

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）：  
ART 情報センターの構築に必要な機能の開発」

## 報告書

平成 29 年 3 月

株式会社 日立製作所

## 目 次

第 1 章	業務概要	1-1
1.1	業務目的	1-2
1.2	業務内容	1-3
第 2 章	ART 車内情報・センサー情報の活用に関する調査・検討・開発	2-1
2.1	車載センサー調査及び取得可能な情報の調査・整理	2-2
2.1.1	メーカー標準車載センサー調査	2-2
2.1.2	使用可能なセンサーおよび、取得可能な情報の調査	2-4
2.2	ART 搭載予定センサーデータの活用検討	2-7
2.2.1	車内外カメラの活用ケース	2-7
2.2.2	カメラ映像の解析要領	2-10
2.2.3	カメラ映像の解析結果	2-12
2.2.4	カメラ映像の解析結果検証	2-17
2.2.5	解析結果のまとめ	2-18
2.3	情報提供サービスの検討	2-19
2.4	今後の課題	2-20
第 3 章	外部システムとの連携方法の調査・検討・開発（ダイナミックマップとの連携方法の検討・開発）	3-1
3.1	ダイナミックマップ調査及び情報活用可能性の検討	3-2
3.1.1	ダイナミックマップ調査	3-2
3.1.2	情報活用可能性の検討	3-3
3.1.3	ダイナミックマップ調査及び情報活用可能性の検討まとめ	3-5
3.2	連携方法の基礎検討	3-7
3.2.1	連携インターフェースの調査	3-7
3.2.2	格納データ構造の調査	3-8
3.2.3	ダイナミックマップ連携に必要な要件の整理	3-8
3.2.4	ダイナミックマップ連携のユースケース案	3-8
3.3	今後の課題	3-10
第 4 章	外部システムとの連携方法の調査・検討・開発（乗り継ぎ案内の検討）	4-1
4.1	本検討の目的	4-2
4.2	乗り継ぎ案内を実現するために必要な情報の調査・検討	4-3
4.2.1	乗り継ぎ案内までの処理プロセス	4-3
4.2.2	必要な情報	4-5

4.2.3	乗り継ぎ案内実現に向けたシステム成長段階案 .....	4-13
4.3	都市交通における混雑予測方法の検討 .....	4-18
4.3.1	予測範囲・予測対象 .....	4-18
4.3.2	予測に必要なシミュレータ群 .....	4-19
4.3.3	シミュレーション連携方式案 .....	4-24
4.4	都市交通予測結果を活用した交通負荷分散および乗り継ぎ案内の検討 ..	4-26
4.4.1	都市交通予測の試作 .....	4-26
4.4.2	都市交通予測の試作評価結果 .....	4-34
4.4.3	試作結果に基づく、交通負荷分散、乗り継ぎ案内の実現性評価 .....	4-35
4.5	今後の課題 .....	4-36
第5章	プラットフォーム機能（管理・運用・連携方法、インターフェース等） の要件の整理・検討・開発 .....	5-1
5.1	ART 情報センターが実現する世界 .....	5-2
5.1.1	ART 情報センターの目的と背景 .....	5-2
5.1.2	現状の課題調査 .....	5-2
5.1.3	ART 情報センターが提供するデータにより改善されることとその姿と 収集・共有すべきデータの明確化 .....	5-10
5.2	ART 情報センター オープンプラットフォームの概要 .....	5-12
5.2.1	ART 情報プラットフォームに求められる基盤 .....	5-12
5.2.2	ART 情報プラットフォーム全体像 .....	5-13
5.3	オープンプラットフォーム要件定義のための調査・検討 .....	5-14
5.3.1	インターフェースの調査・検討 .....	5-14
5.3.2	データ蓄積・分析基盤の調査・検討 .....	5-36
5.3.3	アプリケーション開発者支援基盤の調査・検討 .....	5-45
5.3.4	運用管理基盤の調査・検討 .....	5-52
5.4	ART 情報センターのまとめと課題 .....	5-62
5.4.1	プラットフォーム機能要件の整理・検討結果 .....	5-62
5.4.2	今後の課題 .....	5-63
第6章	まとめ .....	6-1
第7章	参考資料 .....	7-1
参考資料 1	.....	7-2
参考資料 2	.....	7-3
第8章	謝辞 .....	8-1

## 第1章 業務概要

---

## 1.1 業務目的

---

ART（Advanced Rapid Transit）は、2020年東京オリンピック・パラリンピック関連の施設が整備される東京臨海部と都心を結ぶ新たな公共交通機関として開発が進められており、交通制約者を含む全ての人に安全・安心で快適な移動を提供する移動手段として、また路面電車に匹敵する輸送量と速達性を実現するモビリティとして注目されている。

ARTには、スムーズな加減速や段差を感じさせない乗降（正着制御）、公共交通優先信号システム（PTPS）との連携など、先進的な様々な機能の搭載が期待されており、これらの機能を実現するための各種センサーの実装検討が進んでいる。この各種センサーの情報を有効活用して、運行管理支援や情報提供サービスなどが実現できれば、より快適で安全安心な移動を提供することができる。

ARTに搭載される各種センサーの情報やダイナミックマップ等の他のデータベースとの連携によって得られる情報を有効活用し、新しい運行管理支援や情報提供サービス等へ有効に活用するために、オープンデータプラットフォーム（ART関連情報オープンプラットフォーム）が必要になると考えられる。

ART情報センターは、ART関連情報を活用したサービスや次世代交通の有機かつ柔軟な連携の実現を目的として構築されるものと位置づけ、下記を目的として調査・検討を行うものである。

### (1) 収集・共有すべきデータ内容の明確化

ARTに搭載が想定される各種センサー等からの情報を取得し、どのような新しい運行管理支援や情報提供サービスが実現可能か検討・整理し、ART情報センターが収集・共有すべきデータ内容を整理して明確化する。

### (2) プラットフォーム機能（管理・運用・連携方法、インターフェース等）の試作・実証及び要件の整理

(1)の検討・整理を踏まえ、プラットフォーム機能とダイナミックマップの連携方法や、連携のためにプラットフォーム側、ダイナミックマップ側が有すべき機能の要件を検討して整理すると共に、ART情報センターに必要なプラットフォーム機能（管理・運用方法、インターフェース等）を試作・実証して要件を整理する。

## 1.2 業務内容

---

今年度の実施業務テーマとして下記テーマが設定されている。

- (1) ART 車内情報・センサー情報の活用方法の検討
- (2) ダイナミックマップとの連携方法の検討
- (3) プラットフォーム機能（管理・運用・連携方法、インターフェース等）の要件の整理

具体的な実施業務内容として、実施業務テーマと、想定する ART 情報センターの運用イメージ（図 1-1、図 1-2）から、以下の調査・検討・開発項目を設定し、業務を実施した。

- (1) ART 車内情報・センサー情報の活用に関する調査・検討・開発
  - 1) ART の各種センサーから得られる情報の調査
    - 車載センサー調査及び取得可能な情報の調査・整理
  - 2) ART から得られる各種情報を活用した運行管理支援及び情報提供サービスの検討・開発
    - 情報活用可能性及び提供サービスの検討
- (2) 外部システムとの連携方法の調査・検討・開発
  - 1) ダイナミックマップとの連携方法の検討・開発
    - ダイナミックマップ調査及び情報活用可能性の検討
    - 連携方法の基礎検討
  - 2) 乗り継ぎ案内の検討
    - 必要となる情報の調査・検討
    - 混雑予測方法、交通負荷分散及び乗り継ぎ案内の検討
- (3) プラットフォーム機能（管理・運用・連携方法、インターフェース等）の要件の整理・検討・開発
  - 1) プラットフォーム機能要件の調査・整理
    - 調査及び役割・形態定義
    - 基本機能要件の検討・整理

業務実施にあたっては、外部有識者を招いた推進委員会を2回開催し、調査・検討・開発内容について頂いた助言を業務にフィードバックするとともに、関係省庁、関係団体及び関係事業者等と密に連携を取り、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）・自動走行システムの他の事業等との連携を取りつつ、関係する SIP

の会議等の議論も踏まえて推進した。

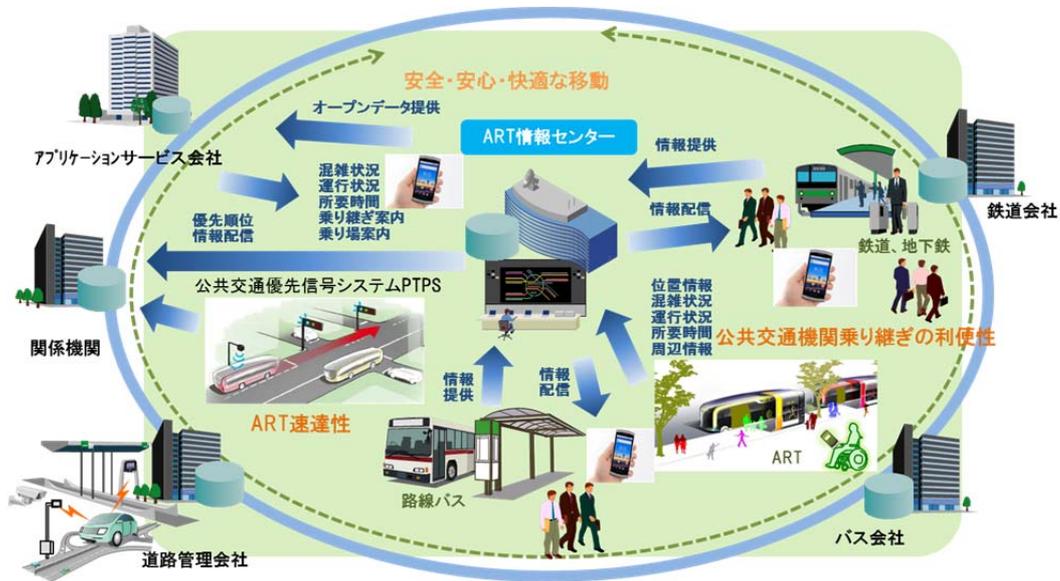


図 1-1 ART 情報センターの運用イメージ

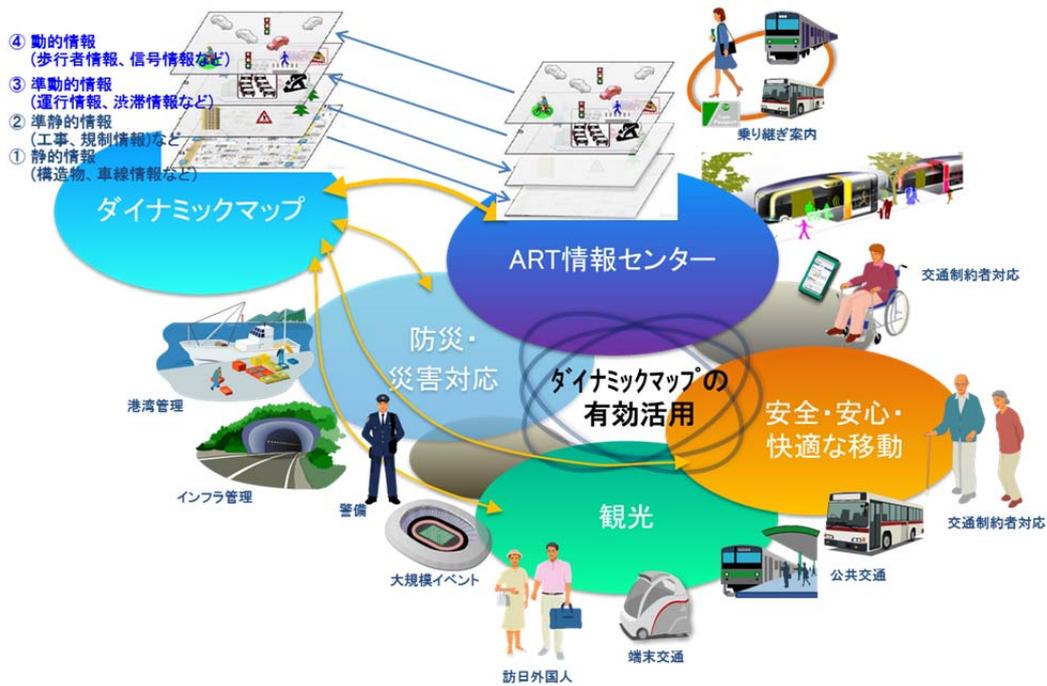


図 1-2 ART 情報センターとダイナミックマップの関係（想定）

## 第2章 ART 車内情報・センサー情報の活用に関する調査・検討・開発

---

## 2.1 車載センサー調査及び取得可能な情報の調査・整理

---

### 2.1.1 メーカー標準車載センサー調査

---

ART 情報センターは、バス利用者や事業者等各方面に各種サービスを提供するものであり、そのための材料の1つとして、ART に搭載されるセンサー情報の活用を考えている。

本項では、ART 車内情報・センサー情報の活用に先立ち、ART に搭載が予定されているセンサーの調査結果を整理する。

#### (1) 一般的な車載センサーの調査

ART 搭載予定センサーと一般的なバスを含む車両の車載センサー比較整理のベースとして、一般的に公開されている車載センサーを調査・整理した。【参考資料1】

#### (2) ART 搭載予定センサー調査

ART 搭載予定センサーについて、上記(1)で調査した一般的な車載センサーを基に調査を実施した。

1) 調査先：車両メーカー3社

2) 調査項目

- ① センサーの種類
- ② ART から外部への通信仕様（インターフェース、プロトコル等）
- ③ センサー取得情報の諸元（主に映像、画像に打刻される位置や時刻等）

3) 調査結果

- ① 一般的な車載センサー一覧にあるものは、ART にも全て搭載している。  
なお、一覧表以外にも車両メーカー独自のセンサーが搭載されているが、非公開情報の為、調査対象外とする。
- ② センサーデータの一部は、車両の動態監視用として、データを蓄積している。

【参考資料1 No.12 以降】

- ③ 視覚支援として、次に示す視覚支援用のセンサー（カメラ）を搭載予定  
・車内（後方、出入り口）、車外（前方、右側方、左側方、後方）
- ④ 正着制御として、次に示す正着制御用のセンサーを搭載予定  
・CCD カメラ、レーザレーダー、GPS、ジャイロ、車速センサー、  
加速度センサー、ブレーキ圧センサー、ステアリングセンサー、  
アクセル開度センサー

⑤ 外部への情報配信

現時点で車両メーカー搭載センサー情報の外部配信は予定されていない。

外部配信が予定されていない理由は次のとおり。

- a. 車両制御に関するセキュリティ確保
- b. 情報機器の技術改変周期と車両周期の不一致による更新管理の問題
- c. 搭載機器増加によるバス車両価格の高騰

インタビュー調査の結果、ARTには様々なセンサーの搭載が予定されているものの、メーカー標準搭載センサー情報の外部配信は計画されていない事が判明した。

【参考資料2】に本調査結果を示す。

## 2.1.2 使用可能なセンサーおよび、取得可能な情報の調査

---

メーカー標準の ART 搭載予定センサーはセンサー情報の外部配信計画が無い  
ため、運行事業者の後付けで搭載したセンサーについて、調査を実施した。合せて ART  
運行開始時の新しい運行管理支援および、情報提供サービスのご要望について調査  
した結果を整理する。

### (1) 調査先

運行事業者 1 社

### (2) 調査項目

- 1) 現状活用している車載センサーおよび、運行管理支援、情報提供サービスの  
状況
- 2) ART 運行開始時に実現したい運行管理支援、情報提供サービス

### (3) 調査結果

- 1) 現状活用している車載センサーおよび、運行管理支援、情報提供サービスの  
状況
  - ① 使用センサー  
運行事業者側で以下のセンサーを後付け搭載。
    - a. 車外カメラ（前方、右側方、左側方）、車内カメラ（前扉、中扉）
    - b. デジタルタコグラフ、フロントセンサー、バックアイカメラ、  
バックソナー
  - ② 活用事例として大きく 3 つ（運行管理支援、情報提供サービス、安全管理）  
の観点（項目）で活用中

表 2-1 に使用センサーと活用事例を整理する。

表 2-1 使用センサーと活用事例の整理

No	項目	実施内容	使用センサー	センサー以外
1	運行管理支援	最適ダイヤ作成支援	・車内カメラ ・乗降人員カウンター	・バスロケ
		運行バスタイプ配置支援		—
2	情報提供サービス	バス到着情報提供	—	・バスロケ
		接続電車時刻情報表示		
3	安全管理	事故防止支援	・車内外カメラ	・デジタル タコグラフ
		事故記録支援		
		省エネ運転支援		

以上の整理から、運行事業者による後付けセンサーを用いて各種支援および、サービスを実現している状況が判明した。

## 2) ART 運行開始時に実現したい運行管理支援、情報提供サービス

新しい支援機能や情報提供サービスに関する要望について調査した結果と、その実現に使用可能なセンサーの対応を整理した結果を表 2-2 に示す。

表 2-2 ART 導入時の運行事業者ご要望および使用可能なセンサー

No	項目	ご要望	使用可能センサー および、取得可能情報	備考
1	運行管理 支援	車内外カメラのリアルタイム 動画取得	・車内外カメラ【映像】	—
2	情報提供 サービス	車内混雑情報表示	・車内カメラ【映像】 ・乗降人員カウンター 【人数】	—
		車椅子スペース利用状況の提供 (停留所向け)	・車内カメラ【映像】	—
		乗換え案内や事業者 HP 上への電車 利用者向け接続バス時刻情報	—	バスロケ
		停留所情報案内の IT 化 (高齢者等向け簡易な案内方法等)	—	—
3	安全管理	停留所監視 (バス待ち人数や防犯監視等)	・停留所カメラ【映像】	—
4	運転手 負荷軽減	停留所自動音声案内 (ボタン不要化)	—	—
		運賃箱操作の省力化	—	—
		多言語の自動音声案内	—	—
5	その他	後付けセンサーの一元管理	—	—
		バスロケデータファイル形式の 一元化	—	—
		PTPS 反応確認	—	—

以上から、後付けで搭載したカメラ映像を解析する事で、運行事業者の要望を実現できる可能性があると考えた。

今年度は、カメラ映像を情報活用可能性の検討対象として、実施する事とする。

## 2.2 ART 搭載予定センサーデータの活用検討

ドライブレコーダー（車内外カメラ）の映像を活用した運行管理支援および情報提供サービスへの適用可能性について、映像を解析し検証した結果を整理する。

### 2.2.1 車内外カメラの活用ケース

車内外カメラについては、車内カメラ、車外カメラ、停留所カメラの大きく3種に分類できる。

カメラ映像を活用するに当たっては、活用する目的に合わせた解析が必要である。

以下にこれらカメラの映像および活用先を考慮した解析の一例を示す。

#### (1) 車内カメラ

##### 1) 車内混雑の状況

図 2-1 に示す映像は、車内を撮影したものであり、映像解析による人物の頭部認識から人数を計測し、車内混雑状況の把握等が可能である。

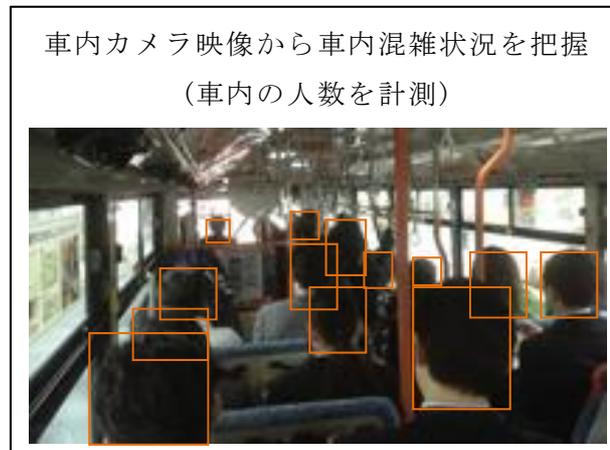


図 2-1 車内カメラ映像と映像解析

## (2) 車外カメラの活用

図 2-2 および図 2-3 に示す映像は、車外を撮影したものであり、映像解析による走行路の道路事情を把握する事が可能である。

### 1) 駐停車車両の状況

図 2-2 の映像から道路上に駐停車している車両を認識し、左側車線の走行可能状況等を把握可能である。

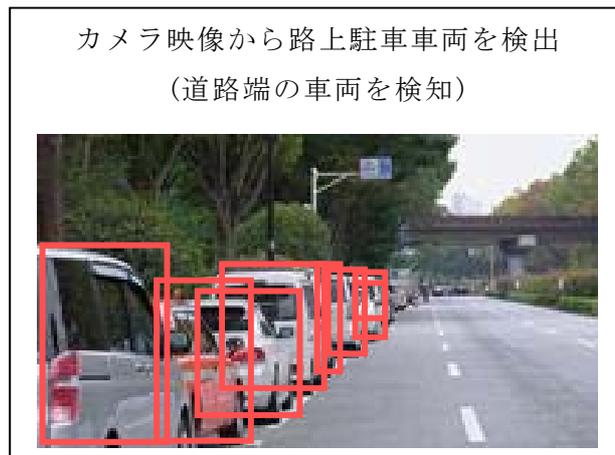


図 2-2 車外カメラ映像と映像解析

### 2) 道路上の障害（工事）状況

図 2-3 の映像から道路工事を認識し、走行路の障害状況等を把握可能である。



図 2-3 車外カメラ映像と映像解析

### (3) 停留所カメラの活用

#### 1) 停留所の混雑状況等

図 2-4 に示す映像は、バス停に設置されたカメラから停留所周辺を撮影したもので、車内カメラと同様にこれら映像解析により、人物の頭部認識から人数を計測し、停留所での乗車待ち人数および人物の概観を認識する事で車椅子等の交通制約者有無が把握可能である。

また、特異な動きをする人物の認識による不審者の把握等、防犯監視も可能である。

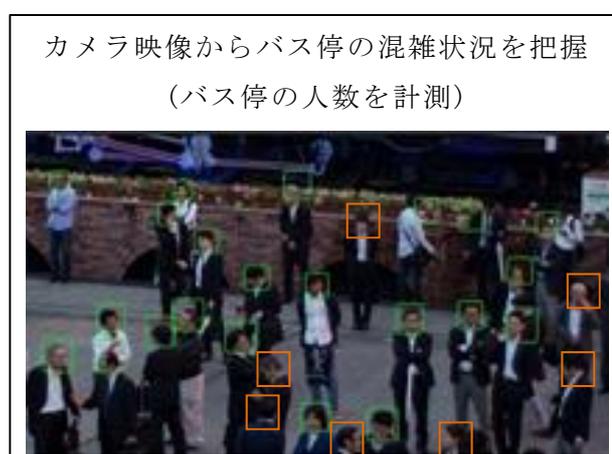


図 2-4 停留所カメラと映像解析

## 2.2.2 カメラ映像の解析要領

---

カメラ映像の解析結果活用検証のサンプルとして、今年度は車内カメラによる車内混雑情報提供への活用を対象とする。

車内カメラの映像から、車内混雑状況を把握するための映像解析要領を以下に示す。

### (1) 目的

車内カメラ映像から到着予定バスの混雑状況を判断するための人数計測精度を検証する。

### (2) 必要な解析精度

到着予定バスの混雑状況は、5段階または3段階程度で判別し、乗車予定客に通知する事を前提とする。

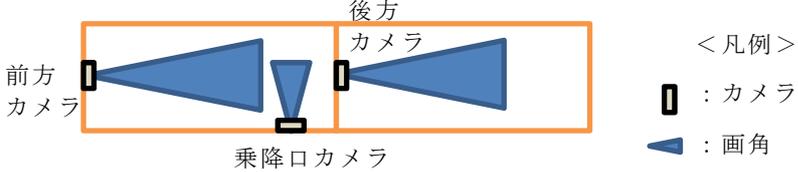
今回の解析では、大まかの人数を把握出来れば良い事から、満員での乗客数を20人とし、誤差として2人程度（標準偏差2）を目標とした。

計測精度：標準偏差2以下

### (3) 映像撮影および解析要領

表 2-3 に検証用の映像撮影および解析要領を示す。

表 2-3 映像解析要領

項 目	内 容
目 的	バス車内の混雑状況の解析
使用カメラ	<p>バス車内設置カメラ                      (単車バスは2カメラ、連接バスは3カメラで実施)</p> <p>【連接バスの例】</p>  <p>前方カメラ      乗降口カメラ      後方カメラ</p> <p>＜凡例＞  <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span> : カメラ  <span style="color: blue;">▲</span> : 画角</p>
内 容	バス車内の記録映像から混雑状況を解析するための映像を取得し映像解析で乗車人数を計測する
員 数	15～20 人程度
テスト映像取得方法	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 0 人の状態から 30 秒おきに 1 人ずつ人数を増やし人が画角一杯になるまで繰り返し録画 (15 人～20 人程度)</li> <li>2. 5 分程度で停止</li> <li>3. 1～2 を各カメラで実施</li> </ol>
所要時間	所要時間 30 分 (10 分/カメラ)
映像解析	解析の画像解析アルゴリズムは DeepLeaning (FastRCNN) を使用

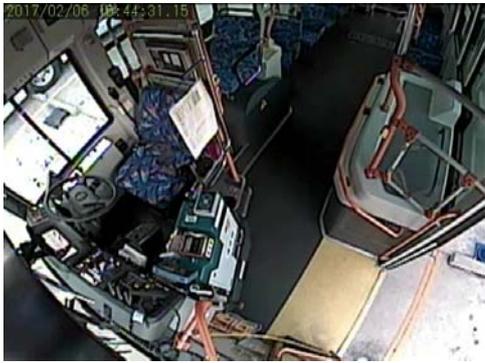
### 2.2.3 カメラ映像の解析結果

#### (1) 単車バス

##### 1) 車内（前方カメラ）映像の解析検証

表 2-4 に車内（前方カメラ）映像の解析結果を示す。

表 2-4 車内（前方カメラ）映像および解析結果

項目	空状況			満状況		
	0人	2人	3人	6人	7人	8人
画像						
実車内人数	0人	2人	3人	6人	7人	8人
計測対象人数 〔画角内 目視平均値〕	0.0	2.0	3.0	6.0	7.0	8.0
計測結果人数 (平均値)	0.0	2.0	2.7	5.3	6.3	7.3
計測精度 〔目標 標準偏差2以下〕	0.0	0.0	0.6	0.8	0.8	0.8
評価 (良否)	—	良	良	良	良	良

※ 解析に使用した映像ソースは京成バス株式会社殿の御協力により試験用に撮影したもの

2) 車内（乗降口カメラ）映像の解析検証

表 2-5 に車内（前方カメラ）映像の解析結果を示す。

表 2-5 車内（乗降口カメラ）映像および解析結果

項目	空状況			満状況		
画像						
実車内人数	0人	2人	3人	15人	18人	20人
計測対象人数 〔画角内 目視平均値〕	0.0	2.0	3.0	8.3	10.3	10.7
計測結果人数 (平均値)	0.0	2.0	2.7	8.0	10.0	10.3
計測精度 〔目標 標準偏差2以下〕	0.0	0.0	0.6	0.6	1.0	0.6
評価 (良否)	—	良	良	良	良	良

※ 解析に使用した映像ソースは京成バス株式会社殿の御協力により試験用に撮影したもの

(2) 接続バス

1) 車内（前方カメラ）映像の解析検証

表 2-6 に車内（前方カメラ）映像の解析結果を示す。

表 2-6 車内（前方カメラ）映像および解析結果

項目	空状況			満状況		
画像						
実車内人数	0人	2人	3人	8人	10人	12人
計測対象人数 〔画角内 目視平均値〕	0.0	2.0	2.3	5.3	6.3	6.3
計測結果人数 (平均値)	0.0	2.3	2.3	5.7	5.7	5.7
計測精度 〔目標 標準偏差2以下〕	0.0	0.6	0.0	0.6	0.8	0.8
評価 (良否)	—	良	良	良	良	良

※ 解析に使用した映像ソースは株式会社日立製作所における  
実験用として撮影したもの

2) 車内（乗降口カメラ）映像の解析検証

表 2-7 に車内（乗降口カメラ）映像の解析結果を示す。

表 2-7 車内（乗降口カメラ）映像および解析結果

項目	空状況			満状況		
画像						
実車内人数	0人	2人	3人	7人	9人	10人
計測対象人数 〔画角内 目視平均値〕	0.0	2.0	3.0	5.7	7.3	6.7
計測結果人数 (平均値)	0.0	2.0	2.7	6.3	6.7	6.7
計測精度 〔目標 標準偏差2以下〕	0.0	0.0	1.0	0.8	0.8	0.8
評価 (良否)	—	良	良	良	良	良

※ 解析に使用した映像ソースは株式会社日立製作所における  
実験用として撮影したもの

### 3) 車内（後方カメラ）映像の解析検証

表 2-8 に車内（後方カメラ）映像の解析結果を示す。

表 2-8 車内（後方カメラ）映像および解析結果

項目	空状況			満状況		
画像						
実車内人数	0人	2人	3人	8人	10人	12人
計測対象人数 〔画角内 目視平均値〕	0.0	2.0	2.0	4.3	5.3	8.3
計測結果人数 (平均値)	0.0	1.7	2.0	5.0	6.3	7.7
計測精度 〔目標 標準偏差2以下〕	0.0	0.6	0.0	0.8	1.0	0.8
評価 (良否)	—	良	良	良	良	良

※ 解析に使用した映像ソースは株式会社日立製作所における  
実験用として撮影したもの

## 2.2.4 カメラ映像の解析結果検証

カメラ画角内の映像解析結果は計測精度として定義した標準偏差の範囲内に収まる事（2以下）が確認できた。

これにより、車内カメラ映像による混雑状況の判別は可能である見通しを得た。しかし、今回の解析検証において実用化に向けた下記課題が判明した。

### ① 想定している車内カメラでは撮影できない死角が発生する

図 2-5 に想定と実際のカメラ映像（画角）の差異（死角）を示す

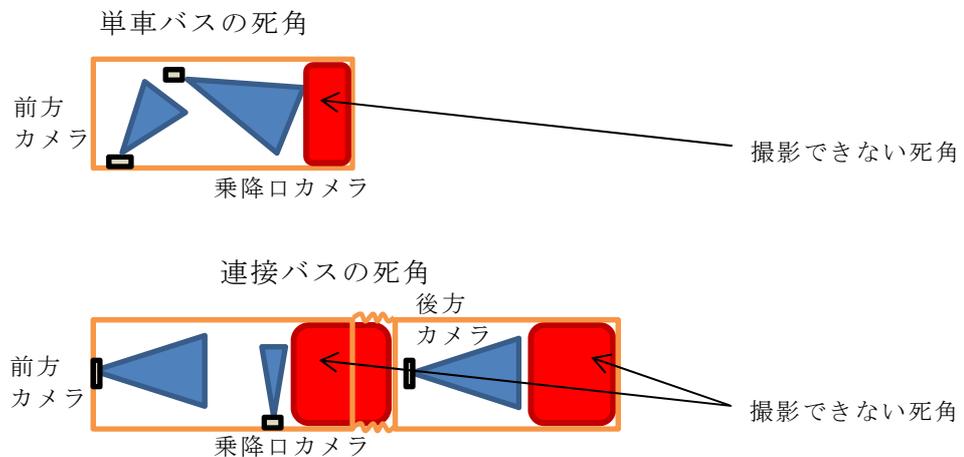


図 2-5 想定と実際のカメラ映像（画角）の差異

#### 【対応案】

バス全体の乗車率の把握はできないが撮影可能部分での人数計測は可能である事と、複数台のカメラが設置されている事を利用して、全てのカメラで「満」状態を検知した場合に「満」とする事で対応可能。

### ② カメラが車内混雑状況把握用でないため画角が最適ではない

設置されているカメラはバスに実装された機材や設備の監視用であり、機材等を撮影するため下向きに設置されているため乗車客が映りにくい。

また、カメラ設置位置高さによるバス天井による高さ制限があるため、カメラの前に人が立つと後方が見えなくなり、死角が発生する。

#### 【対応案】

全てのカメラ前にのみ乗車客がいる場合は特殊なケースと判断し、撮影可能部分での人数計測で十分である。

もしくは、「TOF (Time Of Flight) カメラ」の車内設置併用による計測精度向上を図る。(計測精度の向上には天井への計測専用カメラ設置や TOF カメラの設置併用が考えられる。)

③ バス特有である吊革による誤計測が発生する

立ち乗り乗車客用の吊革が多く、乗車客と重なると誤計測の要因となる。

【対応案】

今後バス車内のサンプル映像を増やし、再学習する事で精度向上をはかる。

### 2.2.5 解析結果のまとめ

---

今年度のドライブレコーダー（車内カメラ）映像による車内混雑状況解析検証結果として、カメラ設置位置やバス特有の制限事項により、死角の発生などの課題が確認されたものの車内混雑状況の判別は可能である見通しを得た。

## 2.3 情報提供サービスの検討

今年度の調査・インタビューおよび、映像解析検証の結果から車載センサー等を活用した運行管理支援、情報提供サービスとして、現時点で想定できるのは、ドライブレコーダー（カメラ）映像を活用したサービスである。

運行事業者インタビューによる要望および、今年度実施した映像解析検証結果も踏まえ、ドライブレコーダー（カメラ）映像の活用により実現可能と考えるサービスの整理結果を表 2-9 に示す。

表 2-9 カメラ映像の活用サービス例

No	センサー名	活用例	解析抽出情報
1	車外カメラ	交通負荷分散	混雑状況・路上障害物
		メンテナンス計画	路上定点変化
2	車内カメラ	運転手、乗客の異常状態把握	運転手、乗客の位置や姿勢などの動態
		バス配車計画（臨時増便等含）支援	乗降客数計測
		車内混雑状況配信	車内混雑状況
		車椅子スペース利用状況配信	特定スペース空き状況
3	停留所カメラ	バス配車計画（臨時増便等含）支援	・停留所混雑状況 ・交通制約者有無
		防犯・監視	離合集散などの動態

