーダ LD-MRS-400001 の外観を図 1.4.1-5 に、仕様を表 1.4.1-3 に示す。



図 1.4.1-5 LD-MRS-400001

表 1.4.1-3 LD-MRS-400001 概略仕様

品名	LD-MRS-400001
メーカー	SICK
測定距離	0.3-200m (average)
スキャン角度	85° (4 レイヤ時)
角度分解能	0.5°
スキャン回数	50Hz
レイヤ数	4 層 (0.8°/層)
インタフェース	Ethernet,RS232,
保護クラス	CAN

- ・ 現状の収集データのフォーマット  
計測車両での測定によって得られた元データファイルは 1 分間ごとに作成されている。前遠方 4 層。  
ファイル内容の詳細はメーカー資料「EthernetDataProtocol\_LD-MRS\_en\_v23\_Customer.pdf」を参照。
- ・ 中間ファイル：正規化測距データファイル（前遠方 4 層）  
データファイル全体データ構造。1 つのファイルには 50 フレーム/s×60s で 3,000 フレームのデータが格納される。  
LD-MRS-400001 の中間ファイルのフォーマットを表 1.4.1-4 に示す。

表 1.4.1-4 LD-MRS-400001（前遠方 4 層レーダ）の中間ファイルフォーマット

名称		サイズ
ヘッダ部	0秒0フレーム開始位置	8バイト
	0秒0フレームその他ヘッダ	44バイト
	0秒1フレーム開始位置	8バイト
	0秒1フレーム内その他ヘッダ	44バイト
	中略	
	0秒49フレーム開始位置	8バイト
	0秒49フレーム内その他ヘッダ	44バイト
	1秒0フレーム開始位置	8バイト
	1秒0フレーム内その他ヘッダ	44バイト
	中略	
データ部	59秒49フレーム開始位置	8バイト
	59秒49フレーム内その他ヘッダ	44バイト
	0秒0フレーム1点目のデータ	8バイト
	中略	
	0秒0フレームN点目のデータ	8バイト
	0秒1フレーム1点目のデータ	8バイト
中略		
	59秒49フレームN点目のデータ	8バイト

ヘッダ部データ構造				
No.	名称	型式	長さ (バイト数)	備考
1	フレーム開始位置	long	8	
2	Scan number	UINT16	2	
3	Scanner status	bit field 16bits	2	
4	Sync phase offset	UINT16	2	
5	Scan start time NTP	NTP64	8	
6	Scan end time NTP	NTP64	8	
7	Angle ticks per rotation	UINT16	2	通常11520(=360×32)がセットされている
8	Start angle	INT16	2	通常 50 がセットされている
9	End Angle	INT16	2	通常 -60 がセットされている
10	Scan points	UINT16	2	当フレームの計測点数
11	Mounting position yaw angle	INT16	2	当データは座標変換には使用しない
12	Mounting position pitch angle	INT16	2	当データは座標変換には使用しない
13	Mounting position roll angle	INT16	2	当データは座標変換には使用しない
14	Mounting position x	INT16	2	当データは座標変換には使用しない
15	Mounting position y	INT16	2	当データは座標変換には使用しない
16	Mounting position z	INT16	2	当データは座標変換には使用しない
17	Processing flags	UINT16	2	

ファイル先頭に上記ヘッダ部が52バイト×3000回=156,000バイト置かれる  
フレーム開始位置はヘッダ部も含むファイル内の位置を示す  
0秒0フレームのフレーム開始位置は3600になる

データ部データ構造				
No.	名称	型式	長さ (バイト数)	備考
1	レイヤ情報とエコー回数	Binary	1	
2	フラグ	Binary	1	
3	角度	Binary	2	360度を1/32度刻みで分割したセクタ番号で表現 0度から+50度は 0~1600 -60度から0度は -1920~0 の値を取る
4	距離	short	2	計測値(単位はセンチメートル)
5	パルス幅	short	2	

計測範囲は -60度から+50度までの範囲で、1/32度の精度を持つ  
1点(1セクタ分)につき、上記8バイトのデータを記録する  
レーザ測距機の計測値をそのまま記録する(計測距離0のデータは存在しない)  
全てのセクタすべてのレイヤで計測値があった場合、8バイト×14084点=112672バイト

### ③ レーダチャートの開発

距離データの可視化と活用のために、レーダチャートを JPEG 画像ビューワに追加実装し、画像再生に合わせて周辺の距離情報を同期表示できることを確認した。

#### (i) XYZ 座標系への変換

レーダチャートを表示するために、前後左右のレーダデータを車両原点に合わせて再変換する必要がある。また、画面上に二次元表示としてプロットするために、弧度法で記録されたデータを XYZ 座標に変換することにした。

レーダセンサの特徴を考えると弧度法のままで車両原点に正規化したデータの使い方が望ましいため、ここではレーダチャートなど位置を必要とする目的のためのデータとして変換を行う考えとした。

また XYZ 座標系への変換は、先に定義した中間フォーマットファイルをソースに位置付けたフローとしソースデータとしての成立性を検証することとした。

変換構成を図 1.4.1-6 に示す。図の座標 1、座標 2 が車両原点での XYZ 座標系に変換したレーダのデータである。

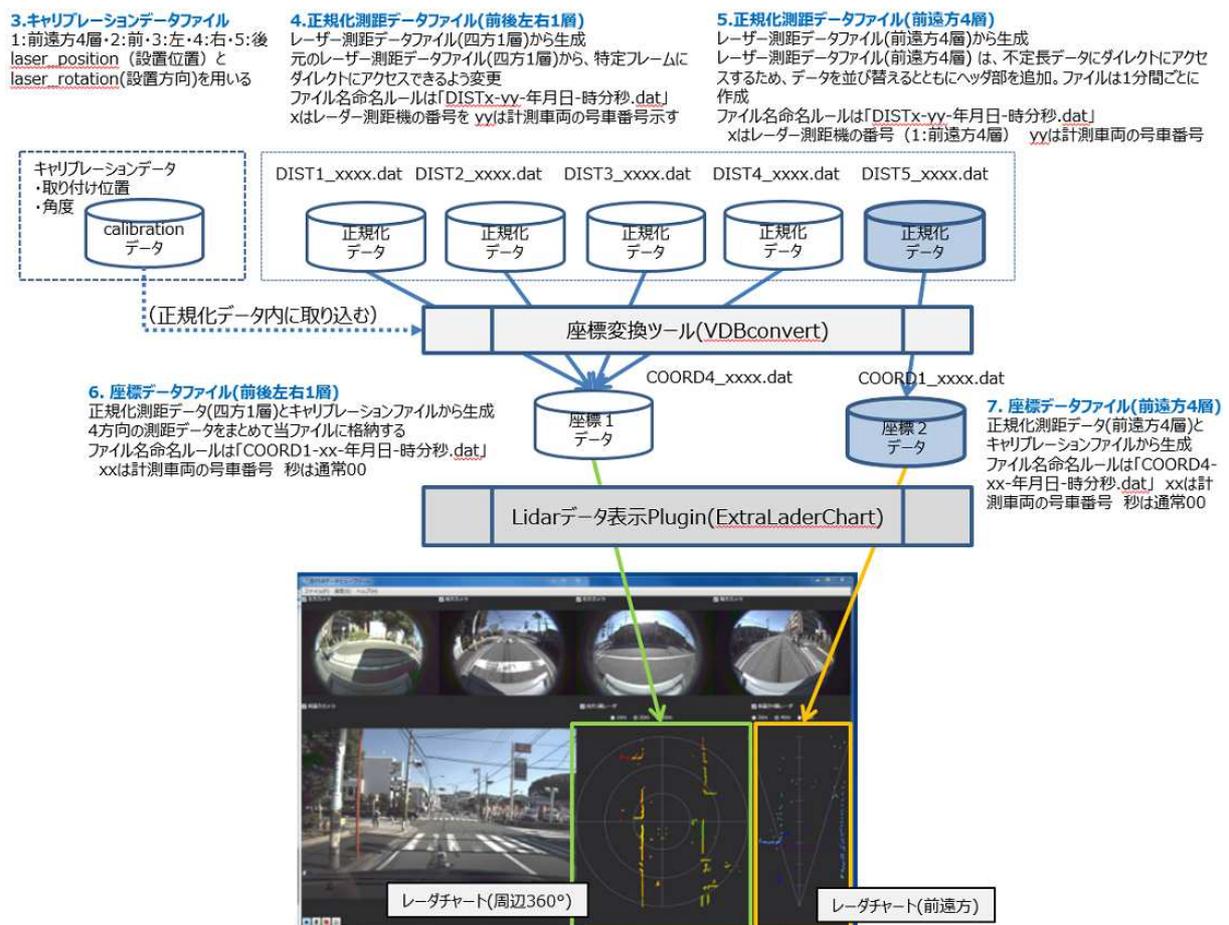


図 1.4.1-6 XYZ 座標変換の変換構成図

(ii) レーダチャートのビューワ表示

前後左右の一層のレーダデータから 360°レーダチャートを開発した。

表示する距離は、フルスケールを 10m、20m、30m に切り替えて表示でき、車両との距離で色分けするようにした。5m 以内を赤で強調表示している。

試作したレーダチャートの画面を図 1.4.1-7 に、同じシーンの画像を図 1.4.1-8 に示す。

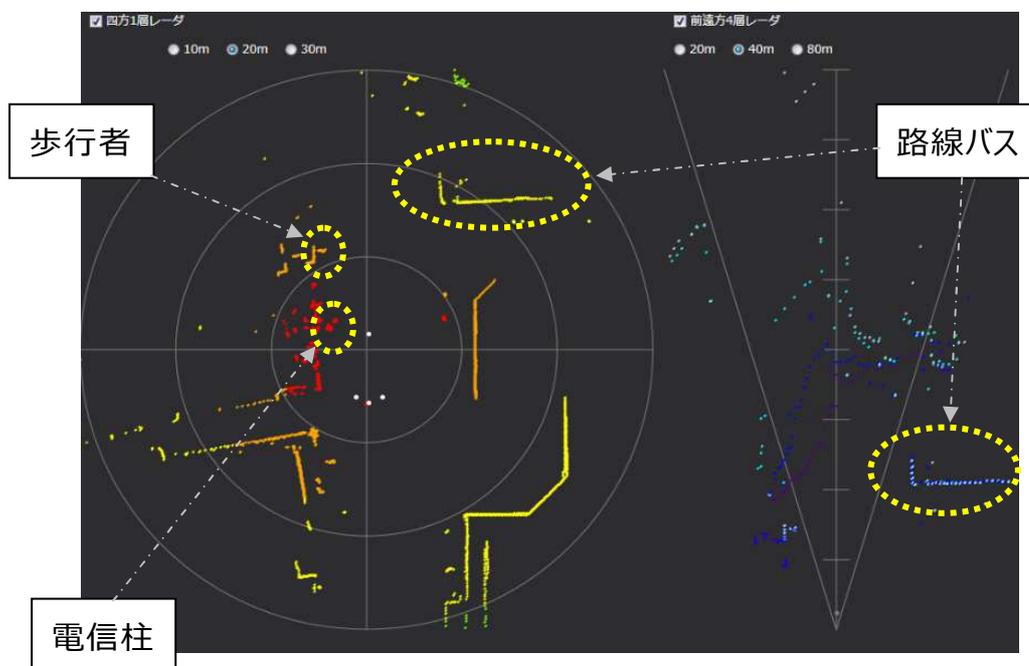


図 1.4.1-7 レーダチャート (360°全周囲、前遠方)

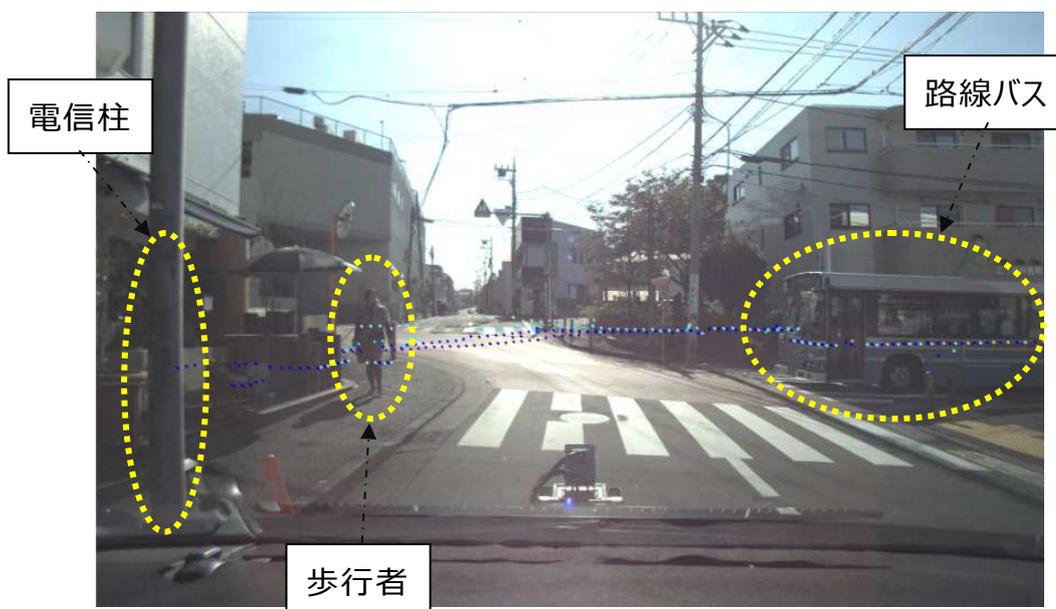


図 1.4.1-8 前遠方レーダ計測点の画像への重畳表示

#### ④ 画像へのレーダデータ重畳表示

前遠方レーダの距離データを画像に重畳表示した。画像上に点群をマウスで選ぶと距離の値が表示されるまでを開発予定とした。距離値の表示は未完成。

レーダデータを画像に重畳するアルゴリズムサンプルを表 1.4.1-5 に示す。

表 1.4.1-5 レーダデータを画像に重畳するアルゴリズムサンプル

```
参考：レーザデータ画像重畳アルゴリズムの説明
/*
 * 本プログラムコードはレーザーから空間および空間からカメラ座標上での座標変換についてのサンプルです
 * 本プログラムコード内では 長さは mm、角度は radian を使用します
 * JARI 第 52 研究室
 */
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <math.h>
// linux では M_PI が定義されています。
#ifndef M_PI
#define M_PI (3.141592653589793238462)
#endif
int main(int argc, char *argv[])
{
    // レーザー 2 (LMS-511 前方) のキャリブレーションデータから
    // 以下のように必要なデータを読み込みます
    double laser2_position[3] = {989.058, -0.593, 450.788};
    double laser2_rotation[3][3] = {
        { 0.01645554, 0.99986271, 0.00194207 },
        { -0.99986460, 0.01645540, 0.00009041 },
        { 0.00005844, -0.00194330, 0.99999811 }};
    // レーザー装置から送られてきたデータのうち方位と距離が含まれています
    // 角度をラジアンに変換します
    const double laser_angle = 50.0 * (M_PI / 180.0); // LMS_511 から 50.0 度と出た場合
    // レーザー装置が観測した距離です(mm なので単位に注意)
    const double laser_distance = 8341.0;
    // レーザー装置上の観測位置です
    double laser_observation[3] = {laser_distance*cos(laser_angle), laser_distance*sin(laser_angle), 0.0};
    printf("position on laser2: x = %.1f y = %.1f z = %.1f\n",
        laser_observation[0], laser_observation[1], laser_observation[2]);
    // 車両座標系での位置
    double car_position[3];
    int row;
    for (row = 0; row < 3; row++) {
        car_position[row] =
            laser2_rotation[row][0]*laser_observation[0] +
            laser2_rotation[row][1]*laser_observation[1] +
            laser2_rotation[row][2]*laser_observation[2] +
            laser2_position[row];
    }
    // 車両座標系上 (車両前方が X、左方向が Y、上が Z) の位置
    printf("position on car: x = %.1f y = %.1f z = %.1f\n",
        car_position[0], car_position[1], car_position[2]);
    // カメラ 2 (魚眼上の位置)
    // カメラ 2 (前方魚眼) のキャリブレーションデータから以下のように必要なデータを読み込みます
    double camera2_center[3] = { 942.852131, 594.560712 };
    double camera2_focal_length = 462.858630;
    double camera2_position[3] = {1017.225, -1.654, 691.220 };
    double camera2_rotation[3][3] = {
        { 0.88227841, 0.00032441, 0.47072785 },
        { -0.00502555, 0.99994926, 0.00873018 },
        { -0.47070114, -0.01006811, 0.88223527 }
    };
};
```

```

// カメラを中心とした座標系に変換します
double camera_observation[3];
for (row = 0; row < 3; row ++){
    camera_observation[row] = car_position[row]-camera2_position[row];
}
printf("position on camera2: x = %.1f  y = %.1f  z = %.1f¥n",
        camera_observation[0], camera_observation[1], camera_observation[2]);
// カメラの回転を考慮します(回転の逆変換ですから、転置行列を掛けます)
double camera_coordinate[3];
for (row = 0; row < 3; row ++){
    camera_coordinate[row] =
        camera2_rotation[0][row]*camera_observation[0] +
        camera2_rotation[1][row]*camera_observation[1] +
        camera2_rotation[2][row]*camera_observation[2];
}
printf("rotate for camera2: x = %.1f  y = %.1f  z = %.1f¥n",
        camera_coordinate[0], camera_coordinate[1], camera_coordinate[2]);
// カメラのみかけの光軸方位(1,0,0)との角度を求めます
// 長さ
const double norm = sqrt(
    camera_coordinate[0]*camera_coordinate[0] +
    camera_coordinate[1]*camera_coordinate[1] +
    camera_coordinate[2]*camera_coordinate[2]);
// 内積
const double innerproduct =
    camera_coordinate[0]*1.0 +
    camera_coordinate[1]*0.0 +
    camera_coordinate[2]*0.0;
// 中心となす角(実際のコーディングではゼロ除算に注意してください)
const double angle = acos(innerproduct / norm);
// ここでこのレンズの最大画角は 185 度ですから、92.5 度を超過している場合は無効な値になるので注意し
// てください。
// これから画像上の中心からのピクセル数がわかります
const double pixel_radius = angle * camera2_focal_length;
// 次に画像上の方位を求めます
// Y 軸は画像上では列(column)逆方向、Z 軸は行(row)の逆方向です
const double pixel_direction = atan2(-camera_coordinate[2], -camera_coordinate[1]);
// これから画像上の位置が求められます
const double image_column = pixel_radius * cos(pixel_direction) + camera2_center[0];
const double image_row = pixel_radius * sin(pixel_direction) + camera2_center[1];
printf("on camera2 image: column = %.1f row = %.1f¥n", image_column, image_row);
// 画像の範囲外になっている場合は、その点はこのカメラでは撮影されていません。
// カメラ 1 (前遠方車内カメラ)
// 車両空間から(歪み補正後の)カメラ画像への変換は透視投影行列で変換します
const double camera1_projection[4][4] = {
    { 1.45795476846e+00, -1.55606228765e+00, -2.72972840037e-02, 9.66340694703e+02 },
    { 8.44349188624e-01, 8.38229353567e-03, -1.62491049028e+00, 2.53635032793e+03 },
    { 1.49161427633e-03, 4.36636866584e-05, -4.61186809059e-05, 1.00000000000e+00 },
    { 0.00000000000e+00, 0.00000000000e+00, 0.00000000000e+00, 1.00000000000e+00 }
};
double XYZ[3];
for(row = 0; row < 3; row ++){
    XYZ[row] =
        camera1_projection[row][0]*car_position[0] +
        camera1_projection[row][1]*car_position[1] +
        camera1_projection[row][2]*car_position[2] +
        camera1_projection[row][3];
}
// Z 軸(XYZ[2])が 0 以下になる場合は、カメラより後方にあり事実上不可視の点と考えられる
const double camera1_column = XYZ[0]/XYZ[2];
const double camera1_row = XYZ[1]/XYZ[2];
printf("on camera1 image: column = %.1f row = %.1f (distortion corrected)¥n", camera1_column,
camera1_row);

```

```
// 歪み補正ファイルを読み込みます
FILE *fp = fopen("Car2/Camera1fwd.bin", "rb");
if (fp != NULL) {
    float (*table)[1920][2] = (float (*)[1920][2])malloc(sizeof(float)*(1200*1920*2));
    // malloc が成功するか確認の必要があります
    fread(table, sizeof(float), 1200*1920*2, fp);
    // fread が成功するか確認の必要があります
    // 次の計算は画像の範囲内かどうか確認してから実行する必要があります
    printf("on camera1 image: column = %.1f row = %.1f (original image)¥n",
        camera1_column+table[(int)(camera1_row+0.5f)][(int)(camera1_column+0.5f)][0],
        camera1_row+table[(int)(camera1_row+0.5f)][(int)(camera1_column+0.5f)][1]);
    free(table);
    fclose(fp);
}

return 0;
}
```

⑤まとめ

(i) 中間フォーマットファイルの試作

レーダチャートおよび重畳表示試作をすることで中間データベースとして今後必要な構造や、ツールへの情報提供について検討する機会を得た。今後も多種の周辺センサーが開発されデータベースに組み込まれることを考えると、個々のセンサー出力のデータはそのままとしておき、それぞれのセンサー種別に合わせたインデックスファイルを作り、データの格納位置を示す方法が適切と考えている。このインデックスファイルを検索することで、それぞれの画像 RAW データから容易に必要なデータを抽出することができる。

このインデックの生成ルールを適切に決めていければ標準的なデータベースが構築できるのではと考えている。さらなる掘り下げと議論が必要である。

(ii) レーダチャート

- XYZ 座標に変換したデータファイルから距離データを表示する際に画面プロットする方法をとっているが、表示速度が遅く、これ以上の高速表示を図るためには表示方法を検討する必要がある。
- 周辺レーダの計測スキャン範囲が 180° 以上あるため車両に反射したデータがノイズになっていることを確認した。レーダ間で重なったデータの扱いなどの検討が必要である。

(iii) レーダデータの画像重畳表示

画像上での距離値の表示や、画像から点群をグルーピングして対象物を分離するなど、対象物認識情報の付与ための GUI やツール検討のためのベースが出来た。

## 1.4.2 まとめと今後の課題

走行映像データベースは、網羅的な交通シーン、交通対象物、様々な周辺環境を収集し、利用目的に応じた様々な有効シーンデータを蓄積し、また、日々変化する環境、交通状態を速やかに反映でき、鮮度の高いデータとして更新などのメンテナンスがしやすくニーズがある。また、データベースとして使いやすいデータ形式とし、目的に応じた検索や利用のためのアクセスのしやすい書式に纏めておく必要がある。

上記の目的からデータ収集システムは、多種多様なデータを正確に大量に取り、速やかなデータの仕分け（検索前処理）と蓄積処理が行える必要である。

### (1) まとめ

- ・ 走行映像データベースとして必要な周辺データのうち、画像データについては、可逆圧縮をかけ、固定長データとして利用しやすいフォーマットで蓄積するシステムを構築することが出来た。また、全周辺監視カメラの活用に向けて、魚眼レンズで撮像したデータの画像変換を行い画像認識に問題がない結果からデータ利活用の目途が付いた。
- ・ 画像データとレーダレンジセンサとのセンサフュージョン対応として、画像データと同期して相互に評価できる状態での利用が必要であり、レーダレンジセンサデータについては本年度の実験結果をもとに再構築の見通しが出来た。
- ・ データベースに必要なデータ可視化ツールとして、画像 DB ビューワにレーダチャートを追加し、画像への距離情報の重畳表示や利用面を考慮した GUI を考案した改良の目途がたった。
- ・ 動画は、データベースとしてデータの評価、分析のためにフレーム単位で持つことが適切と考えているが表示速度に対しては、扱う画像ファイル数が多すぎるため、これ以上の高速化は難しい。必要に応じて動画変換が必要と考えている。

### (2) 今後の課題

網羅性をねらい、繰り返し収集される大量データは、そのまま蓄積するだけでは膨大な量に膨らんでいくため、なんらかの選別、縮小処理が必要であり、あまり使われないデータを区別し整理する仕組みも考慮しておく必要があると考える。

本研究事業ではデータを収集する際に、車両内のオペレータが認知した対象物シーン情報を記録するようにしているが、これはタグ付けのための有効シーンの抽出条件や、データ検索のキーワードとして利用できるようにするための方式検討の方策として実施したものである。今後整備すべきは、有効なシーンを適切に抽出するための選定内容の具体化、条件設定の定量化、情報の正確化が上げられるが、これらの情報を付与するフェーズ、情報を利用して有効なシーンを選別するフェーズに分けて改良を行う必要がある。

データ収集時にリアルタイムに記録すべき情報は、車両搭載したセンサーや車両情報からだけでは後から付与できないものであり、走行車両上でしか判断できないオペレータや運転者の認知判断情報の記録と考えられる。また、オペレータの正確な判断を支援するた

めに、リアルタイムな情報の提供機能も装備する必要があると考えている（オペレータ情報支援）。

現状で考えられる最も有効な収集システムは、自動認識結果から得られる周辺情報をオペレータに提供しオペレータの認知判断力を高めるとともに、認識システムでは判断しきれない未解決の対象情報をオペレータによって補完記録するシステムを車両に搭載することが効果的と考えられる。

現状、オフラインでのシーン分類、抽出、自動タグ付け用画像認識処理のうち車両側に移行できるものを順次搭載し、オンラインでの情報付与の支援機能を高めて、より正確な関連情報を追加していくことが必要と考えている。

## 1.5 走行映像データの分析 成果と今後の課題

### 1.5.1 成果まとめ

#### (1) 走行映像データの分析

- ・平成 27 年度分走行映像データに係る走行環境シーン（27 シーン分類）で整理し、件数をまとめた。全歩行者シーン数の合計は 115,717 件であり、事業目標値の歩行者シーン数 4 万件を達成した。
- ・海外走行映像データ約 68 時間における 27 シーン分類数は 21,923 シーンであり、歩行者シーン数は 14,577 及び自転車のシーン数は 1,976 であり開発目標を達成した。
- ・走行映像データ分類ツール  
平成 27 年度に開発したデータベースビューワの拡張ツールとして作成し、追加機能としてシーン分類のための種別番号や属性データを映像フレーム毎に情報として付与を実現し、開発目標を達成した。
- ・走行映像データ抽出ツール  
ユーザが抽出条件をカスタマイズすることで、任意条件の抽出対象データが抽出できるツールを作成し、開発目標を達成した。

#### (2) データ収集車両の改良開発

- ・レーダチャート／レーダ距離点群の画像重畳  
距離情報の可視化と活用のために、レーダチャートの追加と距離点群の画像への重畳表示の試作評価を行い、JPEG 画像ビューワに追加実装し、同期してデータを解析できることを確認し、開発目標を達成した。
- ・画像表示変換と動画化表示のデータ利用確認  
前後左右 180 度魚眼カメラの歪補正画像を円筒投影画像変換した活用例を検討し、開発目標を達成した。

## 1.5.2 今後の課題

走行映像データベース研究成果をより多くの関係者に活用するために、以下の今後の課題が挙げられる。

### ① 走行環境シーンの開始時刻、終了時刻の抽出

走行映像データを利用したシミュレーション評価等に用いる場合に、映像の切り出し部分の明確化が望まれており、シーンの開始時刻と終了時刻の抽出は、人手による作業等が必要であり費用面等が今後の課題となる。

### ② 路側物（誤認識対象）の分類

今回、誤認識対象の分類を行わなかった。これは、誤認識しやすい対象物が認識エンジンに依存することから、映像の目視確認で誤認識対象を分類することが難しいためである。誤認識対象について、どのような観点で、どういった方法で分類するのが今後の課題となる。

### ③ 未分類データの対応

走行環境シーン（27シーン分類）における未分類データは残り約70%存在するため、代表シーン映像集へ加える対応を継続する必要があるため今後の課題となる。

## 第2章 走行映像データへのタグ付け技術の開発および実証

### 2.1 タグ付け技術開発

#### 2.1.1 シーン抽出機能

##### (1) 事象の時系列データ化

走行映像データベースの構築において、走行映像データセンタに集められた映像データ等は、タグ付け技術開発の成果を用いて、データ収集車両に乗車した操作員の音声発話に基づくタグ付け対象となる任意の時系列を抽出するためのシーン抽出作業から開始される。シーン抽出の後工程としては、各対象物に対する自動タグ付け作業の実施及び自動タグ付け結果の一部を用いた手動タグ付け編集作業を介して、データベースの蓄積が実施される。

潜在的な危険を有するシーンとしての分類は重要であるが、現状のシーン抽出結果では結果しか分からず、時系列としてどのような事象があるのかが明確になっていない。また、発話には属性、所在、対象動作というものも含まれるが、危険を有するシーンの特定にはこれらを対象物に紐づけすることが重要になってため、事象の時系列データを生成する。

潜在的な危険を有するシーンは発話による情報を元にして抽出されているが、発話の順序は対象物を先に発話し、その後に対象物の属性について発話が行われる。そのため、対象物とその属性の発話には時間差があるため、発話情報の状態では正確な時系列データを構築することが出来ない課題がある。そこで、対象物に付属すると思われる属性を抽出し、その属性を対象物に付加する形で追記することにした（図 2.1.1-1）。

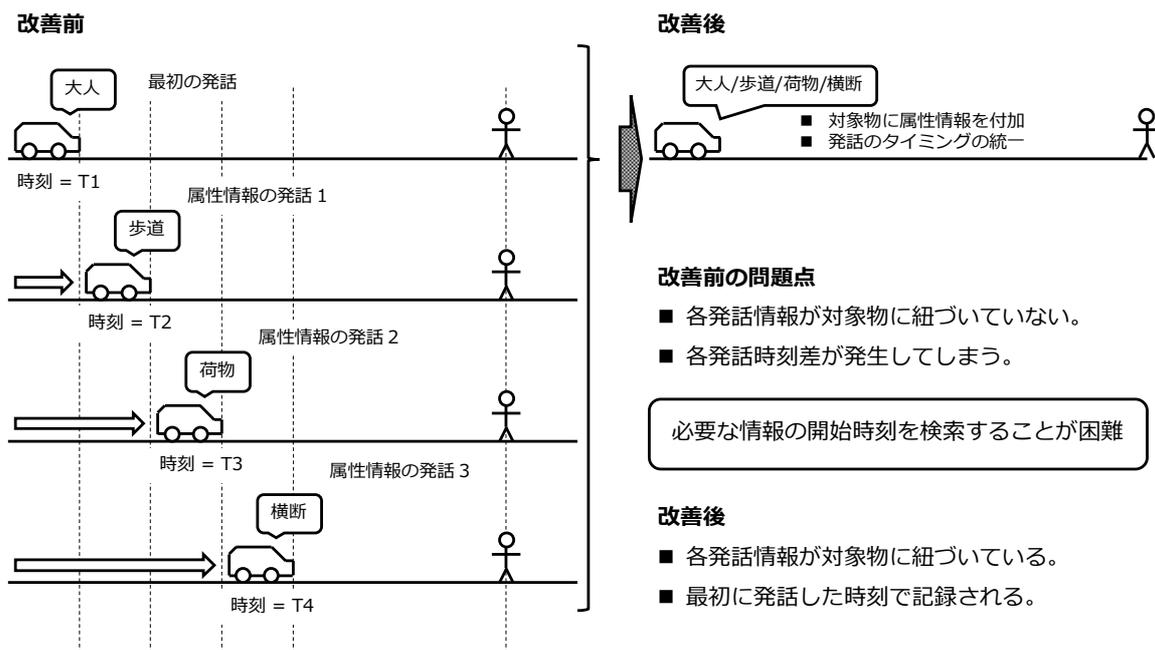


図 2.1.1-1 発話情報の時系列紐づけ

この処理を行うことで、より正確なシーン分析が可能になり、データベースを活用する際に特定のシーンを抽出することが容易になる。

発話情報は常に完全とは言えず、開始と終了が明確でないものや属性に対して対象物が明確でないものも存在する。こうしたものに対しては事前に発話する内容を定めておく必要があるが、既に取り得られたデータを元としているため、属性に対しての対象物の発話時刻の時間差は 10 秒以内として処理を行っている。

## (2) 検索用データベースとの接続用シーンファイル

検索用データベースでも同様に時系列データが用いられ、属性、所在、対象動作といったものが対象物に紐づけされている必要がある。検索用データベース技術開発とフォーマットを取り決め、これに合わせて検索用データベースとの接続用シーンファイルを作成した。

時系列データとして扱いやすいようにカンマ区切りである CSV フォーマットを採用し、各属性はスラッシュで区切ることで時刻情報と対象物情報を区分けしてある。また、時刻との紐づけを単に開始時刻だけでなく、推定される時間内で同一シーンが継続していると考えられるため、シーン継続期間中はシーンファイル中にも記述を継続させるようにした。

表 2.1.1-1 に示すように、2015/11/25 07:12:52 から 2015/11/25 07:13:02 にかけて、「路上の大人が乗った自転車を追い越した」というようにシーンとして扱うことが可能になっている。

表 2.1.1-1 検索システム用シーンファイル（例）

2015/11/25 07:12:50,交差点
2015/11/25 07:12:51,交差点
2015/11/25 07:12:52,自転車/おとな自転車/路上/追い越し/
2015/11/25 07:12:53,自転車/おとな自転車/路上/追い越し/
2015/11/25 07:12:54,自転車/おとな自転車/路上/追い越し/
2015/11/25 07:12:55,自転車/おとな自転車/路上/追い越し/
2015/11/25 07:12:56,自転車/おとな自転車/路上/追い越し/
2015/11/25 07:12:57,自転車/おとな自転車/路上/追い越し/
2015/11/25 07:12:58,自転車/おとな自転車/路上/追い越し/
2015/11/25 07:12:59,自転車/おとな自転車/路上/追い越し/
2015/11/25 07:13:00,自転車/おとな自転車/路上/追い越し/
2015/11/25 07:13:01,交差点
2015/11/25 07:13:01,自転車/おとな自転車/路上/追い越し/
2015/11/25 07:13:02,交差点
2015/11/25 07:13:02,自転車/おとな自転車/路上/追い越し/
2015/11/25 07:13:03,交差点
2015/11/25 07:13:04,交差点

## 2.1.2 自動タグ付け機能

### (1) 自動タグ付けツールの機能拡張の検討

「走行映像データベース」の構築技術の開発及び実証事業における「走行映像データへのタグ付け技術の開発」は、走行映像データの中の潜在的な危険性を有する障害物（歩行者、自転車、他の車両等）を抽出しタグ付けする仕組みを研究することを目的とする。

従来、走行映像データから潜在的な危険性を有する障害物の映っているシーンや、その障害物を抽出し分類する作業は人手によって行われていた。この人手によるタグ付け作業は、実際に映像を目で確認し、その中に映っている障害物を目視で抽出、種類を判別したうえで、手動でタグ情報を付与するという手順で行われる。また、映像中の障害物の位置を特定するために、映像中の障害物を手動操作により矩形で囲み、その矩形の位置の情報もタグ情報とともに記録するなどの作業も同時に行われる。これらの作業を走行映像の各フレームに対して行うこととなるため、膨大な工数が必要となっていた。

一方、車載カメラによる走行映像と、映像からの物体認識ソフトウェアを使った障害物認識システムを開発し精度を高めるためには、検証のために多くの走行映像データが必要となる。一般的に物体認識ソフトウェアでの認識精度向上には、まず認識ソフトウェアの辞書を強化するための走行映像を採取し、そこに映っている障害物を人手によりタグ付けし正解データを作成、走行映像と正解データを認識ソフトウェアに読み込ませて学習させるという手法をとる。しかし前記のように、走行映像データが膨大になるにつれ、障害物の映っているシーンおよび障害物の抽出のための工数も膨大になることが課題であった。

この従来人手によって行っていた作業の一部を機械的に行い自動化することは、正解データの作成にかかる工数を縮小することとなり、結果的に障害物認識システム開発のためのハードルを下げることに繋がる。

本事業では、平成 27 昨年度までに、コンピュータ処理に適したタグ付け結果の形式と、自動的に走行映像データ中の障害物を抽出し、その種類や画像中の位置を求める仕組みと、その結果を元にタグ付け結果形式で出力するツールを研究、開発し、またそのツールを使い本事業にて収集した走行映像の一部に対してタグ付け処理を実施した。

平成 27 年度までの自動タグ付けツールでは、抽出した障害物までの距離情報がタグ付け結果に含まれていないため距離を元にした危険性などを導き出すことが出来ないこと、収集された膨大な走行データを処理するには処理速度の向上が必要であること、抽出できる障害物の種類が歩行者、乗用車、自転車の 3 種類であることが課題であった。

平成 28 年度はこれらの課題への対応として、以下 3 点について取り組むこととした。

- ・自動タグ付け結果への障害物との距離情報付与
- ・自動タグ付け処理速度の高速化
- ・物体認識種類の拡大

## (2) 自動タグ付けツールの機能拡張

### ① 自動タグ付け結果への障害物との距離情報付与

平成 27 年度に本事業にて研究・開発した自動タグ付けツールに、障害物との距離を求める機能を付与し、タグ付け出力結果にも距離情報を追加した。

平成 28 年度の自動タグ付けツールは、図 2.1.2-1 のような機能ブロックのソフトウェアにて実現する。平成 27 年度の研究・開発では、下記機能ブロックのうち「入力インターフェースブロック」「出力インターフェースブロック」「動作制御ブロック」「オブジェクト認識ブロック」の 4 つを開発した。平成 28 年度は、平成 27 年度の研究開発成果を活用し、必要となる機能追加や改造を行うとともに、障害物との距離を求めるための機能ブロックを新たに追加し実装した。なお開発作業自体は外注にて行った。

自動タグ付けツールの障害物との測距内容を図 2.1.2-2 に示す。



図 2.1.2-1 自動タグ付けツールのソフトウェア機能ブロック構成

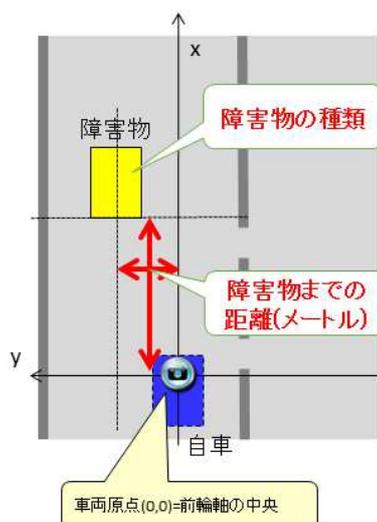


図 2.1.2-2 自動タグ付けツールの障害物との測距内容

各機能ブロックは、以下のような機能を持つ。

#### 入力インタフェースブロック

自動タグ付けツールへのインプットデータとなる映像データを、指定された場所から読み取り、「オブジェクト認識ブロック」で認識できるデータ形式へ変換する機能を提供するブロックである。平成 27 年度の開発物をそのまま流用した。

#### 出力インタフェースブロック

「オブジェクト認識ブロック」からの出力を、本事業におけるタグ付け書式へデータ形式変換し、指定された場所へファイルとして格納するための機能ブロックである。平成 28 年度にタグ付け結果書式へ測距結果が付与されることとなったため、本ブロックにて対応を行った。タグ付け結果書式の変更内容は、2.1.2 (2)④ 自動タグ付け結果の書式および内容にて詳細を説明する。

#### 動作制御ブロック

「入力インタフェースブロック」「オブジェクト認識ブロック」「出力インタフェースブロック」それぞれを連携動作させるための機能ブロックであり、各ブロック間のデータの受け渡し、各ブロックの起動/終了を制御するための機能ブロックである。後述する「単眼画像測距ブロック」が平成 28 年度に追加されたため、この機能ブロックの動作を制御する機能を追加開発した。

#### オブジェクト認識ブロック

走行映像データのフレーム毎に、そこに映っている障害物を検出し、障害物の種類や映像中の障害物の位置などを出力する機能ブロックである。当該機能ブロックは日本電気株式会社（以下、NEC）の保有するオブジェクト認識ソフトウェアをそのまま適用し実現する。このため自動タグ付けツールにおける障害物の認識種類やタグ付けデータの範囲などは、NEC のオブジェクト認識ソフトウェアに依存する。本機能ブロックは、本事業の研究開発対象外である。

#### 単眼画像測距ブロック

「オブジェクト認識ブロック」にて抽出した障害物に対して、走行画像を用いて自車カメラとの距離を算出し出力する機能ブロックである。当該機能ブロックは NEC の保有する単眼測距ソフトウェアをそのまま適用し実現する。本機能ブロックは、本事業の研究開発対象外である。

NEC の単眼測距ソフトウェアは、連続する複数枚の単眼画像より、仮想地表面と検出した障害物の仮想地表面への接地位置を求め、自車両のカメラ設置位置の関係より障害物と自車カメラとの距離を求める仕組みである。このため自車両のピッチ方向の姿勢変化や、坂道など路面形状の変化が、測距結果へ影響を及ぼす。自車の姿勢変化をセンサにより取得し、それを使い単眼測距ソフトウェアによる測距への補正を行うことも可能であるが、本事業では自車両の姿勢変化に対する補正は実施していない。

単眼画像測距ブロックによる自車と障害物との距離は、自車前輪軸の中央を原点 (0, 0) とした前後を x 軸、左右を y 軸とした座標系で、単位はメートル、分解能は 0.1 メートルで出力される。障害物との距離を算出する際の障害物側の基準点は、障害物の自車に一番近い面の中央としている。

## ② 自動タグ付け処理速度の高速化

平成 27 年度に自動タグ付けツールを開発し、平成 27 年 12 月から平成 28 年 3 月にかけて実際に自動タグ付けを行った。平成 27 年度では、4 ヶ月間で 2,679 シーンへの自動タグ付けを行ったが、この処理速度で本事業の目標である 4 万シーンへ自動タグ付けするには、全体で約 60 ヶ月必要という計算となり、本事業の期間内に目標のシーン数を処理するために、より高速に処理することが課題であった。

表 2.1.2-1 平成 27 年度 月別自動タグ付け実施数

年月	タグ付け稼働日数	自動タグ付け実施数		1 日あたり実施数	
		シーン数	フレーム数	シーン数	フレーム数
平成 27 年 12 月	4	54	12,330	13.5	308.3
平成 28 年 1 月	16	1,149	256,367	71.8	16,022.9
平成 28 年 2 月	15	1,133	268,870	75.5	17,924.7
平成 28 年 3 月	9	343	83,001	38.1	9,222.3
合計	44	2,679	620,568	60.9	14,103.8

このため平成 28 年度は、自動タグ付け処理速度の高速化について研究・開発を行うこととした。自動タグ付けツールの処理速度を高速化するには、主に次の 2 つの方法が考えられ、それぞれについて検討を行った。

### (i) 自動タグ付けツールの並列処理化

自動タグ付けツールは、自動タグ処理用 WS 上で稼働している。自動タグ処理用 WS は、CPU として Xeon E5-2690v3 を 2 つ搭載しており、また RAM も 128GB を搭載している。自動タグ付けツールを高速化するために、これらのハードウェア資源を十分に活用する方法として、自動タグ処理用 WS 上で仮想マシンを並列動作させることにより、全体の処理速度を上げる方法を検討した。

仮想マシンを構築するためのソフトウェアは幾つかあるが、自動タグ処理用 WS のホスト OS が Windows7 Pro 64bit であること、自動タグ付けツールの最新環境が Linux 上で動いていることから、仮想マシン構築用ソフトウェアとして VMWare を採用した。

今回検討した、仮想マシンを使った複数の自動タグ付けツールを並列動作させる仕組みについて説明する (図 2.1.2-3)。

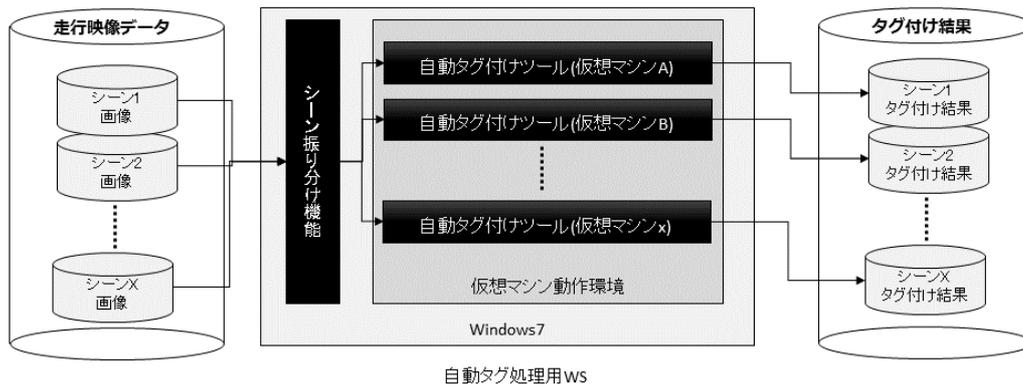


図 2.1.2-3 自動タグ付けツールの並列処理化の仕組み

### 自動タグ付けツール (仮想マシン x)

自動タグ付けツールの実行環境が動作する仮想マシンである。VMWare の仮想マシンのクローン作成機能を使い、複数の実行環境を構築した。前段の「シーン振り分け機能」より、処理対象とするシーン抽出結果ファイルを渡され、そのシーンに対して処理を行い、自動タグ付け結果を格納するフォルダへ出力する機能を持つ。仮想マシンの使用するメモリ (RAM) や CPU コア数は、仮想マシン起動時のパラメータとして指定する。

### シーン振り分け機能

各仮想マシンの動作状況を監視し、自動タグ付け処理の開始および終了の状況をトレースする機能を持つ。自動タグ付け処理が終わった仮想マシンがあれば、そこに新たなシーンの処理を指示する。具体的には処理対象とするシーン抽出結果ファイルを引き渡す。

自動タグ処理用 WS 上で動かす仮想マシンの台数は、実際に動作させる仮想マシンの台数を変えて検証、確認を行った。自動タグ付けツールを快適に動かすために、仮想マシン 1 台あたり、CPU:4 コア、RAM:8GB を割り当てることとした。その条件で、特定のシーンを用い仮想マシンの台数を 1 から 10 台まで変えて処理速度を検証したが、台数増加に伴い仮想マシン 1 台あたりの処理速度は若干落ちるものの、仮想マシンの台数増加にあわせ全体の処理速度はほぼ直線的にあがることが確認できた。自動タグ処理用 WS は、CPU が 24 コア 48 スレッド、RAM が 128GB であるため、仮想マシンの台数は自動タグ処理用 WS のハードウェアの機能上限に合わせ、また動作確認にて処理速度の低下が認められなかったため、10 台並列稼働させることとした。

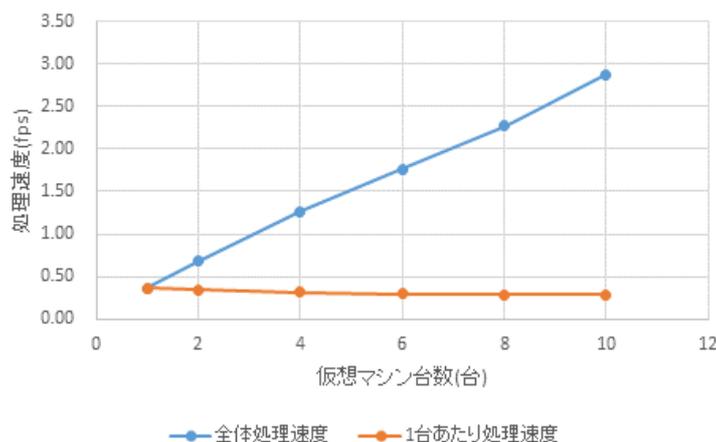


図 2.1.2-4 自動タグ付けツール並列実行時の処理速度確認結果

(ii) 自動タグ付けツール自体の高速化

自動タグ付けツール自体の処理速度向上についても対応を行った。自動タグ付けツールの中核部分である「オブジェクト認識ブロック」および「単眼画像測距ブロック」は、本事業の研究開発範囲外で、NECにて研究開発中の機能をそのまま本事業にて使用している。NECにて研究開発中の機能は、処理速度の向上や、オブジェクト認識対象範囲の拡大など、性能および機能面で強化されているため、平成28年度の本事業ではNECの平成27年度末の成果物の一部を本事業へ取り込むことで高速化を図った。

③ 物体認識種類の拡大

平成27年度の自動タグ付けツールは、乗用車、歩行者、自転車の3種類の障害物認識結果を出力していたが、NECにて研究開発中の「オブジェクト認識ブロック」の平成27年度末の成果物の一部を本事業へ取り込むことにより、障害物認識対象として、大型車、二輪車も加え、合計で5種類の認識結果を出力するよう強化した。

これら(i)から(iii)の対応を行うことにより、平成28年度は平成27年度よりも機能面で強化しつつ処理速度でも約23.5倍以上の高速化を実現し、これまでに収集した走行映像シーンへの自動タグ付け処理も実行完了できる性能を実現した。

平成27年度および平成28年度の自動タグ付けツールの機能差を表2.1.2-2に示す。

表 2.1.2-2 平成27年度および平成28年度の自動タグ付けツール機能差

	オブジェクト認識種類	単眼画像測距	処理速度 (fps)
平成27年度	3種類 (乗用車、歩行者、自転車)	×	約0.16fps
平成28年度	5種類 (乗用車、大型車、歩行者、自転車、二輪車)	○	約3.83fps～

#### ④ 自動タグ付け結果の書式および内容

タグ付けの結果の出力形式は、表 2.1.2-3 に示す書式とした。平成 27 年度の書式に、自動タグ付けツールでの測距結果と、将来にレーザレンジセンサの測距結果も付与する場合のためのタグを用意した。

表 2.1.2-3 タグ付け結果の書式

	<pre>&lt;?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?&gt;   &lt;!-- シーン情報 --&gt;   &lt;scene id="%%SCENE_ID%%"&gt;     &lt;!-- シーン固有情報 --&gt;     &lt;date&gt;%%START_DATE%%&lt;/date&gt;     &lt;car id="%%CAR_ID%%"&gt;       &lt;camera id="%%CAMERA_ID%%"&gt;         &lt;type&gt;%%CAMERA_TYPE%%&lt;/type&gt;         &lt;rate&gt;%%FRAME_RATE%%&lt;/rate&gt;       &lt;/camera&gt;     &lt;/car&gt;     &lt;!-- フレーム情報 --&gt;     &lt;frame id="%%FRAME_ID%%"&gt;       &lt;!-- フレーム固有情報 --&gt;       &lt;date&gt;%%FRAME_DATE%%&lt;/date&gt;       &lt;!-- 障害物情報 --&gt;       &lt;obstacle class="%%OBSTACLE_CLASS%%" id="%%OBSTACLE_ID%%"&gt;         &lt;!-- 障害物共通知報 --&gt;         &lt;marking_type&gt;%%MARKING_TYPE%%&lt;/marking_type&gt;         &lt;position&gt;%%X1%%,%%Y2%%,%%X2%%,%%Y2%%,...&lt;/position&gt;         &lt;distance_camera&gt;%%DISTANCE_X%%,%%DISTANCE_Y%%&lt;/distance_camera&gt;         &lt;distance_radar&gt;%%DISTANCE_X%%,%%DISTANCE_Y%%&lt;/distance_radar&gt;         &lt;attribute&gt;            &lt;!-- 障害物属性情報 --&gt;           &lt;attribute&gt;             &lt;!-- 障害物の分類 1 --&gt;             &lt;classification_1&gt;%%CLASSIFICATION_1%%&lt;/classification_1&gt;             &lt;!-- 障害物の分類 2 --&gt;             &lt;classification_2&gt;%%CLASSIFICATION_2%%&lt;/classification_2&gt;             &lt;!-- 障害物の分類 3 --&gt;             &lt;classification_3&gt;%%CLASSIFICATION_1%%&lt;/classification_3&gt;             &lt;!-- 障害物の付属物 --&gt;             &lt;belongings&gt;%%BELONGINGS%%&lt;/belongings&gt;             &lt;!-- 障害物の向き --&gt;             &lt;direction&gt;%%DIRECTION%%&lt;/direction&gt;             &lt;!-- 障害物の隠れ --&gt;             &lt;hidden&gt;%%HIDDEN%%&lt;/hidden&gt;           &lt;/attribute&gt;         &lt;/obstacle&gt;         &lt;!-- 障害物情報（複数の場合） --&gt;         &lt;obstacle class="*****" id="*****"&gt;           :         &lt;/obstacle&gt;         :       &lt;/frame&gt;</pre>
--	---

追加  
追加

タグ付け結果の各要素の値、意味、型、および自動タグ付けツールにてサポートする範囲は、表 2.1.2-4 に示す内容とする。自動タグ付けツールでサポートされない障害物の検出、タグ付けについては、手動タグ付け作業にて補間される。

表 2.1.2-4 タグ付け結果の各要素と自動タグ付けツールのサポート範囲

変数名	説明	型	自動タグ付け機能サポート
%%SCENE_ID%%	シーンに付ける固有 ID	文字列	○
%%START_DATE%%	シーンの開始時刻	文字列	○
%%CAR_ID%%	車両 ID	整数 (1-6)	○
%%CAMERA_ID%%	カメラの ID	整数 (1-5)。1:前広角、2:前魚眼 3:左魚眼、4:右魚眼、5:後魚眼	○
%%CAMERA_TYPE%%	カメラの種類	文字列 (広角/魚眼)	○
%%FRAME_RATE%%	カメラのフレームレート	整数	○
%%FRAME_ID%%	フレームの ID	整数 (フレームの通し番号)	○
%%FRAME_DATE%%	フレームの時刻	文字列	○
%%OBSTACLE_CLASS%%	障害物の種類	文字列 (歩行者、自動車、二輪車、自転車、その他、路側物、静止障害物、移動障害物)	歩行者、自動車、自転車、二輪車
%%OBSTACLE_ID%%	障害物の ID。	整数	○
%%MARKING_TYPE%%	オブジェクトの切り出し方	文字列 (矩形)	○ (矩形のみ)
%%X1%%, %%Y2%%, %%X2%%, %%Y2%%, ...	画像中のオブジェクトの座標位置	整数	○ (矩形のみ)
%%DISTANCE_X%%, %%DISTANCE_Y%%	自車の車両原点から、障害物までの距離。X 軸方向は前後 (前方を正)、Y 軸方向は左右 (左を正) とする。	数値 (小数点以下 1 位まで)	○
%%CLASSIFICATION_1%%	障害物の分類 1	文字列 大人、子供、不明 乗用車、大型車、不明 信号機	△ (乗用車、大型車をサポート)
%%CLASSIFICATION_2%%	障害物の分類 2	文字列 男、女、不明 先行車、対向車、停止車、不明	×
%%CLASSIFICATION_3%%	障害物の分類 3	文字列	×
%%BELONGINGS%%	障害物の付属物	文字列 なし、荷物、傘、手押車、移動物、不明	×
%%DIRECTION_1%%	障害物の向き 1	文字列	×
%%DIRECTION_2%%	障害物の向き 2	文字列	×
%%HIDDEN%%	障害物の隠れ、見切れ	文字列 なし、あり、見切れ、不明	×

### (3) 自動タグ付けツールの動作

本年度に機能強化した自動タグ付けツールを用いて、収集された走行映像に対する自動タグ付けを平成 28 年 10 月より実行した。自動タグ付けツールの実行作業は外注した。

図 2.1.2-5～図 2.1.2-7 の画像は、保守用機能を用いて自動タグ付けツールの出力結果を可視化したものである。本来の自動タグ付けツールの出力には画像データは含まれない。図 2.1.2-5～図 2.1.2-6 より、平成 28 年度に強化した大型車（トラック、バス）が認識されていることがわかる。

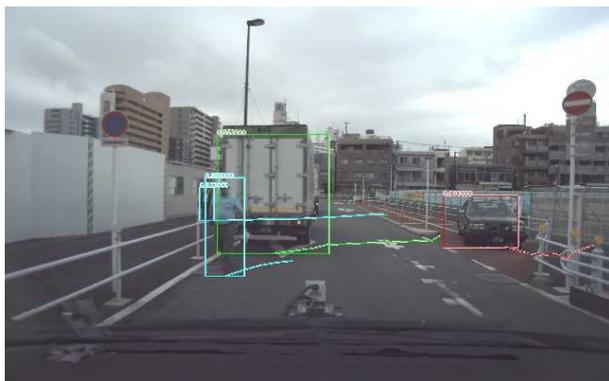


図 2.1.2-5 自動タグ付けツールの出力を重ね合わせた画像例 1

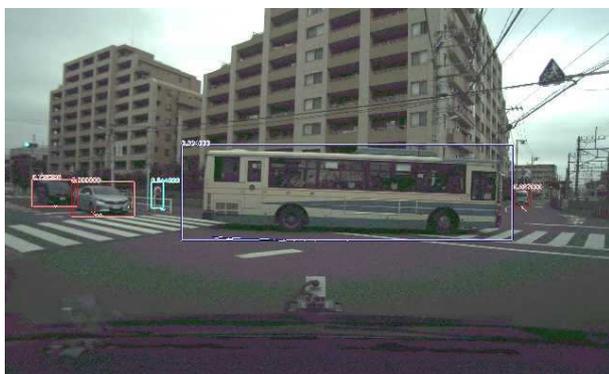


図 2.1.2-6 自動タグ付けツールの出力を重ね合わせた画像例 2

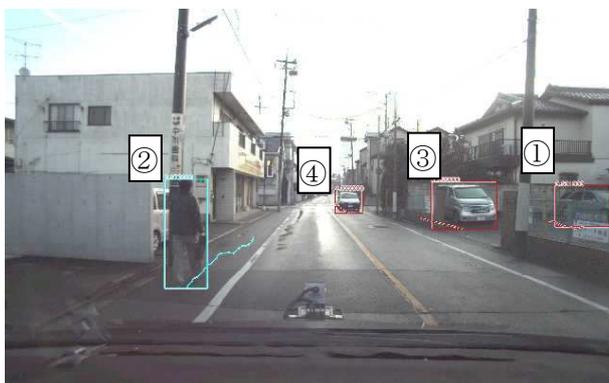


図 2.1.2-7 自動タグ付けツールの出力を重ね合わせた画像例 3

図 2.1.2-7 の走行映像に対して、実際に自動タグ付けツールを用いてタグ付けを行った結果は表 2.1.2-5 に示す出力内容となる。この画像では自動検出した 4 つの障害物に対して障害物の種類、画像中の障害物の位置に加え、自車から障害物までの距離がタグとして付けられている。

