



「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第2期 ／自動運転(システムとサービスの拡張)／ 交通規制情報のデータ精度向上等に関する調査研究」

2020年度分 成果報告書

概要版

公益財団法人 日本道路交通情報センター
株式会社ゼンリン

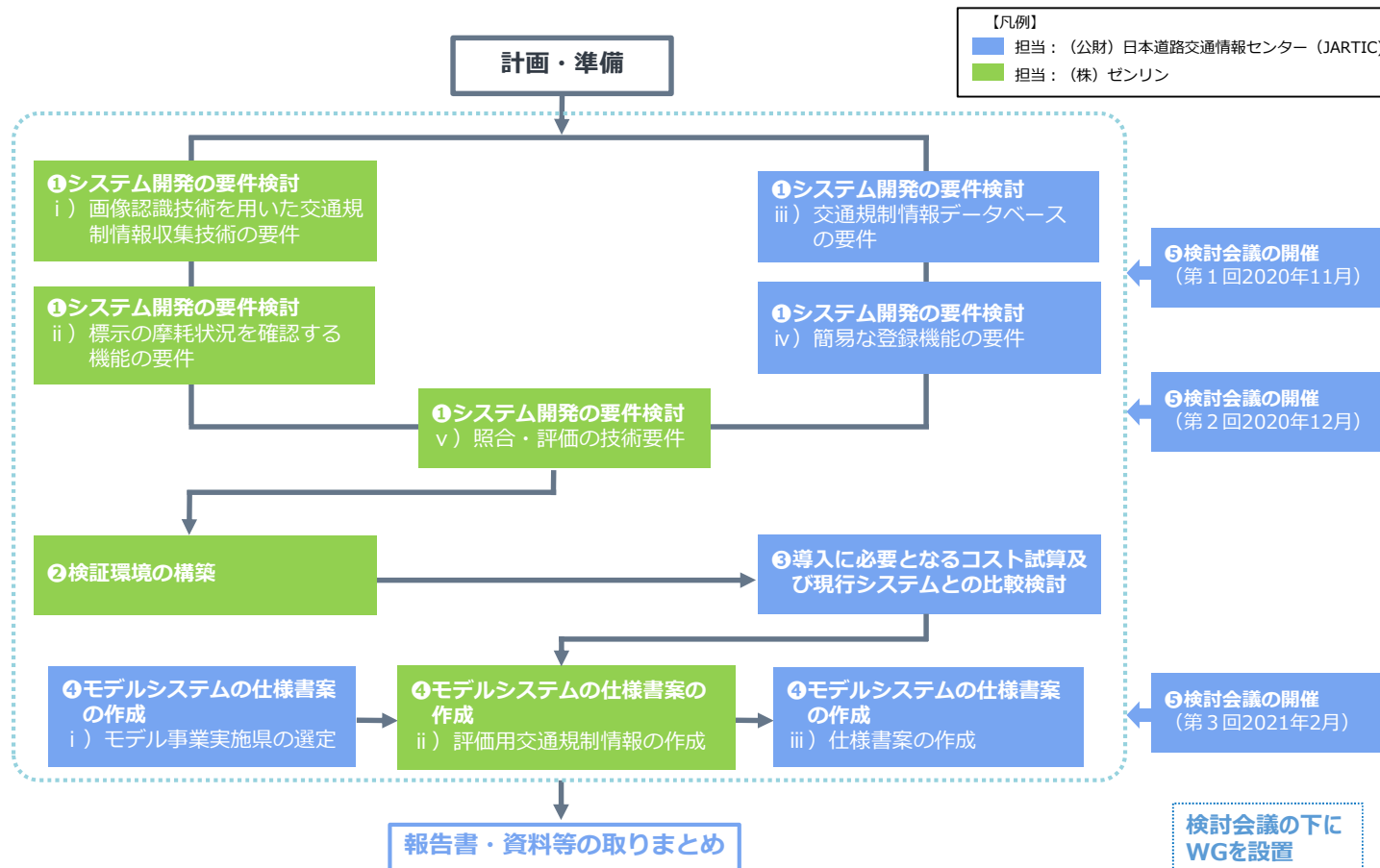
2021年3月

1. 調査研究の目的

◆目的

標識・標示等の交通規制情報をスマートフォンや車載カメラ等により撮影し、画像認識技術を用いた規制種別、位置情報、施設の老朽化状況について、均一的なデータ精度で自動収集し、警察が管理する交通規制情報とデータ照合を行った上で、簡易な登録機能等によって効率的な交通規制情報のデータ精度向上及びストック管理の効率化を図る技術要件等を検討し、システム開発等を行うための調査研究を実施した。

◆調査研究項目、実施フロー



2. システム開発の要件検討

i) 画像認識技術を用いた交通規制情報収集技術要件

① 収集するデータの要件

自動運転車が必要とする交通規制情報の位置精度等について、自動車メーカー3社にアンケート・ヒアリング調査を実施（表1）。一般道路での自動運転は今後の展開となるため、高速道路での走行を前提とした回答が主であった他、情報の利用目的に応じて必要となる位置精度も異なる。