今後、活用例の具体化および、組合せによる新たな活用サービス例など継続して検討していく。

## 2.4 今後の課題

---

今年度の検討では、運行事業者の要望を基に1つのサービスについてART搭載予定センサーの活用可能性を検討した。今後は、サービスの範囲を広げ、様々なサービス案への活用検討が必要と考える。

また、運行事業者による後付けセンサーだけでなく、ARTに搭載が予定されているセンサー情報は情報提供サービスに有用と考えられるものの、そのセンサー情報の外部配信が想定されていない事もわかった。

以下に今後の課題について示す。

### (1) ART搭載予定センサーの外部配信に関する提言

現在は、運行事業者による後付けセンサーの活用であるが、ART搭載予定センサーも非常に有効な活用方法があると考えられる。今後は、車外配信の仕組み構築等、関係各所との調整等を行い、これらセンサー情報の活用による幅の広い情報提供サービス検討へ繋げる必要がある。

### (2) 車外カメラ等の活用検討

引続き車内カメラの検討と共に、車外カメラの情報も含めた情報提供サービスを検討。

### (3) 映像解析技術の開発等検討

車内外カメラの映像を活用するにあたり、既存の技術においても活用環境に合わせた特有な環境を学習させたアルゴリズム構築を必要とするものや、既存技術に無い解析技術開発も含めた映像解析の検討。

### (4) プライバシーへの配慮

無加工のカメラ映像は、プライバシー保護の観点から活用が制限される。ART情報センターを含め、広く活用する為には、個人を特定出来ない情報への変換など検討を進める必要がある。

## 参考文献

- ・日立評論 2013. 11月号  
予防安全統合制御システム
- ・Vol.11 No.1 2006 デンソーテクニカルビュー  
自動車用センサの技術動向
- ・平成 26 年 2 月 特許庁  
平成 25 年度 特許出願技術動向調査報告書（概要） 自動運転自動車
- ・（一社）日本自動車部品工業会 技術担当顧問 経済産業省  
戦略分野コーディネータ 今井英二  
平成 27 年度経済産業省委託事業 戦略産業支援のための基盤整備事業（戦略  
分野コーディネータ事業） 自動車産業革新技術セミナー  
自動車産業の最新技術動向 中小企業の研究開発事例の紹介
- ・東芝レビューVol.71 No.2（2016）  
自動車の自動運転技術の動向と東芝の取組み
- ・一般財団法人 日本自動車研究所 ITS 研究部 青木 啓二  
自動運転技術の開発動向と実用化に向けた課題
- ・総務省 総合通信基盤局 電波部 森下 信  
通信ソサエティマガジン No. 35 冬号 2015  
次世代 ITS の実現に向けた最近の取組み
- ・日立オートモティブシステムズ  
車載ステレオカメラの仕組み
- ・日立オートモティブシステムズ株式会社 IAS 本部 黒田浩司  
ミリ波センサと応用システム

## 第3章 外部システムとの連携方法の調査・検討・開発 （ダイナミックマップとの連携方法の検討・開発）

---

## 3.1 ダイナミックマップ調査及び情報活用可能性の検討

本業務では、「収集・共有すべきデータ内容の明確化」と、「プラットフォーム機能（管理・運用・連携方法、インターフェース等）の試作・実証及び要件の整理」の2点を目的としている。

この目的のうち、「収集・共有すべきデータ内容の明確化」を細分化したテーマとして、「外部システムとの連携方法の調査・検討・開発」を設定し、外部システムの対象をダイナミックマップとした連携方法について、今年度は以下の業務実施項目を定めて実施した。

- (1) ダイナミックマップ調査及び情報活用可能性の検討
- (2) 連携方法の基礎検討

### 3.1.1 ダイナミックマップ調査

連携する外部システムとして、「(内 1①) 自動走行システムの実現に向けた諸課題とその解決の方向性に関する調査・検討におけるダイナミックマップ構築に向けた試作・評価に係る調査検討」プロジェクトやシステム実用化 WG 地図構造化 TF と連携し、ダイナミックマップとの情報連携について調査・検討を行った。

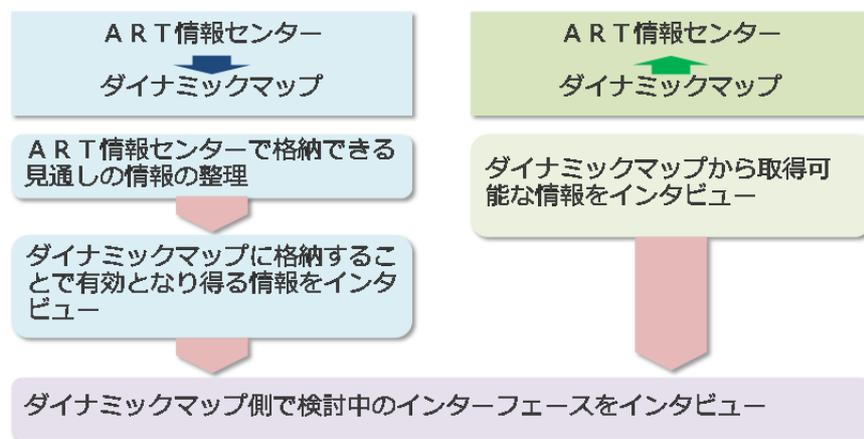


図 3-1 ダイナミックマップ連携の調査・検討手順

以降、調査・検討結果について上述の手順に沿って報告する。

### 3.1.2 情報活用可能性の検討

#### (1) ART 情報センターで格納できる見通しの情報の整理

ダイナミックマップとの連携を検討するに当たり、まず、ART 情報センターから提供可能であろう情報を整理した。

ART バスに搭載されるセンサーに関する調査から、バス車外へ提供可能なデータとしてカメラ画像が挙げられる。ただし、カメラの画像そのままでは容量が大きく LTE/4G 回線などによる送信には向かないため、車上で何らかの特徴点に変換した後に送信することが現実的である。また、バスロケーションシステムやデジタルタコグラフの普及により、バスの走行位置の把握は容易になっている。ART 情報センターでは、走行位置およびカメラ画像を解析した特徴点を、将来格納できる可能性があることがわかった。

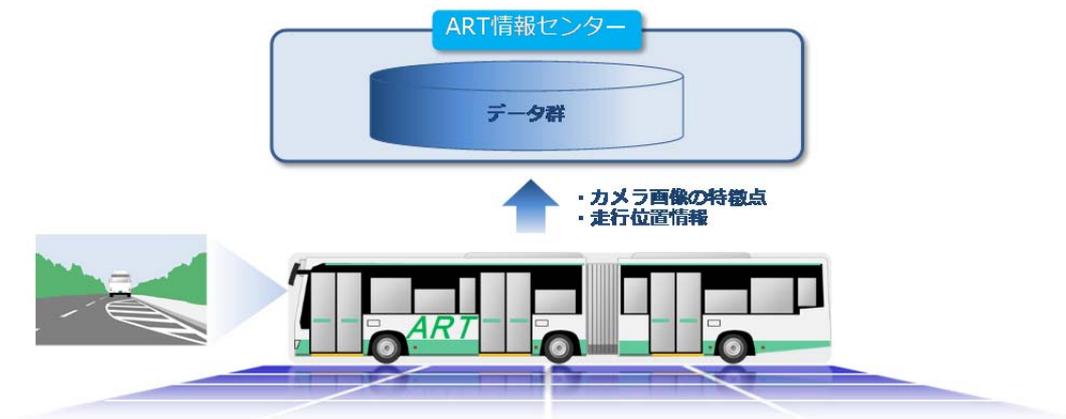


図 3-2 ART 情報センターで格納できる見通しの情報

#### (2) ダイナミックマップから取得可能な情報の調査及び連携有効性の検討

交通分野におけるダイナミックマップの活用を検討するにあたり、静的および准静的情報はダイナミックマップから ART 情報センターが提供を受け、動的および准動的情報は ART 情報センターからダイナミックセンターへ提供することになると仮説を立てた。また、情報の内容については、用途別に活用しやすい形態があると想定した。

ダイナミックマップについては、複数のプロジェクトが同時進行している状況であり、今回の調査においては、SIP 自動走行システム：内閣府 1①「自動走行システ

ムの実現に向けた諸課題とその解決の方向性に関する調査・検討におけるダイナミックマップ構築に向けた試作・評価に係る調査検討」プロジェクト受託者である、ダイナミックマップ構築検討コンソーシアムにインタビューを行うことが最適と判断し、インタビューを実施した。

### 1) 静的情報、准静的情報

静的情報、准静的情報はダイナミックマップ側から取得可能であるが、今年度はダイナミックマップから地図会社へ連携するところまでが検討範囲であり、ART情報センターとの連携など、地図会社以外への連携については、検討されていない。

また、ART情報センターで収集する准静的情報の更新頻度に相当する情報は、むしろダイナミックマップ側で取り込むことで有益である可能性を確認した。

道路の形状などの静的情報は調査によりデータ作成する必要があるが、路面の標識や舗装の劣化、工事による車線規制などの准静的情報を日々調査してデータ作成することは困難である。ART情報センターがARTのセンサーなどから取得する情報をダイナミックマップ側へ提供することにより、准静的情報の更新に活用できる可能性があることが分かった。

例えば、次のように情報を利用することが案として考えられる。

- ・ 導流帯の新設や劣化（車外カメラ映像の利用）
- ・ 従来存在しなかった何らかが増えたという経時変化による差分情報（車外カメラ映像の利用）

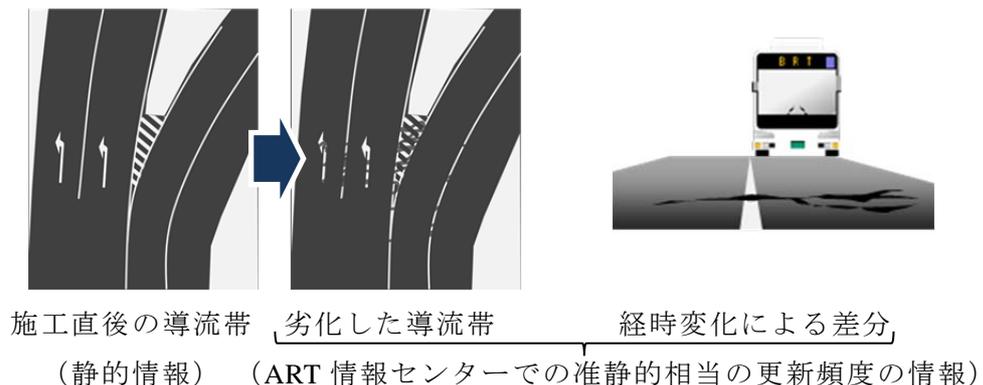


図 3-3 情報利用案

ダイナミックマップの更新のためには、MMSによるデータ収集が必要である。これを、ARTからの情報で代用することにより、コスト低減が図れる可能性がある。また、今まで存在しなかった構造物等を差分データから抽出するなどのユースケースも考えられる。

## 2) 動的情報、准動的情報

准動的情報については、ダイナミックマップ側での今年度検討事項であるが、動的情報については、検討未着手となっている。

動的情報については、情報のリアルタイム性確保の観点から、必要とする需要先へ直接配信すべきであり、ダイナミックマップとの連携項目とすべきか、将来継続した検討が必要である。

表 3-1 インタビュー項目と結果

#	インタビュー項目	インタビュー結果
①	ダイナミックマップから取得可能な情報	<ul style="list-style-type: none"> <li>静的情報、准静的情報は取得可能。 ただし、ダイナミックマップ側～地図会社間が検討範囲</li> <li>動的情報については、検討未着手 准動的情報については今年度検討事項 ■他システムとの連携検討未着手</li> </ul>
②	ダイナミックマップに格納することで有効となり得るART情報	ダイナミックマップデータのメンテナンスに必要な情報 例)・導流帯の新設や劣化（車外カメラ映像の利用） ・従来存在しなかった何らかが増えたという経時変化による差分情報（車外カメラ映像の利用）
③	ダイナミックマップ側との連携に必要な通信インターフェース、プロトコル、データ構造など	インターフェースは今年度の検討項目。 ■インターフェースは検討未着手

### 3.1.3 ダイナミックマップ調査及び情報活用可能性の検討まとめ

調査及び情報活用可能性検討の結果、以下の2点が判明した。

- (1) ART 情報センターからダイナミックマップへ提供することで活用可能性のある情報は「ダイナミックマップのメンテナンスに用いる差分情報(准静的情報)」
- (2) 連携方法（インターフェース）については、ダイナミックマップ側として他システムとの連携は未検討である。

将来の課題として、動的・准動的情報について、更新頻度を考慮するとダイナミックマップを経由すべきかどうかの検討と、ダイナミックマップ側との連携方法の継続した検討・調整が必要である。

表 3-2 ダイナミックマップ調査及び情報活用可能性の検討まとめ

<b>動的 准動的情報</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ダイナミックマップ側で、インターフェースは今年度検討範囲外</li> <li>・更新頻度を考慮すると、需要先へ直接配信すべきかもしれない、ダイナミックマップと連携すべきか見直し必要</li> </ul>
<b>静的 准静的情報</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ダイナミックマップのメンテナンスに有効である可能性がある</li> <li>・ダイナミックマップ側で、インターフェースは今年度検討範囲外</li> </ul>

情報の種類 (更新頻度)	情報の例	情報の特性	調査結果	現状整理
動的情報 ( <1sec)	・リアルタイム 位置情報 など	・動的の観点から、何らかの 他システム介入すべきかどうか	【ART情報センター ⇒ ダイナミックマップ】 ・ダイナミックマップ側での連携未検討	・ダイナミックマップとの連携 不要でよいが、将来検討 要する
准動的情報 ( <1min)	・バスの遅延 情報に基づく プローブ情報 など	・ARTバス車両からの情報を 元に生成	【ART情報センター ⇒ ダイナミックマップ】 ・ダイナミックマップ側での連携未検討 ・プローブ情報などの蓄積は有用である 可能性あり	・ダイナミックマップと連携す べきか、将来検討要する
准静的情報 ( <1hour)	・劣化情報 (路面表示の 経時変化) など	・ARTバス車外カメラによる 定点差分抽出情報	【ART情報センター ⇒ ダイナミックマップ】 ・ダイナミックマップ自体のメンテナンス情報 として活用したい (差分情報のみ欲しい) ・ダイナミックマップ側で他システムとの連携 検討未着手、インターフェース調整不可	・インターフェースについて 将来検討要する
静的情報 ( <1month)	・地図データ	・MMSなどで取得する情報	【ダイナミックマップ ⇒ ART情報センター】 ・ダイナミックマップ側で他システムとの連携 検討未着手、インターフェース調整不可	・インターフェースについて 将来検討要する

## 3.2 連携方法の基礎検討

ダイナミックマップ構築検討コンソーシアムにおいても、外部との連携のあり方については検討の途上である。このため、現時点において双方の連携方法を確定することは困難であるが、今後、連携すべき情報とインターフェースの検討を進めたい。現時点での連携イメージを図 3-4 に示す。

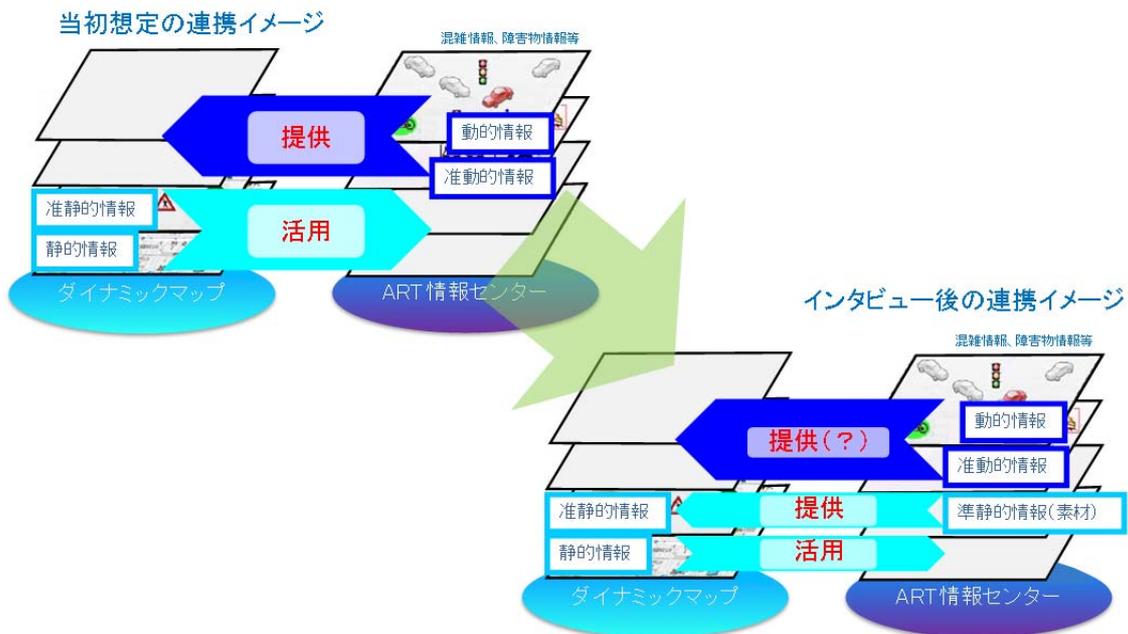


図 3-4 ダイナミックマップとの連携のイメージ

### 3.2.1 連携インターフェースの調査

ART 情報センター側で API (Application Programming Interface) を準備 (公開) する。

ART 情報センター側と連携を行うには、この公開 API を使用したアプリケーション等のアクセス環境を準備 (作成) してアクセスするものとする。

プロトコルは HTTP 形式を基本とする。

ダイナミックマップ側のインターフェースは今年度の検討項目となっているため、現時点では確定することが困難であり、引き続き連携をとり相互調整を図りながらインターフェースを確定していく。

### 3.2.2 格納データ構造の調査

---

ダイナミックマップ側のデータ構造は今年度の検討項目となっているため、現時点では確定することが困難であり、引き続き連携をとり相互調整を図りながら、ふさわしいデータ構造を確定していく。

### 3.2.3 ダイナミックマップ連携に必要な要件の整理

---

引き続き連携をとり相互調整を図りながら要件整理を確定していく。

### 3.2.4 ダイナミックマップ連携のユースケース案

---

現時点でのインタビュー結果を元に、想定されるユースケースを記す。  
ユースケース案は、あくまでも将来を想定した架空である。

#### ● 導流帯の劣化状況の連携《准静的情報連携》

##### (1) 目的

バス路線での道路の導流帯の劣化を推測し、共有する。

##### (2) 概要

バスに高度運転支援（ADAS）が搭載され、その認識結果を元に差分情報を ART 情報センターが得られることを前提としたユースケースである。

ADAS の画像認識で判定できるのは、入力画像中に導流帯が認識できるか否だけである。今まで認識できていた導流体の認識率が低下したという判定は行えない。しかし、導流帯が認識できたという位置情報付きの信号を ART 情報センターで蓄積可能ならば、導流帯の位置、導流体の認識率を元に劣化状況を生成可能と考える。図 3-5 に示す。

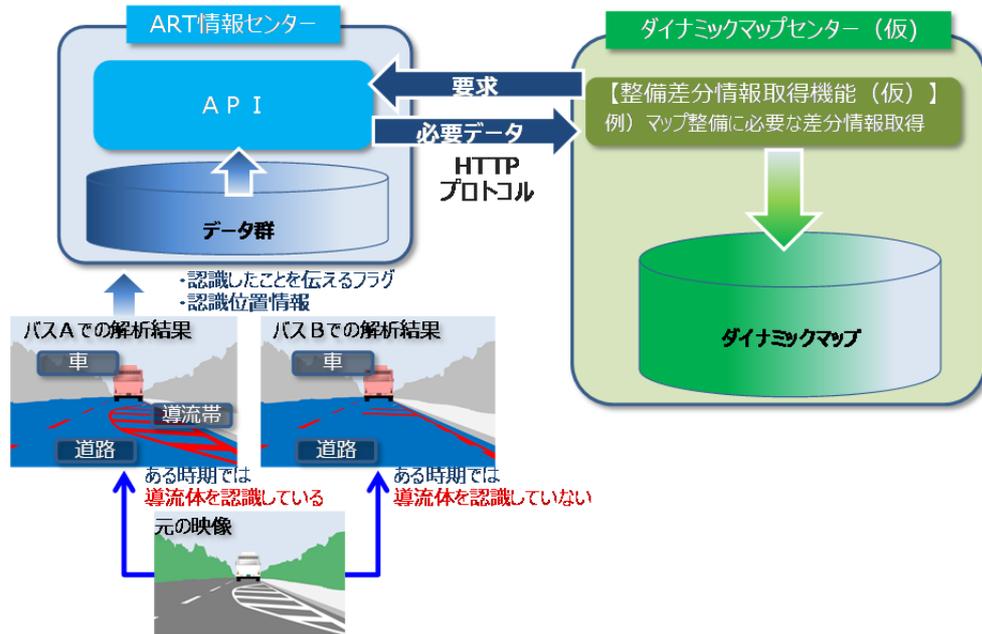


図 3-5 ダイナミックマップ連携のユースケース案

### (3) ART 情報センターからの准静的情報取得処理案

ダイナミックマップ側に実装する整備差分情報取得機能（仮）アプリケーション（ART 情報センターが公開する API を利用して構築するアプリケーションもしくは、アクセス環境）を用いて、必要データを取得する。

（ART 情報センターは、蓄積したデータから必要なデータを整備差分情報取得機能（仮）へ返す。）

### 3.3 今後の課題

---

将来、ダイナミックマップ側と連携のための調整を推進するにあたっての検討課題を次に示す。

- 動的、准動的情報の連携要否
- ART 車載センサーの調査結果に基づく、ダイナミックマップの維持更新に必要な准静的情報の取得可否
- 連携インターフェースについて、ART 情報センター側として今年度提示の理想インターフェース案をもとにダイナミックマップ側との調整・検討

#### 参考文献

- ・ 葛巻清吾（2016）「SIP 自動走行システム；ダイナミックマップ」  
[online] [www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/juyoukadai/system/2kai/shiryo3-1.pdf](http://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/juyoukadai/system/2kai/shiryo3-1.pdf)

## 第4章 外部システムとの連携方法の調査・検討・開発 （乗り継ぎ案内の検討）

---

## 4.1 本検討の目的

本章では、外部システムとの連携方法の調査・検討・開発（乗り継ぎ案内の検討）における平成 28 年度実施内容を報告する。都心部においては鉄道・バス等の公共交通網が複雑に構成されており、迷わずに行くためには乗り継ぎ案内の情報提示が望ましい。さらに 2020 年東京オリンピック・パラリンピックにおいては、平常時の交通需要に加え、大会に関連する交通需要が見込まれるため、交通負荷分散を目的としたリアルタイムな乗り継ぎ案内が必要になると考えられる。こうした乗り継ぎ案内を行うためには、現状をリアルタイムに把握し、その後の変化を予想し、効果的な負荷分散を検討した上で、案内情報を出していくことが望ましい。そのためには、都市交通全体を統合かつ定量的に評価することが可能なシミュレーション環境が必要になってくる。図 4-1 は乗り継ぎ案内を実現するシステム連携の様子を示している。図中の統合都市交通シミュレーションシステムが、そのシミュレーション環境を示している。統合都市交通シミュレーションシステムから出力する予測情報に従って、乗り継ぎ案内アプリサービス事業者が乗り継ぎ案内情報を一般ユーザーに配信する。

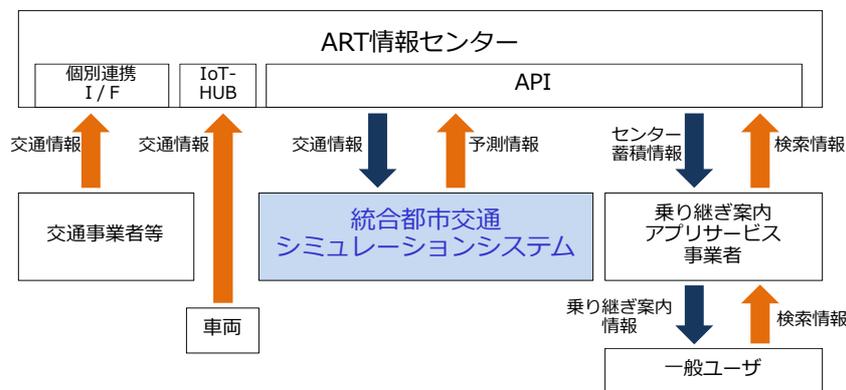


図 4-1 乗り継ぎ案内を実現するシステム連携

平成 28 年度では、こうした統合都市交通シミュレーションシステムを活用した乗り継ぎ案内方法を検討し、外部連携として必要な情報の検討を行った。具体的には次の 3 つの検討を実施した。

- (1) 乗り継ぎ案内を実現するために必要な情報の調査・検討
- (2) 都市交通における混雑予測方法の検討
- (3) 都市交通予測結果を活用した交通負荷分散および乗り継ぎ案内の検討

以下、平成 28 年度の検討結果について、上記 3 つの検討項目に沿って報告する。

## 4.2 乗り継ぎ案内を実現するために必要な情報の調査・検討

本節では、乗り継ぎ案内までの処理プロセスを説明し、そのプロセスにおいて必要な情報について述べる。最後に乗り継ぎ案内実現に向けた情報整備の成長段階案を提言する。

### 4.2.1 乗り継ぎ案内までの処理プロセス

図 4-2 は、乗り継ぎ案内までに必要な処理プロセスの概要である。最初に都市交通予測に必要な情報取得を行い、次に鉄道シミュレーション、道路交通シミュレーションを使った都市交通全体の交通流予測を行う。その予測結果に基づき、交通負荷分散検討では、交通の過度な集中が予測される場所、路線を特定した上で、負荷分散可能な場所、路線、時間帯などを探し出していく。最後にその負荷分散を行うための乗り継ぎ案内を検討し、乗り継ぎ案内を実施する。

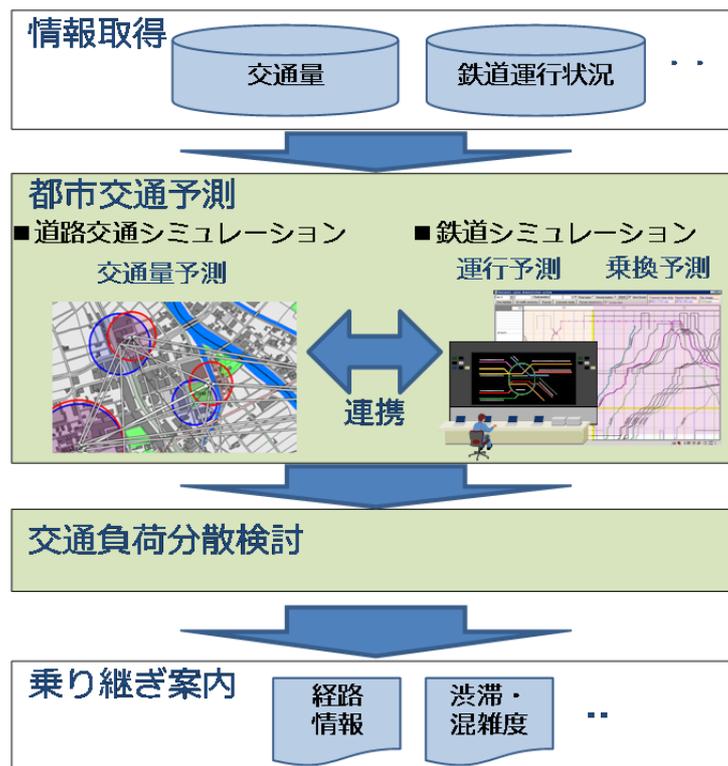


図 4-2 乗り継ぎ案内までの処理プロセス概要

以下、それぞれのプロセスでの詳細を説明する。

### (1) 情報取得

最初に乗り継ぎ案内を行うための、各交通機関や、道路交通の現在情報を ART 情報センターから取得する。具体的な取得情報内容や粒度については、4.2.2 にて説明する。

### (2) 都市交通予測

都市交通予測では、主に道路交通の予測、および鉄道輸送の予測を実施する。予測にはそれぞれ道路交通シミュレータ、および鉄道シミュレータを用い、それぞれの30分～1時間先の変化を模擬していく。移動者の中には、自家用車から鉄道への乗り継ぎ、もしくは鉄道からタクシーへの乗り継ぎなどを行う人も存在するため、ここでの都市交通予測においても、シミュレーション間で乗り継ぎ利用者の情報交換を行っていくことが必要となる。

また都市交通予測においては、大きく都市全体の交通流を予測する広域交通予測と、ラストワンマイル等での局所的な交通状況の変化を予測する狭域交通予測の2つが考えられる。乗り継ぎ案内も、これら広域の予測結果と、狭域の予測結果とを使い、案内していくことになる。

### (3) 交通負荷分散検討

交通負荷分散検討では上記都市交通予測結果に基づき、交通の過度な集中が予測される場所、路線を特定した上で、負荷分散可能な場所、路線、時間帯などを探し出していく。具体的には一定数の交通量、路線平均速度、混雑率などのしきい値を設定し、これらを超える／下回る場所、路線などを抽出する。その次にこれらの場所や路線を通る移動需要をいくつか特定し、これらの移動需要に対し、抽出した場所や路線を回避するルートを検索を行う。そして得られたルート検索情報をもとに、混雑集中の予測と、迂回するルート案が、乗り継ぎ案内を行う上での参考情報となり、乗り継ぎ案内に有用な情報が ART 情報センターに蓄積される。

### (4) 乗り継ぎ案内

乗り継ぎ案内アプリサービス事業者が ART 情報センターに蓄積された予測情報を API などでも活用し、乗り継ぎ案内情報を一般ユーザに配信する。

以上述べた処理プロセスの中で、最も重要なのはシミュレーションを使った都市交通予測である。交通負荷分散の検討も、乗り継ぎ案内の検討も、基本的にはシミュレーション結果に基づいて判断することになる。そこで4.2.2 では、都市交通予測を行うために必要な情報について平成28年度にて検討した結果を説明する。

## 4.2.2 必要な情報

道路交通シミュレーションに必要な情報、鉄道シミュレーションに必要な情報、道路交通シミュレーションおよび鉄道シミュレーションのそれぞれに共通して必要な情報について検討・整理を行った。必要な情報については、現状活用可能な情報、一部活用可能な情報、今後活用が期待される情報など、様々なものがあるため、活用可能性のあるデータについても検討・整理を行った。更新頻度についてはダイナミックマップの定義に従い、静的く1ヶ月、准静的く1時間、准動的く1分、動的く1秒とした。

以下、それぞれの情報について説明する。

### (1) 道路交通シミュレーションに必要な情報

表 4-1 は、道路交通シミュレーションに必要な情報一覧を示している。

表 4-1 道路交通シミュレーションに必要な情報一覧

No	必要なデータ	データ項目	更新頻度	活用可能性のあるデータ
1	道路ネットワークデータ	車線構成、進行方向規制など	静的	オフラインでは市販地図データ、オンラインではダイナミックマップ連携など。
2	交通需要データ	ODゾーン、OD交通量	静的	道路交通センサス、パーソントリップ調査の結果データなど。
3	信号交差点情報	信号交差点位置	静的	国土交通省の国土数値データ。
4	工事情報	道路工事の時間帯、区間など	准静的	国土交通省が保持するCADデータ、ダイナミックマップ情報など。
5	規制情報	臨時の車線規制など	准静的	VICSデータ、ダイナミックマップ情報など。
6	トラカンデータ	交通量、平均速度など	准静的	データ使用の用途が交通管理の目的上必要であることなど、配慮が必要。
7	プローブデータ	旅行時間、速度、経路情報など	准静的	ETC2.0、光ビーコンアップリンク情報、民間プローブ情報など。
8	信号制御データ	サイクル長、スプリットなど	准動的	警察が管理する信号情報。

#### 1) 道路ネットワークデータ

道路ネットワークデータは、道路交通シミュレーションへ入力する基礎データの一つである。具体的なデータ項目としては、交差点（位置）、道路区間長、道路線形、車線構成、進行方向規制、道路種別（都市間高速、国道など）、などが収録されており、道路交通シミュレーションにおける車両が走行するための道路モデルデータとなる。道路ネットワークデータは市販地図データとして販売されており、購入する

ことで利用可能である。ここで、乗り継ぎ案内のための都市交通予測を想定すると、道路ネットワークの変化は直接渋滞状況や旅行時間に影響を与えることもあるため、1か月～半年などなるべく短い期間での更新頻度が必要であり、道路整備状況に応じた更新頻度の向上が望ましい。しかしながら、市販地図の更新は概ね1年単位である。したがって現時点では大きな道路ネットワーク整備などがあった時点で独自に更新を重ねていくことになる。今後は、取得可能なリアルタイム工事情報と連携することで更新頻度を高めることは可能であると考えられる。また現在検討が進められているダイナミックマップとの連携も視野に入れておく必要がある。