表 2.1.2-5 自動タグ付け結果の出力結果例

<pre> &lt;?xml version="1.0" encoding="utf-8"?&gt; &lt;scene id="CAM1_02_20151124_070652"&gt;   &lt;date&gt;20151124_070652&lt;/date&gt;   &lt;car id="2"&gt;     &lt;camera id="1"&gt;       &lt;type&gt;広角&lt;/type&gt;       &lt;rate&gt;60&lt;/rate&gt;     &lt;/camera&gt;   &lt;/car&gt; </pre>	
<pre> &lt;frame id="1146"&gt;   &lt;date&gt;20151124_070711_099&lt;/date&gt; </pre>	1146 番目のフレーム内のタグ付け結果
<pre>   &lt;obstacle class="歩行者" id="6"&gt;     &lt;marking_type&gt;矩形&lt;/marking_type&gt;     &lt;position&gt;502.542,638.889&lt;/position&gt;     &lt;generator_1&gt;%%GENERATOR_1%%&lt;/generator_1&gt;     &lt;generator_2&gt;%%GENERATOR_2%%&lt;/generator_2&gt;     &lt;generator_3&gt;%%GENERATOR_3%%&lt;/generator_3&gt;     &lt;distance_camera&gt;5.6,1.9&lt;/distance_camera&gt;     &lt;distance_radar&gt;NULL,NULL&lt;/distance_radar&gt;     &lt;attribute&gt;       &lt;classification_1&gt;NULL&lt;/classification_1&gt;       &lt;classification_2&gt;NULL&lt;/classification_2&gt;       &lt;classification_3&gt;NULL&lt;/classification_3&gt;       &lt;belongings&gt;NULL&lt;/belongings&gt;       &lt;direction_1&gt;NULL&lt;/direction_1&gt;       &lt;direction_2&gt;NULL&lt;/direction_2&gt;       &lt;hidden&gt;NULL&lt;/hidden&gt;     &lt;/attribute&gt;   &lt;/obstacle&gt; </pre>	①の障害物のタグ付け結果
<pre>   &lt;obstacle class="自動車" id="12"&gt;     &lt;marking_type&gt;矩形&lt;/marking_type&gt;     &lt;position&gt;1042.577,1127.651&lt;/position&gt;     &lt;generator_1&gt;%%GENERATOR_1%%&lt;/generator_1&gt;     &lt;generator_2&gt;%%GENERATOR_2%%&lt;/generator_2&gt;     &lt;generator_3&gt;%%GENERATOR_3%%&lt;/generator_3&gt;     &lt;distance_camera&gt;18.7,-2.0&lt;/distance_camera&gt;     &lt;distance_radar&gt;NULL,NULL&lt;/distance_radar&gt;     &lt;attribute&gt;       &lt;classification_1&gt;乗用車&lt;/classification_1&gt;       &lt;classification_2&gt;NULL&lt;/classification_2&gt;       &lt;classification_3&gt;NULL&lt;/classification_3&gt;       &lt;belongings&gt;NULL&lt;/belongings&gt;       &lt;direction_1&gt;NULL&lt;/direction_1&gt;       &lt;direction_2&gt;NULL&lt;/direction_2&gt;       &lt;hidden&gt;NULL&lt;/hidden&gt;     &lt;/attribute&gt;   &lt;/obstacle&gt; </pre>	②の障害物のタグ付け結果
<pre>   &lt;obstacle class="自動車" id="13"&gt;     &lt;marking_type&gt;矩形&lt;/marking_type&gt;     &lt;position&gt;1346.549,1551.701&lt;/position&gt;     &lt;generator_1&gt;%%GENERATOR_1%%&lt;/generator_1&gt;     &lt;generator_2&gt;%%GENERATOR_2%%&lt;/generator_2&gt;     &lt;generator_3&gt;%%GENERATOR_3%%&lt;/generator_3&gt;     &lt;distance_camera&gt;9.9,-5.0&lt;/distance_camera&gt;     &lt;distance_radar&gt;NULL,NULL&lt;/distance_radar&gt;     &lt;attribute&gt;       &lt;classification_1&gt;乗用車&lt;/classification_1&gt;       &lt;classification_2&gt;NULL&lt;/classification_2&gt;       &lt;classification_3&gt;NULL&lt;/classification_3&gt;       &lt;belongings&gt;NULL&lt;/belongings&gt;       &lt;direction_1&gt;NULL&lt;/direction_1&gt;       &lt;direction_2&gt;NULL&lt;/direction_2&gt;       &lt;hidden&gt;NULL&lt;/hidden&gt;     &lt;/attribute&gt;   &lt;/obstacle&gt; </pre>	③の障害物のタグ付け結果
<pre>   &lt;obstacle class="自動車" id="15"&gt;     &lt;marking_type&gt;矩形&lt;/marking_type&gt;     &lt;position&gt;1736.564,1911.693&lt;/position&gt;     &lt;generator_1&gt;%%GENERATOR_1%%&lt;/generator_1&gt;     &lt;generator_2&gt;%%GENERATOR_2%%&lt;/generator_2&gt;     &lt;generator_3&gt;%%GENERATOR_3%%&lt;/generator_3&gt;     &lt;distance_camera&gt;9.7,-8.9&lt;/distance_camera&gt;     &lt;distance_radar&gt;NULL,NULL&lt;/distance_radar&gt;     &lt;attribute&gt;       &lt;classification_1&gt;乗用車&lt;/classification_1&gt;       &lt;classification_2&gt;NULL&lt;/classification_2&gt;       &lt;classification_3&gt;NULL&lt;/classification_3&gt;       &lt;belongings&gt;NULL&lt;/belongings&gt;       &lt;direction_1&gt;NULL&lt;/direction_1&gt;       &lt;direction_2&gt;NULL&lt;/direction_2&gt;       &lt;hidden&gt;NULL&lt;/hidden&gt;     &lt;/attribute&gt;   &lt;/obstacle&gt; </pre>	④の障害物のタグ付け結果
<pre> &lt;/frame&gt; &lt;/scene&gt; </pre>	

#### (4) 自動タグ付けツールの運用および課題の整理

##### ① 運用状況の整理

平成 28 年 10 月よりデータセンタ上で自動タグ付けツールの運用を行った。基本的に、データセンタのメンテナンス等の自動タグ処理環境が停止する期間を除き、24 時間連続稼働させることにより、平成 28 年 10 月 18 日～平成 29 年 2 月 21 日の期間に 63,983 本のシーン、22,521,337 フレームに対する自動タグ付けを実施した。

月別の自動タグ付け実施シーン数、および自動タグ付けフレーム数を表 2.1.2-6 に示す。

表 2.1.2-6 月別自動タグ付け実施数

年月	タグ付け稼働日数	自動タグ付け実施数		1日あたり実施数	
		シーン数	フレーム数	シーン数	フレーム数
平成 28 年 10 月	8.4	8,493	2,654,067	1011.1	315,960.4
平成 28 年 11 月	25.9	27,255	8,432,866	1052.3	325,593.3
平成 28 年 12 月	8.0	6,998	2,753,635	874.8	344,204.4
平成 29 年 1 月	21.3	16,297	6,611,304	765.1	337,753.5
平成 29 年 2 月	6.2	5,865	2,069,465	946.0	333,784.7
平成 28 年度合計	80.6	63,983	22,521,337	929.9	331,005.5

平成 27 年度は、1 日あたりの処理シーン数が 60.9 シーン、フレーム数が 14,103.8 フレームであったが、平成 28 年度は測距処理も含めた処理で、それぞれ 929.9 シーンで平成 27 年度の 15.3 倍、331,005.5 フレームで平成 27 年度の 23.5 倍の処理速度となった。この高速化により、平成 27 年度の自動タグ付け実行対象シーンのうちの処理残シーンと平成 28 年度の自動タグ付け対象シーンの全てを処理し、当初の目標を達成している。

##### ② 手動タグ付け結果との比較

平成 28 年度および平成 27 年度の自動タグ付けツールでの結果と、平成 27 年度に手動タグ付けした結果とを、同じシーンでの結果をもとに比較した。

表 2.1.2-7 自動/手動タグ付け結果比較

シーン名	自動/手動	歩行者	乗用車	大型車	自転車	二輪車
SCNSEL_02_20151124_070652	手動	184	127	0	0	0
	平成 28 自動	216	265	0	0	0
	平成 27 自動	100	165	0	0	0
SCNSEL_02_20151124_071321	手動	4477	354	630	0	0
	平成 28 自動	2965	263	630	19	0
	平成 27 自動	1588	143	0	0	0

表 2.1.2-7 の集計結果より、平成 28 年度の自動タグ付けツールは、平成 27 年度と比較して、障害物検出能力が大幅に向上していると言える。

手動タグ付けの結果と比較した場合、シーン名:SCNSEL\_02\_20151124\_071321 では歩行者の検出数に大きな差がでている。これは複数の歩行者が重なって写っていて隠れが発生している場合に、自動タグ付けでは隠れの発生した歩行者と手前の歩行者を 1 名と認識する可能性があるためであった。図 2.1.2-8 はこの現象となった場合の例である。

歩行者 2 名のうち、手前の歩行者を検出。後の隠れが発生している歩行者は未検出。

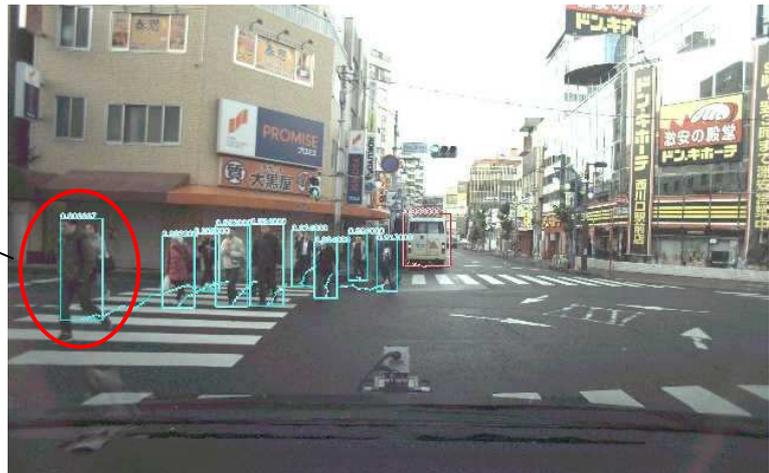
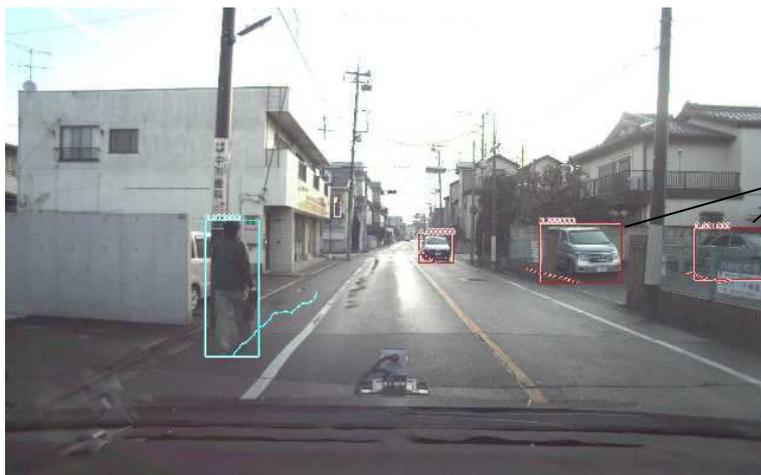


図 2.1.2-8 隠れが発生した場合の未検出例

またシーン名: SCNSEL\_02\_20151124\_070652 では、自動タグ付けの方が乗用車を多く検出している結果となっている。これは図 2.1.2-9 のように、道路外の車を手動タグ付けでは除外しているのに対し、自動タグ付けでは検出しているためであった。



自動タグ付けでは、道路外（駐車場）の車も検出。手動タグ付けでは、道路外の車は対象外。

図 2.1.2-9 道路外の車を検出している例

### ③ まとめ

平成 28 年度の自動タグ付けツールでは、これまでの障害物の種類の抽出に加え、障害物と自車との距離をもとめ、自動タグ付け結果へと出力する機能を実装した。これによって自動タグ付け結果を用いて、自車と周囲の障害物との時間経過に伴う関係を見ることが出来るようになった。

平成 27 年度の実施結果を元に、自動タグ付けツールの処理速度改善のための施策を検討、開発を行い、昨年度と比較して約 23.5 倍の処理速度を実現した。これにより平成 27 年度および平成 28 年度の自動タグ付け対象シーン全てに自動タグ付けを実施することが出来た。

#### 2.1.3 手動タグ付け GUI 機能

手動タグ付け GUI の改修内容を示す。

手動タグ付け GUI では平成 27 年度の成果に対して主に作業者のパフォーマンス向上を目標として以下の改修を実施した。改修の概要を図 2.1.3-1 に示す。

- ① 単独自動コピー機能
- ② 特定フレーム以降での属性変更
- ③ タグ番号表示
- ④ 同一 ID 指定
- ⑤ ショートカットキー
- ⑥ フレーム切り替え時の設定引き継ぎ
- ⑦ 矩形枠色分け
- ⑧ 矩形枠のスケール機能
- ⑨ 自動保存
- ⑩ データ容量の大きい XML ファイルへの対応

以下、これらに対して説明を行う。

## 改善点一覧



### 左図中の記載以外にも改善

- ショートカットキー
- 自動保存
- 巨大 XML ファイルへの対応
- 映像フォルダや XML ファイルのドラッグアンドドロップへの対応
- 高速化
- エラー時のメッセージの詳細化
- ログの詳細化

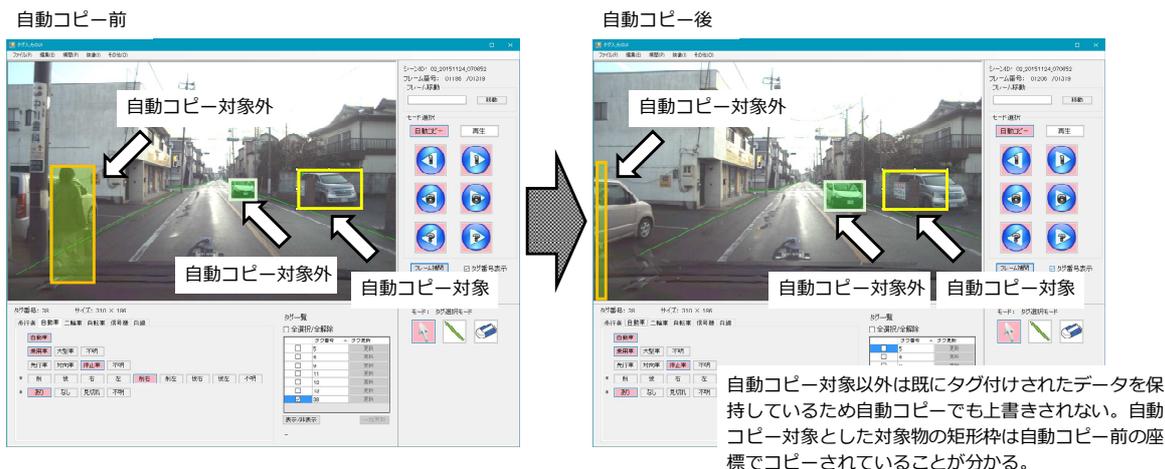
- 単独自動コピー機能
- 同一 ID 指定
- フレーム切り替え時の設定引き継ぎ

図 2.1.3-1 手動タグ付け GUI の改修内容

### ① 単独コピー機能

「単独コピー機能」は、従来自動コピーを行う対象がフレーム内の全ての対象物だったのに対して個別に自動コピーを行う機能である。そのため、従来は自動タグ付けを行った内容を自動コピーの結果で上書きしてしまう可能性があったが、本機能により必要な対象物のみを自動コピーし既存のタグ情報を上書きせずにフレーム間補間を行うことが可能になった。

#### 単独コピー機能



#### 改善策

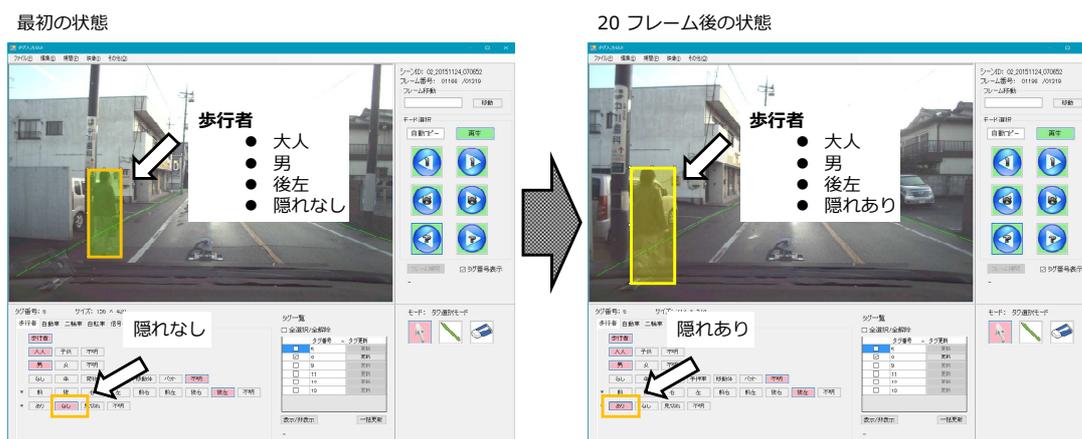
- 自動コピーの対象とするものを個別に設定することにより、既にタグ付けされた対象物に影響を与えず追加または修正する対象物のみを自動コピーすることが可能になった。

図 2.1.3-2 単独コピー機能

## ② 特定フレーム以降での属性変更

「特定フレーム以降での属性変更」は従来属性変更を行うと全フレームの属性が変更してしまう問題点を改修したものである。この改修により、交差点等で対象物が自車両に対して向きを変えていくような場合に特定フレーム以降に対して向きを変更していくことが可能になった。

### 特定フレーム以降での属性変更



### 改善策

- 自動コピーではすべての属性がコピー対象になっていたが、自車との相対関係でフレームごとに異なる可能性のある方向や隠れなどの属性は変更可能になった。また、対象とする属性はカスタマイズ可能である。

図 2.1.3-3 特定フレーム以降での属性変更

## ③ タグ番号表示

「タグ番号表示」は画面上に表示されるタグ番号の表示・非表示だけでなく、フレームを遷移した場合にもその表示・非表示設定が引き継がれる修正である。これにより特定の ID のものだけに注視して ID のトラッキングができていないか検査を行いやすくするものである。

## ④ 同一 ID 指定

「同一 ID 指定」は同一の ID を自由に設定できるという意味ではなく、シーン全体を通じて同一フレーム内に同一 ID が存在することを禁止するが、それ以外は指定可能にするものである。具体的には、対象物が一度隠れてから再度出現するような場合、今までは自動タグ付けにて同一 ID であると認識されない限り手動で同一 ID と指定することができなかったが、こうした一連のシーンに対するタグ付けを行い易くした。

また、同一フレームに同一 ID が存在する場合にタグファイルに保存は可能であったが読み込むことが出来ないという問題に対して、読み込んだ際にワーニングを表示した上で

保存時はワーニングの解消ができるまで保存できなくし、データの完全性を保つようにした。

⑤ ショートカットキー

「ショートカットキー」は操作性の向上を目的として以下のようなショートカットを準備した。

表 2.1.3-1 操作性向上のためのショートカットキー

ショートカット	機能	内容
D	タグ描画モード	描画モードをタグ描画モードに変更する
F	拡大・縮小解除	拡大・縮小モードを解除する
S	タグ選択モード	描画モードをタグ選択モードに変更する
U	アンドゥ	1つ前の操作に戻る
Delete	タグ削除	選択しているタグを消去する
↑	タグ移動(上方向)	選択タグを上方向に移動する
↓	タグ移動(下方向)	選択タグを下方向に移動する
→	タグ移動(右方向)	選択タグを右方向に移動する
←	タグ移動(左方向)	選択タグを左方向に移動する
Ctrl+S	タグファイル上書き保存	タグ XML ファイルを上書き保存する
> or N	次フレーム移動	次のフレームに移動する
< or B	前フレーム移動	前のフレームに移動する
Ctrl+C	単独タグコピー	選択している単一タグをコピーする
Ctrl+V	単独タグ貼り付け	コピーした単一タグを貼り付ける
Tab	タグ切り替え	次のタグ ID を選択状態とする
Ctrl+マウスホイール	拡大縮小	ビューアパネルの画像サイズを拡大縮小する
Z	拡大	ビューアパネルの画像サイズを拡大する
X	縮小	ビューアパネルの画像サイズを縮小する
R	拡大・縮小解除	拡大・縮小モードを解除する
Ctrl+F	先頭フレーム移動	先頭のフレームに移動する
Ctrl+L	最終フレーム移動	最終のフレームに移動する
Shift + Space	タグ表示切替	タグ表示切替を行う
Shift + N	指定フレーム数送り	フレームスキップ数(*)だけ次のフレームに移動する ※フレームスキップ数が 0 の場合は 6
Shift + B	指定フレーム数戻し	フレームスキップ数(*)だけ前のフレームに移動する ※フレームスキップ数が 0 の場合は 6

#### ⑥ フレーム切り替え時の設定引き継ぎ

「フレーム切り替え時の設定引き継ぎ」は前述の ID 番号の表示以外にもフレーム遷移時に引き継がれない項目があり、フレーム遷移時に引き継いだ方が望ましいと思われる項目に対して改善を行った。

#### ⑦ 矩形枠色分け

「矩形枠色分け」は自動で付けられた矩形枠と手動で付けた矩形枠を分けるためのものである。これを行うことで、自動タグ付けにて問題があったものなのか、手動タグ付け時に問題があったものなのかを目視にて判断することが可能になる。

#### ⑧ 矩形枠のスケール機能

「矩形枠のスケール機能」は矩形枠のサイズを表示する機能である。自動タグ付けの制限により最小矩形枠が決められているため、その枠サイズが表示されることで対象サイズ以上かどうかを判断することができる。

#### ⑨ 自動保存

「自動保存」はある時間で自動的にタグファイルを自動的に保存するものである。

1 シーンであっても、長い作業時間を要するため、保存を忘れた途中状態で手動タグ付け GUI が動作を停止してしまうような事態が発生すると膨大な作業結果が失われてしまうことになる。そこで、自動的に保存するように改修を行った。

#### ⑩ データ容量が大きな XML ファイルへの対応

「データ容量が大きな XML ファイルへの対応」はタグファイルが大きくなった場合の制約を取り除くことで長時間のシーンへのタグ付けに対応した。

また、これら以外にも画面に表示するメッセージの内容を分かり易くすることで、ユーザーレベルでも問題に対応易くしたり、詳細なログを出力することで問題発生時に原因の特定を行い易くした。また、操作性の向上のひとつとして映像フォルダやタグファイルの Drag & Drop にも対応させた。

次項に、手動タグ付け GUI の運用および課題の整理を示す。

## 2.1.4 フレーム間補間機能

フレーム間補間機能は昨年度までに実装を行った線形補間で十分な結果が出せていると考えている。これは基本的に補間する間隔が 1/10 秒であるため、線形補間から外れるケースが低いためである。

一方で、画面の端の対象物に対してフレーム間補間を実施すると、ズレが発生することが分かっているが、これを正しく補正しようとするると撮影したレンズの歪み成分を考慮する必要があり、大幅な変更と処理速度の低下が懸念されるため、フレーム間補間への対応は今後の課題として実施しなかった。

## 2.1.5 運用プログラム

シーン抽出を行うプログラムの中にはいくつかのフェーズがある。特に JPEG 変換は必ず実施するようになっているが、実際には既に JPEG 変換された結果が存在するものもあるため、時間のかかる JPEG 変換を実施するのではなく、既に存在する JPEG ファイルを活用するように修正を行った (図 2.1.5-1)。

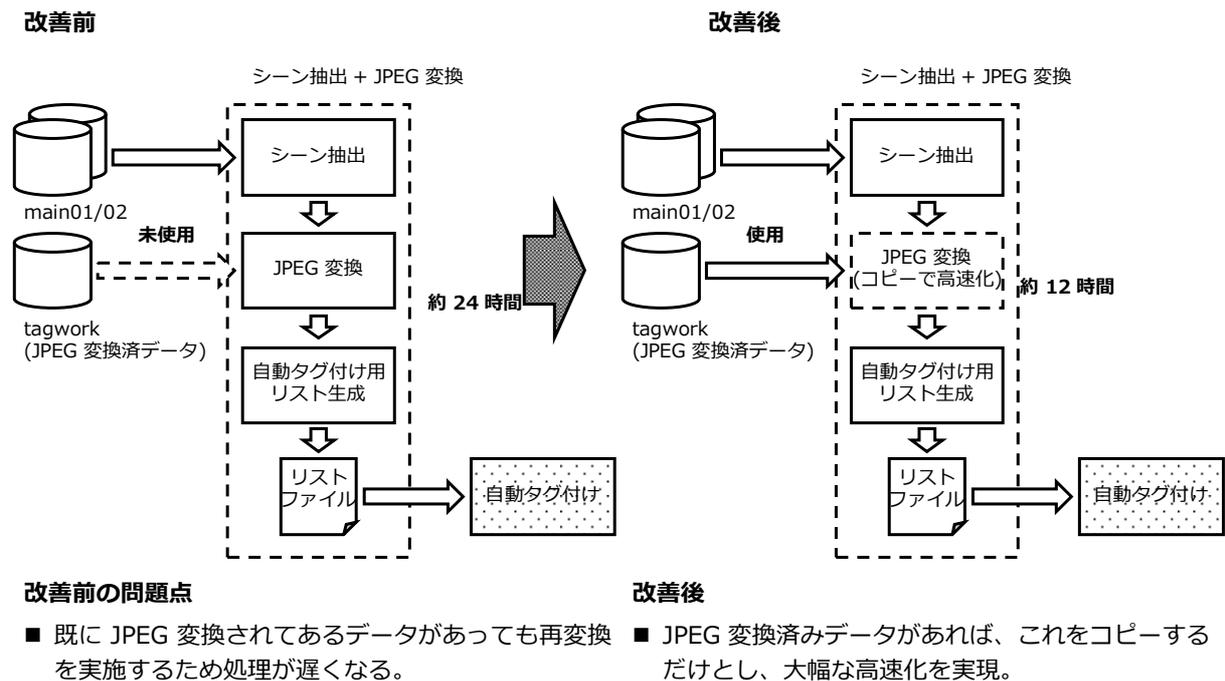


図 2.1.5-1 JPEG 変換の効率改善

これにより JPEG 変換には 1 走行分 (約 1 時間分のデータ) あたり約 24 時間の JPEG 変換を要していたが、半分の約 12 時間に短縮することが可能になった

一方で、1 走行分の JPEG ファイル数は約 22 万ファイルになり、これらの処理を 20 並列で実施したため、処理を行うサーバの能力に律速されてしまっている。そのため、12 時間を所要しており処理時間の改善が必要である。

また、抜き出したシーンの中から自動タグ付け機能に渡すためのリストファイルの中に自動タグ付けすべき JPEG ファイルが列挙されているが、この状態では撮影した際の FPS 値が存在しないため FPS 値を追記するようにプログラム修正を行った。

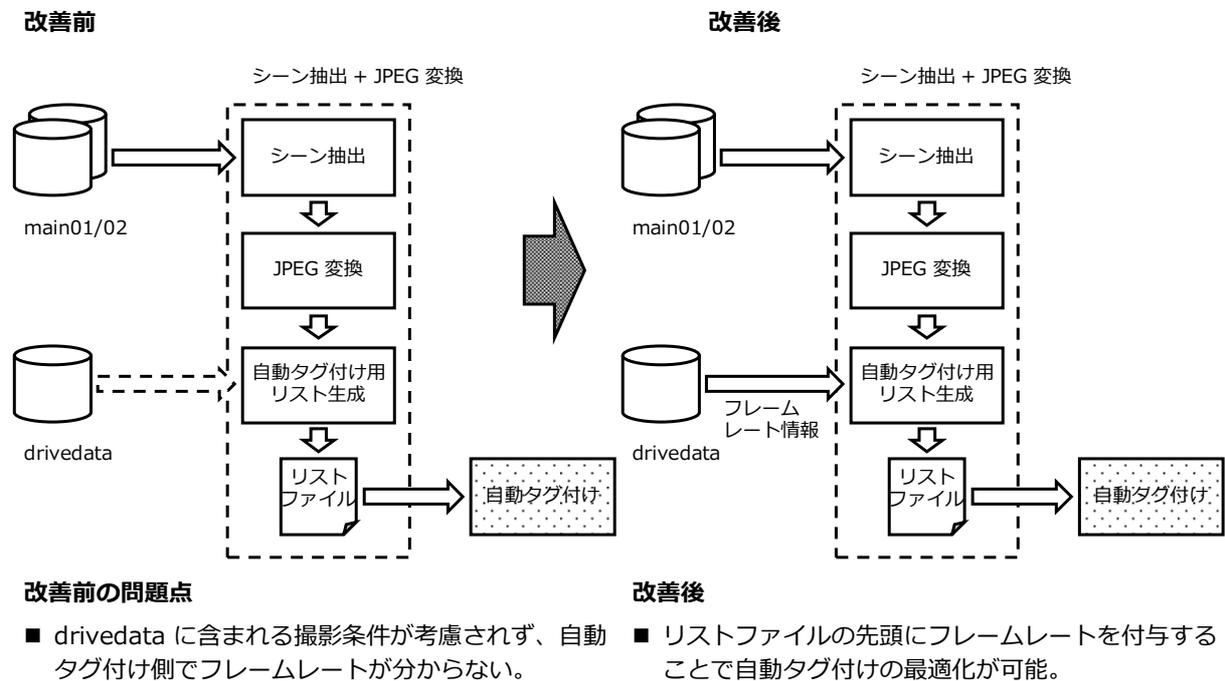


図 2.1.5-2 自動タグ付け用リストへの FPS 値の追加

## 2.1.6 まとめと今後の課題

平成 27 年度の事業では、主にタグ付けツールに係るパフォーマンスの向上を目標にソフトウェアの改修を行った。

### (1) 計画評価

平成 27 年度実施した処理の継続を開始する時期が 11 月以降になったが、いくつかの処理の改善により短期間での処理が可能になった。

- JPEG 変換済みのファイルが存在する場合に処理時間のかかる JPEG 変換を実施しないことでの高速化。
- 自動タグ付けに渡すデータに対して FPS 値を付与することで、必要最小限の自動タグ付けの実施による高速化。
- 手動タグ付け GUI に関しては作業者の意見を取り込むことで、作業効率の改善を実施。

## (2) 改善案、改善計画

特に時間のかかるシーン抽出+JPEG 変換はバッチ処理を行うことで一気に処理可能であるが、処理サーバの制約等で途中処理が停止してしまうことも少なくない。従って、処理状況を目視で確認し、停止した処理に対しては再スタートを手動で行う必要があり、開発フェーズでの使用は問題ないが、実運用を行う場合には効率の良いシステムにはなっていない。そのため、ある程度の処理時間単位で分割を行い、途中処理が正常であるかどうかを監視する仕組みを構築することで、手戻りを少なくすることが可能と思われる。

手動タグ付け GUI は、平成 28 年度の改修で対象物のタグ付けに必要なほぼすべての要素を取り入れることができた。開発に用いたフレームワークである .Net Framework には用いることができるショートカットキーなどに制約があるため、全ての改善要望を満たしているわけではない。

これらを改善していくには、開発に用いるフレームワークから選定する必要があるが、平成 28 年度の実施としては不適切であると判断した。

## 2.2 走行映像データへのタグ付け技術の開発及び実証

### 2.2.1 走行映像データベースの運用

平成 28 年度は、既存の走行映像データを活用した、各研究室によるデータ処理・データ配布に向けたトライアルを走行映像 DB サーバにて実施する。

導入初期段階に発生した複数の各種機器の不具合が、保守対応により本年度は安定稼働することを確認する。本年度は本サーバの特徴である LTO テープによる超大容量ストレージに記録された走行映像データを、必要に応じてハードディスク(以下 HDD)で構成された大容量 DB に書き戻してデータ加工を実施する。通常のテープへのバックアップ処理と異なり、大容量の映像データやセンサデータ等を複数の LTO テープに分割して蓄積するとともに高信頼性の確保が求められている。そのため、必要なデータを複数 LTO テープからの読み出す処理の安定性について評価する。更に今後実施される走行映像データ配布に向けたサーバ運用での課題整理を行い、対応案についても検討する。

データの蓄積総容量 (圧縮) : 2.11PB (P は 10 の 15 乗)

加工処理中の容量 : 696TB (T は 10 の 12 乗)

(平成 29 年 1 月 20 日時点での運用データ容量)

## (1) 走行映像 DB サーバ運用実績

図 2.2.1-1 に走行映像 DB 機器構成を、図 2.2.1-2 に走行映像 DB 機器処理の概要イメージを示す。サーバ機器管理として、1 回／日の機器作動表示の巡回目視確認、1 回／3 分の Ping アライブ確認と共に、予防保全として以下 4 項目を実施した。

- ①LTO ドライブのクリーニング（1 回／週）
- ②アップロード用 WS に関する Windows アップデート（1 回／月）
- ③各種機器ファームウェアアップデート（随時）
- ④利用状況に応じた大容量 NAS の容量配分の調整（随時）

結果として初年度に発生したハードディスクや LTO ドライブの機器不具合に関しては、本年度の運用において 1 件も発生しなかった。加えて一般的に消耗品として扱われる LTO テープに関しても、リード・ライト異常を含めて発生せず、本システムで安定した運用が可能であることが確認出来た。

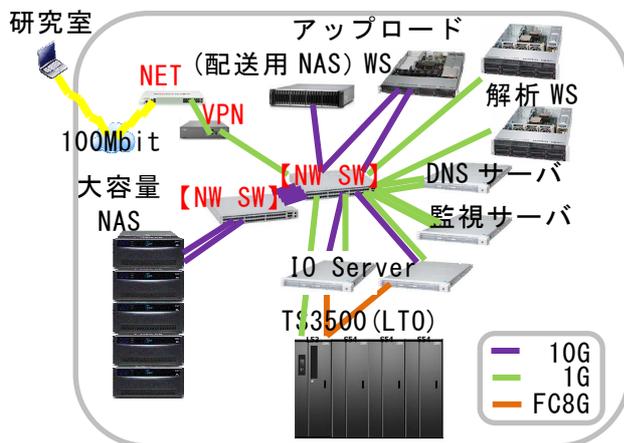


図 2.2.1-1 走行映像 DB 機器構成

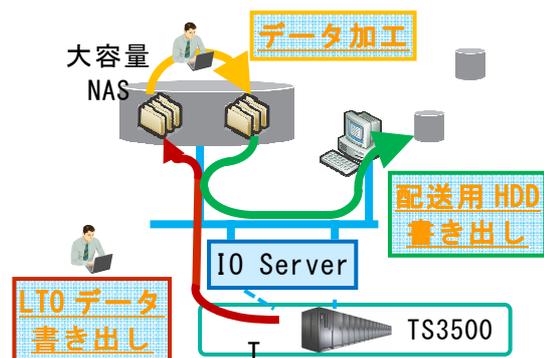


図 2.2.1-2 走行映像 DB 処理イメージ

## (2) LTO テープからの読み出し性能評価

平成 28 年度のサーバ運用においては、本研究用サーバの特徴である大容量の LTO テープ記憶のデータを書き戻して活用することを実施した。表 2.2.1-1 の LTO データ書き戻し稼働履歴に示す通り、総計 337 本の LTO テープから、総計 6,387,113 ファイルの書き戻し処理を実施し、エラー発生ゼロを達成した。これにより、大容量の画像処理システムとして LTO テープを活用した本システムが、実用的な安定性を有することが確認出来た。

表 2.2.1-1 LTO データ書き戻し稼働履歴

	8月	9月	11月	12月	合計
処理 LTO 本数 (全戻し本数)	144 (59)	113 (58)	52 (25)	28 (17)	337 (159)
処理ファイル数	1,977,861	2,559,384	1,188,505	661,363	6,387,113
エラー数	0	0	0	0	0

### (3) データ配布用書き出し性能

今後予定されている走行映像 DB の配布希望者向けのデータ配布を想定し、図 2.2.1-3 配布データ書き出しテスト環境に示すように、一般的な USB3.0 接続されたハードディスクによる画像データ配布を想定した、大容量のデータの書き出し性能テストを実施した。

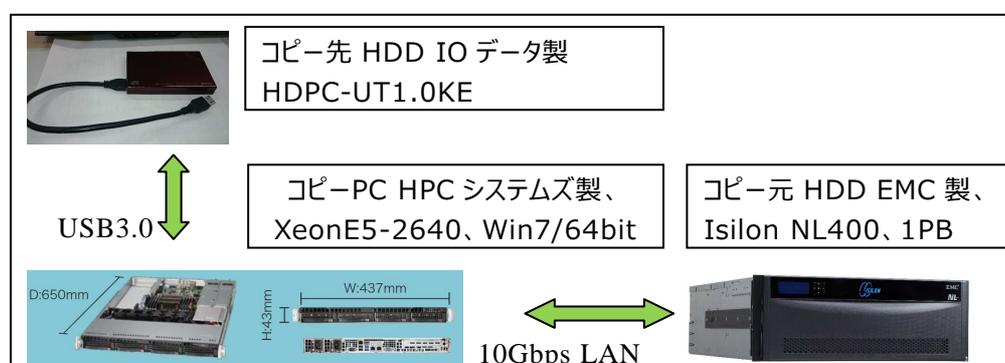


図 2.2.1-3 配布データ書き出しテスト環境

表 2.2.1-2 映像データの HDD 書き出し処理時間に示す様に、配布用データとしてタグ付け拠点送付用のデータセットを用いて、現状のフレーム分割されたファイル群における処理時間と共に、実験的に ZIP 圧縮・アーカイブソフトとして一般的な ZIP 圧縮により、大括りした場合の処理時間を示す。元データが JPEG 圧縮されたデータであるため、ZIP 圧縮でのデータ圧縮効果は期待できないが、アーカイブによるファイル数の削減効果が大きく、データセンタでの書き出し処理において大幅な処理時間短縮が達成可能なことがわかった。

表 2.2.1-2 映像データの HDD 書き出し処理時間（テスト 3 回の平均値）

データ構成	ファイル数	総容量	平均容量	処理時間	転送レート
元データ	177,702	34.5GB	194KB	4797 秒	7.2MB/s
ZIP データ	10	34.5GB	3.45GB	301 秒	114.8MB/s

#### (4) まとめ

平成 28 年度の計画に対応し既存の走行映像データを活用した、データ処理・データ配布に向けたトライアルを走行映像 DB サーバにて実施した。

年間運用結果としては、初年度に複数件発生したハードディスクや LTO ドライブの機器不具合に関しては、本年度の運用において 1 件も発生しなかった。加えて LTO テープに関しても、リード・ライト異常を含めて発生せず、本システムで安定した運用が可能であることが確認出来た。

各種研究機関に対するデータ送付のトライアルとして位置づけた、配布用 HDD への書き込み処理トライアルでは、比較的小容量のタグ付け拠点向けデータセット (34GB) であっても、コピー処理時間が 4,797 秒と効率の悪い処理となることが判った。これを解消する為に、ZIP 圧縮でのトライアルを実施し、データセンタでの書き出し処理としては大きな性能向上が見込めることがわかった (本事例では約 1/16 に処理時間短縮を達成)。

これは、多数のファイルをシーケンシャルに書き込み処理することが原因と考えられ、映像データを配布する為には、事前のアーカイブ処理を行ってファイル数を削減するか、あるいは多数ファイルでも高速転送可能な特殊ソフトを使用することで、データセンタでの作業の効率化が可能であると予想される。

### 2.2.2 手動タグ付け編集作業・タグ情報確認作業の実施

#### (1) データ処理対象

手動タグ付け編集作業・タグ情報確認は、平成 27 年度に処理未実施の画像データに対して、タグ付け技術開発成果であるシーン抽出ツール及び自動タグ付けツールを用いたタグ付け作業後の一部データに対して実施するものであり、データ処理対象を表 2.2.2-1 に示す。

平成 27 年度に未実施である繁華街 (関東地区、中部地区、関西地区) 及び高速道 (関東地区、中部地区) に加えて、市街地、一般道及び駐車場において、新たな場所や日時及び天候条件等を追加することで、今後行う走行映像データベース公開 (サンプル) の作成・配布に向けた、様々なシーンの質や量、多様性の確保を目指して実施した。

表 2.2.2-1 手動タグ付け編集作業・タグ情報確認作業のデータ対象

項目	地域	場所	撮像日時	時間帯	天候
繁華街	関東	神奈川県・横浜	9月12日	朝→昼	晴
		東京都・新橋	10月7日	朝→昼	晴
		東京都・渋谷	10月23日	夜	曇
		東京都・新宿	11月21日	夜	曇
	中部	愛知県・名古屋市栄	11月20日	朝→昼	曇・晴
		愛知県・名古屋駅東	11月13日	夜	曇・雨
		愛知県・名古屋駅東	11月26日	朝→昼	晴
		愛知県・名古屋市伏見	11月27日	朝→昼	晴
	関西	大阪府・難波	11月20日	朝→昼	晴
		大阪府・難波	12月16日	夜	曇・晴
		大阪府・本町	12月18日	夜	曇・雨
		大阪府・梅田	9月4日	朝→昼	晴・曇
海外	NY	市街地／繁華街／高速道／一般道／駐車場	11月9日 11月10日 11月12日	朝→昼	晴・曇
高速道	関東	首都高速	11月20日	朝→昼	曇
	中部	名古屋高速	9月11日	朝→昼	晴
		東名高速	10月15日	朝→昼	晴
一般道	関東	神奈川県・国道1号線	10月28日	朝→昼	晴
		東京都・都道5号線	10月14日	朝→昼	曇・晴
市街地	関東	神奈川県・上大岡	11月6日	朝→昼	晴
		神奈川県・武蔵小杉	11月11日	昼→夜	曇
	関西	大阪府・新大阪	11月9日	昼→夜	雨・曇
		大阪府・天王寺	11月23日	朝→昼	曇・雨
駐車場	関東	東京都・国際展示場	10月30日	昼	曇・晴
		東名・海老名 SA	11月10日	昼→夜	雨

## (2) 作業工程の見直し

平成27年度に実施した手動タグ付け編集作業・タグ情報確認作業における成果物（XMLファイル）の一部において、表2.2.2-2に示す作業時にミスが発生した。作業ミスの反省を踏まえて、走行映像データベースの作業品質の向上を図るために、作業マニュアル改訂に合わせて、作業工程の見直しを実施した。

表 2.2.2-2 手動タグ付け編集作業における作業工程見直し

作業ミスの形態	発生事象	作業工程見直し内容
①手動タグ付け対象物の未入力		
・フレーム補間作業の忘れ	該当する歩行者の矩形枠設定や属性情報等の未入力	XMLデータの検索ソフトによる検査導入
・単純な対象物（歩行者）設定忘れ	同上	タグ情報確認工程における目視確認手順の見直し
・白線（道路境界線）のコーナ一部設定忘れ	道路境界線の端面が目視確認出来るが白線を未設定	同上
②属性情報設定の間違い		
・自転車を押して歩く歩行者の扱い	歩行者の付属物情報を荷物と設定（正解：移動体）	タグ情報確認工程における目視確認手順の見直し 歩行者の付属物が複数ある場合の優先順位付けを実施 手押車＞移動体＞ペット＞荷物＞傘＞不明
・子供設定の扱い	子供を大人と設定 （正解：小学生以下は子供）	同上

### (3) 手動タグ付け編集作業のマニュアル改訂

2.1.3 項のタグ付け技術開発の手動タグ付け GUI 機能の機能改良に合わせて、手動タグ付け編集作業・タグ情報確認作業のマニュアル改訂を実施した。

手動タグ付け編集作業内容は、平成 27 年度と同様に、自動タグ付け結果に対して表 2.2.2-3 に示す属性情報の新規付加作業及び自動タグ付け処理が出来なかった対象物に対して、新たに矩形枠設定や ID 付与作業と属性情報の付加作業を行うものである。

なお、各対象物における属性情報の隠れは、手動タグ付け GUI ツールの機能としては、対象物毎に「なし」・「あり」・「見切れ」・「不明」の 4 種類を設定可能であるが、平成 27 年度と同様に不明を設定した。

表 2.2.2-3 タグ対象物の属性情報一覧

対象物	ID	分類 1	分類 2	移動方向	付属物	隠れ	備考
歩行者	対象毎	大人 子供 不明	男 女 不明	前 後 右 左 前右 前左 後右 後左 不明	なし 傘 荷物 手押車 ペット 移動体 不明	不明	自動化未対応の対象物で、最小サイズを満足する対象物には手動タグ付けを行う
自動車	対象毎	乗用車 大型車 不明	先行車 対向車 停止車 不明	前 後 右 左 前右 前左 後右 後左 不明	—	不明	同上
自転車	対象毎	—	—	前 後 右 左 前右 前左 後右 後左 不明	なし 荷物 傘 不明	不明	同上
二輪車	対象毎	—	—	前 後 右 左 前右 前左 後右 後左 不明	なし 荷物 傘 不明	不明	同上
信号機	対象毎	赤 黄 緑 矢印 不明	—	前 右 左 不明	—	不明	同上
白線	対象毎		—	黄 白	—	—	自車両を含む車両が走行可能な道路範囲を線形枠で設定する。

新たに手動タグ作業を行う対象物の最小サイズとしては、歩行者及び信号機 40×20 画素、自動車・二輪車・自転車は 40x40 画素とした。また、移動方向は、図 2.2.2-1 に歩行者を事例とし示すようにデータ収集車両から見た対象物の移動を示すものである。

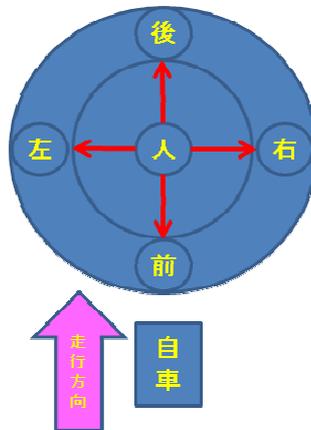


図 2.2.2-1 移動方向の定義（自車両から見た方向）

図 2.2.2-2 に下記に示すタグ付け編集作業の基本手順のイメージ図を示す。平成 27 年度に実施した手動タグ付け編集作業の基本手順と同様である。

- ・ 画像中の道路範囲を白線（路肩）で規定する。  
道路範囲とは、車両が走行可能な進行車線の路肩から反対車線の路肩までの範囲を示す。  
⇒道路の範囲外に駐車している自動車（乗用車、大型車）、人が乗車していない二輪車および自転車は、タグ付け作業の対象外とする。
- ・ 画像中の対象物で、タグ情報が設定されていない最小サイズを満足するものは、タグ描画モードを用いて矩形描画する。
- ・ 描画モードにて、全ての対象物毎に属性情報を付与する。

図 2.2.2-2 のタグ付け作業の基本手順を用いて、具体的な手動タグ付け編集手順の流れを①から③で示す。

- ① タグ描画モードを用いて、白線（路肩：道路の範囲を示す）を線形描画する。
- ② タグ描画モードを用いて、対象物でタグ情報が設定されていない歩行者（A・B・C）と信号機（D・E・F）を矩形描画する。
- ③ 対象物毎に属性情報を付与する。（例）歩行者 A：大人／男／左。信号機：路側物／信号機／赤。

属性が判断出来ない場合は不明とする（属性情報は、各対象物ともにデフォルトは「不明」とする）

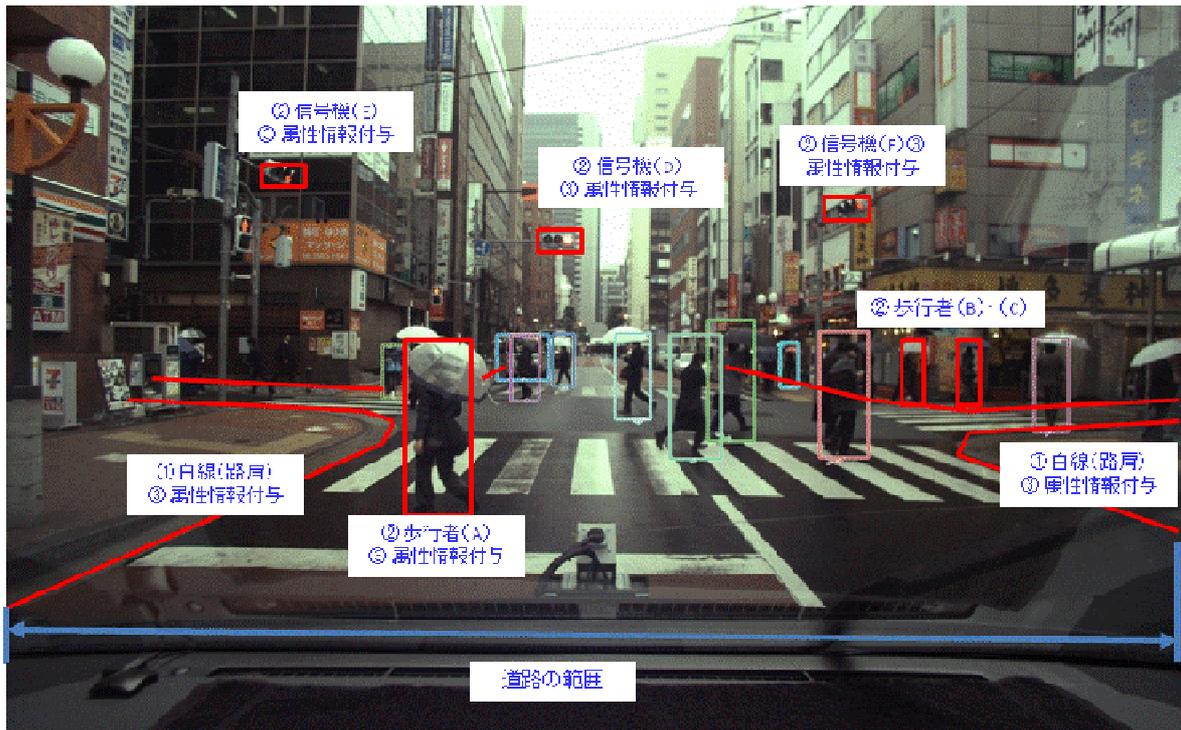


図 2.2.2-2 タグ付け作業の基本手順（交差点の横断歩行者の例）

繁華街を対象とした手動タグ付け編集作業を実施するに当たり、平成 27 年度の市街地、観光地及び寒冷地における歩行者のタグ付け作業は、画像データに含まれる対象物の最小サイズ（歩行者の場合 40×20 画素）以上に対して、手動タグ付け編集作業において全てタグ付け作業を実施していた。

図 2.2.2-3 に繁華街における横断歩道シーンの画像データ例を示す。従来の市街地と異なり、朝や夕方等の歩行者が多い時間帯では、画像データに大量の対象物（歩行者）が撮像されており、自動タグ付け作業においてタグ付けが出来ない歩行者が群れを成して移動する群衆歩行者に対するタグ付け作業の方針を決める必要が発生した。

図中に示す青枠は、データ収集車両から見て近傍に存在する歩行者であり、赤枠は車両から見て遠方を移動する歩行者を示す。今回、タグ付け作業では最小サイズを満たすが、赤枠のような歩行者が重なり歩行者の顔や胴体の一部が見える群集歩行者のタグ付け作業は、個別に矩形枠設定や個々の属性情報を付加することによる工数面や費用面等を考慮して、群集歩行者の手動タグ付けは実施せず、図中の青枠に示す通りデータ収集車両の近傍に存在する対象物（歩行者）のみを手動タグ付け対象することとし、作業マニュアル改訂時に反映した。

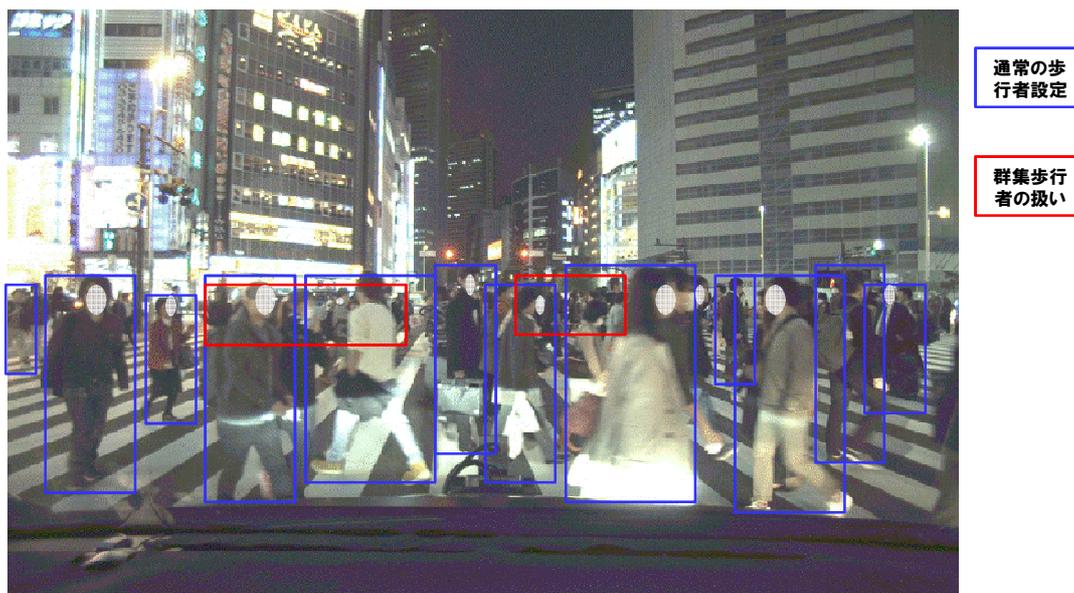


図 2.2.2-3 繁華街の横断歩道シーンにおける歩行者設定

#### (4) まとめと今後の課題

平成 28 年度は、表 2.2.2-1 に示す手動タグ編集作業・タグ情報確認作業のデータ対象である繁華街、高速道等の画像データに対して、30 万フレーム以上手動タグ付け編集作業を実施し、事業実施の個別目標を達成するとともに、走行映像データベースの質や量及び多様性を評価するための準備活動が完成した。

特に、2.1.3 項のタグ付け技術開発の手動タグ付け GUI 機能において、平成 27 年度仕様の手動タグ付け GUI ツールに対して、手動タグ付け作業を行う現場作業員からの機能改善要求に基づき、使い勝手を中心とした GUI ツールの改良仕様を現場工程に投入したことで手動作業時間の短縮が図れるとともに、GUI ツールの安定稼働等の信頼性向上が実現された。

手動タグ付け作業に関して、研究開発の進捗状況を報告し意見交換を行う開発検討会や自動運転システム推進委員会等の委員及び走行映像データベースの評価実施を行う団体等から、下記に示す改善要望がある。

- ① 全周囲画像データに対する手動タグ付け編集作業の追加
- ② 画像データのセグメンテーション化

##### ① 全周囲画像データに対する手動タグ付け編集作業の追加

実施中の前遠方監視画像データ（画角約 90°）に加えて、データ収集車両の後方から接近しすり抜ける二輪車や自転車等の撮像データを連続的に捉えるために、データ収集車両の前後左右に設置した全周囲監視画像データに対する手動タグ付け作業の実施要望がある。

全周囲監視カメラは、図 2.2.2-4 に示す①左側方及び②前広角の通り画角約 180° の魚眼

レンズを用いた撮像データのため、画像データ補正処理ソフトウェア開発などの新たなタグ付け技術開発の必要があり、今後の課題として検討を行うこととした。

①左側方(画角180°) ②前広角(画角180°) ③前遠方(画角90°)