② 画像データの収集方法

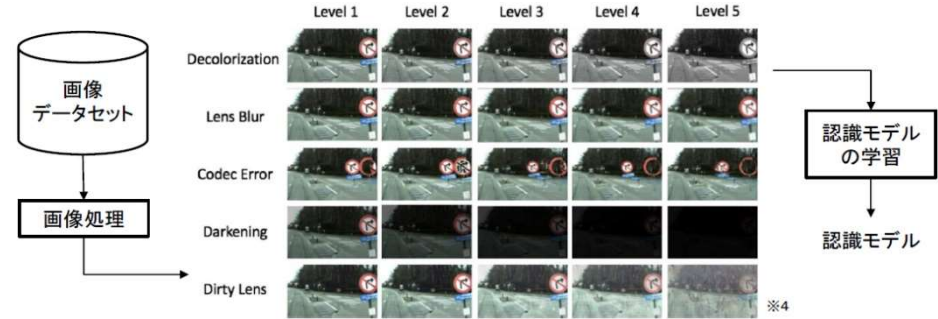
画像データの収集機材、収集主体、通信方式の3項目について比較し、特徴を整理した上で評価を実施した。

③ 画像認識技術

ドライブレコーダーの画像データは、ノイズ・ブレ・解像度不足の他、天候や夜間、街路樹の陰、劣化、変形、撮影アングルや落書きに似せた悪戯等の影響を受けることが課題である（図1上）。認識精度の向上策として、1枚の画像から様々な課題を再現した画像を生成させて学習させることが効果的である（図1下）。

表1 自動車メーカーヒアリング調査概要

質問内容	自動車メーカー		
	A社	B社	C社
対象道路	高速道路	一般道路	一般道路・高速道路
自動運転車の制御及びADASに必要な交通規制情報種別	(高速運転に必要な) 26種別が制御、ADASで必要	92種別は制御、ADASで必要、その他も機能拡張時に有用性大	101種別
交通規制情報で不足している種別	不足はない	概ねカバーしているが最高速度 120 km/h を追加してほしい	不足はない
交通規制情報の精度(相対精度・絶対精度等)	制御系システムの判断、操作次元までの場合、横方向で車線レベル、前後方向はドライバーへの注意喚起を含めて±100m程度	車両を安全に制御できる精度(数10cm以内)で相対・絶対精度が必要	面規制では、例えば、隣接する交差点と間違えないような精度が望ましい。線規制では、例えば、隣接する車線と区別できるような精度が望ましい。
交通規制情報の更新頻度	現実との一致性がわかる信頼度の高い情報を希望	交通規制の変更が適用される前までに配信を希望	道路構造の変更や白線引き直し等、位置が変わる変更がある場合に希望



※1: Claudio Michals, Benjamin Mitzkus, Robert Caihos, Evgenia Rusk, Oliver Bringmann, Alexander S. Ecker, Matthias Bethge, and Wieland Brendel, "Benchmarking Robustness in Object Detection: Autonomous Driving when Winter is Coming," arXiv, 2019.
 ※2: Shad Saleh, Shiran A. Khwandah, Aris Muntaz, Ariane Heller, and Wolfram Hart, "Traffic Signs Recognition and Distance Estimation using a Monocular Camera," AFSS, 2019.
 ※3: Kevin Eykholt, Ivan Evrimov, Earlene Fernandes, Bo Li, Amir Rahmati, Chaowei Xiao, Anuj Prakash, Tadayoshi Kohno, and Dawn Song, "Robust Physical World Attacks on Deep Learning Models," CVPR, 2018.
 ※4: Dogancan Temel, Gukyeon Kwon, Mohit Prabhushanker, and Ghasan AlRagib, "CURE-TSR: Challenging Unreal and Real Environments for Traffic Sign Recognition," NeurIPS Machine Learning for Intelligent Transportation Systems Workshop, 2017.

図1 上：画像認識技術の課題、下：認識精度の向上策

2. システム開発の要件検討

ii) 標示の摩耗状況を確認する機能の要件

警察庁通達による横断歩道の摩耗率の分類について、機械学習を使った画像分類により自動化を行う機能を検討した。機械学習のために、教師あり学習のためのラベル付け（アノテーション）が必要だが、摩耗率のような個人の主観に左右されるようなランクの場合、バラつきのあるラベル付けとなる課題がある。この場合は、複数人でアノテーションを行うことでバラつきの少ないラベルを得られることを確認した。

ただし、複数人によるアノテーションでも、信頼性の低いラベルが混在する可能性がある。この課題に対して、学習用の画像へのラベル付け後、アノテーションによるバラつき大のラベルを低品質なラベルとみなして削除し、ラベルのあり/なしが混在したデータセットに対してSSL（Semi-Supervised Learning）による学習を行うことで高精度な画像分類が可能であることを確認した（図2）。

iii) 交通規制情報データベースの要件

自動車メーカーへのアンケート/ヒアリング調査結果や都道府県警察へのアンケート調査結果から、標準フォーマット（103種別）を基本情報として、モデルシステムのデータベース（DB）に反映した。

また、都道府県警察では、交通規制情報と標識・標示の内容の整合作業に多大な労力を要しており、この作業を支援するため、標識・標示の位置情報を含む各種情報をスマートフォン等にて撮影し、DBへ取り込むことを検討した。

モデルシステムに取り込んだ標準フォーマット（103種別）と、標識・標示情報とを照合（仮紐付け）した結果をモデルシステムのDBのテンポラリーファイル保存・管理するものとし、DBの全体構成を検討した（図3）。

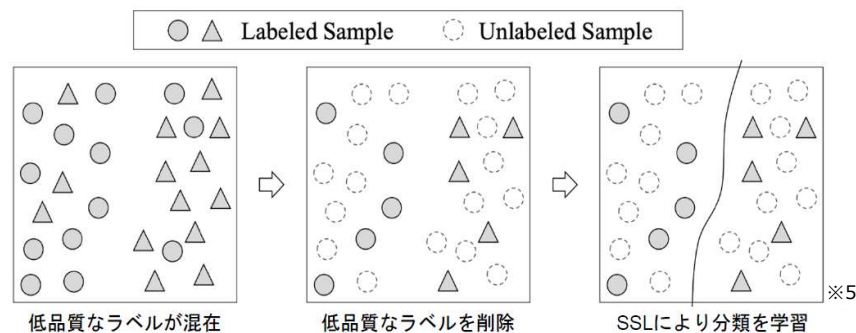


図2 SSLによる学習イメージ

※5 Hwanjun Song, Minseok Kim, Dongmin Park and Jae-Gil Lee, "Learning from Noisy Labels with Deep Neural Networks: A Survey," arXiv, 2020.