## 2) 交通需要データ（基礎データ）

交通需要データは、道路交通シミュレーションにおける交通需要設定として利用される。一般的には交通需要データはOD（Origin-Destination）交通量と呼ばれる起点から終点までのトリップ数で構成されるものを示すことが多い。道路交通シミュレーションにおいても、このOD交通量を入力条件として交通状況を再現する方式が多く存在する。現在広域で活用可能な交通需要データとしては、国土交通省の道路交通センサスOD表、あるいはパーソントリップデータが挙げられる。これらのデータは、数年単位（道路交通センサスであれば5年毎）での大規模な調査を行い、目的別や交通手段などの属性が整理された1日交通量（平日）として整備される。一方で、道路交通シミュレーションにおいては、少なくとも大規模な交通ネットワーク整備の影響や季節変動などを考慮することが必要で、基礎データとしては3か月～1年程度の更新が望ましい。また、このような調査は基本的に平日の状況について行っているため、休日のパターンについては、平日の1日交通量である道路交通センサスOD表をベースに、交通量データやプローブデータなど取得可能な交通データを組み合わせて推定する手法などが考えられる。

## 3) 信号交差点情報、および信号制御データ

道路交通シミュレーションを行う上で、交通流に影響を与える信号制御に関するデータは重要である。現在は、信号交差点情報（設置位置）については国土交通省の数値地図データより取得が可能である。ただし、更新頻度については半年単位などの定期的な更新ではない。一方で、信号制御データは個別の交差点におけるサイクル長、各方面の赤、青信号などの現示設定とスプリット（サイクル長に対する割り当て時間の割合）、オフセット値（隣接した信号と連携するために設定された青信号開始時間のずれ）で構成されている。日々の交通状況の変動に対して制御を行う信号も多いことから信号制御データは高い更新頻度が望まれるが、広域にわたって制御内容をオンラインで把握することは非常に困難であり、一般的な制御であるパ

ターンを調査して入力データ（オフラインデータとして）とすることが多い。

#### 4) 工事情報、規制情報データ

工事情報や規制データは、工事・規制の内容やその制約期間などが主なものになるが、道路交通シミュレーションへの入力データとしては制約の時間帯や閉塞する車線数、進行方向規制が必要になる。VICS（Vehicle Information and Communication System）情報では交通規制情報（通行止め、車線規制、入口制限・閉鎖など）として配信しているが、このような情報をオンラインで共有できることが乗り継ぎ案内において生成された情報の鮮度を上げるためには必要である。また事故情報においても即座に情報が共有される仕組みが期待される。今後ダイナミックマップにて情報の収集管理を行い配信される仕組みが実現できれば、より高精度な都市交通予測が実現できると考えられる。

#### 5) トラフィックカウンタデータ

トラフィックカウンタデータ（感知器によって交通量、速度が計測されたデータ。以下、トラカンデータと呼ぶ）は、日々の変動を再現するための、道路交通シミュレーションのパラメータ調整用、および再現性検証データとして利用される。基本的には道路管理者、交通管理者が収集しており、収集されたデータは道路整備や交通管理に活用されている。観測値は概ね5分～15分程度の集計値として整理されていることが多い。民間事業者においても調査目的で一定の期間を観測することはあるが、定期的にかつ広域で収集することは難しい。近年はトラカンデータを活用したオンラインシミュレーションの開発、導入実績も増えており、観測された交通量や速度にあうように道路交通シミュレーションのパラメータを一定サイクルで調整しながら交通状況を再現することも可能となってきた。将来ARTのセンサー情報やダイナミックマップ内の情報を収集しながら交通状況を把握できることで、より多くの交通データを積極的に活用したリアルタイムシミュレーションの可能性も出てくると考えられる。

#### 6) プローブデータ

プローブデータとは、個別車両の移動履歴データのことであり、時刻と位置情報の組みあわせ、あるいは路線単位の平均旅行時間・速度情報として集計されたデータも存在する。道路交通シミュレーションにおいては、パラメータ調整用、および再現性検証データとして利用される。国土交通省においてはETC2.0（Electronic Toll Collection System）を活用したプローブデータ収集を行っており、一方で警察庁においては光ビーコンのアップリンク情報が収集されており、旅行時間情報などに活

用されている。また、民間事業者においては車両メーカーやカーナビ事業者、携帯電話向けのコンテンツサービス事業者等が情報を取得して自社のサービスへ活用している。リアルタイムデータを配信するサービスを行っている民間事業者もあり、プローブデータを活用できる基盤は整備されてきた。今後もプローブデータを収集する車載器を搭載された車両が増加していくと考えられ、プローブデータを提供可能な民間事業者の協力を得られれば乗り継ぎ案内システムでのリアルタイム活用が可能であると考えられる。

## (2) 鉄道・バスシミュレーションに必要な情報

表 4-2 は、鉄道・バスシミュレーションに必要な情報一覧を示している。

表 4-2 鉄道・バスシミュレーションに必要な情報一覧

No	必要なデータ	データ項目	更新頻度	活用可能性のあるデータ
1	路線データ	駅並び、接続駅など	静的	国土交通省の国土数値データ。
		路線の接続情報、駅間の制限速度など	静的	鉄道事業者が管理する情報。
		駅位置、接続道路など	静的	国土交通省の国土数値データ。
2	計画ダイヤ情報	路線名、駅名、発着時刻など	静的	時刻表(オフライン)、民間の鉄道情報サービス(オンライン)など。
3	実績ダイヤ情報	路線名、駅名、発着時刻、運休、遅延時間など	准静的	遅延状況としては公開の方向にあり。利活用に向けて事業者との連携が必要。
4	乗客予定者情報	OD情報、人数など	准静的	検索アプリ事業者などは一部把握。プライバシーに配慮しつつ入手していくスキームが必要。
5	運行状況	臨時速度制限、不通、遅延時間など	准動的	多くの事業者で提供は可能であり、既に交通検索事業者などが状況提供を受けた各種サービスを展開中。
		在線情報	准動的	鉄道事業者が管理する情報。
6	運用情報	車両運用情報	准静的	鉄道事業者が管理する情報。
7	入出改札情報	改札通過人数など	准動的	鉄道事業者が管理する情報。
8	乗車/降車情報	乗車人数、降車人数など	准動的	鉄道事業者が管理する情報。但しオフラインのピーク混雑率は公開。

### 1) 路線データ

路線データは鉄道やバスの路線ネットワーク構造を表すデータである。路線データとしては路線のネットワーク構造の概要を示す情報として、駅、路線上の駅の並び、接続駅、接続道路、バス停留所等がある。これらは既に国土交通省の国土数値データより一部取得可能である。

一方で、鉄道やバス路線は国土交通省、警察庁の認可に基づいて運行しているため、省庁のオープンデータ化の際は、各省庁の認可管理のシステムと連携することで、オンラインで最新情報を取得出来る可能性があると考えられる。

また詳細な情報としては、番線、路線の接続情報、閉そく割、駅間の速度制限などがある。基本的に鉄道事業者の管理下にある情報で、現状は非公開となっているが、将来都市交通全体の予測や、乗り継ぎ案内をしていく際には必要と考えられる。

### 2) 計画ダイヤ情報

計画ダイヤ情報は、いわゆる鉄道やバスのダイヤを示しており、路線名、駅名、発時刻、着時刻、列車番号などから構成される。時刻表レベル（駅名、発時刻、着時刻）の静的な計画ダイヤ情報については現状既にオンライン取得が可能である。遅れや乱れを反映した計画ダイヤ情報は、少なくとも准静的レベルで必要である。公共交通のオープンデータ化の際に取得可能になることが期待される。

### 3) 実績ダイヤ情報

実績ダイヤ情報は、実際に運行した時のダイヤを示している。路線名、駅名、発時刻、着時刻、列車番号、運休、遅延時間などから構成される。遅延状況として何分遅れかの情報は公開の方向に進んでおり、今後、履歴としての実績ダイヤ情報の公開が期待される。都市交通予測を行うためには実績ダイヤ情報が必要であるため、交通事業者との連携が必要となる。

### 4) 乗客予定者情報

乗客予定者情報は、路線を利用する OD 情報、人数等から構成される。現時点で乗客予定者情報をリアルタイムに取得可能な方法は存在していないが、都市交通予測を精度良く行うためには、取得が望ましい情報である。乗り継ぎ案内サービス事業者が管理する検索履歴データなどが利活用できることが望ましいが、プライバシーに配慮しつつ、乗り継ぎ案内サービス事業者と連携していく必要がある。

### 5) 運行状況

運行状況は、現在における鉄道の臨時速度制限、不通区間、遅延時間、在線情報などから構成される。不通区間、遅延時間においては、多くの事業者で提供可能であり、既に乗り継ぎ案内サービス事業者は、これらの情報をリアルタイムに取得して交通案内など各種サービスを展開している。在線情報については、現状では一部鉄道事業者が公開している。バス事業者も自社のサービスとして停留所間の在線情報を取り扱っており、どの停留所間にいるか把握することができる。公共交通のオープンデータ化の際には、各事業者の運行状況が公開されることが期待される。

### 6) 運用情報

運用情報はダイヤに対する車両の割当状況を表したものである。鉄道やバスにおいては往路と復路を組み合わせて車両の運用計画を立てる必要がある。また鉄道やバスでは一定間隔で車両の整備をせねばならず、これらを考慮した車両の運用計画を立てる必要がある。運用情報は現状交通事業者で管理されており、非公開であるが、都市交通予測を行い、予測結果に応じた柔軟な運行を行うためには、シミュレータ側で運用情報を把握していることが望ましい。特にバスにおいては運用情報を把握して、それに応じた計画ダイヤを立てることで、移動需要に柔軟に応えられる可能性があると考えられる。

## 7) 入出改札情報

入出改札情報は、鉄道の改札口でとれる入場、および出場の情報を指している。現状は非公開の情報となっているが、都市交通予測において鉄道の混雑予測を精度良く行うためには、入出改札情報をリアルタイムで取得し、それに基づいて混雑予測をしていくことが望ましい。入出改札情報も個人の特特定は不要で、量としての把握が必要であるため、プライバシーに配慮しつつ、交通事業者と連携して取得していくことが考えられる。

## 8) 乗車／降車情報

乗車／降車情報は鉄道やバスの乗車、降車人数を示したものである。現状公開される動きは見られていないが、鉄道やバスの混雑推定を精度良く行うためには、必要となる情報である。

### (3) 道路交通、鉄道・バスのシミュレーションに共通的に必要な情報

表 4-3 は、道路交通、鉄道・バスのシミュレーションに共通的に必要な情報一覧を示している。

表 4-3 道路交通、鉄道・バスのシミュレーションに共通的に必要な情報一覧

No	必要なデータ	データ項目	更新頻度	活用可能性のあるデータ
1	イベント情報	開始時間、終了時間など	准静的	イベント主催者が管理。 イベント主催者との連携が必要。
2	天候情報	天気、温度、湿度、雨量/積雪量など	准静的	気象庁や民間の機関などの管理する情報。
3	SNS情報	関連施設に関する発言数変化など	准静的	様々なSNSが存在。ユーザの発言内容など。

#### 1) イベント開始／終了情報

イベント開始／終了情報は、大規模イベントの開始終了予定時刻を表したものである。現状イベント開始／終了時刻はイベント主催者が管理しているが、イベントによる交通機関への影響を最小限に抑えるために、一部情報については交通事業者と共有し、連携がとられている状況である。イベント開始／終了に関する人の移動は数十万人規模にもなることがあり、都市交通予測を精度良く行うためには、イベント開始／終了時刻の変化を把握しておくことが必要である。

#### 2) 天候情報

天候情報は、天気、温度、湿度、雨量／積雪量、風速などからなる情報である。天候は人の移動に大きく影響を与える要因の1つであり、都市交通予測においても重要な要因であると考えられる。精度良く都市交通予測を行うためには、天候情報の変化をリアルタイムに把握しておくことが需要である。天候情報は気象庁をはじめ、複数の民間事業者からリアルタイム取得が可能である。

#### 3) SNS 情報

SNS（Social Networking Service）情報は、特にリアルタイムに情報更新が行われる SNS についての発言情報である。都市交通予測を行うためには、移動量の変化を予測することが重要であるが、その手段として、交通の目的地や鉄道、道路に関係する発言数の変化情報を活用出来る可能性がある。SNS 情報は多々サービスが存在しており、リアルタイムの取得は可能である。一方で、SNS は利用者が自由に発言できるという特徴があるため、交通状況と発言数は必ずしも直結する訳ではないこと、言葉の揺れの対応が必要なことなどから、都市交通予測への活用可能性については検討が必要であると考えられる。

### 4.2.3 乗り継ぎ案内実現に向けたシステム成長段階案

---

前項にて説明した必要な情報については、オンラインで一部取得可能となっており、都市交通予測に応じた乗り継ぎ案内実現のためには、今後のオープンデータ化が期待される。そこで本項では、前項で挙げた必要な情報についてオンライン化を進める成長段階案を提案する。

更新頻度についてはダイナミックマップの定義に従い、静的<1ヶ月、准静的<1時間、准動的<1分、動的<1秒とした。また成長段階については、下記内容とした。

- 現状（2016年度）
- ART情報センター実証時期（2018年度）
- 東京オリンピック・パラリンピック開催時期（2019-20年度）
- 実用段階（1）（省庁オープンデータ化以降）
- 実用段階（2）（ダイナミックマップ実用化段階）
- 実用段階（3）（官民データ利活用段階）

なお各段階については、いくつか順序が前後することも考えられるが、本報告ではこの順と仮定し、各段階での都市交通予測としての実現内容について整理を行った。

### (1) 道路交通情報の成長段階案

表 4-4 は乗り継ぎ案内に必要な道路交通情報のオンライン取得の成長段階案である。

表 4-4 乗り継ぎ案内に必要な道路交通情報のオンライン取得の成長段階案

No	必要なデータ	データ項目	更新頻度	成長段階					
				現状 (2016年度)	実証時期 (2018年度)	オリハラ時期 (2019-20年度)	実用段階(1) (省庁オープン データ化以降)	実用段階(2) (ダイナミックマップ 実用化段階)	実用段階(3) (官民データ利活用 段階)
1	道路ネットワークデータ	車線構成、進行方向規制など	静的	△ (オフライン)	△ (オフライン)	△ (オフライン)	△ (オフライン)	○ (ダイナミックマップとの連携)	○ (ダイナミックマップとの連携)
2	交通需要データ	ODゾーン、OD交通量 (道路交通センサス)	静的		△ (数年に一度の統計情報)	△ (数年に一度の統計情報)	△ (数年に一度の統計情報)	△ (数年に一度の統計情報)	○ (民間のプロープ情報にて補間)
3		ODゾーン、OD交通量 (パーソントリップデータ)		△ (数年に一度の統計情報)	△ (数年に一度の統計情報)	△ (数年に一度の統計情報)	△ (数年に一度の統計情報)	△ (数年に一度の統計情報)	○ (民間のプロープ情報にて補間)
4	信号交差点情報	信号交差点位置	静的	△ (オフライン)	△ (オフライン)	△ (オフライン)	△ (オフライン)	○ (ダイナミックマップとの連携)	○ (ダイナミックマップとの連携)
5	工事情報	道路工事の時間帯、区間など	准静的	△ (VICS対象路線)	△ (VICS対象路線)	△ (VICS対象路線)	△ (VICS対象路線)	○ (ダイナミックマップとの連携)	○ (ダイナミックマップとの連携)
6	規制情報	臨時の車線規制など	准静的	△ (VICS対象路線)	△ (VICS対象路線)	△ (VICS対象路線)	△ (VICS対象路線)	○ (ダイナミックマップとの連携)	○ (ダイナミックマップとの連携)
7	トラカンデータ	交通量、平均速度など	准静的			△ (一部幹線道)	△ (一部幹線道)	△ (一部幹線道)	○ (民間のプロープ情報にて補間)
8	プローブデータ	旅行時間、速度など (国交省ETC2.0)	准静的			△ (一部幹線道)	△ (一部幹線道)	△ (一部幹線道)	○ (民間のプロープ情報にて補間)
9		旅行時間、速度など (ビーコン)				△ (一部幹線道)	△ (一部幹線道)	△ (一部幹線道)	○ (民間のプロープ情報にて補間)
10		旅行時間、速度など (民間プローブ情報)		△ (一部民間企業から集計データとして購入可能)	△ (一部民間企業から集計データとして購入可能)	△ (一部民間企業から集計データとして購入可能)	○	○	○
11	信号制御データ	サイクル長、スプリットなど	准動的				△ (一部主要交差点のみ)	△ (一部主要交差点のみ)	○

まず、現状オンラインでリアルタイム取得可能な情報は、工事情報、規制情報がある。これらは VICS 経由で取得可能であるが、前述の必要な情報で述べた通り、必ずしも全ての情報が入っているとは限らない。またオフラインで取得可能な情報としては、道路ネットワークデータ、交通需要データがある。また集計データとして民間事業者のプローブデータがある。これらのデータを日々の平均交通量として活用し、変動分を他の手段で推定していく必要がある。

東京オリンピック・パラリンピックが開催される時期には、交通需要データの道路交通センサス、トラカンデータや、省庁で取得しているプローブデータ等を活用した都市交通予測が可能になる可能性も考えられる。

省庁のオープンデータ化が進んだ場合には、これまで省庁で管理されていたトラカンデータ、プローブデータ、および信号制御データが参照可能となると考えられる。これにより、よりリアルタイムに状況把握が可能となり、道路交通流の予測も精度が向上する。現状は一部の幹線道路について交通流の把握が可能になっており、今後の整備が期待される。

ダイナミックマップが実用化された際には、道路ネットワークデータ、信号交差

点情報、工事情報、規制情報の整備が期待される。これにより工事や規制による交通変化の予測が可能となる。現状は一部の幹線道路について把握が可能になっており、今後の整備が期待される。

官民データ利活用段階は、省庁のオープンデータと共に、民間事業者が保有する情報で公益に適うものをオープンデータ化された段階を想定している。具体的には車の位置情報、携帯電話の位置情報など、車両メーカーや通信事業者が把握・管理しているデータのオープンデータ化である。この段階では、交通需要データ（基礎データ）についても、民間事業者のプロブデータの履歴をもとに、大規模イベントの日、大型連休などでの移動需要の規模を把握することが出来る。また省庁で収集しているトラカンデータ、プロブデータの不足部分を民間事業者のプロブデータで補完することで、より詳細に移動需要把握が可能となると考える。

## (2) 鉄道／バス情報の成長段階案

表 4-5 は乗り継ぎ案内に必要な鉄道／バス情報のオンライン取得の成長段階案を示している。

表 4-5 乗り継ぎ案内に必要な鉄道／バス情報のオンライン取得の成長段階案

No	必要なデータ	データ項目	更新頻度	成長段階					
				現状 (2016年度)	実証時期 (2018年度)	オリハラ時期 (2019-20年度)	実用段階(1) (省庁オープン データ化以降)	実用段階(2) (ダイナミックマップ 実用化段階)	実用段階(3) (官民データ利活用 段階)
1	路線データ	駅並び、接続駅など。	静的	△ (オフライン)	△ (オフライン)	△ (オフライン)	△ (オフライン)	○	○
		路線の接続情報、駅間の 制限速度など	静的						○
		駅位置、接続道路など。	静的	○	○	○	○	○	○
2	計画ダイヤ情報	路線名、駅名、発着時刻 など	静的	△ (時刻表レベルで取 得可能)	△ (日々の計画として 取得可能)	△ (日々の計画として 取得可能)	△ (日々の計画として 取得可能)	△ (日々の計画として 取得可能)	○
		路線名、駅名、発着時 刻、運休、遅延時間など	準静的	△ (現時点の遅延情報 のみ)	△ (現時点の遅延情報 のみ)	△ (現時点の遅延情報 のみ)	△ (現時点の遅延情報 のみ)	△ (現時点の遅延情報 のみ)	○
4	乗客予定者情報	OD情報、人数など	準静的						○
5	運行状況	臨時速度制限、不通、遅 延時間など	準動的	○	○	○	○	○	○
		在線情報	準動的		○	○	○	○	○
6	運用情報	車両運用情報	準静的						○
7	入出改札情報	改札通過人数など	準動的						○
8	乗車／降車情報	乗車人数、降車人数など	準動的						○

現状オンラインでリアルタイムに取得可能な情報は、運行状況の不通、遅延時間などである。路線データ、計画ダイヤ情報はリアルタイムではないものの取得可能である。

ART 情報センターの実証時期（2018 年度）には、公共交通オープンデータ化により、計画ダイヤ情報、在線情報がリアルタイムに取得可能になることが期待される。ダイナミックマップ実用化段階では、路線データのうち、道路交通との連携部分の情報の更新頻度が上がることが期待できる。

更に、民間事業者のデータもオープン化される官民データ利活用段階に入ると、路線データの詳細や、乗客予定者情報、運用情報、入出改札情報、乗車／降車情報などを活用することで、将来の運行状況が予測可能になると考えられる。そのため、鉄道やバス等の予測を精度良く行うためには、これら交通事業者との連携を行って行く必要がある。

### (3) その他情報の成長段階案

表 4-6 は乗り継ぎ案内に必要なその他情報のオンライン取得の成長段階案である。

表 4-6 乗り継ぎ案内に必要なその他情報のオンライン取得の成長段階案

No	必要なデータ	データ項目	更新頻度	成長段階					
				現状 (2016年度)	ART情報センター 実証時期 (2018年度) (公共交通オープン データ化)	オリパラ時期 (2019-20年度)	実用段階(1) (省庁オープン データ化以降)	実用段階(2) (ダイナミックマップ 実用化段階)	実用段階(3) (官民データ利活 用段階)
1	イベント情報	開始時間、終了時間など	准静的	△ (一部入手可)	△ (一部入手可)	△ (一部入手可)	△ (一部入手可)	△ (一部入手可)	○
2	天候情報	天気、温度、湿度、雨量/ 積雪量など	准静的	○	○	○	○	○	○
3	SNS情報	関連施設に関する発言 数変化など	准静的	○	○	○	○	○	○

現時点でもオンラインでリアルタイム取得可能なものは、天候情報と SNS 情報である。特に道路交通や鉄道・バスの移動需要に関しては、現時点ではこれら情報を活用して需要変動分を予測していく必要がある。さらにオリンピック・パラリンピックのような大規模イベントにおいても都市交通予測を精度良くおこなっていくためには、イベント開始/終了時刻が必要になってくるが、これらは官民データのオープン化が推進される段階で、イベント事業者が負担無くオープン化出来るように環境を整備していく必要がある。

## 4.3 都市交通における混雑予測方法の検討

都市交通予測においては、広域交通予測とラストワンマイル等の局所的な範囲を予測する狭域交通予測が挙げられる。これらの予測内容、乗り継ぎ案内の方法は異なるため、以下、広域交通予測と狭域交通予測に分けて調査、検討、開発内容について報告する。

### 4.3.1 予測範囲・予測対象

表 4-7 は広域および狭域の交通予測における対象エリアと予測対象を示している。

表 4-7 各交通予測の予測範囲・予測対象

分類	広域交通予測	狭域交通予測
対象エリア	東京都 23 区全域 (数十 km 四方)	ラストワンマイル周辺 (数 km 四方)
予測対象	道路渋滞状況（リンク別所要時間） 鉄道混雑状況（駅間混雑率、遅延時間）	ドライバや歩行者の個々の行動規範を考慮した交通状況

広域交通予測は、東京都 23 区全域（数十 km 四方）を対象エリアとし、予測対象は広域における道路渋滞状況、および鉄道混雑状況である。鉄道からバス、タクシーといった乗り継ぎを模擬し、広域での交通の集中、鉄道混雑などを模擬していく。

一方、狭域交通予測は、ラストワンマイル周辺（数 km 四方）を対象エリアとし、予測対象はドライバや歩行者の個々の行動規範を考慮した交通状況である。例えば ART/バスでの乗降客の道路横断による交通混雑への影響などを模擬していく。乗り継ぎ案内で利用する場合には、どのような案内をするかで交通予測の結果を選んで使うことになる。

### 4.3.2 予測に必要なシミュレータ群

---

#### (1) 広域交通予測

##### 1) 道路交通シミュレータ

乗り継ぎ案内システム向けの広域交通予測モデルとしては、SOUND（Simulation On Urban road Network with Dynamic route choice）を適用している。SOUNDは東京大学生産技術研究所において開発された広域道路ネットワークシミュレーションモデルを製品化したもので、一般街路における各種の交通運用策の評価や、交通管制システムと連携した交通状況予測エンジンなどの利用形態などが考えられている。本シミュレータの特徴として以下があげられる。

- 渋滞現象のダイナミズムを考慮しており、過飽和の交通状況を再現できる。
- 静的／動的な経路選択モデルを内包しており、ITS（高度道路交通システム）における情報提供や動的経路誘導などの運用策の評価が可能である。
- 車種などの各種の属性を付与した個別の車両を扱うので、対象車両を限定した交通運用施策の評価が可能である。
- リンク毎に与えた交通量－密度特性を用いて車両移動の計算をするマクロなモデルであり、計算負荷が小さいため、大規模なネットワークに適用可能である。

シミュレーションでは、各種の施策や交通運用策を適用した場合の、リンク交通量や速度、路線別平均旅行時間、総走行距離などの走行効率に関する指標を予測する。評価の対象とする交通運用策例を以下に示す。

- 道路網整備。
- ロードプライシングや需要分散、流入規制などの TDM（Transportation Demand Management）政策。
- 右折禁止や一方通行などの進行方向に関する時間帯別交通規制。
- 信号制御パラメータの変更。
- イベントや災害時における一時的な通行止め、あるいは流入制限。
- 情報提供による経路変更の促進や迂回誘導。



図 4-3 広域道路交通シミュレータの実行画面例

広域道路交通シミュレータは、東京 23 区内を予測の対象とし、24 時間分のシミュレーションを実行できる機能を持つことを前提とした。

## 2) 鉄道運行シミュレータ

鉄道運行シミュレータは、(株)日立製作所にて開発したシミュレータを活用している。図 4-4 は鉄道運行シミュレータの画面例を示している。図中の横軸は駅を、縦軸は時間をそれぞれ示しており、折れ線はそれぞれダイヤのスジを示している。

シミュレーションでは、ある区間の輸送障害や、運行遅延が発生した後の、後続列車の運行の遅延状況を模擬している。図中真ん中の黄色の縦線が現在時刻を表しており、左半分が運行の実績、右半分が運行遅延の予測を示している。運行遅延を模擬することで、いつまでにダイヤが復旧するかを見ることが出来る。

本報告では、鉄道運行シミュレータは東京都 23 区内を走行する全鉄道の運行、およびバス/ART を模擬している。また本報告では、お台場付近のゆりかもめの路線について、鉄道の輸送障害、輸送遅延の発生模擬も行えるようにしている。

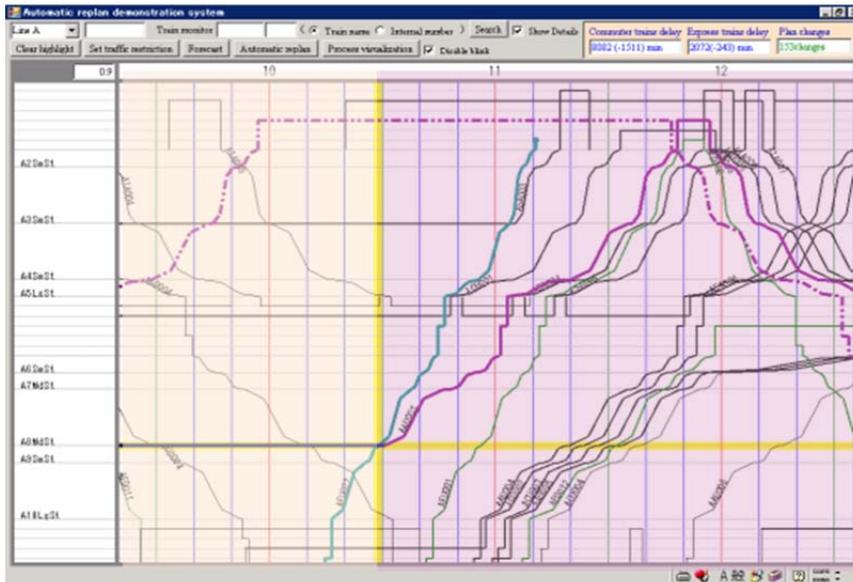


図 4-4 鉄道運行シミュレータの実行画面例

### 3) 鉄道混雑シミュレータ

鉄道混雑シミュレータは、(株)日立製作所にて開発したシミュレータを活用している。図 4-5 は鉄道混雑シミュレータの模擬状況を示している。図中の線は鉄道路線を表しており、丸は運行する列車、丸の大きさは乗車率を表している。

シミュレーションでは、上記鉄道運行シミュレータからダイヤ情報を取得し、そのダイヤに従って鉄道輸送の模擬を行っている。具体的には各駅に移動需要が不定期に発生し、その移動需要を鉄道のダイヤと乗車定員に従って輸送を実施する。この時各車両の輸送人数と乗車定員の比率で混雑率を算出している。

本シミュレータでも模擬対象は東京都 23 区内の各鉄道、および各バス/ART としている。



図 4-5 鉄道混雑シミュレータの実行画面例

## (2) 狭域交通予測

乗り継ぎ案内システム向けの狭域交通予測モデルとしては、図 4-6 に示す日立交通流マイクロシミュレータ（TRAFFICSS）を適用している。TRAFFICSS は（株）日立製作所日立研究所において開発された狭域ネットワークシミュレータを、（株）日立産業制御ソリューションズにより製品化したもので、一般道における単独交差点の改良計画や、駐車場周辺道路における渋滞影響評価などの利用形態などが考えられている。TRAFFICSS の特徴として以下があげられる。

- 車両 1 台毎の挙動を再現するために、進行方向の車両移動ロジックに追従モデルを用い、横方向の車両移動ロジックに車線変更挙動モデルを用いて車両移動の計算をするマイクロなモデルであり、きめ細かく車両の挙動を表現することが可能なため、比較的規模の小さなネットワークに適用されることが多いモデルである。
- 信号機や車両 1 台毎の挙動をアニメーション表示することが可能である。
- 経路選択モデルを内包し、交差点の分岐率データ及び、OD 交通量データのいずれも扱うことができるため、ITS（高度道路交通システム）における情報提供や動的経路誘導などの運用策の評価が可能である。

シミュレーションでは、各種の施策や交通運用策を適用した場合の、リンクやレーン毎の交通量や速度、路線別平均旅行時間、総走行距離などの走行効率に関する指標を予測する。評価の対象とする交通運用策例を以下に示す。

- 車線や信号機運用による単独交差点の改良計画。
- 駐車場の出入口のカ所数や位置の評価。
- 車線変更や折り込み区間における交通容量の評価。

狭域道路交通シミュレータは、お台場 ART 運行計画路線周辺道路を予測の対象とし、渋滞ピーク時間の前後 1 時間を挟む概ね 3 時間分のシミュレーションを実行できる機能を持つことを前提とした。



図 4-6 狭域道路交通シミュレータ画面

### 4.3.3 シミュレーション連携方式案

本項ではシミュレーション連携方式について検討を行った。以下、その検討結果について説明する。

#### (1) 連携方式概要

シミュレーションの連携方法を図 4-7 に示す。

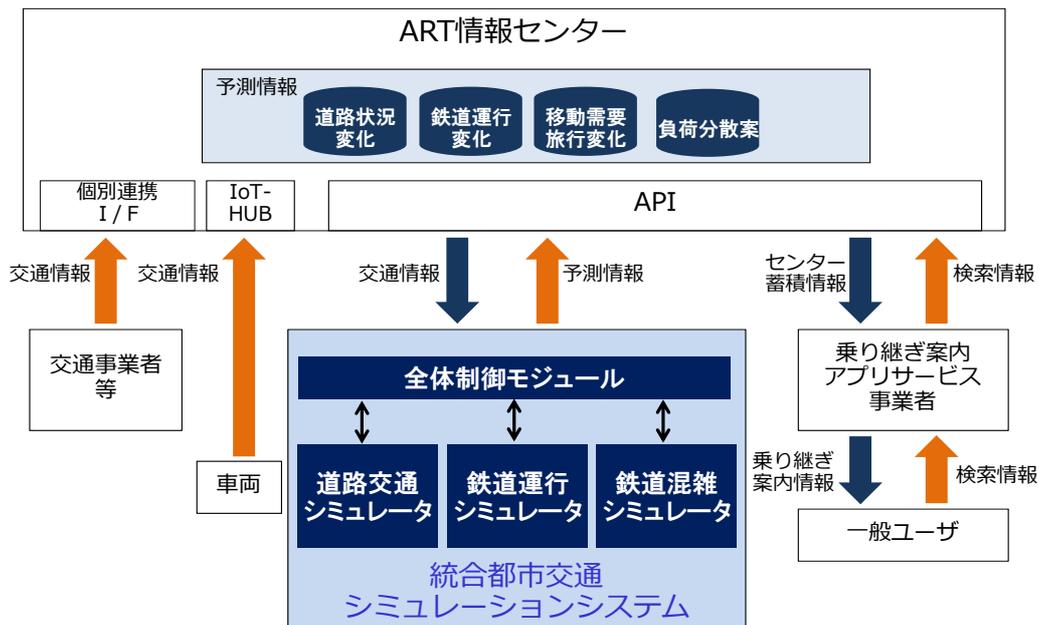


図 4-7 シミュレーションの連携方法

統合都市交通シミュレーションシステムは、4.3.2 で説明した道路交通シミュレータ、鉄道運行シミュレータ、鉄道混雑シミュレータ、および全体制御モジュールで構成される。全体制御モジュールは ART 情報センターから API 経由で情報を取得し、各シミュレータの実行制御を行う。また各シミュレータからの出力結果を予測情報として、ART 情報センターへ蓄積を行う。蓄積された予測情報には、道路状況変化、鉄道運行変化、移動需要旅行変化（移動需要に対し、交通手段、ルート等を合わせたもの）、負荷分散案（道路渋滞、鉄道混雑に対し、これらを緩和するための迂回案）がある。こうした予測情報を元に乗り継ぎ案内アプリサービス事業者が適切な案内を検討し、一般ユーザへ乗り継ぎ案内情報を配信する。この様に交通シミュレーションを実施するには、各シミュレーション間の連携、および ART 情報センターと全体制御モジュール間の連携を行う必要がある。