図 2.2.2-4 全周囲画像データ例（自車両の後方左側から通行する自転車）

② 画像データセットのセグメンテーション化

海外研究開発事例として、シーンやランドマークや物体認識アルゴリズム性能評価データの提供と認識率評価基準の設定を行うための図 2.2.2-5 に示すセマンティック・セグメンテーション・データ（Cityscapes 等）があり、新たな研究開発としての取組みとして、手動タグ付けデータのセグメンテーション化の要望がある。

画像データセットのセグメンテーション化は、例えば撮像データに含まれる空や周辺の建物及び走行する道路などの部位をデータとして示すものであり、新たなタグ付け技術開発の必要があり、今後の課題として検討を行うこととした。



Group	Class	Description
ground (2)	road	where cars drive or stand
	sidewalk	where people go or rest
human (2)	person <sup>1</sup>	walking or sitting
	rider <sup>1</sup>	people on means of transport
vehicle (7)	car <sup>1</sup>	trams, trains also scooters <i>etc.</i>
	truck <sup>1</sup>	
	bus <sup>1</sup>	
	on rails <sup>1</sup>	
	motorcycle <sup>1</sup>	on vehicles
bicycle <sup>1</sup>		
license plate <sup>2</sup>		
infra-structure (8)	building	houses, skyscrapers
	wall	not part of a building
	fence	
	traffic sign	
	traffic light	
	pole	
bridge <sup>2</sup>		
tunnel <sup>2</sup>		
nature (2)	tree	any vertical vegetation
	terrain	grass, soil, sand
sky (1)	sky	
void (3)	ground	any other horizontal surface
	dynamic	<i>e.g.</i> baby strollers, animals
	static	other/unrecognizable objects

図 2.2.2-5 セマンティック・セグメンテーション・データ例（Cityscapes）

## 2.2.3 検索用データベースの開発

### (1) 検索用データベースの機能仕様改訂

#### ① 仕様見直しの背景

「平成 28 年度（自動走行システム）「走行映像データベース」の構築技術の開発及び実証」事業における「検索用データベースの開発」では、車両で生成されたシーン情報と画像解析により付与されたタグ情報を目的のシーンを検索するためのデータベース化する仕組みと検索用の API を研究開発することが目的である。

本事業では、平成 26 年度の研究では収集されるデータ項目の整理と非構造データの構造を想定し、それらのデータの構造化方式を検討と検索用データベースのデータモデル設計を行った。特にデータに対しては異種データの時間断面を統一する方式とそのようなデータ構造に最適なデータベース管理システムの選定を行った。また、平成 27 年度の研究では、車両走行によって得られたシーンマーク情報データを用いた分析方法の見直しを実施し、データ構造をシーンの特性を表す情報が集約されているシーン情報データの層とタグ等から生成される画像単位の生データの層の二階層とすることで、効率的なシーンの絞り込みを実現する方法を研究した。平成 28 年度は、これまでの検討仕様をもとにシーン情報およびタグから抽出された情報が活用できる状況となったため、実データに基づく仕様の見直しと検索機能を含むソフトウェア開発に取り組むこととした。

#### ② 仕様改訂

平成 26 年度及び平成 27 年度の研究成果を踏襲し、大量に蓄積されたデータを構造化し格納することによる検索データベース構造としてデータを時間とデータ種別ごとに細分化することで容易なスケール性を実現したデータ構造はそのままに以下の機能を追加で設計した。

- ・ 検索 API 環境
- ・ データ特性に応じたデータ補完
- ・ Timewindow による時間範囲を考慮したデータ抽出

図 2.2.3-1 に検索用データベースの概要を示す。

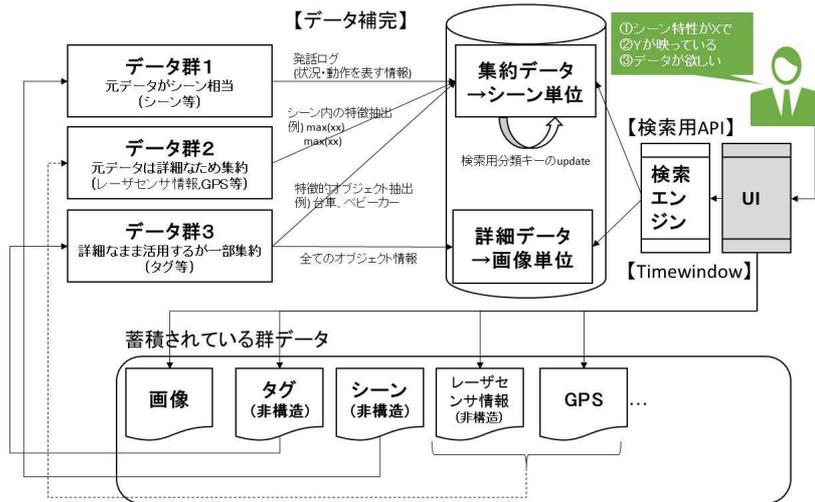


図 2.2.3-1 検索用データベースの概要

(i) 検索 API 環境

検索用データベースはデータ活用の観点からアプリケーションから利用されることを想定し REST-API を外部に公開する方針とした。クライアントからの呼び出しは swagger で定義されたインターフェースによって node.js 上で実行される方式とした。内部的には走行映像データを検索するためのデータと検索実行状況に関するデータを保持するデータを持ち、それらに対して REST-API によるデータ操作機能を提供する。REST 経由で受け付けた検索要求は、カラム型データベースである InfoFrame DataBooster 用に生成されたデータファイル (BST ファイル) 群に対して検索要求を実行する DataBoosterAPI 実行モジュールを通して行われる。また、検索処理の実行ログは DB サービスとして起動する PostgreSQL データベースに格納することで、検索結果を任意のタイミングで参照/削除可能としている。

図 2.2.3-2 に検索用データベースのコンポーネントの配置を示す。

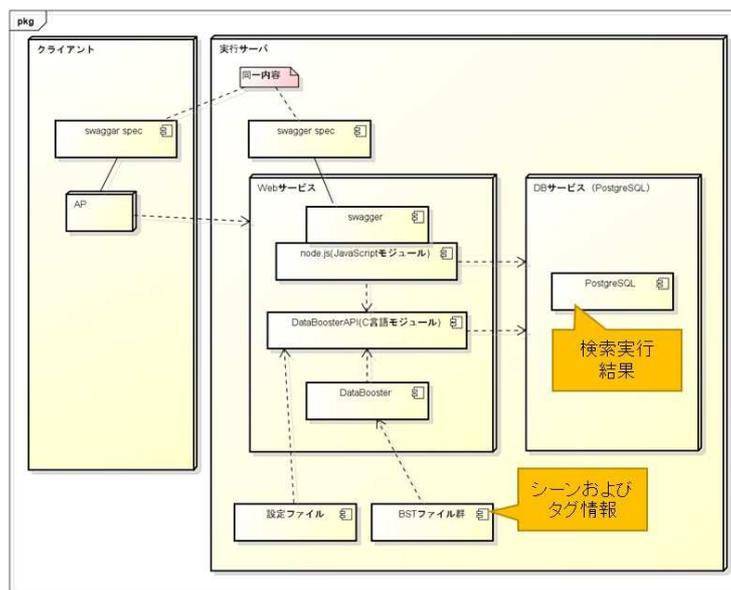


図 2.2.3-2 検索用データベースのコンポーネント配置図

(ii) データ特性に応じたデータ補完

シーン情報では、連続する特性と非連続な特性が混在するデータである。また、各属性は発生したタイミングのみ出力されているため、検索用データベースの入力データを生成するタイミングでデータ毎に特性を考慮し時間断面を統一したデータを生成する。データは最小時間間隔を1秒としてシーンの始まりから終了まで保管されたデータを用意する。入力データは補完により増大するが、格納先のデータベースはカラムストア型であり、列方向での同一値は重複が排除される。

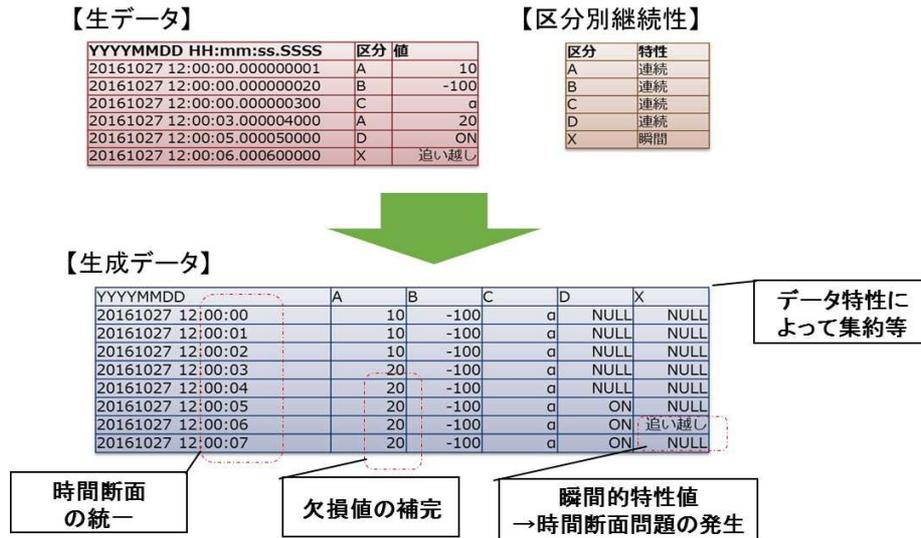


図 2.2.3-3 データ補完処理の概要

(iii) TimeWindow の導入

シーンを表す属性データは前項(ii)で示されるように時間断面を統一したデータとして生成される。これにより、ある時間断面で複数の条件を絞り込み条件とした検索を実現している。

そのため、ある時間において複数の事象が重なるケース、例えば図 2.2.3-4 において歩行者と自転車が同時に映っているシーンなどの抽出が可能になっている。その一方で、時間的に条件が重ならないシーンは検索できない。また、シーンに対する検索条件を一定時間内に同時に発生しない非連続な事象の連なりとして抽出したい場合にはこのデータ構造では検索することが出来ない。

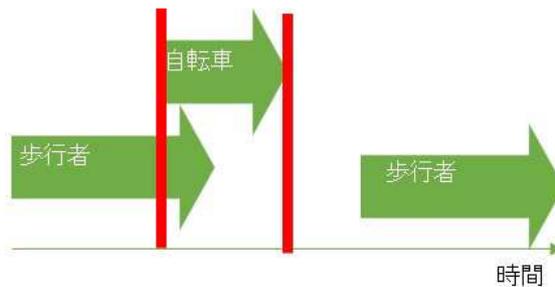


図 2.2.3-4 ある時間に複数の事象が重なるケース

そこで、Timewindow の概念を導入する。検索時に指定された Timewindow 幅でデータを動的に集約することで、時間的に重なりのない事象（図 2.2.3-5）でも近い時間に発生しているケースを参照可能とする機能を実装する。ただし指定可能な Timewindow 幅はいくつかの固定時間からの選択式とする。また、Timewindow の開始時間は、指定する Timewindow 幅に合わせて 0 秒、5 秒、10 秒、15 秒などの固定とする。



図 2.2.3-5 ある時間断面では重なりが無いが近い時間に事象が発生しているケース

## (2) 検索用データベースのソフトウェア開発

### ① 検索用データベース開発

#### (i) 環境とファイル構造

検索用データベースでは内部に Web サービスと DB サービスをもち、これらの実行環境として、以下のソフトウェアを利用する。

##### a) 実行環境

Windows Server 2012 R2

##### b) 必須コンポーネント

InfoFrame DataBooster V6.1

PostgreSQL 9.6.1

Visual Studio 2015 更新プログラム 3 の Visual C++ 再頒布可能パッケージ

Node.js 4.6.0-x64

Swagger 2.10.4

(注) Visual C++再頒布可能パッケージ

また、検索用データベースのディレクトリ構造は図 2.2.3-6～7 の通りとする。

sip_server.zip	
sip_server ※ルートディレクトリ	
└ api	
└─ swagger.yml	... Swagger SPECファイル
└ CC	
└─ config	
└─ config.txt	... C言語モジュール用設定ファイル (★BSTファイル所在変更可能)
└─ build	
└─ Release	
└─ (API群)	... C++ライブラリ (DataBoosterAPI呼び出し処理)
└ controllers	
└─ Default.js	... Node.jsの入口処理
└─ DefaultService.js	... 検索処理
└─ DeleteList.js	... リスト削除処理
└─ SearchResult.js	... 詳細情報取得処理
└─ SearchList.js	... 検索リスト取得処理
└─ SIP.zip	... メタDB生成用DDLファイル
└ DDL	
└ node_modules	... Node.js処理ルーチン
└ index.js	... Node.jsサーバ起動ファイル (★port番号編集可能)
└ LICENSE	... ライセンスファイル (Apache License Version 2.0)
└ package.json	... Node.jsサーバ起動ファイル

図 2.2.3-6 データ検索機能 ディレクトリ構成

SIPSearchDBConverter.zip	
SIPSearchDBConverter ※ルートディレクトリ	
└ DataBooster.conf	... DataBooster設定ファイル
└ SIPSearchDBConverter.exe	... 実行コマンド
└ DBConvertExecutor.bat	... 運用スクリプト
└ conf	
└─ CatalogFile.txt	... タグファイルのDataBooster構造定義ファイル
└─ CatalogFile_scene.txt	... シーン情報ファイルのDataBooster構造定義ファイル
└─ CatalogFile_sceneid.txt	... シーンIDファイルのDataBooster構造定義ファイル
└─ option.conf	... タグファイル変換のオプションファイル (変更可能)
└─ option_scene.conf	... シーン情報ファイル変換のオプションファイル (変更可能)
└─ option_sceneid.conf	... シーンIDファイル変換のオプションファイル (変更可能)
└ lib	
└─ msxml6.dll	... MSXMLのモジュール。コマンドで使用
└ inst	
└─ metaDB.sql	... メタDB生成用DDL
└ log	
└─ SIPSearchDBConverter_<入力ファイル形式>_<PID>_yyyyMMddHHmmss.log	... 実行コマンドのログファイル
└ meta	
└─ execute_management.csv	... 実行状況管理ファイル
└─ xml_located_management.csv	... 所在管理ファイル (タグファイル)
└─ scene_located_management.csv	... 所在管理ファイル (シーン情報ファイル)
└─ sceneid_located_management.csv	... 実行状況管理ファイル (シーンIDファイル)
└ schema	
└─ default.xsd	... XMLスキーマ定義ファイル
└ tmp	... 中間ファイル(CSVファイル)の出力先
└ tool	
└─ vcredist_x64.exe	... VisualStudio2012更新プログラム4 再頒布可能パッケージ
※入力ファイルのパス、BSTファイルの出力先はコマンド実行時の引数で任意指定 ※ダグアウトのファイルはデータ変換プログラム実行時に出力されるファイル	

図 2.2.3-7 データ変換機能 ディレクトリ構成

(ii) データ変換

データ変換機能は平成 27 年度に開発した機能を利用するが、データ補完方式の見直しによりシーン情報のデータ変換方法を表 2.2.3-1 に示す通り変更した。

表 2.2.3-1 データ変換ルール

No	カラム名	型	導出情報	計算方法
1	日時	日付時刻型	—	SCN2の先頭行時間と最終行時間の間を1秒刻みでレコード生成
2	時間	整数型	—	日時カラムから生成
3	曜日	文字列	—	日時カラムから生成
4	天気	文字列	3列目が環境1の場合の2列目	SCN1/環境1で上書きされるまで連続
5	環境2	文字列	二列目が環境2の3列目	出力時間を-8秒し、そこから11秒分継続 11秒以内に他の環境2が出た場合、そちらを優先
6	対象物	文字列	二列目が、歩行者、歩行者群、自転車、自転車群	出力時間を-8秒し、そこから11秒分継続 11秒以内に他の環境2が出た場合優先
7	対象物特性1	文字列	二列目が、歩行者、歩行者群、自転車、自転車群の3列目	直前の対象物に付与(11秒)
8	対象物特性2	文字列	二列目が、歩行者、歩行者群、自転車、自転車群4列目	直前の対象物に付与(11秒)
9	対象形態	文字列	二列目が、対象形態の3列目	直前の対象物に付与(11秒)
10	対象所在	文字列	二列目が対象所在の場合の3列目	直前の対象物に付与(11秒)
11	対象アクション	文字列	二列目が対象動作の場合の3列目	直前の対象物に付与(11秒)
12	道路状況	文字列	二列目が道路状態の3列目	次の道路状態が出るまで継続して出力
13	右左折	文字列	二列目が自転車状態の3列目	該当時間1秒のみ出力
14	渋滞	文字列	二列目が自社渋滞の3列目	該当時間1秒のみ出力
15	二輪車	文字列	二列目が二輪車の3列目	該当時間1秒のみ出力(5列目は無視)
16	異常注意	文字列	二列目が異常注意の3列目	該当時間1秒のみ出力
17	駐停車車両	文字列	二列目が駐停車車両の3列目	該当時間1秒のみ出力
18	車両ID	文字列	SCN1_XX_YYYY...のXX	—

(iii) データ検索 API

検索用データベースは Web アプリ等の任意のアプリケーションからの検索を想定し、I/F は REST-API を提供する。また、繰り返し検索や絞り込み検索を容易にするため、検索文字列や検索結果をメタ DB に格納し、それらも REST-API から操作可能とする。

a) 検索可能な車両 ID および日時情報の取得

本 API では、検索に先立ち、検索するために必要な車両 ID および走行日時のリストを返却する。

## REST-API 指定方法

GET <http://<hostname>:<port>/target>

### REST-API の戻り値 (表 2.2.3-2)

```
[ {  
  "id": "integer",  
  "carid": "string",  
  "run_date": "string",  
  "struct_scene": "string",  
  "struct_tag": "string"  
}]
```

表 2.2.3-2 REST-API の戻り値項目の説明

要素	説明
id	通番
carid	車両 ID
run_date	走行日時→月
struct_scene	シーン構造フラグ (true : 検索可能、false : 検索不可)
struct_tag	タグ構造フラグ (true : 検索可能、false : 検索不可)

#### b) 検索の実施および検索件数の取得

本 REST-API では、以下の検索条件でシーン情報を検索し、検索結果の件数とその結果情報へアクセスするための検索結果 ID を返却する。

- ・ 車両 ID 指定 (1-n 指定による絞り込み、複数指定による or 演算、無指定による any 演算)
- ・ 日時指定 (指定による絞り込み、複数指定による or 演算、無指定による any 演算)
- ・ 属性指定 (指定による絞り込み、複数指定による and 演算)
- ・ Timewindows 機能

## REST-API 指定方法

GET <http://<hostname>:<port>/search?key1=value&key2=value&....>

表 2.2.3-2 に REST-API で用いる引数項目毎の属性名及び属性内容を示す。

表 2.2.3-3 REST-API の引数項目の説明

属性名	属性
CarID	車両 ID
date	走行日時
hour	時間
week	曜日
weather	天気
environment2	環境 2
object	対象物
object_characteristic_1	対象物特性 1
object_characteristic_2	対象物特性 2
object_form	対象形態
object_location	対象所在
object_action	対象物アクション
road_condition	道路状態
turn	右左折
traffic	渋滞
motorcycle	二輪車
attention	異常注意
parking	駐停車車両
timewindow	1, 5, 10, 15, 30, 60 を指定可能

REST-API の戻り値 (表 2.2.3-4)

```

[[
  "id": "integer",
  "kind": "string",
  "rest": "string",
  "run_date": "string",
  "count": "integer"
]]

```

表 2.2.3-4 REST-API の戻り値項目の説明

属性名	属性
id	通番 (ResultSET を現す ID)
kind	種類 (シーン情報の場合は"SCENE"、タグ情報の場合は "TAG")
rest	サーバで認識した REST-API 文字列
run_date	検索実行日時
count	検索結果の件数

c) 検索結果情報の取得（シーン情報 / タグ情報）

本 REST-API では、検索結果を取得し返却する。

REST-API 指定方法

GET http://<hostname>:<port>/search\_result?id=value

上記コマンドに表 2.2.3-5 に示す検索時に返却したい通番を指定する。

表 2.2.3-5 REST-API の引数項目の説明

属性名	属性
id	検索時に返却した通番を指定する。 シーケンス情報とタグ情報でユニークな id であり kind を指定する必要は無い。

REST-API の戻り値（表 2.2.3-6）

```
[ {  
  "id": "integer",  
  "kind": "string",  
  "car_id": "string",  
  "run_date": "string"  
}]
```

表 2.2.3-6 REST-API の戻り値項目の説明

属性名	属性
id	通番（ResultSET を現す ID）
kind	種類（"SCENE"）
car_id	車両 ID
run_date	検索実行日時

d) 詳細検索の実施および詳細検索件数の取得（タグ情報）

本 REST-API では、以下の詳細検索条件でタグ情報を検索し、検索結果の件数とその結果情報へアクセスするための ID を返却する。

- ・ 車両 ID 指定（1-n 指定による絞り込み、複数指定による or 演算、無指定による any 演算
- ・ 日時指定（指定による絞り込み、複数指定による or 演算、無指定による any 演算
- ・ 属性指定（指定による絞り込み、複数指定による and 演算

REST-API 指定方法

GET http://<hostname>:<port>/search\_det?key1=value&key2=value&.....

表 2.2.3-7 に REST-API で用いる引数項目毎の属性名及び属性内容を示す。

表 2.2.3-7 REST-API の引数項目の説明

属性名	属性
scene_id	scene_id
scene_date	scene_date
car_id	car_id
camera_id	camera_id
type	type
rate	rate
frame_id	frame_id
frame_date	frame_date
obstacle_class	obstacle_class
obstacle_id	obstacle_id
visible	visible
hand_flag	hand_flag
marking_type	marking_type
position	position
generator_1	generator_1
generator_2	generator_2
generator_3	generator_3
classification_1	classification_1
classification_2	classification_2
classification_3	classification_3
belongings	belongings
direction_1	direction_1
direction_2	direction_2
hidden	hidden

REST-API の戻り値 (表 2.2.3-8)

```

[[
  "id": "integer",
  "kind": "string",
  "rest": "string",
  "run_date": "string",
  "count": "integer"
]]

```

表 2.2.3-8 REST-API の戻り値項目の説明

属性名	属性
id	シーケンシャル ID
kind	種類 (“SCENE”)
rest	サーバで認識した REST-API 文字列
run_date	検索実行日時
count	検索結果の件数

e) 検索結果一覧の取得 (シーン情報 / タグ情報)

本 REST-API では、検索結果一覧を返却する。

GET [http://<hostname>:<port>/result\\_list?kind=value](http://<hostname>:<port>/result_list?kind=value)

上記コマンドに表 2.2.3-9 に取得したい情報を指定する。

表 2.2.3-9 REST-API の引数項目の説明

属性名	属性
kind	取得したい情報を取得 (“SCENE” or “TAG” or “ALL”)

REST-API の戻り値 (表 2.2.3-10)

```
[{
  "id": "integer",
  "kind": "string",
  "rest": "string",
  "run_date": "string",
  "count": "integer"
}]
```

表 2.2.3-10 REST-API の戻り値項目の説明

属性名	属性
id	シーケンシャル ID
kind	種類 (“SCENE” or “TAG”)
rest	サーバで認識した REST-API 文字列
run_date	検索実行日時
count	検索結果の件数

(iv) シーン情報データ構造 (InfoFrame DataBooster 管理対象)

シーン情報を検索するためのデータ構造は二階層構造とする。これらのデータは車両/月別のデータとして集約し、各データは大量データとなるため、InfoFrame DataBooster で利用するカラムストア型データファイルとして管理する。

a) シーン情報

シーン情報テーブルの定義を表 2.2.3-11 に示す。

表 2.2.3-11 シーン情報テーブルの定義

カラム名	型	説明
日時	文字型	日時
時間	整数型	時間
曜日	文字型	曜日
天気	文字型	天気
環境 2	文字型	環境 2
対象物	文字型	対象物
対象物特性 1	文字型	対象物特性 1
対象物特性 2	文字型	対象物特性 2
対象形態	文字型	対象形態
対象所在	文字型	対象所在
対象物アクション	文字型	対象物アクション
道路状態	文字型	道路状態
右左折	文字型	右左折
渋滞	文字型	渋滞
二輪車	文字型	二輪車
異常注意	文字型	異常注意
駐停車車両	文字型	駐停車車両
車両 ID	文字型	車両 I D

b) タグ情報

タグ情報テーブルの定義を表 2.2.3-12 に示す。

表 2.2.3-12 タグ情報テーブルの定義

カラム名	型	説明
scene_id	文字型	scene_id
scene_date	文字型	scene_date
car_id	整数型	car_id
camera_id	整数型	camera_id
type	文字型	type
rate	文字型	rate
frame_id	整数型	frame_id
frame_date	文字型	frame_date
obstacle_class	文字型	obstacle_class
obstacle_id	整数型	obstacle_id
visible	文字型	visible
hand_flag	文字型	hand_flag
marking_type	文字型	marking_type
position	文字型	position
generator_1	文字型	generator_1
generator_2	文字型	generator_2
generator_3	文字型	generator_3
classification_1	文字型	classification_1
classification_2	文字型	classification_2
classification_3	文字型	classification_3
belongings	文字型	belongings
direction_1	文字型	direction_1
direction_2	文字型	direction_2
hidden	文字型	hidden

(v) メタ DB データ構造(PostgreSQL 管理対象)

検索用データベースの管理用データを格納するデータを DB サービスの PostgreSQL 内で管理する。

a) sip\_summary テーブル

シーン情報およびタグ情報を検索システムから利用可能な状態になっているファイル群を管理するテーブル。sip\_summary の定義を表 2.2.3-13 に示す。

表 2.2.3-13 sip\_summary の定義

カラム名	型	説明
id	bigint	通番
car_id	text	車両 I D
run_date	text	走行月
status_scene	status	後述
status_tag	status	後述
exec_date_scene	text	データ変換開始時刻（シーン情報）
exec_date_tag	text	データ変換開始時刻（タグ情報）
table_name_scene	text	シーン情報ファイル名（SCENE_xx_yyyymm.BST）
table_name_tag	text	タグファイル名（SCENEL_xx_yyyymm.BST）

b) sip\_meta テーブル

検索条件、検索日時、検索結果件数を格納するテーブル。sip\_meta テーブルの定義を表 2.2.3-14 に示す。

表 2.2.3-14 sip\_meta テーブルの定義

カラム名	型	説明
id	bigint	通番
kind	text	種類（"SCENE" or "TAG"）
rest	text	サーバが認識した REST-API 文字列
search_date	timestamp with time zone	検索日時
count	bigint	検索結果の件数

c) sip\_select\_result テーブル

検索条件によって抽出された時間リストを格納するテーブル。sip\_select\_result テーブルの定義を表 2.2.3-15 に示す。

表 2.2.3-15 sip\_select\_result テーブルの定義

カラム名	型	説明
select_id	bigint	検索結果を一意にするための ID
kind	text	種類（"SCENE" or "TAG"）
car_id	text	車両 ID
select_date	timestamp with time zone	走行日時

(vi) 検索処理機能処理フロー

a) 検索可能な車両 ID および日時情報の取得 (図 2.2.3-8)

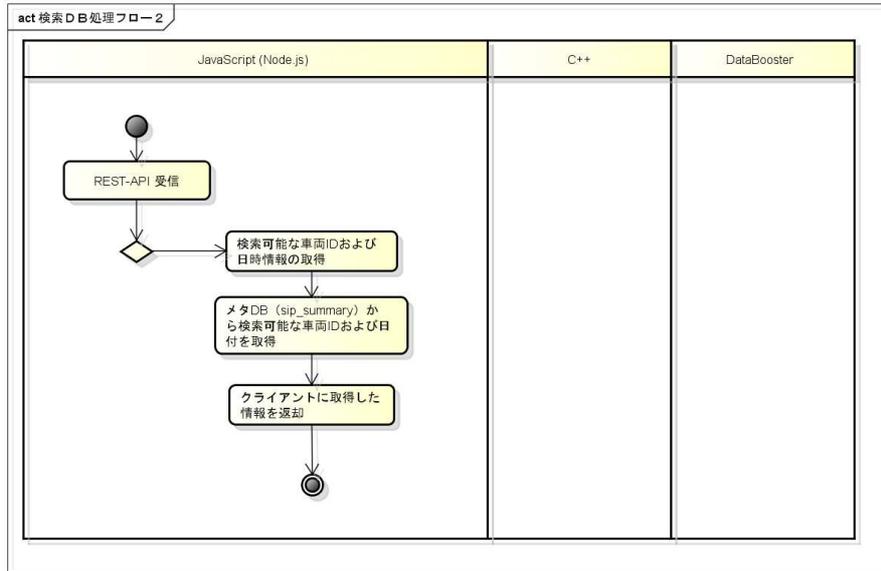


図 2.2.3-8 検索可能な車両 ID および日時情報の取得

b) 検索の実施および検索件数の取得 (シーン情報) (図 2.2.3-9)

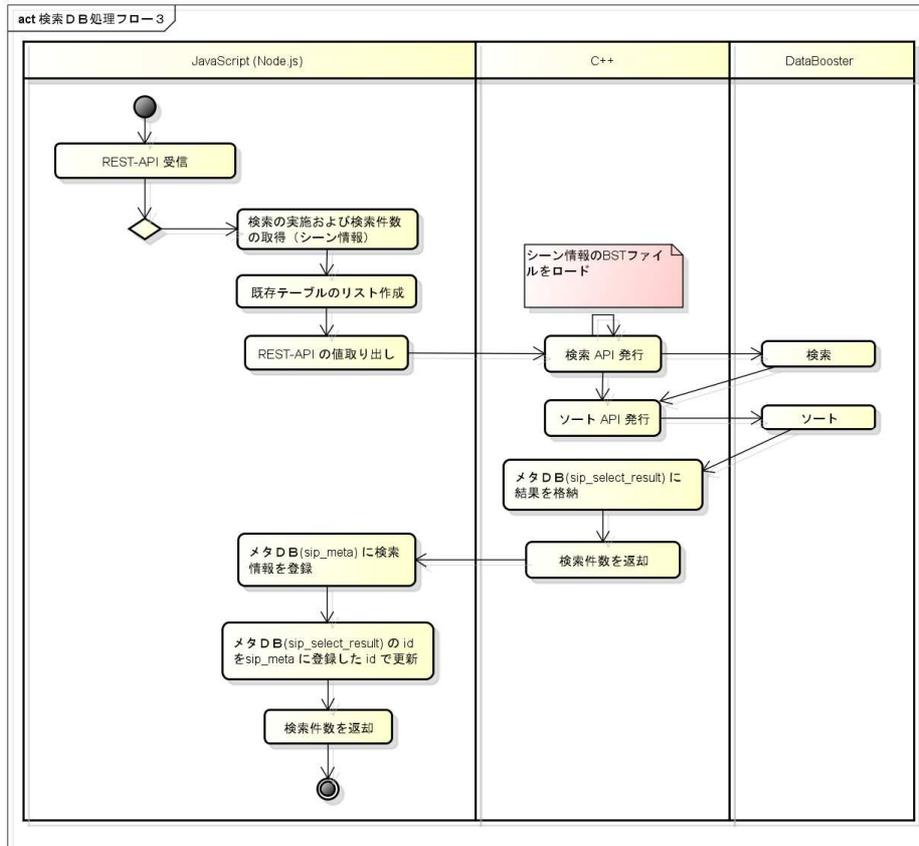


図 2.2.3-9 検索の実施および検索件数の取得

c) 検索結果情報の取得（シーン情報 / タグ情報）（図 2.2.3-10）

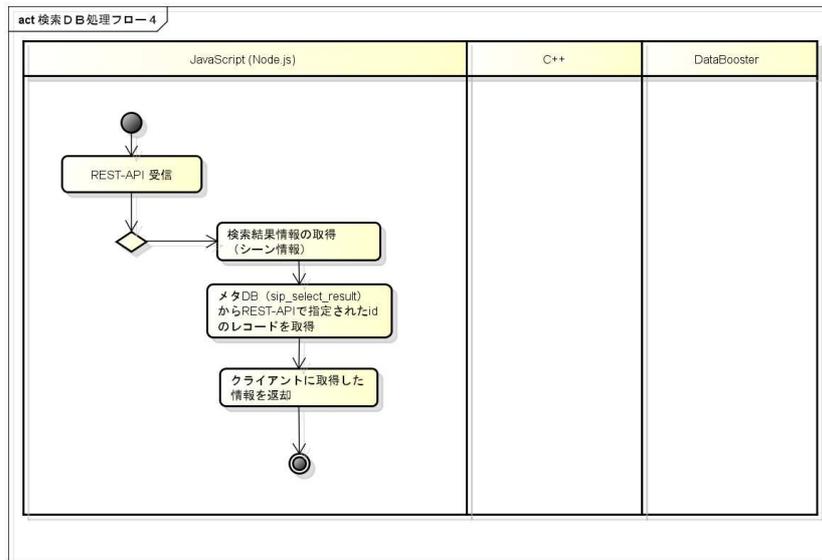


図 2.2.3-10 検索結果情報の取得

d) 詳細検索の実施および詳細検索件数の取得（タグ情報）（図 2.2.3-11）

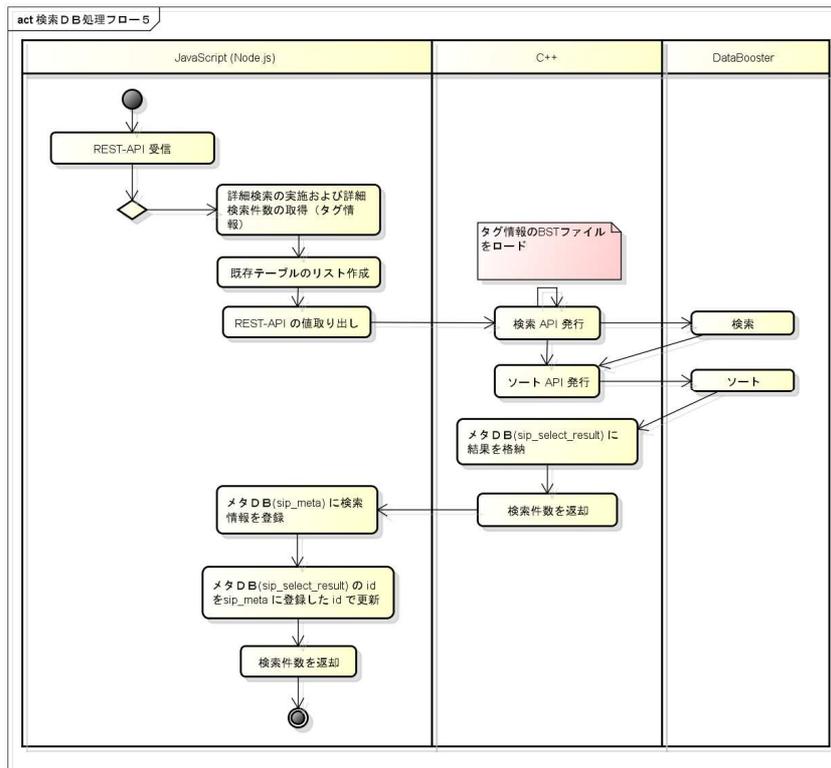


図 2.2.3-11 詳細検索の実施および詳細検索件数の取得

e) 検索結果一覧の取得 (図 2.2.3-12)

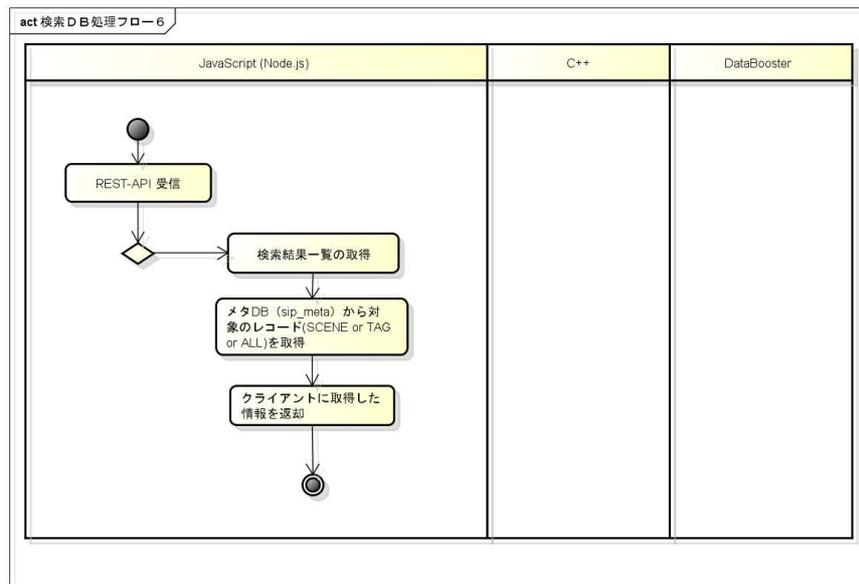


図 2.2.3-12 検索結果一覧の取得

f) 検索結果の削除 (シーン情報 / タグ情報 共通) (図 2.2.3-13)

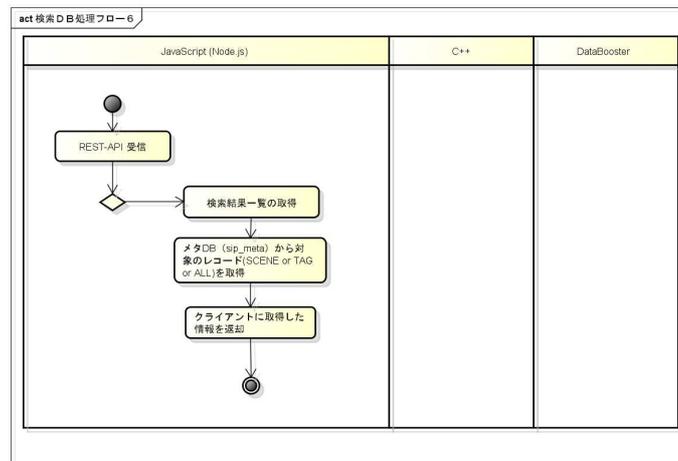


図 2.2.3-13 検索結果の削除

② 検索用データベース評価

本年度に開発したソフトウェアについて、機能ごとに入出力パターンの網羅評価を実施し検出されたバグについては修正を実施した。また、サンプルデータを用いた性能検証を実施し、検索処理性能に問題が無いことを確認した。

開発した検索 API を活用し、デモ向けにサンプル GUI を開発し検索処理の実行シナリオについて評価を実施した。シーン情報のデータ構造化を今年度版に変更したデータ変換コマンドを事前に実行することで、検索用のデータファイル (BST ファイル) およびメタデータとして sip\_summary テーブルを準備した。これらのデータに対し検索要求を実行する

サンプル画面として以下の3つの画面を用意した。

(i) メタデータ表示画面 (図 2.2.3-14)

本画面では、車両ごとにシーン情報およびタグ情報の構造化してあるデータの一覧を表示している。これにより、どのようなデータ群が準備済みであるかを目視可能とすることを目的としている。本画面の中で REST-API で” 検索可能な車両 ID および日時情報の取得” を実行しており、問題なく動作していることを確認した。



図 2.2.3-14 メタデータ表示画面

(ii) 検索条件入力画面 (図 2.2.3-15)

本画面では、REST-API における検索条件を自由入力する機能を実装している。画面上部には問合せ条件の書式例を示している。画面中央にあるテキスト入力エリアに検索条件を入力し、検索実行ボタンを押下することで、REST-API で “検索の実施および検索件数の取得” や “詳細検索の実施および詳細検索件数の取得 (タグ情報)” を実行しており、データファイル(BST ファイル)に対する検索処理が動作していることを確認した。



図 2.2.3-15 検索条件入力画面

(iii) 検索結果表示画面（図 2.2.3-16）

本画面では、検索実行結果が格納されている sip\_meta テーブルおよび sip\_select\_result から情報を取得する REST-API である” 検索結果情報の取得”及び” 検索結果一覧の取得”の各動作を確認した。

画面を表示すると、“検索結果情報の取得”が動作し、検索結果の一覧が表示される。検索結果には実行日と検索結果の件数が正しく表示されていることを確認した。この内容は問い合わせの実行履歴でもあり、どのような検索パターンにどれくらいの検索結果が含まれていたかのログを示すものであり、今後はこの問合せ履歴自体がデータの価値を分析する尺度になることが想定される。

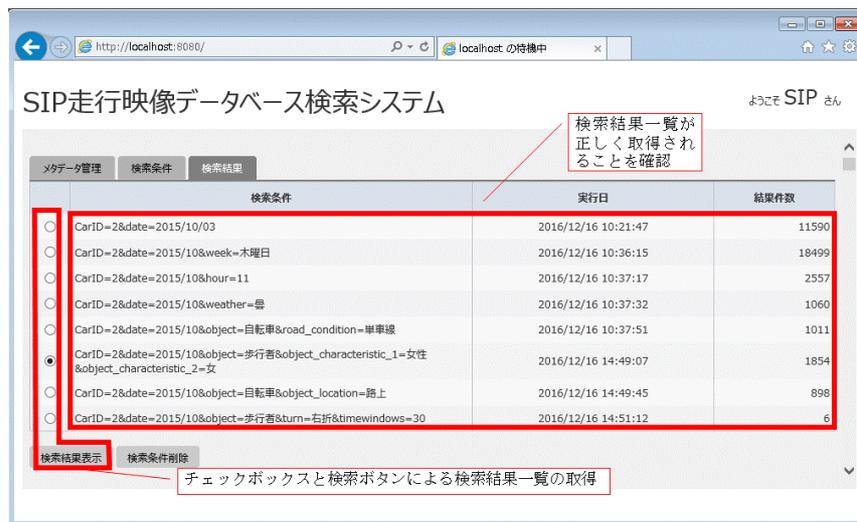


図 2.2.3-16 検索条件入力画面

検索結果に含まれる結果（シーンの時間）一覧を取得するには、“検索結果一覧の取得”を実行することになるが、該当の検索を指定するためのチェックボックスと検索結果表示ボタンを用意した（図 2.2.3-17）。



図 2.2.3-17 詳細結果表示画面

本画面では、検索結果を表示しており、検索結果に一致する車両 ID/時間の組み合わせが取得できている。本データ組み合わせを使用し、走行映像データベースから必要なデータを取得することが可能となる。実運用においては、画像データ等の走行映像データの評価結果として、検索条件との一致状況や検索条とは異なるデータ特性へのコメントなども共有出来るようになるとデータ活用のための価値向上に繋がると思われる。

### ③ 検索用データベースの課題整理

本年度の検索用データベースの開発では、これまでのデータモデル検討に加え、検索 API 仕様/データ補完方式の見直し、Timewindow 検索などの仕様を見直した上でデータベース機能の実装を行った。開発検討会で検索 API を利用した画面イメージを実装しデモを実施することで機能概要の紹介までは実施している。今後の課題として、現時点では一部のデータ変換に留まっているため、処理可能なデータをすべて変換し全データを利用可能な状態にする作業が残っている。また、検索機能の配布方法の検討および実際に利用されることによる機能追加要望への対応が必要になることが想定される。

## 2.3 走行映像データへのタグ付け技術の開発および実証と成果 まとめ

### 2.3.1 成果まとめ

#### ① タグ付け技術開発

- ・シーン抽出機能は、アリゴリズム改良を施したツールを開発し、シーン抽出作業を実施し未処理の映像データに対するシーン抽出を 100%完了した。
- ・自動タグ付け機能は、3次元単眼画像認識技術を用いて対象物までの距離情報を付加するツールを開発し、タグ付け作業を実施し未処理の映像データに対するタグ情報を 100%完了した。
- ・手動タグ付け GUI 機能、フレーム間補間機能は、手動タグ付けの使い勝手向上に係る機能改良を実施した。

#### ② 走行映像データベースの開発と実証

- ・走行映像データベースサーバ運用評価として、既存の走行映像データを活用したデータ処理・データ配布に向けたトライアルを走行映像データベースサーバにて実施し、年間運用結果としては、運用実績として設備関連の不具合は 1 件も発生せず、本システムで安定した運用が可能であることが確認出来た。
- ・上記①項において機能改良された手動タグ付け GUI ツールを活用して、手動タグ付け作業を行い 30 万フレーム以上の手動タグ付け結果を達成した。
- ・検索用データベース機能改訂を行うとともに、検索用データベースのソフトウェア開発を実施し、その成果の一部として第 4 回開発検討会において検索用データベースシステ

ムのデモストレーションを実施し、委員および参加する再委託者各位からコメント等を頂き、研究開発に反映させた。また、開発した検索性データベースの機能評価を行い、今後の課題を整理した。

### 2.3.2 今後の課題

上記に示す平成 28 年度の研究開発成果に対して、開発検討会に参画した OEM、サプライヤ及び研究機関から以下の要望があり、今後の課題として検討を行う。

#### ① 実証評価対応

- ・ 走行映像データとして対象数が少ないヒヤリハットシーンにおける走行映像データベースの研究成果の性能評価の要望がある。危険なシーンの対応として、模擬市街路等を用いた公道で発生する状況相当の再現実験等の対応を検討する必要がある。
- ・ 逆光や建物の影の影響及び雨天時の路面反射等様々な環境条件シーンにおける走行映像データベースの拡充の要望がある。全ての環境条件に対しデータ収集車両を用いて撮像するのは、工数や費用面等の課題が挙げられる。そのため、コンピュータ・グラフィック（Computer Graphics）技術を活用した画像加工技術により、日中晴天時に撮像した画像データに対し、逆光シーンの追加や夕暮れや夜間等の輝度を加工したコンピュータ・グラフィックシーンを作成し、実走行画像データとの性能比較を検討する。

#### ② データベース公開（サンプル）対応

- ・ 平成 28 年度における走行映像データベースの評価結果を踏まえて、今後自動車産業に係る OEM、サプライヤ及び研究機関に走行映像データベースの一部に関して、公開（サンプル）を行う準備検討を行う必要がある。

#### ③ データベース化基盤技術開発

- ・ 検索性データベースにおける課題整理を踏まえて、走行映像データベースを利活用する様々なプレイヤーから期待されている検索性データベースのソフトウェア完成の検討を行う必要がある。
- ・ 走行映像データベースの成果物である画像データや各種センサ情報を統合的に活用出来るツール提供の要望があり検討を行う必要がある。

## 第3章 走行映像データベースの評価

### 3.1 走行映像データベースの性能比較評価

#### 3.1.1 周辺環境の物体認識アルゴリズムの要件とデータベース評価基準

本章では、下記3項目に関する評価を実施することで、本事業で構築されてきている走行映像データベース（以下、走行映像DBと称す）に関する性能比較評価を実施した。

##### 評価項目1. 周辺認識アルゴリズムの性能評価用データセットとしての評価

走行映像データベースを検出の対象データとして使用することの優位性について、一般的な検出方式（HOG+SVM）を用いて、歩行者識別率等の比較を実施した。

##### 評価項目2. 周辺認識アルゴリズムの学習用データセットとして評価

走行映像データベースを物体検出における学習データとして使用することの優位性について、一般的な特徴抽出（HOG feature）と学習（Linear SVM）を用いて、歩行者識別率等の比較を実施した。

##### 評価項目3. 統計解析を用いたデータベースの性質（特性）評価

多変量解析手法を用いてサンプル分布を可視化・比較することで、データベースに収録される映像の統計的性質を解析した。

以上の各評価項目は、平成27年度の成果報告書に記載した評価方式と同様である。特に評価項目3の方式に関しては、IEEE ITSC2016において発表を行っている<sup>[1]</sup>。

評価項目1、2、および3の処理フロー概略図は、それぞれ図3.1.1-1、図3.1.1-2、および図3.1.1-3である。

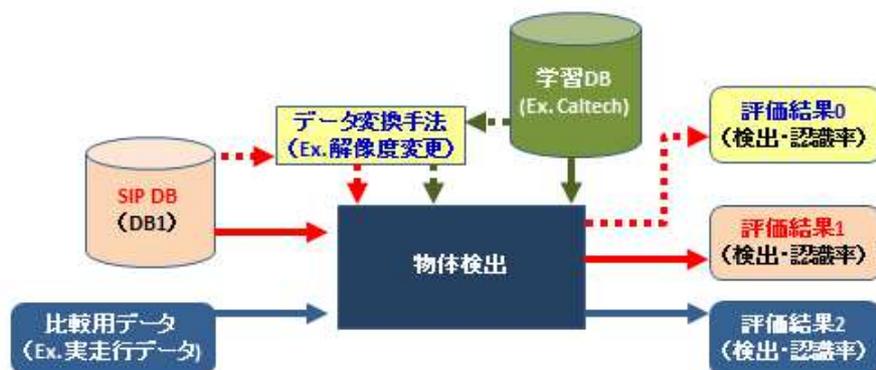


図 3.1.1-1 評価項目1における処理フロー概要

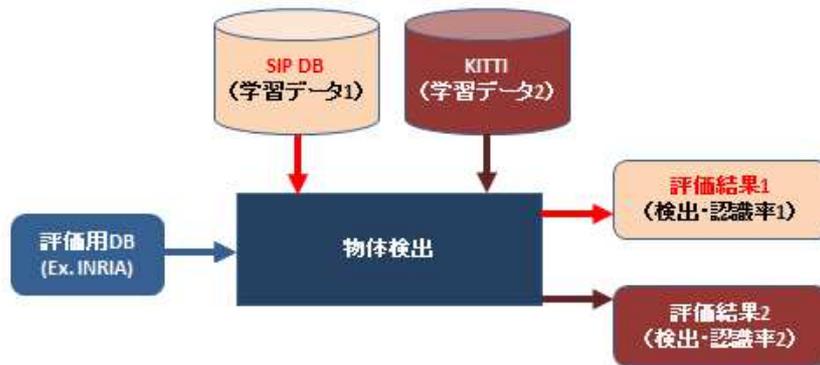


図 3.1.1-2 評価項目 2 における処理フロー概要

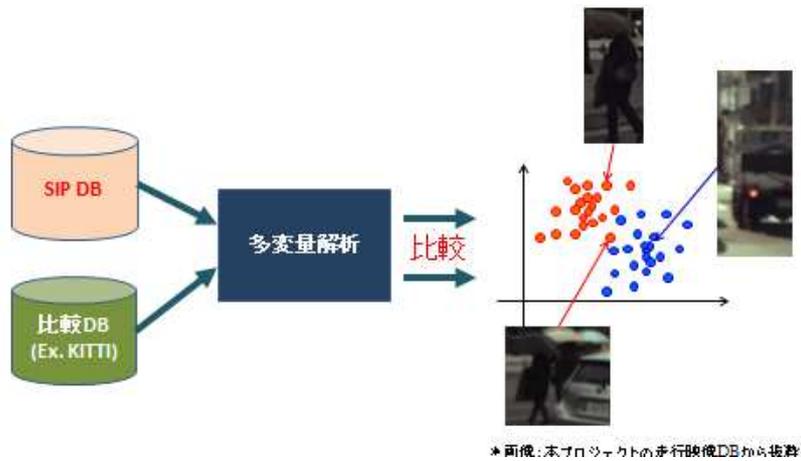


図 3.1.1-3 評価項目 3 における処理フロー概要

① 評価項目 1 および評価項目 2 における定量評価指標

評価項目 1 および評価項目 2 の試験では、検出器により検出された対象が、所望の属性（たとえば、歩行者）として検出されているか判定する必要がある。

そこで、「検出結果領域と事前に付与された正解タグ領域の重なる重複領域」と検出結果の面積比（面積比 A）、および同重複領域と正解タグ領域の面積比（面積比 B）を用いた検出成功判定方式を検討した。当該指標は、それぞれの面積比が、任意に設定した閾値以上になる場合のみ、検出成功とするものである（図 3.1.1-4 参照）。

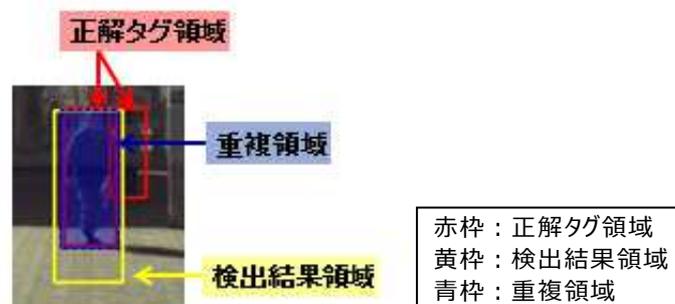


図 3.1.1-4 各領域例

本報告では、平成 27 年度に実施・報告した判定基準と同様に、面積比の閾値を 0.64（たとえば、検出結果領域、および正解タグ領域の面積が同一の場合、双方の領域が 80%以上重複する閾値）と設定した。

評価項目 1、および評価項目 2 において、走行映像 DB の難易度を定量的に相対評価するための検出精度評価は、表 3.1.1-1 に示す通り Precision, Recall, および F-measure を用いた。評価項目 3 では、識別性能から検出性能を近似的に評価するため、True positive (TP) rate、および True negative (TN) rate を基準とした評価を実施した。評価項目 3 における評価基準を表 3.1.1-2 に示す。

表 3.1.1-1 評価項目 1 および評価項目 2 における評価基準の概要

	Precision	Recall	F-measure
数値の傾向 (アルゴリズム評価)	高い値ほど、誤検出が少ない	高い値ほど、検出漏れが少ない	Precision と Recall の調和平均
数値の意味的解釈 (評価項目 1)	低い値ほど、高難易度なデータセット	低い値ほど、高難易度なデータセット	低い値ほど、高難易度なデータセット
数値の意味的解釈 (評価項目②)	高い値ほど、優秀な学習用データセット	高い値ほど、優秀な学習用データセット	高い値ほど、優秀な学習用データセット

表 3.1.1-2 評価項目 3 における評価基準の概要

	TP rate	TN rate
数値の傾向 (データセット評価)	高い値を示すほど、正検出性能が高い	高い値を示すほど、誤検出抑制性能が高い
数値の意味的解釈 (評価用データセットとしての使用)	低い値ほど、高難易度なデータセット	低い値ほど、高難易度なデータセット
数値の意味的解釈 (学習用データセットとしての使用)	高い値ほど、優秀な学習用データセット	高い値ほど、優秀な学習用データセット

### 3.1.2 走行映像データベースの評価

ここでは平成 27 年度で検討した方式を使用し、評価項目 1 から 3 までの、歩行者検出に関する評価試験を行う。まず、使用する走行映像 DB のデータは、表 3.1.2-1 に示す通り、平成 27 年度に計測、および正解タグの付与を行った計 1,915,121 枚の画像を用いた（1,915,121 枚の画像中、3,757 枚は評価に不適なため除外）。また、周辺認識アルゴリズムは、HOG + SVM<sup>[2]</sup>を C 言語で実装し、使用した。評価項目 1 のための学習用データセットとして INRIA<sup>[2]</sup>を使用した。また、比較用データセットとして KITTI<sup>[3]</sup>を使用した。

表 3.1.2-1 走行映像 DB : 試験データの概要

環境	場所	画像数
一般道	(関西) 国道 1 号	60,240
一般道	(関西) 山岳道	27,534
海外	(米国)マイアミ	59,875
寒冷地	(北海道)小樽	71,025
寒冷地	(北海道)札幌	66,885
観光地	(関西)京都	33,240
観光地	(関東)鎌倉	219,585
市街地	(関西)大阪・豊中	77,700
市街地	(関西)兵庫・尼崎	252,780
市街地	(関東)埼玉・西川口	37,108
市街地	(関東)埼玉・草加	267,180
市街地	(関東)東京・国分寺	206,100
市街地	(中部)名古屋・金山	33,850
市街地	(中部)名古屋・今池	51,480
市街地	(中部)名古屋・藤が丘	423,539
駐車場	(関東)海老名	27,000

① 評価項目 1 の評価試験結果

まず、評価項目 1 の評価試験を行う。当該項目の処理フローは、図 3.1.2-1 の通りである。

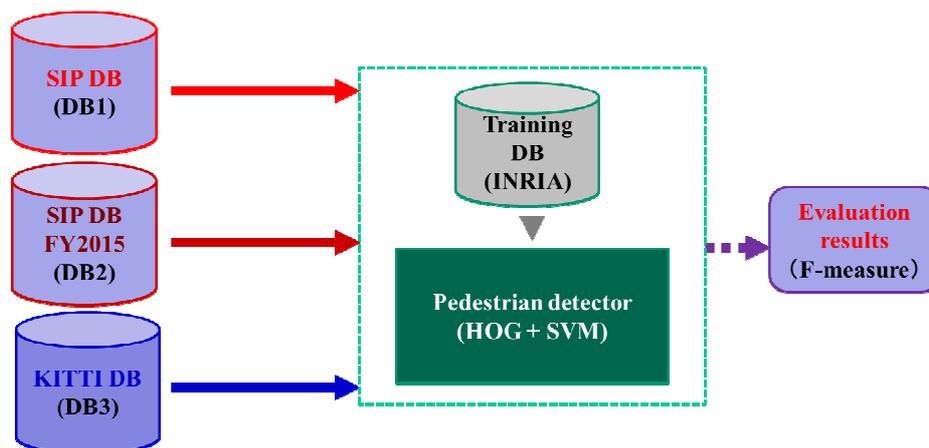


図 3.1.2-1 評価項目 1 の処理フロー

本評価項目では、入力画像のサイズ変更も行い、試験を実施した。この試験結果が表 3.1.2-2 である。また、表 3.1.2-1 の走行映像 DB は、評価データとして市街地、観光地、寒冷地、駐車場及び一般道の各画像データで構成おり、SIP (FY2015) は平成 27 年度報告書で評価した市街地を中心とした走行映像 DB (画像総数 7,820 枚) であり、画像データ総数