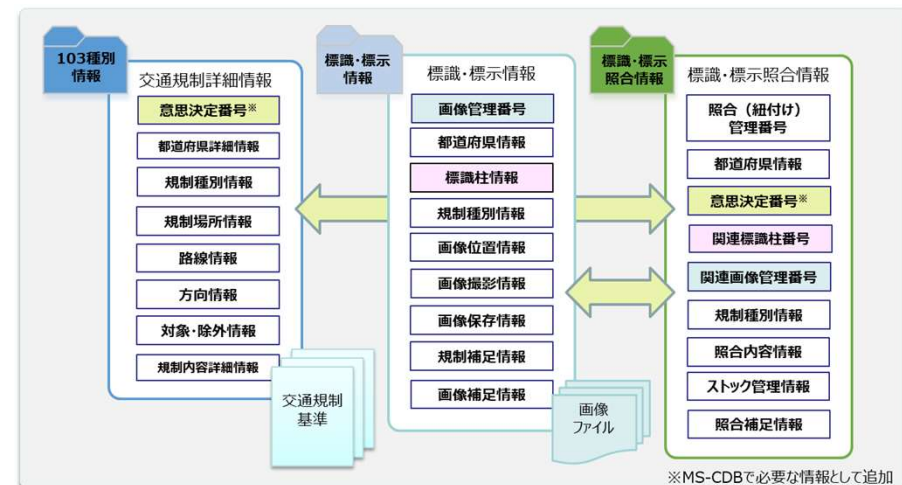


図3 DBの全体構成

※MS-CDBで必要な情報として追加

2. システム開発の要件検討

iv) 簡易な登録機能の要件

① 都道府県警における登録業務の課題

交通規制情報や標識・標示情報の管理方法や運用方法、交通規制情報と標識・標示情報との紐付け状況、現状の課題等について、47都道府県警察にアンケート調査を実施した（図4）。交通規制情報は、「システム化」または「システム化及び台帳（紙）」による管理が約9割を占め、大半がシステムによって電子データで管理されていることを確認した。一方、交通規制情報の位置情報は約6割が未登録であった。また、千葉県警察、神奈川県警察に対し、既設システムの利用実態や運用上の課題等について、ヒアリング調査を実施した。

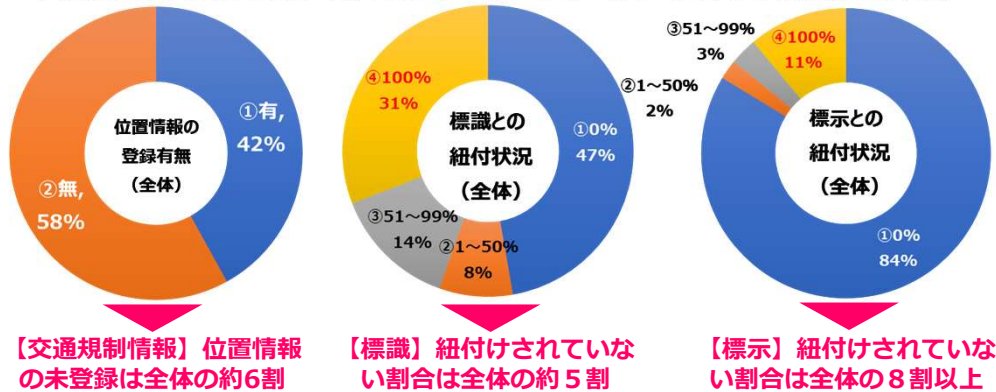


図4 47都道府県アンケート調査結果（抜粋）

表2 現状の登録業務における課題

交通規制情報の登録業務	標識・標示情報の登録業務
<ul style="list-style-type: none"> システムへの入力作業、紐付け作業に労力を要している。 昭和時代の交通規制情報の住所の特定に労力を要している。 住所地となった目的物が消滅した際に規制位置が不明確。 交通規制情報は、位置情報を有していないテキストのみのデータによる管理ため、区間等の問い合わせがあった際、特定に労力を要している。 	<ul style="list-style-type: none"> 登録作業が膨大で時間を要している。 登録するための人員が不足している。 紐付け作業に苦労している。 道路管理者が設置した標識・標示が把握できていない。 入力ミスが生じる。 劣化や摩耗状況が把握できない。 データの整合性、不一致がある。 データで管理していないため、位置等の問い合わせがあった際に苦労している。

② 簡易な登録機能

交通規制情報のデータ精度向上に係る作業の効率化、省力化に向け、『多大な労力を要する交通規制情報と標識・標示情報との紐付け作業に対し、警察庁通達「交通規制基準」を参考に、標識・標示の位置を予測し、画像等から得られた標識・標示情報から紐付け候補を選定して確認できるようにする』ことに着目したシステム処理の実現が必要と整理した。そのための機能として、照合方法（紐付け処理方法）、照合結果（紐付け結果）の表示/出力方法を検討した。