## (2) 課題

上記シミュレーション連携を行う場合、以下2つの課題がある。

### 1) 必要な情報に関する課題

4.2.2 で述べた通り、現状は都市交通予測に必要な情報をオンラインでリアルタイムに取得することは難しい。そのため、例えば交通需要においては、現状では基礎データとしての交通需要データと、日々変動分を補正するためのトラカンデータ、プローブデータを合わせて使う必要がある。しかし、これらの情報は情報の粒度が異なっているため、組合せて使う際には、粒度を意識した補正が必要になると思われる。

これらの情報がオンラインでリアルタイムに取得可能になれば、シミュレーションの処理速度向上に繋がると考えられ、予測結果生成までのタイムラグが削減されるものと期待する。

### 2) シミュレーション間の連携に関する課題

シミュレーション間の連携では、移動者の乗り継ぎ情報など、頻繁に大量の情報について処理する必要がある。しかし相互で連携処理する情報が多い分、全体の処理は遅くなり、数時間後の予測が短時間で出来なくなる可能性がある。そのため、シミュレーション連携を効率化し、全体の処理速度を高速化させる必要がある。

これらの課題のうち、平成28年度に「1) 必要な情報に関する課題」について、実際にシミュレーション連携の試作を通して、課題の解決を行った。

## 4.4 都市交通予測結果を活用した交通負荷分散および乗り継ぎ案内の検討

---

---

本節では、都市交通予測の試作結果に基づき、交通負荷分散および乗り継ぎ案内の実現性について検討した結果を報告する。最初に都市交通予測の試作内容について述べ、次に試作結果に基づいた実現性の検討結果について報告する。

### 4.4.1 都市交通予測の試作

---

---

4.3 で述べた通り都市交通予測には、広域交通予測と、狭域交通予測が挙げられる。最初に広域交通予測の試作内容について説明し、次に狭域交通予測の試作内容について報告する。

#### (1) 広域交通予測の試作

##### 1) 試作の目的

平成 28 年度は「1) 必要な情報に関する課題」として、交通需要データの粒度の違いについて着目し、その粒度の違いを吸収する仕組みを明らかにすることを試作の目的とした。また、シミュレーション連携の結果に基づき、交通負荷分散および乗り継ぎ案内の具体的な実施方法について検討することを目的として、試作を実施した。以下、試作内容について説明する。

##### 2) 評価シナリオ

平成 28 年度は、東京臨海部をターゲットにし、ゆりかもめが通常運行から障害による一次運休、復旧までを模擬することにした。ゆりかもめの通常運行から一次運休の際に、周辺の交通が変化することになる。例えばゆりかもめ乗車予定の移動者は、代替交通手段を探し、新橋－豊洲間の ART や、りんかい線、タクシー等を使うことになる。また出発前の移動者については、鉄道を使わずに自動車を選択することも考えられる。こうした交通の変化を想定して、評価シナリオを策定した。

##### 3) 道路交通シミュレータの評価シナリオデータ作成

平成 28 年度は以下の仕様で評価シナリオデータを作成した。

表 4-8 シミュレーション設定

対象エリア	東京都 23 区全域。
対象時間帯	平日の午前 4 時から翌後前 4 時までの 24 時間。
適用モデル	SOUND
ネットワークデータ	住友電工製品全国デジタル道路地図データベースを利用し、幅員 5.5m 以上、その他道路（区道など）を含めた道路を入力。
ゾーンデータ	道路交通センサス B ゾーンを利用。
OD 交通量	国土交通省平成 22 年度道路交通センサス OD 表を基に、主要路線のセンサス交通量を参考にしながら時間帯別 OD 交通量を作成。
信号データ	主要幹線道路が交差する交差点において、サイクル長 130 秒、一定のスプリットで青時間・赤時間を表示する設定。
交通規制データ	ネットワークデータに収録しているものを活用。

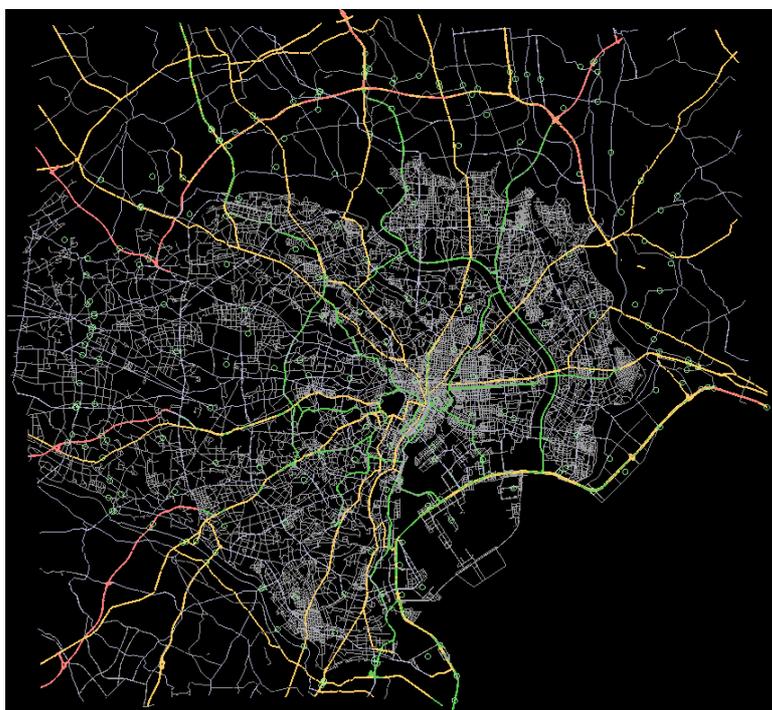


図 4-8 シミュレーションネットワーク

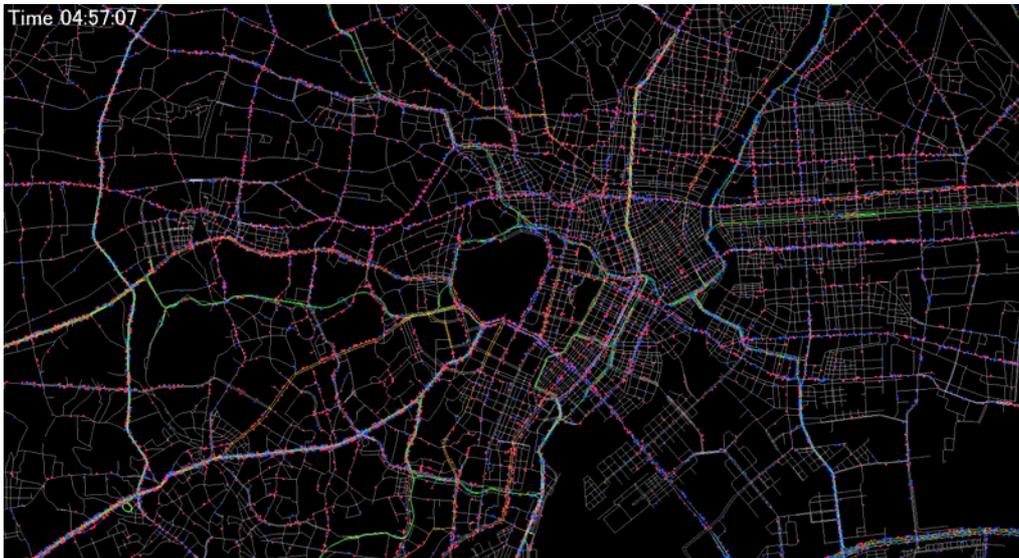


図 4-9 シミュレーションの様子

#### 4) ゾーン間の情報変換について

鉄道シミュレーションモデルと道路交通シミュレーションモデルの連携にあたって、駅データとバス停留所データの紐付けを行い、バス停留所データを道路交通シミュレーション内のバス発着ゾーンとして整備した。これにより、鉄道シミュレーションモデルにおける駅間の乗り継ぎ結果から、道路交通シミュレーションにおいて内の ART 発着スケジュール（OD 交通量）として設定が可能になった。

バス停留所データについては、(株)日立製作所製のバス停留所データ（位置情報なし）および国土交通省国土数値情報バス停留所データ（平成 22 年度）を活用し、バス停留所の位置を確認しながらバス停留所データを作成した。駅データにおいては、(株)日立製作所製の駅データ、および駅データ.jp の駅データ（位置情報つき）を活用した。図 4-10 に作成イメージを示す。

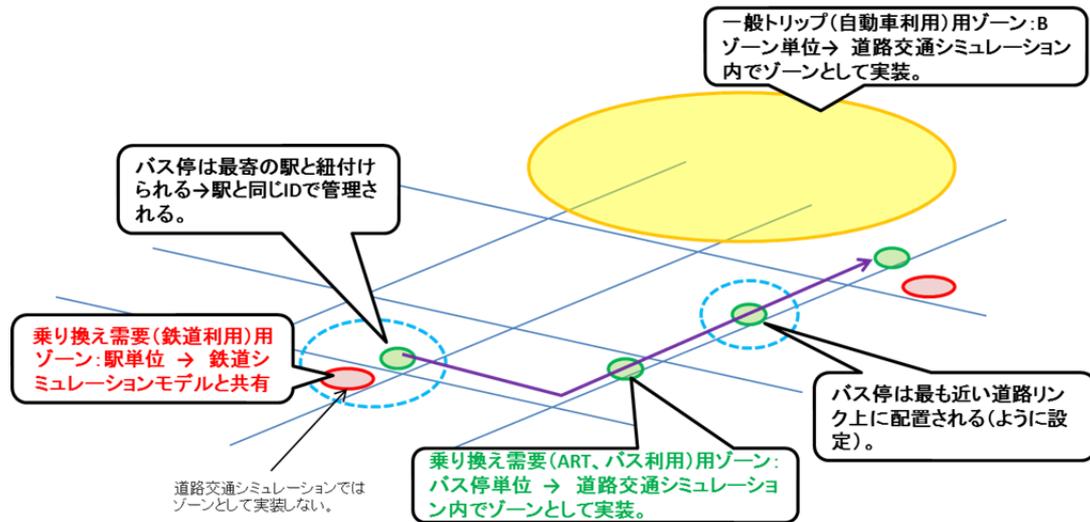


図 4-10 バス停留所と最寄駅を紐付けたゾーンデータ作成イメージ

#### 5) 鉄道運行予測・混雑シミュレータの評価シナリオデータ作成

鉄道運行予測・混雑シミュレータにおいては、以下の仕様で評価シナリオデータを作成した。

表 4-9 シミュレーション設定

対象エリア	東京都 23 区全域。
対象時間帯	平日の午前 4 時から翌後前 4 時までの 24 時間。
対象路線	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 東京都 23 区内を走行する鉄道路線</li> <li>・ 東京都 23 区内を走行するバス路線</li> <li>・ ART 路線（2020 年度運行予定の路線）</li> </ul>
模擬内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 鉄道運行、駅間混雑率</li> <li>・ ゆりかもめ運行、輸送障害、運行遅延、駅間混雑率</li> <li>・ バス運行、バス内混雑率</li> <li>・ 移動者効用（移動時間、コスト、混雑率に起因したもののみ）</li> <li>・ 移動者の交通手段選択（鉄道／バス／車）、ルート選択</li> </ul>
OD 情報	国土交通省平成・・年度パーソントリップ情報をもとに、鉄道、バスに乗車する OD 情報を作成

## (2) 狭域交通予測の試作

### 1) 評価シナリオ

狭域交通予測では、ドライバや歩行者、信号機の個々の挙動などのミクロな事象を考慮した様々なシナリオが考えられるが、想定される評価シナリオの中で特に重要と思われるものについて述べる。

#### ① ARTの走行方式について

一般的に専用軌道を走行する路面電車やLRTの走行方式としては、サイドリザベーションとセンターリザベーションの2つの走行方式がある。ARTについても様々な可能性を検討するため、2つの走行方式の差異についてシミュレーションモデルを構築し、走行方式のメリット・デメリットについて評価できるのが望ましいと考える。以下、主な走行方式の差異について述べる。

まず、サイドリザベーション方式の場合、ART利用者は歩道から直接乗降できるため、乗り継ぎが安全でスムーズにできる一方、PTPS（Public Transportation Priority System）制御を導入する場合は、左折する一般車両と直進するARTが交差する可能性が考えられるなど、複雑な制御を必要とする可能性があり、ART到着時間だけでなく一般交通の混雑状況にも影響を与える可能性がある。一方、センターリザベーション方式の場合、ART利用者が道路を横断して停留施設に向かうことから安全性や利便性に課題がある一方、国内の路面電車やLRTの多くがこの方式を採用していることもあり、周辺交通に与える影響も想定しやすいと考えられる。

転換率などの周辺交通の状況も含めた状況把握が必要であるが、専用軌道を走行する路面電車やLRTと異なり、ARTは車線変更も考えられる。エリア毎にセンター／サイドリザベーション使い分けをできれば、周辺交通に与える影響を最小限にし、ARTの定時性も保つことができるため、スムーズな乗り継ぎを実現できる可能性がある。

#### ② ART乗降客の属性パラメータについて

年齢層、性別、車いす使用有無など、利用者の属性によりART乗降時間は異なるため、各々の利用率の違いがARTの定時性確保に及ぼす影響は大きく、運行ダイヤの検討の際にも利用者の情報分析も必要になってくる。

また、ARTの定時性確保のためには、ART利用者の乗降時間のほか、ART車両内の乗車エリアの形状や乗降方法などの情報が必要であり、乗り継ぎ案内の情報を提供するためには、これらの情報を詳細に入力し、モデル化することも重要になってくる。



表 4-10 道路構造・ART 関連データ（固定値）一覧

項目	現状の設定内容（出典等）
道路形状・車線数	国土地理院地図データ 東京都都市計画道路環状2号線事業概要（東京都第一建設事務所）
制限速度	想定（複数車線：60km/h、単車線：40km/h）
ART 走行車線	想定（外側1車線をART専用レーンとする。）
ART 停留施設の位置	都心と臨海副都心とを結ぶBRTに関する事業計画 （東京都都市整備局 京成バス株式会社）
ART 車長、走行速度	想定（車長：12m、最高速度：20km/h）
ART の乗降口	想定（乗降口各1つ）
ART 定員（最大容量）	想定（全車両60名）

狭域道路交通シミュレーションでは、ARTを含めた車両、歩行者等を個々に扱うため、予測精度を高めるためには、詳細なデータが必要になってくる。

たとえば、ART走行に関するデータにおいては、車両の乗降口の数や形状によりARTの乗降時間が変化するため、ARTの車体構造（定員・車いす優先スペースの位置・乗降口の位置など）に応じたモデルの構築が必要になってくる。

特に、東京オリンピック・パラリンピック開催時に選手村から会場への移動において、車いす使用者の乗降が大勢を占める場合にARTの定時性確保が重要になってくる。

また、構築した道路ネットワークを使用して、様々な評価シナリオに対して交通シミュレーションを実施する必要があり、特に前述の評価シナリオを検討するには、表4-11に示すパラメータの組み合わせに柔軟なシミュレーション実施が必要になってくる。

ここで示すパラメータは、状況に応じて変更することを想定したものであり、車種別の交通量や属性別の歩行者、信号などを含み、車種別交通量、転換率に関しては、広域交通シミュレーションで計算したアウトプットの利用が必須であり、信号制御についても、PTPSの制御方式のモデル化を含め実際の制御方式と等価なシミュレーションモデルの構築が必要になってくる。

さらに、歩行者（ART乗降客）に属性を設定し、属性に応じた歩行速度やART乗降時間をシミュレーションのパラメータとして変化させ、より精度の高い乗り継ぎ案内情報の生成に役立てることも必要になってくる。

表 4-11 パラメータ一覧

項目	現状の設定内容
車種別 OD 交通量、 走行ルート	想定（1 時間単位）
移動手段を車から ART に 転換する人の比率	想定（15%、50%など）
信号	想定（サイクル 120s、メイン道路 70%など）
ART 運行ダイヤ	想定（5 分間隔に発着）
ART 乗車客の属性	想定（年齢層、性別、車いす使用有無など）
ART 乗車時間・降車時間	属性によってそれぞれ時間を設定
鉄道から ART に乗り継ぐ 利用者数	鉄道混雑シミュレータから出力される ART 利用者数のデータ

今回構築した東京臨海部の ART 運行予定区間の道路ネットワークモデルを図 4-12 に示す。



図 4-12 ART 道路ネットワークモデル

## 4.4.2 都市交通予測の試作評価結果

---

「1）必要な情報に関する課題」として、情報の粒度の違いの吸収が挙げられた。これに対し平成 28 年度は、

- パーソントリップ情報と鉄道シミュレータ間のゾーン対応方法
- 鉄道と道路交通シミュレーションの接点となる鉄道駅と道路、バス停留所と道路とのゾーン対応方法

を検討し試作を実施した。その試作を通し、以下が判明した。

### (1) パーソントリップ情報と鉄道シミュレータ間のゾーン対応方法

パーソントリップ情報のゾーン定義は、概ね人口 15,000 人規模単位でゾーンを分けている。一方、鉄道シミュレータで混雑を予測する場合、どの駅から乗車したかを推定しなければならないが、特に首都圏の場合は、一つのパーソントリップのゾーン内に複数駅が存在するため、どの駅から乗る/降りるかを OD 情報からの推定が必要なことが判明した。またパーソントリップのゾーンの中には、ゾーンのふちに駅がある場合も多々見付き、隣接するゾーンからの降客が存在し得ることも判明した。平成 28 年度はパーソントリップを按分することで対処したが、将来オンラインで情報取得していく場合は、これらゾーン分けの再整理が必要になると思われる。

#### 1) 鉄道駅と道路、バス停留所と道路とのゾーン対応方法

4.4.1 で説明したとおり、鉄道駅と道路、バス停留所と道路とのゾーン対応については、バス停留所や駅の位置情報を使い、最も距離が近いもの同士を地理的に繋がっていると判断し、駅—道路—バス停留所のリンク情報を生成し、シミュレーション上で活用した。しかし実際には、駅—道路、道路—バス停留所、駅—バス停留所のそれぞれが 1 対 1 対応とは限らない場合が多く見られた。平成 28 年度は簡易な方式で検討を行ったが、交通手段を跨いだ検索を適切に実行するためには、多対多のリンク情報を適切に管理しておくことが必要となる。

### 4.4.3 試作結果に基づく、交通負荷分散、乗り継ぎ案内の実現性評価

---

実現性評価として、試作の結果をもとに以下が判明した。

#### (1) 交通負荷分散の実現性評価

今回の鉄道と道路交通シミュレーション連携の試作の結果、自動車、タクシー、バス、鉄道といった道路交通と鉄道を乗り継いで移動するマルチモーダルの都市交通予測の実現見通しが立った。このことはマルチモーダルでの移動需要量を予測可能なことを意味しており、各交通機関の混雑率が高いところ、および各ルートの移動需要数が多いところを特定することで、交通集中箇所の負荷低減が可能になると思われる。ただし交通負荷分散を適切に行うためには、後述の乗り継ぎ案内によって、各移動者の行動がどの程度変わるのか、行動変容率を押さえていく必要がある。

#### (2) 乗り継ぎ案内の実現性評価

上記交通負荷分散を実現するために、適切な乗り継ぎ案内情報を行う必要があるが、そのためには上記で述べた行動変容率に加えて、乗り継ぎ案内情報の視聴率、乗り継ぎ案内を見る利用者の特性（車いす使用、荷物が多い、段差困難など）を加味した案内方法の変更方法などを検討していく必要があることが判明した。

#### (3) 外部システム連携としてのシステム要件抽出

今回の必要な情報の整理によって、各情報での必要な情報更新頻度を押さえることが出来た。また成長段階の整理によって、どのシステムから情報を取得すべきかの見通しを立てることが出来た。今後、ART 情報センターからの情報取得および ART 情報センターへの情報配信に関するシステム要件抽出が必要である。また非機能要件としては、プライバシー保護が挙げられる。交通需需要データ、乗客予定者情報等は、個人が特定出来ないように統計量として扱う必要がある。

## 4.5 今後の課題

---

今後の課題として以下が挙げられる。

### (1) 都市交通予測としてのシステム開発に向けた設計詳細化

道路交通－鉄道連携シミュレーションによる広域交通予測の場合、4.3.3 で説明した通り、課題は「1) 必要な情報に関する課題」と「2) シミュレーション間の連携に関する課題」の2つが存在した。平成28年度は主に1) について課題の解決にあたった。2) の課題については、特に都市交通予測の高速化を実現するために、シミュレーション間の連携を高速化する必要がある。今後高速化の実現に向けた検討が必要である。

### (2) 具体的な乗り継ぎ案内の方法の検討

平成28年度は乗り継ぎ案内の検討として、主に乗り継ぎ案内を行う前の都市交通予測の実現方法について検討を行った。今後は、これら都市交通予測結果を使い、負荷分散方法の検討、および情報提示先を含めた適切な乗り継ぎ案内方法について検討する必要がある。

また、今年度は東京臨海部のART道路ネットワークモデルを構築した。今後は、構築した道路ネットワークモデルを用いて、鉄道や自動車からARTへのモーダルシフト（転換率）や、ART利用者の属性などをシミュレーションパラメータとして変化させることで、ARTの目標到着時間に対する遅れ時間（到着予定時刻）がどのように変化するかを評価することなどが考えられる。

### (3) ART情報センターとの連携要件抽出とプラットフォーム機能への設計反映

平成28年度は乗り継ぎ案内を行うために必要な情報の検討、および乗り継ぎ案内としての情報出力例について検討を行った。これら必要な情報については、情報の鮮度と粒度があることを示し、特に粒度の違いについての解消方法について検討を行った。今後は、必要となる情報の鮮度を確保するためのART情報センターとの連携要件を整理した上で、並行して検討が進められているプラットフォーム機能の設計に反映していく必要があると考える。

### (4) 将来の地域の変動に従った効用等の反映方法

今回取り上げた都市交通予測については、利用者がどの交通機関を選択するか、どのルートを利用するか等の行動推定のモデル化が重要である。行動推定は実際の交通流に合わせて効用関数のパラメータ推定を行う必要があるが、さらに都市が長

期的に変化していく中で、行動推定のモデルも少しずつ変わっていくと考えられる。都市交通予測を長期的に運用していくためには、こうした行動推定の変化も自動的に捉えて補正していく仕組みが必要と考えられる。

## 第5章 プラットフォーム機能（管理・運用・連携方法、 インターフェース等）の要件の整理・検討・開 発

---

## 5.1 ART 情報センターが実現する世界

---

### 5.1.1 ART 情報センターの目的と背景

---

ART 情報センターの目的は、ART 関連情報を活用したサービスや次世代交通の有機かつ柔軟な連携を実現するために、ART に搭載される各種センサーの情報や関連情報などを一元的に収集・蓄積し、アプリケーション開発者にそのデータを提供するとともに、開発を支援する環境を提供することと定義する。

### 5.1.2 現状の課題調査

---

ART 情報センターの目的の実現方法を検討するに当たり、ART 関連情報を活用したサービスや次世代交通として、バスの利用者、運行事業者という 2 つの観点から課題調査を実施した。運行事業者に関しては文献による調査と運行事業者へのインタビューを実施、バス利用者に関しては、フィールド調査を用いて課題調査を行った。

#### (1) 運行事業者が感じている課題の調査

運行事業者を取り巻く現状の課題の調査方法は以下 2 点にて実施した。

- 文献による調査

国土交通省、公益社団法人日本バス協会等より報告されている各種調査結果の調査

- 運行事業者へのインタビュー

民間運行事業者へのインタビュー

#### 1) 国土交通省、公益社団法人日本バス協会等より報告されている各種調査によってわかった課題

ART 及び ART 情報センターの横展開時に関連性が強いと思われる、乗合バス運行事業者の抱える課題について、既存の報告書等から俯瞰・整理。なお、本報告における運行事業者とは乗合バス運行事業者を指す。

##### ① 乗客の減少

- ・ピーク時の約 40%まで減少。ここ 10 年は微減・横ばいなるも、低位推移\*1。
- ・(上述「バス利用者が感じている課題」にもあるが) 特に都市部では定時運行性への不満が強く\*2、選ばれない。

\*1：国土交通省 社会資本整備審議会 公益社団法人日本バス協会資料（平成 28 年 4 月 7 日）

\*2：独立行政法人自動車技術総合機構 交通安全環境研究所 調査報告、国土交通省資料、他

## ② 厳しい経営環境

- ・ 全国の運行事業者の約 7 割が赤字\*1。
- ・ 経常収支率が 100%を切り、削れるコストが少ない\*2。⇒乗客が増えなければ収支改善せず。

\*1：国土交通省 社会資本整備審議会 公益社団法人日本バス協会資料（平成 28 年 4 月 7 日）

\*2：国土交通省ホームページ「乗合バス事業の現状について」

[http://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha\\_tk3\\_000014.html](http://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_tk3_000014.html)

## ③ 深刻なバス運転者不足

- ・ 少子高齢化と、厳しい労働環境による、担い手不足。
- ・ 大型二種免許保有者は 60 歳代が最多で、20~30 代が少なく、今後（若者が新たにバス運転者へ転職したり、外国人労働者等を受け入れない限り）、ますます高齢化が進行し、深刻な運転者不足に\*1\*2。
- ・ 運転者の労働環境（年収、労働時間、雇用形態）の悪化により、担い手不足・定着率低下。35 歳以上の年収は全産業平均より低く、4 年以内の離職率は 5 割弱に達する\*2。

\*1：国土交通省 社会資本整備審議会 公益社団法人日本バス協会資料（平成 28 年 4 月 7 日）

\*2：国土交通省 自動車局資料「バス運転者を巡る現状について」（平成 26 年 4 月 25 日）

## 2) 民間運行事業者へのインタビューによってわかった課題

2.2 ART 搭載予定センサーデータの活用検討でも記載しているが、民間運行事業者へのインタビューによりわかった運行事業者の課題について以下に示す。

### ① 運転手の負担軽減

現状、バス運転手にはバス運転以外の業務（次のバス停のアナウンスを流す運転通過ボタンを押す、交通制約者の方に対する補助など）が複数存在し、運転手の負荷や定時運行への負担増に繋がっている。

遅延の原因となる業務は以下の 3 点である。

#### 【運転手の負荷が高い（時間を要する）作業】

- 運賃の取り扱い
- 車椅子使用者補助
- 道や行先、経由ルート等を聞かれる

### 3) 情報サービス提供における課題

バス利用者の利便性向上等を目的として新たな情報提供サービスを実施する際に、運行事業者自身もしくは運行事業者から委託される情報サービス事業者（以下サービサーとする）を選定し、サービスを準備する必要がある。その際、以下のような課題が発生している。

- バスロケフォーマットの不一致

バスロケは複数の会社の実施しているが、ファイル形式（中身）が不統一。

- 通信制限

サービス毎に回線を設けているため、通信容量がネックになってやりたいことが出来ないことがしばしばある。

- バスで取得したデータが自由に使えない

サービスを利用する上で、データは各サービサーが収集してサービサー経由でもらう状況。そのため、そのデータを別に使ったり連動させたりしようとするとお金が必要になることがある。

### 4) PTPS 活用の促進

バス車両に PTPS 装置（公共車両優先システム装置）が設置されている場合には、バス通行優先が確保されるはずであるが、運転手から見て有効に反応しているかどうかの動作状況が分からないため、その効果について具体的な評価ができていない。

## (2) バス利用者が感じている課題の調査

バス利用者が感じている課題の調査対象を以下の通り設定した。調査対象の選定は、本業務の推進委員会議討議において有識者からのご意見、アドバイスを元に検討・決定した。

### 【バス利用者が感じている課題調査の対象】

- 常日頃からバスを利用する人
- オリンピック、パラリンピック等で初めて東京に来た人
- 高齢者やベビーカー使用者など交通制約者

調査方法は、実際にバスに乗車することによるフィールド調査と、バス利用者に対する利用者インタビューの2点を組み合わせて実施した。

東京都内においてフィールド調査を実施した結果を図・写真と合わせて示す。

### 1) 課題：移動手段としてのバス選択

#### ① ケース 1. 目的地までバス移動が適しているかどうかの判断

駅前や道路には歩行者を支援するための地図が設置されている。しかし、交通機関を選択する場面においては、駅前等に設置してある地図上ではバス停の場所が表示されておらず、目的地までバス移動が便利かどうかの判断が難しいという課題がある。



図 5-1 google map での電車・バス関連情報の表示イメージ

出典：「google map」

<https://www.google.co.jp/maps/search/%E3%83%90%E3%82%B9%E5%81%9C/@35.6264345,139.7758417,15z>

図 5-1 のように、電車に関しては路線図や駅がインターネットの地図にも駅前の看板にも記載されているため判断しやすいが、目的地までのバスルートや付近にバス停があるかの判断が難しい。

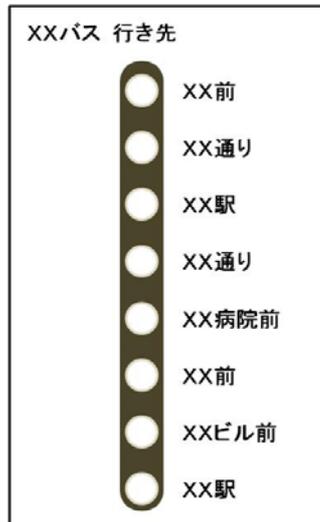


図 5-2 バス行き先図

また、図 5-2 のように、バス停にある行き先板では、バス停の名前しか書かれていないことがあるため、バス停と目的地の位置関係を把握している必要がある。

## ② ケース 2. バス乗り場と路線の関係

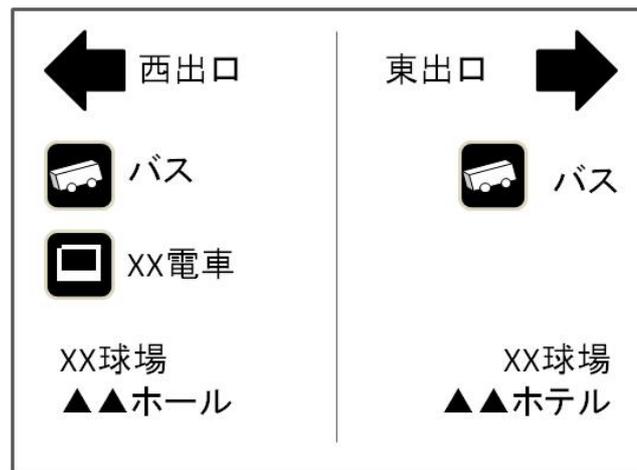


図 5-3 駅前などにあるバス停の案内板

図 5-3 のようにバス停が 2 か所に分かれている場合もあり、予めホームページ等で乗り場案内を確認しておく必要がある。

### ③ ケース 3. 降車地点から目的地までのルート

降車した地点から歩行ナビ等でルート検索するケースが多く、予めバスルートによる目的地までのナビゲーションがあれば便利。



図 5-4 バスを降りてから目的地までのルート

## 2) 課題：乗車予定バスの状況把握

### ① ケース 1. 定時運行状況

図 5-5 のようなバス停時刻表に対して、乗車予定バスの実際の運行状況（定時／遅延状況）が知りたい。

※バス停にあるディスプレイやスマートフォンアプリでバスの到着予定時刻や位置情報が見られるバス停もあった。特にスマートフォンアプリでは数台先の到着時間や位置まで把握することが出来便利だったが、スマートフォンでは外国から来た人や高齢者など保有していない人に情報が届かないという課題がある。

#	平日	土曜日	日曜日
6	11:30	12:00	12:00
7	11:30	12:00	12:00
8	11:30	12:00	12:00
9	11:30	12:00	12:00
10	11:30	12:00	12:00
11	11:30	12:00	12:00
12	11:30	12:00	12:00
13	...	...	...
14			
15			
16			
...			