の違いや対象地区の範囲の違いに差がある。

表 3.1.2-2 入力画像サイズを配布画像から変更しない場合の評価値

TestDB	F-measure	Precision	Recall
走行映像 DB	0.0047	0.0033	<b>0.0082</b>
走行映像 DB(FY2015)	0.0076	0.0052	0.0148
KITTI	<b>0.0026</b>	<b>0.0013</b>	0.0622

表 3.1.2-2 の結果において、走行映像 DB は、平成 27 年度に評価した走行映像 DB (FY2015) と比較して、Precision, Recall 何れも低い値となった。これは、走行映像 DB を用いた周辺認識アルゴリズムの評価試験における難易度が増加していることを示す。また、走行映像 DB は KITTI DB よりも Precision の値が高くなっており、誤検出が少なかったことを示す。

一方、Recall に関しては KITTI よりも低い値を示しており、検出漏れが多かったことを示している。これらの結果は、昨年度と同様、走行映像 DB には、歩行者と誤検出する背景映像は少なく、検出困難な歩行者映像は多いことを示している。

以上の結果は、走行映像 DB を周辺認識アルゴリズムの評価に使用する場合に関して、下記 3 点の傾向を示している。

- ・平成 27 年度版の走行映像 DB よりも、正検出難易度の高い DB となった。  
(評価用データセットとして、より高難易度なデータセットとなった)
- ・対象となるアルゴリズムの背景除去性能が低い場合には、難易度の低い評価用データセットとなる。
- ・対象となるアルゴリズムの背景除去性能が高い場合には、難易度の高い評価用データセットとなる。

## ② 評価項目 2 の評価試験結果

次に評価項目 2 の評価試験を行う。当該項目の処理フローは、図 3.1.2-2 の通りである。この処理フローでは、同一 DB 内で学習・評価データを賄う必要があるため、3-fold cross validation による評価試験を実施した。

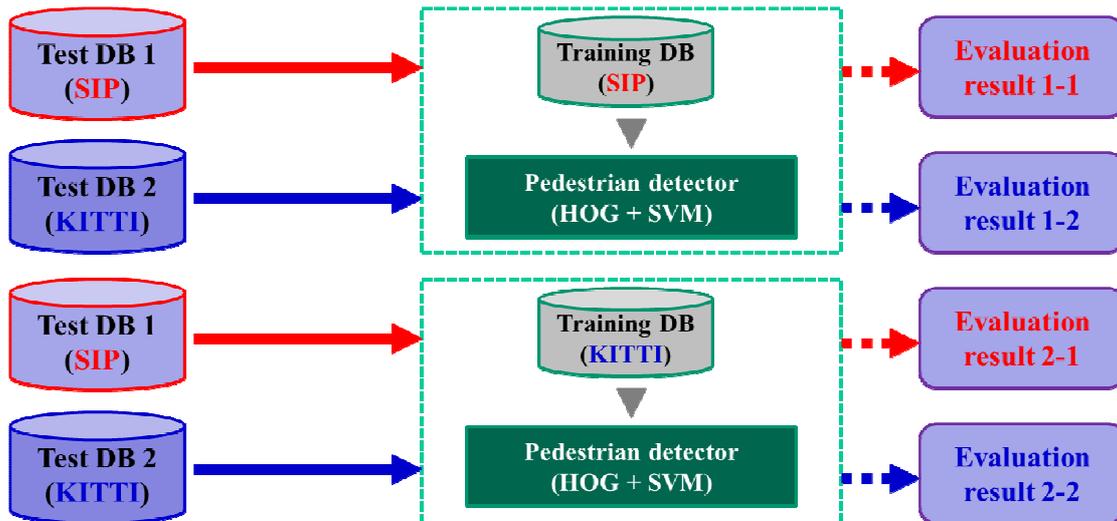


図 3.1.2-2 評価項目 2 の処理フロー

図 3.1.2-2 の処理フローでは、各 DB に関して、相対値が  $\{(\text{result 1-2}) \geq (\text{result 2-2})\}$  を満足し、かつ  $\{(\text{result 1-1}) > (\text{result 2-1})\}$  も満足した場合、学習用データセットとして優れていると判断出来る。

本評価項目の試験結果に関し、F-measure, Precision, および Recall の評価値を記載したものが、それぞれ表 3.1.2-3、表 3.1.2-4、および表 3.1.2-5 である。Recall のみで評価した場合、走行映像 DB は、KITTI DB と同様の傾向を示す、すなわち同等の学習用データセットである。しかし、F-measure、および Precision のみで評価した場合、走行映像 DB は、KITTI DB に僅かに劣る学習用データセットと言える。

以上の結果は、走行映像 DB (および KITTI DB) を周辺認識アルゴリズムの学習に使用する場合、対象となるアルゴリズムの背景除去性能が低い場合には、背景を過検出しやすい学習用データセットになってしまうが、対象となるアルゴリズムの背景除去性能が高い場合には、検出漏れを抑制できる好ましい学習用データセットになりえることを示している。

また、走行映像 DB は、表 3.1.2-1 に示す通り、検出器の学習データ生成のための“多彩な環境の画像”を“多量に保持”していることから、対象となる周辺認識アルゴリズムの性質に合わせた学習データのサンプル選択を行うことで、検出性能向上が見込める。

表 3.1.2-3 F-measure

Test	Training: 走行映像 DB	Training: KITTI
走行映像 DB	0.0009 (result 1-1)	0.0009 (result 2-1)
KITTI	0.0025 (result 1-2)	0.0027 (result 2-2)

表 3.1.2-4 Precision

Test	Training: 走行映像 DB	Training: KITTI
走行映像 DB	0.0004 (result 1-1)	0.0005 (result 2-1)
KITTI	0.0012 (result 1-2)	0.0014 (result 2-2)

表 3.1.2-5 Recall

Test	Training: 走行映像 DB	Training: KITTI
走行映像 DB	0.0221 (result 1-1)	0.0215 (result 2-1)
KITTI	0.0759 (result 1-2)	0.0804 (result 2-2)

### ③ 評価項目 3 の評価試験結果

最後に評価項目 3 の試験を行う。当該項目の処理フローは、図 3.1.2-3 に示す通りである。

初めに、サンプル分布の可視化を行う。図 3.1.2-4、および図 3.1.2-5 は、それぞれある validation set における 3 クラスの学習データ（歩行者、自動車、および二輪車の 3 属性に関する正解タグ付き画像群）で張る非線形判別空間におけるサンプル分布、及びこの非線形判別空間に射影した背景画像群のサンプル分布図である。各図において、a. 及び b. は、それぞれ走行映像 DB、KITTI DB のサンプル分布であり、赤色が歩行者、青色が自動車、緑色が二輪車、黒色が背景のサンプルである。また、これらの色合いが事後確率であり、色の濃さが事後確率の高さに比例する。

図 3.1.2-4 の結果から、走行映像 DB のサンプル分布（図 3.1.2-4 a）は、KITTI DB のサンプル分布（図 3.1.2-4 b）と同様の傾向を示している。これは、検出器の学習において、走行映像 DB を学習用データセットとして使用した場合、学習した検出器は、KITTI DB と学習用データセットとして使用した場合と同様の傾向となることを示している。この結果から、評価項目②の結果を補強するものである。

図 3.1.2-5 の結果から、走行映像 DB のサンプル分布（図 3.1.2-5 a）は、KITTI DB のサンプル分布（図 3.1.2-5 b）と比較して、多角形の重心領域に多数分布している。これは、走行映像 DB が保有する背景画像は、KITTI DB の背景画像よりも、学習したクラス、およびいずれのクラスとも判別困難な画像を多く含んでいることを示しており、走行映像 DB を周辺環境認識アルゴリズムの評価に使用した場合、対象の検出が困難な（誤検出が発生しやすい）高難易度な評価用データセットとなることを示唆する。これら結果は、評価項目①の結果を補強するものである。

次に、図 3.1.2-4 で示す可視化した非線形判別空間上における識別性能を評価することで、間接的に物体認識性能を評価する。評価基準は、True positive (TP) rate、および True negative

(TN) rate を用いる。ここで、TP rate、および TN rate は、それぞれ物体検出問題における対象の正検出性能、および非対象の正検出性能（すなわち、誤検出抑制性能）を近似する。評価項目 3 では、特に物体検出問題における歩行者検出のための検出器評価用データセット、及び学習用データセットの性能検証を目的とし、走行映像 DB、走行映像 DB (FY2016)、および KITTI DB を対象とした比較を行う。

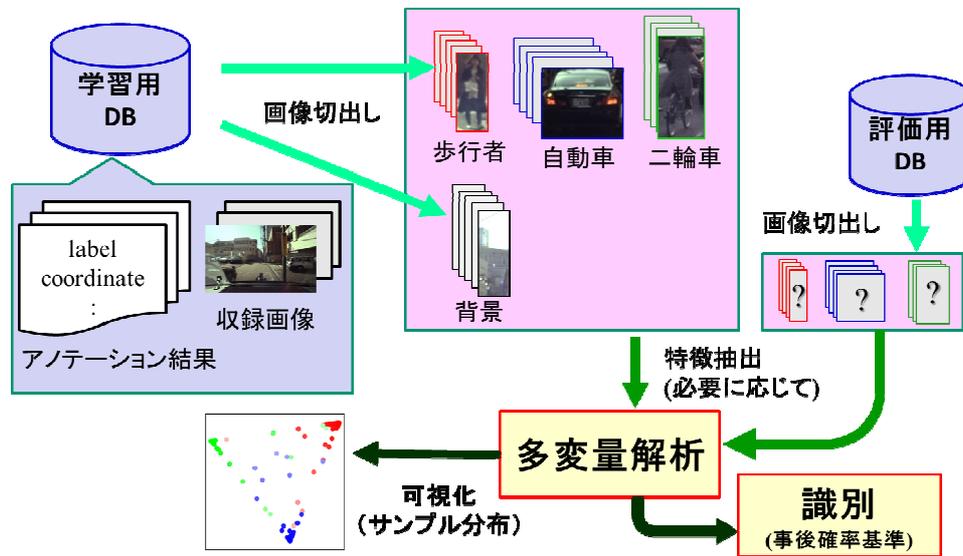


図 3.1.2-3 評価項目 3 の処理フロー

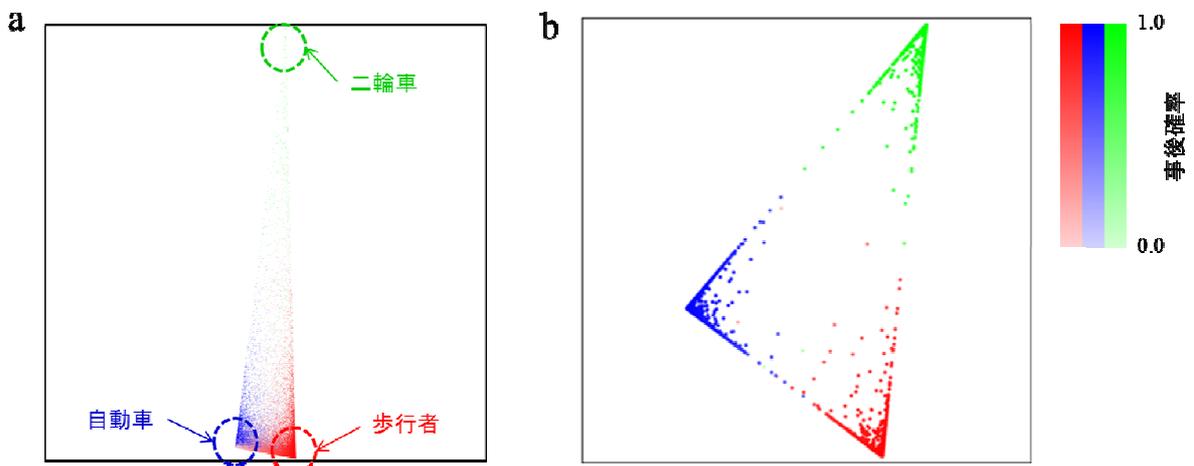


図 3.1.2-4 学習データで張る非線形判別空間

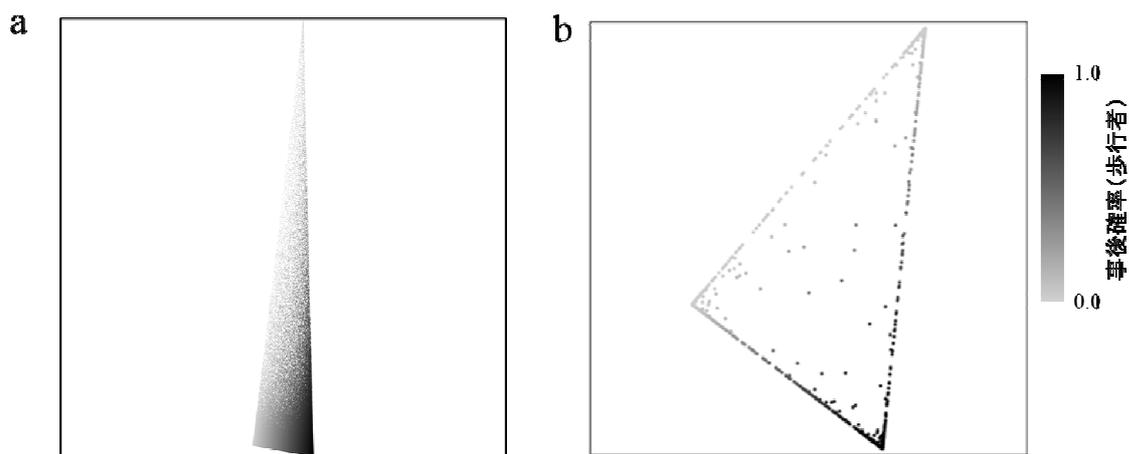


図 3.1.2-5 背景データを射影した非線形判別空間

表 3.1.2-6 は、同一 DB で学習・評価を実施した場合の識別性能、すなわち一般的な検出器評価試験における評価用データセットとしての性能を示した結果である。走行映像 DB は、平成 27 年度のデータ（走行映像 DB (FY2015)）と比較して TP, TN rates が大幅に改善し、特に TN rate が 50%を下回るために誤検出抑制性能の評価が困難であったと言う問題を克服出来ている。走行映像 DB と KITTI DB を比較すると、走行映像 DB は TN rate が低くなる、KITTI DB は TP rate が低くなる傾向を示した。これらの結果から、周辺環境認識アルゴリズムの評価において、歩行者の正検出性能向上に重きを置く場合は KITTI DB、またはサンプル選択を実施することで難易度調整を行った走行映像 DB を利用するのが妥当であると言える。

表 3.1.2-6 同一 DB で学習・評価を実施した場合の識別性能

	Training set: 走行映像 DB Test set: 走行映像 DB	Training set: 走行映像 DB (FY2015) Test set: 走行映像 DB (FY2015)	Training set: KITTI Test set: KITTI
TP rate	<b>0.839</b> (± 0.005)	0.765 (± 0.033)	0.660 (± 0.005)
TN rate	0.767 (± 0.015)	0.447 (± 0.036)	<b>0.831</b> (± 0.014)

表 3.1.2-7 は、学習に使用したデータセットとは異なる評価用データセットで評価した場合の識別性能、すなわち一般的な検出器を学習するための学習用データセットとしての性能を示した結果である。評価用データセットは、性能評価試験において条件の同一性を確保するため、INRIA DB を使用した。表 3.1.2-7 において、走行映像 DB は、昨年度版のデータセットよりも、高い TP, TN rates を示す、すなわち検出器の学習に適したデータセットとなったことが示された。また、走行映像 DB は TP rate において比較 DB 中最高値となり、かつ、表 3.1.2-6 の TN rate と比較しても、KITTI DB と同等程度の性能低下となった。これらの結果より、走行映像 DB は、歩行者の正検出性能に関して、頑健性が高い学習用データセットになったと言える。

表 3.1.2-7 学習に使用したデータセットとは異なる評価用データセットで評価した場合の識別性能

	Training set: 走行映像 DB Test set: 走行映像 DB	Training set: 走行映像 DB (FY2015) Test set: 走行映像 DB (FY2015)	Training set: KITTI Test set: KITTI
TP rate	<b>0.855 (± 0.008)</b>	0.761 (± 0.056)	0.697 (± 0.021)
TN rate	0.591 (± 0.012)	0.445 (± 0.033)	<b>0.653 (± 0.034)</b>

### 3.1.3 走行映像データベースの性能比較評価のまとめ

構築されてきている走行映像データベースに対して、提案している評価方式の仕様書に基づいて、以下の性能比較評価を実施した。

評価項目 1. 周辺認識アルゴリズムの性能評価用データセットとしての評価

評価項目 2. 周辺認識アルゴリズムの学習用データセットとして評価

評価項目 3. 統計解析を用いたデータベースの性質（特性）評価

まず、評価項目 1 の周辺認識アルゴリズムの性能評価用データセットとしての性能比較評価では、走行映像データベースを検出の対象データとして使用することの優位性について、一般的な検出方式（HOG+SVM）を用いて、歩行者識別率等の比較を行った。検出成功の判定基準は、正解タグ領域に対する検出領域の面積比判定基準を使用し、仕様書から 0.64 とした。この方式は、検出方式を問わない評価が可能である。また、データベースの評価基準については、仕様書から **Precision: 適合率**（正解率。高い値ほど、誤検出が少ない）、**Recall: 再現率**（正例再現率。高い値ほど、検出漏れが少ない）、**F-measure: Precision, Recall** の調和平均を用いた。他のデータベースとの比較の結果において、絶対評価として **F-measure** の値が低いことから、高難易度なデータベースであると評価できた。また、相対評価として比較した他の既存のデータベースと **F-measure** が同程度の値であることから、既存データベースと同様な利用が可能と評価出来た。

次に、評価項目 2 の周辺認識アルゴリズムの学習用データセットとして性能比較評価においては、走行映像データベースを物体検出における学習データとして使用することの優位性について、一般的な特徴抽出（HOG feature）と学習（Linear SVM）を用いて、歩行者識別率等の比較を行った。その結果、他のデータベースとの比較において、絶対評価として **F-measure** 値が高く、相対評価としても **F-measure** に関して、他の既存のデータベースよりも高い値を示し、学習用のデータベースとしては、優良であると評価出来た。

さらに、評価項目 3 の統計解析を用いたデータベースの性質（特性）評価においては、多変量解析手法を用いてサンプル分布を可視化・比較することで、データベースに収録される映像の統計的性質を解析した。可視化に **LgDA** を適用(Logistic discriminant analysis)している。この可視化については、図から推測した傾向が、歩行者識別の判定結果と同様の傾向を示しており、性質を表す手法としての有効性が示されている。サンプル分布の可視化および識別実験の結果は、前景（物体）情報として「識別困難なラベル付き画像」が十

分に収録され、背景情報として様々な背景映像が収録できていると評価出来た。

なお、データベースの評価方式や統計解析については、自動車技術会 2016 春季大会 (2016/05/26 発表、論文集載録) や IEEE 19th Int. Conf. on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2016、2016/11/3 発表) に参加し、対外的な成果発表を行った。

## 付 録

本報告で実施した評価方式の仕様、および参考文献は、以降の項目①、および項目②の通りである。

### ① 走行映像 DB の評価方式仕様案

評価項目 1： 性能評価用データセットとしての評価
目的： 「物体検出手法の性能評価用データセット」として、所望の性能を有しているか評価する。
判定基準等： ・「一般に配布されている走行映像 DB」、または「物体検出手法の想定運用環境を再現する実計測データ」と比較する相対評価  ・物体検出の成否判定：入力画像毎に以下を判定後、DB 毎に集計する。 検出成功 (True positive: TP)，誤検出 (False positive: FP)， 検出漏れ (False negative: FN) - 物体検出の成否判定基準：画像上の面積比 下式を満足する場合は TP、それ以外は FP とする。 $(Th \leq r_o / r_i) \cap (Th \leq r_o / r_d)$ $\text{s.t. } r_o \leq \min(r_t, r_d)$ $Th: \text{ 任意の閾値 (default: 0.64)}$ $r_o: \text{ 検出結果と正解タグが重複する領域の面積}$ $r_i: \text{ 正解タグ領域の面積}$ $r_d: \text{ 検出結果領域の面積}$ ・相対評価用の基準値：Precision, Recall, F-measure ・基準値：値が低いほど、高難易度な評価用データセットとなる。 ただし、実計測データとの比較の場合は、同程度の値となるのが望ましい。
処理フロー： 1. 物体検出手法の学習 学習データ：任意の既存データセット等 ただし、評価に使用するデータセットは含まない。 2. 物体検出 入力データ：当該データセット、および比較評価用データセットの映像 出力データ：検出領域の画像内座標、および各領域の属性 (Ex. 歩行者) 3. 検出成否判定 入力データ：2. の出力データ、および正解タグデータ 出力データ：2. の出力データの検出成否判定結果 4. 評価値算出 入力データ：3. の出力データ、および正解タグデータ 出力データ：2. の入力データセットごとの Precision, Recall, および F-measure

評価項目 2 :

物体検出手法の学習用データセットとしての評価

目的 :

「学習用データセット」として、所望の性能を有しているか評価する。

判定基準等 :

・「一般に配布されている走行映像 DB」、または「物体検出手法の想定運用環境を再現する実計測データ」と比較する相対評価

・物体検出の成否判定 : 入力画像毎に以下を判定後、データセット毎に集計する。  
検出成功 (True positive: TP) , 誤検出 (False positive: FP) ,  
検出漏れ (False negative: FN)

- 物体検出の成否判定基準 : 画像上の面積比

下式を満足する場合は TP、それ以外は FP とする。

$$(Th \leq r_o / r_t) \cap (Th \leq r_o / r_d)$$

$$\text{s.t. } r_o \leq \min(r_t, r_d)$$

$Th$ : 任意の閾値 (default: 0.64)

$r_o$ : 検出結果と正解タグが重複する領域の面積

$r_t$ : 正解タグ領域の面積

$r_d$ : 検出結果領域の面積

・相対評価用の基準値 : Precision, Recall, F-measure

・基準値 : 値が高いほど、高検出性能を実現できる学習用データセットとなる。

処理フロー :

1. 物体検出手法の学習

入力データ : 当該データセット、および比較評価用データセットの撮影画像  
ただし、2. の検出に使用するデータセットは含まない。

2. 物体検出

入力データ : 評価用データセットの映像

出力データ : 検出領域の画像内座標、および各領域の属性 (Ex. 歩行者)

3. 検出成否判定

入力データ : 2. の出力データ、および正解タグデータ

出力データ : 2. の出力データの検出成否判定結果

4. 評価値算出

入力データ : 3. の出力データ、および正解タグデータ

出力データ : 2. の入力データセットごとの Precision, Recall, および F-measure

<p>評価項目 3 : 統計的手法を用いた DB の特性評価</p>
<p>目的 : 多変量解析手法を用いて、DB の特性（物体検出における、前景・背景の検出難易度等に関する傾向）を可視化し、かつ数値的に評価可能とする。</p>
<p>判定基準等 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 評価データ : 物体検出手法の学習データで張る非線形判別空間に射影する</li> <li>・ 非線形判別手法 : Logistic discriminant analysis (LgDA) 事後確率推定用の係数行列、および射影用係数行列を推定</li> <li>・ 判定基準 : 評価データが、多角形の辺、および面上に多く分布するほど、識別困難なサンプルを多く含む。 (事後確率が 50%前後の場合、識別が困難サンプル)</li> <li>・ 数値評価基準 : 識別性能評価値 (True positive (TP) rate, True negative (TN) rate)</li> </ul>
<p>処理フロー :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 係数行列の推定 入力データ : 評価項目 1、および評価項目 2 などの学習用データ 出力データ : 事後確率算出用の係数行列、および射影用係数行列</li> <li>2. 非線形判別空間への射影 入力データ : 評価項目 1、および評価項目 2 など検出結果 出力データ : 射影後のデータ</li> <li>3. 可視化 入力データ : 2. の出力データ 出力データ :  <ul style="list-style-type: none"> <li>- 背景と前景の 2 クラス識別の場合 第一成分の頻度分布図</li> <li>- 3 クラス識別 (Ex. 歩行者、自動車、背景) の場合 2D プロット図</li> <li>- 4 クラス以上の識別の場合 第二成分までの 2D プロット図、または第三成分までの 3D プロット図</li> </ul> * 状況に応じて、上記の出力図に事後確率の情報も色の濃淡等で付加する。 </li> <li>4. 数値評価 入力データ : 2. の出力データ (サンプル毎に推定した事後確率) 出力データ : 識別性能評価値 (閾値を 50%とした事後確率を基にした識別結果から算出)</li> </ol>

## ② 参考文献

- [1] K. Watanabe, K. Nomoto, and S. Kato.: Visualization of Object Image Database by using Logistic Discriminant Analysis. In: IEEE ITSC (Nov., 2016)
- [2] Dalal, N., Triggs, B.: Histograms of oriented gradients for human detection. In: CVPR. (2005)
- [3] Geiger, A., Lenz, P., Urtasun, R.: Are we ready for autonomous driving? the kitti vision benchmark suite. In: CVPR. (2012)

## 3.2 走行映像データの評価

### 3.2.1 前遠方監視画像に対する映像データの評価

走行映像データとして取得した画像データの品質を、画像認識に対して重要な特性である、解像度とコントラストに注目して評価を行う。

一般的に撮像光学系の特性としては、レンズ中心から周辺に向けて解像度の低下が発生する。人体であっても対象物として比較的大きな胴体や頭部は、解像度低下の影響を受けにくい。一方、前方監視用の画像認識においては、胴体・頭部のみで認識するのは、電柱や看板等の路側構造物との識別が困難である。従って、前方監視用の画像認識では胴体・頭部に加え、腕・足など比較的小さい、解像度の影響を受けやすい部分も含めて認識に用いるのが一般的である。

また、複数レンズを用いる撮像光学系では、強い光線がレンズに入射する特殊なシーンでは、各レンズの面で反射した光が乱反射し、画像全体の輝度を持ち上げたり、本来の画像以外の場所に光のスポットを作るなどのフレア・ゴーストを生じ画像品質を低下させることがある。走行時の撮像においては、対象物への光の当たり方、背景・周囲の明るさにより、画像に対する影響がどの程度あるのか検証する必要がある。

上記の様な影響を確認する為、取得した走行映像データから、対象物までの距離・角度について代表的な画像データを抽出し、基本的な画像品質を評価する。また特殊なシーンとして、撮像条件として①天候、②対象物の背景、③対象物に対する光の当たり方などの影響についても評価する。

#### (1) AEBS システムのセンシング範囲に基づく画像評価条件

歩行者の横断に対する AEBS として、図 3.2.1-1 の Euro NCAP 歩行者 AEBS プロトコルに示す様に、直線路で定速走行する車両にセンサが搭載され、歩行者を検出、ブレーキシステムを起動、減速から停止に至るシーンにおいて、必要とされる検出距離と角度範囲を検討する。



図 3.2.1-1 Euro NCAP 歩行者 AEBS プロトコル

日本の道路環境において、歩行者と車両の事故に繋がる、車両の走行速度範囲としては、表 3.2.1-1 国土交通省 平成 22 道路交通センサ旅行速度整理表（抜粋）に示す通り、一般道としては山地部の 50km/h 強として 60km/h までを、また低速側としては商業地区の

20km/h の範囲を考える。この範囲は、Euro NCAP でのテスト条件である 20～60km/h にも一致しており、歩行者 AEBS として妥当な範囲を示唆していると考ええる。

表 3.2.1-1 国土交通省 平成 22 年道路交通センサス旅行速度整理表（抜粋）<sup>\*1</sup>

道路種別	昼間 12 時間平均旅行速度 (km/h) (時間帯別交通量による加重平均)					
	DID *2 (商業地 域)	DID *2 (商業地域除 く)	その他 市街部	平地部	山地部	合計
一般国道（直轄）	24.3	30.1	35.7	45.0	51.3	35.9
一般国道（その他）	23.5	29.5	35.2	42.0	50.2	37.8
一般国道計	24.1	29.9	35.5	43.6	50.7	36.7
主要地方道（都道府県道）	21.4	24.0	31.3	38.5	41.7	31.1
主要地方道（指定市道）	20.6	23.4	34.4	27.3	21.5	21.7
主要地方道計	21.3	24.0	31.3	38.5	41.7	30.8
一般都道府県道	20.6	23.0	30.5	36.3	35.2	29.9
地方道計	21.0	23.6	30.9	37.5	38.5	30.4
一般道路計	22.4	26.1	33.2	40.3	44.2	33.3

\*1 出典：<http://www.mlit.go.jp/road/census/h22-1/>

\*2 DID : Densely Inhabited District (人口集中地区)

横断歩行者の移動速度を Euro NCAP にて定義している 5km/h の定速と考え、歩行者検出の開始と同時に、横断を開始するモデルを考える。乗用車での AEBS システムの一般的な性能として、表 3.2.1-2 システムパラメータと必要センシング範囲、図 3.2.1-2 検出・制動プロファイル、図 3.2.1-3 必要検出範囲の模式図に示す様に、停止時に方向者が車両中心に達するモデルにて、歩行者を検出する距離と角度範囲を求めた。

表 3.2.1-2 システムパラメータと必要センシング範囲

初速 (km/h)	検出遅れ (s)	作動遅れ (s)	検出－停止 (s)	停止距離 (m @9.8m/s <sup>2</sup> )	歩行者横位置 (m @5km/h)	角度 (°)
60	0.3	0.3	2.30	24.17	3.20	7.53
50	0.3	0.3	2.02	18.18	2.80	8.76
40	0.3	0.3	1.73	12.97	2.41	10.52
30	0.3	0.3	1.45	8.54	2.01	13.27
20	0.3	0.3	1.17	4.91	1.62	18.27

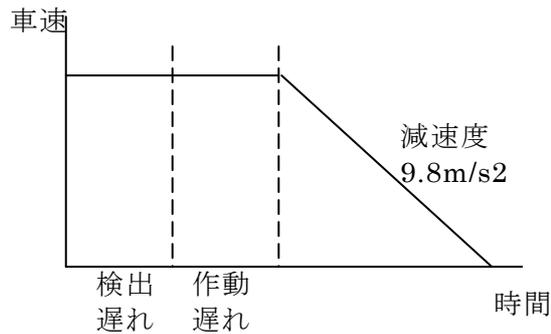


図 3.2.1-2 検出・制動プロファイル

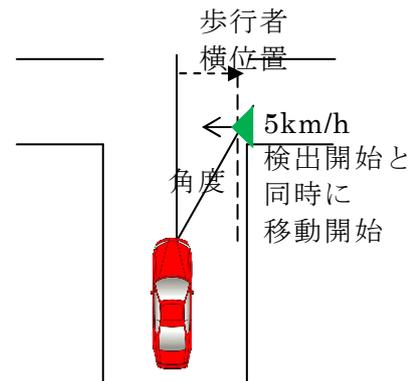


図 3.2.1-3 必要検出範囲の模式図

上記の検討結果より、距離 25m、角度 20 度までの範囲での検出を考慮した画質評価を実施する。また今回の全遠方カメラにより、歩行者脚部が約 2 画素となる、撮像可能な限界距離である、40～50m での画質を様々な環境条件で確認することで、限界条件での画質についても検討を行う。

歩行者 AEBS にて用いられる歩行者画像認識には様々な手法があるが、現状の機械学習による画像認識で一般的に用いられる HOG(Histogram of Oriented Gradients) 特徴量では、画像を数画素単位の小区画に区切り、その輝度輝度値の勾配ベクトルを用いる方法が用いられている。この特徴量では輝度値の勾配ベクトルを用いることから、認識画像としては特に対象物と背景のエッジ部分の明瞭さが重要な特性となる。

## (2) 画像品質の評価結果

表 3.2.1-3 評価画像の歩行者の距離・方位（通常環境：海老名 10 月 8 日）に示す様に、通常環境として、日射（順光）において AEBS システムとして重要な範囲となる距離（10m～25m）、角度（0 度～20 度）の画質を評価する。また、表 3.2.1-4 評価画像の歩行者の距離・環境条件（悪環境）に示す通り、悪環境における画質評価としては、コントラストが低下する天候（雪、曇天）、ダイナミックレンジで影響が大きい背景（圧雪、雨上がり、コンクリート）、日射（逆光、高輝度）での画像を用い、厳しい条件である 40m～50m の歩行者画像にて評価を行った（画像説明の No+6 桁の数値は用いた画像のフレーム番号を示す）。

画像品質評価の方法としては、256 階調白黒画像に変換した後、一般的な歩行者画像認識にて使用される HOG 特徴量の原理から、背景との輝度差と物体検出幅、Sobel フィルタ画像を評価する。画像処理のツールとしては、学術研究で一般的に使用される ImageJ（パブリックドメイン画像処理ソフトウェア<sup>\*3</sup>）を用いる。

\*3 開発元：米国 National Institutes of Health

歩行者と背景のコントラストは、対象画像の中で比較的細く、かつ背景が路面となり、安定的な評価が可能な歩行者脚部において、路面背景との輝度差を計測する。また、物体

幅としては輝度差の半値における脚部幅を計測する。(評価は各画像のオレンジラインに示す断面輝度を用いた) また、Sobel フィルタ画像としては、縦横方向に感度を持つ 3\*3 窓関数の自乗平均の画像にて、頭部、体部、脚部のエッジ出力を目視で 3 水準で評価した。

表 3.2.1-3 評価画像の歩行者の距離・方位 (通常環境 : 海老名 10 月 8 日 No110140)

元画像図番号	解析結果図番号	距離(m)	角度(度)
図 3.2.1-3	図 3.2.1-4	10	0
図 3.2.1-5	図 3.2.1-6	10	20
図 3.2.1-7	図 3.2.1-8	15	15
図 3.2.1-9	図 3.2.1-10	20	10
図 3.2.1-11	図 3.2.1-12	25	5

表 3.2.1-4 評価画像の歩行者の距離・環境条件 (悪環境)

元画像図番号	解析結果図番号	距離(m)	環境条件
図 3.2.1-13	図 3.2.1-14	50m	小樽 1 月 19 日 (降雪、昼間)
図 3.2.1-15	図 3.2.1-16	50m	尼崎 11 月 25 日 (降雨)
図 3.2.1-17	図 3.2.1-18	50m	札幌 1 月 22 日 (降雪、夜間)
図 3.2.1-19	図 3.2.1-20	40m	西川口 11 月 24 日 (雨上がり、濡れ路面)
図 3.2.1-21	図 3.2.1-22	45m	藤が丘 10 月 21 日 (コンクリート路面、軽逆光)
図 3.2.1-23	図 3.2.1-24	45m	藤が丘 10 月 21 日 (逆光、夕方)
図 3.2.1-25	図 3.2.1-26	45m	海老名 10 月 8 日 (逆光、昼間)
図 3.2.1-27	図 3.2.1-28	40m	米国 10 月 31 日 (明るい日射)



図 3.2.1-3 元画像 (10m、0°)

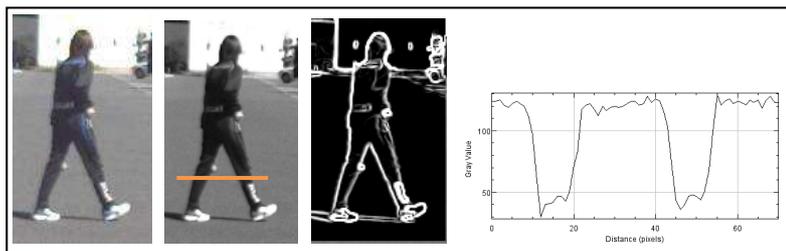


図 3.2.1-4 解析結果 (拡大、白黒、Sobel、断面輝度)



図 3.2.1-5 元画像 (10m、20°)

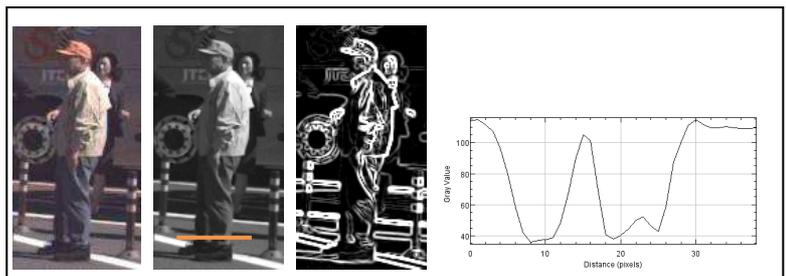


図 3.2.1-6 解析結果 (拡大、白黒、Sobel、断面輝度)



図 3.2.1-7 元画像 (15m、15°)

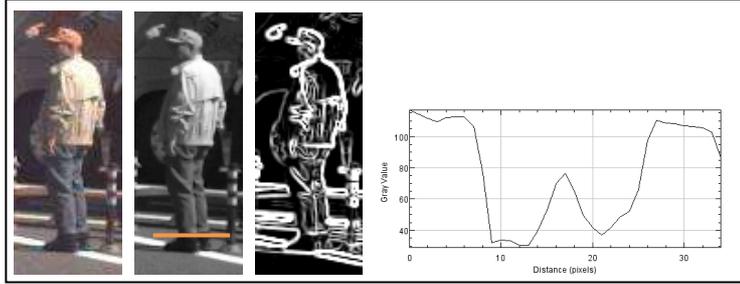


図 3.2.1-8 解析結果 (拡大、白黒、Sobel、断面輝度)



図 3.2.1-9 元画像 (20m、10°)

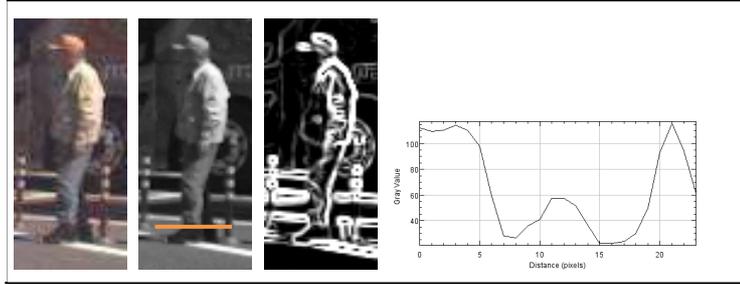


図 3.2.1-10 解析結果 (拡大、白黒、Sobel、断面輝度)



図 3.2.1-11 元画像 (25m、5°)

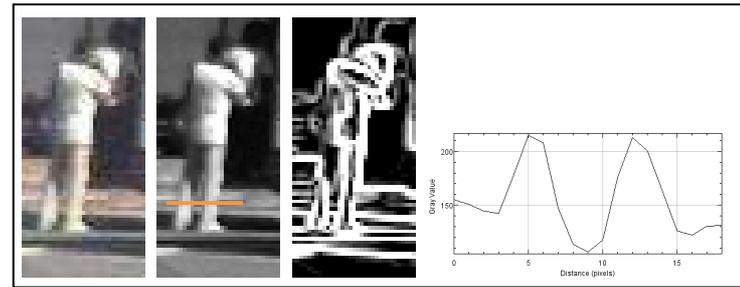


図 3.2.1-12 解析結果 (拡大、白黒、Sobel、断面輝度)



図 3.2.1-13 元画像 (No153723)

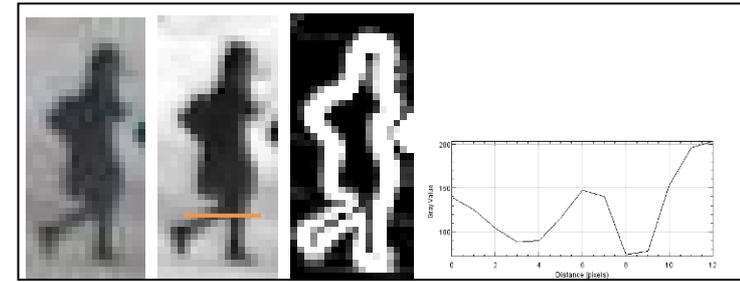


図 3.2.1-14 解析結果 (拡大、白黒、Sobel、断面輝度)



図 3.2.1-15 元画像 (No143706)

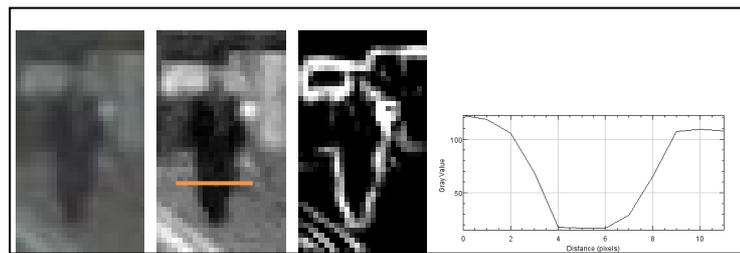


図 3.2.1-16 解析結果 (拡大、白黒、Sobel、断面輝度)



図 3.2.1-17 元画像 (No181100)

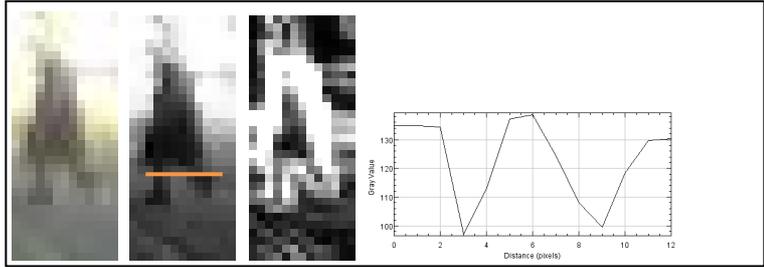


図 3.2.1-18 解析結果 (拡大、白黒、Sobel、断面輝度)



図 3.2.1-19 元画像 (No070701)

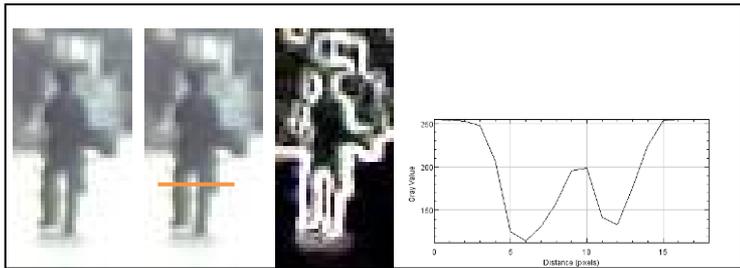


図 3.2.1-20 解析結果 (拡大、白黒、Sobel、断面輝度)



図 3.2.1-21 元画像 (No170156)

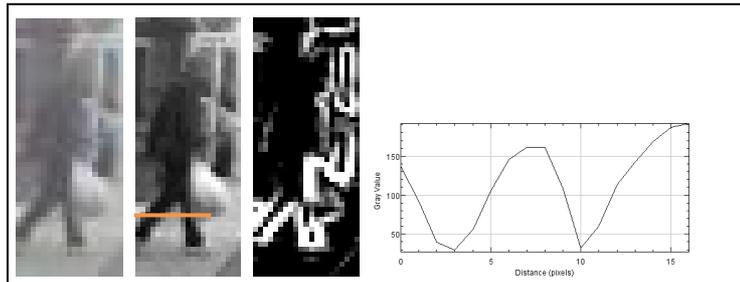


図 3.2.1-22 解析結果 (拡大、白黒、Sobel、断面輝度)



図 3.2.1-23 元画像 (No164828)

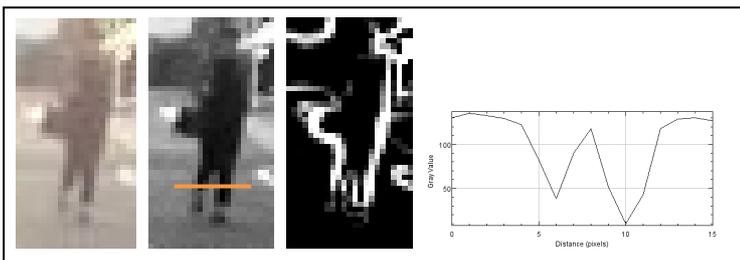


図 3.2.1-24 解析結果 (拡大、白黒、Sobel、断面輝度)



図 3.2.1-25 元画像 (No145534)

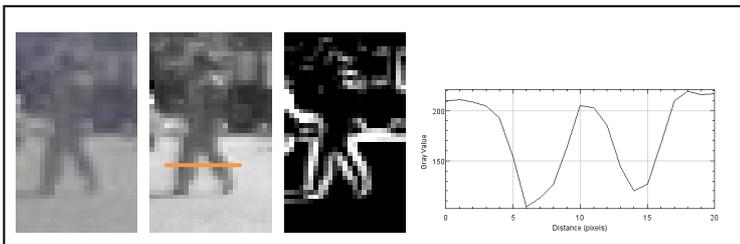


図 3.2.1-26 解析結果 (拡大、白黒、Sobel、断面輝度)



図 3.2.1-27 元画像 (No030346)

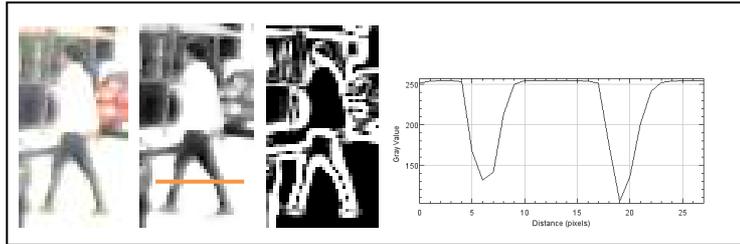


図 3.2.1-28 解析結果 (拡大、白黒、Sobel、断面輝度)

### (3) 撮像画像品質の評価結果 (まとめ)

表 3.2.1-5 撮像画像品質の評価結果 (通常環境) に示す通り、システムの歩行者 AEBS として重要な意味を持つ範囲での画像品質は良好であることが確認出来た (Sobel 評価総合は各部位の判断を、高=3、中=2、低=1 として、総合 9~3 で数値化した)。

表 3.2.1-5 撮像画像品質の評価結果 (通常環境)

距離 (m)	角度 (°)	脚部幅 (画素)	コントラスト (LSB)	Sobel (高、中、低)			
				頭部	体部	脚部	総合
10	0	10	80	高	高	高	9
10	20	9	80	高	中	低	6
15	15	6	80	高	高	中	8
20	10	4	80	高	高	高	9
25	5	4	70	中	高	中	7

表 3.2.1-6 撮像画像品質の評価結果 (悪環境) に示す通り、距離的に厳しい 40-50m での画質評価にて、脚部の画素幅・コントラストについては、対象物との距離に応じた性能範囲を維持しているものの、Sobel エッジ画像の評価では、逆光条件において路面以外の背景に対するエッジが出にくくなる傾向が見られた。これらの画像においては、元画像の確認でも強い光源の映り込みにより、白浮き (画像全体の輝度値上昇) やレンズフレア (暗部への光の漏れ) が発生しており、対象物と背景の境界でのエッジが不明確に成る傾向の画像になっていることが想定される。

表 3.2.1-6 撮像画像品質の評価結果（悪環境）

距離 (m)	環境条件	脚部幅 (画素)	コントラスト (LSB)	Sobel（高、中、低）			
				頭部	体部	脚部	総合
50	小樽(降雪、昼間)	2	70	高	高	高	9
50	尼崎(降雨)	5(両足)	80	中	中	中	6
50	札幌(降雪、夜間)	2	30	高	高	高	9
40	西川口(雨上がり、濡れ路面)	3	60	高	高	高	9
45	藤が丘(コンクリート路面、軽逆光)	3	130	低	中	高	6
45	藤が丘(逆光、夕方)	2	60	低	中	中	5
45	海老名(逆光、昼間)	3	70	低	低	高	5
40	米国（明るい日射）	3	110	中	高	高	8

以上、通常環境・悪環境における撮像画像の討結果より、画像品質は歩行者 AEBS 用の画像認識として一定の品質を確保しており、機能開発・研究用として必要な品質を確保していることが確認出来た。その一方、逆光シーンでは対象物と背景の境界でのエッジが不明確になる傾向が確認され、限られた走行映像の撮像では、全ての走行環境を網羅することが難しいと言うことも明らかになった。今後求められる高度なセンシングに対しては、外乱を含めた高度な画像シミュレーションの技術により、網羅的な性能評価の実現が期待される。

### 3.2.2 全周囲監視画像に対する映像データの評価

#### (1) 全周囲監視画像に対する映像データの評価の目的

平成 27 年度に実施したデータ収集車両による映像データ収集について、映像収集車両の前後左右各々 1 台ずつ搭載した車両周辺監視カメラによる映像が、車両周辺センシングシステムの開発として有用であるかを評価することを目的とする。

#### (2) 評価対象映像データ

開発対象センシングシステムを車両周辺の比較的近距离に存在する、歩行者や車両など移動体をセンシングするシステムと想定する。従って、比較的車両近傍に多数の歩行者が存在するシーンと、車両近傍を他車両が通過するシーンを評価対象映像として選定した。

評価用データは、車両近傍に多数の歩行者が存在するシーンを代表して、市街地（川口：2015 年 12 月 4 日 12 時 35 分付近）の映像データを評価用映像として用いた（図 3.2.2-1）。



図 3.2.2-1 車両近傍に多数の歩行者が存在するシーン

また、車両近傍を他車両が通過するシーンを代表して、高速道路サービスエリア（海老名：2015年10月8日 14時54分付近）の映像データを用いた（図 3.2.2-2）。



図 3.2.2-2 車両近傍を他車両が通過するシーン

### (3) 映像変換

評価の方法として、魚眼映像である周辺監視カメラの映像を、円筒変換による映像変換を行い、変換後の画面上の座標位置が正常であるか否かで判断した。図 3.2.2-3 に映像変換の基本原理を示す。

### ■ 画像変換の基本原則

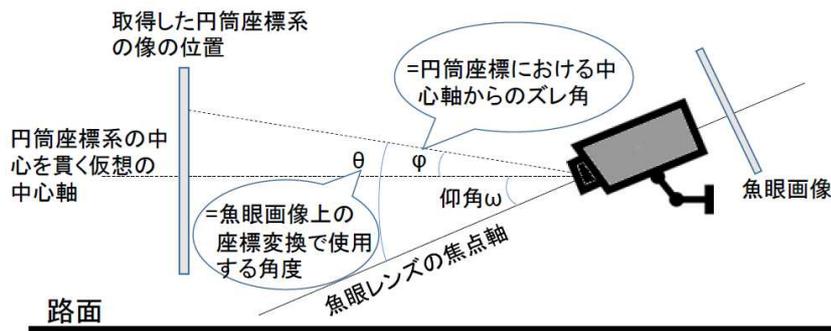


図 3.2.2-3 映像変換の基本原則

映像変換方式は、円筒座標上の任意の点（中心からのズレ角  $\phi$ ）の画像を得る際に、地平線への仰角  $\omega$  を加算した  $\theta$  ( $=\phi+\omega$ ) に対応する魚眼画像上の座標から得ている。映像変換後の映像上の地平線の位置は、 $f \times \tan(\omega)$  により求まる ( $f$ : 焦点距離)。図 3.2.2-4 にその原理を示す。なお、平成 27 年度の映像収集車両に搭載した周辺監視カメラの前方カメラは、 $f=462.338384$ 、 $\omega=29.614^\circ$  であった。



図 3.2.2-4 円筒変換の地平線位置算出原理

### (4) 評価結果

車両近傍に歩行者等が存在するシーンのサンプル（サンプル 1）として、図 3.2.2-5 に変換前後の映像を示す。

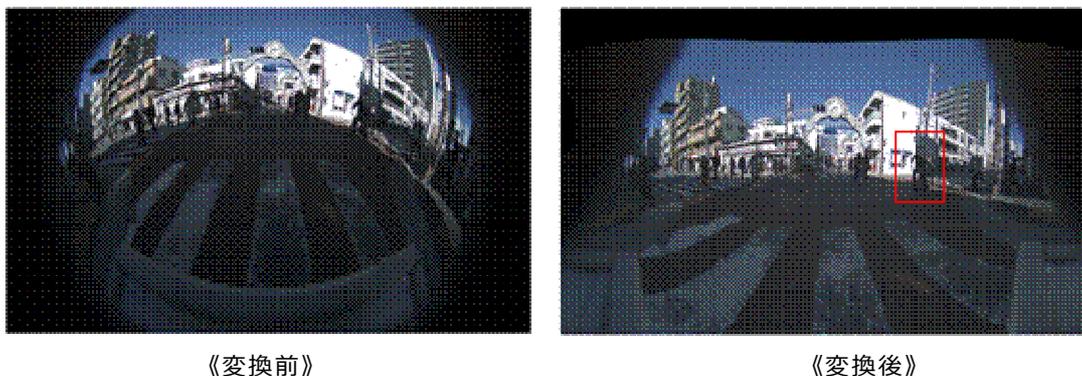


図 3.2.2-5 車両周辺監視カメラ（前方）の円筒変換前後の映像比較（サンプル 1）

ここで、図 3.2.2-5 に矩形で示した自転車について、縦横ピクセル比で比較を行う。比較対象は、円筒変換後の画像と、前遠方監視カメラの画像である（図 3.2.2-6）。

図 3.2.2-6 において、それぞれの画像ピクセルの縦横比を計算で求め、両者を比較する。ピクセル数を確認した結果、周辺監視カメラは、高さが 119 ピクセル、幅が 54 ピクセルとなった。また、前遠方カメラは、高さが 374 ピクセル、幅が 158 ピクセルとなった。高さとの幅の比は、周辺監視カメラが 2.2037、前遠方カメラが 2.2167 となる。値の一致率は 99.4% であり、正確に一致していると言える。



図 3.2.2-6 周辺監視カメラと前遠方カメラの対象物矩形映像比較（サンプル 1）

次に、車両近傍を他車両が通過するシーンのサンプル（サンプル 2）を図 3.2.2-7 に示す。

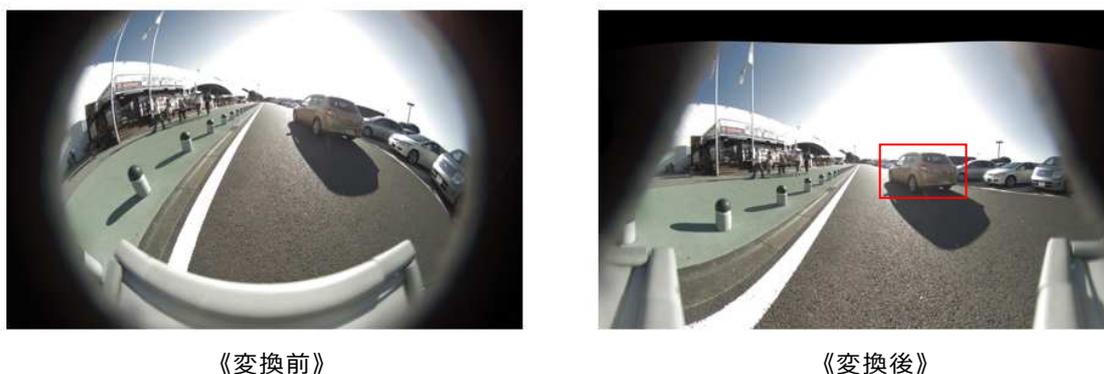


図 3.2.2-7 車両周辺監視カメラ（前方）の円筒変換前後の映像比較（サンプル 2）

サンプル 1 と同様に、図 3.2.2-7 の矩形で示した自動車について切り出し、周辺監視カメラと前遠方カメラの画像を比較した。比較した結果を図 3.2.2-8 に示す。

ピクセル数を確認した結果、周辺監視カメラは、高さが 95 ピクセル、幅が 54 ピクセルとなった。また、前遠方カメラは、高さが 374 ピクセル、幅が 158 ピクセルとなった。高さとの幅の比は、周辺監視カメラが 0.5568、前遠方カメラが 0.5523 となる。値の一致率は 99.2% であり、正確に一致していると言える。



図 3.2.2-8 周辺監視カメラと前遠方カメラの対象物矩形映像比較（サンプル 2）

サンプル 1、2 の両方の結果を見ても、車両周辺監視カメラの魚眼特性は正常であり、車両周辺センシングシステム開発へ有用であると言える。

#### (5) まとめ

平成 27 年度に取得した車両周辺監視カメラの映像は、車両周辺センシング開発に十分有用である。

課題としては、前遠方カメラ映像を基にしたタグ付け技術開発が、そのまま車両周辺監視カメラ映像に適用できるか、あるいは新たに車両周辺監視カメラ用としてタグ付け技術開発を行う必要があるのか検討することである。また、車両周辺監視カメラと同期したレーザレンジセンサのデータも用いて、カメラとレーザレンジセンサとのセンサフュージョン開発に応用できるか検討することも、今後の課題となる。