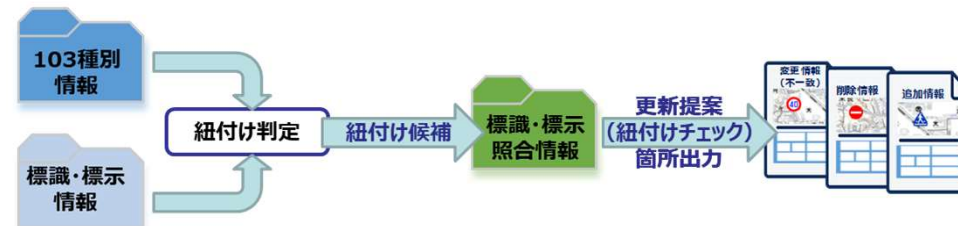


図5 簡易な登録機能のイメージ

2. システム開発の要件検討

v)照合・評価の技術要件

①照合方法、照合方式の検討

神奈川県横浜市中区の3所轄管内を対象に、都道府県警が保有する情報、民間事業者（ゼンリン）が保有する情報、現地で収集した情報について（表3）、それぞれ照合方式を検討した。

②照合評価の技術要素

照合方式の検討結果から、点規制、線規制における照合評価の技術要素を検討した。点規制の照合では、距離の遠近によって地点の一致/不一致判定を行い、一致した場合は補助標識情報等の内容を比較して一致/不一致の判定を行う。線規制の照合では、Aデータを民間事業者の道路形状に対応付けた後、同じ道路形状を持つBデータと照合し、形状の一致/不一致判定を行い、一致した場合は補助標識情報等の内容を比較して一致/不一致の判定を行う。いずれの照合においても、機械処理判定後、手動で結果の確認を実施した。

表4 照合評価の技術要素の検討（抜粋）

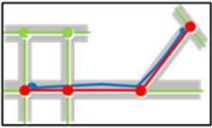
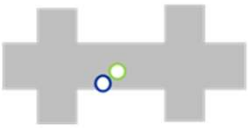
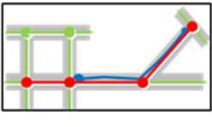


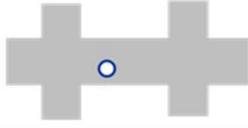
	線規制	点規制
対象規制種別	001.歩行者用道路 003.自転車及び歩行者用道路 004.通行止め 005.車両通行止め 011.一方通行(IN 002) 032.最高速度50km/h 033.最高速度40km/h 034.最高速度30km/h	012.指定方向外進行禁止 063.一時停止
一致	 標準フォーマットデータと民間事業者データの規制区間が一致	 標準フォーマットデータと民間事業者データの規制地点が一致
部分一致	 標準フォーマットデータと民間事業者データで一部の道路で規制区間に差がある	 標準フォーマットデータと民間事業者データで一部の地点で規制地点に差がある
不一致	 標準フォーマットデータのみ 若しくは、民間事業者データのみ	 標準フォーマットデータのみ 若しくは、民間事業者データのみ

表3 対象データ

種類	内容
Aデータ	都道府県警察が保有する交通規制情報（意思決定情報）から標準フォーマットに変換した交通規制情報（103種別）
Bデータ	民間事業者（ゼンリン）が保有するカーナビ等に提供している位置情報が付加された標識・標示情報から解釈した交通規制情報
Cデータ	スマートフォンやドライブレコーダの画像データから画像認識技術を用いて収集した標識・標示情報
A'データ	都道府県警察が標識・標示の維持管理のために保有する標識・標示管理システムのデータ
B'データ	民間事業者（ゼンリン）が保有している位置情報が付加された標識・標示に示されている内容のデータ

3. 検証環境の構築

照合・評価の技術要件の検討結果に基づき、検証環境を構築し、3パターンの評価を実施した。

照合・評価パターン①

【規制区間・地点調査結果】

- ✓ AデータとBデータを照合した結果、下表のとおり「一致：**1,123件**」「部分一致：**250件**」「標準フォーマットのみ：**196件**」となった。
- ✓ 更に「部分一致」と「標準フォーマットのみ」について現地標識を確認した結果、不整合をそれぞれ**18件**、**35件**確認した。

照合結果	件数(件)	主な要因		
		規制情報と標識の状態	件数(件)	備考
一致	1123	-	-	
部分一致☆	250	不整合	18	同一規制の区間が重複
		整合	13	調査時の可変標識状態によるもの
		整合・不整合不明	219	
標準フォーマットのみ★	196	不整合	35	
		整合	48	歩道上の標識
		整合・不整合不明	113	
標準フォーマット座標なし	357			座標フィールドに座標設定なし
標準フォーマット未滿	2042			標準フォーマット未滿のデータ

【規制内容調査結果】

- ✓ 上記照合結果の中で「一致：**1,123件**」について規制内容を確認した結果、「一致：**1,034件**」「不一致：**89件**」となった。
- ✓ 更に「不一致」について現地標識を確認した結果、標準フォーマットデータとの不整合箇所を**33件**確認した。

照合結果	件数(件)	主な要因		
		規制情報と標識の状態	件数(件)	備考
一致☆	1034	-	-	
不一致★	89	不整合	33	データの入力方法(片側・両側コード)
		整合	56	
		整合・不整合不明	0	