図 5-5 バス停に設置されている時刻表（イメージ図）

② ケース 2. 系統番号・行先表示と乗車希望バス

バス停で待っている際、系統番号表示やバス車体横にある図 5-6 のような主要バス停名表示から、乗車希望バスかどうかを判断しなければならない。

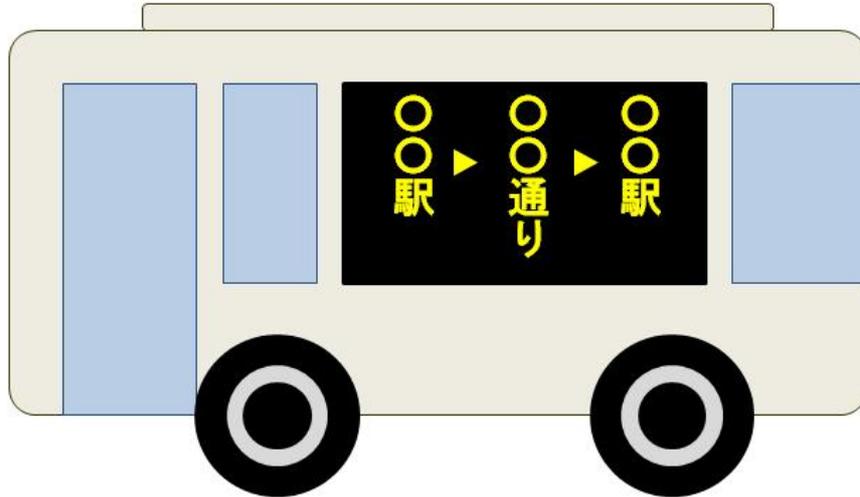


図 5-6 バス車体の停車駅名表示（イメージ図）

③ ケース 3. 乗車予定バスの混雑具合

乗車予定バスが到着してもバスが混雑していると乗車を敬遠してしまいがちという意見も挙げられた。

### 5.1.3 ART 情報センターが提供するデータにより改善されることとその姿と収集・共有すべきデータの明確化

5.1.2 で示した課題を元に ART 情報センターが提供するデータによって実現されるユースケースを整理した。また、そのユースケースをもとに ART 情報センターで蓄積必要な情報を纏めた結果を表 5-1 に示す。

表 5-1 ART 情報センターが提供するデータにより改善されること（ユースケース）

視点	目的	ユースケース	ユースケース内容(概要)	関連先	本テーマの関連技術【( )はテーマ外】
利用者	スムーズな移動	公共交通高度乗り換え案内	交通負荷分散も考慮した高度(リアルタイム)な乗り換え案内	鉄道・バス・ART	画像解析、シミュレーション、(バスロケ)、(歩行者ナビ)
	利便性向上	バス乗車ナビゲーション	行先案内・時刻案内・乗り間違え通知	バス・ART	(バスロケ)
		運行情報ライブ	満空情報配信	バス・ART	車内画像解析
事業者	利用率向上	交通制約者乗車支援	車イス等の車内受け入れ準備	バス・ART	車外停留所画像解析
		バス乗車ナビゲーション	(バスロケ情報活用新サービス)行先案内・時刻案内	バス・ART	(バスロケ)
	定時性支援(運行管理支援)	PTPS連携	バス・ART	(バスロケ)、(PTPS)	
	運行情報ライブ	満空情報配信	バス・ART	車内画像解析	
安全・安心	危険異常事態感知支援	危険物感知・犯罪予防	バス・ART	車内画像解析	
公共機関	インフラ管理	道路管理支援	路面情報、障害物など道路管理支援情報配信	ART	車外画像解析、ダイナミックマップ連携
	交通流管理	渋滞解消支援	道路交通状況配信、PTPS連携	ART	車外画像解析、ダイナミックマップ連携
		事故処理支援	道路交通状況配信	ART	車外画像解析、ダイナミックマップ連携

各ユースケースにおいて AP 開発事業者提供すべきデータの例について検討した結果を表 5-2 に示す。表 5-2 は想定情報であり、存在有無および取得方法やデータ形式等についての調査及び 5.2 章以降で調査・検討した ART 情報センターオープンプラットフォームにおける対応可否については対象を絞った上での来年度以降の調査・検討となる。

表 5-2 各ユースケースにおいて AP 開発事業者需提供すべきデータ例

取得元	情報ソース	解決課題	ユースケース		情報区分	取得トリガ	取得形態	取得速度 (必要時間)	
			No.	タイトル					
ARTバスから	車外撮影カメラ	隣車線等、周辺状況把握 (利用率向上)	⑤	定時性支援 (運行管理支援)	PTPS連携 (実現したい世界#2他)	(準)動的 (&蓄積)	定時間(5秒毎)	・カメラ設置側で画像処理後の特徴点を入手 ・位置情報リンク	1.2~数秒
		状況変化把握 (インフラ管理)	⑨	道路管理支援	路面情報、障害物など道路管理 支援情報配信 (追加ユースケース)	(準)静的 (変化) (準)動的 (&蓄積) (>積算物)	・閾値超え時 ・認知時	・カメラ設置側で画像処理後の特徴点を入手 ・生画像等 ・位置情報リンク	数十秒
		駅出入口等混雑状況把握 (スムーズな移動)	①	公共交通 高度乗り換え案内	高度(リアルタイム)な乗換案内 (実現したい世界#1他)	(準)動的 (&蓄積)	定時間(10分毎)	・カメラ設置側で画像処理後の特徴点を入手 ・位置情報リンク	数十秒
	車内撮影カメラ	車内混雑状況把握 (利便性・利用率向上)	③	運行情報ライブ	満空情報配信 (実現したい世界#8他)	(準)動的 (&蓄積)	閾値超え時 or定時間(数分毎)	・カメラ設置側で画像処理後の特徴点を入手 ・車番リンク	数十秒
		危険認知 (安全・安心)	⑥	危険感知支援 (犯人発見)	犯罪予防 (実現したい世界#6他)	(準)動的	認知時	・カメラ設置側で画像処理後の特徴点を入手 ・生動画等 ・車番リンク	瞬時
			⑥	危険感知支援 (危険物発見)	危険物感知 (実現したい世界#6他)	(準)動的	認知時	・センサ設置側で検出した 事実情報 ・車番リンク	瞬時
	省エネ (燃料計画)	⑧	燃焼効率最適化支援	加減速モニタ等による燃料計画 管理 (追加ユースケース)	(準)動的 (&蓄積)	定時間(1秒毎)	センサ設置側での計測値 ・車番リンク	1日	
	(ARTバスGPS/プローブ情報) 1.ART情報センタが何らかのプローブ収集する場合	(バスロケーション把握) (利便性・利用率向上)	②	(バスロケーション把握)	(ARTバスの現在位置を把握)	((準)動的 &蓄積)	(定時間(1.2~数秒毎))	(GPS情報) (位置情報リンク) (位置情報にリンクした、累積 プロット数)	(1.2~数秒)
外部機関*から (*含、DMセンタ)	域内の交通機関情報	乗継案内 経路リスク 人流シミュレーション (スムーズな移動)	①	公共交通 高度乗り換え案内	高度(リアルタイム)な乗換案内 (実現したい世界#4他)	(準)動的 (&蓄積)	・情報更新毎 ・定時間(10分毎)	・外部機関公開様式で取得 ⇒取得後、取捨選択・加工・蓄積	1.2分
	ARTバスロケーション情報	バスロケーション把握 (利便性向上)	②	バス乗車ナビゲーション	バスロケ活用新サービス: 行先案内・時刻案内・乗り間違い 通知 (実現したい世界#4他)	(準)動的 (&蓄積)	定時間(1.2秒毎)	・外部機関公開様式で取得 (加工) ・位置情報リンク	1.2秒~数秒
	域内の道路交通情報	渋滞シミュレーション、予測 (交通流管理)	⑩	渋滞解消支援	道路交通状況配信、PTPS連携 (実現したい世界#1.#2.#4他)	(準)動的 (&蓄積)	定時間(10分毎)	・外部機関公開様式で取得 (加工) ・位置情報リンク	数分
	交通規制情報	交通規制情報等把握 (交通流管理)	⑪	事故処理支援、等	道路交通状況配信 (実現したい世界#1.#2.#4他)	(準)動的 (&蓄積)	・定時間(5分毎) ・更新時	・外部機関公開様式で取得 (加工) ・位置情報リンク	数十秒
	バス停等設置カメラ	交通制約者乗車支援 (利便性・利用率向上)	④	交通制約者乗車支援	車イス等の車内入入れ準備 (実現したい世界#3.#10)	(準)動的	認知時	・路線図リンク	数秒
	道路仕様情報(高精度 道路地図)	基準となる位置情報把握 (カーナビ、自動走行等)	-	-	-	(準)静的	・定時間(1ヶ月毎) ・更新時	・外部機関公開様式で取得 (加工) ・位置情報リンク	1日
	年月日/時間/曜日 情報	基準となる時間の把握 日時、曜日を考慮した分析	-	-	-	静的/動的 (&蓄積)	所定間隔	所定様式	所定速度
	天気/気象情報 (含、予測)	天気/気象を考慮した分析	-	-	-	(準)動的 (&蓄積)	・定時間(5分毎) ・更新時	・外部機関公開様式で取得 (加工) ・位置情報リンク	1.2分
	イベント関連情報	イベント開催を考慮した分析	-	-	-	(準)動的 (&蓄積)	更新時	・外部機関公開様式で取得 (加工) ・位置情報リンク	・1日 ・数分
	屋内/外ハリアフリー 情報 ⇒アプリ開発者が 取得? DMセンタが 取得?	交通制約者向け歩行ナビ (スムーズな移動)	①	公共交通 高度乗り換え案内	高度(リアルタイム)な乗換案内 (実現したい世界#1他)	(準)静的	定時間(1ヶ月毎)	・外部機関公開様式で取得 (加工) ・位置情報リンク	1日
	駅構内等防犯カメラ等 ⇒アプリ開発者が取得?	駅構内等の混雑把握 (スムーズな移動)	①	公共交通 高度乗り換え案内	高度(リアルタイム)な乗換案内 (実現したい世界#1他)	(準)動的 (&蓄積)	定時間(10分毎)	・カメラ設置側で画像処理後の特徴点を入手 ・位置情報リンク	数十秒
	通信キャリア/ナビアプリ 事業者モニタ等の人流 情報 ⇒アプリ開発者が取得?	域内人流把握 (利便性向上)	①	公共交通 高度乗り換え案内	高度(リアルタイム)な乗換案内 (実現したい世界#1他)	(準)動的 (&蓄積)	定時間(10分毎)	・外部機関公開様式で取得 (加工) ・位置情報リンク	数分
	各交通機関の混雑 状況 ⇒アプリ開発者が取得?	各交通機関の混雑状況を考 慮した乗継案内 (利便性向上)	①	公共交通 高度乗り換え案内	高度(リアルタイム)な乗換案内 (実現したい世界#1他)	(準)動的 (&蓄積)	・更新時 ・定時間(10分毎)	・外部機関公開様式で取得 (加工) ・路線情報リンク	1.2分
	各交通機関時刻表 情報 ⇒アプリ開発者が取得?	基準となる運行時刻の把握	-	-	-	(準)静的	更新時	所定様式	1日
	個人ユーザから (通信キャリア/駅 管理者/アプリ開 発者等経由を經由 して、アプリ開発者 が取得)	携帯GPS	いま居るところの把握 (利便性向上)	①	公共交通 高度乗り換え案内 (ユーザ操作不要化)	高度(リアルタイム)な乗換案内 (実現したい世界#1.#4他)	(準)動的 (&蓄積)	・乗継案内検索開始、 バス乗車/下車など ステータス変化時 ・移動中	所定様式
構内位置情報					(準)動的 (&蓄積)	乗継案内検索開始、 バス乗車/下車など ステータス変化時	所定様式	1.2~数秒	
「乗継案内」アプリでの 検索経路		自動検索表示 (利便性向上)				準動的 (&蓄積)	乗継案内検索開始時	所定様式	数十秒
(携帯端末等から得ら れる) 個人ステータス変化		自動検索表示 (利便性向上)				(準)動的	歩行開始、バス乗車開 始など	所定様式	1.2~数秒
個人(ユーザ)への連絡 パス		ユーザへの自動通知 (利便性向上)				準動的	乗継案内検索開始時	所定様式	数十秒

## 5.2 ART 情報センター オープンプラットフォームの概要

本節では ART 情報センターのオープンプラットフォーム（以下 ART 情報プラットフォーム）に求められる事項をもとに、もつべき基盤とその要件について調査・検討した結果を示す。

### 5.2.1 ART 情報プラットフォームに求められる基盤

5.1 で述べたとおり、ART 情報センターは ART 関連情報を活用したサービスや次世代交通の有機かつ柔軟な連携を実現するために、ART に搭載される各種センサーの情報や関連情報などを一元的に収集・蓄積し、アプリケーション開発者にその情報及び開発を支援する環境を提供することが役割となる。

このことから、まず、ART 情報プラットフォームにはデータを収集する基盤、公開する基盤、蓄積する基盤が必要となる。そして、アプリケーション事業者の開発を支援するため、アプリケーション開発者支援基盤が必要となる。

また、上記に加え運用管理基盤として、AP 開発者や有償でデータを公開する場合はデータ提供先を管理するための基盤、上記 3 つの基盤を監視する基盤、セキュリティ確保するための基盤が必要となる。纏めた結果を図 5-7 に示す。

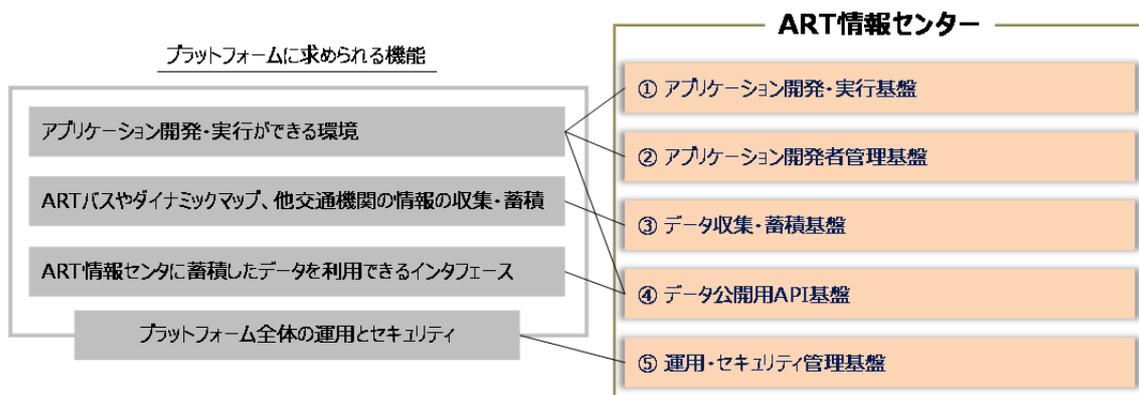


図 5-7 機能とプラットフォームの種類

## 5.2.2 ART 情報プラットフォーム全体像

5.2.1 を踏まえて作成したオーブンプラットフォームの全体像を図 5-8 に、各基盤に求められる要件と主な調査・検討項目を表 5-3 にそれぞれ示す。

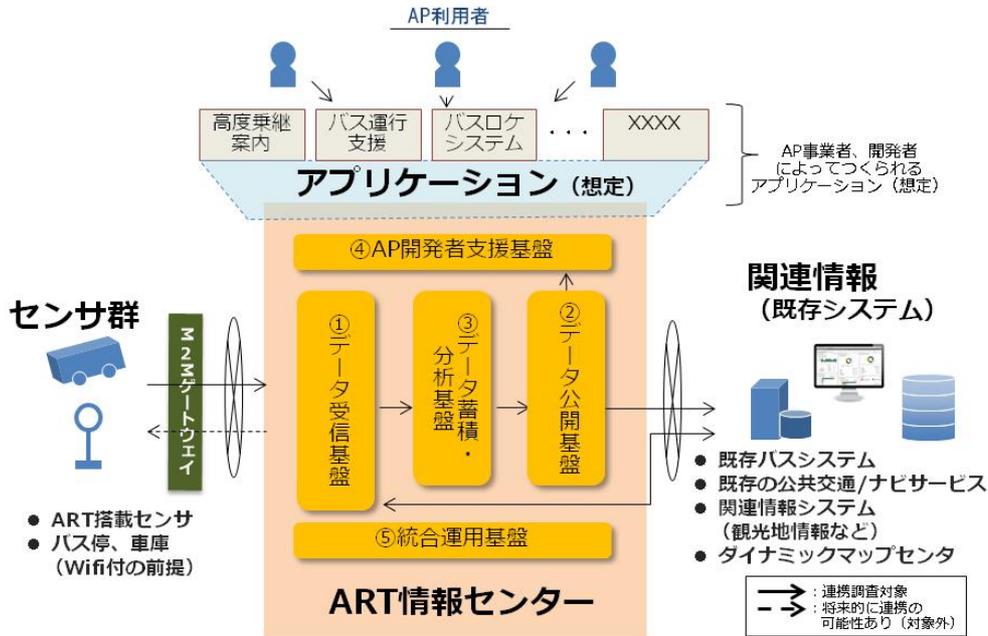


図 5-8 オープンプラットフォーム全体像

表 5-3 各基盤に求められる要件と主な調査・検討項目

#	大分類	中分類	基盤名称	基盤に求められる要件	主な調査・検討項目
1	機能要件	インタフェース	データ受信基盤	<ul style="list-style-type: none"> <li>ARTのセンサから発信される情報を受信すること</li> <li>AP開発に必要な関連情報を収集すること</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>デバイス（ARTに搭載されるセンサ）の認証方法に関する調査・検討</li> <li>受信サーバ（GW）にて対応すべき通信プロトコルに関する調査・検討</li> <li>データ蓄積基盤へのデータ格納に際して必要な処理に関する調査</li> <li>データ収集に必要な通信回線に関する調査</li> </ul>
2			データ公開基盤	<ul style="list-style-type: none"> <li>要求に応じてARTのセンタの情報をAP事業者に提供すること</li> <li>AP事業者がAP開発しやすくなるような情報提供方式であること</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>オープンデータの動向基本調査</li> <li>オープンデータの技術方式</li> <li>オープンデータについての基本方針調査・検討</li> </ul>
3		データ蓄積	データ蓄積基盤	<ul style="list-style-type: none"> <li>データ収集基盤で収集したデータを蓄積すること</li> <li>蓄積したデータをデータ公開しやすい形に加工、格納すること</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>データ蓄積機能（データレイク、DWH）に関する調査</li> <li>データ加工・分析機能（ETL）に関する調査・検討</li> <li>データ蓄積基盤の構成イメージの検討</li> </ul>
7		AP開発支援	AP開発者支援基盤	<ul style="list-style-type: none"> <li>AP事業者に対して開発に必要なサーバ、ツールを提供すること</li> <li>AP事業者が開発しやすくなるための共通部品を提供すること</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>必要な環境の提供方法調査</li> <li>必要なツール、共通部品の調査</li> </ul>
4	非機能要件	運用管理	ART情報センタオープンプラットフォームの監視基盤	<ul style="list-style-type: none"> <li>ART情報センタオープンプラットフォームの稼働監視を行うこと</li> <li>ART情報センタのリソース監視と、それに基づくスケールアウト/スケールアップを行うこと</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>監視基盤の要件に関する調査・検討</li> <li>監視基盤の実現方式に関する調査・検討</li> <li>可用性強化に関する調査・検討</li> <li>拡張性強化に関する調査・検討</li> </ul>
5			ART情報センタオープンプラットフォームのセキュリティ基盤	<ul style="list-style-type: none"> <li>ART情報センタオープンプラットフォームのセキュリティ確保を行うこと</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>入口、出口対策</li> <li>蓄積データのセキュリティ対策</li> </ul>
6			AP開発者（API提供先）管理基盤	<ul style="list-style-type: none"> <li>有料でAPIを公開することを考慮し、API提供先の認証を行えること</li> <li>AP開発者とART情報センタが公開した情報を元に提供されたAPを管理出来ること</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>AP開発者（API提供先）の管理に関する調査</li> <li>複数アプリケーションの管理方法に関する調査</li> </ul>

## 5.3 オープンプラットフォーム要件定義のための調査・検討

---

5.2 で挙げた各基盤毎の要件およびその調査項目に従い、調査・検討した結果を示す。

### 5.3.1 インターフェースの調査・検討

---

本節では、ART 情報センターのオープンプラットフォームにおけるインターフェースについて調査・検討を行った結果について示す。本報告書でのオープンプラットフォームにおけるインターフェースとは、オープンプラットフォームとオープンプラットフォームの外にある各種センサや関連システム、AP 開発者との連携部分と定義する。

インターフェースは、大きく分けてオープンプラットフォーム内に蓄積すべきデータの収集と、蓄積したデータの提供という 2 つに分けられるため、「データ受信基盤」と「データ提供基盤」という 2 つに分けて調査・検討結果を記載する。

#### (1) データ受信基盤の調査・検討

データ受信基盤に求められる要件は以下の通り。

**【データ受信基盤に求められる要件】**

- ・ ART のセンサから発信される情報を受信すること
- ・ AP 開発に必要な関連情報を収集すること

ART に搭載されているセンサ、ダイナミックマップ、関連するデータを保有している組織/システムからデータを受信し、必要な処理（※以後記載）をほどこした上でデータ蓄積基盤に渡すことがデータ受信基盤の役目となる。該当箇所を図 5-9 に示す。

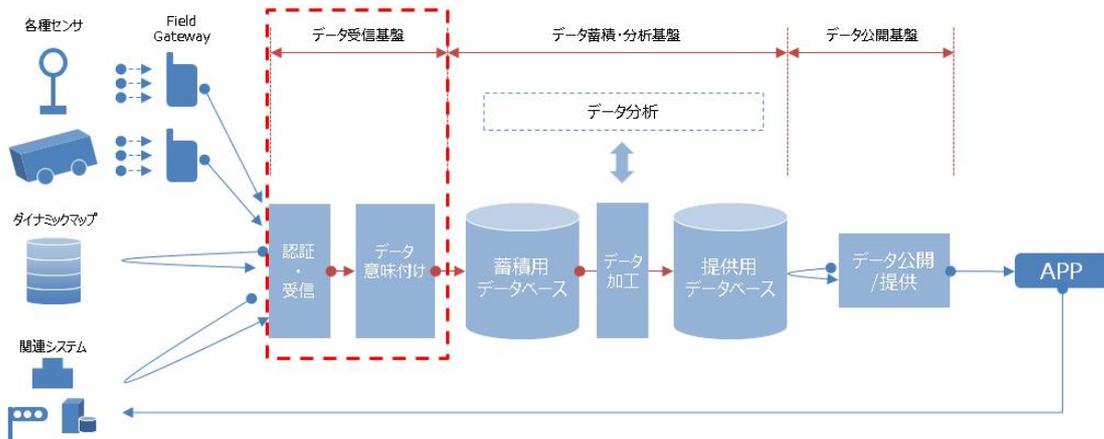


図 5-9 ART 情報プラットフォームにおけるデータ受信基盤の役割

本節では以下 4 点に分けて必要な機能と実現方式について調査・検討した。

- ① デバイス（ART に搭載されるセンサ）の認証方法に関する調査・検討
- ② 受信サーバ（GW）にて対応すべき通信プロトコルに関する調査・検討
- ③ データ蓄積基盤へのデータ格納に際して必要な処理に関する調査
- ④ データ収集に必要な通信回線に関する調査

### 1) デバイス（ART に搭載されるセンサ）の認証方法に関する調査・検討

不正なデータを受信しないためにもデバイスの認証の仕組みを持たせる必要がある。

デバイスの認証方式大きく分けて以下 3 点の方法が考えられる。

- デバイスと接続されている ART 内のゲートウェイに Agent となるソフトウェアを組み込み、Agent 経由で受信基盤にデータを送る。実装イメージを図 5-10 に示す。

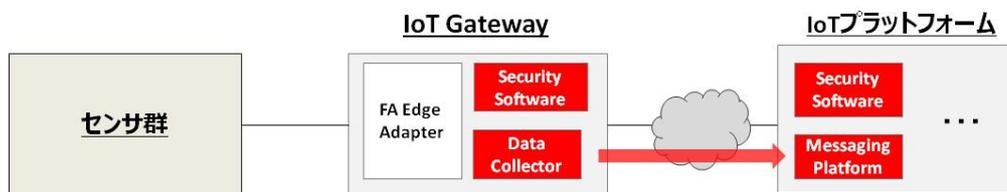


図 5-10 Agent によるデバイス認証イメージ

- 受信基盤側に認証できる仕組みをもつ。

受信側のゲートウェイにてデバイス登録/認証を行う機能を実装する。

- 格納後にデバイス登録、認証するサービスを活用する。  
例を以下に挙げる。

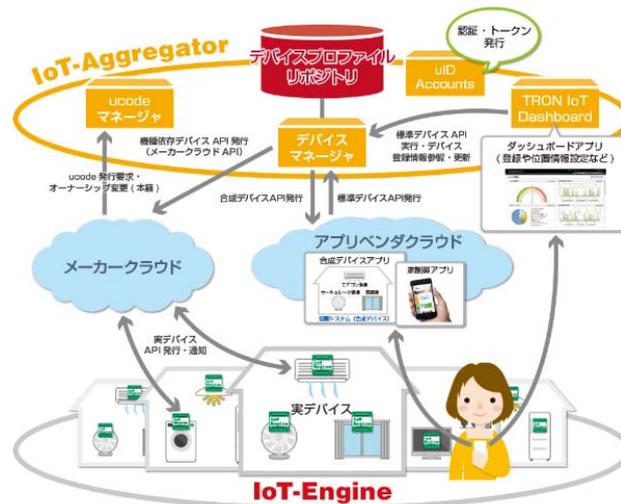


図 5-11 IoT Aggregator 全体概要図

出典元： <http://www.tron.org/ja/2016/10/post-2209/>

上記 3 つの方法のいずれがよいかについては、実際に取得するデバイスの設置状況やデバイス側のゲートウェイの仕様に依拠して判断する必要がある。

## 2) 受信サーバ（GW）にて対応すべき通信プロトコルに関する調査・検討

データ受信基盤にて対応すべきプロトコルを以下 5 つの観点から調査した。

- ① IoT 通信プロトコルの標準化状況
- ② クラウド/受信サーバ側ゲートウェイ製品のプロトコル対応状況
- ③ ダイナミックマップ連携時の通信プロトコル
- ④ ART に搭載されるセンサ受信時の通信プロトコル
- ⑤ 関連情報の収集に利用される通信プロトコル

### ① IoT 通信プロトコルについての調査

ART 情報センター側の受信サーバ（GW）にて対応すべきプロトコルを検討するに際して、IoT の世界で使用されている通信プロトコルについて調査した結果を表 5-4 に示す。

表 5-4 IoT 通信プロトコルについての調査結果

	HTTP	MQTT	CoAP
ヘッダサイズ	50 バイト以上	2 バイト	4 バイト
概要	ヘッダーサイズの増大や通信セッションごとのシーケンスの多さが、M2M/IoT 向けでは課題視されることがある。	Publish-Subscribe 型の軽量メッセージングプロトコル。米 IBM が仕様策定し、現在は OASIS で標準化。	フィンランドの Sensinode（英 ARM が買収）が提案し、IETF で仕様策定が進む HTTP に代わるプロトコル。ヘッダーをバイナリー化し圧縮。シーケンスも簡略化。

出典元：日経 BP ムック「すべてがわかる IoT 大全」

## ② クラウド/受信サーバ側ゲートウェイ製品の対応プロトコル調査

ART 情報センター側の受信サーバにて対応すべきプロトコルを検討するに際して、現在提供されているクラウド/受信サーバ側のゲートウェイ製品が対応しているプロトコルについて調査した。結果を表 5-5 に示す。

表 5-5 IoT ゲートウェイ製品のプロトコル対応（対クラウド）状況

#	製品名称	製品元	HTTP	MQTT	CoAP
1	Open Blocks IoT PD Emitter	ぶらっとホーム社	○	○	
2	Armadillo-IoT ゲートウェイ	Armadillo	○	○	

表 5-5 から、クラウド/受信サーバ側のゲートウェイ製品が共通で対応しているプロトコルは HTTP と MQTT が共通項であることが分かる。

## ③ ダイナミックマップ連携時の通信プロトコルについての調査

第3章 ダイナミックマップとの連携方法の検討における報告でも述べているように、本報告時点でダイナミックマップとの連携については検討段階にあるため、本報告書では要件を提示するとともに、引き続き連携調査を行う必要がある。

## ④ ART に設置されるセンサ取得時の通信プロトコル

第2章 ART 車内情報・センサー情報の活用に関する調査・検討・開発における報告でも述べているように、現時点では ART 車両メーカー搭載センサー情報の公開は予定されていないことが判明した。ただし、既存の運行バスなど各運行事業者にて後付センサを設置し、情報を収集していることが分かった。その際の通信プロト

コルは収集する情報により異なるため、収集する情報を選定した上で調査・検討する必要がある。

### ⑤ 関連情報の収集に利用される通信プロトコルについての調査

バス以外の交通情報（時刻表や運行情報）や、観光情報などの関連情報の多くはインターネット（HTTP）を通じてAPIという形で情報が提供されている。例を表5-6に示す。

表 5-6 関連情報提供方式の一覧

#	情報分類	提供元	提供される情報	ファイル形式
1	交通機関情報	駅すばあと	経路探索、駅情報、路線情報、会社情報、路線図、時刻表、鉄道運行情報など	JSON/XML
2	観光情報	PocketMappleDigital	住所検索、天気予報、目標物検索、リバーズジオコーディング、都道府県図、ドア to ドアAPI(出発地から目的地までの全ての経路を検索) など	XML
3	気象情報	天気予報 API	週間天気予報、湿度情報、紫外線情報、傘指数など	JSON/XML

出典：「駅すばあと Web サービススタンダードプラン」

<https://ekiworld.net/service/sier/webservice/api.html>

「MappleAPI フルパッケージ」

<https://www.mapple.co.jp/biz/product/digital/accessmapple/full.html>

「天気予報 API」

<http://tenkiapi.jp/>

### ⑥ 変換対応すべき通信プロトコルのまとめ

以上のことより HTTP、MQTT での受信できることが必須要件であると考えられる。しかし、取得するデータによっては HTTP、MQTT 以外の通信プロトコルである可能性もある。その場合に対応するため、そのプロトコルに対応した「個別プロトコル用受信サーバ（ゲートウェイ）」を設け、そのサーバ経由で標準プロトコル用受信サーバ（ゲートウェイ）と通信する方法を推奨する。構成イメージを図 5-12 に示す。

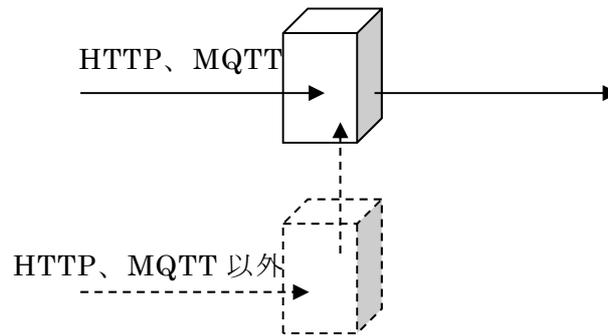


図 5-12 プロトコル変換の構成イメージ

### 3) データ蓄積に際して必要な処理に関する調査

異なるところから受信したデータをデータ蓄積基盤で統合するためには、受信したデータが人やコンピュータに理解出来る形に意味づけされていることが必要である。また、デバイス情報や時刻情報が ART 情報プラットフォームとして一意に付与することが必要となる。

本項では ART 情報プラットフォームで受信するデータについてそのデータ形式と「意味づけ」、「デバイス情報有無」、「時刻情報」の必要有無と、必要な場合に実施すべき処理について調査・検討した結果を表 5-7 に示す。

表 5-7 ART 情報プラットフォームで受信するデータのー覧

#	取得元	取得情報	特徴	意味づけ 要否	デバイス 情報付加 要否	時刻情報 付加要否
1	ART センサ など	車内映像	静止画/静止画をセンサー 内で解析され、特異点が数 値化された形でデータを 受信する。※	不要  (受信デー タに依存)	必要	必要
2		PTPS 車載器 など	機械が理解しやすい	必要	必要	必要
3		センサ値 (例：on/off)	人が見ても内容を理解出 来ない(0,1の羅列)	必要	必要	必要
4	ダイナ ミック マップ	道路情報	詳細未定	-	-	必要
5	関連 情報	公共交通の運 行情報、 観光情報 他	・人が見て理解可能 ・機械も理解しやすい ※APIにて JSON/XML で取得する場合	不要	必要	必要

※個人情報の流出防止、通信/データ容量の最小化の観点から原則画像は送信しない方針。詳細は第2章「ART 車内情報・センサー情報の活用に関する調査・検討・開発」を参照のこと。

「意味づけ」、「デバイス情報有無」、「時刻情報」で実施すべき内容と処理の流れ、機能イメージを図 5-13 に示す。



図 5-13 意味づけ、デバイス情報付与、時刻情報付与イメージ

### ① データの意味づけ

バイナリデータは数字の羅列であり、人や機械が見ても、その意味を理解することはできない。そのため、データを蓄積基盤に渡す前に意味づけ（理解出来る情報への変換）を実施。見たい情報や、データの内容によっては、置換処理のみでなくデータを解釈した上で変換が必要になることもある。

#### 例 1 :

センサデータ内に「1」が連続して 3 回以上出ている場合にエラーと読み替える

#### 例 2 :

数字の羅列の中で前の数字から 5 以上離れた数字が現れた場合にスイッチが on になったと読み替える

### ② デバイス情報の付加

データベース蓄積基盤に渡す前に、受信した情報の取得元情報を追加。

### ③ 時刻情報の追加

ART 情報プラットフォームの時刻にてタイム情報を付与。

その他、あるとよい機能として車内映像に対するタグ付けという処理がある。タグ付けされた画像データの例については 5.3.1 (2) データ公開基盤の調査・検討の「City Data Exchange Copenhagen」の例を参照のこと。タグ付けは人の手による方法の他に、GRAYMATICS（グライマティクス）の Graymatics Context Connect Cloud for Images のようなタグ付けツールを活用する方法がある。

参考：

[http://exchange.kaltura.com/sites/default/files/applications/releases/Graymatics2015/25/G3C\\_IM\\_Interfaces\\_and\\_Integration\\_Process\\_%20v3.3.pdf](http://exchange.kaltura.com/sites/default/files/applications/releases/Graymatics2015/25/G3C_IM_Interfaces_and_Integration_Process_%20v3.3.pdf)

4) データ受信に必要な通信回線に関する調査 ※デバイス-M2M GW 除く

ART 情報プラットフォームで受信するデータの取得元が情報発信に利用している回線について調査した結果を表 5-8 に示す。

表 5-8 情報取得元が情報発信に利用している通信網

#	取得元	取得情報	通信回線
1	ART センサ	車内映像	運行事業者もしくは各サービスが準備する回線を通じて提供（運行事業者へのインタビューでは携帯会社の 3G 回線利用例あり）
2		センサ値 (例：on/off)	
3	ダイナミックマップ	道路情報	詳細未定（2016/12 時点では回線を通じた情報提供予定なし）
4	関連情報	気象情報、 観光情報 他	インターネットを通じて提供