### 3.2.3 評価用サンプルデータの作成

#### (1) サンプルデータ作成仕様

評価用サンプルデータの作成に当り基本的な考え方としては、本走行映像データベースの特徴である歩行者や自転車が含まれる撮像データを中心とし、正検知の向上に資する映像データとして、日本国内の様々な地域（関東、中部、関西、観光地等）や沿道にあるのぼりや看板等の路側物を歩行者と誤検知する可能性のある映像データの 2 種類を含めた映像データを対象とした。

具体的には、平成 27 年度に実施した手動タグ付け編集作業のデータから表 3.2.3-1 に示す通り映像数 884 を抽出した。対象区分内訳としては市街地 709、寒冷地 63、観光地 39、駐車場 3、一般道 25 及び海外 45 の映像データとした。

また、映像データに含まれる様々な環境条件として、日中と夜間の割合は、昼約 8 時間及び夜約 2 時間の合計約 10 時間分であるとともに、晴、曇、雨及び雪の様々な天候を含む連続したフレームからなる静止画像（JPEG 形式）がある。

表 3.2.3-1 手動タグ付け編集作業・タグ情報確認作業のデータ対象

対象区分	地域	日時	天候	映像数	
市街地 映像数：709 関東：232 中部：367 関西：110  昼 5 時間 38 分 夜 1 時間 34 分	(関東) 東京都国分寺市	10 月 29 日：朝→昼	曇	60	
	(関東) 埼玉県川口市西川口	11 月 24 日：朝→昼	晴・曇	43	
	(関東) 埼玉県草加市	11 月 25 日：朝→昼		129	
	(中部) 愛知県名古屋市名東区 藤が丘	10 月 21 日：昼	晴	81	
		10 月 21 日：夜		85	
		11 月 25 日：朝→昼	曇・晴	157	
	(中部) 愛知県名古屋市中区金山	10 月 23 日：夜	晴	32	
	(中部) 愛知県名古屋市千種区 今池	11 月 24 日：昼	曇・晴	12	
		(関西) 大阪府豊中市	10 月 28 日：昼	晴	6
			11 月 24 日：朝→昼	曇	17
(関西) 兵庫県尼崎市	11 月 25 日：朝→昼	晴・曇	87		
寒冷地 映像数：63 昼：28 分 夜：28 分	(北海道) 小樽市	H27 年 1 月 19 日：昼	雪	16	
		H27 年 1 月 19 日：夜	雪	33	
	(北海道) 札幌市	H27 年 1 月 22 日：昼	雪	13	
		H27 年 1 月 22 日：夜	雪	1	
観光地 映像数：39 昼：66 分 夜：8 分	(関東) 神奈川県鎌倉市	10 月 3 日：夜	晴	4	
		11 月 7 日：朝→昼	曇・晴	25	
	(関西) 京都府京都市	12 月 5 日：昼	晴	10	
駐車場 3 昼：7 分	(関東) 東名高速海老名 SA	10 月 8 日：昼	晴	3	
一般道 25 昼：20 分	(関西) 国道 1 号	11 月 27 日：朝→昼	晴	10	
	(関西) 山岳道	11 月 26 日：昼	雨・曇	15	
海外 45 昼：17 分	(米国) マイアミ <観光地域>	10 月 23 日~11 月 3 日：昼	晴	45	

## (2) データ内容及び電子媒体のフォルダ構成

図 3.2.3-1 に評価用サンプルデータを電子媒体に格納する際のフォルダ構成イメージ図を示す。上記で示した映像数 882 毎に対応した撮像時間をフォルダ名としたシーンフォルダがあり、直下には表 3.2.3-2 に示す 11 種類のフォルダが構成される。

- 一例として、市街地（関東）東京・国分寺10月29日を示す。シーンフォルダ以下のデータ構造は同一とする。
- 寒冷地、駐車場、観光地、一般道、海外の各フォルダの階層化の書式は、同様ため詳細は省略する。

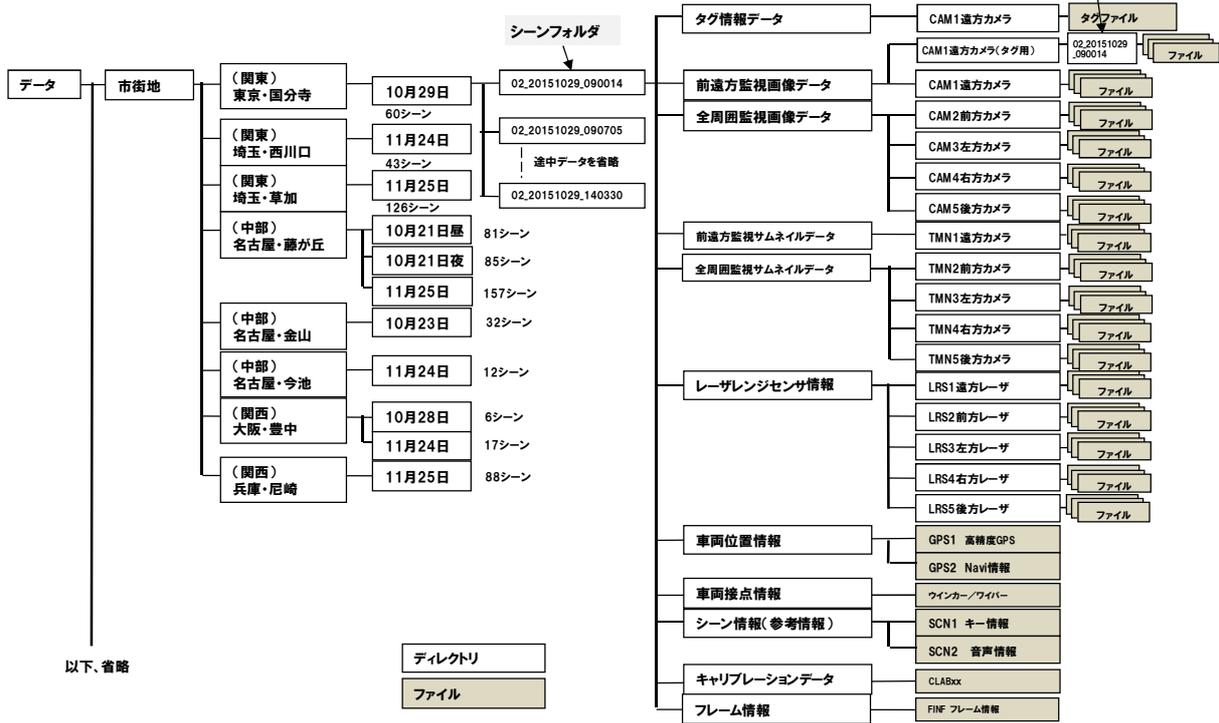


図 3.2.3-1 評価用サンプルデータの電子媒体のフォルダ構成イメージ図

表 3.2.3-2 映像データ毎のシーンフォルダ内容

フォルダ名	内容	備考
タグ情報データ	前遠方監視カメラ（画角約 90°）の映像データに対応したタグ付けデータ（XML 形式）	走行映像データベースのタグ付け技術開発仕様に準拠
前遠方監視画像データ	前遠方監視カメラ（画角約 90°）の映像データ（JPEG 形式）	
全周囲監視画像データ	全周囲監視カメラ（画角約 180°）の前後左右に設置された 4 台の映像データ（JPEG 形式）	直下に前方／左方／後方／右方のカメラフォルダ配置
前遠方監視画像サムネイルデータ	前遠方監視カメラ（画角約 90°）の映像データ内容を理解するために用意した 1 秒毎の画像データ（JPEG 形式）	
全周囲監視画像サムネイルデータ	全周囲監視カメラ（画角約 180°）の前後左右に設置された 4 台の映像データ内容を理解するために用意した 1 秒毎の画像データ（JPEG 形式）	直下に前方／左方／後方／右方のサムネイルフォルダを配置
レーザレンジセンサ情報	5 台のカメラで撮像された対象物までの距離情報の収集を目的としたレーザレンジセンサ情報（独自形式：SICK 製） ・前遠方監視レーザレンジ：スキャン範囲約 85° ・全周囲監視レーザレンジ（前後左右）：スキャン範囲約 190° ファイル単位：50 フレーム／秒を 1 分間毎にまとめた距離情報	直下に前遠方／前方／左方／後方／右方のレーザレンジセンサフォルダを配置
車両位置情報	車両に搭載された 2 種類の GPS 情報 ・GPS1：高精度 GPS 情報（NMWA0183 準拠、10 フレーム／秒、CSV 形式） ・GPS2：ナビゲーション情報（緯度・経度、高度、車両速度、車両方位、1 フレーム／秒、CSV 形式）	
車両接点情報	車両状況を認識補助するための接点情報 ・ウィンカ情報（ON/OFF） ・ワイパ情報（ON/OFF）	
キャリブレーション情報	車両座標に対するカメラやレーザレーダセンサの取付け座標、カメラ用レンズ歪補正データなどを含む	車両毎に固有データを格納
フレーム情報（参考情報）	画像 RAW データのフレーム毎のヘッダ情報を集めた付属情報	
シーン情報（参考情報）	車両が収集した 2 種類のテキスト情報 ・キー情報：キーボードから入力された固定情報（車線数等の道路状況や天候等） ・音声情報：操作員の発話情報をテキスト形式にした情報（対象物、場所、行動などの状態を示す情報）	

### (3) 添付ツールの概要

表 3.2.3-3 に評価用サンプルデータに添付した走行映像データベースの技術開発成果である各種のツール類を示す。

表 3.2.3-3 添付ツールの概要について

項目	内容	備考
手動タグ付け GUI ツール	前遠方監視画像データ（JPEG 形式）に対するタグ付け情報（XML 形式）の表示ビジュアルツールであり、フレーム毎の対象物の ID や属性情報等を目視確認が可能である。	OS : Windows7 準拠の PC アプリケーションソフトウェア
走行映像データビューアルツール	前遠方監視画像データ（JPEG 形式）、後左右 4 台の全周辺監視画像（JPEG 形式）の 5 カメラの画像データ及び前遠方監視レーザセンサデータ、後左右 4 台の全周辺監視レーザセンサデータを各々表示するビジュアルツールであり、利用者が電子媒体に含まれる走行環境シーンから撮像されたシーン情報等を目視確認が可能である。	OS : Windows7 準拠の PC アプリケーションソフトウェア

### (4) まとめと今後の課題

走行映像データベースの評価に係り開発検討会等において、評価用サンプルデータに対する要望事項やコメント等があり、今後の課題としてタグ付け技術開発へのフィードバック事項を表 3.2.3-4 に示す。

表 3.2.3-4 評価用サンプルデータに対する要望事項やコメントのまとめ

項目	内容	備考
タグ情報データ	<ul style="list-style-type: none"> <li>対象物までの距離情報の追加：平成 28 年度タグ付け技術開発項目であり、自動タグ付け結果に対する距離情報データの提供は可能である。</li> <li>路側物の追加：既存システムで導入されている交通標識等の路側対象物の追加要望がある。</li> <li>ヒヤリハットデータの追加：ニアミスや事故のシーンが含まれていないため、研究開発フェーズ利用範囲は高いが、製品開発を行う開発現場において、安全系システムの適用範囲が限られる可能性がある。</li> </ul>	
走行映像データビューアルツール	画像データに対して、レーザレンジセンサ情報の重畳表示機能の追加が必要。	

### 3.3 走行映像データベースの質や量及び多様性に関わる評価

#### 3.3.1 データベースの評価 1

(レーザーレンジセンサによる基準距離情報付加の有効性評価、画像データの平均輝度のバリエーション評価)

下記の2つを評価対象として選択した。

- ・画像明暗（昼、夜、影等）による認識率変化評価（画像データの平均輝度のバリエーション評価）
- ・レーザーレンジセンサによる基準距離情報付加の有効性評価

下記に示す(1)項及び(2)項において、共通する記載内容である①評価方針及び②評価内容は(1)項において記載し、(2)項は重複するため割愛する。

#### (1) 画像データの平均輝度のバリエーション評価

##### ① 評価方針

画像明暗の評価では、画像の明暗（昼、夜など）と歩行者検出性能との関係を定量評価する。また距離付加評価では、画像だけから歩行者を検出する手法と、距離情報を付加して誤検出判定を入れた手法を比較し、距離情報付加による効果を検証する。

上記の評価は既存の歩行者検出手法を複数種類適用することで実施し、アルゴリズム開発に適しているかどうかの観点から、画像 DB、タグ付け、距離情報付加の方法などデータベースそのものに関する評価や改善すべき点の抽出も行う。なお、複数手法は特徴量を用いた古典的手法、最近の手法、Deep learning に基づく手法から選択する。

##### ② 評価内容

ここでは、評価用に準備したデータベース、評価に用いた手法の概要と人物検出のための学習に用いたデータベースについて説明する。

##### (i) 評価用データの準備

昼夜および距離付加による影響の定量評価を行うため、昼と夜の両方があり歩行者が含まれるシーン約 100 シーンを抽出し、正解のデータのタグ付けをやり直し正解値がそろった評価用データベースを構築する。正解のそろったデータを利用することで、正解値に対する昼夜及び手法別認識率を数字で評価可能とする。選択シーン、枚数、正解値、評価の対象とした枠の数は下記である。なお、正解アノテーションは目視で人物をわかるものすべてに枠をつけており隠れている部分は人物と想定できる大きさで枠をつけている。タグ付けの例を図 3.3.3-1 に示す。

- ・ 選択シーン：「名古屋藤が丘」の10月21日のデータ
- ・ 枚数：昼103枚、夜105枚（合計208枚）
- ・ 正解値：上記の画像に含まれる歩行者を目視でアノテーションして正解値を作成  
正解アノテーションの数：昼264枠、夜438枠（合計702枠）  
検出評価対象（高さ50画素以上）の数：昼190枠、夜386枠



図 3.3.1-1 正解タグ付けの画像例（左は隠れ無し、右は隠れありの例）

## (ii) 画像明暗の評価

ここでは評価に用いた手法について説明する。

画像明暗の評価は、古典的手法、最近の手法、Deep learning に基づく手法を複数適用し、手法別に昼と夜の画像の認識率を比較、評価できるようにする。これにより、今回の画像データベースを手法や特徴量別に昼夜にどのような特質があるのかの評価や考察を可能とする結果を定量的なデータに基づき議論できる状態とする。

評価に用いる手法は次のとおり。

- ・ 古典的手法
- ・ DPM： Deformable Part Models（歩行者の形状に基づく手法）最近の手法
- ・ ACF： Aggregate Channel Features（比較的高精度かつ高速であり実用的な手法）
- ・ LDCF： Locally Decorrelated Channel Features（ACFを高精度にした手法）
- ・ Deep Learning を用いる手法
- ・ Faster R-CNN（歩行者検出ベンチマークの上位の手法、コード公開あり）

また、各手法の概要と、それぞれの手法を説明する図を図 3.3.1-2～4 に示す。

### a) DPM

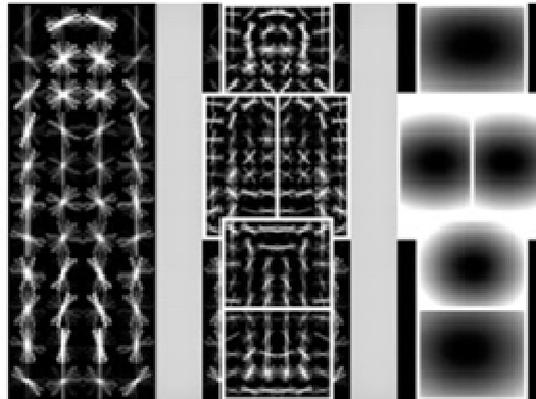
DPM は、物体全体及び複数のパーツの組み合わせで物体を表現し、各パーツの勾配特徴の尤度と、それらの位置関係をもとに検出を行う手法である。体に対して腕や足などの人体パーツの移動を許容する検出法なので、姿勢の変化に頑健であると言われている。

b) ACF / LDCF

ACFやLDCFは、Channel Features と呼ばれる手法の一種であり、色や勾配特徴など複数チャンネルの特徴量を求めておき、それから歩行者検出に有効な特徴を AdaBoost により取捨選択を行うことで、高速かつ高精度な検出を可能にしている。

c) Faster R-CNN

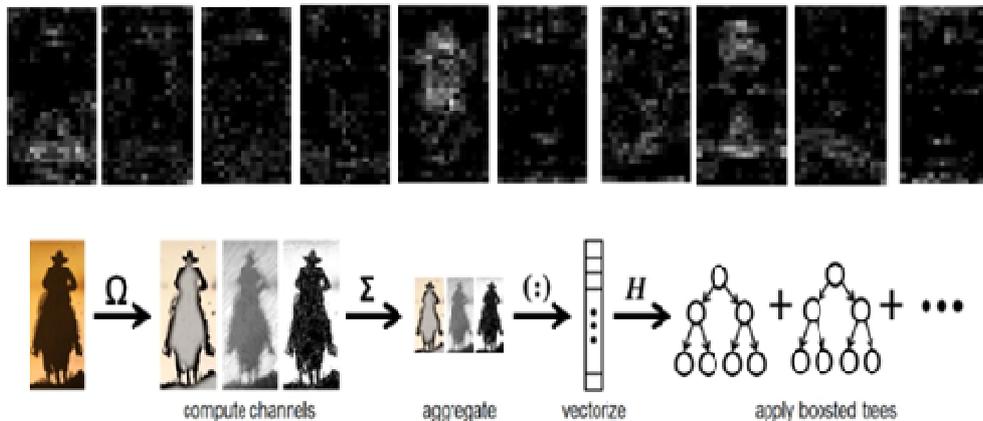
前述の三つの手法は、画像に対し様々な大きさのウィンドウスキャンを行って物体検出を行うのに対し、Faster R-CNN は Region Proposal Network という仕組みにより、物体候補位置を抽出したうえで、それらの領域が何であるかを認識するネットワークにより、何がどこにあるのかを認識できるものである。Faster R-CNN は学習データがあれば複数種類の物体を同時に検出することが可能であるが、今回はそのうち歩行者クラスの出力だけを利用する。



左：人物全体の特徴量、中：各パーツの特徴量、右：各パーツの移動の許容範囲

(出典) P. Felzenszwalb, R. Girshick, D. McAllester, "Cascade Object Detection with Deformable Part Models", IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2010

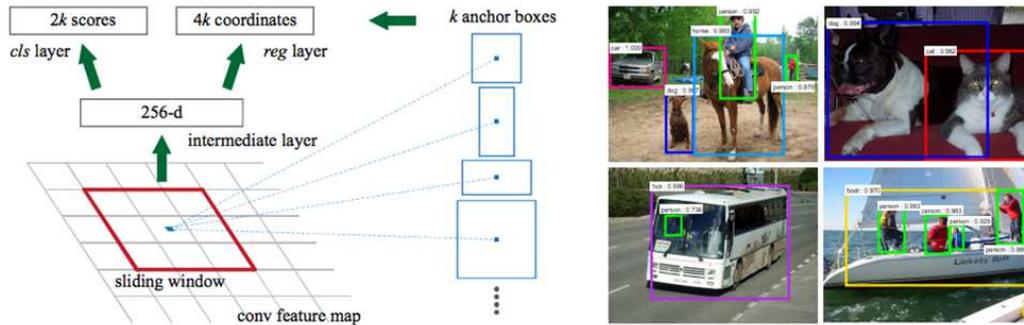
図 3.3.1-2 DPM 手法の説明



上：10 種類の異なる特徴量の例、下：Adaboost にて抽出する様子

(出典) P. Felzenszwalb, R. Girshick, D. McAllester, "Cascade Object Detection with Deformable Part Models", IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2010

図 3.3.1-3 ACF/LDCF 手法の説明



左：画素情報をさまざまなサイズ・変形に対応して学習する様子  
 右：さまざまな大きさ・変形に対応して検出できている例

(出典) Shaoqing Ren, Kaiming He, Ross Girshick, Jian Sun, “Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks, Neural Information Processing Systems (NIPS), 2015

図 3.3.1-4 Faster R-CNN 手法の説明

(iii) 学習に用いたデータベース

検出器は、それぞれの手法の開発元が公開している学習済みモデルを利用する。表 3.3.1-1 にどの検出器がどのデータセットで学習したのかをまとめる。各検出器は、それぞれ表 3.3.1-1 に挙げたデータセットで学習した学習済みモデルが著者らにより Web 上で公開されており、ある程度性能が出ており、かつ、容易に利用可能である。

表 3.3.1-1 各手法の学習に用いたデータセット

検出器	学習に用いたデータセット
DPM	INRIA Person Dataset
ACF	Caltech Pedestrian Detection Benchmark
LDCF	Caltech Pedestrian Detection Benchmark
Faster R-CNN	PASCAL VOC

③ 評価結果

ここでは 4 つの手法を昼と夜のデータに適用したときの認識結果をまとめる。

まず表 3.3.1-2 に、昼夜のデータに対して各手法を適用し、Caltech Pedestrian Detection Benchmark と同様の評価方法で算出した平均 Miss Rate をまとめる。Caltech Pedestrian Detection Benchmark では、正解枠の高さが 50 画素以上の歩行者（昼 190 枠、夜 386 枠）に対し、検出結果が正解枠と 50%以上重複していれば検出成功であると判定する。平均 Miss Rate の計算には、まず各手法において検出の閾値を変化させ、画像 1 枚あたりの誤検出数（False Positives Per Image; FPPI）に対するその時の未検出率（Miss Rate）を求める。これらを昼のデータ、夜のデータのそれぞれにおいてプロットしたグラフを図 3.3.1-5 に示す。このグラフにおいて、FPPI の値を  $10^{-2}$  から  $10^0$  の範囲で 9 段階に変化させ、その時の Miss Rate を平均することで、平均 Miss Rate が求まる。Miss Rate であるので数が小

さい方が認識率は良いと解釈すればよい。また、昼夜の認識結果の画像例も参考として図 3.3.1-2 に示す。

表 3.3.1-2 各手法における昼と夜の評価結果（平均 Miss Rate）

手法名	昼 (%)	夜 (%)
DPM	65	67
ACF	74	84
LDCF	71	79
Faster R-CNN	72	77

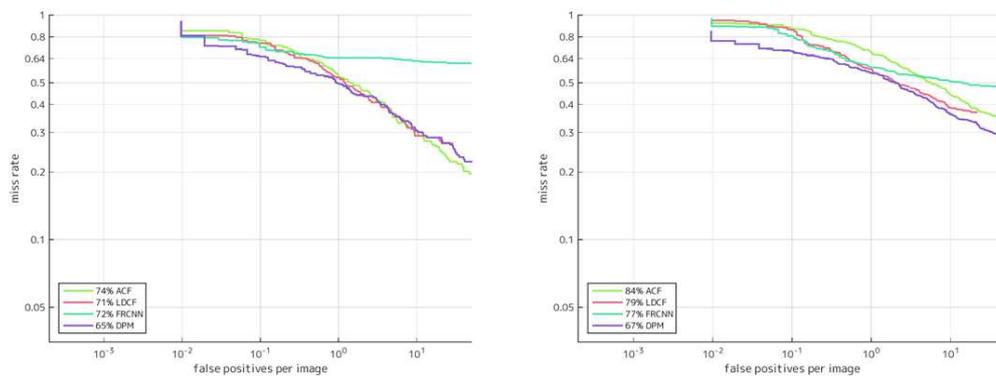


図 3.3.1-5 昼夜の Miss Rate 評価のグラフ（左：昼、右：夜）

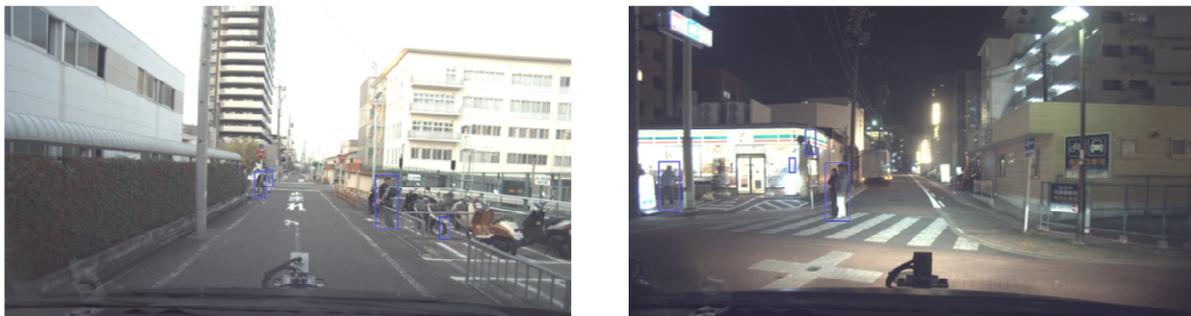


図 3.3.1-6 昼夜の認識結果の例（DPM の場合、青枠：認識結果、左：昼、右：夜）

#### ④ まとめ

- ・ 認識率は DPM が最も良かった。
- ・ 昼間のデータの認識率の方が高かった。
- ・ Caltech Pedestrian Dataset と比較すると認識率が低い（DPM(LatentSVM-V2) 63%, ACF 44%, LDCF 25%）。
- ・ Caltech Pedestrian Japan Dataset と比較すると認識率は同等（DPM(LatentSVM-V2) 74%, ACF 69%）。
- ・ それぞれ 100 枚ずつだけの評価結果のため必ずしも常に言えるとは言い切れない。

- ・バリエーションとしてはさまざまな歩行者が写るように画像選択した。
- ・手法による差があまり出なかったのはどの手法も検出できる簡単な歩行者やどの手法でも出来ない難しい歩行者であった。
- ・中間程度の難しさの歩行者を含めるためには、多数の画像の中からそういった歩行者を含む画像を多数選び出しアノテーションの付与が必要である。

## (2) レーザレンジセンサによる基準距離情報付加の有効性評価

### ① 評価結果

ここでは先にまとめた4つの手法を適用したときの画像認識の結果に対し、昼と夜それぞれの結果に対し、1層の周辺監視レーザレンジセンサによる距離情報付加における誤検出低減の効果を調べた結果を纏める。

### ② レーザレンジセンサとカメラの同期

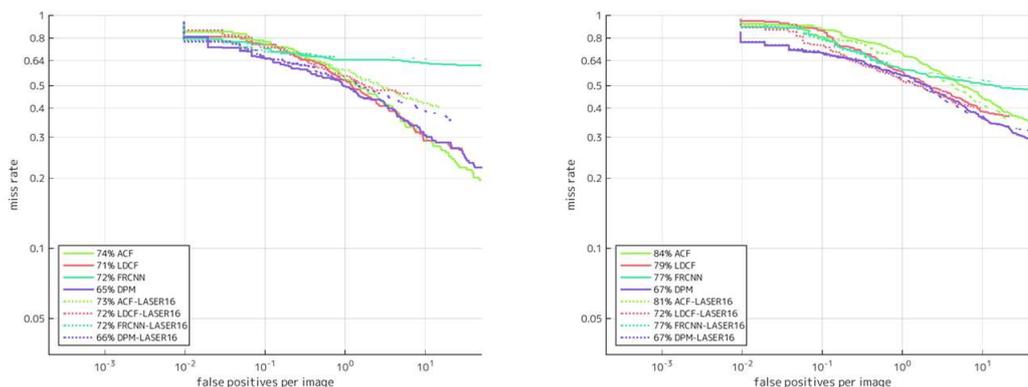
今回の評価で用いたレーザレンジセンサは、mm単位16bitの距離値が計測可能なものであり、50Hzで動作している。一方、画像の撮影は60fpsで行われているため、厳密には画像の撮影タイミングとレーザレンジセンサのスキャン時刻が異なるため、それらの対応付けをする必要がある。今回は、画像が観測された時刻の直前に観測されたレーザレンジセンサの観測値を対応する観測結果として用いた。画像は約17ミリ秒、センサは約20ミリ秒間隔で観測されていることから、この対応付け方法では、もしカメラとレーザレンジセンサの内部時計が完全に一致している場合であっても、最大17ミリ秒のズレが生じることになる。この間に時速50kmで走行中の車は約20cm移動するため、車の近くにいる歩行者に対しては観測結果が大きくずれている可能性はある。

### ③ 距離情報の利用方法

レーザレンジセンサの観測値を、与えられたキャリブレーション情報をもとにレーザレンジセンサの座標系からカメラの画像座標系へと変換した。画像からの歩行者検出法によって検出され、同時にレーザレンジセンサの観測結果がその検出枠内に一つでも含まれていればその検出枠を正検出として出力した。画像からの歩行者検出法で歩行者が検出されていても、その検出枠内にレーザレンジセンサの観測値が存在しなければ、その検出は誤検出として棄却した。この考え方でレーザレンジセンサのデータを付与した場合と画像処理だけの場合のMiss Rateの表とそれを算出するもととなるグラフをそれぞれ表3.3.1-3と図3.3.1-7に示す。

表 3.3.1-3 画像認識に対する距離付加の結果（平均 Miss Rate）

手法名	昼 (%)		夜 (%)	
	画像	距離付加	画像	距離付加
DPM	65	66	67	67
ACF	74	73	84	81
LDCF	71	72	79	72
Faster R-CNN	72	72	77	77

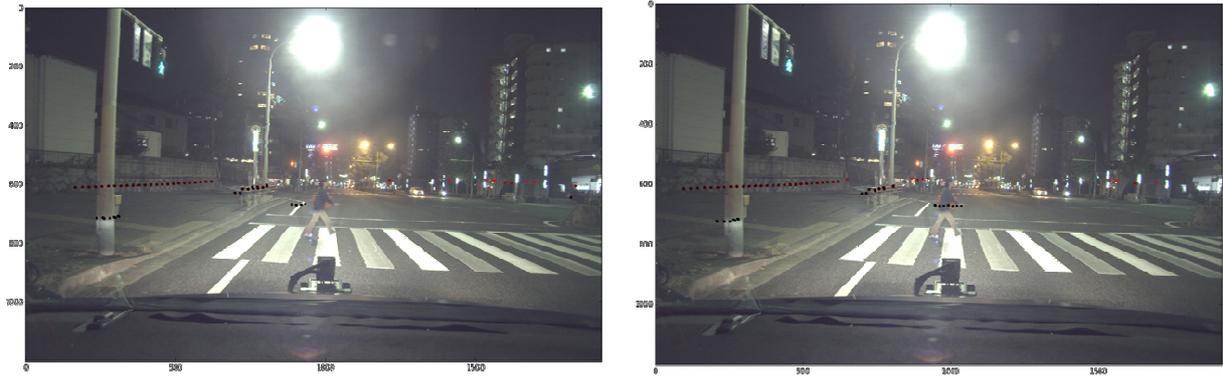


(実線が画像だけの認識結果、対応する色の破線が距離情報を付与した結果)

図 3.3.1-7 距離情報を付加したときの昼夜の認識結果のグラフ

#### ④ 時刻合わせのためのオフセット調整について

②で記載した方法で同期をとったデータで評価したところ、今回利用したデータはスキャン周期の差で生じる時刻ずれ以外に画像と距離情報に約 0.3 秒のオフセットずれが生じているようであった。図 3.3.1-8 に、時刻のずれの調整前と手動によるオフセット調整後の例を示す。左が調整前、右が調整後である。これらの図で示すとおり、静止している自動車から歩行中の歩行者を観測した場合には、0.3 秒のずれがあると空間的には身体一つ分程度のずれが生じてしまう。このため、今回のデータをそのまま利用して距離と画像検出の結果を照合すると画像の正検出も除去してしまい認識率が落ちてしまう。本来は収集時に問題を解決すべきであるが、ここでは目的である距離付加による効果の評価を重視し目視確認で歩行者上に検出点に来るよう時刻ずれの調整を加えたデータで評価した。表の手法の名前の横にある 16 という数字は目視で確認した結果、今回評価に利用したデータの時間ずれが 16 フレーム分という意味である。



(左：時刻調整前，右：時刻ずれ調整後，点がレーザーレンジセンサの検出点)

図 3.3.1-8 距離情報を画像に重ね合わせた表示例

### ⑤ 距離付加の効果検証のまとめ

評価結果から分かったことをまとめる。

評価データが持つ時間ずれ（全体的に 30ms ほどオフセット）があると、画像処理の結果をレーザーレンジセンサで確認する手法の場合は認識率が落ちてしまう。時間合わせを考慮した結果では、特に夜の画像に関しては距離付加の効果があった。

画像認識での認識率が低い手法では効果は小さかった。ただ、これは検出出来た母数があまり多くなかったからと想定される。時刻合わせにより悪影響はなくなったため、厳密な同期があれば距離付加の効果はあると考えられる。

### (3) 全体まとめ及び考察

今回の 2 種類の評価を通しての感想や、今後より良いデータベースにするための改善案を纏める。

#### ① 画像の質について

昼と夜の差はそれほど大きくなく、昼も夜も利用できる質ではある。ただし、夜間のデータはシャッタースピードが遅いため、車が移動中に撮影された歩行者はぶれていることが多い。歩行者の観測画像がぶれていると、検出アルゴリズムは歩行者を正しく検出できないため、夜間でもぶれの少ない画像のほうが望ましい。

#### ② 画像への正解タグ付けについて

歩行者検出の評価（特に検出漏れ（見落とし）の割合の評価）を行うためには、評価用データに写っている全ての歩行者に厳密にアノテーションがされている必要がある。国際的な歩行者検出評価用データベースである **Caltech Pedestrian Detection Benchmark** と同等レベルとするためには、全ての歩行者の領域を囲うだけでなく、その歩行者がどの程度隠されているかというオクルージョン情報も数値で付与する必要がある。また、歩行者の学習用に活用する場合も上記二つの観点は必要となる。

映像に対する自動アノテーションでは、自動アノテーションツールの精度以上の評価は出来ないため、現状では歩行者検出の評価をすることはできない。しかし、検出結果を使った統計的な分析などには利用できる可能性はあるかもしれない。

最近の認識アルゴリズムや応用発展を考えると、物体へのタグ付けだけでなく、すべての画素への意味付けを行うラベリングデータベースも作ったほうが良い。応用範囲も広がり、これから開発されるアルゴリズム評価にも利用可能なデータベースになる。

### ③ 画像とレーザレンジセンサの同期データについて

今回評価したデータは時間のオフセットずれがあった。データ収集の際には NTP など完全に時刻同期を取るか同一 PC で記録をするなど時刻を一致できる状態にすべきである。上記に加え、今回の構成の場合、レーザレンジセンサは 50Hz、画像は 60fps で撮影されているため厳密な同期はとれない。画像とレーザレンジセンサを使った検出をする場合、これらの撮影タイミングが揃っている方が望ましい。

## 3.3.2 データベースの評価 2

(映像データの 27 シーン分類の指針検討及び有効性の評価、歩行者の属性情報等を用いたタグ情報の有効性評価)

走行映像データベースに係る質や量及び多様性等に係る評価として、映像データの走行環境シーン（27 シーン分類）の指針検討及び有効性の評価と、歩行者の属性等を用いたタグ情報の有効性評価の 2 テーマの評価を実施した。

### (1) 走行環境シーン（27 シーン分類）の指針検討及び有効性の評価

#### ① 評価方針

本評価では、走行映像とその映像に付与された 27 シーンのシーン分類情報を学習し、走行映像内のシーンがどの程度正確に把握できるかを評価観点とした。

シーン分類情報は各走行映像データの代表フレームにのみ付与されているため（但し、東京都・国分寺市のみシーン開始から終了までシーン分類情報が付与されている）、本評価では代表フレームの前後 10 秒間、即ち 10 秒前をシーン開始時刻、10 秒後をシーン終了時刻とする 20 秒間の映像データにそのシーン分類情報を割当てた映像データを評価データとして扱う。評価データは、サンプリング周波数が一定の昼間の映像データを対象とし、さらに計算時間を短縮するため、映像のフレームレートを 2Hz にダウンサンプリングして用いる。

評価の信頼性は、評価対象となるデータ規模に依存する。そこで、データ規模を把握するため、評価対象となる映像データの各シーン分類におけるフレーム数を調査した。その結果を図 3.3.2-1 に示す。図の横軸はシーン分類番号、縦軸はフレーム数、青グラフは学習用、赤グラフは検証用のフレーム数を表す。例えば、横軸 1 はシーン分類番号 1 の「追越

し歩行者」を示し、そのシーン分類番号 1 の学習フレーム数が 7,030、検証フレーム数が 2,297 を示している。図示したようにフレーム数はシーン分類によって様々で、数フレームしか存在しないシーンもある。そこで、27 シーン分類の中でフレーム数が比較的多いシーン分類 1、2、9、21、26 を選択し、評価対象とする方針とした。

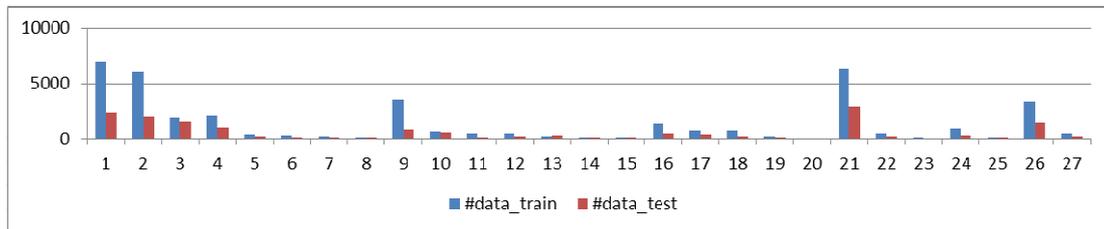


図 3.3.2-1 シーン分類別フレーム数

## ② 評価方法

シーン分類の評価内容及び手法の概要を図 3.3.2-2 に示す。前述したように、本走行映像データの走行環境シーン (27 シーン分類) 情報は、各走行映像データの代表フレームに付与されているため、本評価では代表フレームの前後 10 秒間の計 20 秒間の映像データにそのシーン分類情報を割当てて評価に用いる。

まず、シーン学習において、シーン分類情報を割り当てた 20 秒間の映像データを読み込み、読み込んだ映像データのフレームレートを 2Hz にダウンサンプリング後、シーン学習を実行する。次にシーン推定において、シーン学習から出力された各シーン分類の特徴量を用い、評価する映像データの各シーン分類に対する確信度  $p(t)$  を算出し、映像データのシーン分類を推定する。

シーン学習およびシーン推定には、CNN (convolutional neural network) と RNN (recurrent neural network) <sup>[1]</sup> を用いる。CNN、RNN は動画のシーン認識に用いられるアルゴリズムであり、CNN によって動画の各フレームの特徴を抽出し、RNN によって各フレームの特徴の時間変化を認識することでシーン情報を推定する。本評価では、1 フレームに対して複数のシーン分類情報が割り当てられていることもあるため、出力層は 27 シーンに対応する 27 ユニットとし、各ユニットの発火状態が 27 シーン各々の確信度として学習する。本評価ではシーン情報が付与されているデータのうち、昼間の走行映像を評価対象に、297 シーン (27,752 フレーム) を学習データ、128 シーン (12,501 フレーム) を検証データとし、確信度  $p(t) > 0$  のシーンを推定シーンとして出力する。



図 3.3.2-2 シーン分類の評価内容及び手法

### ③ 評価結果

図 3.3.2-3 に“02\_20151029\_094821”を用いたシーン分類の推定結果の一例を示す。この映像データは、単路を走行中に自転車を追いつくシーンが含まれている。上段に走行映像データの前方監視カメラ画像、中段に正解シーン分類情報（走行映像データに付記されたシーン分類情報）、下段に予測シーン分類情報を示し、横軸が走行環境シーン（27 シーン分類）、縦軸が各シーン分類の確信度  $p(t)$  を示す。このケースでは、正解値としてシーン分類 1（追越歩行者）とシーン分類 2（追越自転車）が与えられるので、中段の正解シーン分類情報において、シーン分類 1 とシーン分類 2 の確信度  $p(t)$  は 1.0 が出力される（緑グラフ）。対する下段のシーン分類の推定結果は、シーン分類 1 の確信度  $p(t)$  が約 1.0、シーン分類 2 の確信度  $p(t)$  が約 0.5 を出力（青グラフ）しており、予測が正解と同じシーン分類に対して確信度  $p(t)$  を発生しているため、正しく分類出来ていると思われる。

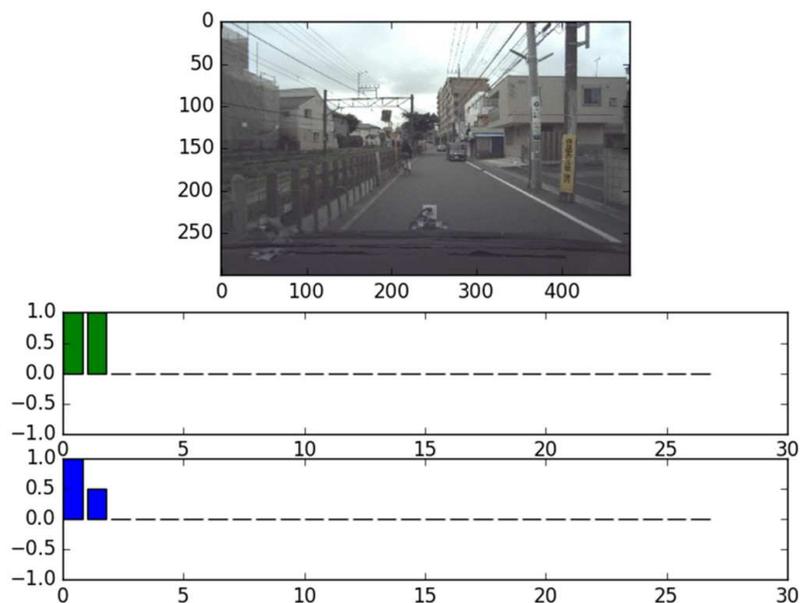


図 3.3.2-3 シーン分類の予測結果（一例）

しかしながら、上段の前遠方カメラ画像には歩行者が映っておらず、実態とは異なっている（歩行者を追い抜いた後の映像のため）。これは、シーン分類 1 と 2 の代表フレームの前後 10 秒間、全 20 秒間の映像データを該当シーンとして扱ったため、実態とは異なるシーン分類情報が正解値として付与されていることに起因する。本ケースでは、自転車を追い抜いた直後の走行映像データをシーン分類 1 と 2 に該当するシーンとして学習したため、予測が正解値に一致したが、このような実態と異なる、すなわち不正確なデータが教師データに含まれると学習結果にノイズが含まれ、高い分類精度は期待出来ない。

図 3.3.2-4 に、シーン情報が付与されているデータのうち、昼間の走行映像を評価対象に、297 シーンを学習データ、128 シーンを検証データとしてシーン分類を推定したときの適中率 (accuracy) を示す。横軸は 27 のシーン分類の各番号、縦軸は各シーン分類の適中率で、青グラフは学習データを推定した結果、赤グラフは検証データを推定した結果を表している。シーン分類推定の適中率は 27 シーンの平均値で 95%であった。

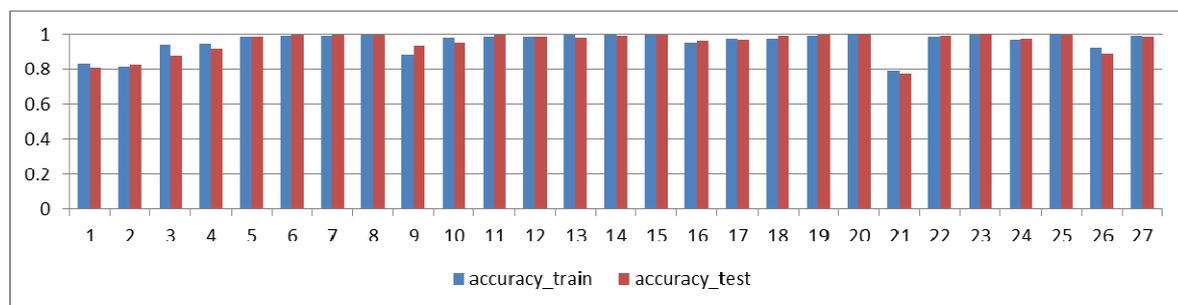


図 3.3.2-4 シーン分類推定の適中率（全シーン対象）

図 3.3.2-4 は、各シーン分類において、シーン分類情報が割り当てられているシーン（シーン分類情報有）と割り当てられていないシーン（シーン分類情報無）とを含む全シーンを対象とした適中率を示している。各シーン分類においては、シーン分類情報有よりもシーン分類情報無の映像データのフレーム数が多いので、シーン分類情報無の敵中率が必然的に高くなり、結果的にそのシーン分類全体の適中率が高くなる。具体的には、シーン分類情報の付与数が最も多いシーン分類 1（追越歩行者）を例にとると、走行映像データベースに収録されている全フレーム数 27,752 のうち、シーン分類 1 が割り当てられているフレーム数は 7,030 で全フレーム数の約 25%となっている。残りの 75%はシーン分類 1 に非該当であるから、シーン分類 1 に非該当と推定した場合の適中率が高くなり、その敵中率に引っ張られるように、シーン分類 1 を推定した結果の全体適中率も高くなる。ゆえに、シーン分類が正しく推定できているかといった点において、適中率は適切な指標にはならない。

そこで、さらに再現率 (recall) を用いてシーン分類の推定結果を評価した。再現率はシーン分類情報が付与されているフレーム数に対して、正しくシーン情報が付与されていると推定できたフレーム数の割合を表す。その結果を図 3.3.2-5 に示す。結果として、シーン分類 1、2、9、21、26 の再現率の平均値は、学習データを用いた場合で 27%、その中で再現率の最良値は、データ量（フレーム数）が最も多いシーン分類 1 で 46%であった。高い

再現率が得られなかった理由として、シーンデータ不足、シーン分類情報の不正確さが考えられる。今回、シーン分類情報の付与数が最も多いシーン分類 1 において、学習データで十分な再現率が得られていないことから、シーン分類の有効性評価を進める上で、後者の改善を優先すべきと考える。

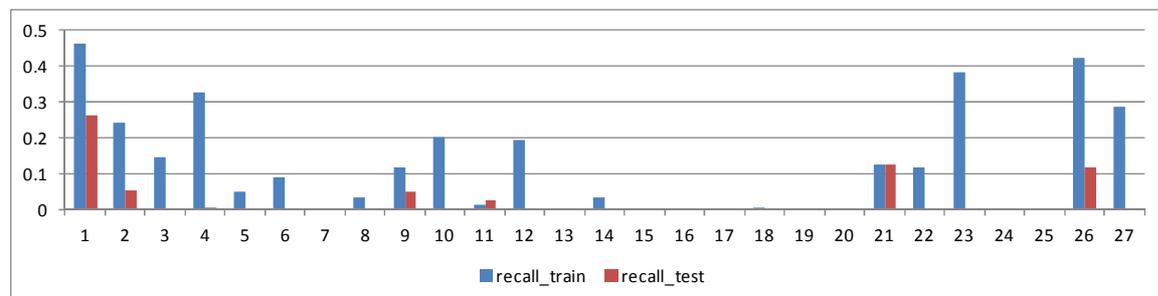


図 3.3.2-5 シーン分類推定の再現率（シーン分類情報有を対象）

#### ④ まとめ

映像とその映像に付与された 27 シーンのシーン分類情報を学習し、走行映像内のシーンがどの程度正確に把握できるかを評価観点とし、映像データに付与されたシーン分類情報を推定し、適中率、再現率を評価指標にその推定精度を評価した。

映像データのフレーム数が比較的多いシーン分類 1、2、9、21、26 を評価対象にシーン分類の推定精度を評価した結果、映像データの全フレーム（シーン分類情報有と無）を対象とした推定結果の適中率の平均値は 95%であった。また、シーン分類情報が割り当てられているフレームを対象に学習データによるシーン分類の推定結果の再現率の平均値は 27%、その最良値はシーン分類 1 で 46%であった。

高い再現率が得られなかった理由として、シーン分類情報が実際のシーンと異なる映像データが教師データに含まれ、シーン学習を阻害していることを挙げ、正確なシーン分類情報が必要であることを示した。

以下の改善により本走行映像データのシーン分類情報は有効になる見通しである。

- ・シーン分類の推定精度を高めるには、フレームとシーンを対応づけたシーン分類情報が必要である。本走行映像データにおいては、代表フレームのみではなく、シーンの開始／終了時刻をシーン分類情報として付与する。
- ・シーン分類を“正しく”推定するため、走行映像データに正確なシーン分類情報を付与する。前述したように、例えば“追い越し”が存在しない映像データに“追い越し”のシーン分類情報を正解値として与えると、実際には“追い越し”が生じていない同様のシーンを“追い越し”シーンとして推定する可能性があるためである。

## (2) 歩行者の属性等を用いたタグ情報の有効性評価

### ① 評価方針

タグ情報の有効性評価においては、走行映像とその映像内の対象物に付記されたタグ情報を学習し、走行映像内の対象物の情報がどの程度正確に把握できるかを評価観点とした。それには、対象物に対して複数の属性情報が候補となるタグ情報を評価対象とするのが望ましい。そこで、タグ情報のクラス（歩行者、自動車、二輪車、自動車）毎に、そのクラスが有する各属性情報の収録数を集計して収録数の偏りを調査した結果、本評価では、歩行者のタグ情報において、収録数の偏りが比較的少ない属性として「進行方向」を評価対象とし、評価を進める方針とした。

また、一般的な歩行者検出器の研究では、認識対象物の隠れ（以下、オクルージョンと記載）に対する頑強性に関わる研究も進められており、本評価においてもオクルージョンの有無を考慮した評価も必要と考える。しかしながら、本走行映像データベースの属性情報には、その対象物が手前の対象物による一部領域のオクルージョン有無を示す「hidden」フラグは存在するが、現在無効となっている。そこで、タグ情報「hidden」フラグの代わりに、本走行映像データベースのレーザレンジセンサ情報とカメラ情報を用いてカメラと歩行者（タグ設定位置）の間に存在する対象物を推定して歩行者のオクルージョン有無を表すフラグを生成し、歩行者識別におけるオクルージョン有無の有効性についても評価する。

### ② 評価方法

#### (i) 歩行者「進行方向」を対象としたタグ情報の有効性評価

タグ情報の評価手順を図 3.3.2-6 に示す。まず、走行映像とその映像内の対象物に付記されたタグ情報を学習させ（step1）、次に、学習データを用いて走行映像に含まれる対象物の属性を予測する（step2）。走行映像に付記されたタグ情報を正解タグ情報とし、step2 で予測した対象物の属性が正解タグ情報に一致しているか否かを判別し、その正答率によって予測精度を評価する（step3）。本評価では、タグ情報の中で収録数の多かったクラス「歩行者」の属性「進行方向」を対象とした。step1 および step2 では、画像分類モデルとして定評のある VGG16(very deep convolutional networks for large-scale image recognition)<sup>[2]</sup>を用いた。



図 3.3.2-6 タグ情報の評価手順

(ii) オクルージョン情報の有効性評価

オクルージョン有無の推定方法を図 3.3.2-7 に示す。オクルージョン有無は、タグ情報の位置に基づいて歩行者を切り出す際に、本処理を実行し、歩行者のオクルージョン状態を推測する。

オクルージョン有無の有効性については、図 3.3.6-8 に示すように、歩行者（オクルージョン有無）／非歩行者のデータを、一般的な歩行者検出処理に用いられる HOG (histograms of oriented gradients) 特徴量と SVM (support vector machine) 識別器を用いて学習・識別し、オクルージョン有無で歩行者／非歩行者を識別した結果の正答率を算出して評価する。非歩行者データには、人物検出のベンチマークデータセット INRIA<sup>[3]</sup>を使用する。

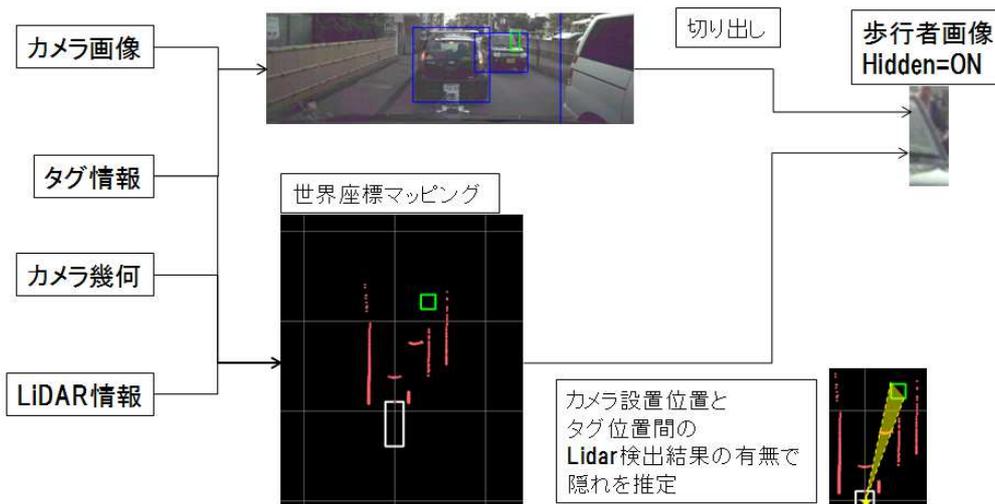
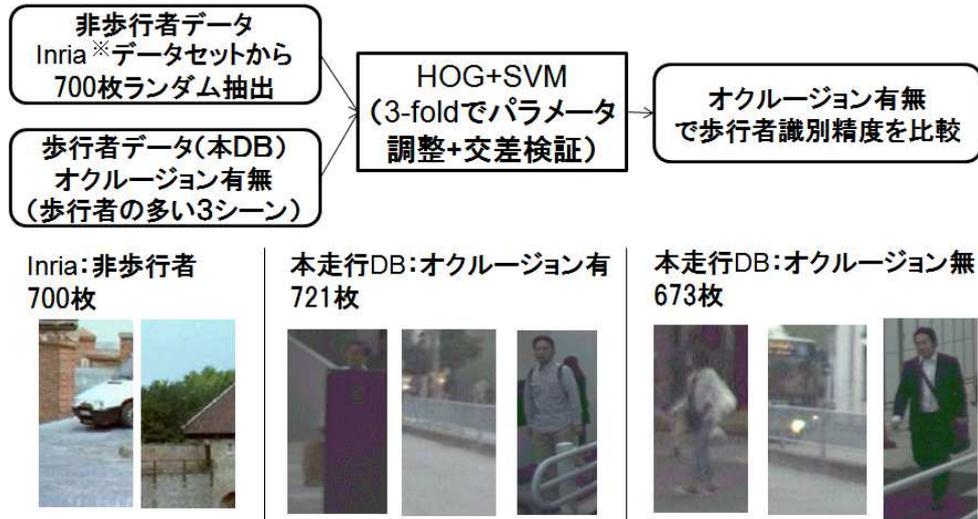


図 3.3.2-7 オクルージョン有無の推定方法



※<http://pascal.inrialpes.fr/data/human/>

図 3.3.2-8 オクルージョン有無の有効性評価

### ③ 評価結果

#### (i) 歩行者「進行方向」を対象としたタグ情報の有効性評価結果

歩行者の進行方向の予測結果 (step3) を表 3.3.2-1 に示す。結果 1 は学習データ、結果 2 は検証データ (学習に含めていない走行映像データ) を用いた予測結果を示す。いずれも前方向の正答率が圧倒的に高く、その他の進行方向 (左/右/後) は前方向に誤推測される結果となった。誤推測の原因として以下が考えられる。

- a) タグ情報の属性クラス毎のデータ量が不均衡。  
本走行映像データベースには「進行方向」が前方向のタグ情報が多いため、データ量の多い前方向に予測する傾向が強くなる。
- b) タグ情報 “position” が、歩行者の位置からずれている (誤検知の影響) ので、歩行者の特徴が正しく学習出来ない。
- c) オクルージョン (隠れ) の影響  
カメラと歩行者との間に存在する対象物で、歩行者の一部が隠されるので歩行者の特徴が正しく学習出来ない。

表 3.3.2-1 歩行者進行方向の予測結果

		予測クラス				クラス別 正答率
		左	前	後	右	
実 ク ラ ス	左	832	3098	52	13	20.8%
	前	7	15583	521	52	96.4%
	後	8	9100	8233	76	47.2%
	右	1	2854	136	586	16.3%

		予測クラス				クラス別 正答率
		左	前	後	右	
実 ク ラ ス	左	30	1093	7	22	2.60%
	前	6	4171	76	8	97.8%
	後	2	3186	363	25	10.1%
	右	5	1397	79	2	0.134%

結果 1 : 学習データでの混同行列

結果 2 検証データでの混同行列

## (ii) オクルージョン情報の有効性評価結果

オクルージョン情報無のときの歩行者識別正答率を表 3.3.2-2、オクルージョン情報有としたときの歩行者識別正答率を表 3.3.2-3 に示す。結果として、本走行映像データベースにオクルージョン情報を追加しても歩行者識別の精度は改善しなかった。

一般的にオクルージョン情報は識別精度の向上に有効と考えられており、その観点から本評価で歩行者識別精度が改善しなかった理由として、以下が考えられる。

- ・タグ情報の位置情報が対象物の位置とずれており ~~(a.(ii))~~、オクルージョンが正確に推定できていない。
- ・レーザレンジセンサの測距間隔よりも短い範囲に存在するオクルージョンは推定できない。