照合・評価パターン②

【標識・標示情報の照合結果】

- ✓ A'データとB'データを照合した結果、「一致：**5377件**」「警察のみ：**1,794件**」「民間事業者のみ：**935件**」となった。
- ✓ 更に「警察のみ」「民間事業者のみ」について現地標識を確認したところそれぞれ**8件**、**17件**の不整合を確認した。

照合結果	件数(件)	標識データと現地標識の状態	件数(件)	主な要因	
					備考
一致	5377				
警察のみ	1794	不整合	※1		標識の車種違い
		整合			
		整合・不整合不明			照合距離が10m以上
民間事業者のみ	935	不整合	※2		
		整合			
		整合・不整合不明			照合距離が10m以上

- ※1 (不整合/整合/整合・不整合不明/照合距離:8/8/51/18[件])
- ※2 (不整合/整合/整合・不整合不明/照合距離:17/25/39/13[件])

【照合距離の拡大事例】

- ✓ 同一地点(緯度・経度)での照合とすると不整合や不明になる確率が高くなることから、照合するA'データにおける標識柱の緯度経度地点を起点として検索距離を10mとした。
- ✓ なお、10mの検索距離とした理由は、一致した標識間の距離が5m以下に95%以上存在し、図化時の入力誤差や基図の誤差も勘案して決定した。

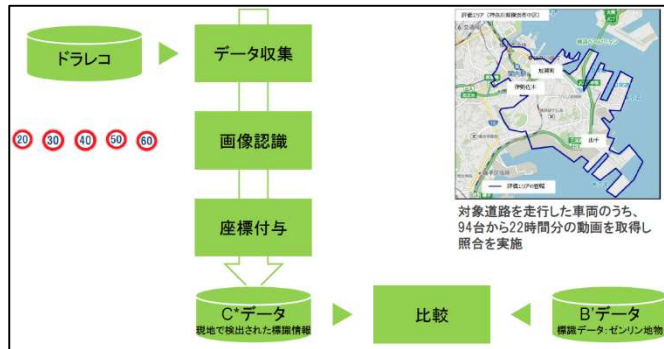


- ✓ 一方、照合距離を拡大すると「一致」すると思われる標識の存在が多くなったが、照合すべき対象かどうかの検証が必要となる。

3. 検証環境の構築

照合・評価パターン③

- ✓ B'データとCデータの照合は、評価エリア内の高速道路の標識の中で最高速度に限定して照合した。
- ✓ 対象道路を走行した94台の車両から22時間分のドライブレコーダの動画を取得して下記のフローで実施※した。



【パターン③における考慮すべき事項】

場面	考慮すべき事項の概要
データ収集時	<ul style="list-style-type: none"> 写真以外に位置、姿勢データも必要。 写真及び位置と姿勢データの記録周期。 対象地物の写り方。
画像認識時	<ul style="list-style-type: none"> 学習と画像認識に用いるデータ。 継続した学習。同一地物のトラッキング。
座標付与時	<ul style="list-style-type: none"> 撮影位置ではなく、対象地物の座標を求める。 撮影した全ての写真に位置と姿勢データが必要。
データ比較時	<ul style="list-style-type: none"> 対応していると判断する距離。

※開発途中であり、所定の性能に達していないため、照合結果そのものではなく、サービス開発及び照合結果より得られた知見を基に記載している。

4. 導入に必要なとなるコスト試算及び現行システムとの比較検討

新システムの導入効果を把握するため、新システムの導入等にかかるコストについて、3パターンのモデル構成からコストを試算し、パターン2におけるクラウドの形態が最も効果的であることを確認した。

表5 コスト試算時の構成パターン

モデル構成		パターン1	パターン2	パターン3
ソフトウェア	基本機能(DB管理・照合・入出力等)	モデルシステムメイン部のサーバで構築	モデルシステムメイン部のサーバで構築	モデルシステムメイン部のサーバで構築
	画像分析機能(位置情報抽出等)	モデルシステムのメイン部サーバに機能として組み込み	外部サーバの機能を利用(連携)	外部サーバの機能を利用(連携)
	標識・標示点検機能(アプリ)	パッケージソフトを都道府県警察に配布	パッケージソフトを都道府県警察に配布	機能(アプリ)を都道府県警察で導入
ハードウェア		モデルシステムのメインサーバの設置場所については、I. オンプレミス/データセンター利用、II. クラウド(プライベート)の2つの構成を比較		

5. モデルシステムの仕様書案の作成

i) モデル事業実施県の選定

次年度のモデルシステムの機能検証に必要なデータ数を満たし、標準フォーマットデータ変換前の意思決定情報も取得可能なことから、モデル事業実施県として「神奈川県」を選定した。