表 5-8 より、本報告時点で ART 情報プラットフォームとして用意すべきは、インターネット回線の引きこみと、ART に搭載されているセンサが接続されている通信回線の引きこみが必要となる。

しかし、5.1.2 (1) で述べた運行事業者のあるように、現在運行事業者はサービス毎に回線を敷設/準備している状況である。ART 情報センタとして「運行事業者向け情報通信ネットワーク」を設けることが出来れば、センサ毎に設ける通信網にかかる費用を削減することが可能になり、通信費用を削減したい運行事業者やサービスが ART 情報センターを活用するきっかけになると想定される。

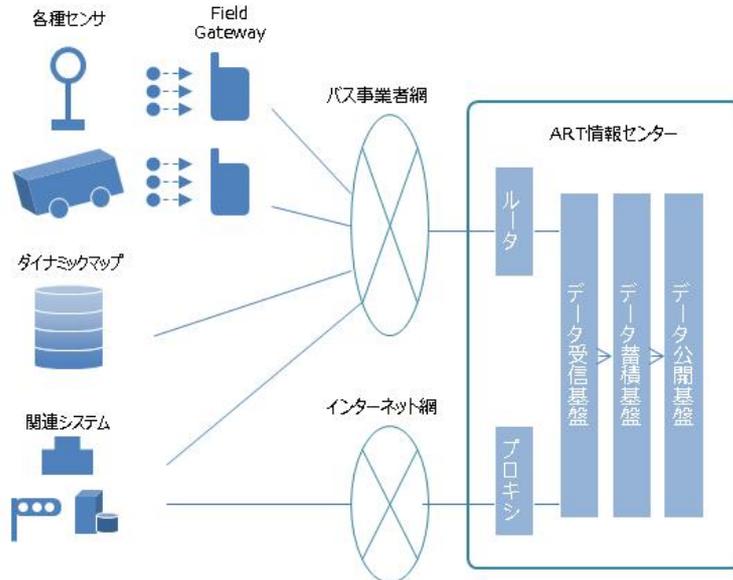


図 5-14 運行事業者通信網のイメージ

特定利用者向けの情報ネットワーク例としては、学術情報ネットワーク SINET5 がある。

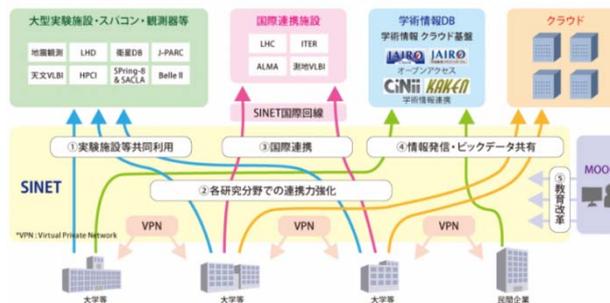


図 5-15 学術情報ネットワーク SINET5 概要図

出典：「学術情報ネットワーク SINET5」 <https://www.sinet.ad.jp/>

### 5) データ受信基盤のまとめ

データ受信基盤で必要な機能について調査・検討した結果を図 5-16 に示す。図 5-16 に加え、ART センサ側のゲートウェイと ART 情報センタを繋ぐネットワークについては、現在 ART に搭載されているセンサが接続されている回線（インターネット回線/モバイル回線など）の引きこみもしくは、ART 情報センターが主体となって運行事業者向けの特定利用者向け通信回線を設ける必要があると考える。

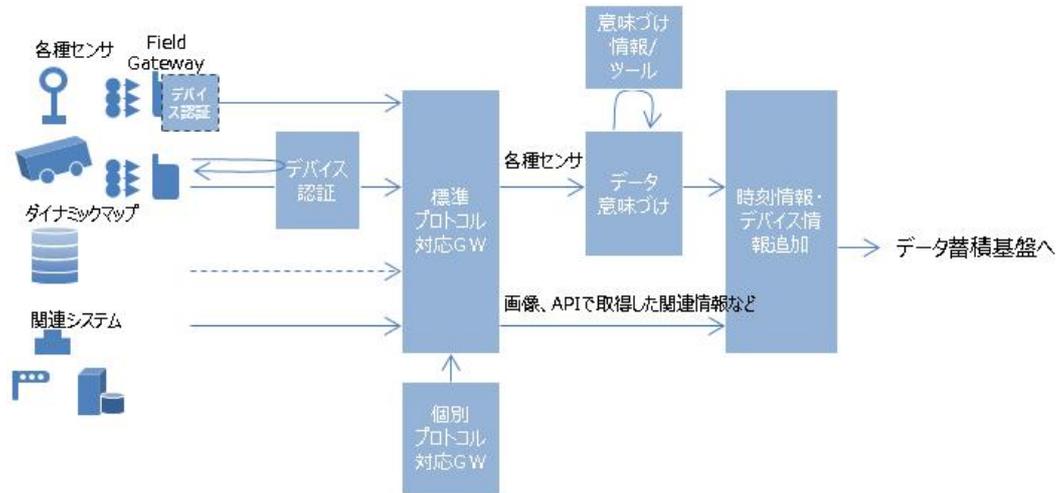


図 5-16 データ受信基盤の構成イメージ

## 6) データ受信基盤の課題

### ① ユーザ情報の取得

現在検討している ART 情報プラットフォームではアプリケーション機能を持たず、データと共通部品の提供のみを行う。そのため、アプリケーションを利用するユーザの情報（位置情報など）を取得する仕組みを設ける必要がある。仕組みには2つの方法が考えられる。

- アプリケーション事業者からデータを提供してもらう仕組みを設ける
- 共通部品／開発用サーバ上にユーザ情報を収集する仕組みを設ける

### ② 関連情報取得のための事前登録

関連情報を取得するためには契約などの事前登録が必要であり、取得には API コマンドを発行するなどの処理が必要となる。コマンド発行を自動化することは可能と考えるが、取得先のページの仕様変更や取得できる情報が随時変更されることが想定されるため、都度見直していくプロセスや人が必要と考える。

### ③ ART などへのリアルタイムなフィードバック

リアルタイムに通知や制御などが必要な処理については、データ蓄積基盤にデータを蓄積してからのフィードバックでは遅く、データを受信した時点で判断し、フィードバックをする必要がある。そのため、データ受信基盤にてフィードバックの判断とフィードバック（見える化、通知、制御）を行う機能を持たせる必要がある。

## (2) データ公開基盤の調査・検討

データ公開基盤に求められる要件は以下の通り。

### 【基盤に求められる要件】

- ・ 要求に応じて ART のセンタの情報を AP 事業者提供すること
- ・ AP 事業者が AP 開発したくなるような情報提供方式であること

データ蓄積・分析基盤にて作成されたデータを AP 事業者に広く活用してもらえる形でデータを公開するのがデータ公開基盤の役目となる。該当箇所を図 5-17 に示す。

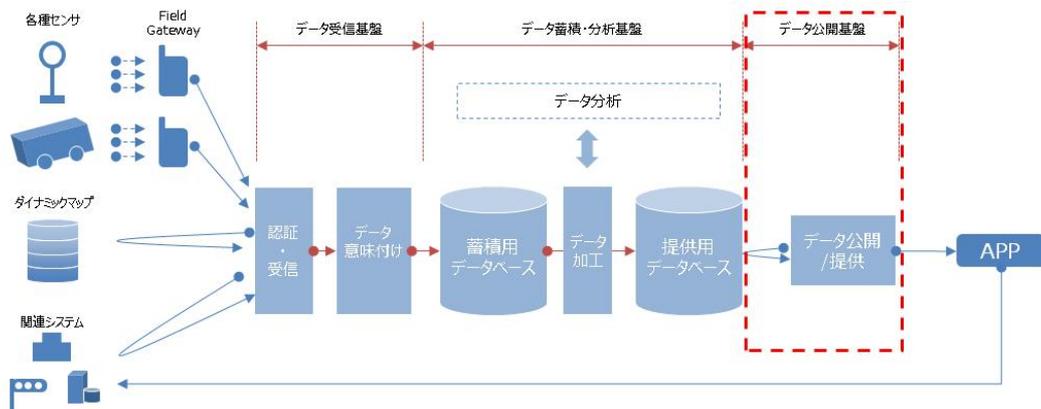


図 5-17 ART 情報プラットフォームにおけるデータ公開基盤の役割

なお、ART 情報センタにおけるオープンデータとは、国や自治体が保有する公共データや、公益企業など民間事業者や個人が保有するデータを、国民や企業などから利活用されやすいように機械判読に適した形で、二次利用可能なルールの下で公開されること、また、そのように公開されたデータをオープンデータと定義する。

（出典「内閣官房 オープンデータをはじめよう」

[http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/densi/kettei/OpenData\\_Tebikisyo3.pdf](http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/densi/kettei/OpenData_Tebikisyo3.pdf)

### 【主な調査・検討項目】

- ・ オープンデータの国内動向調査
- ・ オープンデータの利用動向調査
- ・ オープンデータの提供に利用されている技術に関する調査

## 1) オープンデータの国内動向

### 政府の動向

国内のオープンデータの取組においては、平成 24 年に高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部（IT 総合戦略本部）で策定された「電子行政オープンデータ戦略」において、政府は以下の 4 つが公共データの活用の取組を進める基本原則と定義した。

- ① 政府自ら積極的に公共データを公開すること
- ② 機械判読可能な形式で公開すること
- ③ 営利目的、非営利目的を問わず活用を促進すること
- ④ 取組可能な公共データから速やかに公開等の具体的な取組に着手し、成果を確実に蓄積していくこと

その後、平成 28 年 5 月に、IT 総合戦略本部が「オープンデータ 2.0---官民一体となったデータ流通の促進」を策定し、その中では 2020 年までを集中取組期間と定めている。特に、「2020 年東京オリンピック・パラリンピック競技大会に関する強化分野」の一つとして「アスリート、観客等の円滑な輸送及び外国人受入のための対策」が挙げられている。また同日に、内閣官房より変更・閣議決定された「世界最先端 IT 国家創造宣言」においても、オープンデータは重要項目の一つであり、交通データ利活用の推進が「IT 利活用による諸課題の解決に資する取組」の一つとして挙げられている。

また、官民データ活用推進基本法が、平成 28 年 12 月に施工され「事業者は、自らが保有する官民データであって公益の増進に資するものについて、個人及び法人の権利利益、国の安全等が害されることのないようにしつつ、国民がインターネットその他の高度情報通信ネットワークを通じて容易に利用できるよう、必要な措置を講ずるよう努めるものとする」（第十一条第 2 項）とし、事業者の努力義務が課された。

以上のオープンデータに関連する状況を踏まえると、ART 情報プラットフォームは交通データの提供において重要な立場にあり、政府方針にのっとり構築する必要がある。

## 2) オープンデータの利用動向

オープンデータの利用動向をみるために、国内で開催されているオープンデータコンテストについて調査を行った。オープンデータを用いたコンテストは、全国的

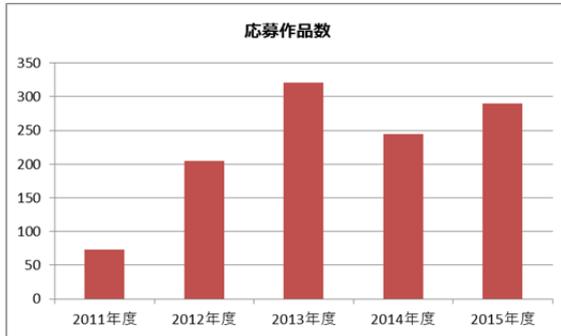


図 5-18 LOD チャレンジ応募作品数推移

なコンテストから、自治体や民間が独自に開催するコンテストまで多岐にわたる。全国的なコンテストの1つである LOD チャレンジにおいては、2011年のコンテスト開始の翌年度以降 200件を超す応募件数となっている。（出典「LOD チャレンジ 2016」<http://2016.lodc.jp/>）また、交通系のオープンデータコンテストでは、2014年に東京メトロによって

「オープンデータ活用コンテスト」が行われ、281の作品が応募された。（出典「オープンデータ活用コンテスト 東京メトロ 10th anniversary」<http://awards.tokyometroapp.jp/>）

表 5-9 オープンデータに関連するコンテストの事例

開催年度	コンテスト名	主催
2016 年度	フレームワークス物流オープンデータ活用コンテスト	株式会社フレームワークス
2016 年度	アーバンデータチャレンジ 2016	一般社団法人社会基盤情報流通推進協議会
2016 年度	LOD チャレンジ 2016	LOD チャレンジ Japan 実行委員会
2016 年度	KANAZAWA オープンデータアプリコンテスト 2016	石川県金沢市
2016 年度	平成 28 年度会津若松市オープンデータコンテスト	会津若松市

【作品事例】

アプリ名	「運転日報」「トラック運行チャート情報」の2次元/3次元可視化アニメーション	
コンテスト名	フレームワークス物流オープンデータ活用コンテスト (優秀賞受賞)	
内容	トラック、ドライバーの動態を2次元、3次元のアニメーションで視覚化するビューア。本ビューアにより、指定した期間のドライバー、トラックごとの状態を時間的に眺めることで、信号待ちや高速道路入口付近の小規模渋滞まで確認できる。(作品紹介資料より抜粋)	
主なデータ	運転日報、トラック運行チャート情報	

出典「フレームワークス物流オープンデータ活用コンテスト」  
<http://contest.frameworksopendata.jp/award.html>

アプリ名	金沢観光フォトラリー	
コンテスト名	KANAZAWA オープンデータアプリコンテスト2016 (グランプリ受賞)	
内容	好みにあわせて観光コースを選び、指定された場所でスタンプラリーのように写真を撮影していくことで、もれなく観光スポットを廻ることができるとともに、思い出をアルバムで残せるアプリ。 (作品紹介資料より抜粋)	
主なデータ	観光施設	

出典「KANAZAWA オープンデータアプリコンテスト」  
<http://www4.city.kanazawa.lg.jp/11010/appcontest/>

アプリ名	なごや健康のりかえ	
コンテスト名	NEXT COMMUNICATION AWARDS 2015 (グランプリ受賞)	
内容	運動不足な人々に向けて作成したアプリケーション。名古屋市の普段使う地下鉄の経路を入力すると、適度ルートを提案し、ナビと連携して歩くことをサポートする。自分の街を知らながら健康になる一石二鳥のアプリ。(作品紹介資料より抜粋)	
主なデータ	路線データ、駅データ、接続駅データ、地下鉄区間区数距離表	

出典「NEXT COMMUNICATION FORUM 2015」  
[https://www.nttdocomo.co.jp/campaign\\_event/tokai/ncf\\_award/2015.html](https://www.nttdocomo.co.jp/campaign_event/tokai/ncf_award/2015.html)

今回の調査では、観光地の情報提供など、観光をテーマにしたものが多く見られた。観光情報を提供するアプリに、該当施設への移動手段や、経路情報等を提供する機能を追加することで、より使いやすいアプリになると考えられる。

### 3) オープンデータの提供に利用されている技術

#### ① オープンデータを提供する主な方式

オープンデータの提供方式を図 5-19 に記載する。

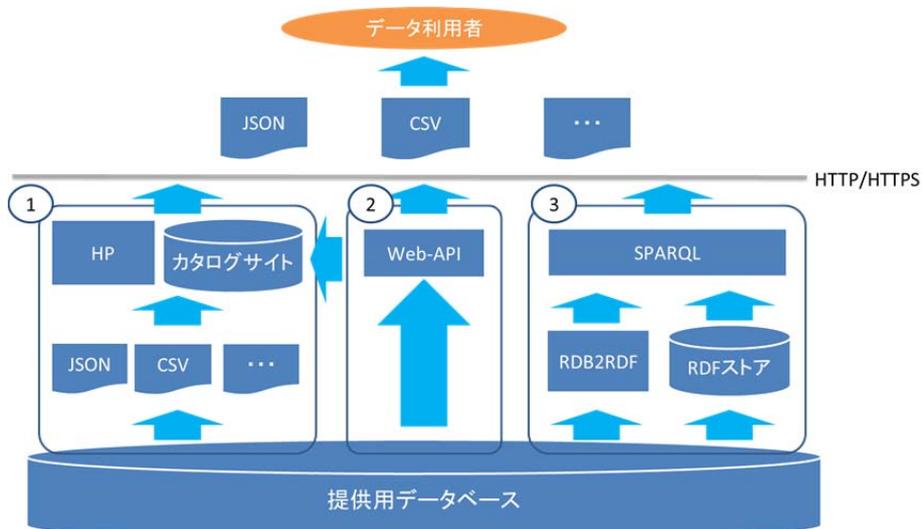


図 5-19 オープンデータの提供方式

#### ① リンクでの提供

既存の HP、もしくはカタログサイトにデータファイルへのリンクを準備することで提供する方式

#### ② Web-API での提供

Web で提供されるインターフェイス (Web-API) を使ってデータを取得する方式

#### ③ SPARQL での提供

Web-API の中でも、特に RDF で記述されたデータを検索・操作するためのクエリである SPARQL を用いてデータを取得する方式

ART 情報センタにおいても、オープンデータで求められている特定のアプリケーションに依存せず、容易に加工可能な機械判読に適したデータと同様の形式で公開する必要がある。そこで、ART 情報センタで求められるデータ公開の技術検討のため、ロンドン交通局の事例を調査した。

② 交通データの API 提供の事例

交通情報の提供に関する事例として、ロンドン交通局が API で提供しているデータを調査した。ロンドン交通局では、アプリの提供だけでなく、オープンデータとして利用できるライセンスのもと、API を提供している。以下に、主な API の概要を記載する。

表 5-10 主な API の概要

No	API の種類	提供データの概要
1	AccidentStats	事故情報（発生個所、事故の種類、等）
2	AirQuality	大気情報（現在の大気情報、予報、等）
3	BikePoint	駐輪場情報（場所、使用率、等）
4	Cabwise	タクシー会社の情報 （予約番号、カード取扱有無、等）
5	CycleSuperhighway	サイクルハイウェイの情報（名前、経路）
6	Journey	指定した区間の移動手段、経路の情報
7	Line	路線情報 （路線名、運行状況、停留所の設備情報、等）
8	Mode	交通手段ごとの情報 （地下鉄やバスごとの到着予測時間、等）
9	Occupancy	駐車場情報 （駐車場名、空き状況、詳細情報へのリンク、等）
10	Place	各種設備、区域の情報 （文字列だけでなく、PNG 形式の画像も取得可能）
11	Road	道路情報（通行禁止区間、混雑状況、等）
12	Search	サイト検索結果
13	StopPoint	停留所情報 （停留所名、運行状況、停留所の設備情報、等）
14	Vehicle	車両情報（次の停留所への到着予測時刻、等）

出典「Transport for London Unified API」<https://api.tfl.gov.uk/>

また、ロンドン交通局では API の利用マニュアルを Swagger（OSS）にて提供している。これにより、単に情報を公開するだけでなく、API を利用する開発者が利用しやすい環境も整備している。

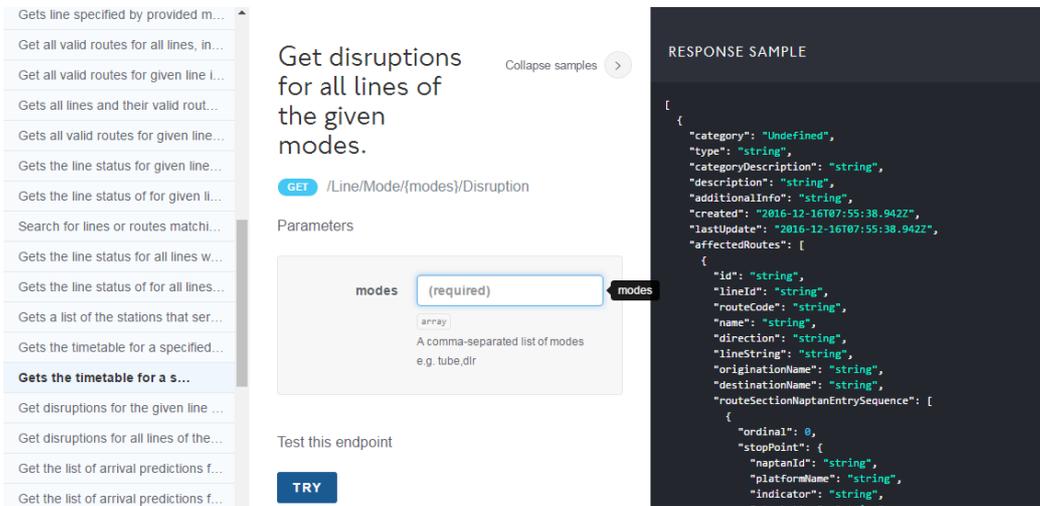


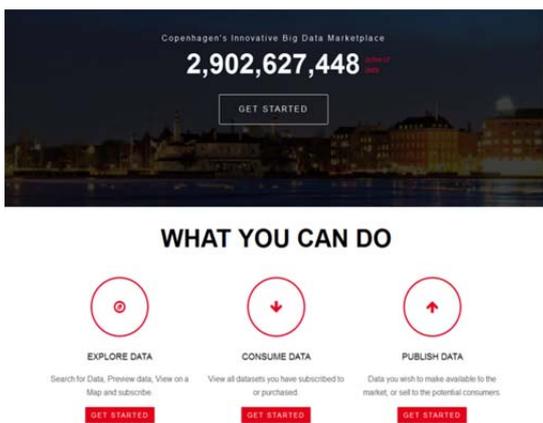
図 5-20 ロンドン交通局の API の利用マニュアル

出典元：<https://api.tfl.gov.uk/>

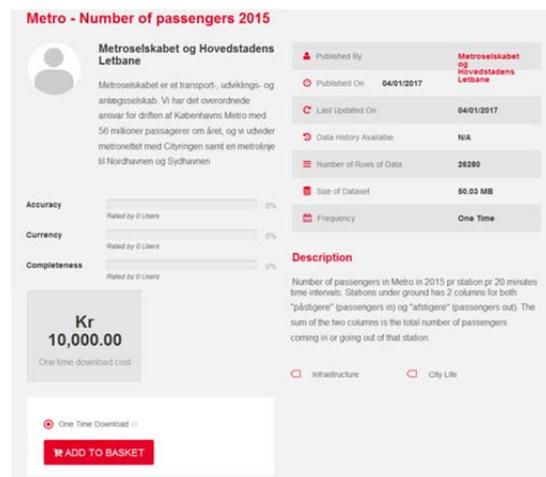
### ③ オープンデータに準じるデータの例

#### City Data Exchange Copenhagen

データのビジネス化の事例として、コペンハーゲン市の事例を紹介する。コペンハーゲン市では、2016年5月に、City Data Exchange Copenhagen（以下 CDE）を開始した。このサービスは、データの販売や購入、共有も行えるデータマーケットプレイスであり、公共機関だけでなく市民や企業も利用できる。



HOME 画面



購入画面

出典：「City Data Exchange Copenhagen」<https://www.citydataexchange.com/#/home>

### Cityscapes Dataset

データのメタ情報を付与して提供している事例として、画像データにラベルを付けて提供している Cityscapes Dataset を紹介する。Cityscapes Dataset では、研究者を対象に、イメージデータに、人や車、と言ったラベルを付与したデータを提供している。



出典元：「Cityscapes Dataset」 <https://www.cityscapes-dataset.com/>

50都市についてのイメージデータが（高精度でラベル付したイメージが5,000枚、ラベル付の精度を落としたものが20,000枚）用意されている。

Group	Classes
flat	road · sidewalk · parking <sup>+</sup> · rail track <sup>+</sup>
human	person <sup>*</sup> · rider <sup>*</sup>
vehicle	car <sup>*</sup> · truck <sup>*</sup> · bus <sup>*</sup> · on rails <sup>*</sup> · motorcycle <sup>*</sup> · bicycle <sup>*</sup> · caravan <sup>++</sup> · trailer <sup>++</sup>
construction	building · wall · fence · guard rail <sup>+</sup> · bridge <sup>+</sup> · tunnel <sup>+</sup>
object	pole · pole group <sup>+</sup> · traffic sign · traffic light
nature	vegetation · terrain
sky	sky
void	ground <sup>+</sup> · dynamic <sup>+</sup> · static <sup>+</sup>

\* Single instance annotations are available. However, if the boundary between such instances cannot be clearly seen, the whole crowd/group is labeled together and annotated as group, e.g. car group.

+ This label is not included in any evaluation and treated as void (or in the case of *license plate* as the vehicle mounted on).

図 5-21 ラベルの定義内容

出典元：「Cityscapes Dataset」 <https://www.cityscapes-dataset.com/>



図 5-22 高精度でラベル付したイメージの例

出典元：「Cityscapes Dataset」 <https://www.cityscapes-dataset.com/>



図 5-23 ラベル付の精度を落としたイメージの例

出典元：「Cityscapes Dataset」 <https://www.cityscapes-dataset.com/>

#### 4) データ公開基盤のまとめ

データ公開基盤の必要機能の検討のため、現在のオープンデータの動向を調査した。その結果、データを単に公開すればよい、というのではなく、データを利用するAPP事業者が利用しやすいようAPIやマニュアルを整備して提供する必要があると考える。

### 5.3.2 データ蓄積・分析基盤の調査・検討

データ蓄積・分析基盤では、データ受信基盤からデータを受け取り、データ公開基盤からの要求に対して、いつでも任意のデータを提供できるように、受信したデータを適切に蓄積・加工・格納しておくことが役割である。

本節では、ART 情報プラットフォームにおけるデータ蓄積・分析基盤が、上述の役割を実行する過程において必要な処理・機能について調査・検討を行った結果を示す。

データ蓄積・分析基盤に求められる要件は以下の通りである。また、データ蓄積・分析基盤の該当箇所を図 5-24 に示す。

**【データ蓄積・分析基盤に求められる要件】**

- ・データ受信基盤で受信したデータを蓄積すること
- ・蓄積したデータをデータ公開しやすい形に加工、格納すること

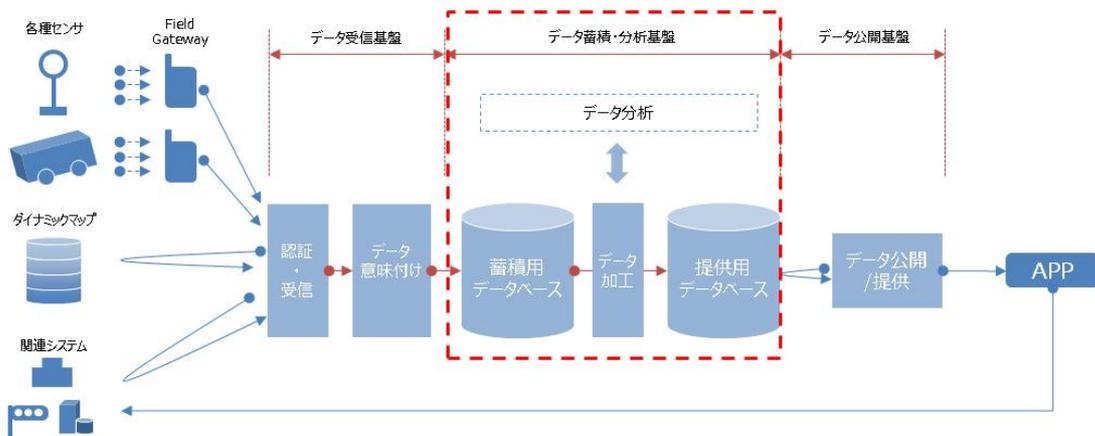


図 5-24 ART 情報プラットフォームにおけるデータ蓄積・分析基盤の役割

本節では、以下の4点に分けて必要な機能と実現方式について調査・検討した

- ① データ蓄積機能に関する調査・検討
- ② データ加工機能に関する調査・検討
- ③ データ分析機能に関する調査・検討
- ④ データ蓄積・分析基盤の構成イメージの検討

## (1) データ蓄積機能に関する調査・検討

データの蓄積にはデータベースを利用する。データの利用方法や、データの種類によって、データベースを選択する必要がある。

### 1) データの利用方法による分類

オペレーション系のアプリケーションでデータが利用される場合は、書き込み、更新、削除、読み出しの処理がトランザクションとして、集計・計算処理なども含めて、一連の処理として実行される。人がアプリケーションを操作し、トランザクションを開始することが多く、レスポンスが重視されることが多い。一方、分析系のアプリケーションでデータが利用される場合は、データの書き込み、読み出しが単一の処理として実行される。また、それらの処理を大量のデータを対象に行う必要があるため、スループット性能が重視されることが多い。

### 2) データの種類による分類

エンタープライズシステムのような、予め扱うデータの種類や量、蓄積期間が決まっている場合、トランザクション処理した後のデータ整合性が重視されることが多い。このようなシステムでは、要求されるスペックを満たすデータベースをサイジングにより決定して構築する傾向が強い。一方、IoT などのように、扱うデータの種類や量、蓄積期間が未知数である場合、データベースの容量や、データを利用する頻度などの変化に耐えられるように、柔軟にスケールアップが可能であるなどの拡張性が重視されることが多い。

上述の 1) 2) と、該当するデータベースの一例を図 5-25 に示す。

		重視する特徴	
		データベースの拡張性(柔軟性)	データの整合性
用途	分析	ユースケース： IoT・ビッグデータシステム <ul style="list-style-type: none"> <li>扱うデータの種類によらず格納が可能</li> <li>大量データを蓄積でき、スケールアウトが容易</li> </ul> <該当するデータベース例> Hadoop, Amazon EMR など	ユースケース： 分析システム <ul style="list-style-type: none"> <li>高速なデータ検索、読み出しが可能</li> </ul> <該当するデータベース例> HIVE, TREASURE DATA, Hitachi Advanced Data Binder など
	オペレーション	ユースケース： ソーシャル・オンラインゲームシステム <ul style="list-style-type: none"> <li>データの分散、スケールアウトが可能</li> <li>データ交換フォーマットにJSON※を利用</li> </ul> <該当するデータベース例> MongoDB, Cassandra, Amazon DynamoDB など	ユースケース： エンタープライズシステム <ul style="list-style-type: none"> <li>トランザクション処理による厳密なデータ整合</li> <li>スケールアップによるデータ増加への対応</li> </ul> <該当するデータベース例> SQL Server, Oracle, HiRDB, Amazon Redshift など

図 5-25 データベースの分類とデータベースの例

ART 情報プラットフォームは、IoT センサから取得するデータ、オープンデータ及び、ダイナミックマップなどのデータを扱うことが想定される。また、格納されたデータは、アプリケーション向けに公開する必要がある。すなわち、ART 情報プラットフォームのデータ蓄積・分析基盤としては、収集されたデータを格納しておく蓄積用データベースと、アプリケーションが利用できるよう整理されたデータを格納しておく提供用データベースが、それぞれ準備してあることが望ましい。ここでは、データ受信基盤から取得し、格納されたデータを1次データ、その後、アプリケーションが利用できるように加工・整理されたデータを2次データと称する。また、1次データは蓄積用データベースに格納され、2次データは提供用データに格納することとする。

アプリケーションへのデータ提供については、5.3.1 のとおり、API を利用したインタフェースを想定している。また、データ受信基盤から取得するデータは、定期的または常に1次データとして格納される。この場合、蓄積用データベース、提供用データベースともに、書き込み、読み出しの処理が実行されることとなる。よって、データ蓄積基盤として準備する2つのデータベースは、スループットを重視した構成が望ましい。

1次データは、データ受信基盤で意味付けされたデータそのものを想定している。センサの数や種類、連携する別のシステムなどが増加すること、1次データは原則消去しないことなどを考慮すると、蓄積用データベースは、扱うデータの構造や量により柔軟に対応できるデータベースを選択すべきである。

2次データは、提供用に加工・整理されたデータを想定している。データの量は増加するが、データの構造は予め定義されており、データ加工機能によって定義された構造に加工される。同時に、データは分析やアプリケーションに利用されるため、提供用データベースは、データの整合性を重視したデータベースを選択すべきである。また、蓄積用データベースと異なり、データ量の増加に伴って運用コストも高くなる傾向がある。よって、提供用データベースは格納されている古いデータから削除するなどの対策を事前に講じておく必要がある。

## (2) データ加工機能に関する調査・検討

ART 情報プラットフォームでは、様々なデータを扱うため、データの受信方法や、受信したデータの形式が異なるデータを扱う必要がある。そのようなデータ群を格納し、公開するためには、適切にデータを加工する必要がある。本節における「加工」とは、Extract（データの抽出）、Transform（データの変換）、Load（データの書き出し）を指し、一般的に「ETL」と称される工程である。

ETL が必要な工程としては、「データ受信基盤から送付されたデータを蓄積用デ

データベースに「1次データとして格納する工程」と「1次データを再構成して提供用データベースに2次データとして格納する工程」の、最低2つが存在する。データの流れと ETL の工程を、図 5-26 に示す。