表 3.3.2-2 オクルージョン無の歩行者識別正答率

オクルージョン無の歩行者識別正答率:80.6%

	非歩行者	歩行者	正答率
非歩行者	540	160	77.1%
歩行者	106	567	84.2%

表 3.3.2-3 オクルージョン有の歩行者識別正答率

オクルージョン有の歩行者識別正答率:78.7%

	非歩行者	歩行者	正答率
非歩行者	512	184	73.5%
歩行者	115	606	84.0%

## ④ まとめ

走行映像とその映像内の対象物に付記されたタグ情報を学習し、走行映像内の対象物情報がどの程度正確に把握できるかを評価観点とし、歩行者の進行方向を対象としたタグ情報の有効性を評価した。学習データで歩行者の進行方向を予測し、以下の結果を得た。

- ・前方向の正答率が圧倒的に高く、その他の進行方向（左／右／後）は、前方向に誤推測されるデータが多かった。
- ・誤推測の原因として、方向別データ量の不均衡\*、タグ情報“position”の位置ずれ（誤検知）\*\*に加えて、オクルージョンの影響\*\*\*が考えられることを示した。

歩行者を対象にオクルージョン情報の有効性を評価した。

本走行映像データベースのレーザレンジセンサ情報とカメラ幾何を用いてカメラと歩行者（タグ設定位置）の間に存在する対象物を推定し、歩行者のオクルージョン有無情報を生成してタグ情報「hidden」フラグを有効とした。

オクルージョン情報有無で歩行者識別精度を比較した結果、歩行者タグ情報にオクルージョン情報を追加しても、歩行者識別精度は改善しなかった。

その理由として、タグ情報“position”の位置が対象物の位置とずれているためにオクルージョンが正確に推定できていないこと、レーザレンジセンサの測距間隔よりも短い範囲に存在するタグ情報のオクルージョンは推定できないこと、を示した。

以下の改善を条件に本走行映像データのタグ情報は有効になると考える。

- ・タグ情報の各クラスに属するサンプル数を均衡にする。
- ・タグ情報の位置ずれ（誤検知）を修正する。
- ・オクルージョン情報を有効にする。（現在は無効）

《参考文献》

- [1] J. Donahue, et.al, Long-term Recurrent Convolutional Networks for Visual Recognition and Description, CVPR 2015
- [2] VERY DEEP CONVOLUTIONAL NETWORKS FOR LARGE-SCALE IMAGE RECOGNITION, Karen Simonyan & Andrew Zisserman, Visual Geometry Group, Department of Engineering Science, University of Oxford
- [3] INRIA Person Dataset, <http://pascal.inrialpes.fr/data/human/>

### 3.3.3 データベースの評価 3

（レーザレンジセンサによる基準距離情報付加の有効性評価、真値タグ付き画像の活用方法検討及び追加タグ情報の提案、高分解能カメラの有効性評価）

#### (1) レーザレンジセンサによる基準距離情報付加の有効性評価

##### ① 評価内容

レーザレンジセンサによる距離情報と画像認識結果を用いて車両の認識と、画像認識のみでの車両の認識それぞれの認識精度を走行映像 DB の真値（タグ情報）を用いて算出し、誤検出、未検出の要因を解析することで距離情報付加の有効性を評価する。（図 3.3.3-1）

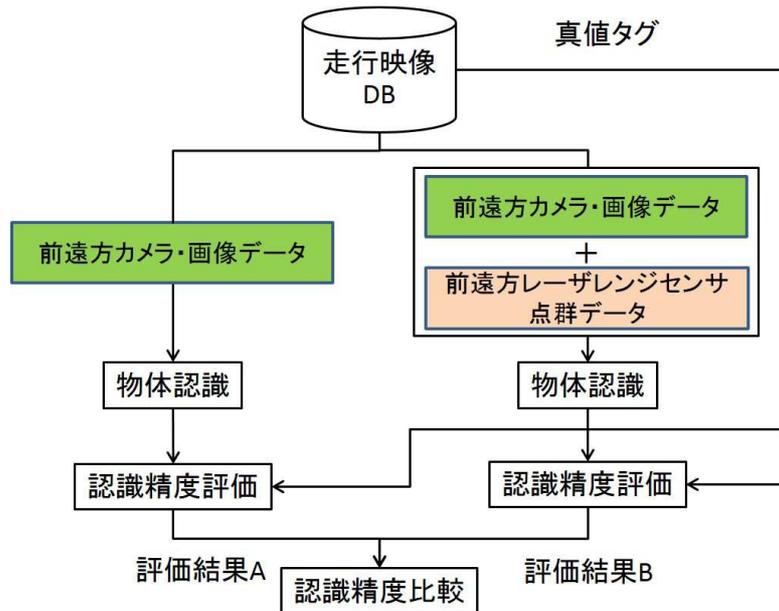


図 3.3.3-1 レーザレンジセンサによる基準距離情報付加の有効性評価

## ② 評価方法

### (i) 画像認識

映像からの物体検出には論文で一般に公開されているアルゴリズムの中でも最新の方式である Faster R-CNN (Region-based Convolutional Neural Network) を用いる。検出対象は自動車とする。本方式は機械学習に基づく方式であり事前に学習を必要とするが、学習には学術研究向けに一般公開されている画像データベースを用いることとし、走行映像データベースは使用しない。また、走行映像データベース向けのパラメータ調整も行わない。

### (ii) レーザレンジセンサと画像認識の融合

前遠方レーザレンジセンサ (LD-MRS) より得られる点群情報より立体物を検出し、検出された領域についてののみ(i)で述べた画像認識を行う。

まず、レーザレンジセンサで得られた任意の距離範囲内の点群同士のグルーピングを行い、各グループの水平方向サイズ、奥行サイズを求め、車両のサイズに近い対象を検出する。次に検出した3次元の座標をデータベースに格納されるセンサのキャリブレーションデータを用いてカメラ座標系に変換し、画像上での座標に変換する。そして、画像上のレーザレンジセンサでの検出領域に限定した画像認識を行い、車両と識別されたものを最終結果として出力する (図 3.3.3-2)。

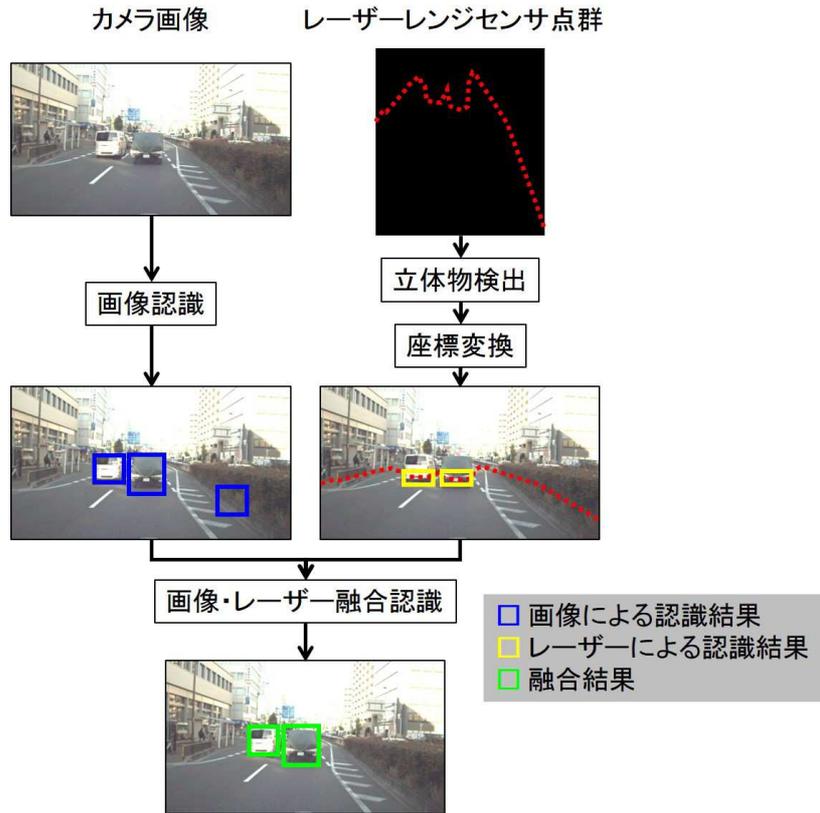


図 3.3.3-2 レーザレンジセンサと画像認識の融合

③ 評価結果

(i) 認識精度

市街地（曇り）、一般道（晴天）、市街地（降雨）、寒冷地（降雪）のデータで画像認識のみと、レーザレンジセンサと画像認識の融合の場合での認識精度を計測した結果を表 3.3.3-1 に記す。

表 3.3.3-1 認識精度

環境	画像枚数	認識種別	Precision* <sup>1</sup>	Recall* <sup>2</sup>
一般道 (昼・曇天)	4,800	画像	0.80	0.67
		画像+レーザ	0.84	0.62
市街地 (昼・曇り)	14,000	画像	0.72	0.67
		画像+レーザ	0.74	0.46
市街地 (昼・雨)	1,200	画像	0.80	0.37
		画像+レーザ	0.84	0.19
寒冷地 (夜・降雪)	3,000	画像	0.82	0.28
		画像+レーザ	0.80	0.17

\*1 : Precision (適合率) = 検出数 / (検出数 + 誤検出数)

\*2 : Recall (再現率) = 検出数 / (検出数 + 未検出数)

適合率（Precision）が示す様に距離情報を用いることで誤検出は低減する傾向にある。再現率（Recall）は全体的に認識対象の検出性能は画像認識のみの場合がレーザレンジセンサと画像認識の融合の場合に比べて高い。主な理由としてはレーザレンジセンサの特性上、遠方の対象は得られる点群数が減り立体物の検出が困難になるためである。降雨、寒冷地のシーンにおいて、画像認識のみ、画像認識とレーザレンジセンサ有の場合いずれも再現率が大幅に減少するが、画像認識の検出性能が落ちることが要因である。

## (ii) 誤検出要因解析

画像認識、レーザレンジセンサと画像認識の融合における誤認識の要因と頻度について市街地（東京都・国分寺市）のデータ 5,000 フレームの解析結果を図 3.3.3-3 に記す。画像認識の場合、建物、自動販売機、看板等の立体物を車両として誤検出している。この誤検出対象についてレーザレンジセンサの距離情報を用いて、車両に近い大きさであるかを判定することにより 93%を除去出来ていることがわかる。

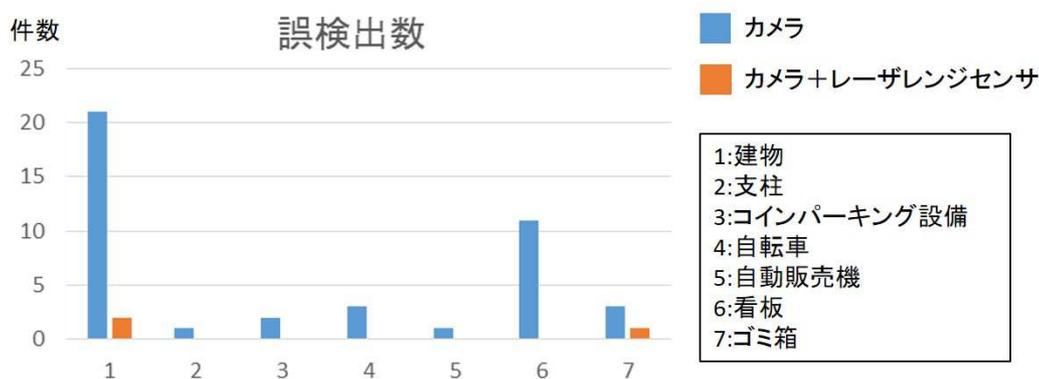


図 3.3.3-3 誤検出要因

## (iii) レーザレンジセンサと画像認識の融合での検出率低下要因

レーザレンジセンサと画像認識の融合は画像認識のみに比べ検出性能の低下が見られたため、要因解析を行った。結果を図 3.3.3-4 に示す。主な要因は、遠方の車両については検出できるレーザの点群が減少することである。また、レーザの仰角の変化（車両のピッチング、坂道等）での対象未検出、センサと同じ高さの障害物による遮蔽によっても未検出が発生していることがわかった。これらの要因で未検出が発生している車両については、走行映像データベースとして距離情報が付加できていないことを示し、今後、対応すべき課題であると考えられる。

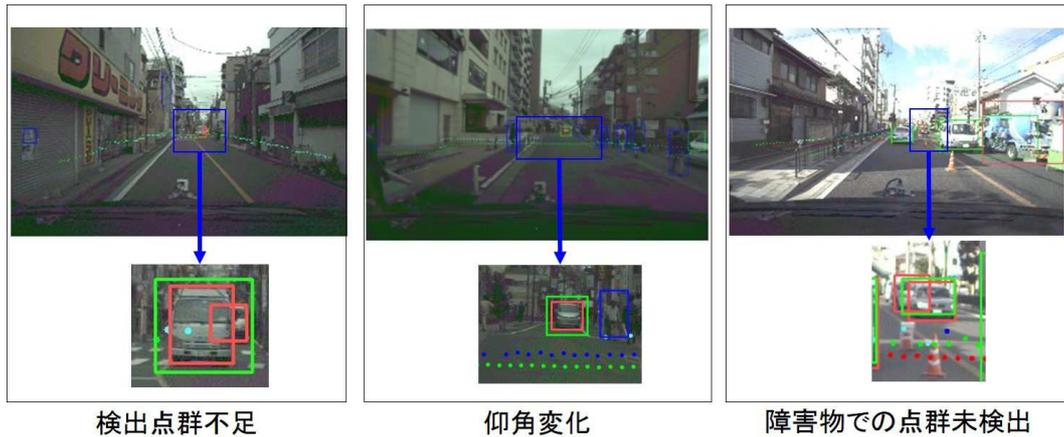


図 3.3.3-4 検出率低下要因

④ まとめ

画像認識に距離情報を付加することで誤検出が低減され、レーザレンジセンサの有効性が確認できた。前述の一定の課題は存在するが、走行映像データベースの距離情報、各センサのキャリブレーションデータは、センサ融合アルゴリズムの評価に用いることが可能であるとする。

(2) 真値タグ付き画像の活用方法検討及び追加タグ情報の提案

① 検討内容

走行映像データベースの新たな活用方法として、対象認識技術に対する性能評価だけでなく、3次元復元・空間認識、シーン理解、状態理解と言ったアルゴリズム開発での活用、また他分野での活用にもアイデアを創出する。さらには、これらの結果を踏まえて、画像に付けられるべきタグ情報のあり方についての分析を行い、整理し報告する(図 3.3.3-5)。

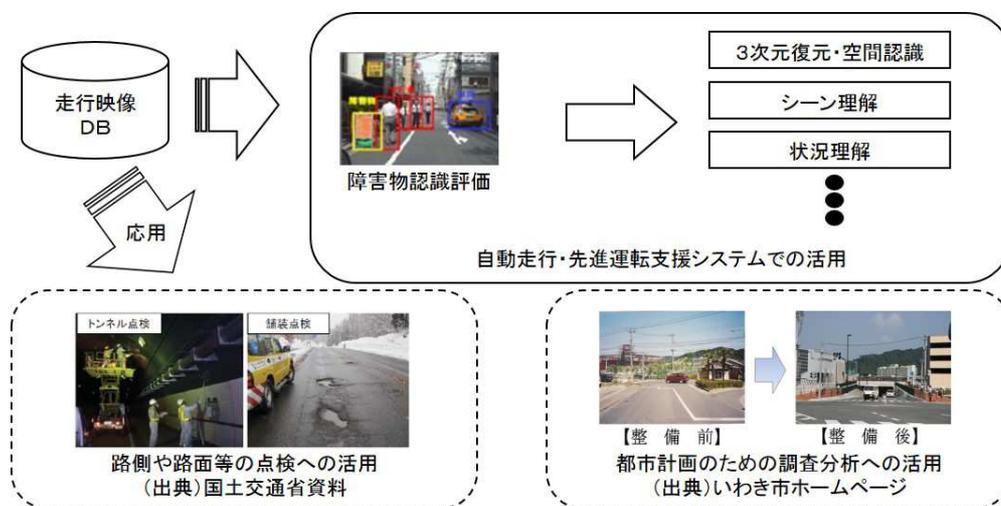


図 3.3.3-5 走行映像データベースの活用方法検討

## ② 検討方法

画像認識技術に関して発表された過去の学術研究論文をもとに、道路画像の活用実態を分析し、新しい活用方法や追加タグについて検討を行う。分析においては、自動車の自動走行・先進運転支援システムに関わる研究論文だけでなく、インフラ点検、防犯、都市計画などの他分野も含める。また、用途・分野を特定していない映像解析技術や画像認識技術の基礎研究についても分析対象とする。調査に利用した文献は以下の通りである。

- ・画像センシングシンポジウム (SSII) 講演論文集 (2003～2016年)
- ・画像の認識・理解シンポジウム (MIRU) 講演論文集 (2004～2009、2011～2016年)
- ・ビジョン技術の実利用ワークショップ (ViEW) 講演論文集 (2007～2015年)
- ・情報科学技術フォーラム (FIT) 講演論文集 (2002、2003、2007、2011、2015、2016年)
- ・電子情報通信学会総合大会講演論文集 (2002、2004、2006、2013年)
- ・情報処理学会コンピュータビジョンとイメージメディア (CVIM) 研究会 (2009～2014年)
- ・計測自動制御学会システムインテグレーション (SI) 部門講演会予稿 (2006、2008～20011、2015年)

## ③ 検討結果

### (i) 自動走行・先進運転支援分野での活用

道路画像を扱う大半の研究では、対象認識技術の性能評価実験にその道路画像を使っている。認識対象としては、今回の走行映像データベースの研究開発ですでに想定されている前方車両、対向車両、歩行者 (向き別)、二輪車、自転車、レーン、道路境界 (雪壁)、路側構造物、信号機、標識、路面標示、障害物などがある。

より具体的な対象に焦点をあてた研究も多い。例えば、昨今の社会問題から「歩きスマホ」を認識対象としているものがある。路面の凍結状態、前方の脇道、駐車枠もある。これらは、追加すべきタグ情報になると考える。タグ付けが難しいと思われるが、フロントガラスの雨滴、カメラレンズの汚れも認識対象となっており、タグ情報の候補である。

対象認識課題以外では、対象までの距離計測、自車両の運動推定、速度超過判定、自律走行のための自己位置推定と環境地図作成 (SLAM : Simultaneous Localization and Mapping 技術)、測位技術の研究開発にも使える。

運転教育シミュレータへの活用として、撮影されたシーンに対する危険度推定、前方障害物に対する衝突時間推定、運転の質判定、運転能力評価などにも使えると考える。

### (ii) コネクテッドカー分野での活用

車の ICT 端末化が進み、センサとネットワーク機能を備えて外界のクラウドシステムと常時データ通信する「コネクテッドカー」が登場しつつある。車両の状態や周囲の道路状況など様々なデータがセンサにより収集され、ネットワークを介して集約・分析されることで、新たな価値が創出されるといわれている。コネクテッドカー向けのサービスを実現するためには、自動走行・先進運転支援と同様に、各種対象認識技術が必要であり、その

ための研究開発にも道路画像は活用される。

特徴的な使い方としては、ナビゲーション用の動的情報を含んだ地図生成機能への活用があげられる。そこでは、実際の道路画像を用いて、時々刻々と変化する道路状況を地図に反映するための技術開発が行われる。道路画像において、その場に一時的に混入した移動体（車両・人など）なのか、地図として有益な情報なのかを区別できるタグ情報があれば望ましい。

#### (iii) 道路監視分野での活用

路側に設置されたカメラにより交通状態を監視する道路監視システムがある。本来は定点で観測された画像データを解析するものであるが、研究開発段階においては、さまざまな地点、時間、季節でのデータを入手し得るものではない。そのため、今回の走行映像データベースは、この分野においても活用可能と考える。

道路監視で必要となる機能は、車両・二輪車・歩行者の検出、ナンバープレート読取り、車種判定、鳥瞰図生成などである。タグ情報に車両ナンバーがあっても良いと考える。

#### (iv) 都市計画分野での活用

土地利用のあり方、都市施設の整備、市街地開発についての計画を策定する都市計画分野においても活用の可能性がある。現状の都市環境を3次元的にモデル化したり、道路画像を通して道路沿いの土地がどのように利用されているかを分類したりする研究に使える。

また、障害者や高齢者等の社会的弱者が社会生活に参加する上で生活の支障となる物理的な障害を取り除くための施策検討にも使えると思われる。

#### (v) インフラ点検分野での活用

2012年に起きた中央自動車道 笹子トンネルでの天井崩落事故をきっかけに、社会インフラの老朽化問題に対して関心が高まっている。社会インフラを効率よく維持管理していくために、国を挙げての研究開発もなされている。そのなかには、道路、トンネル、橋梁などを走りながら点検する技術がある。今回の道路画像は、路面性状の点検、コンクリート壁面点検、マンホールの摩耗点検を自動化するための研究などにも使えそうである。路面や壁面のひび、轍掘れなどの異常事象に関するタグ情報が必要である。

#### (vi) 防災、減災、復興支援分野での活用

相次ぐ地震の発生で、防災・減災への関心も高い。研究事例の多くは、被災状況を把握するためのものであり、ヘリコプタやドローン等によって撮影された空撮画像を用いている。なかには、走行映像から同機能を実現しようとする試みもあり、同一場所を一定の期間を空けて撮影した画像セットがあれば、(被災現場でなくても)活用可能である。

#### (vii) 防犯分野での活用

2020年のオリンピック開催を控え、市街地や施設でのセキュリティ強化を狙い、人物やその行動に関する研究開発も今後多くなるとと思われる。群衆としての行動解析、異常行動

の発見だけでなく、顔や歩容による特定人物の認証、異なるカメラ間での人物同定機能が必要となる。主要なデバイスはカメラとなり、走行映像もその研究開発材料になり得る。

#### (viii) 映像解析研究での活用

映像に写り込む対象や状況はさまざまであり、一般的な映像データのサンプルとして、映像解析に関する研究にも使える。映像の切り替わりを発見するシーン分割、映像中の特定イベントの検出、映像を説明するメタデータの付与、代表画像を抽出するサムネイル作成、冗長なシーンや意味のないシーンを排除してつなぎ合わせる映像要約、映像中に写り込んだ不要な物体を仮想的に消去する映像修復、重要な部分を中心に非線形にズームアップするズーム映像生成、映像中の個人情報をマスクするプライバシー保護などの研究に使えらると思える。

#### (ix) 画像認識研究での活用

同様に、画像認識研究においても、画像に写った物体のカテゴリを認識する一般物体認識、シーン理解、情景画像中の文字認識、画像における対象の輪郭抽出、画像を同じ特徴を持つ複数の領域に分ける領域分割、画像内での人物追跡、画像を見やすくする画質改善、画像に写り込んだ不要な物体を消去する画像修復、画像の解像度を上げる超解像度画像生成、多視点画像からの自由視点画像生成、カメラの移動を利用した距離計測、自己位置推定と環境地図作成を行う SLAM (前述)、画像中の動きの視覚化、画像に写った対象の位置と動きの同時推定、入力画像に対して人間の視覚的な注目度分布を生成する顕著性マップ推定、不特定多数の画像から所望の画像を検索する画像検索、撮影画像を用いたカメラの取り付け位置・姿勢の校正といった研究に使えらると思える。

### ④ まとめ

画像認識技術に関して発表された過去の学術研究論文をもとに、道路画像の活用実態を分析し、新しい活用方法や追加タグについて検討した。その結果、もともと想定されている対象認識技術開発への活用以外にも、多様な分野において活用の可能性があることが分かった。また、そのためには、それぞれの活用内容に応じて、新たなタグが必要であることも分かった。

## (3) 高分解能カメラの有効性評価

### ① 評価内容

走行映像データベースに格納されている映像の解像度は 1920×1200 画素であり、現在の市販車で用いられている一般的な車載カメラ (VGA : 640×480 画素～HD : 1280×720 画素程度) よりも分解能が高い。こうした高分解能カメラを用いることで映像における物体検出の性能がどのように変化するかを調査し、高分解能カメラの有効性を評価する (図 3.3.3-6)。

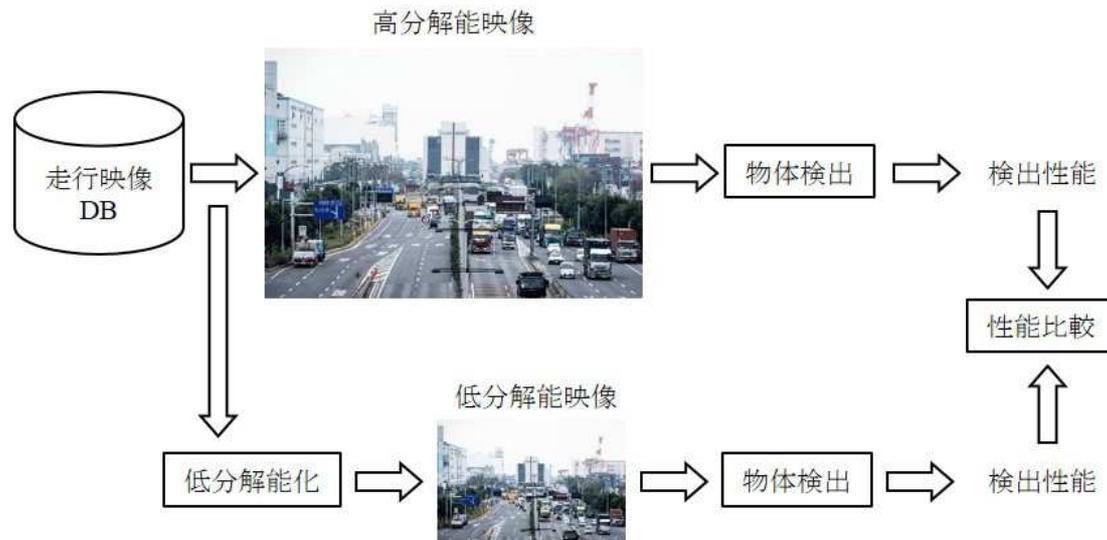


図 3.3.3-6 高分解能カメラの有効性評価

## ② 評価方法

まず、走行映像データベースに格納されている映像（1920×1200画素）の各フレームに対して物体検出処理を適用し、検出結果とタグ情報とを比較することでタグ情報を真値とした検出精度評価を行う。次に、各フレームを現行の車載カメラ程度の分解能（800×500画素）にまでダウンサンプリングすることで低分解能映像を生成し、同様に物体検出処理を適用して検出精度を評価する。そして、両者の検出精度を比較することで映像分解能が物体検出に与える影響を調査する。

映像からの物体検出には論文で一般に公開されているアルゴリズムの中でも最新の方式である Faster R-CNN（Region-based Convolutional Neural Network）を用いる。本方式は機械学習に基づく方式であり事前に学習を必要とするが、学習には学術研究向けに一般公開されている画像データベースを用いることとし、走行映像データベースは使用しない。また、走行映像データベース向けのパラメータ調整も行わない。検出対象とする物体は、タグ情報に含まれている物体の中でも特に数が多い自動車と歩行者とする。

## ③ 評価結果

一般道、海外、寒冷地、観光地、市街地、駐車場の6種類の環境において評価を行った結果を表 3.3.3-2 に示す。歩行者と自動車を検出対象とした場合のそれぞれについて、1920×1200画素と800×500画素における検出性能を Precision と Recall で評価している。

表 3.3.3-2 映像分解能の違いによる物体検出性能の変化

環境	歩行者				自動車			
	1920×1200		800×500		1920×1200		800×500	
	Precision	Recall	Precision	Recall	Precision	Recall	Precision	Recall
一般道	0.35	0.26	0.30	0.06	0.61	0.29	0.74	0.20
海外	0.82	0.46	0.82	0.30	0.81	0.34	0.54	0.07
寒冷地	0.30	0.12	0.29	0.06	0.16	0.13	0.54	0.06
観光地	0.68	0.24	0.72	0.10	0.79	0.40	0.75	0.21
市街地	0.18	0.20	0.13	0.06	0.61	0.39	0.45	0.12
駐車場	0.75	0.32	0.57	0.09	0.56	0.15	0.62	0.11

表 3.3.3-2 を見ると、分解能を下げることで Recall が大きく低下していることがわかる。Recall は映像中の対象物体をどれだけ漏れなく検出できるかを表す尺度であり、本評価において分解能を下げることで Recall が低下したということは、高分解能映像では検出できていた物体が分解能を下げることで検出できなくなったということを意味する。対象物体が自動車の場合に比べて歩行者の方が分解能低下による Recall の低下が顕著だが、これは映像中で歩行者の占める画素数が自動車に比べて小さいためであり、分解能を下げることで物体サイズが検出不可能なサイズにまで小さくなるケースが多いためと考えられる。

複数のフレームに対して実際に検出結果を可視化した例を図 3.3.3-7 に示す。同図において、左側が 1920×1200 画素の映像に対する検出結果、右側が 800×500 画素の映像に対する検出結果であり、検出された物体を赤い矩形で囲んでいる。この結果からも、分解能を下げることで画素数が少ない小物体や遠方物体が検出できなくなっていることがわかる。

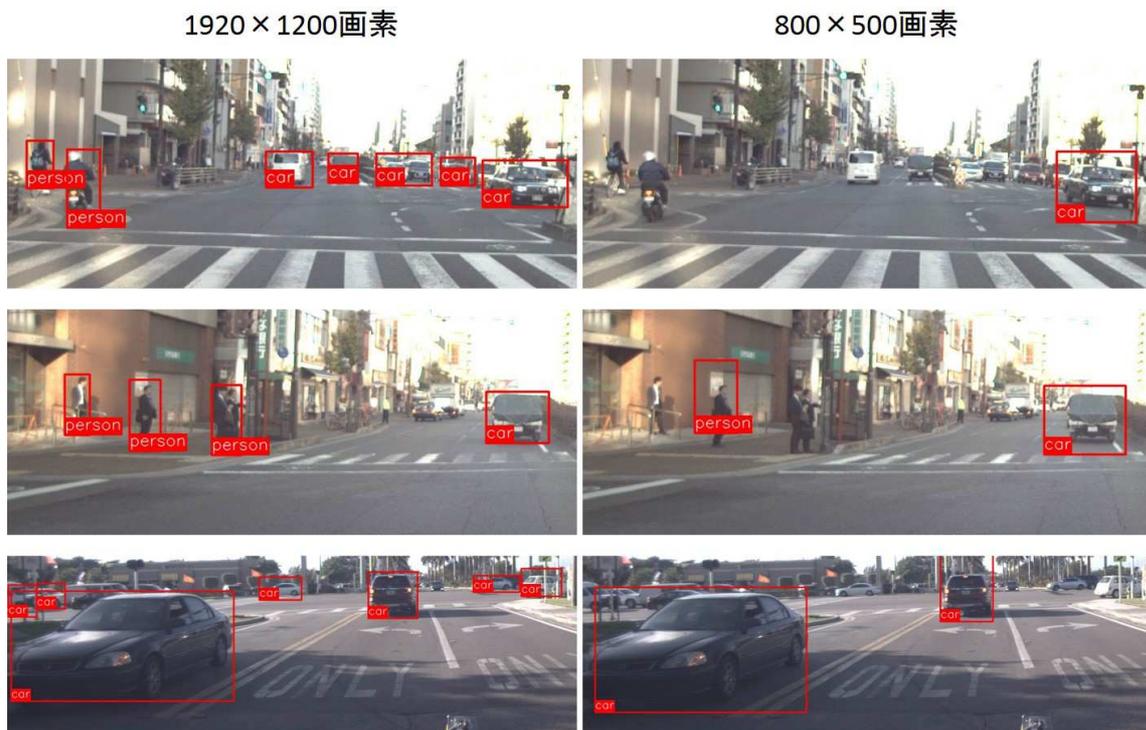


図 3.3.3-7 映像分解能の違いによる物体検出性能の変化

#### ④ まとめ

走行映像データベースにおける高分解能カメラの有効性について、映像の分解能の違いによる物体検出性能の変化を調査することで評価を行った。評価の結果、高分解能映像の方が物体検出のためには大幅に有利であり、特に小物体や遠方物体の検出に大きな効果を発揮することが確認できた。現行の市販車レベルでは走行映像データベースよりも分解能の小さい映像（VGA～HD 程度）を用いて検出を行う場合が一般的であるが、今後ソフトウェア性能の向上およびハードウェアコストの低下により車載カメラが高分解能化していくことは間違いなく、現時点で高分解能カメラを用いて映像データベースを構築しておくことはデータベースの将来的な有効性も考慮すると大いに意義があると言える。

今後の拡張としては、画像認識アルゴリズムの性能評価ツールや、ベースラインとなるような基本的な画像認識アルゴリズムをデータベースと併せて提供することが考えられる。こうしたツール類の提供は、データベース利用者が独自の画像認識アルゴリズムを開発・評価することを容易にするため、本走行映像データベースの有用性向上につながると考える。

#### 3.3.4 データベースの評価 4

##### （真値タグ付き画像の活用方法検討及び追加タグ情報の提案）

##### ① 評価方針の検討

真値タグ情報を正解値とし、歩行者（人）検知を中心として保有する画像検知アルゴリズムの検知率の考察を行う。また、未検知や誤検知における傾向を分析し、追加タグ情報の可能性を検討し報告する。

##### ② 評価内容及び手法の概要

###### （i）評価手法の検討

入手真値タグ情報から弊社アルゴリズムで有効に活用可能な真値タグ情報の抽出方法を決定する。

入手した真値タグ情報と前方カメラの画像データを使用して、弊社アルゴリズムで人物検知の試行を行った。入力情報は、高圧縮された JPEG データとし DeepLearning による手法での適応を検討した。

図 3.3.4-1 に、保有するアルゴリズムによる初期評価の結果を示す。この画像にて、赤丸で囲った小さな人物は保有アルゴリズムでは検知しなかった。理由としてはリアルタイム処理を行っているため、高速処理を実現するためのプログラム処理が原因と思われる。今回は小さな人物を検知するのが目的ではないため、真値タグ情報のうち、検知している人の画像サイズが 64×128 画素以上に限定して正解のタグとした。

また、入力画像として、JPEG の高圧縮率により検知率が低下している可能性が考えられたため、JPEG の非圧縮のデータを別途依頼し 3 種類を入手して、比較検討を行った。

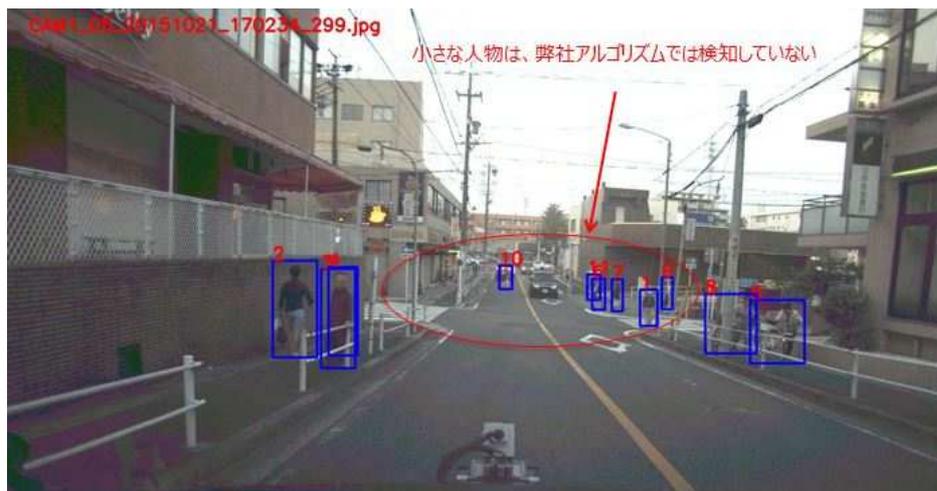


図 3.3.4-1 保有アルゴリズムによる初期評価の結果

表 3.3.4-1 に、JPEG 高圧縮率の影響の考察結果を示す。昼間シーン画像 1 で、高圧縮率で検知率が悪化している現象も確認されたが、昼間シーン画像 2 と夜間シーン画像では、検知枚数はほぼ一致しており差は出ないと判断し、データがそろっている初期に入手した高圧縮率のデータで人物検知評価を進める方針とした。

表 3.3.4-1 JPEG 高圧縮率の影響の考察結果

入力画像 (JPEG形式)	昼間シーン画像1	昼間シーン画像2	夜間シーン画像
高圧縮率 (初期入手分)	2,405	668	44
非圧縮 (JPEG100%)	1,800	668	39

(ii) 評価内容の概要

上記評価手法の検討結果を踏まえて、下記の 3 つの内容を評価、解析する。

a) 未検知シーンの評価、解析

前方カメラの圧縮された JPEG データとその真値タグ情報のうち 64×128 画素面積以上を正解値として、保有アルゴリズムで検知を実施し、未検知シーンの画像を評価、解析する。

b) 誤検知シーンの評価、解析

前遠方監視カメラで人の真値タグ付けがなされていない画像、すなわち人物不在の画像を抽出し、その抽出された人物不在の画像の中で保有アルゴリズムによって人物が検知された画像を抽出する。さらに、真値タグがつけられていない人物を検知する例もあるため、目視確認により検知された部分が人でない画像のみに絞込み評価、解析する。

c) 保有タグとの比較と、有識者知見から今後有効なタグを提案する。

### ③ 評価結果

#### (i) 未検知の事例集と頻度解析、有効なタグの提案

表 3.3.4-2 に、未検知頻度解析の結果を示す。データ差し替えの影響もあり、データは、人が多く映るシーンを出来るだけ広く網羅出来るように考え、市街地\_\_名古屋・藤が丘\_\_昼、駐車場\_\_（関東）海老名\_\_昼、寒冷地\_\_（北海道）札幌\_\_昼を選定した。評価の結果、未検知の総数は、24,164 件となった。

表 3.3.4-2 未検知頻度解析の結果表

No.	データ収集エリア	データ名	未検知数
1	市街地 名古屋・藤が丘 昼	05_20151021_151043	29
2	市街地 名古屋・藤が丘 昼	05_20151021_151302	33
3	市街地 名古屋・藤が丘 昼	05_20151021_163452	950
4	市街地 名古屋・藤が丘 昼	05_20151021_165904	1435
5	駐車場 （関東）海老名 昼	02_20151008_110140	6373
6	駐車場 （関東）海老名 昼	02_20151008_145433	2550
7	駐車場 （関東）海老名 昼	02_20151008_153630	7571
8	寒冷地 （北海道）札幌 昼	03_20160122_151458	68
9	寒冷地 （北海道）札幌 昼	03_20160122_152405	1140
10	寒冷地 （北海道）札幌 昼	03_20160122_154304	160
11	寒冷地 （北海道）札幌 昼	03_20160122_160121	3855
	<b>合計</b>		<b>24,164</b>

図 3.3.4-2 に、未検知頻度解析の結果を示す。未検知の理由としては、コントラストが 63.2%と圧倒的に多く、オクルージョン（隠れ）が 26.7%、見切れが 5.9%となった。連続する画像で検知したり検知しなかったり不安定なものも 4.2%存在した。

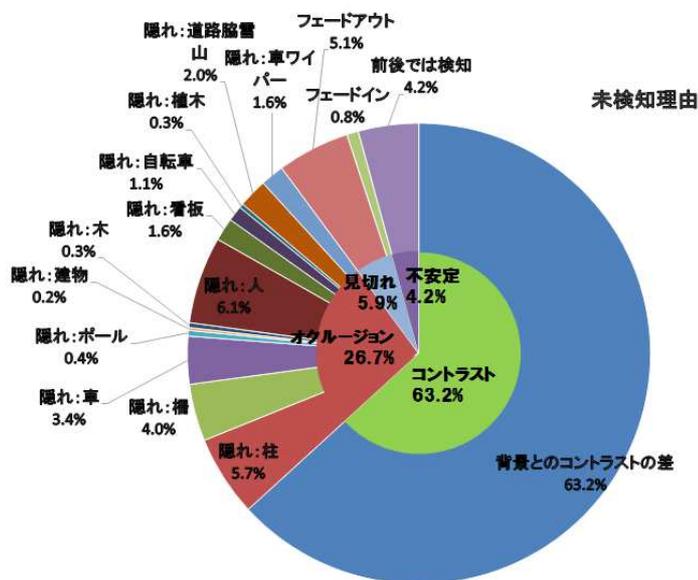


図 3.3.4-2 未検知頻度解析の結果グラフ

図 3.3.4-3 に、コントラストの結果の例を示す。コントラストは、背景とのコントラストの差が不十分であることを意味しており、背景の一部が同色であったり、全体的に暗かったり、人が重なり分離できなかった例が多く確認出来た。また、背景のテクスチャと区別できない、単一色の服、工事用の安全ベストなど学習不足が原因とみられるものも多く確認出来た。

背景とのコントラストの差

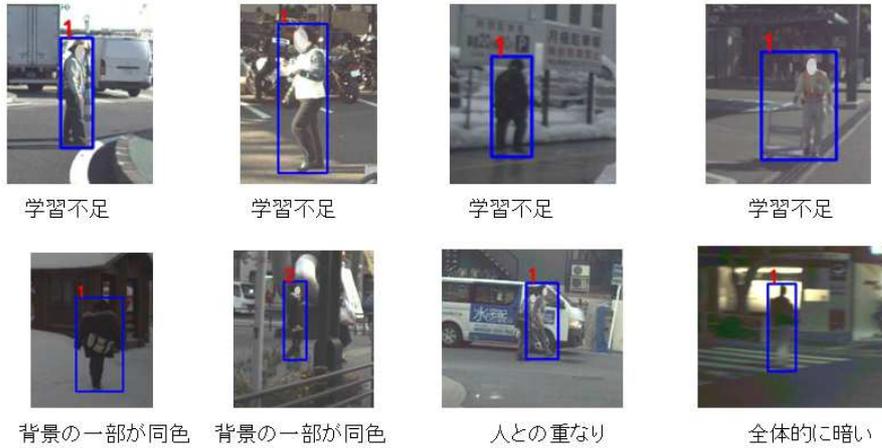


図 3.3.4-3 コントラストの結果の例

図 3.3.4-4 に、オクルージョンの結果の例を示す。オクルージョン（隠れ）に関しては、完全に隠れたものから一部分が隠れたものなど多種存在した。画像認識エンジンにおいては画像で認識できるものとトラッキングにて追跡認識する評価に有効なデータがそろっている。要望として、隠れ度合いが 4 段階程度にタグ付けされていると、オクルージョン評価確認とロバスト性評価の指標とすることが出来る。

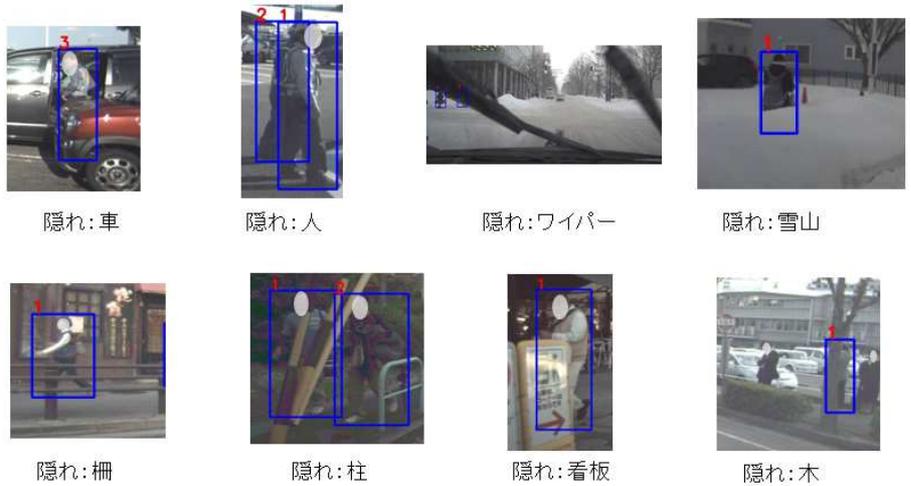


図 3.3.4-4 オクルージョンの結果の例

まとめると、対応すべき改善点を判断できる画像がそろっており、画像認識エンジンのロバスト性の評価に使用可能なデータであると言える。

(ii) 誤検知の事例集と頻度解析、有効なタグや手法の提案

表 3.3.4-3 に、誤検知頻度解析の結果を示す。データは、未検知同様に人が多く映るシーンをできるだけ広く網羅できるように考え、市街地\_名古屋・藤が丘\_昼、駐車場\_（関

東) 海老名\_\_昼、寒冷地\_\_ (北海道) 札幌\_\_昼を選定した。

評価の結果、誤検知検出の件数は、2,775 件でとなった。

表 3.3.4-3 誤検知頻度解析の結果表

No.	データ収集エリア	データ名	誤検知件数
1	市街地 名古屋・藤が丘 昼	05_20151021_163452	621
2	市街地 名古屋・藤が丘 昼	05_20151021_165904	158
3	市街地 名古屋・藤が丘 昼	05_20151021_170145	133
4	市街地 名古屋・藤が丘 昼	05_20151021_170259	17
5	市街地 名古屋・藤が丘 夜	05_20151021_180117	14
6	駐車場 (関東) 海老名 昼	02_20151008_110140	442
7	駐車場 (関東) 海老名 昼	02_20151008_145433	467
8	駐車場 (関東) 海老名 昼	02_20151008_153630	640
9	寒冷地 (北海道) 札幌 昼	03_20160122_151458	17
10	寒冷地 (北海道) 札幌 昼	03_20160122_152405	17
11	寒冷地 (北海道) 札幌 昼	03_20160122_154304	67
12	寒冷地 (北海道) 札幌 昼	03_20160122_160121	182
	<b>合計</b>		<b>2,775</b>

図 3.3.4-5 に誤検知頻度解析の結果を示す。誤検知は、間違いやすそうなものと、偶然発生しそうなものに分類した。間違いやすそうなものは画像から人と誤認識しやすいものであり、62.2%となった。偶然発生しそうなものは、通常では人と誤認識するのはおかしいものであり 37.8%となった。

間違いやすそうなものは、看板、のぼり等特定のものに集中する傾向があり、偶然発生するものは、自動車やオートバイ、ワイヤカバーが多い。

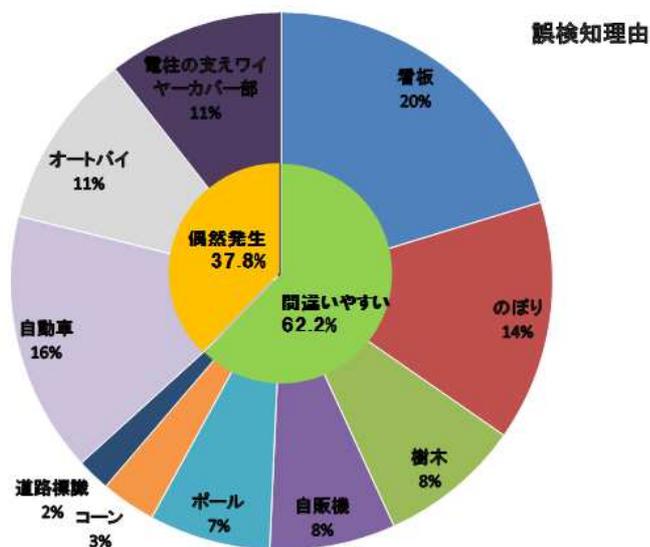


図 3.3.4-5 誤検知頻度解析の結果グラフ

図 3.3.4-6 に、間違いやすそうなものである、のぼり、看板、自販機の例を示す。これらは、単体で誤検知することが多く、その模様によって人と誤認識している例が多く確認出来た。



図 3.3.4-6 のぼり、看板、目取機の例

図 3.3.4-7 に、間違いやすそうなものであるポール、樹木、コーンの例を示す。これらは、背景と相まって誤検知することが多いことが確認出来た。こうした間違いやすそうなものは路側物としてタグをつけておくのは有効と考える。

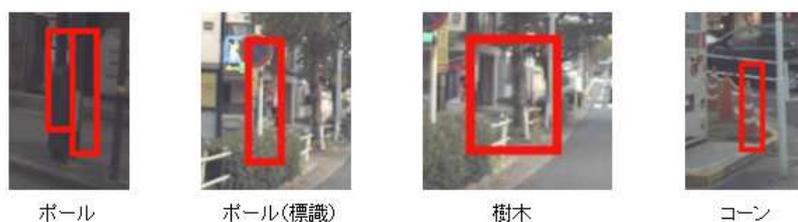


図 3.3.4-7 ポール、樹木、コーンの例

図 3.3.4-8 に、偶然発生の例を示す。偶然発生するものは、車では反射による映り込みや一部隠れにより人と誤検知の例や、ポール等背景との組み合わせによって人と誤検知する例が多く確認出来た。

オートバイは学習において人と自転車を同時に学習したため保有認識アルゴリズム特有の課題と推測する。電柱の支えのワイヤカバーは、背景との組み合わせによって多く誤検知が確認できた。また、建物の一部や、信号との背景の組み合わせ、ワイパが通過するときにも誤検知が確認出来た。

学習が十分でないので断言できないところはあるが、偶然発生するものは一般的な検知ソフトで誤認した例をタグにするのも評価加速に有効であると考えられる。

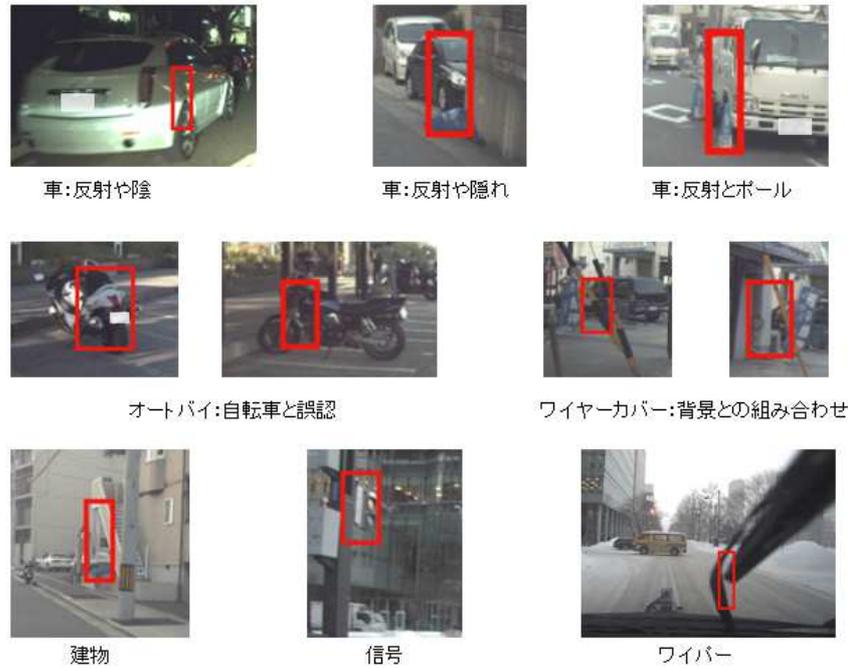


図 3.3.4-8 偶然発生の例

まとめると、対応すべき改善点を判断できる画像がそろっており、画像認識エンジンのロバスト性の評価に使用可能なデータであると言える。

(iii) 今後の開発視点、保有タグと比較からの有効なタグの提案

自動運転での障害物回避行動の対応においては、人に対する危険度に応じて重要度を判定し停止、迂回、通常どおり走行等を決定することが望ましい。そのために下記のタグを追加することを提案する。

a) 人に関して危険度を示したタグの追加要望

- ・飛び出しそうな人／交差点で立ち止まっている人／ふらふらしている人／寝ている人／それ以外
- ・スマートフォンをみて歩いている人
- ・ヘッドフォン、イヤホンをしている人
- ・死角から現れた人

具体的な追加例を表 3.3.4-4 に示す。

表 3.3.4-4 人に関して危険度を示したタグの追加

現状のタグ	要望
OBSTACLE = "歩行者"	危険度に応じて画像認識が必要なものを示す ①標準、太った、やせた(横方向) 幼児、子供、大人、背の高い(縦方向) ②顔付近付帯 ヘッドフォン、イヤホン、 ③胴体付近付帯 スマフォ、飲料、 ④足付近付帯 押している自転車、ベビーカー、車椅子、杖、 ⑤姿勢 立ち、すわり、寝ている、前かがみ(老人)、 ⑥状況 飛び出しそうな人/交差点で立ち止まっている人/ふらふらしている人/寝ている人
MARKING_TYPE = "矩形"	
CLASSIFICATION_1 = "大人","子供","不明"	
CLASSIFICATION_2 = "男","女","不明"	
BELONGINGS = "なし","傘","荷物","手押車"," ベット","移動体","不明"	
DIRECTION_1 = "前","後","右","左","前右"," "前左","後右","後左","不明"	
HIDDEN = "あり","なし","見切れ","不明"	

b) 自転車に対して危険度を示したタグの追加要望

- ・乗車人数
- ・ロードレーサー／軽快車（シティサイクル）／子供用自転車/それ以外
- ・死角から現れた自転車

具体的な追加例を表 3.3.4-5 に示す。

表 3.3.4-5 人に関して危険度を示したタグの追加

現状のタグ	要望	
OBSTACLE = "自転車"	乗っている人のシチュエーションで危険度を示す	
MARKING_TYPE = "矩形"		
CLASSIFICATION1 =		CLASSIFICATION1 = 乗車人数
CLASSIFICATION2 =		CLASSIFICATION2 = ロードレーサー/ママチャリ/ 子供用自転車/それ以外
CLASSIFICATION3 =		CLASSIFICATION3 = 死角/視界範囲内
BELONGINGS = "なし","荷物","傘","不明"		
DIRECTION1 = "前","後","右","左","前右"," 前左","後右","後左","不明"		
HIDDEN = "あり","なし","見切れ","不明"		

自動運転では自転車車両の位置や、オドメトリ、障害物のトラッキングなどが重要な情報のひとつである。今回は含まれていなかったが、下記のログやタグが含まれていると応用範囲が広がる。そのために下記のログやタグを追加することを提案する。

c) 自転車位置、オドメトリ情報の追加

自転車位置、速度、方向関係の情報を利用すると、EGO モーションによる自転車の動きをキャンセルできるため、歩行者の移動方向、速度を利用した検知アルゴリズムの評価データとしての利用性が高まる。自転車位置の情報と 3 次元 MAP を利用すると、信号や白線の位置が特定できる。

表 3.3.4-6 に現状の信号機と白線タグを示す。これらには要望する情報は含まれていない。

表 3.3.4-6 現状の信号機と白線タグ

現状のタグ	現状のタグ
OBSTACLE = "信号機"	OBSTACLE = "白線"
MARKING_TYPE = "矩形"	MARKING_TYPE = "線分"
CLASSIFICATION1 = "赤","黄","緑","矢印","不明"	CLASSIFICATION1 = "黄","白","不明"
DIRECTION1 = "前","右","左","不明"	
HIDDEN = "あり","なし","見切れ","不明"	

d) 障害物の正確な位置、動作情報

レーダ情報の関連情報の追加（障害物の正確な位置情報）が有効である。人、自転車、車の自転車からみた位置情報（ローカル座標）、動作情報があると、画像認識による距離誤差やレーダとカメラフュージョンでの検証に利用出来る。

#### ④ まとめ

対象物のオクルージョン、画像のコントラスト差や人の重なり等が含まれたデータベースであり、画像認識エンジン開発に係るアルゴリズム検証等のロバスト性評価に有効なデータベースである。改善要望として下記を提案する。

- (i) 未検知のロバスト性向上のために、隠れ度合い、背景とのコントラスト差の度合い、人との重なり有無のタグ追加を要望する。
- (ii) 誤検知のロバスト性向上のために、間違いやすそうなものは路側物としてタグをつけておくことを要望する。またできれば偶然発生しやすそうなものは一般的な検知ソフトで誤認した例をタグにすることを要望する。
- (iii) 人の危険度を示した真値タグの追加を要望する。
- (iv) 自転車位置情報やオドメトリ情報の追加を要望する。

### 3.3.5 データベースの評価 5

#### (映像データの 27 シーン分類の指針検討及び有効性の評価)

##### ① 評価方針の検討

本走行映像データベースにおける映像データの走行環境シーン（27 シーン分類）の有効性、網羅性の評価を実施するにあたり、以下の評価方針を検討した。

- ・過去のセンサ開発の走行環境評価において、そのロバスト性／網羅性を評価してきた知見を元に、映像データ・シーンを分類／分析し、環境の網羅性についてシステム目線でコメント／要望を抽出する。
- ・他センサとのフロントセンシングの検討で使用していくことを考慮し、画像の誤認識しやすいシーンだけでなく、他センサが苦手とするシーンについての映像やタグ情報について提案／コメント添削を行う。

これらの評価方針に基づき、(i)シーンの網羅性についての考察、(ii)データベース（タグ情報）の過不足、改善点の抽出、の2つの評価項目を実施した。

##### ② 評価内容及び手法の概要

###### (i) シーンの網羅性についての考察

本走行映像データベースは車載カメラによる歩行者や自転車等の障害物を認識するシステムを開発するための性能評価用データではあるが、性能評価用として活用していくためには、以下のように性能差を把握できるようなシーンを網羅的に盛り込む必要がある。

- ・システム作動する環境でのロバスト性、網羅性を評価するシーン（市街地）
- ・画像を誤認識しやすいシーン（逆光、夜間などの照度条件、雪、複雑な背景）
- ・他センサが苦手とするシーン（乱反射／強反射、複雑形状、物体が重なっている）