ii) 評価用交通規制情報の作成

次年度構築するモデルシステムの初期段階の機能チェック及び全機能利用時の検証用データとして、評価用交通規制情報（CSV形式）を作成した。

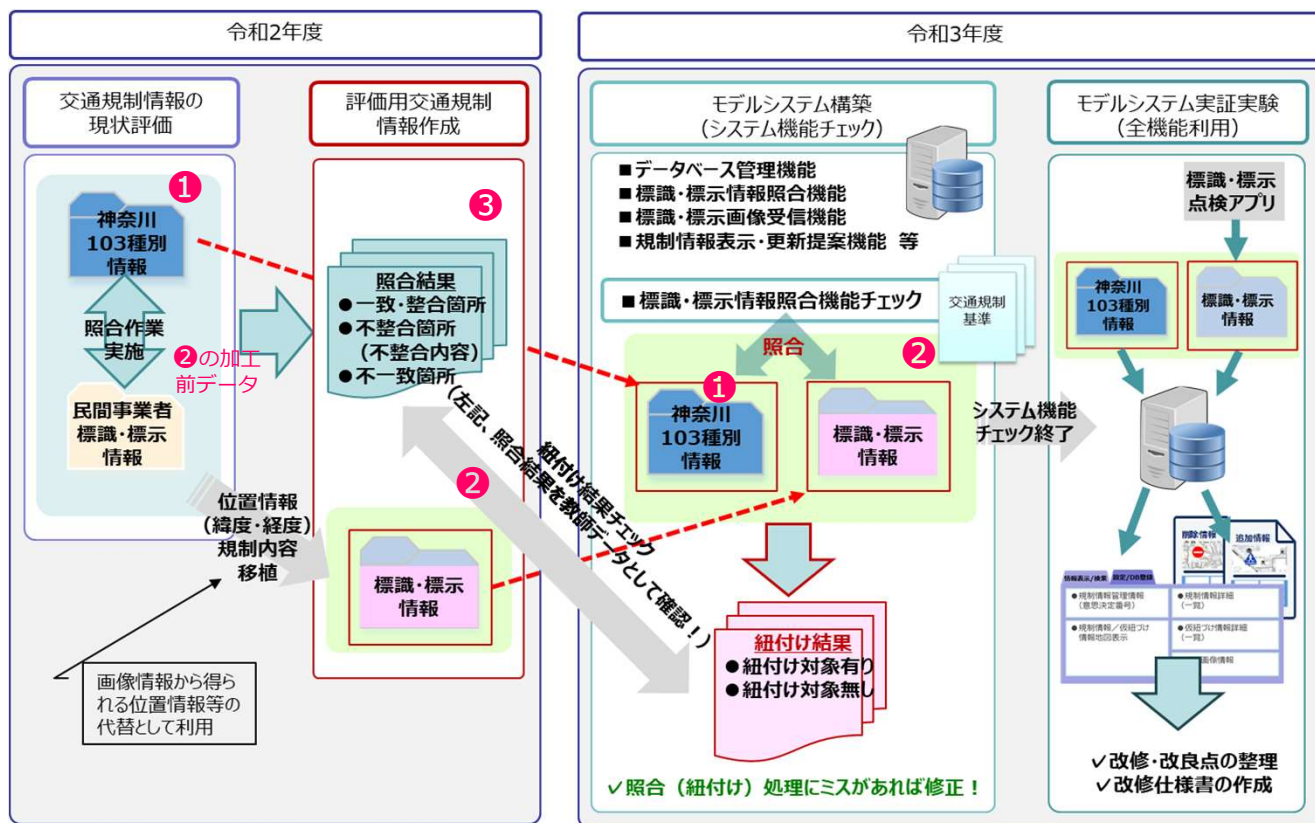


図6 評価用交通規制情報の役割

5. モデルシステムの仕様書案の作成

iii) 仕様書案の作成

これまでの検討結果を踏まえ、モデルシステムの機能構成を検討した（図7）。

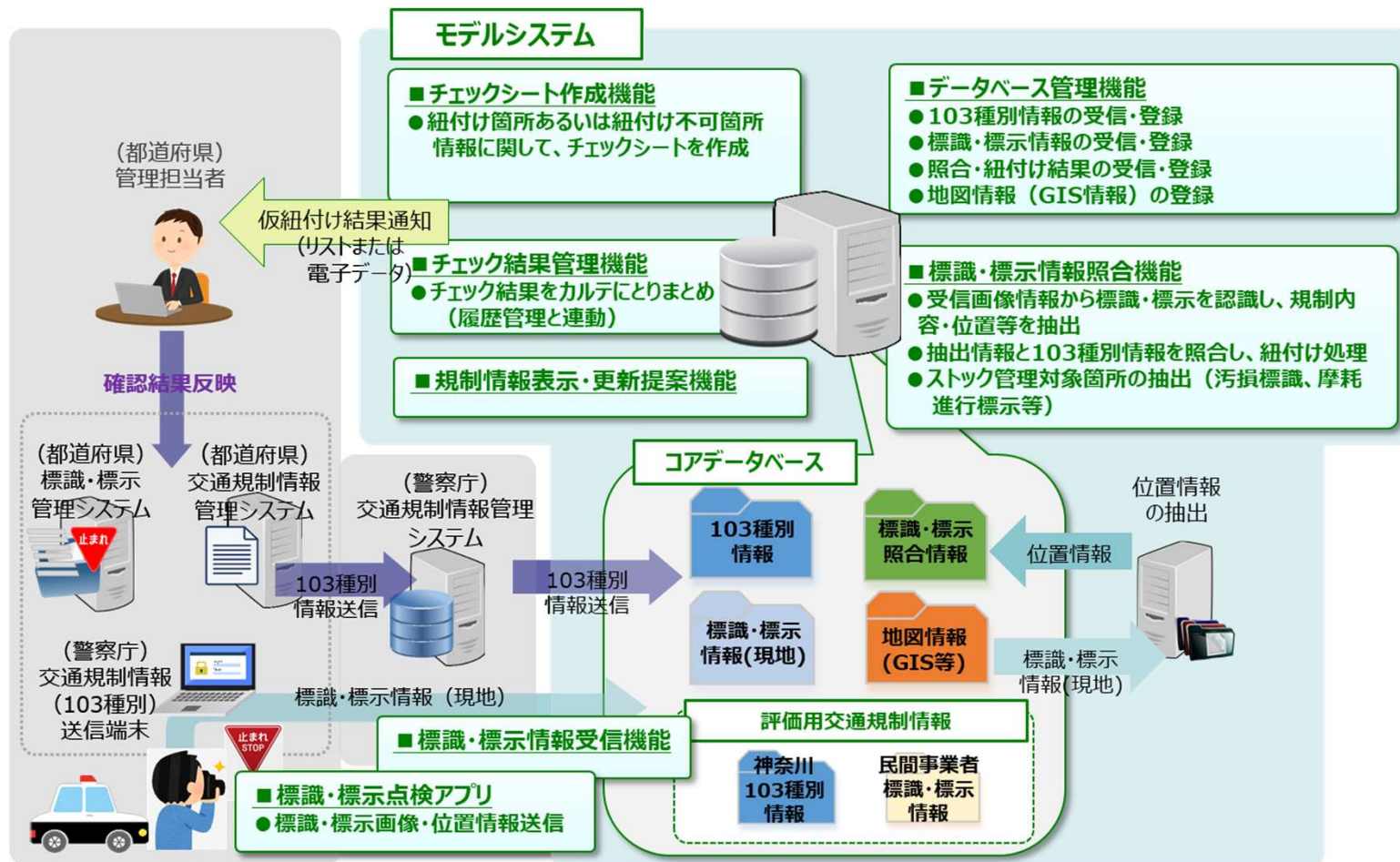
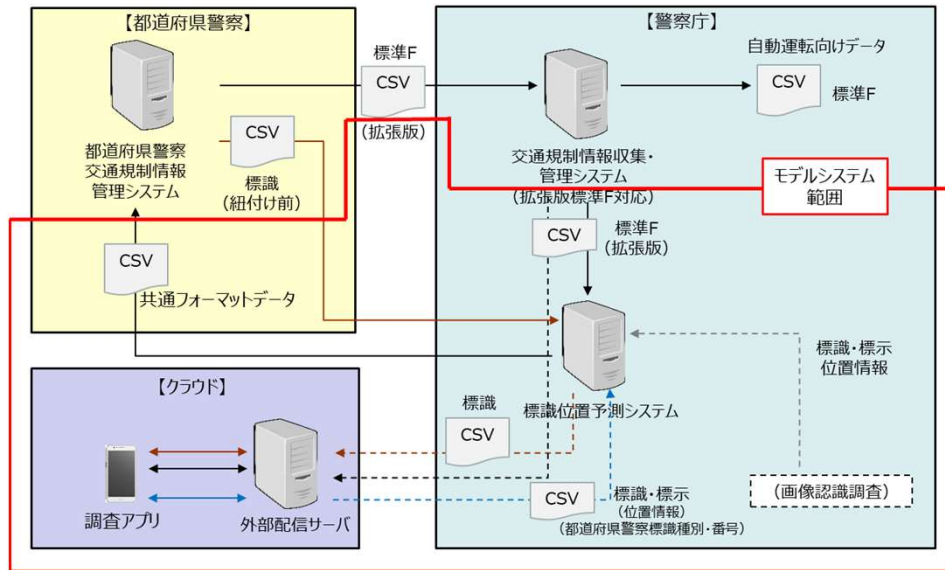


図7 モデルシステムの機能構成イメージ

5. モデルシステムの仕様書案の作成

モデルシステムの機器構成を検討し（図8）、前頁の機能構成を踏まえたモデルシステムの仕様書として「要件定義書」及び「基本設計書」を作成した。



(略称) 標準F：標準フォーマットデータの交通規制情報（意思決定）
 拡張版標準F：標準フォーマットデータに加えて、交通規制情報（意思決定）と標識情報を紐付けたデータ

図8 モデルシステムの機器構成

モデルシステムを効率良く、低廉な費用で構築及び運用する基本的な条件（案）

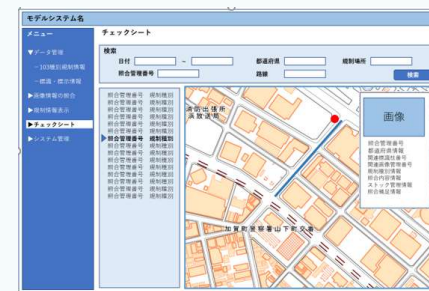