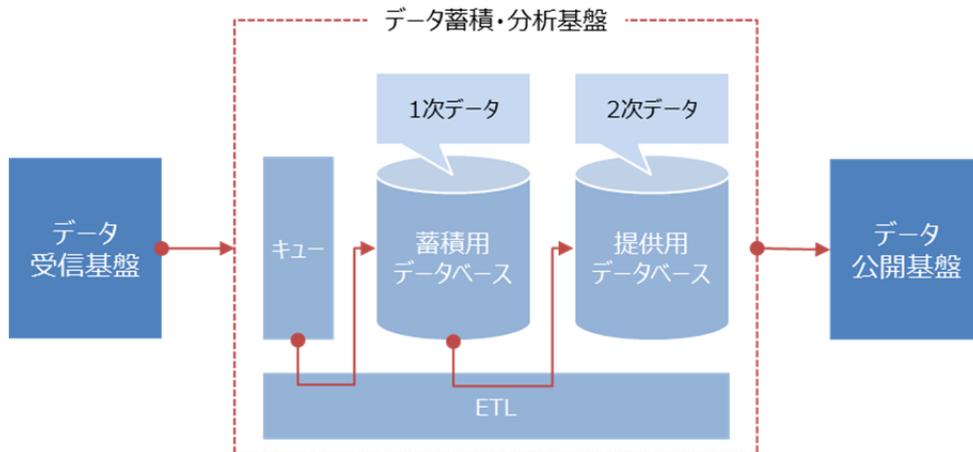


図 5-26 データ蓄積・分析基盤におけるデータの流れと ETL

1) データ受信基盤から送付されたデータを蓄積用データベースに1次データとして格納する工程

IoT センサ群、オープンデータ及び、ダイナミックマップなどのデータは、5.3.1 のデータ受信基盤のとおり ART 情報プラットフォームに収集される。本工程では、それらのデータを1次データとしてデータベースに格納する。データを適切に格納するために、ETL 工程にて以下のような処理を実施する必要がある。

- 受信したデータを取得する
- 格納するデータの種別を判別する。判別結果から、蓄積用データベースの格納場所を決定する
- 蓄積用データベースにデータを書きこむ
- 上記をデータ受信基盤から送られてきたデータがなくなるまで実行する

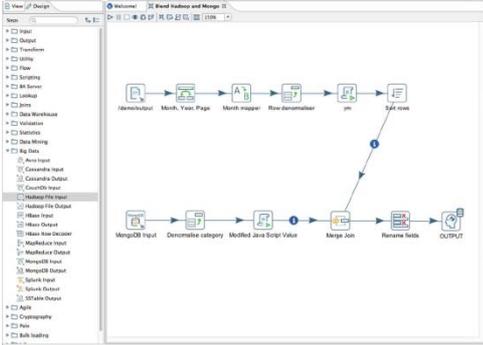
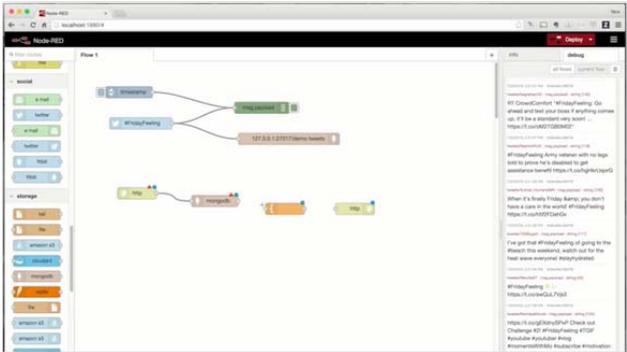
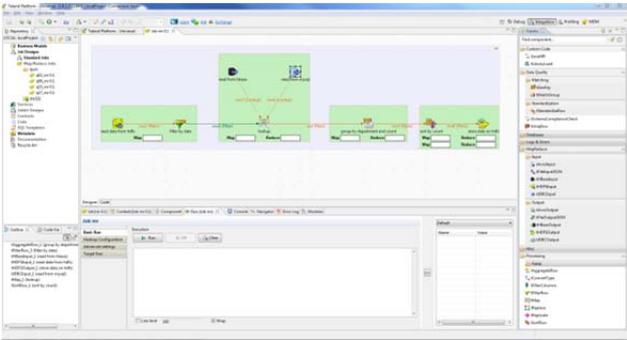
2) 1次データを再構成して提供用データベースに2次データとして格納する工程

API 経由で提供されるデータは、整理されたデータである必要がある。本工程では、1次データを定期的に ETL を実行し2次データに変換し、提供用データベースに格納する。アプリケーションに対してリアルタイムに近い情報を提供するために、2次データについてもリアルタイムに近い頻度で更新される必要がある。1次データを2次データに変換するには、以下のような処理を実施する。

- 蓄積用データベースから、更新されたデータを読み出す
- 提供用データベースのアーキテクチャに沿ってデータを加工する
- 加工したデータを、提供用データベースに書き込む
- 上記を定期的に行う

上述の 1) 2) を実現する ETL アプリケーションの一例を、表 5-11 に示す。

表 5-11 ETL アプリケーションの例

#	アプリケーション名称	アプリケーションの例
1	Pentaho Data Integration	 <p>(出展元：Pentaho ソフトウェア：日立 &lt;<a href="http://www.hitachi.co.jp/products/it/bigdata/platform/pentaho/">http://www.hitachi.co.jp/products/it/bigdata/platform/pentaho/</a>&gt;)</p>
2	Node-RED	 <p>(出展元：Node-RED &lt;<a href="https://nodered.org/">https://nodered.org/</a>&gt;)</p>
3	Talend	 <p>(出展元：Talend リアルタイムオープンソースデータインテグレーションソフトウェア &lt;<a href="https://jp.talend.com/">https://jp.talend.com/</a>&gt;)</p>

### (3) データの分析機能に関する調査・検討

蓄積されたデータはアプリケーションから利用するだけでなく、分析にも利用することを考えておく必要がある。ここでは、分析を「ソフトウェア・アルゴリズムによる分析」と「人による分析」の2つに分けて調査結果を示す。

#### 1) ソフトウェア・アルゴリズムによる分析

ソフトウェア・アルゴリズムによる分析を実施するためには、事前に必要なインプットデータ、アルゴリズム、アウトプットデータを定義する必要がある。ソフトウェア・アルゴリズムによる分析の主な目的は、人に対する通知や、他のシステムに対する制御を実行することである。アルゴリズムに従い、人では実施が困難である複雑な統計解析によってデータの傾向や法則性を明らかにし、その結果によって通知や制御を行うような、高度な定型処理を実行する場合に利用される。実行したい定型処理によって適切なデータとアルゴリズムを選択する必要がある。ソフトウェア・アルゴリズムによる分析の例について表 5-12 に示す。また、近年では、ディープラーニングや人工知能に関する研究、実績も多くリリースされてきており、活用が期待される。

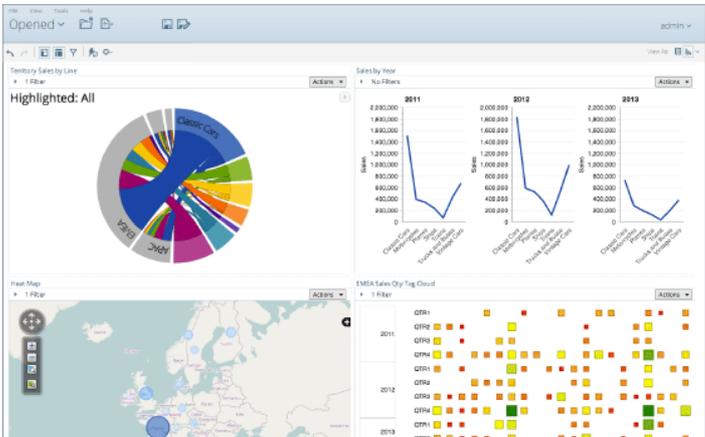
表 5-12 ソフトウェア・アルゴリズムによる分析の例

#	分析の例	概要
1	画像解析	画像センサから随時取得されるデータと、同じ場所を撮影した正常時のデータを比較することによって、画像を取得した地点の状態が正常か異常かを自動的に判断し、通知を実施することが可能
2	機械学習による故障予兆検知	各種機器のセンサから取得されるデータを蓄積しておき、その機器の診断モデルを作成する。新たにセンサからデータを取得した際に正常か、そうでないかを自動で診断することで、機器の先手保守を実施。突発的な機器トラブルによる停止や、不要な点検などの回数を削減することが可能

## 2) 人による分析

人による分析を実施するためには、蓄積されたデータを「可視化」する必要がある。人は可視化されたデータから気づきを得て、具体的な行動を検討・実行する。機械による分析とは違い、状況の把握やトラブルシューティング、原因究明など、非定型な業務に利用される。データの可視化には、専用のツールが存在しており、人が見て判断を下すうえで、視認性の良いツールを選択する必要がある。ここでは、データの可視化ツールの例を表 5-13 に示す。

表 5-13 データ可視化ツールの例

#	ツール名称	可視化の例
1	Pentaho	 <p>(出展元：Pentaho ソフトウェア：日立  <a href="http://www.hitachi.com/products/it/bigdata/platform/pentaho/">http://www.hitachi.com/products/it/bigdata/platform/pentaho/</a>)</p>
2	QlikView	 <p>(出展元：Business Intelligence データ ビジュアライゼーション ツール Qlik  <a href="http://www.qlik.com/">http://www.qlik.com/</a>)</p>
3	MotionBoard	 <p>(出展元：IoT データもリアルタイムに可視化 BI ツール MotionBoard   ウイングアーク 1st  <a href="http://www.wingarc.com/product/motionboard/">http://www.wingarc.com/product/motionboard/</a>)</p>

#### (4) データ蓄積・分析基盤のまとめ

(1) (2) (3) の調査・検討結果から、データ蓄積基盤は、以下のような構成とすることが望ましいと考えられる。

- 分析系のデータベースを、データ蓄積用とデータ提供用で使い分ける。データ蓄積用は、データ量の増加に柔軟に対応可能なデータベースを採用し、データ提供用は、複数のアプリケーションから同時に利用できるよう、整理されたデータを高速で読み出し可能なデータベースを採用する。
- 扱うセンサの数やデータ量の増加に耐えられるように、ETL 工程についても、拡張性に考慮した環境を整備する。
- 高度な統計処理の実行結果や、可視化されたデータを利用することを想定し、データ分析のための環境を整備する。

データ蓄積・分析基盤の構成イメージを図 5-27 に示す。

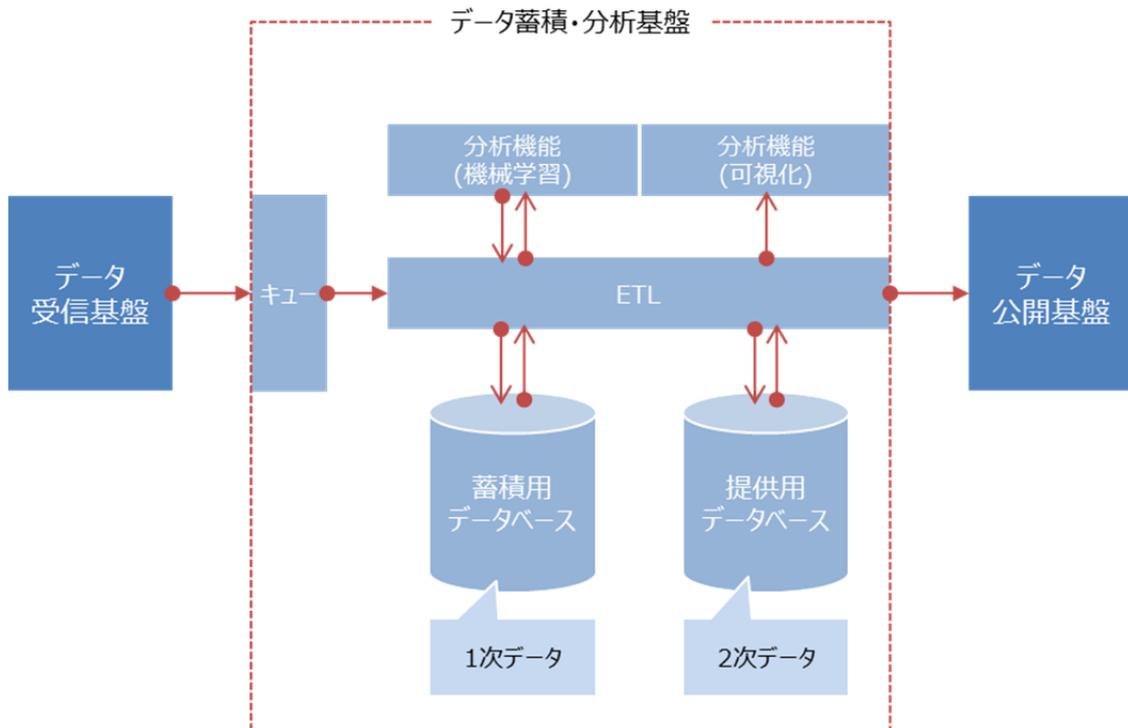


図 5-27 データ蓄積・分析基盤の構成イメージ

### 5.3.3 アプリケーション開発者支援基盤の調査・検討

ART 情報プラットフォームに蓄積されたデータを最大限活用するためには、一般の人が生活の中で利用できるアプリケーション群が必要である。そのため、ART 情報プラットフォームでは、アプリケーション開発者を支援する開発・実行環境（アプリケーション開発者支援基盤（以下、AP 開発者支援基盤）を整備する。

本節では、ART 情報プラットフォームにおける、AP 開発者支援基盤が上述の役割を実行するために必要な機能について調査・検討を行った結果を示す。

#### 【基盤に求められる要件】

- ・アプリケーション開発者に対して開発に必要な環境を提供すること
- ・アプリケーション開発者に提供した環境の管理を行うこと

#### 【調査・検討項目】

- ・必要な環境の提供方法調査
- ・必要なツールの調査

#### (1) アプリケーション開発者支援基盤の例

ART 情報プラットフォームに蓄積されているデータを利用したアプリケーションを開発し、公開したいと考えている事業者や開発者が、アカウント登録を行うことで、アプリケーションの開発や公開ができる基盤が、AP 開発者支援基盤である。従来、アプリケーションを開発・公開する場合には、ハードウェア構成を含む要件定義や設計、資産の購入などが必要であった。近年は、予め用意された実行環境にプログラムを配置することで公開できる、クラウドベースのプラットフォーム（Platform as a Service : PaaS）が主流になりつつある。これらの例を調査した結果について示す。

##### 1) ソーシャルゲームアプリケーションプラットフォーム

一般ユーザが利用できるスマートフォンや PC の Web ブラウザ向けのゲームアプリケーションを開発・公開するためのプラットフォームである。本節ではグリー株式会社の「GREE Platform」と、株式会社ディー・エヌ・エーの「mobage オープンプラットフォーム」を一例として紹介する（図 5-28、図 5-29）。これらのプラットフォームは、誰でもアカウントを登録することで、開発に必要なツールや組み込むことのできる共通的な機能を利用できる。また、開発したアプリケーションを申

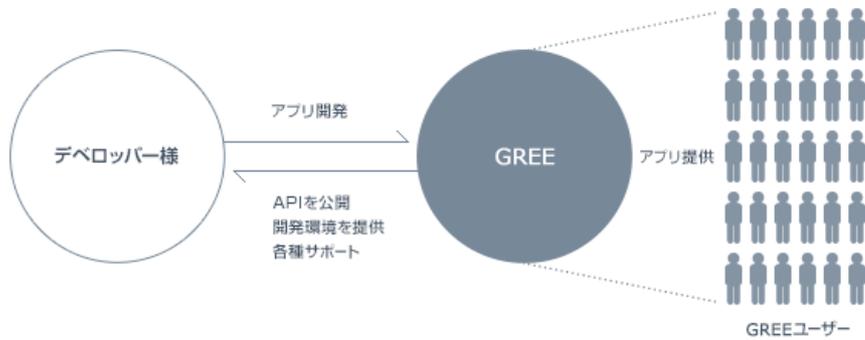
請することで、プラットフォーム提供者の審査を経て公開することができる。開発者はプラットフォームを無料で利用できることも特徴である。

## 2) ビジネスアプリケーションプラットフォーム

アカウントを登録することで、プラットフォームが利用可能になり、アプリケーションを開発できるようになることは 1) と同様であるが、プラットフォーム自体をビジネスとして公開しており、以下のような点が異なっている。

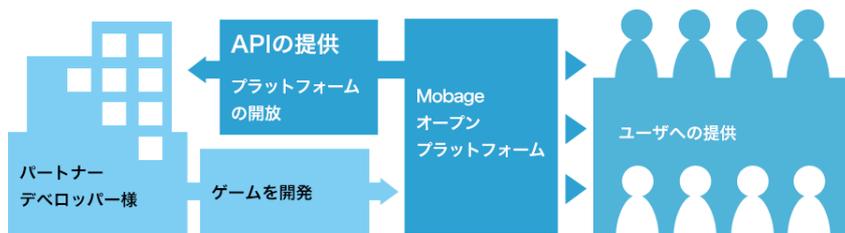
- 開発者はプラットフォームの利用料金を支払う必要がある
- セキュリティを確保するためのツールが提供されている
- 開発者同士のコミュニケーション機能やプログラムの共有機能などが実装されている
- 他のプラットフォームとの連携機能が提供されている場合がある

本節では、IBM 社の「Bluemix」と、Salesforce 社の「Heroku」を一例として紹介する（図 5-30、図 5-31）。これらのプラットフォームで開発されるアプリケーションは、企業活動の中で利用されることを想定しているものも多い。



（出展元：GREE Platform - GREE Developer Center < <https://docs.developer.gree.net/ja/platform/>>）

図 5-28 GREE Platform の提供形態



パートナー登録の流れ

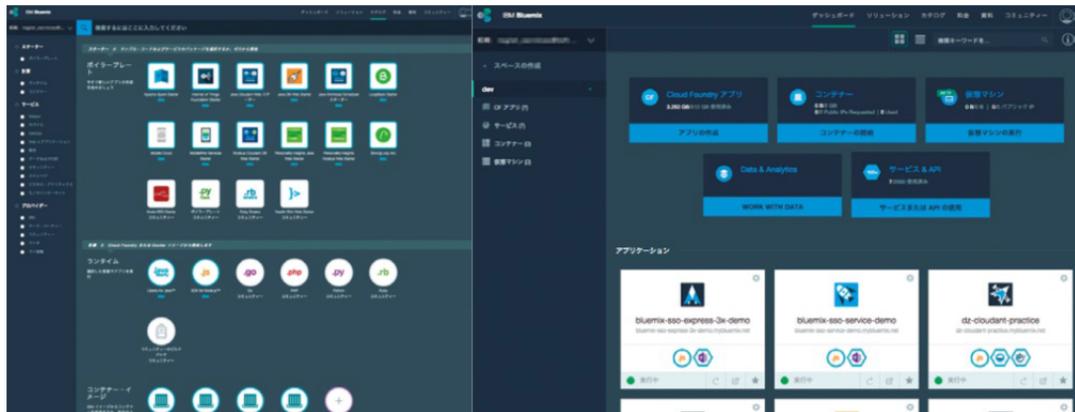


アプリ公開の流れ



（出展元：Mobage Developers Japan < <https://developers.mobage.jp/>>）

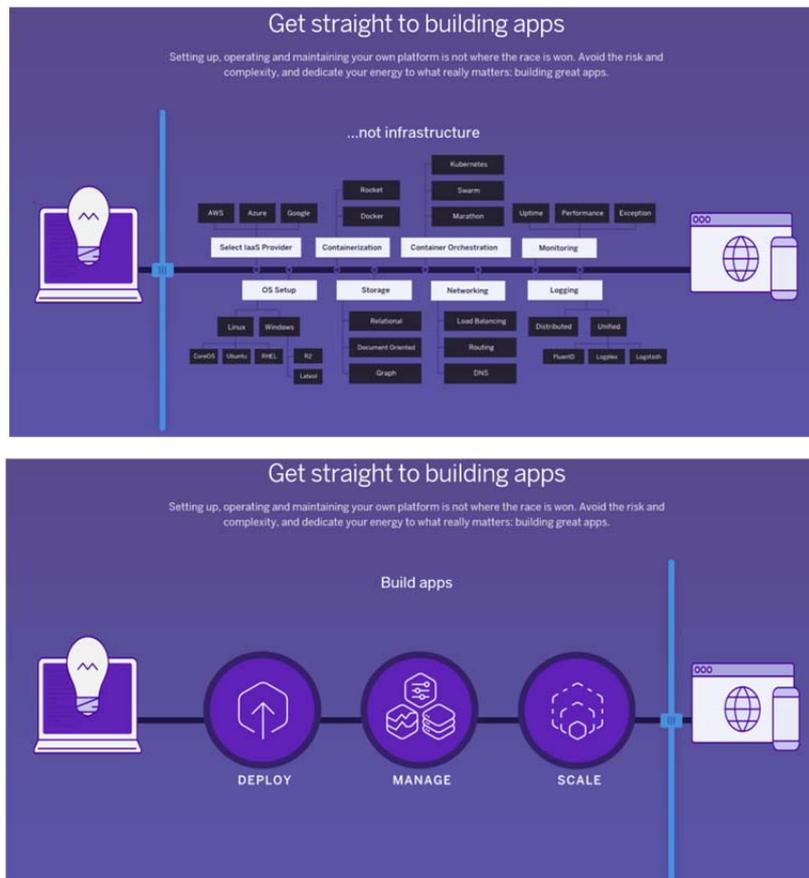
図 5-29 mobage オープンプラットフォームの提供形態と公開までの流れ



Bluemix ポータルにはアカウント登録することでアクセス可能になる。ポータルサイトでは、各種プログラムのテンプレートや、コンピューティングリソースの調達、アプリケーションの詳細情報などを確認することができる。

(出展元：IBM Bluemix デベロッパーズ・ラウンジ – Japan  
 <<https://www.ibm.com/cloud-computing/jp/ja/bluemix/developerslounge/>>)

図 5-30 Bluemix のポータル画面例



(出展元：Cloud Application Platform Heroku <<https://www.heroku.com/>>)

図 5-31 Heroku 利用前（上）と、利用後（下）の開発フローの変化イメージ

## (2) アプリケーション開発者支援基盤で提供する機能の調査・検討

ART 情報プラットフォームでは、データ公開基盤の API を利用することで、蓄積されているデータを呼び出すことが可能である。アプリケーションを AP 開発者支援基盤上で開発する際には、この API を活用する。ここでは、API 以外の観点で、(1) で調査したプラットフォームを参考に、効率よくアプリケーションを開発するために AP 開発者支援基盤で提供する機能について、調査・検討した結果を示す。

AP 開発者支援基盤として、開発者向けに提供すべき機能案を表 5-14 に示す。また、各機能の中で提供する内容例について、図 5-32 に示す。

表 5-14 AP 開発者支援基盤の機能案

#	機能の名称	機能の概要
1	アプリケーション開発支援機能	開発者登録した人が ID、パスワード認証後に閲覧可能になる Web ポータルの提供や、開発者がチームで、効率よくプログラム開発・テスト・改修を実施できる環境（ヘルプデスクやコミュニティなど）を提供する。
2	アプリケーション公開機能	アプリケーションを公開し、一般ユーザがそれらを利用できる環境を提供する。
3	アプリケーション運用機能	開発者が AP 開発者支援基盤上で開発したアプリケーション向けの稼働状況、監視、課金の情報などを管理できる運用機能を提供する。また、アプリケーションの脆弱性検査機能や、不正アクセス等の脅威監視機能を提供する。

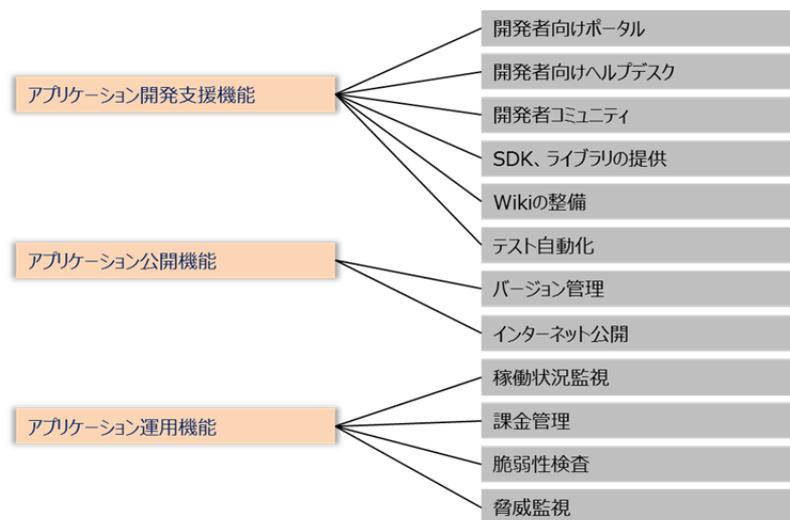


図 5-32 AP 開発者支援基盤の各機能の内容例

プラットフォームそのものの初期投資・運用のコスト削減を目的として、近年はオープンソースソフトウェアを活用するケースが増えており、ART 情報プラットフォームにおいても、同様にオープンソースソフトウェアを活用することが望ましいと考える。AP 開発者支援基盤に必要と考えられるオープンソースソフトウェアの例を表 5-15 に示す。

表 5-15 AP 開発者支援基盤向けのオープンソースソフトウェアの例

#	ツールの総称	ツールの例
1	プロジェクト管理・成果物管理ツール	<ul style="list-style-type: none"> <li>• REDMINE</li> <li>• Trac</li> </ul>
2	ソース管理ツール	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GitHub</li> <li>• Subversion</li> </ul>
3	自動実行ツール	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hubot（タスク自動実行）</li> <li>• Drone（継続的インテグレーション）</li> </ul>
4	デプロイ管理ツール	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Heaven</li> <li>• dodai-deploy</li> </ul>
5	コミュニケーションツール	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rocket Chat（チャット）</li> <li>• GitHub（ソース公開、コミュニティ）</li> <li>• PukiWiki（Wiki）</li> </ul>

### (3) AP 開発者支援基盤のまとめ

アプリケーションの開発は、(2) に示すような機能を利用して実施される。このようなツールを活用し、積極的に自動化を行うことで、アプリケーション開発スピードの向上が見込まれる。効率化によって生まれた時間をアプリケーションの課題解決や、別のアプリケーションの構想などに利用してもらうことで、ART 情報プラットフォーム上全体のアプリケーション開発スピード向上を狙う。

一方で、上述のような環境を各開発者それぞれに個別に準備することは、開発スピード向上の妨げとなるため、Web ポータルから、アプリケーション開発者の申請によって自動で開発環境がデプロイ、もしくは利用権限が付与されるような、PaaS（Platform as a Service）や SaaS（Software as a Service）の形態で提供する方法が有効である。AP 開発者支援基盤の構成イメージを図 5-33 に示す。

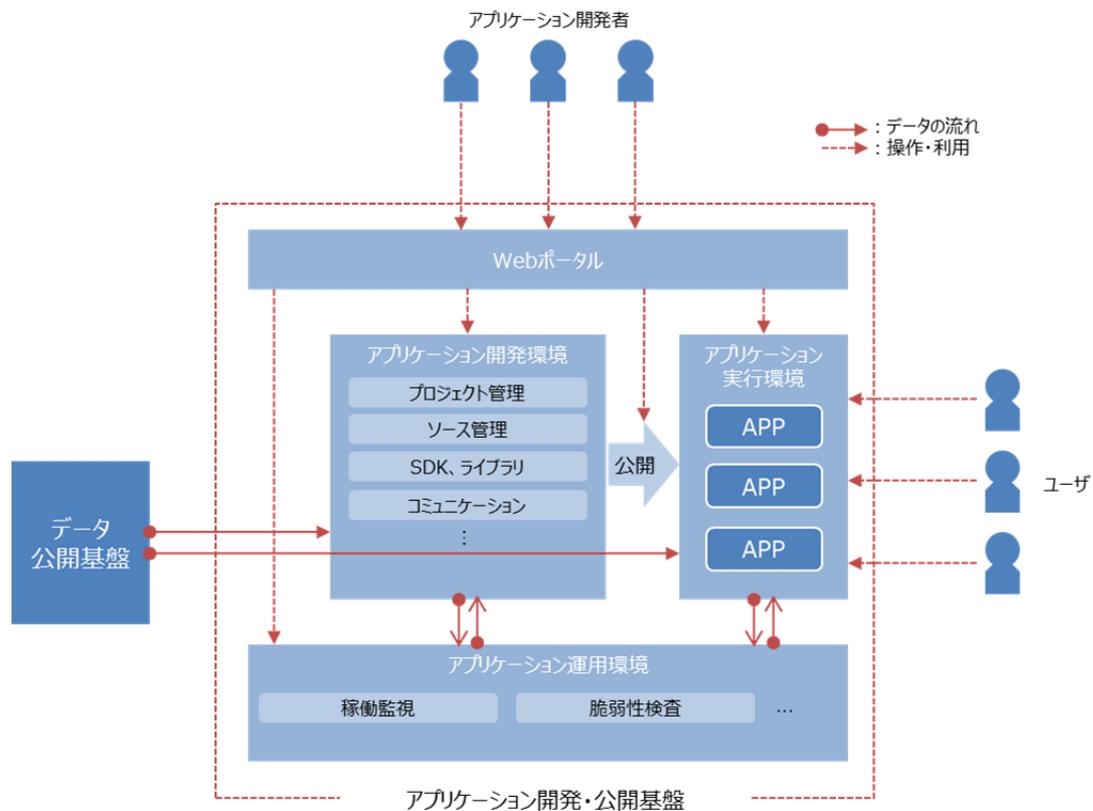


図 5-33 アプリケーション開発者支援基盤の構成イメージ図

#### (4) AP 開発者支援基盤の課題

アプリケーション開発を支援するツール群として OSS を活用する場合、問題が発生した際のサポートなども受けにくい。OSS 同士の連携なども含め、実績のある OSS の組み合わせなどを選択するべきである。また、OSS は開発スピードが非常に早く、ライフサイクルが短期である場合や、次々にバージョンアップを繰り返す場合も多い。そのため、利用する OSS によっては、アップデートなどの運用や、トラブルシュートの手順を頻繁に確認する必要があると考えられる。なお、本課題は、AP 開発者支援基盤に限らず、OSS を活用する場合に発生する可能性がある。

### 5.3.4 運用管理基盤の調査・検討

本節では、ART 情報プラットフォームの運用管理基盤について調査・検討を行った結果について示す。運用管理基盤とは、ART 情報プラットフォームに設けるデータ受信基盤、データ公開基盤、データ蓄積基盤、アプリケーション開発者支援基盤の監視を行う「ART 情報プラットフォームの監視基盤」と、ART 情報プラットフォームで扱うデータや環境のセキュリティ対策を実施する「セキュリティ基盤」と、APIやART 情報センタから提供するデータを用いて開発されたアプリケーションを管理するための「AP 開発者（API 提供先）管理基盤」で構成される。

#### (1) ART 情報プラットフォームの監視基盤の調査・検討

ART 情報プラットフォームの監視基盤に求められる要件は、以下の通りである。

##### 【基盤に求められる要件】

- ・ ART 情報プラットフォームの稼働監視を行うこと
- ・ ART 情報プラットフォームのリソース監視を行うこと
- ・ ART 情報プラットフォームのリソース使用量等に基づいて、スケールアウト/スケールアップを行うこと

ART 情報プラットフォームは、通常の情報プラットフォーム同様、情報処理を行うハードウェアとソフトウェアで構成される。よって、その監視基盤についても、通常の情報システムに適用されるのと同様のシステム監視技術が必要である。一方、ART 情報プラットフォームが果たす役割を考えると、その可用性や拡張性についても考慮が必要である。そこで、監視基盤については、以下の項目について調査・検討を実施した。

##### 【主な調査・検討項目】

- ・ 監視基盤の要件に関する調査・検討
- ・ 監視基盤の実現方式に関する調査・検討
- ・ 可用性強化に関する調査・検討
- ・ 拡張性強化に関する調査・検討

## 1) 監視基盤の要件に関する調査・検討

監視基盤では、以下のような内容について、24時間／週7日間、状態の監視を可能にする必要がある。

### ① ハードウェア監視

機器や装置のハードウェア稼働状況を監視して、故障を検知する。

### ② リソース監視

各サーバに搭載されているCPU、メモリー、ディスク等のリソースの使用量を監視して、リソースの枯渇状態を検知する。

### ③ プロセス監視

各サーバで実行されているプロセスの実行状態を監視して、注視するプロセスの稼働状況と不稼働状態を検知する。

### ④ メッセージ監視

システムログやエラーログの状況を監視して、システムの異常を検知する。

### ⑤ ネットワーク監視

システム内外のネットワークの状況を監視して、通信の異常を検知する。

### ⑥ データ監視

ART情報センター固有のデータ管理指針に基づいて、データの監視を行う。

## 2) 監視基盤の実現方式に関する調査・検討

監視基盤の実現に当たっては、以下のような内容について考慮する必要がある。

### ① 集中監視

ART情報プラットフォームの全体を、一つの統合コンソールから把握できるように実装する。

### ② 予防保守

監視基盤自体は、24時間／週7日間稼働させる必要があることから、監視基盤自体の監視も必要である。機器や装置の故障を事前に予測して、予防保守が行えるように実装する。

### ③ 耐障害性向上

監視基盤自体、正系と副系、若しくは多重化構成で冗長化し、耐障害性が高くなるように実装する。

## 3) 可用性強化に関する調査・検討

### ① フェイルセーフ機能

上記 2) ③のように、システム監視を二重化、若しくは多重化しても、万一の同時多重障害は起こり得る。そのような場合に備えて、臨時の代替監視機能についても考慮しておく。

### ② ディザスターリカバリー

ART 情報プラットフォームとその監視基盤を耐障害性高く実装しても、大規模災害が起きた場合は、早期の復旧が困難になる可能性がある。そのような場合に備えて、ディザスターリカバリー（※）についても考慮しておく。

※一例として、ART 情報プラットフォームの機能の全部または一部を、遠隔地に複製して、一方を正系、他方を副系とし、常時データの同期を取っておく方法が考えられる。万一、一方が被災した場合は、他方で業務を継続する。