これらのシーンを踏まえ、保有センサ評価にて性能差が出る重要な映像の条件が本走行映像データベースに含まれているかどうかの分析・評価を、以下の a～c の評価手順にて実

施した。

a) 走行映像データベースの中から評価する地域を選定する

本走行映像データベースのシーン分類されている映像の中から、性能差を把握できるシーンを含む可能性の高い地域（市街地、寒冷地、観光地）を選定した。選定した9地域と評価対象の画像数を表 3.3.5-1 に示す。

表 3.3.5-1 選定 9 地域と画像数

	地域		撮影日	画像数
1	市街地	豊中	10月28日（昼）	15
2		尼崎	11月25日（昼）	575
3		国分寺	10月29日（昼）	366
4		西川口	11月24日（昼）	151
5		藤が丘	11月25日（昼）	186
6	寒冷地	札幌	1月22日（昼）	109
7		札幌	1月22日（夜）	7
8	観光地	鎌倉	11月 7日（昼）	382
9		鎌倉	10月 3日（夜）	57
計				1848

b) 27 シーン分類のうち評価するシーンを選定する

本走行映像データベースは、交通弱者である歩行者や二輪車の形状や挙動認識のために多数の歩行者画像を集めたデータベースである。また、NCAP（New Car Assessment Program＝新車アセスメントプログラム）における歩行者保護性能の対応強化の観点を踏まえて、27 シーン分類のうち、NCAP で定義する歩行者の「横断」、「横切」シーンおよび、歩行者の種々の場面が多く含まれる「追越し」シーンについて選定した。

選定した「横断」シーンは、横断歩道横断歩行者（シーン No.3）、横断歩道横断複数歩行者（シーン No.10）、歩行者横断群衆（シーン No.13）、違反歩行者（シーン No.17）の 4 シーン、「横切」シーンは、左折時歩行者（シーン No.5）、右折時歩行者（シーン No.7）、左折時群衆（シーン No.14）、右折時群衆（シーン No.15）の 4 シーン、「追越し」シーンは、追越歩行者（シーン No.1）の 1 シーンの合計 9 シーンである。

上記 a) にて選定した 9 地域において、上記 9 シーンに該当する画像数を表 2.3.9-2 に示す。

表 3.3.5-2 9 地域に含まれる 27 シーンの画像数

27シーン分類 No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
種類	追越歩行者	追越自転車	横断歩道横断歩行者	横切自転車	左折時歩行者	左折時自転車	右折時歩行者	右折時自転車	追越複数歩行者	横断歩道横断複数歩行者	歩行者自転車混在	追越群衆	歩行者横断群衆	左折時群衆	右折時群衆	歩行者付属物	違反歩行者	違反自転車	特殊周囲環境	違反路側物	追越駐車車両	右折時対向直進自動車	右折時対向直進二輪車	直進時対向右折自動車	直進時対向右折二輪車	直進時前方横切自動車	直進時前方横切二輪車	
市街地	豊中	2	3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	0	0	0	0	1	1	
	尼崎	74	97	28	39	3	1	2	0	15	8	2	2	1	0	0	13	9	576	13	0	146	2	0	9	2	43	11
	国分寺	114	38	12	15	5	0	0	0	16	3	4	0	0	0	0	4	4	0	0	29	0	0	5	0	109	7	
	西川口	28	17	14	11	1	1	3	0	13	8	4	2	4	4	2	7	5	3	0	0	10	0	0	0	0	13	1
	藤が丘	10	6	12	3	6	1	6	1	3	1	0	0	1	3	2	2	1	3	0	55	23	1	5	0	38	1	
寒冷地	札幌(昼)	8	0	9	0	3	6	2	0	5	1	0	2	0	0	0	0	1	0	0	49	0	0	2	0	12	0	
	札幌(夜)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	
観光地	鎌倉(昼)	83	73	5	0	1	1	0	0	84	6	5	9	3	1	0	11	4	5	0	48	0	0	0	0	13	2	
	鎌倉(夜)	9	0	4	0	1	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	1	0	2	0	15	0	0	0	0	6	0	
	合計	328	234	84	69	20	11	13	1	139	30	15	15	8	6	5	34	25	592	16	0	358	25	1	22	2	236	23

※ピンク色の背景のシーンが評価する 9 シーンを示す

c) 選定シーンの画像にセンサ評価で性能差が出る重要な映像条件が含まれるかを分析する

選定シーンの画像に、富士通のセンサ評価により抽出した性能差が出る重要な映像条件（表 3.3.5-3）が含まれているかを評価・分析することで網羅性を検証した。

表 3.3.5-3 センサ評価で性能差が出る重要な映像条件

	性能差が出る映像条件	誤認識/未認識原因
1	認識対象が重なっている（分離できない）	映像的に重なったり、隠れたりしている
2	認識対象の形が特殊	類似色 周囲と類似色で認識対象との境界線が出ない
3		服装が特徴的で、学習パターンと合わない
4		パターン 大きな荷物を保持していたり、歩く動作などにより、人だけの時と見え方が異なり、学習パターンと合わない
5	背景が複雑または間違いやすい	後方 人とその後方の背景が重なり、学習パターンと合わない
6	物体が存在する	前方 人とその前方の白線が重なり、距離が正しく出ない
7		路面 路面反射や模様で誤認識する
8	他センサが誤認識しやすいシーン	強反射物や複雑形状により、他センサが誤認識する
9	同一の認識対象の見え方が変化する	認識対象が接近するなど見え方が変わる
10	映像的に不利な環境である	映像的にも見えにくくロストする

(ii) データベース（タグ情報）の過不足、改善点の抽出

本走行映像データベースは、実際のセンシング技術開発に有効に活用できることを目指したデータベースである。そこでタグ情報に対し何を改善、追加すれば活用しやすくなるか、活用の幅が広がるかを前提に以下の観点で改善点を抽出することにした。

- ・システムの視点に立ったタグ情報が付与されているか？
- ・安全に走行するために必要な対象物に対してタグ情報が付与されているか？
- ・センサの性能評価で使えるタグ情報が付与されているか？

システムの観点で言えば、画像認識の技術を応用したセンサは AEB（Automatic Emergency Braking=自動緊急ブレーキ）、LKA（Lane Keeping Assist system=レーンキーピングアシストシステム）、追突防止、巻き込み防止などのシステムへの活用が想定されるが、システムが要求する認識対象や仕様は様々である（例えば、人、障害物、標識、信号機、白線など）。そのため、映像に映るものの中から、安全に走行したり、止まったりする判断

をシステムが行うために必要な対象物に対してタグ情報が付与されている必要がある。しかし、何もかもタグ情報を付与してしまうと逆に使いにくい。特に危険ではない対象物（例えば物陰に隠れてしまっている人）にタグ情報が付与されていても、車が安全に走行するには意味のないタグ情報となるため、評価対象から意図的に外すなど手間をかけることになってしまう可能性がある。そのため基本は、映像の中から安全に走行するために認識しないといけない対象物に正しくタグ情報が付与されていることが重要と考える。また、センサの情報をタグ情報として、正しく付与しないと精度評価に利用出来ない。

上記の考え方を踏まえた上で、シーンの網羅性の検証作業の中でタグ情報を確認し、タグ情報の過不足と改善点について検証した。

### ③ 評価結果

#### (i) シーンの網羅性についての考察

評価を実施した9シーンに対し、センサ評価で性能差が出る映像条件を含む画像数を表3.3.5-4に示す。

表 3.3.5-4 9シーンにおけるセンサ評価で性能差が出る映像条件を含む画像数

27 シーン分類 No.	シーン名	性能差が出る映像条件																				計					
		a			b		c				d				e		f		g		h		i		j		
		1	2	3	1	2	1	1	2	3	4	1	1	2	1	2	1	1	2	1	2		1	2	1	2	
		認識対象が重なっている (分離できない)			認識対象の形が特殊								背景が複雑または間違いやすい 物体が存在する				他センサが誤認識しやすい シーン		同一の認識対象の見え方が 変化する		映像的に不利な環境 がある						
同距離で重なる	前後に重なる	十人以上重なる	道路同色	建物他と同色	道路工事員	ガードマン	荷物持ち	隠れあり	歩く動作	近すぎる	後方(遠方複雑)	前方白線	前方道路継目	路面反射(影)	路面反射(水)	複雑形状	強反射後ろ	大きさ変化	向き変化	逆光	暗い						
1	道越歩行者	19	25	5	1	8	10	83	7	19	7	4	0	0	1	1	26	1	1	0	0	12	230				
3	横断歩行者	0	4	0	1	1	0	27	4	8	6	10	10	0	1	0	1	0	2	1	0	7	83				
5	左折時歩行者	0	3	0	0	0	0	5	0	3	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	18				
7	右折時歩行者	0	1	0	0	1	0	4	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11				
10	横断複数歩行者	5	11	0	0	0	0	11	0	2	1	4	6	0	2	0	1	0	0	0	5	3	51				
13	歩行者横断群集	2	6	2	0	0	0	2	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15				
14	左折時群衆	1	3	1	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9				
15	右折時群衆	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	6				
17	違反歩行者	1	3	0	0	1	0	7	0	2	3	5	0	1	1	0	1	1	4	1	2	1	34				
	計	29	57	8	2	11	10	143	11	37	23	26	20	1	5	1	29	2	8	2	9	23	457				

全体的には、センサ評価で性能差が出る a から j の映像条件に対し、評価を実施したシーンのいずれかに映像条件が当てはまる画像が含まれていたため、網羅性の観点では要件を満たしていた。ただし、例えば g や i など映像条件に当てはまる画像数が少ないものもあるため、このような映像条件については、条件に当てはまる画像数を増やしていく必要がある。

以降にセンサ評価で性能差が出る映像条件毎の分析結果について示す。

#### a) 認識対象が重なっている（分離できない）

観光地の群衆の映像は、距離方向、角度方向ともに複雑に人が交差しており、センシング的に難しい映像が含まれており問題ない。

b) 認識対象の形が特殊（類似色）

近くの建物と同色になるような映像は含まれるが、道路と歩行者が識別出来ないような映像が含まれていない。そのため、道路と識別しにくいグレーの洋服の人を映像の中に含めたほうがよい。図 3.3.5-1 は、歩行者と建物が識別しにくい事例であるが、人と建物がもう少し同色に映ればより識別が難しい映像となる。人と道路についても同様である。



図 3.3.5-1 歩行者と建物が区別しにくい事例

c) 認識対象の形が特殊（服装）

工事作業員（つなぎ）やガードマン（反射ベスト）などの特殊な服装の歩行者も含まれてはいるが、全般的に距離が遠い映像が多いため、歩行者との距離が近い映像が必要である。なお、本走行映像データベースにおいて走行環境シーン（27 シーン分類）を実施した地域の撮影日が秋冬時であったことから、全体的に黒っぽい服装の歩行者が多い。春夏時の白っぽい服装の歩行者が多い映像も必要である。

d) 認識対象の形が特殊（パターン）

荷物を持つ歩行者のバリエーションが豊富であり問題ない。荷物やその持ち方に特徴があると判断できる映像は、評価した 9 シーンでそれぞれ 25%以上含まれている。また、作業中の人や歩く動作も含まれており、認識対象の形状が特殊なパターンにおける映像条件の網羅性は高い。

e) 背景が複雑または間違いやすい物体が存在する（後方）

遠方で背景の重なりが影響しそうな映像が 26 パターン含まれており問題ない。

f) 背景が複雑または間違いやすい物体が存在する（前方）

白線や横断歩道の影響がある映像は 20 パターンほど含まれていたが、歩行者が識別できないような映像は含まれていない。そのため、横断歩道の白線と同色の白いズボンの人を映像の中に含めることが望ましい。図 3.3.5-2 は、靴下と横断歩道の白線で人の足元が識別しにくい事例である。白いズボンであれば、より識別が難しい映像となる。



図 3.3.5-2 横断歩行者が識別しにくい事例

g) 背景が複雑または間違いやすい物体が存在する（路面）

路上に影がくっきり出る映像は7パターンあったが、認識に影響が出るほどの濃い影が出ている映像はなかった。そのため、日差しが強く歩行者に強い影が出ている映像を追加することが望ましい。

図 3.3.5-3 は、路面反射がきつい映像の事例ではあるが、横断中の人の距離が遠いため、距離が近い映像が含まれることが望ましい。



図 3.3.5-3 路面反射がきつい映像の事例

図 3.3.5-4 は、影の影響が出ている映像の事例ではあるが、さらに濃い影が出ている映像が含まれていたほうがよい。



図 3.3.5-4 影の影響が出ている映像の事例

h) 他センサが誤認識しやすいシーン

積荷作業中の人など、他センサでも分離が難しいような映像が 30 パターンもあり問題ない。

i) 同一の認識対象の見え方が変化する

途中から歩行者が向きを変えたり、右左折時の斜め横断で見え方が変化したりするパターンがあり問題ない。

j) 映像的に不利な環境である

逆光の映像が 9 パターン含まれていたが、映像に影響を与えるほど強い逆光の映像はなかった。そのため、ハレーションやスミアが発生する西日など強めの逆光映像を追加したほうがよい。図 3.3.5-5 は、逆光の影響が出ている映像の事例ではあるが、スミアと人が重なる映像が含まれていたほうが望ましい。



図 3.3.5-5 逆光の影響が出ている映像の事例

以上が分析結果であるが、評価を実施した 9 シーンの中で、左折時歩行者（シーン No.5）と右折時歩行者（シーン No.7）は、シーン分類された画像の全数が少なく、センサ評価で性能差が出る映像条件を含む画像が不足している結果となった。そのため、右左折時には、バリエーションに富み、センサ評価で性能差が出る映像条件を満たす豊富な映像の収集が必要と考える。

(ii) データベース（タグ情報）の過不足、改善点の抽出

シーンの網羅性検証の過程の中でタグ情報を確認し、タグ情報の過不足と改善点について検証した結果を表 3.3.5-5 に示す。

表 3.3.5-5 タグ情報の追加・改善項目

項目	種別	用途	要求理由
1 物体の距離・角度タグ	追加	障害物検知	画像だけで物体までの距離・角度精度を評価できる方が効率的である
2 最近障害物のタグ	追加	障害物検知	センサによっては歩行者以外も認識するため、最も近い（危険な）障害物のタグも必要である
3 標識タグの追加（速度表示）	追加	標識検知/ 信号機検知	標識検知も実用化されつつあり、種類が増えれば活用できる
4 隠れた障害物のタグ	改善	障害物検知	画像的に見えていない物体は検知しないため、隠れありのタグは正確に付与する必要がある
5 認識対象の最下点を囲む	改善	障害物検知	路面との境界で距離を算出する方式の場合は、検知位置がずれていると距離精度が悪化する
6 間違ったタグの修正と「不明」タグの削減	改善	全て	誤ったタグを含んでいると学習がうまくいかなかったり、正しい評価が実施できなかったりする
7 周囲監視カメラ映像へのタグ付け	追加	周辺障害物検知	自動運転の開発に、周囲監視カメラの活用が期待される

追加・改善が必要な、物体の距離・角度タグ、最近障害物のタグ、隠れた障害物のタグの事例を示した画像を図 3.3.5-6 に、改善が必要な、物体の距離・角度タグ、間違っただタグの事例を示した画像を図 3.3.5-7 に示す。



図 3.3.5-6 タグ情報の追加・改善事例 1



図 3.3.5-7 タグ情報の追加・改善事例 2

#### ④ まとめ

##### (i) シーンの網羅性についての考察

シーンによる映像数の偏りは見られるが、歩行者に対する多様な映像は集約出来ている。カメラやレンズ特性、画角、搭載高さなどにチューニングされた製品の実力評価には活用出来ないが、認識アルゴリズムの性能目標の確認や比較、シーン見本的な活用が出来ると考える。

##### (ii) データベース（タグ情報）の過不足、改善点の抽出

センサ開発を行うにあたり、タグ付けされたデータベースは有効活用できると考えるが、現状のデータベースは、誤ったタグ情報が含まれていたり、安全走行に必要な対象物にタグ情報が付与されていなかったりするため、システム的に必要なタグ付けが十分にされているとはいえず改善が必要と考える。

##### (iii) 今後に向けた提言

本走行映像データベースの今後の活用に向け、以下の提言を行う。

a) 歩行者観点での網羅的な映像を集約したデータベースとして活用するためには、映像数の少ない右左折時の映像の追加と画像認識に厳しい映像の追加が必要と考える。

b) 実際の画像認識センサは、検知対象が歩行者に限らないため、他の対象物（例えば電柱などの障害物や標識）のタグ情報の追加が必要と考える。また、効率的な距離・角度精度の評価のため、物体の距離・角度タグの追加が必要と考える。

c) 画像認識センサの誤認識や精度劣化を防止するため、正確な隠れ障害物のタグ情報の追加、間違っただタグ情報の修正と「不明」タグの削減、認識対象の最下点を囲むといった改善が必要と考える。

d) 自動運転のためにはカメラ同士のデータ融合も要求されてくる。遠方前方と同期撮影したデータとなる周辺監視カメラの映像にタグ情報を付与できれば活用範囲が拡大すると考える。

e) 本走行映像データベースはファイル容量が大きく扱いにくいいため、欲しい映像を確認／抽出したり、タグ情報を容易に確認したりするツールが必要と考える。

### 3.3.6 データベースの評価 6

(映像データの 27 シーン分類の指針検討及び有効性の評価、誤認識対象のバリエーション評価、真値タグ付き画像の活用方法検討及び追加タグ情報の提案)

#### (1) 映像データの 27 シーン分類の指針検討および有効性の評価

##### ① 評価方針

- ・ 走行環境シーン（27 シーン分類）と交通事故分析センターの交通統計分類のマトリックスを作成
- ・ マトリックスの各該当項目をカウントし網羅性を検討  
(提供された 3,100 枚の画像から 3,654 件の事象件数を抽出)
- ・ カウント数頻度分布から、過不足（メリット・デメリット）を見出す

##### ② 評価内容及び手法の概要

- a) 走行環境シーン（27 シーン分類）網羅性の検討（件数の少ない分類項目を抽出）  
27 分類対象シーンの分類表を基に、個々の該当件数をカウント
- b) 交通事故件数に対する網羅性の検討（事故件数が多いが情報が少ない項目を抽出）  
事故件数マクロ調査に基づき、事故に繋がる恐れのある類似性の高い対象シーンをカウント

##### ③ 評価結果

###### (i) 走行環境シーン網羅性の検討

走行環境シーン網羅性の検討結果を表 3.3.6-1 に示す。

表 3.3.6-1 走行環境シーン（27 シーン分類）対象シーンの件数

No	対象シーン(27分類)	件数	必要性	統合先	備考
21	路側駐車車両追い越し	782	○		
1	単路 追越し(歩行者)	710	○		
26	交差点前方横切り直進車(自動車)	605	○		
2	単路 追越し(自転車)	396	○		
9	複数歩行者 追越し	210	×	①	単路 追越し(歩行者)
3	横断歩道 横切り(歩行者)	190	○		
4	横切り(自転車)	149	○		
22	交差点右折時対向直進車(自動車)	79	○		
10	複数歩行者 横断歩道(横切り)	70	×	③	横断歩道 横切り(歩行者)
17	特殊歩行者(違反歩行者)	66	○		違反歩行者
16	歩行者の付属物	61	×	×	付属物は不要
24	交差点直進時前方右折車(自動車)	61	○		
18	特殊自転車(違反自転車)	43	○		違反自転車
11	歩行者・自転車混在	42	×	×	混在は不要
27	交差点前方横切り直進車(二輪車)	38	○		
5	交差点左折(歩行者)	27	○		
7	交差点右折(歩行者)	22	○		
12	群集 追越し	21	×	①	単路 追越し(歩行者)
13	群集 横断歩道(横切り)	19	×	③	横断歩道 横切り(歩行者)
19	特殊周辺環境	19	×	④	道路走行環境
6	交差点左折(自転車)	17	○		
14	群集 左折時(横切り)	9	×	⑤	交差点左折(歩行者)
8	交差点右折(自転車)	7	○		
15	群集 右折時(横切り)	6	×	⑦	交差点右折(歩行者)
23	交差点右折時対向直進車(二輪車)	3	○		
25	交差点直進時前方右折車(二輪車)	2	○		
20	路側物(誤認識対象)	0	○		道路走行環境

(ii) 交通事故件数に対する網羅性の検討

交通事故件数に対する網羅性の検討結果を表 3.3.6-2 に示す。

表 3.3.6-2 交通事故件数に対する対象シーンの件数

27分類と事故類型の関係		H26交通事故件数		事故件数割合(%)		カウント数		カウント数割合(%)	
No	事故類型	H26交通事故件数	事故件数割合(%)	カウント数	カウント数割合(%)				
1	人対車両	3588	0.8	358	6.7				
2	歩道通行	5488	1.0	261	6.9				
3	横断歩道	17417	2.6	287	7.9				
4	横断歩道付近	1778	0.9	38	1.0				
5	横断歩道寄り付近	148	0.0	2	0.1				
6	その他	12819	2.3	147	3.9				
7	路上進入口	488	0.1	14	0.4				
8	路上作業口	88	0.1	7	1.9				
9	路上停止口	1242	0.2	63	2.4				
10	路上横断	358	0.1	3	0.0				
11	その他	12314	2.1	147	4.0				
12	車両対歩	188	0.0	22	0.6				
13	追突	12377	2.2	897	24.5				
14	追突	18889	3.3	83	2.4				
15	追突	188618	33.9	110	3.0				
16	追突・追突	140768	24.5	75	2.0				
17	追突・追突時衝突	8875	1.6	3	0.0				
18	追突・追突時衝突	8188	1.1	3	0.0				
19	追突・追突時衝突	5879	1.0	22	0.6				
20	追突・追突時衝突	25857	4.5	32	0.8				
21	追突・追突時衝突	48285	8.1	17	0.5				
22	追突・追突時衝突	1579	0.0	83	2.3				
23	追突・追突時衝突	2127	0.4	1	0.0				
24	追突・追突時衝突	18043	3.2	3	0.0				
25	追突・追突時衝突	18382	3.4	527	14.4				
26	車両対歩	1488	0.0	23	0.6				
27	追突	307	0.1	13	0.4				
28	追突	867	0.1	4	0.1				
29	追突	2574	0.4	44	1.2				
30	追突	1101	0.2	27	0.7				
31	追突	188	0.0	38	1.0				
32	追突	2378	0.4	23	0.6				
33	追突	1078	0.2	3	0.0				
34	追突	888	0.2	3	0.0				
35	追突	405	0.1	3	0.0				
36	追突	5078	0.9	3	0.0				
37	追突	2838	0.5	3	0.0				
38	追突	88	0.0	3	0.0				
合計		473842		3884	1.0				

事故件数が多いカウント数のものを色塗り  
カウント数が多いものを色塗り  
事故件数割合より、多いものを色塗り

(iii) 件数カウント結果から推察した不足情報

a) 走行環境シーンから

- ・ 交差点右左折（歩行者・自転車・自動車・二輪車）
- ・ 違反行動（歩行者・自転車） + （自動車・二輪車）
- ・ 道路交通環境（路側構造物等）
- ・ 複数や群衆の項目は不要（群衆であっても、最も近い歩行者を数人検出すべき）
- ・ 歩行者の付属品は不要（付属品は路上障害物として処理できる）

b) 交通事故件数から（事故件数が多いが情報が少ない項目をカウント）

- ・ 追突
- ・ 出会い頭衝突
- ・ 追越し、追抜時衝突
- ・ 進路変更時衝突
- ・ すれ違い時衝突
- ・ 左折時衝突
- ・ 右折時衝突
- ・ 後退時衝突

④ まとめ

予防安全／自動運転システム開発の観点から、情報の不足を整理した。

- ・ 追突などニアミスの可能性のある映像がない
- ・ 交差点右左折時の映像が少ない
- ・ 道路交通環境を把握する情報がない

画像認識技術検討の情報源（INRIA/KITTI 相当）としての有用性はあるものの、予防安全システムおよび自動運転の将来技術開発検討に必要と思われるシーン情報（ニアミスなど）がない。

また、路側構造物や路面表示の正解タグ情報が未登録であるため、情報付与に走行映像データ利用者の負担が大きくなると予想される。一般的なドライバの日常的な運転状況を把握した走行映像データベースであると利用価値は更に向上すると考えられる。

(2) 誤認識対象のバリエーション評価

① 評価方針

- ・ 評価対象は歩行者に限定、提供された映像の中から任意の静止画像を選択
- ・ OpenCV の HOG 特徴量+SVM で歩行者検出、未検出や誤検出シーンの状況を抽出
- ・ 未検出や誤検出となった歩行者状態や環境状況についてクラスタリング実施
- ・ クラスタ結果を踏まえ、未検出や誤検出が発生する状況を整理する

② 評価内容及び手法の概要

(i) 評価ファイル = 歩行者が比較的多く見受けられるシーンを利用

¥観光地¥ (関東) 鎌倉¥11月7日¥

¥駐車場¥ (関東) 海老名¥10月8日¥

全 28 フォルダ (233,760 フレーム 3,896 秒) について、各フォルダともに 10 秒毎の画像を選択 (381 フレーム)

※ 一般的なサンプル数の計算式 (信頼度 95%、精度 5%) により、およそ 380 フレームのデータが必要であることから、目安として選択画像数を決定した

※ 02\_20151107\_131433 は xml が読み込めないため評価対象から外す (▲15 フレーム)

(ii) パラメータ設定 : 基本的にデフォルト値を利用

# HOGDescriptor のパラメータ

- ・ 検索窓サイズ : 64x128、32x64
- ・ ブロックサイズ : 16x16、8x8
- ・ ブロック移動量 : 8x8、4x4
- ・ セルサイズ : 8x8、4x4
- ・ 方向(ビン)数 : 9

# detectMultiScale のパラメータ

- ・ 判定閾値 : 0.0
- ・ 窓の移動量 : 8x8
- ・ 解析範囲拡張量 : 4x4
- ・ 拡大率 : 1.05
- ・ グループ化数 : 0、3

検出窓サイズとグループ化数の組み合わせを表 3.3.6-3 に示す。

表 3.3.6-3 検出窓サイズとグループ化数の組み合わせ

		検索窓サイズ	
		64×128	32×64
グループ化数	0	A	B
	3	C	D

※未検出オブジェクトの抽出 :

- ・ A~D すべてで検出を実施しても見つからない歩行者を目視で抽出
- ・ 正解タグと比較し、検出できなかった歩行者を未検出オブジェクトとする

※誤検出オブジェクトの抽出 :

- ・ C、D の 2 種類の検索窓で実施し、対象外オブジェクトを検出したものを目視で抽出
- ・ 正解タグと比較し、歩行者(自転車含む)以外を誤検出オブジェクトとする

③ 評価結果

(i) 判定結果画像例

判定結果画像例 1、2、3、4 をそれぞれ図 3.3.6-1～4 に示す。

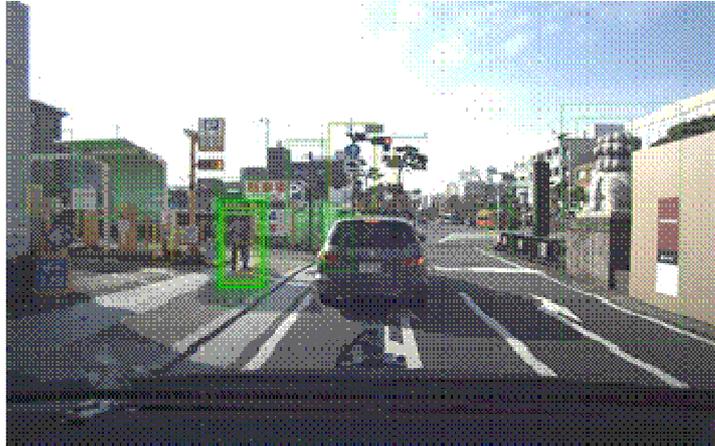


図 3.3.6-1 判定結果画像例 1

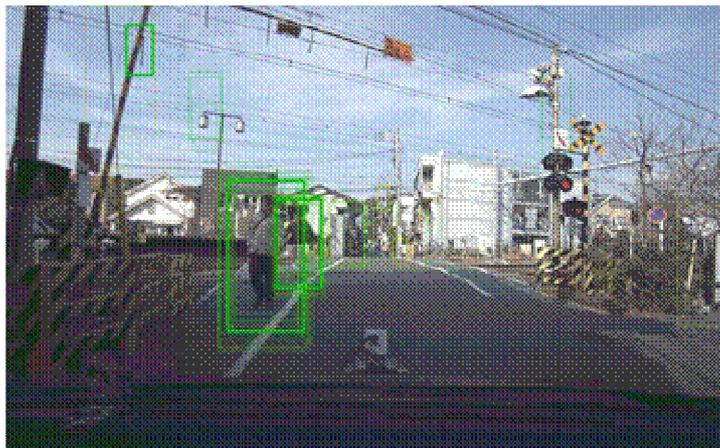


図 3.3.6-2 判定結果画像例 2



図 3.3.6-3 判定結果画像例 3

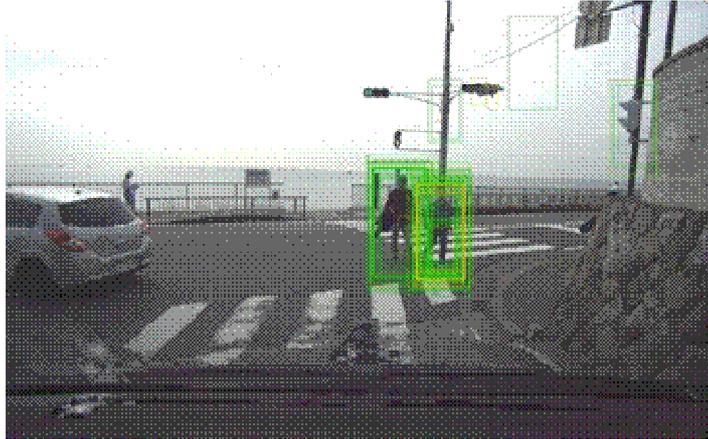


図 3.3.6-4 判定結果画像例 4

(ii) 未検出結果

未検出結果を図 3.3.6-5 に示す。

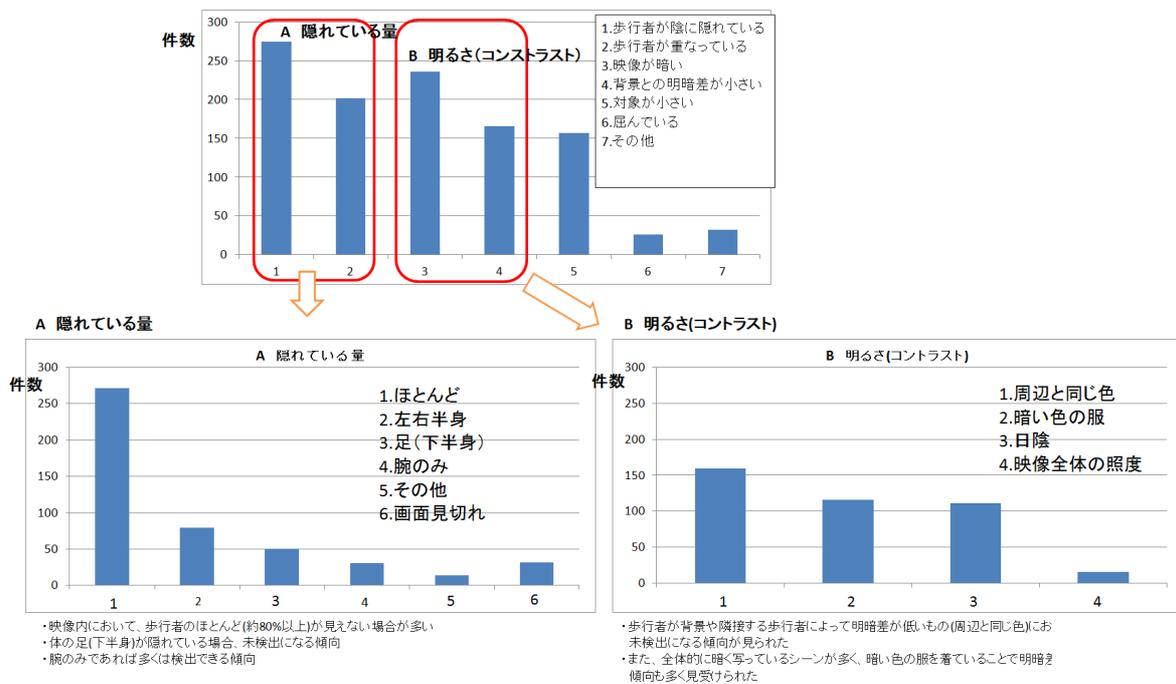


図 3.3.6-5 未検出結果

(iii) 誤検出結果

誤検出結果を図 3.3.6-6 に示す。

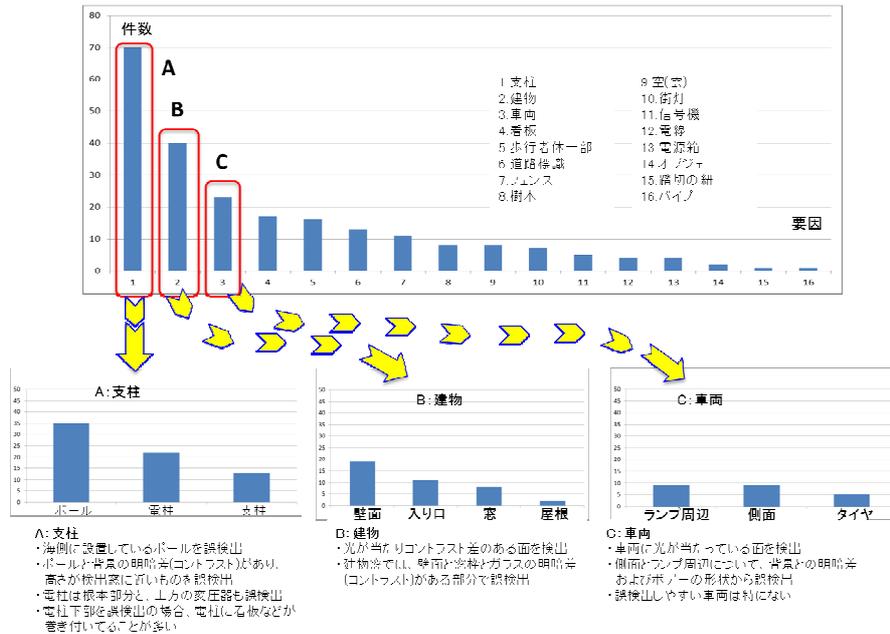


図 3.3.6-6 誤検出結果

④ まとめ

評価結果を表 3.3.6-4 にまとめた。

表 3.3.6-4 評価結果まとめ

検出結果	結果の発生状況	
未検出	隠れの影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>歩行者が路側構造物や車両などに隠れ、全体が見えない</li> <li>体の足(下半身)が隠れている場合は、特に未検出になりやすい</li> <li>人の目で見ても判別しにくい歩行者までタグが付与されており、自動認識の課題としては難しい</li> </ul>
	明るさ(コントラスト)の影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>歩行者と背景の明暗差が低いもの(周辺と同色)で未検出が多発</li> <li>横断歩道上や白い建物壁前に立つ白服の歩行者は、背景との明暗差が少なくなり未検出が増える傾向にある</li> <li>全体的に暗く写っていたシーンでの暗い色の服や、日陰などの暗い場所では、検出性能が極端に低下</li> <li>提供された画像は擬色の発生が多く、コントラストに少なからず変化をもたらす検出性能にも影響</li> </ul>
誤検出	支柱	<ul style="list-style-type: none"> <li>海側に設置しているポールを誤検出(→コントラストが出易い)</li> <li>ポールと背景の明暗差(コントラスト)があり、高さが検出窓に近いものを誤検出</li> <li>電柱は根本部分と上方の変圧器を誤検出、電柱に看板などが巻いてあると誤検出</li> </ul>
	建物	<ul style="list-style-type: none"> <li>光が当たりコントラスト差のある面を誤検出</li> <li>建物窓では、壁面と窓枠とガラスの明暗差(コントラスト)がある部分で誤検出</li> </ul>
	車両	<ul style="list-style-type: none"> <li>車両に光が当たっている面を検出</li> <li>側面とランプ周辺について、背景との明暗差およびボデーの形状から誤検出</li> <li>誤検出し易い車両は特にはない</li> </ul>

- ・全体的に暗く、歩行者と歩行者の背景とのコントラスト差が低い場合に未検出になりやすく、歩行者と形状が似た対象物が高コントラストになる場合に誤検出する傾向がある。
- ・今回配布された画像は高圧縮を施したとは言え、擬色やノイズが強く発生しているため正しい認識が出来なかった可能性はある。後日、RAWデータのBとGのビット割付けに間違いがあることが分かったが、評価のやり直しは行わないこととした。
- ・誤検出の要因に本画像特有の要素は顕著ではなく一般的な画像（他のDB）と同等であり、評価用画像としての有用性は一定レベルを有すると結論付けられる。

### (3) 真値タグ付き画像の活用方法検討及び追加タグ情報の提案

#### ① 検討方針

(i) 関係者が集まり、本データの活用法について自由意見を述べる

(公開論文など走行映像を用いた事例を分析、画像やタグの活用方法も調査)

(ii) 意見と調査結果を集約し、本走行映像のメリットとデメリットを整理

(iii) それぞれの活用法とフェーズにおいて、データの過不足を見出す

#### ② 検討結果

意見集約結果を表 3.3.6-5 に示す。

表 3.3.6-5 検討結果一覧

項目	内容	メリット	デメリット	追加タグ(データ)
<b>車両開発</b>				
交通シミュレーション	・走行データから街(道路)を仮想化	・シミュレーションのシナリオを計画しやすい ・現実に近い環境を走行可能	・電柱などのオブジェクトにはタグ付けがされていない	・電柱などのオブジェクトにタグ付け
交通安全教育	・教育資料に使用		・ヒヤリハットが無い	・ヒヤリハットが発生した運転映像
事故多発地点解析&危険警告	・加速度がよく発生する場所をフィードバックして、事故多発地帯を分析し、通行時に警告		・車両が加減速してしまう映像がない ・網羅性が低い	・車両を加減速させる運転映像
路車間通信装置の設置場所検討	・電波の通りやすい場所、設置できる場所の検討	・走行時に見逃していた場所を後から確認可能		・大通りだけでなく、狭い道(路地)の走行情報
交通信号	・交通信号装置の見た目評価 ・見通しがいいのか	・定量的な視認性の比較		・大通りだけでなく、狭い道(路地)の走行情報
検出技術検討	・歩行者や自転車、自動車、路側構造物、路面表示などの道路環境に存在するオブジェクト検出技術検討におけるリソース	・歩行者及び自転車がいろいろなパターンで撮影されている	・電柱などのオブジェクトへのタグ付け	・一部映像にタグ付けされているため残りの映像に対してタグ付け
行動分析	・歩行者や自転車が障害物等を回避するときの行動より、車両の危険回避検討	・歩行者及び自転車が自車の近くを多く通行している	・回避行動をとる状況が少ない	・歩行者や自転車の回避行動
車両特性解析 車両開発	・走行路面に対する車両性能を車載映像から解析(分析)			・1車種のみでなく、他車種でも実施
<b>道路・環境</b>				
地図作成	・交差点形状や路面表示などとGPS位置情報から詳細な地図を作成 ・細かい地形や信号などの変化に対応 ・カメラ映像(後方)から地図を生成	・ナビの更新が最小限	・常にデータのやり取りが必要 ・走行によっては使用できない	
3D地図	・上空写真と組み合わせることで、建物とのテクスチャを加味した地図の作成		・上空写真が必要	・上空写真とのマッチング
道路評価	・自動運転が実現した時のインフラ評価(実際に走行する道路の評価)		・走行した道路が少ない	・ほぼすべての道路を走行した映像

### ③ まとめ

交通シミュレーションや検出技術開発における本データベースの利用価値は高く、既存のデータベースと同等に利用できる。タグ情報の追加要望は、車載商品で活用されている路側構造物や路面表示など最低限の情報付与は必須で、ドライバの状態についても異常状態が設定されると良い。

### (4) 全体まとめ

データベースの評価として、映像データの 27 シーン分類の指針検討及び有効性の評価、誤認識対象のバリエーション評価、真値タグ付き画像の活用方法検討及び追加タグ情報の提案を行った。これらの結果を踏まえ、走行映像データベースの利用価値についての評価結果をまとめる。

技術的な分野として、交通シミュレーションや検出技術開発における本データベースの利用価値は非常に高いが、自動運転等のシステム開発における目標設定や効果確認用としての利用価値は高くない。(優良ドライバのモデルは作れても、一般ドライバや高齢者モデルは作れない)

開発のフェーズでは、研究フェーズにおいて簡易的評価検討に既存のデータベース同等の利用が出来るが、製品開発においては一部システム（運転注意モニタなど）に限定される。(ニアミスや事故のシーンが皆無のため安全系での適用範囲が限られる)

追加要望となるタグ情報は、精度も含め網羅的にタグ付与仕様を決めデータベース構築することで付加価値が向上するが、既存システムで活用されている路側構造物や路面表示など最低限の情報付与は必須である。ドライバの状態についても異常状態が設定されない限り、その利用方法について想定が難しい。また、一般的なドライバの日常的な運転状況を把握した走行映像データベースであると、利用価値は更に向上すると考えられる。

### 3.3.7 データベースの評価 7

#### (真値タグ付き画像の活用方法検討及び追加タグ情報の提案)

#### ① 評価方針

評価を実施するに当たり、下記に示す評価方針を検討した。

- ・活用案：車両シミュレータの育成のための真値タグ付き画像活用方法を検討する。
- ・真値タグ付き画像を教師データとして利用し、歩行者および車両のタグ付け情報及び画像から特徴量を抽出し、歩行者及び車両の動きをモデル化する可能性の検討を行う。
- ・走行映像データベースは、歩行者や自転車などの障害物を認識するシステムを開発する性能評価用データベースであるため、歩行者をモデル化するための取り組みを実施する。

(i) 取り組み方針

歩行者の動線計画に関する因子は一般に、a.経路長 b.歩行環境 c.個人属性の3項目と仮定、タグ付画像を教師データとして利用し、有効なモデル化が可能かを検討する。

タグ情報および画像の双方から環境情報を分類抽出し、歩行者環境と実際の動線とを比較することを主眼に評価する。

(ii) 動線歩行者モデルの取り組み

Step1: 歩行者状態（動線、位置、速度等）を画像識別器、Optical Flow から抽出する。

Step2: 周辺環境（Back ground の Context 情報）と Step1 で得られた歩行者状態量の相関関係を統計手法で定量化する。

② 評価内容および手法の概要

歩行者が比較的多い市街地、住宅地を選択し、その中から歩行者状態（動線、位置、速度等）を画像識別器、Optical Flow から抽出する。走行映像データベースから歩行者をモデル化するための手順を示す。

(i) 対象物となる歩行者の抽出を行う。

(ii) 抽出した歩行者の歩行者の位置、動線等の状態遷移を検出する。

図 3.3.7-1 に歩行者をモデル化するシステムの全体構成を示す。

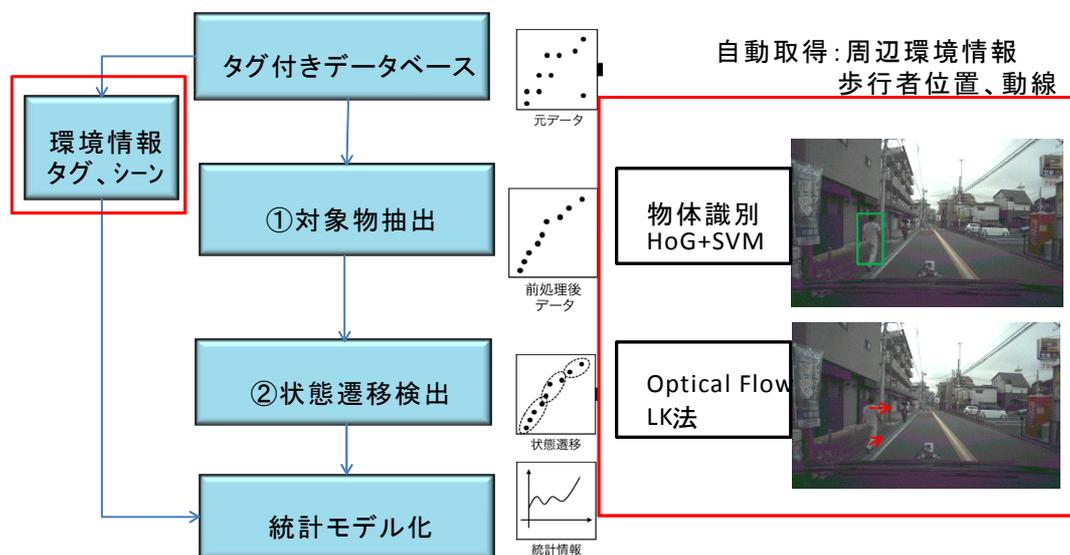


図 3.3.7-1 全体構成図

③ 評価結果

識別器（HoG+SVM 等）および OpticalFlow を用いて、画像データベースを分析した結果の事例を交えて示す（OpenCV<sup>[1]</sup>を使用）。

(i) 画像識別器 (HoG+SVM 等) を用いた対象物抽出

a) 動線モデルを構築するために必要な歩行者状態量の取得が困難な事例 1

輝度勾配をベースとした局所特徴量 (HOG、HaarLike 等) では、日射方向と構造物の位置関係 (例: 夕方の建物の影) では正常に位置、属性を正確に取得できない。

図 3.3.7-2 の左画像では、建物の陰に歩行者が入っており、衣服によって上半身のみ認識され、歩行者との距離を間違えて認識している。同図の右画像では、構造物の陰になり、歩行者全体が埋もれてしまい、歩行者を認識できていない。

現状のデータベース画像は特定の季節・時間で計測を実施している。上記距離精度の低下や不認識が考えられるため、時間や季節によって認識できない状況が考えられる。



図 3.3.7-2 画像データベース分析結果 (画像識別器を用いた対象物抽出 事例 1)

b) 動線モデルを構築する為に必要な歩行者状態量の取得が困難な事例 2

オクルージョンや周辺の類似特徴により、特徴量が部分的に欠落することで正常に検出出来なくなる。

図 3.3.7-3 の左画像では、近距離であるため、車両に歩行者の足が隠れてしまい、情報を取得出来ない。また、同図の右画像では、距離が離れているからではなく、他の類似情報と混ざってしまい、情報を取得出来ない。

歩行者が他のパターンや構造物に埋もれてしまう場合



図 3.3.7-3 画像データベース分析結果（画像識別器を用いた対象物抽出 事例 2）

(ii) Optical Flow を用いた対象物抽出

a) 動線モデルを構築する為に必要な歩行者状態量の取得が困難事例

解像度、フレームレートに起因し、周辺環境と歩行者の Optical Flow 情報分別が困難なシーンがあり、動線モデルに必要な歩行者の細かな挙動が得られない。

図 3.3.7-4 の左画像は、正常に車両を認識できる。ただし、停止している歩行者は、情報に含まれていない。また、同図の右画像では、自転車と同一方向に移動する歩行者のフロー情報が路側構造物のフローに埋もれてしまい情報を認識出来ない。これらは、解像度、フレームレートに起因し、周辺環境と歩行者の Optical Flow 情報分別が困難なシーンがあることが判る。動線モデルに必要な歩行者の細かな挙動を得るのは、非常に難しいと考えられる。

車両と同一方向に移動する歩行者のフロー情報が路側構造物のフローに埋もれる



図 3.3.7-4 画像データベース分析結果（Optical Flow を用いた対象物抽出）

#### ④ 改善要望

走行映像データベースの評価結果から、改善要望項目を示す。

##### (i) 撮像時間の局所最適化

撮像するエリアを対象とする歩行者、前方車両、白線等において分割し、それぞれのエリアのエクスポージャを最適化して対象物を抽出しやすい画像を提供して頂きたい。その場合に、タグ情報にコントラストを変更した情報を追記し、元画像と対象物抽出用画像の相関が取れることが望ましい。図 3.3.7-5 に示す。

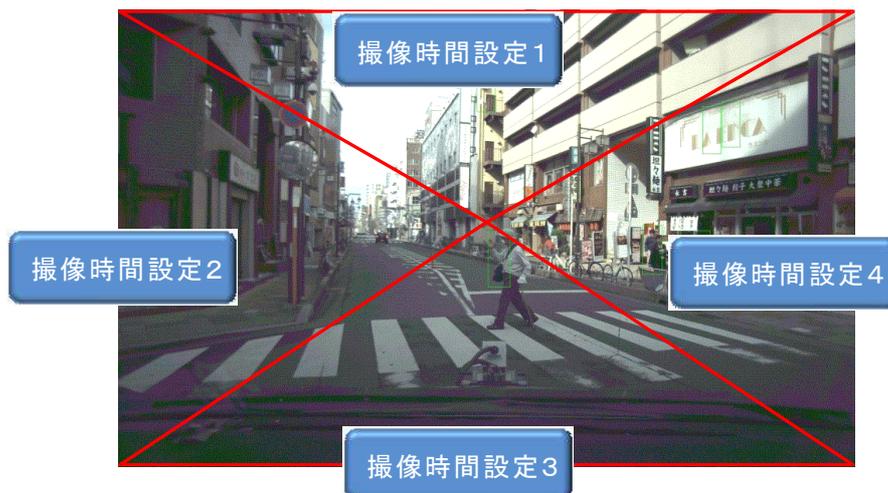


図 3.3.7-5 画像データベース改善要望（撮像時間の局所最適化）

##### (ii) 撮像画像の FOV（Field of View）広角化

現状の走行映像データベースにおける前遠方監視カメラの画角は  $90^\circ$  であり、対象物が近傍まで近づかないと撮像範囲に含まれないことがある。そのため、住宅地や市街地交差点での環境情報が欠落することがあり、右左折時の横断歩行者、横断自転車の動線情報の抽出が困難である。これらの動線情報の補助情報としてモデル化の根拠を示すため、ITARDA の歩行者事故分析を実施し、市街地の歩行者のシーンを抽出した。現状の取得画像では、全周囲監視カメラにより  $360^\circ$  画像取得しているものの、前後左右の各フレーム間の同期分析は難しいためトラッキング等の処理ができない場合がある。

ITARDA の歩行者事故分析から市街地の歩行者保護を目的とし、画像から連続的に動線情報を取得する様にするため、前遠方監視カメラ FOV（Field of View）の広角化（ $110^\circ$ 以上）を要望する。図 3.3.7-6 に示す。



住宅地や市街地交差点での歩行者  
動線情報分析が困難

周辺カメラ情報と組み合わせるの  
ではなく、前方カメラによって情報獲  
得し、認識、フロー抽出をシームレスに行  
いたい。

図 3.3.7-6 画像データベース改善要望（撮像画角の FOV 広角化）

#### ⑤ まとめ

走行映像データベースの真値タグ付き画像データを教師データとして、歩行者及び車両のタグ付け情報並びに画像からの特徴量を抽出し、歩行者及び車両の動きのモデル化の検証を実施した。

現状の研究開発の成果物を先行開発段階に利活用するに場合の必要事項を示す。

#### (i) 画像取得スペック

##### a) 撮像映像のコントラスト改善

部位毎に最適な撮像時間のコントロールを要望する。

##### b) 撮像映像の高解像度化、広角化（FOV）

現状の収集画像データでは、前遠方監視カメラ  $90^\circ$  に加えて、全周囲監視カメラ  $360^\circ$  画像収集しているものの、前後左右の各フレーム間の同期分析は難しく、画像から連続的に動線情報を取得する様にするため、前遠方監視カメラの画角を現状の  $90^\circ$  から FOV の広角化（ $110^\circ$  以上）を要望する。

#### (ii) 追加情報取得要望

ドライバの運転行動に係る研究開発は、別の研究開発で取り組みがあるものの、ドライバの運転行動と走行映像データベースの成果物を紐づけるインタフェース情報は定義されていない。

歩行者の状態に対して主成分分析を行う際、どのような挙動情報を主成分として運転しているか、ドライバの運転操作情報、運転姿勢情報を取得対象とし、モデル化の際に補助情報として活用する。

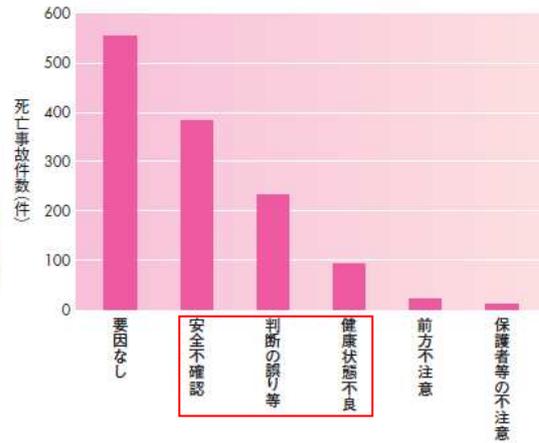
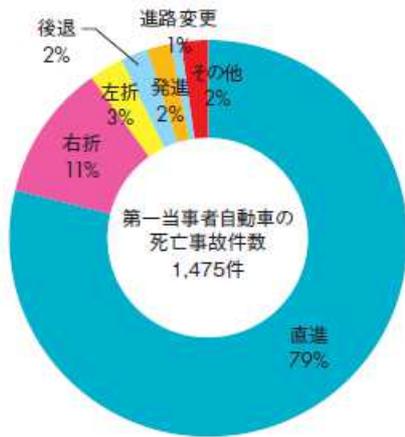


図 3.3.7-7 第一当事者自動車の行動類型割合 図 3.3.7-8 歩行者による事故発生要因  
※ITARDA INFORMATION より引用<sup>[2]</sup>

ITARDA の歩行者事故の特徴分析にあるように、第一当事者が自動車である場合、自動車の死亡事故件数の約 80%は直進時である（図 3.3.7-7）。また、歩行者側要因分析として横断時の安全確認不足、判断の誤り、体調不良等が上げられる（図 3.3.7-8）。

ベテランドライバでは、リスク認知を行う際、これらの歩行者側要因をコスト計算にいれ、かもしれない運転を行うことが知られているが、画像情報だけではなく、歩行者の属性、挙動、動線上の障害物だけでなく、環境（住宅地、通学路等々）とその動的変化（天候、日射方向等々）との相互関係を考慮した複合的な判定を行っている。

これらの歩行者動線に関するリスク推定モデルを形成するうえで、画像データを取得する車両のドライバ情報から、リスク認知に結びついた情報を統計的に分析できると考えている（下記に追加要望案を示す。）。

表 3.3.7-1 追加要望リスト

項目	Must/Want	理由
ドライバステア舵角	Must	ドライバの行動を推定するため
ステアトルク	Must	ドライバの行動を推定するため
アクセル開度	Must	ドライバの行動を推定するため
顔向き、視線	Must	注意資源と運転行動、歩行者行動の相関関係を確認するため
ドライバ運転姿勢	Want	ドライバ挙動を確認するため
筋電	Want	筋肉量の動きにより、運転時の緊張状態を確認するため

参考文献

[1] OpenCV, <http://opencv.org/>

[2] 財団法人 交通事故総合分析センター（ITARDA）、ITARDA INFORMATION No.83、2010

### 3.3.8 走行映像データベースの評価まとめ

#### (1) 評価結果まとめ

再委託各社の走行映像データベースに対する質や量および多様性等の評価は、以下の通りである（表 3.3.8-1 に分担表を示す）。

- ・ 評価結果

周辺環境認識技術の性能評価用シミュレーションデータとして有効である。

- ・ 課題

ヒヤリハットや認識が難しいシーンの検索機能や欲しいシーンのデータ増強など、データベースとしての完成度を高めることと、データ活用環境やツール強化など期待が挙げられた。

表 3.3.8-2 から表 3.3.8-8 において、上記の共通する評価結果に加えて、評価項目毎に挙げられた良い点、改善点、その他の提案をまとめ、評価結果の整理を行う。

表 3.3.8-1 走行映像データベースの質や量及び多様性評価の実施分担表

	評価項目	再委託 2	再委託 3	再委託 4	再委託 5	再委託 6	再委託 7	再委託 8
①	映像データの走行環境シーン（27 シーン分類）の指針検討及び有効性の評価		○			○	○	
②	誤認識対象のバリエーション評価						○	
③	レーザレンジセンサによる基準距離情報付加の有効性評価	○		○				
④	歩行者の属性情報等を用いたタグ情報の有効性評価		○					
⑤	真値タグ付き画像の活用方法検討及び追加タグ情報の提案			○	○		○	○
⑥	高分解能カメラの有効性評価			○				
⑦	画像データの平均輝度のバリエーション評価	○						

#### ① 映像データの走行環境シーン（27 シーン分類）の指針検討及び有効性の評価

映像データの走行環境シーンの指針検討及び有効性については、3 機関により評価が行われた。再委託 3 は、走行映像と 27 シーン分類情報を学習し、走行映像内のシーンがどの程度正確に把握できるかを評価観点としている。また、再委託 6 は、センサ開発で性能差が出る映像条件を含む画像数について分析している。さらに、再委託 7 は、走行環境シーン（27 シーン分類）毎の件数及び交通事故件数に対する対象シーンの件数を分析し、網羅性を検討している。各機関の評価コメントを表 3.3.8-2 に示す。