- モデルシステムの基本的な機能は、メイン部サーバに実装
- 画像分析機能（位置情報抽出等）は、外部サーバのサービスを利用
- 標識・標示点検機能（アプリ）については、パッケージソフトあるいはダウンロード可能なアプリケーションとして配布若しくは配信
- メイン部サーバは、クラウド（プライベート）を利用

【要件定義書】構成概要

1. 事業概要
2. システム化の前提
3. システムの機能概要
4. インターフェース
5. システム非機能要件
6. システム構成
7. 機器性能及び設置
配置・基準
8. 検査基準
9. 設置計画
10. 保守・運用
11. セキュリティ
12. 実証実験
13. 用語の定義

【基本設計書】構成概要

1. 設備の概要
2. 機能の構成・処理内容
性能
3. インターフェース構成
4. データ構成
5. 検査基準
6. 基本設計書に係る
参考資料



(画面イメージ)

6. 検討会の開催

モデルシステムの開発に向けて、官民連携による「交通規制情報のデータ精度向上等に向けた検討会」を設置した。必要なタイミングで各種検討結果を報告し、委員等から挙げられた意見や提案を基にモデルシステムの仕様書案を作成し、第3回検討会で了承を得た。また、この仕様書案の作成にあたっては、技術的検討を行うため、「新システム仕様検討WG」を設置し、2回会議を開催した。

検討会	開催日程	議事内容
第1回	2020年 11月12日(木)	1) 実施方針について 2) 今後のスケジュールについて
第2回	2020年 12月22日(火)	1) 画像認識技術を用いた交通規制情報の自動収集技術の要件について 2) 照合・評価の技術要件について (中間報告) 3) アンケート調査結果について 4) 今後のスケジュールについて
第3回	2021年 2月18日(木)	1) 標示の摩耗状況の確認について 2) モデルエリアにおける照合評価結果について 3) モデルシステムの機能・データベース構成 (案) について

WG	開催日程	議事内容
第1回	2021年 1月19日(火) 1月22日(金)	1) モデルシステムの位置付け 2) 既設交通規制情報管理システム等に関するアンケート調査内容について 3) モデルシステムのデータベース設計について
第2回	2021年 2月10日(水)	1) 交通規制情報管理システムに関するアンケート調査結果 2) 交通規制情報DBの検討 3) 簡易な登録機能の概要 4) モデルシステム仕様書 (案) の概要

● 検討会は下表の組織で構成

区分	構成組織	人数
委員	有識者 (東京大学：石川特任教授、日下部准教授 慶應義塾大学：栗原教授)	3名
	自動運転に関する省庁	9名
	都道府県警察 (警視庁・神奈川県・埼玉県・千葉県・長野県・岐阜県・兵庫県・山口県・宮崎県)	19名
	関係協会	5名
	交通規制情報管理システムを扱う民間事業者	5名
オブ	デジタル地図メーカー	4名
合計		45名

● WGは任意のメンバーで実施

参加組織	組織数
警察庁	1
県警察	4
交通規制情報管理システムを扱う民間事業者	4

7. 今後の課題と対応方針

次年度以降にモデルシステムを構築し、実証実験を行い本格運用を目指していく上で、解決すべき課題及び対応の方向性は下表のとおりである。

表6 今後の課題と対応方針

NO	課題項目	課題内容	対応方針案
課題1	◆ 交通規制情報の位置精度とデータ精度向上の優先順序について	交通規制情報の利用用途によって必要な位置精度が異なる（自動車メーカーへのヒアリング結果より）	道路区分に応じた各社の自動運転の展開時期を考慮しつつ、優先順位を付けながらデータ精度向上を図る。
課題2	◆ 検討会等における意見・提案事項等への対応	(1)時間帯や曜日で変化する交通規制情報の扱い	中央線変移等の時間帯や曜日で変化する交通規制等について今後具体的な検討が必要である。
		(2)警察以外が管理するDBとの連携	道路管理者が保有するDBとも連携を図り、一元的な情報提供を行う手法を検討する。
課題3	◆ 標準フォーマット（103種別）見直しの必要性	(1)曜日コード定義の不足 (2)規制の方向に関する定義の不足 (3)1規制に対して複数の進入方向が存在する場合の定義不足 (4)該当しないデータ項目における入力定義の不足 (5)データフォーマットの属性定義と説明書内容の相違 (6)座標の格納順序の定義不足	標準フォーマットで既定されていないデータが存在すると、今後自動運転車への情報提供や照合の自動化において、機能を十分に果たせない要因となりうるため、標準フォーマットの明確化及び見直しを検討する。
		(7)意思決定番号等の追加	都道府県警察の交通規制情報管理システムにおいてデータを活用するため、標準フォーマットに都道府県公安委員会の意思決定番号や管理番号等を追加することを検討する。
課題4	◆ データ化されていない交通規制情報について	紙ベースの地図に手書き等で多数の意思決定情報が記された「図面規制」と呼ばれる情報のデータ化が課題	次年度モデルシステムを構築して都道府県警察の作業負担軽減を目指す。

8. 総括

本研究では、標識・標示情報をスマートフォンや車載カメラ等により撮影し、画像認識技術を用いて規制種別、位置情報、施設等の老朽化について均一なデータ精度で自動収集し、警察が管理する交通規制情報と照合を行った上で、簡易な登録機能により効率的に交通規制情報のデータ精度向上及びストック管理を行うためのシステム開発に向けた調査研究を実施した。今年度検討したドライブレコーダの映像等から画像認識技術を用いて標識・標示情報を自動収集する手法は、広範囲かつ情報鮮度を高められる一方、正確なデータ収集のため繰り返し走行する必要性があり、コスト面での課題が生じたため、現場警察官や工事業者による標識・標示の工事や点検時にスマートフォンアプリを利用して、現地の標識・標示情報を収集する方式を主体としたモデルシステムの構成を検討した。都道府県警察へのアンケート調査によって、公安委員会による交通規制の意思決定情報と標識・標示等の紐付け作業に多大な労力を要していることが判明したことから、モデルシステムでは当該業務を支援する機能を実現することとした。

また、検討の過程において、現在利用されている交通規制情報103種別を表す標準フォーマットについて、一部定義されていない事項により解釈の幅が生じていること等が確認された。これは、今後モデルシステムを含め機械的に交通規制情報を取扱う上で解決すべき課題である。

これらの検討結果を基に、モデルシステムの仕様の方向性を定め、第3回検討会に諮り、委員の了承を得た。次年度は、本仕様を踏まえたモデルシステムを構築し、実証実験を行うこととなる。検討会の座長からは、モデルシステムの構築にあたり、「全体最適」と「部分最適」のバランスポイントを見極めるべき、との御意見を頂いている。過度に全体最適を行うと部分最適が損なわれる。現状の都道府県警察の交通規制情報管理システムは、独自性が強く、全ての特性を踏まえたシステムとすることは難しいが、課題を解決しながら最適化を図っていくことが望まれる。