評価の結果、認識アルゴリズムの性能目標の確認や比較、シーン見本的な用途に活用できると評価されている。一方、シーンによる映像数に偏りが見られることが指摘され、右左折歩行者の映像、路側構造物や路面標示の情報等が必要であると考えられる。また、代表フレームのみにシーン分類情報を付与するのでは不十分であることが指摘されている。

表 3.3.8-2 映像データの走行環境シーン（27 シーン分類）の指針検討及び有効性の評価まとめ  
（評価機関：再委託 3、再委託 6、再委託 7）

評価コメント	
良い点	○画像認識技術検討の情報源として有用性がある（再委託 6、再委託 7）
改善点	<ul style="list-style-type: none"> <li>○右左折歩行者の映像追加（再委託 6、再委託 7）</li> <li>○路側構造物や路面標示等、歩行者以外の対象物のタグ追加（再委託 6、再委託 7）</li> <li>・代表フレームのみではなく、シーンの開始／終了時刻をシーン分類情報として付与する（再委託 3）</li> <li>・正確なシーン分類情報の付与（再委託 3）</li> <li>・識別しにくい歩行者、日差しの強い映像、逆光映像など、性能差が出る映像条件を満たす豊富な映像の収集が必要（再委託 6）</li> <li>・歩行者との距離がより近い映像が必要（再委託 6）</li> <li>・物体の距離・角度タグの追加（再委託 6）</li> <li>・正確な隠れ障害物のタグ付与、間違ったタグの修正と「不明」タグの削減、認識対象の最下点を囲むといった改善が必要（再委託 6）</li> <li>・一般的なドライバの日常的な運転状況をデータベースに反映させる（再委託 7）</li> </ul>
提案	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自動運転における活用に資するため、周辺監視カメラの映像にタグを付与する（再委託 6）</li> <li>・欲しい映像を確認／抽出したり、タグ状況を容易に確認できるツールが必要（再委託 6）</li> <li>・複数や群衆の項目、歩行者の付属品の情報は不要（再委託 7）</li> </ul>

※（ ）内に評価機関を示す。

※○印は、複数機関に共通する評価内容を示す。

## ② 誤認識対象のバリエーション評価

誤認識対象のバリエーションについては、再委託 7 が評価を行い、歩行者検出における誤検出・未検出の発生状況を整理検討している。再委託 7 による評価コメントを表 3.3.8-3 に示す。

評価の結果、誤認識の対象に顕著な偏りは見られず、評価用画像として一定レベルの有用性を有すると判断されている。

表 3.3.8-3 誤認識対象のバリエーション評価まとめ

(評価機関：再委託 7)

評価コメント	
良い点	・誤検出の要因に本画像特有の要素は顕著ではなく一般的な画像（他のデータベース）と同等であり、評価用画像として一定レベルの有用性を有する
改善点	—
提案	—

③ レーザレンジセンサによる基準距離情報付加の有効性評価

レーザレンジセンサによる基準距離情報付加の有効性について、2 機関により評価が実施されている。再委託 2 は歩行者について、再委託 4 は車両について、それぞれ画像認識＋距離情報付加による対象物検出を行っている。各機関の評価コメントを表 3.3.8-4 に示す。

評価の結果、距離情報付加により誤検出低減効果があることが確認出来た。一方、検出性能（再現率）については距離情報を付加したほうが低い結果になった。要因として、遠方の対象物は検出できるレーザの点群が減少すること、レーザの仰角の変化による対象未検出、センサと同じ高さにある障害物による遮蔽が考えられ、対応すべき課題として挙げられた。また、画像データとレーザレンジセンサの時刻同期の必要性が指摘された。

表 3.3.8-4 レーザレンジセンサによる基準距離情報付加の有効性評価まとめ

(評価機関：再委託 2、再委託 4)

評価コメント	
良い点	○画像認識に距離情報を付加することで誤検出が低減される（再委託 2、再委託 4）
改善点	・データ収集の際に完全に時刻同期を取るか、同一 PC で記録するなどして、画像データとレーザレンジセンサの時刻を一致させる（再委託 2） ・レーザの点群が少ない遠方対象物、レーザの仰角の変化による未検出、障害物による遮蔽による未検出等に対応すべき（再委託 4）
提案	—

※（ ）内に評価機関を示す。

※○印は、複数機関に共通する評価内容を示す。

④ 歩行者の属性情報等を用いたタグ情報の有効性評価

歩行者の属性情報等を用いたタグ情報の有効性については、再委託 3 が評価を行い、走行映像とタグ情報を用いた学習データによって歩行者の進行方向を予測し、その精度を評価している。再委託 3 による評価コメントを表 3.3.8-5 に示す。

評価の結果、歩行者の進行方向別データ量の不均衡、タグの位置情報のずれ、オクルージョンの必要性が指摘された。タグ情報の各クラスに属するサンプル数を均衡にする、タグ情報の位置ずれを修正する、オクルージョン情報を有効にする等の改善策が必要であると指摘されている。

表 3.3.8-5 歩行者の属性情報等を用いたタグ情報の有効性評価まとめ

(評価機関：再委託 3)

評価コメント	
良い点	—
改善点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・タグ情報の各クラスに属するサンプル数を均衡にする</li> <li>・タグ情報の位置ずれを修正する</li> <li>・オクルージョン情報を有効にする</li> </ul>
提案	—

⑤ 真値タグ付き画像の活用方法検討及び追加タグ情報の提案

真値タグ付き画像の活用方法について、4 機関により検討を実施し、併せて追加すべきタグ情報に関する提案を得ている。再委託 4 は、過去の学術研究論文をもとに道路画像の活用実態を分析し、新しい活用方法や追加タグについて検討を行っている。再委託 5 は、真値タグ情報を正解値とした歩行者検知を行い、検知結果の傾向の分析と追加すべきタグ情報の検討を行っている。再委託 7 は、論文などをもとに走行映像の活用事例を検討し、それぞれの活用法とフェーズにおいて本データベースの情報の過不足を整理している。再委託 8 は、真値タグ付き画像を教師データとして歩行者の動きをモデル化する活用方法の可能性を検討している。各機関の評価コメントを表 3.3.8-6 に示す。

4 機関による検討の結果、本データベースは対象認識技術性能評価において既存のデータベース同等の利用が可能であるだけでなく、それ以外の多様な分野においても活用の可能性があることが示された。また、活用分野・活用内容に応じた新たなタグが必要であり、具体的な追加タグの候補としてさまざまなものが挙げられた。中でも、ニアミスなどの危険状態に関する情報、「歩きスマホ」等の歩行者に関する情報、ドライバの運転行動に関する情報については、複数機関が共通して必要性を指摘している。

表 3.3.8-6 真値タグ付き画像の活用方法検討及び追加タグ情報の提案まとめ  
(評価機関：再委託 4、再委託 5、再委託 7、再委託 8)

評価コメント	
良い点	<ul style="list-style-type: none"> <li>○対象認識技術性能評価において、既存のデータベース同等の利用が可能（再委託 4、再委託 5、再委託 7）</li> <li>・コネクテッドカー、道路監視、都市計画、インフラ点検、防災・減災・復興支援、防犯、一般的な映像解析・画像認識研究の分野にも活用できる可能性がある（再委託 4）</li> </ul>
改善点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・車載商品で活用されている路側構造物や路面表示など最低限の情報付与は必須（再委託 7）</li> <li>・ヒヤリハットの映像、車両が加減速する映像の追加（再委託 7）</li> </ul> <p>&lt;ニアミスや事故のシーンが皆無のため、製品開発において安全系での適用範囲が限られる&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・大通りだけでなく、狭い道（路地）の走行情報追加（再委託 7）</li> <li>・歩行者や自転車の回避行動の情報追加（再委託 7）</li> <li>・撮像エリアを歩行者、前方車両、白線等において分割し、部位毎に撮像時間を最適化する（再委託 8）</li> <li>・上記の場合、コントラストを変更した情報をタグに追記（再委託 8）</li> <li>・撮像映像の FOV 広角化（110° 以上）（再委託 8）</li> </ul>
提案	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ドライバの運転行動に関する情報の追加（再委託 7、再委託 8）</li> <li>○「歩きスマホ」等、人に関する危険度を示したタグの追加（再委託 4、再委託 5）</li> <li>・路面の凍結状態、前方の脇道、駐車枠等、対象認識課題に資するタグ情報の追加（再委託 4）</li> <li>・その場に一時的に混入した移動体なのか、地図として有益な情報なのかを区別できるタグ情報の追加（再委託 4）</li> <li>・車両ナンバープレートのタグ情報の追加（再委託 4）</li> <li>・路面や壁面のひび、轍掘れ等、インフラの異常事象に関するタグ情報の追加（再委託 4）</li> <li>・同一場所を一定の期間を空けて撮影した画像セット（再委託 4）</li> <li>・隠れ度合い（4 段階程度）、背景とのコントラスト差の度合い、人との重なり有無のタグを追加する（再委託 5）</li> <li>・誤検知の要因となりそうなものは路側物としてタグをつける（再委託 5）</li> <li>・自転車に関して危険度を示したタグの追加（再委託 5）</li> <li>・自車位置情報・オドメトリ情報の追加（再委託 5）</li> </ul>

※（ ）内に評価機関を示す。

※○印は、複数機関に共通する評価内容を示す。

## ⑥ 高分解能カメラの有効性評価

高分解能カメラの有効性については、再委託 4 が評価を実施している。本データベースに格納されている映像データから一般的な車載カメラ程度の低分解能映像を生成し、元の高分解能映像と生成した低分解能映像に対して物体検出処理を適用し、検出性能を比較している。再委託 4 による評価コメントを表 3.3.8-7 に示す。

評価の結果、高分解能映像のほうが物体検出には大幅に有利であり、特に小物体や遠方物体の検出に大きな効果を発揮することが確認出来ている。

表 3.3.8-7 高分解能カメラの有効性評価まとめ

(評価機関：再委託 4)

評価コメント	
良い点	・現行の車載カメラ程度の低分解能の映像と比較した結果、高分解能映像のほうが物体検出には大幅に有利であり、特に小物体や遠方物体の検出に大きな効果を発揮することが確認出来た
改善点	—
提案	・利用者が独自の画像認識アルゴリズムを開発・評価することを容易にするため、性能評価ツールや比較のためのベースラインとなるような画像認識アルゴリズムをソースコードと共に提供する

⑦ 画像データの平均輝度のバリエーション評価

画像データの平均輝度のバリエーションについては、再委託 2 が評価を実施し、明暗の異なる画像データ（昼夜）について、複数の手法による歩行者検出を行い、認識率を比較評価している。再委託 2 による評価コメントを表 3.3.8-8 に示す。

評価の結果、認識の難易度という観点ではやや偏りがある印象はあるが、昼と夜の画像の質に大きな差はなく、利用できる質であることが確認できている。

表 3.3.8-8 画像データの平均輝度のバリエーション評価まとめ

(評価機関：再委託 2)

評価コメント	
良い点	・昼と夜の画像の質に大きな差はなく、利用出来る質である
改善点	・機械学習用の誤検知・未検知が少ない画像と、認識アルゴリズムの性能評価用の困難画像が混在している ・中間程度の難しさの歩行者を含めるためには、そのような歩行者を含む画像を多数選び出し、アノテーションの付与が必要
提案	・歩行者検出の評価を行うためには、評価用データに写っているすべての歩行者に対して厳密なアノテーションが必要 ・国際的な歩行者検出用データベースと同等にするために、オクルージョン情報の数値付与が必要 ・物体へのタグ付けだけでなく、すべての画素への意味付けを行うラベリングデータベースも作ったほうが良い ・夜間画像データの画質改良（シャッタースピードが遅いことによる画像のブレ）

⑧ 全体的なまとめ

各再委託先における走行映像データベースに対する質や量および多様性等の評価は、基本的には有効性であることが示されている。活用用途の違いにより、相反する性質が求められているようにみえる部分もあるが、矛盾はないと考える。

しかし、評価カテゴリを超えて、共通する改善点として、ニアミスなどの映像の要求、路側構造物や路面標示などの情報の要求、一般的なドライバの日常的な運転状況を反映す

べき、オクルージョン情報の有効化などが挙げられている。

さらに、教師データを得ようとする場合や動線モデル構築に利用する場合などは、誤検出・未検出が少ない画像データが良いという指摘や、認識アルゴリズムの性能差を比較・評価したい場合は、認識しやすいデータばかりではなく、性能差が出るような認識困難なデータも必要などのコメントがあった。これらに関しては、再委託1における走行映像データベースの識別性能評価において、サンプル数が多いことから、評価難易度を調整できるデータベースであることが示されており、計測環境等に関するタグも付与されたデータベースであることから、幅広い検出方式評価への活用が期待出来るとされている。

## (2) 今後の課題

### ① 共通課題の整理

前記の各評価コメントから下記に示す共通的な課題が挙げられた。

- (i) ニアミスやヒヤリハットシーン等の安全系システム用映像データの追加
- (ii) 路側構造物（標識や電柱等）や路面標示などのタグ情報の追加
- (iii) 歩行者の隠れ等のオクルージョン情報の有効化
- (iv) 映像データの網羅性の拡充として、コンピュータグラフィックス（CG）映像編集技術の活用検討
- (v) 検索用データベースソフトウェア完成
- (vi) 一般的なドライバの運転行動データとの連携検討
- (vii) 様々なデータベースアプリケーションへの対応として
  - a) 教師データや動線モデル構築に利用する誤検出・未検出が少ない画像データ
  - b) 認識アルゴリズムの性能差を比較・評価したい場合に、性能差が出るような認識困難なデータも必要

### ② 今後の取り組み方針

自動車産業に係る OEM やサプライヤ及び研究機関等で本事業成果である走行映像データベースを活用するために必要なデータ加工や検索機能の完成を急ぐとともに、実用性検討に必要なデータや解析ツール類をタイムリーに提供して行く所存である。

#### (i) 欲しいシーンのデータ増強について

歩行者等の障害物認識システムの評価用データベース用途としては有効とのコメントであるが、製品開発用途とする場合には、評価用サンプルデータの中にはニアミスや事故のシーンが含まれておらず安全系システムでの適用範囲が限られるとのコメントがあった。

ヒヤリハットシーン追加対応として、蓄積された映像データベースからヒヤリハットシーンに近似される代表的なシーンの抽出整理や模擬市街路環境等を用いた再現実験対応による走行映像データベースの拡充検討が必要である。

また、様々な環境条件として、季節の違いによる逆光の影響が出る映像シーンや路面反射の影響度合いの違いや影の影響の違い等の多様性に係る網羅性の拡充の要望があった。

全ての映像シーンの網羅性を走行映像データの収集で賄うことは費用面等の課題があり、コンピュータグラフィック（Computer Graphics）映像編集技術の活用検討が必要である。

(ii) タグ付け技術開発について

国際的な歩行者検出用データベースと同等にするために、現状未設定である歩行者の隠れ状態を示すオクルージョン情報付与の検討が挙げられる。

タグ情報の対象物追加対応として、量産画像認識システムが搭載されている交通標識等の路側物の追加検討等や横断歩道や止まれ等の路面表示の追加が挙げられる。

ドライバの状態についても異常状態が設定されない限り、自動走行システム車両としての利用方法に制約が出る可能性があり、ドライバ運転行動データとの連携検討の要望がある。

(iii) 実用性検討に必要な解析ツール類のタイムリーな提供について

シーンの検索機能の認識が難しいこと、様々なデータベースアプリケーションとして、教師データや動線モデル構築に利用する誤検出・未検出が少ない画像データや、認識アルゴリズムの性能差を比較・評価したい場合に、性能差がでるような認識困難な画像データのニーズがあった。



## 4.2 研究開発の運営

平成 28 年度の実施計画書の実施に当り、研究室間での設計情報や再委託先の走行映像データベースの評価に係る報告内容が研究開発のインプット及びアウトプットとなる関係から研究室間に流通するインタフェース仕様やデータ受け渡し等の設計情報の工程管理を月次に開催する研究開発全体企画会議において、議論を実施し研究課題の整理と情報共有化の推進を実施した。

### 4.2.1 開発検討会の実施

開発検討会を 5 回開催し、アドバイスやコメントを研究開発に反映した。

#### (1) 第 1 回開発検討会（平成 28 年 6 月 29 日）

平成 28 年度の実施計画の概要を報告した。また、平成 27 年度に引続き蓄積され未処理の画像データのデータ加工、タグ付け技術開発のデータベース基盤技術開発及び走行映像データベースの評価の方向性等の議論を実施した。

#### (2) 第 2 回開発検討会（平成 28 年 9 月 2 日）

再委託先 7 団体における研究の概要紹介及び質疑応答を実施した。また、平成 28 年度の研究開発項目である走行映像データの分析に係るシーン分類の仕様やサンプル提供時期等の議論を実施した。

#### (3) 第 3 回開発検討会（平成 28 年 10 月 28 日）

再委託先から走行映像データベースの評価に係る進捗状況及び質疑応答を行い、情報共有を図った。

走行環境シーン（27 シーン分類の）提供に係る情報提供を実施した。また、評価用サンプルデータにおける一部差換え対応の相談を実施した。

走行映像データベースの事業成果の活用対応として、関係者に別事業で実施する「周辺環境認識に関する調査事業」に係る協力要請の説明及び質疑応答を行い了解された。

会議風景を、図 4.2.1-1 に示す。



図 4.2.1-1 会議風景

#### (4) 第 4 回開発検討会（平成 28 年 12 月 16 日）

再委託先 8 団体から成果報告書の骨子報告、質疑応答及び共通する課題に係る検討を実施した。

研究開発途中の検索用データベースシステムのデモンストレーションを行い、参加メンバーからのコメント等を研究開発にフィードバックさせた。

#### (5) 第 5 回開発検討会（平成 29 年 1 月 20 日）

再委託先から成果報告書の初稿報告、質疑応答及び走行映像データベース良い点や改善すべき点及び提案等に係る検討を行い、走行映像データベース評価のとりまとめを実施した。

### 4.2.2 自動運転システム研究推進委員会の参画

自動運転システム研究推進委員会において、事業計画の概要説明及び事業成果の概要報告を行い、アドバイスやコメントを研究開発に反映した。図 4.2.2-1 に会議風景及び図 4.2.2-2 に成果報告状況を示す。

#### (1) 第 1 回自動運転システム研究推進委員会（平成 28 年 9 月 29 日）

事業計画の概要説明及び質疑応答を実施した。下記の 3 点のコメント事項を受け、走行映像データベースの評価及び事業成果の活用の検討を最重要課題として実施することとした。

- ・ 共通的に使えるデータの早急な公開が必要である。
- ・ 「画像認識系の技術開発」と「自動車の業界でどう使うのか」のバランスを取った研究開発を実施してほしい。
- ・ データベース情報として様々なバリエーションの検証を行うこと。

## (2) 第2回自動運転システム研究推進委員会（平成29年2月27日）

事業成果の概要報告及び質疑応答を実施した。主に以下の2点のコメント事項を受け、今後の課題として検討することとした。会議風景を図4.2.2-1に、成果報告の状況を図4.2.2-2に示す。

- ・画像認識技術は非常に重要な分野である。このプロジェクトが終了しても、JARIとして継続して技術開発やノウハウの積み上げを検討して頂きたい。
- ・誰がこのデータを維持し、どのように使われるのかというビジネスモデルの検討が重要であり、事業成果の活用は引き続き検討して頂きたい。



図 4.2.2-1 会議風景



図 4.2.2-2 成果報告状況

## 4.2.3 SIP システム実用化 WG の参画

SIP システム実用化 WG（内閣府主催）に3回出席し、研究開発概要紹介や中間進捗報告等を行い質疑応答やコメント等を研究開発に反映した。

### (1) 第1回（平成28年6月8日）

平成28年度実施計画の概要説明及び質疑応答を実施した。

《主な質疑応答内容》

#### ① タグ付け技術開発

- ・自動タグ付け技術における距離情報付加に係る仕様を説明した。また、自動タグ付け処理の高速化対応方針を説明し理解を頂いた。

### (2) 第2回（平成28年9月28日）

走行映像データベース評価に係る再委託先からの中間報告及び質疑応答を実施した。

《主な質疑応答内容》

#### ① 走行映像データの評価について

- ・データベース評価に関して、再委託先にてデータ変換作業等の評価準備対応中であり、11月末頃に結果概要が出る見込みであると報告した。
- ・画像認識エンジンが苦手な映像データの選択や車両と歩行者等とのニアミスシーン

等を選択出来る仕組みとして、シーン分類の詳細内容を検討中である。

② タグ付け情報について

- ・歩きスマホ事故に関して、映像データに含まれる歩きスマートフォン利用者にタグ情報の属性情報を付加し、サプライヤの競争力強化に繋げる可能性の検討依頼があった。

③ その他

- ・走行映像データベース事業成果の活用について、どのようにビジネスとして継続させるかの検討依頼があった。

(3) 第3回（平成29年3月8日）

走行映像データベース評価に係る再委託先からの結果報告、事業成果の出口戦略の説明及び質疑応答を実施した。

《主な質疑応答内容》

① サプライヤ等の評価について

- ・有効と評価していただいた内容、及び追加要望について説明を行った。

② 事業成果活用の出口戦略について

- ・技術成果のまとめや実証に加えて、事業成果の活用に係る出口戦略の対応を具体化するよう依頼があった。

4.2.4 研究開発全体企画会議の実施

研究開発全体企画会議を16回開催した。各研究室毎の進捗状況の管理や研究室間で連携が必要なインタフェース仕様の検討や開発検討会等からの指摘事項等の課題対応を協議した。

(1) 第1回研究開発全体企画会議（平成28年6月29日）

- ・データ加工：シーン分析と検索用データベース間の走行環境シーン（27シーン分類）の整合性を協議した。また、ヒヤリハットやニアミスシーン対応の扱いを協議した。
- ・データベース化基盤技術開発（自動タグ付け技術開発）：距離データの精度について協議した。

(2) 第2回研究開発全体企画会議（平成28年7月29日）

- ・事業成果の活用に向けて、各研究室毎に検討報告を行い、意見交換を実施した。検討結果を踏まえて、各研究室にて事業の進め方のアイデアを再検討・報告することとした。

(3) 第3回研究開発全体企画会議（平成28年8月25日）

- ・事業成果の活用に向けた各研究室毎の検討報告を行い、意見交換を実施した。
- ・走行環境シーン（27 シーン分類）の実施対象データに対する基本的な考え方を協議した。また、平成 28 年度にデータ加工する繁華街の走行環境シーンを下期に追加することとした。

(4) 第 4 回研究開発全体企画会議（平成 28 年 9 月 2 日）

- ・事業成果の活用に向けた検討を継続協議した。

(5) 第 5 回研究開発全体企画会議（平成 28 年 9 月 8 日）

- ・事業成果の活用に向けた検討を継続協議した。。

(6) 第 6 回研究開発全体企画会議（平成 28 年 9 月 14 日）

- ・9 月 28 日に開催される「SIP システム実用化 WG」における中間報告資料及び課題解決対応を協議した。

(7) 第 7 回研究開発全体企画会議（平成 28 年 9 月 23 日）

- ・「SIP システム実用化 WG」対応を継続協議した。

(8) 第 8 回研究開発全体企画会議（平成 28 年 9 月 29 日）

- ・9 月 28 日に開催された「SIP システム実用化 WG」の対応方針を協議した。
- ・再委託先から要望のある走行環境シーンにおける代表的なシーンの抽出対応を協議した。

(9) 第 9 回研究開発全体企画会議（平成 28 年 10 月 28 日）

- ・第 3 回開発検討会で指摘があった評価用サンプルデータの不具合対応を協議した。

(10) 第 10 回研究開発全体企画会議（平成 28 年 11 月 2 日）

- ・評価用サンプルデータの不具合対応の原因報告及び差換え対応等を協議した。

(11) 第 11 回研究開発全体企画会議（平成 28 年 11 月 28 日）

- ・評価用サンプルデータの不具合対応の最終報告を行い完了することとした。

(12) 第 12 回研究開発全体企画会議（平成 28 年 12 月 16 日）

- ・成果報告書の目次案の摺り合せを実施した。

(13) 第 13 回研究開発全体企画会議（平成 29 年 1 月 20 日）

- ・成果報告書の報告要旨版の摺り合わせを実施した。

(14) 第 14 回研究開発全体企画会議（平成 29 年 2 月 14 日）

- ・成果報告書の初稿内容の摺り合せを行い、次回会議にて内容確認を行うこととした。

(15) 第 15 回研究開発全体企画会議（平成 29 年 2 月 22 日）

- ・成果報告書の 2 版について審議をした。

(16) 第 16 回研究開発全体企画会議（平成 29 年 3 月 2 日）

- ・成果報告書の 3 版について審議をした。

#### 4.2.5 技術動向調査の実施

第 23 回 ITS 世界会議 2016 メルボルンにて、周辺環境認識技術の技術動向調査を実施し、研究開発に反映した。

##### (1) 概要

自動運転関連の周辺環境認識技術開発動向及び展示会場における各 OEM、サプライヤ、ITS 関連団体のソリューションのシステムや要素技術開発等の製品展時を通して最新技術の情報収集等を目的として、各セッション聴講およびデモンストレーション走行に参加した。

第 23 回 ITS 世界会議 2016 メルボルンは、10 月 10 日から 14 日の 5 日間、オーストラリアの南東部に位置するビクトリア州都のメルボルン市で実施された。メルボルン市内を流れるヤラ川（Yarra River）の脇にある The Melbourne Convention and Exhibition Centre において開催された（図 4.2.5-1）。

会議テーマは、“ITS-Enhancing Liveable Cities and Communities”「住みよい街とコミュニティへ」で実施された。

メルボルン市内から ITS 世界会議会場までの移動は、トラム（路面電車）等の公共交通機関を用いて、メルボルン市民とともに会場までの移動を行った。

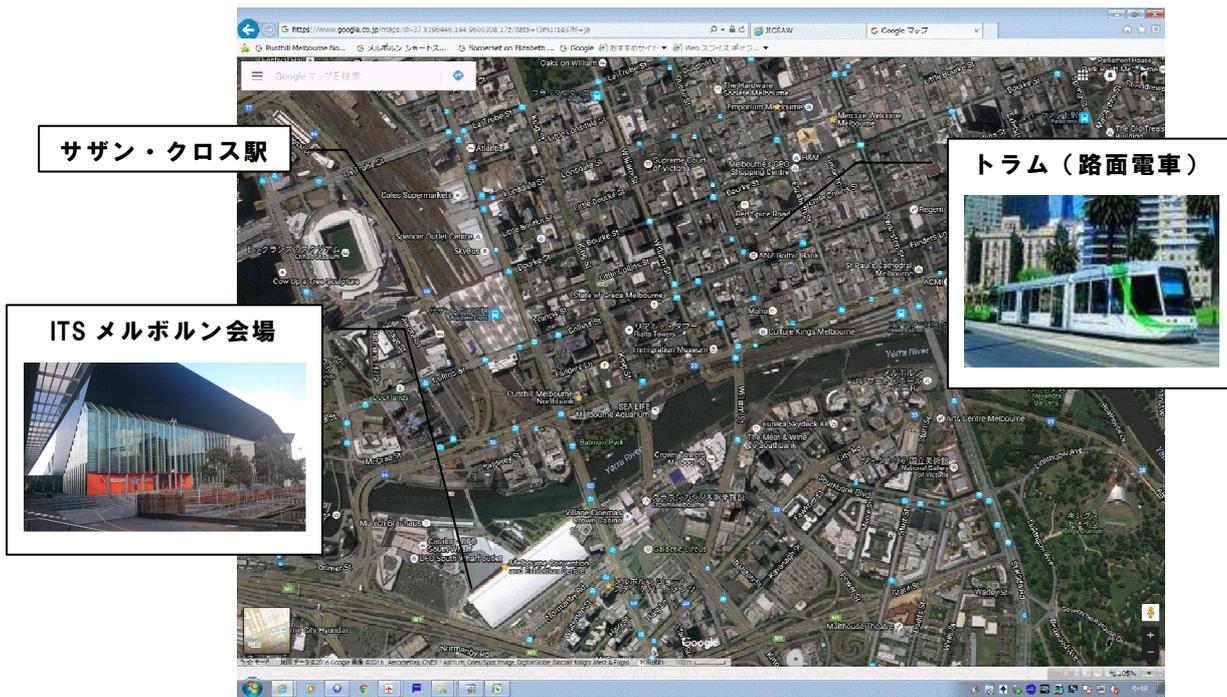


図 4.2.5-1 メルボルン市内地図（概況）

本大会のテーマは 8 つあり、

- ①AUTOMATED VEHICLES AND COOPERATIVE ITS
- ②CHALLENGES AND OPPORTUNITIES OF BIG OPEN DATA
- ③ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY
- ④FUTURE FREIGHT INCLUDING AVIATION AND MARITI
- ⑤MOBILE APPLICATIONS
- ⑥POLICY, STANDARDS AND HARMONIZATION
- ⑦SMART CITIES AND NEW URBAN MOBILITY
- ⑧VEHICLE AND NETWORK SAFETY

である。

特に「自動運転・協調型 ITS」、「ビック・オープンデータの課題と可能性」、「スマートシティ」の 3 テーマに参加者の関心が高い印象があった。

セッション数（登録数）としては、プレナリー・セッション 4、エクゼクティブ・セッション 12、スペシャル・インタレス・セッション 73、サイエンティフィック・セッション 22、テクニカル・サイエンティフィックセッション 93 に加えて、コマーシャル・サイエンティフィックセッション 93 インダストリー・インサイト 10、プロジェクト・デイセミナー・セッション 8、インタラクティブセッション 4 等の多彩なセッションプログラムが組まれていた。

開催規模としては、総参加者数 11,496 人（一般参加・学生 2,437 名、スタッフ・ボランティア 175 名を含む）、参加国数 73、セッション数 236、スピーカ総数 663、17 のテクニカルツアー及び 14 のデモンストレーションで実施された（出典：主催者速報値）。

## (2) オープニングセレモニー&セッション

### ① オープニングセレモニー（会場風景を図 4.2.5-2）



図 4.2.5-2 オープニングセレモニー会場

登壇者としては、下記の通りであった。

- ・オーストラリア連邦政府 Scott Charlton 氏
- ・ビクトリア州政府
- ・メルボリン市
- ・ITS Australia & ITS World Congress 2016 chair Brian Negus 氏
- ・国土交通審議官 田端浩氏（図 4.2.5-3）



図 4.2.5-3 田端審議官

## ②キーノートスピーチ

オーストラリア Transurban Scott Charlton 氏（図 4.2.5-4）等が実施した。



図 4.2.5-4 Scott Charlton 氏

## ③ Hall of Fame、テープカット

Hall of Fame 授与式を行った。授与式は、ITS-Japan 天野専務理事、ERTICO Hermann Meyer 氏及び ITS アメリカ Ms.Regina Hopper がプレゼンタとなり、対象者は、Asia Pacific : ITS-Japan (渡辺氏)、America : Michigan Department of Transportation (Mr.Kirk Steudle)、Europe : ITS Europe (Professor Eric Sampson) であった。

また、インダルトリー・アワードは、GM 社、台湾高鉄社、ASFA 社などであった。終了後壇上にてリボンカットが行われた。

図 4.2.5-5 に Hall of Fame 授与式、図 4.2.5-6 にリボンカットの風景を示す。

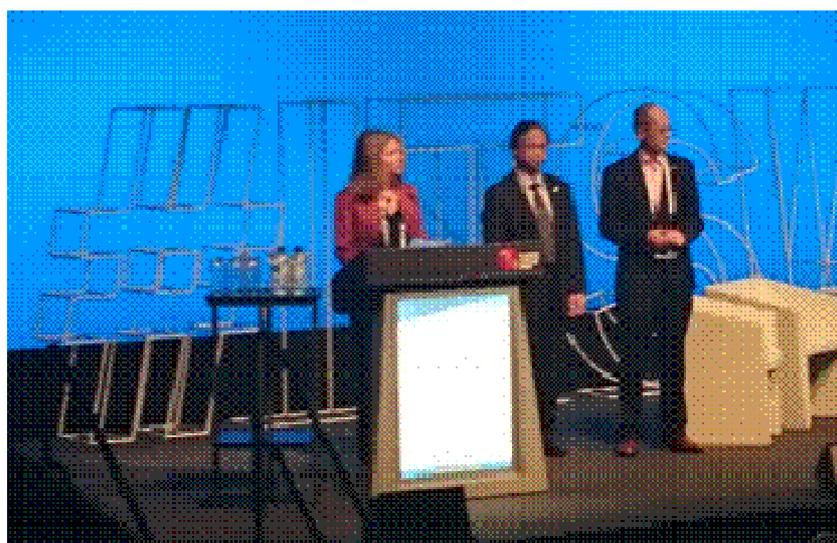


図 4.2.5-5 Hall of Fame 授与式



図 4.2.5-6 リボンカット風景

### (3) 参加セッション&デモンストレーション試乗

参加し聴講したセッション及びデモンストレーションの実施内容の一覧を示す。  
発表スライドの一部を紹介する。

- Plenary Session : 2 (PL1、PL4)
- Special Interest Session : 3 (SIS18、SIS33、SIS56)
- Scientific Session : 2 (SP09、SP15)
- Technical Session : 5 (TP09、TP18、TP23、TP54、TP88)
- デモンストレーション試乗 : 3 (Aisin 自動駐車、Bosch 自動運転、Easy Mile 自動運転)

表 4.2.5-1 参加セッション及びデモンストレーション試乗

	10月11日(火)	10月12日(水)	10月13日(木)	10月14日(金)
9-10:30	PL1 Automated and Connected Vehicle	Aisin(自動駐車)	Easy Mile: 9:20-9:30 Bosch 10:50~11:10	展示会調査
11:00-12:30	TP09 Preventative and Active Safety Systems MR 203	SIS18 Traffic sensing by various manners MR 204	TP54 Advanced Driver Assistance and Support Systems MR 216	
14-15:30	TP18 Safety of Vulnerable Road Users MR 203	SP09 Collision Avoidance MR 104	SP15 Vehicle Sensing and Bicycle Recognition MR 104	TP88 Automated Truck Platooning MR 208 PL4 Mobility as a service
16-17:30	TP23 Ensuring Safety and Efficiency for Vulnerable Road User MR 217	SIS33 Deployment challenges on automated truck platooning MR 211	SIS56 Image-recording type driving event video recorder (DR) technology ensuring automated driving MR 219	閉会式

① プレナリー・セッション

( i ) Automated and Connected Vehicles (自動運転及びコネクテッドビークル) (PL1)

キーノートスピーカは、Robert Bosch (Australia) 社長 Gavin Smit 氏が実施した。Future Mobility コンセプト (Connected、Electrified、Automated) 等を紹介した。



図 4.2.5-7 Gavin Smith 氏



図 4.2.5-8 Future Mobility コンセプト

また、自動運転関連の実用化時期を図 4.2.5-9 のスライドで説明した。



図 4.2.5-9 自動運転関連の実用化時期について

パネリストとしては、以下の通りであった。

- ・日本 内閣府 企画官 森下信氏
- ・米国 CAVita プリンシパル Peter Sweatman 氏
- ・豪州 Toyota Australia 及び FCAI プレジデント David Buttner 氏

森下企画官は、SIP (戦略的イノベーションプログラム) に関して、概要説明を実施した (図 4.2.5-10)。

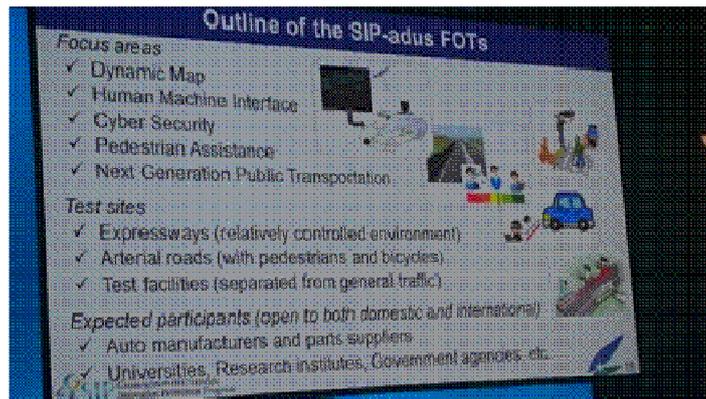


図 4.2.5-10 SIP-adus FOTs

(ii) Mobility as a Service (モビリティ・アズ・ア・サービス) (PL4)

キーノートスピーカは、豪州 PTV CEO の Jeroen Weimar 氏が実施した。

各国で発生しているモビリティの利用形態の変化に対して、未来を計画する担当責任者が公共交通機関等のモビリティの選択肢、移動コスト全体の見直し、移動に伴う渋滞発生や交通弱者の対応や新たな課金型モビリティ・サービスなどに関して、プレゼンテーション後に会場からの課題設定を受けて、ディッカッションを実施した。

パネリストとしては、以下の通りであった。

- ・中国 China ITS Industry Alliance 会長 王笑京氏
- ・米国 Cubic Matthew Cole 氏
- ・英国 Xerox 広報兼マーケティング交通・行政・国際・公共セクタ Richard Harris 氏
- ・ニュージーランド 運輸省 Secretary of Transport / CE Martin Mathews 氏



図 4.2.5-11 パネリストによるディッカッション風景

## ② デモンストレーション

### (i) AISIN（自動駐車&非常停止）

スマートフォンを用いた自動駐車及びドライバモニタリングシステムとクラウド連携による非常停止のデモンストレーションを実施していた（図 4.2.5-12）。

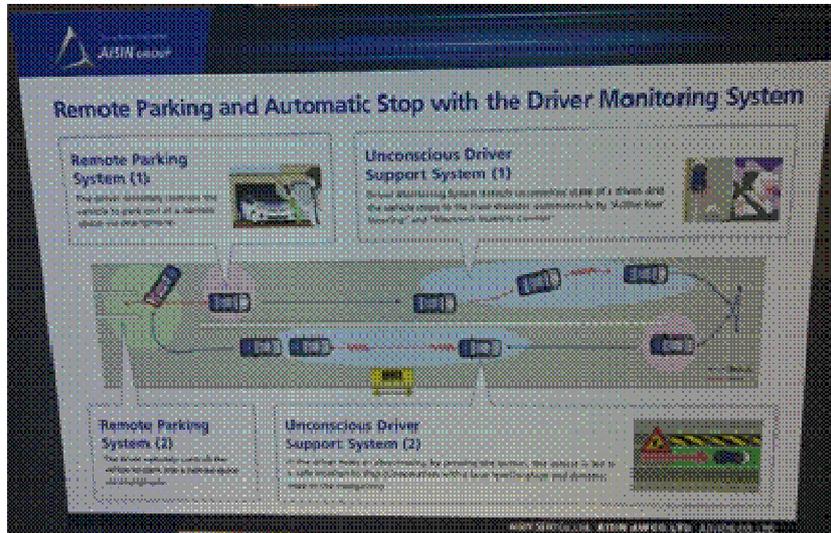


図 4.2.5-12 デモンストレーション内容紹介パネル

車両の前後左右に4つのカメラを搭載した全周囲監視する実験車両である。スマートフォンを用いてドライバが車外から車両を駐車枠への格納や出庫等を行える自動駐車システムである（図 4.2.5-13）。



図 4.2.5-13 自動駐車（パイロンに沿った狭い駐車を実施）

また、車内において、ドライバの顔検知技術により居眠り検知（目閉じ検知）を行い、ダイナミックマップ等からの路肩情報を受けて、後方車輪制動による車線変更を行う非常停止のデモンストレーションを実施していた。

顔検知の様子を図 4.2.5-14 に、非常停止画面を図 4.2.5-15 に示す。



図 4.2.5-14 顔検知技術（閉眼検知）



図 4.2.5-15 非常停止画面

(ii) BOSCH（自動運転車両）

ピットブースにおける EV 受電、V2V 通信、自動運転走行およびドライバ検知によるマイクロスリープ検知（居眠り検知）およびドライバテイクオーバーなどの一連の自動運転状況を体験出来るデモンストレーションである。デモンストレーション・シナリオを図 4.2.5-16 に示す。

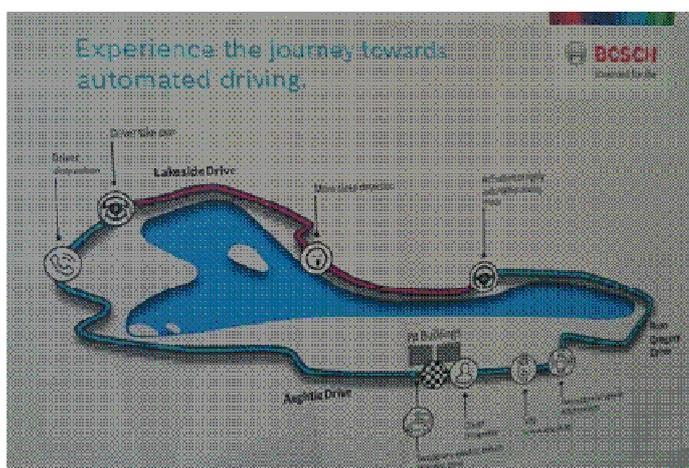


図 4.2.5-16 デモンストレーション・シナリオ（実施内容）

車両の前後左右にレーザセンサやカメラ等を搭載した全周囲監視する実験車両である。



図 4.2.5-17 Bosch 自動運転車両

(iii) Easy Mile (自動運転バス)

事前にプログラミングされたコース上を走行する自動運転バス(図4.2.5-18)のデモンストレーションである。車両の前後及び車両の四隅にレーザセンサ(1層)を搭載し、検知範囲は約40m程度とのことであった。



図 4.2.5-18 Easy Mile 自動運転車両

(5) 展示会場

① 概況報告

会議会場に連結する建物にて実施された展示は、オーストラリア(Queensland Pavilion、Victoria等)のブースに加えて、各国のITS推進団体(Japan Pavilion、EU ITS Pavilion、Ertico-ITS Europe、ITS America、ITS Asia Pacific、ITS Australia、ITS Denmark、ITS Dentschland、ITS Finland、ITS Hamburg、ITS Korea、ITS Netherlands、ITS New Zealand、ITS Norway、ITS Montreal、ITS Singapore、ITS Sweden、ITS Tiwan等)やOEM(Toyota、Honda等)、サプライヤやシステムベンダ(Aisin、Bosch、Denso、Ericsson、Here、Ibeo、Kapsch TarfficCom、Panasonic、Q Free、Siemens、Victronic等)などの様々な団体のブースが設置され、盛況な展示状況であった。

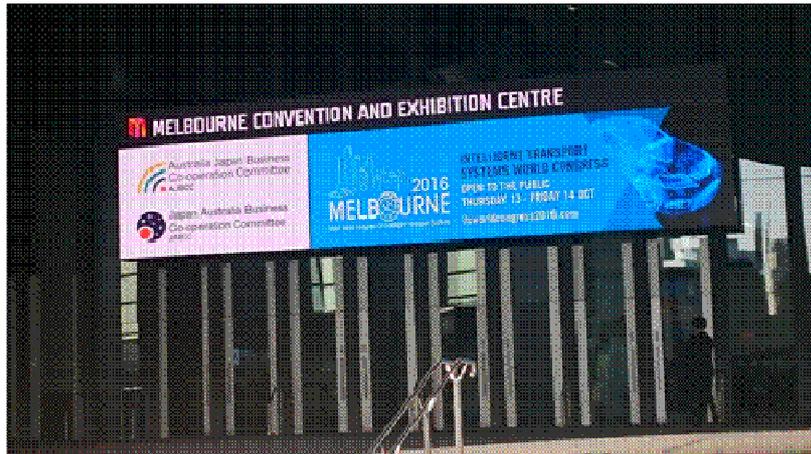


図 4.2.5-19 展示会場入口

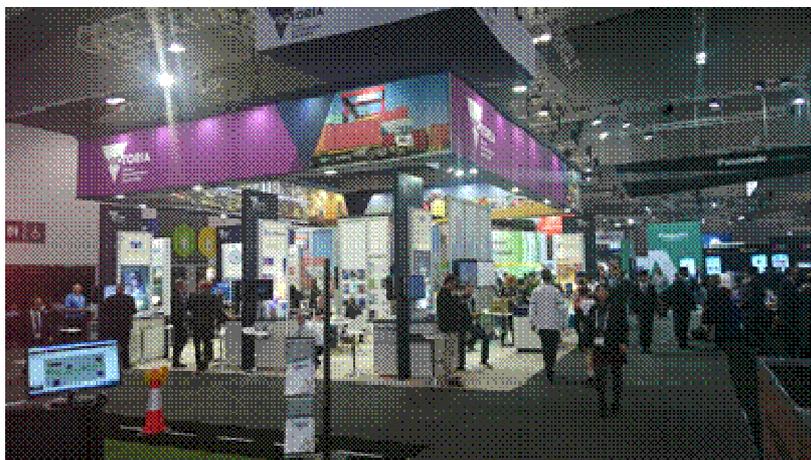


図 4.2.5-20 オーストラリア (Victoria)

## ② ジャパン・パビリオン

日本パビリオンの出展者は、ITS 関連の省庁である内閣府、国土交通省道路グループ、総務省、経済産業省や、ITS 関連の事業団体である VICS センター、UTMS 協会、ITS 情報通信システム推進協会 (ITS-Forum) および民間の東芝、富士通、住友電気工業、日本電気、日立製作所、三菱電機、三菱重工業、ゼンリン、JETKT 等のパネル展示や製品展示等が実施され、多くの見学者が訪れていた。



図 4.2.5-21 Japan Pavillion



図 4.2.5-22 内閣府

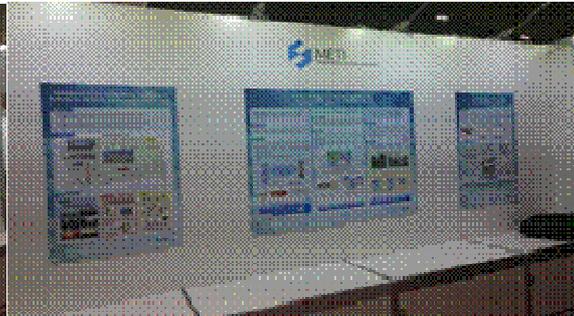


図 4.2.5-23 経済産業省



図 4.2.5-24 総務省



図 4.2.5-25 JETKT



図 4.2.5-26 UTMS 協会



図 4.2.5-27 ITS-Forum



図 4.2.5-28 日本電気



図 4.2.5-29 三菱電機



図 4.2.5-30 住友電気工業



図 4.2.5-31 IHI

### ③ その他個別展示ブース

上記②項以外は、個社毎の展示ブースである OEM（トヨタ、ホンダ等）やサプライヤ&システムベンダ（デンソー、アイシン、パナソニック、ボッシュ、Qフリー、Ibeo 等）や次回の ITS 世界会議開催予定地であるカナダ・モントリオール紹介ブース等があり、各種のソリューションやシステム及びシミュレータによるデモンストレーション等を実施していた。



図 4.2.5-32 トヨタ（ITS Connect VR 体験）



図 4.2.5-33 ホンダ



図 4.2.5-34 デンソー



図 4.2.5-35 アイシン



図 4.2.5-36 パナソニック



図 4.2.5-37 Bosch



図 4.2.5-38 Ericsson



図 4.2.5-39 Siemens



図 4.2.5-40 Here 紹介



図 4.2.5-41 Q Free 紹介

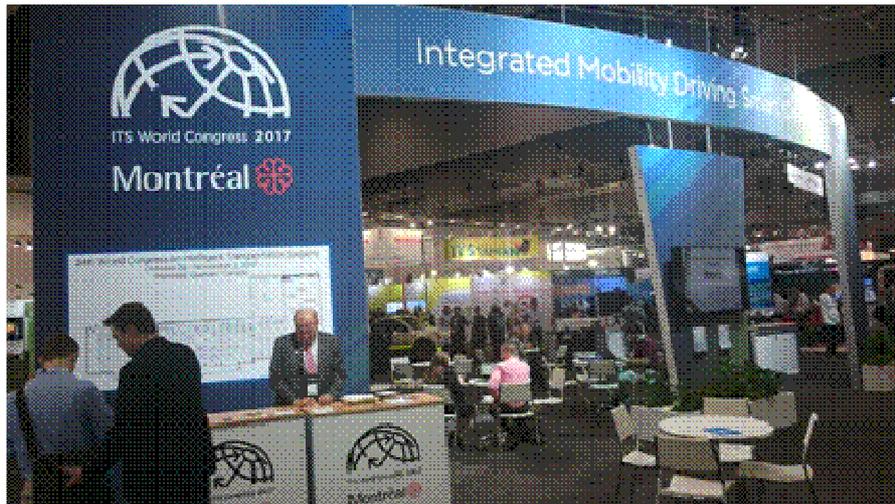


図 4.2.5-42 ITS 世界会議 2017 Montreal 紹介

## (6) まとめ

### ① 周辺環境認識技術の動向調査

自動運転車両の実用化に向けて、OEM やサプライヤから着実な研究開発結果のセッション報告及びデモンストレーションが実施された会議であった。特に、デモンストレーション走行における Bosch 自動運転車両の完成度は高く、自動運転レベルが 2020 年度の前年から実用化される可能性を示した。

### ② 展示会の動向調査

国内のサプライヤ（デンソー、アイシン、パナソック等）の加えて、海外の Bosch や Ibeo 等が周辺環境認識センサを積極的に研究成果の情報発信を実施していた。特に、画像認識センサにおけるカメラ画素数は、数 10 万画素から 100 万画素以上と高分解能化が進捗していることが伺えた。

また、セッションの報告において、米国の自動運転（オートパイロット）であるテスラ S の死亡事故に係る報告事項が多く聞かれた。米国の事故要因分析に係るレポートを背景とした、自動運転レベル毎の機能安全設計の重要性に加えて、利用者に対する社会受容性を高める必要性や法制度対応など、技術開発以外の様々な対応の必要性を改めて確認されるセッションが多く存在した。

### ③ 所感

上記で示した通り、2020 年度前後の自動運転車両の実用化に向けた周辺環境認識技術の高度化や自動運転車両のデモンストレーションを体験出来る ITS 世界会議であった。

特に、Euro NCAP 対応を背景とした前方歩行者の衝突回避から、右折時歩行者衝突回避等の対応として、カメラやレーザセンサ等を用いた全周辺監視の技術開発が着実に進捗している状況が国内外のサプライヤ等の展示やデモンストレーション等から体験出来た有意

義な動向調査であると言える。

## 4.3 研究開発全体企画・管理と成果 まとめ

### 4.3.1 まとめ

#### ① 全体工程表の策定

- ・平成 28 年度の事業目標に係る研究開発の進捗管理の全体工程表を用いて、定期的に進捗状況管理を行い技術課題を整理した。

#### ② 研究開発の運営

- ・再委託先と連携し研究開発した走行映像データベースの性能比較評価、質や量及び多様性等の評価結果に基づき、改良すべき内容や追加すべきシーン等の情報共有を図り研究開発に反映させた。
- ・研究開発の進捗状況や成果等に関して、自動運転システム研究推進委員会及び SIP システム実用化 WG への情報発信を実施した。

### 4.3.2 今後の課題

#### ① 走行映像データベースに係る未収集データの拡充及び性能評価

- ・走行映像データベースの評価に係り関係 8 団体から要望のあるヒヤリハットシーン等の安全に係る走行映像データ収集を模擬市街路等を用いた検討を行う。また、画像認識に差が出る映像データの収集として、自動運転評価拠点等の施設を用いて照度変化等の環境条件を変化させた映像データの収集の検討を行う。さらに、様々な環境シーンへの対応として、コンピュータ・グラフィック (CG) 画像加工技術を活用し、昼間データから夕暮れや夜間データ等の CG データを作成し、実走行映像データとの性能比較評価等等を実施し、データベースの総合評価の検討を行う。

#### ② 研究開発成果物の社会への提供

- ・平成 28 年度に未実施となっているシーン分類を完了する。また、別事業で実施している周辺環境認識センサに係る安全設計の重要ユースケース一般道 17 と走行映像データベースの走行環境シーン (27 シーン分類) とのマッチングを整合し、オクルージョン情報等を追加した真値タグ情報を含めた公開用 (サンプル) の作成、配布する検討を行う。

#### ③ 走行映像データベースを活用するためのツール環境整備

- ・走行映像データベースの検索用ソフトウェアツール等のデータベースの有効活用を容易化するツール環境を提供する。

## おわりに

本事業は、平成 27 年度の研究成果を基盤として、自動走行に供する周辺環境認識技術の設計開発と評価を効率的に行う走行映像データベースの構築技術の確立を目標として実施された。

本事業成果の周辺環境認識技術への利活用としては、Euro NCAP に代表される ADAS 動向に、2016 年単路飛出しから 2020 年交差点事故対応があり、本走行映像データベースは 2020 年交差点事故対応への事業成果の適用を目標の一つとして設定しており、車両の全周囲検知を必要とする技術開発成果が求められている。

走行映像データの分析では、開発検討会の委員と合意した走行環境シーン（27 シーン分類）を用いて、平成 27 年度に収集した国内及び海外（米国）の市街地、観光地及び寒冷地の走行映像データに対し、走行環境シーンに基づくシーン分類の有効性の評価を実施した。

走行映像データへのタグ付け技術の開発及び実証では、データベース化基盤技術開発であるタグ付け技術開発は、自動タグ付けツールに 3 次元画像認識技術を用いて、タグ付け出力結果にも距離情報を追加した自動タグ付けツールの機能改良を実施した。本ツールを活用し、全ての走行映像データに対してタグ情報を付加するとともに、自動タグ付けデータの一部の繁華街や高速道路等の新たなタグ情報に手動タグ付け編集作業を行い 30 万フレーム以上の属性情報付きのタグ情報を蓄積し、画像認識技術の検知率の向上を目指すためデータベースの蓄積を実施した。

また、検索用データベースの開発では、収集された様々な走行映像シーンの中から利活用者が必要とするシーンを効率良く検索できる仕組み作りとして、平成 27 年度に策定したデータ構造に対して、検索や視覚化機能を追加したソフトウェア開発を行うとともに、検索用データベースの評価を実施した。

走行映像データベースの評価では、3 つの評価軸を用いた走行映像データベースの性能比較評価、データベースに係る質や量及び多様性を評価項目として、OEM、サプライヤ及び研究機関等団体による評価用として評価用データを提供し、走行映像データベースの実用化に向けての有効性評価や課題や改善すべき内容等々を評価した。結果概要としては、歩行者など障害物認識システムの評価用データベースとしては有効であるが、ヒヤリハットや認識が難しいシーンの検索機能や欲しいシーンのデータ増強など、データベースとしての完成度を高めることと、データ活用環境・ツール強化など期待が寄せられた。

さらに、「自動運転システム推進委員会」及び「SIP システム実用化 WG」等において、研究開発の概要紹介や中間報告を行い、様々な関係者から要望やコメントを頂き研究開発にフィードバックした。

今後の取り組み方針としては、各社でデータベースを活用するために必要なデータ加工や検索機能の完成を急ぐとともに、実用性検討に必要なデータや解析ツール類をタイムリーに提供して行く所存である。

以上の実施計画に予定した研究開発内容を順調に完了出来たことを報告し終わりとする。

参考資料

表付-1 検討成果資料一覧表

項目	成果資料	担当
I. 走行映像データの分析		
(1)	データ分析設計	
	①国内走行映像データの分析	・シーン情報リスト ・
	②海外走行映像データの分析	・シーン情報リスト ・
	③走行映像データ分析支援ツールの開発	・走行映像データ分析支援ツール
(2)	データ収集車両の改良開発	
	①データ収集システムの改良開発	・製作仕様書（改訂版）
II. 走行映像データへのタグ付け技術の開発および実証		
(1)	タグ付け技術開発	
	①タグ付け技術開発	・シーン抽出機能仕様書 ・自動タグ付け機能仕様書 ・手動タグ付け GUI 機能仕様書 ・フレーム間補間機能仕様書
(2)	走行映像データベースの開発と実証	
	①走行映像データセンタの運用	・データセンタ運用報告書
	②手動タグ付け編集作業、タグ情報確認作業	・手動タグ付け作業要求指示書
	③検索性データベース開発	・アプリケーション仕様書
	④走行映像データベースの評価手法の開発	・評価報告書
(3)	研究開発全体企画・管理	
	①研究開発全体企画・管理	・全体工程表 ・開発検討会議事録 ・研究開発全体企画会議議事録 ・自動運転システム研究推進委員会議事録 ・SIP システム実用化 WG 議事メモ ・ITS 世界会議 2016 メルボルン調査報告書

— 禁無断転載 —

経済産業省委託

平成 28 年度戦略的イノベーション  
(自動走行システム):  
「走行映像データベース」の構築技術の開発及び実証

報告書

平成 29 年 3 月

発行 一般財団法人 日本自動車研究所  
東京都港区芝大門 1-1-30  
日本自動車会館 12 階  
TEL 03 (5733) 7925