## 4) 拡張性強化に関する調査・検討

ART 情報プラットフォームのリソースが枯渇した場合に備えて、リソース監視結果の中・長期的な履歴等を踏まえて計画的にリソースを増強するほか、短期的なリソース使用量等に応じて動的にリソースを増強する方法についても考慮が必要である。特に、動的なリソース増強については、クラウド技術を適用することで、使用する仮想サーバのスケールアウトやスケールアップが可能になる。

また、ART 情報プラットフォームの中で特にデータ受信基盤、データ蓄積・分析基盤では、通常のサーバによる処理機能のほか、並列処理や分散処理を行う機能についても考慮が必要である。拡張性が求められる可能性が高い箇所を図 5-34 に示す。

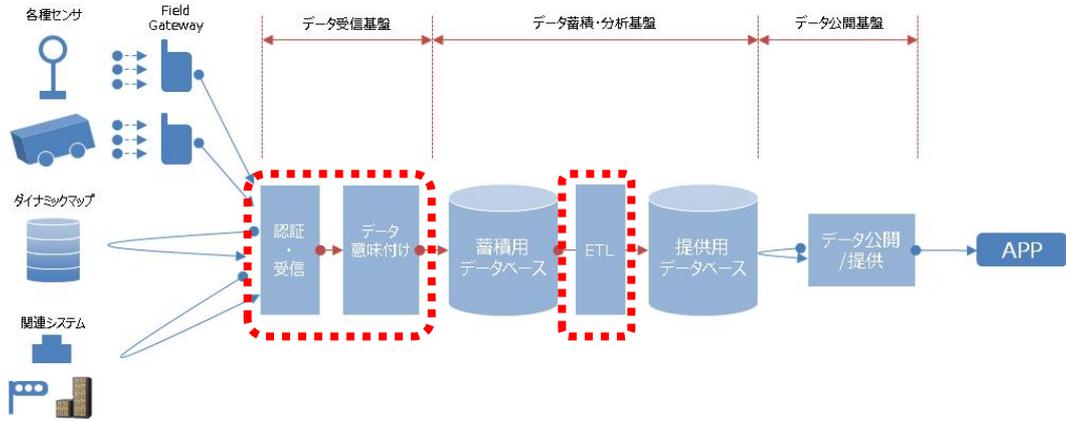


図 5-34 拡張性強化が求められる箇所

## (2) ART 情報プラットフォームのセキュリティ基盤の調査・検討

ART 情報プラットフォームのセキュリティ基盤に求められる要件は、以下の通りである。

### 【基盤に求められる要件】

- ・ ART 情報プラットフォームのセキュリティ確保を行うこと

ART 情報プラットフォームは、通常の情報プラットフォーム同様、様々な脅威に対してセキュリティを確保する必要がある。また、ART 情報プラットフォームのインターフェースを介して、各種センサーや関連システムともデータ連携することから、IoT デバイス（IoT 機器）や IoT システムに関するセキュリティについても考慮が必要である。そこで、セキュリティ基盤については、以下の項目について調査・検討を実施した。

### 【主な調査・検討項目】

- ・ セキュリティ基盤の要件に関する調査・検討
- ・ セキュリティ基盤の実現方式に関する調査・検討

## 1) セキュリティ基盤の要件に関する調査・検討

セキュリティ基盤では、以下のような内容について、セキュリティを確保するための対策を実施する必要がある。

### ① IoT デバイスのセキュリティ

情報を集めるためにネットワークに接続された IoT デバイスは、物理的、若しくは、ネットワークを介して外部から攻撃を受ける可能性が高い。そのため、まず、IoT デバイス単体でセキュリティを高める必要がある。

ただし、IoT デバイス単体では、実装上の制約から十分なセキュリティを確保できない可能性もあるため、セキュリティ基盤側でセキュリティ対策を補完する必要がある。また、IoT デバイスが、静止体に設置されたものか、移動体に設置されたものか、企業や官公庁によって管理されているものか、個人で管理するものか、によって要件が異なるので注意を要する。

※なお、IoT デバイス単体でのセキュリティについては、本項調査・検討の対象外とする。

## ② IoT システムのセキュリティ

IoT 情報を集めるために複数の装置や機器を組み合わせた IoT システムにおいても、同様にセキュリティ対策を実施する必要がある。IoT システムでは、システム内のセキュリティ、システム構成要素としての IoT デバイスのセキュリティのほか、ネットワークを介して接続するシステム外部とのセキュリティ対策を実施する必要がある。

## ③ IT システムのセキュリティ

IoT 情報を集約し、それを活用する ART 情報プラットフォームについては、従来から一般の IT システムで実施されているセキュリティ対策を実施する必要がある。

## ④ ネットワークのセキュリティ

IoT デバイス、IoT システム、および IT システムを接続するネットワークについても、従来から実施されているセキュリティ対策を実施する必要がある。さらに、IoT デバイス、IoT システムとの接続においては、デバイス単体、システム単体のセキュリティを、セキュリティ基盤側からネットワークを介して補完するための対策も必要となる。

## ⑤ 情報セキュリティ

ART 情報プラットフォームで取り扱う情報は、IoT デバイスや IoT システムから収集した情報を、蓄積・分析・加工・見える化して、外部システムへ公開するものである。これらの情報は、通常の IT システムで取り扱う情報と同様に、セキュリティ対策を実施する必要がある。特に、IoT 情報については、IoT デバイスの移動特性や管理面など、IoT 固有の課題があるため、セキュリティ基盤側で対策を補完するための配慮が必要となる。

## 2) セキュリティ基盤の実現方式に関する調査・検討

IoT デバイス、IoT システム、IT システム、およびネットワークを含めた全体セキュリティを確保するため、セキュリティ基盤では、以下のような項目についてセキュリティ対策を実装する。なお、具体的なセキュリティ対策の実現方式については、既に各所から各種の情報セキュリティガイドラインが発行されているので、それらを参照することとする。

### ① 物理セキュリティ

まず、セキュリティを確保する物理的な領域や境界を設定して、その領域に対する入退場の管理を行う。セキュリティを確保する領域や境界については、外部環境からの脅威に対する対策を行う。特に、各装置や機器、設備等への物理セキュリティ対策においては、IoT デバイスの特性に応じたセキュリティ対策を行う。

### ② ネットワークセキュリティ

ネットワークセキュリティについては、まず、従来から一般のネットワークで行われている対策を行う。ART 情報プラットフォームと接続する IoT デバイスや IoT システムに対しては、認証による成りすましや不正利用の防止、通信路暗号化による盗聴・改竄防止、FW による不正アクセス防止や DoS 対策を特に強化するなど、IoT デバイスや IoT システムの特性に応じたセキュリティ対策を行う。

### ③ サーバセキュリティおよびクライアントセキュリティ

サーバおよびクライアントセキュリティについては、従来から行われている対策を行う。特に、IoT デバイスや IoT システム側からの悪意を持った攻撃に備えて、脆弱性対策とウイルス対策、認証機能の強化、万一、脅威にさらされた場合のシステムからの隔離機能など、内外の脅威に対するセキュリティ対策を行う。

### ④ データセキュリティ

データセキュリティについては、不正アクセスを防止するための認証や暗号化、改竄や成りすましを防止するための電子署名などのセキュリティ対策を行う。また、収集するデータと公開するデータのウイルス対策を強化する。特に、データセキュリティ対策に適用する暗号技術については、暗号鍵を管理する機能を活用して、暗号鍵の生成・配布・保管・廃棄に関する機能を強化する。

### 3) AP 開発者（API 提供先）管理基盤の調査・検討

AP 開発者（API 提供先）管理基盤に求められる要件は以下の通り。

#### 【基盤に求められる要件】

- ・ 有料で API を公開することを考慮し、API 提供先の管理を行えること
- ・ AP 開発者と ART 情報センターが公開した情報を元に提供された AP を管理できること

本節では要件に基づき、以下の 2 項目について調査・検討した。

#### 【調査・検討項目】

- ・ AP 開発者（API 提供先）の管理に関する調査
- ・ 複数アプリケーションの管理方法に関する調査

### 4) AP 開発者（API 提供先）の管理方法に関する調査

ART 情報センターから提供するデータの提供先である AP を開発する事業者/開発者、API 提供先を管理するためには、利用契約を行う仕組みと課金する仕組み、利用時に認証を行う仕組みが必要となる。また、開発者、API 提供先からの問い合わせに対する対応も必要となる。以降では、各仕組みについて求められる機能を調査した結果を示す。

#### ① 契約管理

- 新規契約申し込みや契約変更の申し込み
  - ・ Web から AP 開発者/API 利用者自身で実施できると利便性が高い
  - ・ 解約は機能としてあってもよいが、AP 開発者/API 利用者自身で解約出来てしまうと解約理由のヒアリング等を実施することが難しくなるため検討の必要がある
- 契約状況の見える化
  - ・ Web 画面を通じて AP 開発者/API 利用者が見たい時に見ることが出来ると利便性が高い

#### ② ユーザ認証

- ID/パスワード等によるユーザ認証
- パスワードの再発行

- アカウントのロック

### ③ 課金管理

- 契約情報に応じた料金計算
  - ・長期利用による割引や纏めて購入する際の割引など、各種割引を求められることが想定されるため、割引にも対応できることが望ましい。
- 請求書の提示/出力
- 料金の回収代行
  - ・ART 情報センターの運用効率を考慮すると、Web での料金徴収や、料金の回収代行が行えることが望ましい。
- 請求書、料金回収状況の確認（ART 情報センター向け）

### ④ ヘルプデスク

- 開発環境や共通部品の使用に関する Q&A 対応
- 利用契約に関する Q&A 対応

## 5) 複数アプリケーションの管理方法に関する調査

ART 情報センターから提供するデータのは各 AP を開発する事業者/開発者に提供され、AP 事業者/開発者によって利用者に提供される。その場合、ART 関連のサービスを利用したいユーザにとって以下 2 点の問題が発生することが想定される。

- ① ART 関連アプリケーションの全体像把握が困難
- ② 複数の ART 関連サービスを利用したい場合、それぞれのリンク先を登録する必要があり利便性が悪い

上記の問題を解決するためには、利用者が ART 関連のアプリケーションを利用するための入り口を 1 つにすることが有効である。利用イメージを図 5-35 に示す。サービスの内容によって、想定される利用者が異なることがあるため、利用者に応じて表示するサービスを取捨選択出来ることが望ましい。

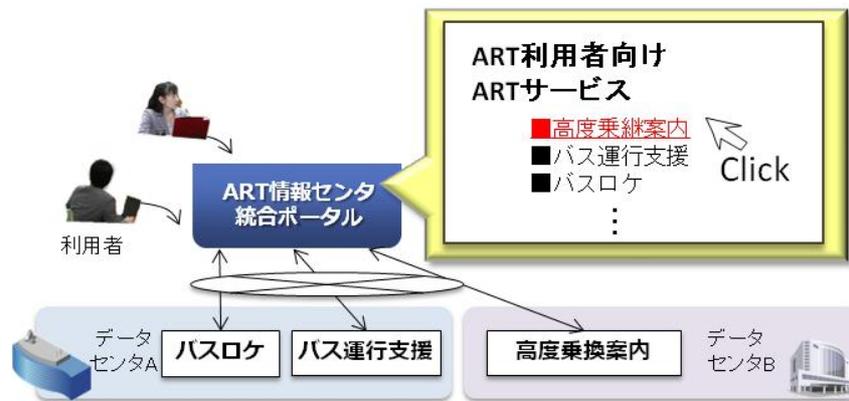


図 5-35 ART 関連のアプリケーションを利用イメージ

### (3) 運用管理基盤のまとめ

運用管理基盤では、監視、セキュリティ、AP 開発者/API 公開先を管理するための環境が必要と考える。セキュリティは物理、サーバセキュリティクライアントセキュリティ、データセキュリティという複数の階層での対策が必要となる。AP 開発者/API 公開先としては、ART 情報センターと AP 開発者/API 公開先の間で発生する契約や課金管理だけでなく、ART 情報センターで提供した情報元に開発されたアプリケーションを把握するための共通の入り口についても設ける必要があると考える。

## 5.4 ART 情報センターのまとめと課題

### 5.4.1 プラットフォーム機能要件の整理・検討結果

5章ではART情報プラットフォームで持つべき機能について調査・検討を行った。その結果ART情報プラットフォームとして持つべき基盤と関連システムとの関係性を纏めたものが図5-36である。

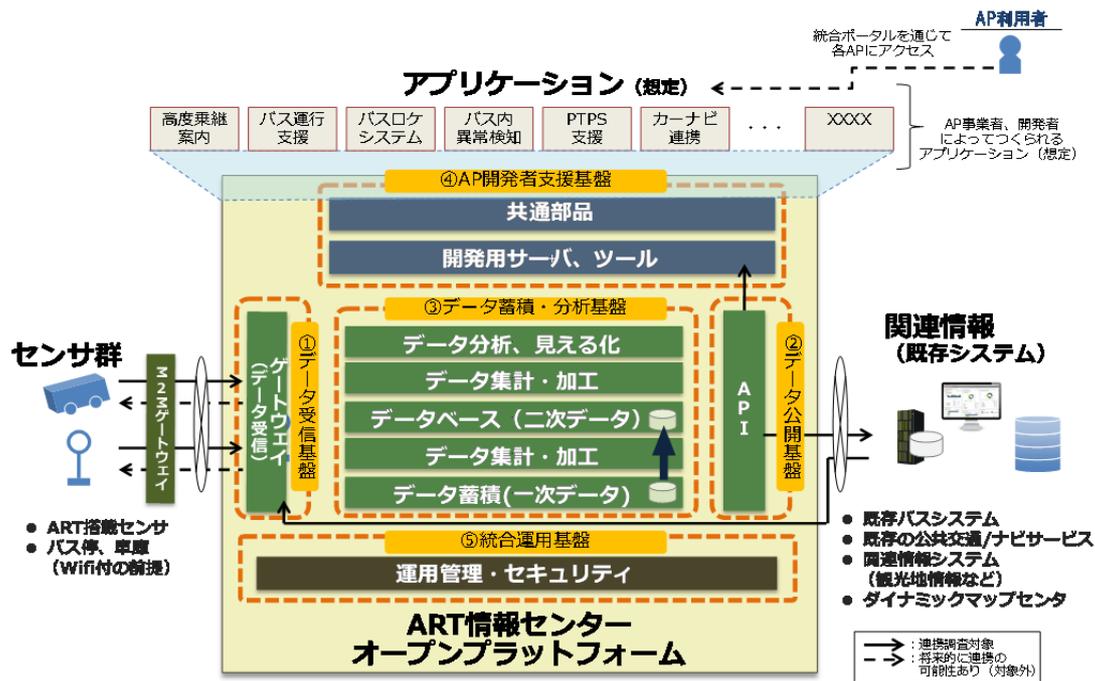


図 5-36 ART 情報プラットフォームの全体像

機能要件にあたるデータ受信基盤、データ公開基盤、データ蓄積・分析基盤のシステム概要図を図5-37、基盤の調査結果を表5-16に示す。

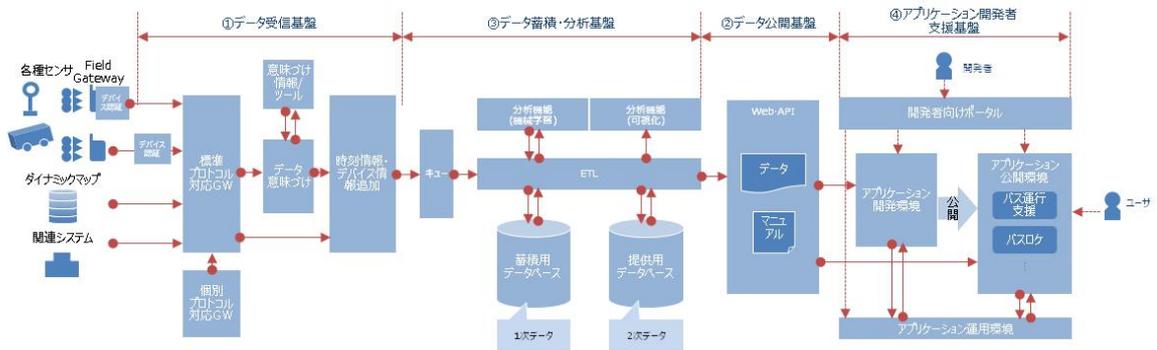


図 5-37 データ受信基盤、データ公開基盤、データ蓄積・分析基盤の概要図

表 5-16 データ受信基盤、データ公開基盤、データ蓄積・分析基盤の調査結果

#	中分類	基盤名称	調査結果
①	インタフェース	データ受信基盤	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HTTP、MQTTの通信プロトコルを標準でサポートする必要があると考えられる。異なるプロトコル対応が発生した場合は個別GWに対応。</li> <li>• データ受信時にはデータ送信元の「認証」や、「データ意味付け」の処理が必要である。また「時刻情報」を付加する必要がある。</li> <li>• 各種センサからの通信はインターネットやモバイル回線等が利用されているため、引き継ぎが必要である。ART情報センターを活用する優位性を出すためには、特定利用者向け通信回線などを準備・提供することが有効と考えられる。</li> </ul>
②		データ公開基盤	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 「オープンデータ2.0-官民一体となったデータ流通の促進」など政府によるオープンデータ方針あり、のっとなって構築する必要がある。</li> <li>• オープンデータコンテストや、API公開など優れた事例があり、参考にする必要あり。特にロンドン交通局の事例が特に優れている。</li> <li>• 単にデータを公開するだけではなく、アプリケーション開発者が利用しやすいように、マニュアル等を整備する必要がある。</li> </ul>
③	データ蓄積	データ蓄積・分析基盤	<ul style="list-style-type: none"> <li>• データ蓄積用（一次データ）とデータ提供用（二次データ）のデータベースを使い分ける必要がある。</li> <li>• 扱うセンサの数やデータの量の増加に耐えられるような、拡張性のあるETL環境とデータベースを整備する必要がある。</li> <li>• 高度な統計処理の実行結果や可視化されたデータを提供することを想定し、必要に応じてデータ分析の環境を整備する必要がある。</li> </ul>
④	AP開発支援	AP開発者支援基盤	<ul style="list-style-type: none"> <li>• クラウドベースのアプリケーション開発者向けプラットフォームを整備し、開発支援機能、公開機能、運用機能を提供するべきである。</li> <li>• プロジェクトソース管理、自動実行、デプロイ、コミュニケーションなどの機能を持つツールを導入することで、アプリケーション開発者が効率的に情報交換や開発を実施できる環境を整備する必要がある。</li> </ul>

### 5.4.2 今後の課題

今後、取り組むべき主な課題として2点挙げられる。

#### (1) ART 情報センター ビジネス化についての検討

ART 情報プラットフォームを通じて AP 事業者／開発者や関連システムへのデータ提供や、管理・運用を行うためには、ART 情報センターを運用する組織（人手）が必要となる。ART 情報センター実現に際しては、ART 情報センターの運用主体と組織について検討することが必要である。

今後、ART 情報センターの運用組織を含めたビジネス化について調査・検討を行うことが必要となる。

#### (2) ART 情報センター 基本機能の検証とサイジングに必要な情報の収集

ART 情報センター実装のためには、今回調査・検討した機能の検証（過不足の確認含む）を行う必要がある。また、ART 情報センターにおいて保管するデータの容量や、処理するサーバなどについてサイジングを行う必要がある。今後、2017 - 2018 年度に予定されている大規模実証実験で必要な機能を中心に、具体的なユースケースを用いた機能検証を行うことが必要となる。

## 第6章 まとめ

---

ART 情報センターの構築に必要な機能の開発に係わる調査・検討・開発のうち、今年度実施した調査・検討業務の成果と今後の課題をまとめる。

## 1. ART 車内情報・センサー情報の活用に関する調査・検討・開発まとめと今後の課題

### (1) ART の各種センサーから得られる情報の調査

車載センサー（カメラ含）情報として取得可能なものは、運行事業者による後付け機器のみであり、ドライブレコーダー等の車載カメラ映像情報である事が判明した。

本業務で得た今後の課題として、新しい運行管理支援や情報提供サービスを実現するうえで車両メーカー搭載センサーも非常に有効な活用方法があると考えられ、有効なセンサーの選定と、その車外配信に向けた関係各所との調整・連携を進めていく必要がある。

### (2) ART から得られる各種情報を活用した運行管理支援及び情報提供サービスの検討・開発

新しい運行管理支援や情報提供サービスとして、運行事業者が有効と考えているものは次のものである事が判明した。

- ・車内満空情報提供
- ・車いす使用者や高齢者への対応（有効な情報提供と、その提供方法）
- ・停留所状況の把握（混雑情報、防犯）

いずれもカメラ映像情報の活用で実現可能と思われるものであり、今年度は車内満空情報提供へのカメラ映像活用可能性を検証する目的で、映像解析検証を実施し良好な結果を得ることができた。

本業務で得た今後の課題として、提供するサービスにより求められる条件や用途によって既存解析技術では難しいものも存在する。今後、新しい解析技術が必要となるサービスを選定し、解析技術開発も含めた情報活用の仕組みを検討していく必要がある。また、上記 1. (1) の課題と関連し、車両メーカー搭載センサー活用サービスの検討を関係各所と連携していく必要がある。

## 2. 外部システムとの連携方法の調査・検討・開発まとめと今後の課題

### (1) ダイナミックマップとの連携方法の検討・開発

ダイナミックマップ側も複数プロジェクトが同時進行しており、連携に関する調査として、ダイナミックマップ構築検討コンソーシアム<sup>(\*)</sup>にインタビューの

結果、連携活用可能性のある情報および、連携方法について以下判明した。

- ・連携活用可能性のある情報

ダイナミックマップのメンテナンスに用いる差分情報

- ・連携方法（インターフェース）については、ダイナミックマップ側として地図会社以外との他システム連携は未検討

本業務で得た今後の課題として、動的・准動的情報の更新頻度を考慮した場合、ダイナミックマップと ART 情報センターの連携要否について継続検討すべきである。また、連携方法（インターフェース）については今後も継続してダイナミックマップ側との検討・調整が必要である。

(\*1) SIP 自動走行システム：内閣府 1①「自動走行システムの実現に向けた諸課題とその解決の方向性に関する調査・検討におけるダイナミックマップ構築に向けた試作・評価に係る調査検討」を受託

## (2) 乗り継ぎ案内の検討

新たな乗り継ぎ案内として、統合都市交通シミュレーションを活用した高度な乗り継ぎ案内を目指し道路交通・鉄道の各シミュレーション連携を検討した。検討結果としてダイナミックマップなど外部データと連携することで、高度な乗り継ぎ案内が実現できる見通しを得た。

本業務で得た今後の課題として、統合都市交通シミュレーションの実現には道路交通・鉄道のデータ紐付けが必要であり、引続き連携方法の検討・評価が必要である。また、高度な乗り継ぎ案内の実現に必要な統合都市交通シミュレーションとの外部情報入出力を行うための要件検討も進めていく必要がある。

## 3. プラットフォーム機能（管理・運用・連携方法、インターフェース等）の要件の整理・検討・開発まとめと今後の課題

### (1) プラットフォーム機能要件の調査・整理

ART 情報センタープラットフォームの調査・検討結果として以下を整理した。

- ・プラットフォームの役割と提供する機能の定義
- ・オープンプラットフォームとしての全体像、機能構成、機能要件および、使われ方（利用者から見た利用イメージ）

本業務で得た今後の課題として、プラットフォームの管理・運用には組織（管理・運用者）が必要と考えられ、今後のビジネス化に向けた検討テーマと合わせ、管理・運用方法について検討が必要である。また、今年度成果の機能要件に対する過不足、システム規模について、今後の実証実験計画と合わせ、適正を検証していく必要がある。

## 第7章 參考資料

---

一般的な車載センサー一覧

No	分類			センサー名称	内容 (得られる情報)
	映像情報取得 センサー	社内外 環境情報取得 センサー	車両状況把握 センサー		
1	○			CCDカメラ	ART車室内映像,ART周辺映像
2	○			ステレオカメラ	ART周辺映像(立体)
3		○		赤外線センサー	温度,ART内混雑状況
4		○		レーザーレーダ	物体の検出
5		○		ミリ波レーダ	物体の検出
6		○		地磁気センサ	方向を検出
7		○		各種アンテナ(ラジオ,GPS,VICS他)	
8		○		音響センサ(バックソナー,コーナーソナー)	音波による物体(障害物等)を検出
9		○		衝突検知センサ	衝撃(圧力)を検出
10		○		日射センサ	社内の日射量の強さを検出
11		○	○	ジャイロ	車体状態(向き,傾き,横滑り等)を検出
12		○	○	内気温センサ	車内温度を検出,ART内混雑状況
13		○	○	外気温センサ	社外温度を検出
14		○	○	乗員センサ	シートの乗員の状態(大人,子供,体重等)を検出,ART内混雑状況
15		○	○	スモーク(車内)センサ	車内のタバコ等煙を検出
16		○	○	湿度センサ	湿度を検出
17		○	○	超音波センサ	物体の検出
18			○	車速センサ	走行速度を検出
19			○	加速度センサ	加速度を検出
20			○	角速度センサ	角速度を検出
21			○	ブレーキ圧センサ	ブレーキ圧を検出
22			○	車輪速センサ	車輪の回転速度を検出
23			○	プロペラシャフト	プロペラシャフトの回転数を検出
24			○	スロットル開度センサ	アクセル開度の検出
25			○	ノックセンサ	異常燃焼の検出
26			○	吸気圧センサ	吸入空気圧力の検出
27			○	大気圧センサ	大気圧の検出
28			○	タンク内圧センサ	燃料タンク内の気圧検出
29			○	燃料圧センサ	燃料出力圧力の検出
30			○	燃焼圧センサ	エンジン内の燃焼時等圧力検出
31			○	空気量センサ	燃焼室内への吸入時空気量を検出
32			○	目詰まりセンサ	フィルター等の目詰まり状況を検出
33			○	クランク角センサ	クランクシャフトの回転角を検出
34			○	カム角センサ	カムシャフトの回転角を検出
35			○	回転数センサ	クランクシャフトの回転からエンジン回転数を検出
36			○	着火時期センサ	燃焼室内着火時期を検出
37			○	水温センサ	冷却水温度を検出
38			○	燃料温センサ	燃料温度を検出
39			○	吸気温センサ	吸入空気温度を検出
40			○	排ガス温センサ	排気ガス温度を検出
41			○	O <sub>2</sub> (酸素)センサ	排気ガス中の酸素量を検出
42			○	A/F(空燃比)センサ	排気ガス中の酸素量を検出
43			○	HC(炭化水素)センサ	排気ガス中のHC量を検出
44			○	NOx(窒素酸化物)センサ	排気ガス中のNOx量を検出
45			○	ステアリングセンサ	ステアリング角度を検出
46			○	車高センサ	車体高さを検出
47			○	エアミクスダンパポテンショ	
48			○	セイフイングセンサ	
49			○	エアコン冷媒圧センサ	エアコン配管等の冷媒充填圧力を検出
50			○	タイヤ空気圧センサ	タイヤの空気圧を検出
51			○	オートマチック回転センサ	
52			○	キーレス用アンテナ	リモコンドアロック等の無線通信アンテナ
53			○	光センサ	日光や照明等の光を検出
54			○	エバポレータ出口温センサ	エバポレータ出口の温度を検出
55			○	オートマチック油温センサ	オートマチックオイルの温度を検出
56			○	COセンサ	一酸化炭素の検出

メーカー標準 ART 搭載予定センサー状況一覧

No	分類			センサー名称	内 容 (得られる情報)	調査結果			外部提供有無 (提供有:○ 無:×)
	映像情報取得 センサー	社内外 環境情報取得 センサー	車両状況把握 センサー			ART搭載予定センサー(搭載有:○)	動態監視用センサー	正着制御用センサー (動態監視とは個別に搭載)	
1	○			CCDカメラ	ART車室内映像,ART周辺映像	○		○	×
2	○			ステレオカメラ	ART周辺映像(立体)	○			×
3		○		赤外線センサー	温度,ART内混雑状況	○			×
4		○		レーザーレーダ	物体の検出	○		○	×
5		○		ミリ波レーダ	物体の検出	○			×
6		○		地磁気センサ	方向を検出	○			×
7		○		各種アンテナ(ラジオ,GPS,VICS他)		○		○(GPS)	×
8		○		音響センサ(バックソナー,コーナーソナー)	音波による物体(障害物等)を検出	○			×
9		○		衝突検知センサ	衝突(圧力)を検出	○			×
10		○		日射センサ	社内の日射量の強さを検出	○			×
11		○	○	ジャイロ	車体状態(向き,傾き,横滑り等)を検出	○		○	×
12		○	○	内気温センサ	車内温度を検出,ART内混雑状況	○	○		×
13		○	○	外気温センサ	社外温度を検出	○	○		×
14		○	○	乗員センサ	シートの乗員の状態(大人,子供,体重等)を検出,ART内混雑状況	○	○		×
15		○	○	スモーク(車内)センサ	車内のタバコ等煙を検出	○	○		×
16		○	○	湿度センサ	湿度を検出	○	○		×
17		○	○	超音波センサ	物体の検出	○	○		×
18			○	車速センサ	走行速度を検出	○	○	○	×
19			○	加速度センサ	加速度を検出	○	○	○	×
20			○	角速度センサ	角速度を検出	○	○	○	×
21			○	ブレーキ圧センサ	ブレーキ圧を検出	○	○	○	×
22			○	車輪速センサ	車輪の回転速度を検出	○	○		×
23			○	プロペラシャフト	プロペラシャフトの回転数を検出	○	○		×
24			○	アクセル開度センサ	アクセル開度の検出	○	○		×
25			○	ノックセンサ	異常燃焼の検出	○	○		×
26			○	吸入気圧センサ	吸入空気圧力の検出	○	○		×
27			○	大気圧センサ	大気圧の検出	○	○		×
28			○	タンク内圧センサ	燃料タンク内の気圧検出	○	○		×
29			○	燃料圧センサ	燃料出力圧力の検出	○	○		×
30			○	燃焼圧センサ	エンジン内の燃焼時等圧力検出	○	○		×
31			○	空気量センサ	燃焼室内への吸入時空気量を検出	○	○		×
32			○	目詰まりセンサ	フィルター等の目詰まり状況を検出	○	○		×
33			○	クランク角センサ	クランクシャフトの回転角を検出	○	○		×
34			○	カム角センサ	カムシャフトの回転角を検出	○	○		×
35			○	回転数センサ	クランクシャフトの回転からエンジン回転数を検出	○	○		×
36			○	着火時期センサ	燃焼室内着火時期を検出	○	○		×
37			○	水温センサ	冷却水温度を検出	○	○		×
38			○	燃料温センサ	燃料温度を検出	○	○		×
39			○	吸入気温センサ	吸入空気温度を検出	○	○		×
40			○	排ガス温センサ	排ガス温度を検出	○	○		×
41			○	O <sub>2</sub> (酸素)センサ	排ガス中の酸素量を検出	○	○		×
42			○	AF(空燃費)センサ	排ガス中の酸素量を検出	○	○		×
43			○	HC(炭化水素)センサ	排ガス中のHC量を検出	○	○		×
44			○	NOx(窒素酸化物)センサ	排ガス中のNOx量を検出	○	○		×
45			○	ステアリングセンサ	ステアリング角度を検出	○	○	○	×
46			○	車高センサ	車体高さを検出	○	○		×
47			○	エアミクスダンパポテンショ		○	○		×
48			○	セイフィングセンサ		○	○		×
49			○	エアコン冷媒圧センサ	エアコン配管等の冷媒充填圧力を検出	○	○		×
50			○	タイヤ空気圧センサ	タイヤの空気圧を検出	○	○		×
51			○	オートマチック回転センサ		○	○		×
52			○	キーレス用アンテナ	リモコンドアロック等の無線通信アンテナ	○	○		×
53			○	光センサ	日光や照明等の光を検出	○	○		×
54			○	エバポレータ出口温センサ	エバポレータ出口の温度を検出	○	○		×
55			○	オートマチック油温センサ	オートマチックオイルの温度を検出	○	○		×
56			○	COセンサ	一酸化炭素の検出	○	○		×

## 第8章 謝辞

---

本業務を実施するにあたり、日野自動車株式会社殿、先進モビリティ株式会社殿、いすゞ自動車株式会社殿には、ART 車載センサーに係る調査へのご協力をいただきました。京成バス株式会社殿には運行事業者による車載センサーの活用事例の調査並びに、新しい運行管理支援・情報提供サービスに係る意見交換へのご協力をいただきました。三菱電機株式会社殿には、ダイナミックマップとの連携に係る調査へのご協力をいただきました。厚く御礼申し上げます。

特に京成バス株式会社殿には、車載カメラ映像の活用検討における解析検証に必要な映像撮影機会を提供いただく等ご協力をいただきました。心より感謝の意を表します。

また、国土交通省関東地方整備局殿には、乗り継ぎ案内の検討における予測シミュレーション検証に必要な OD 表を貸与いただきました。厚く御礼申し上げます。

## 二次利用未承諾リスト

## 報告書の題名

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）：  
ART情報センターの構築に必要な機能の開発」報告書

## 委託事業名

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）：  
ART情報センターの構築に必要な機能の開発」

受注事業者名 株式会社日立製作所

頁	図表番号	タイトル
5-5	図5-1	google mapでの電車・バス関連情報の表示イメージ
5-16	図5-11	IoT Aggregator全体概要図
5-17	表5-4	IoT通信プロトコルについての調査結果
5-18	表5-6	関連情報提供方式の一覧
5-23	図5-15	学術情報ネットワークSINET5概要図
5-28	—	(オープンデータ関連コンテスト事例) 「運転日報」「トラック運行チャート情報の2次元/3次元可視化アニメーション
5-28	—	(オープンデータ関連コンテスト事例) 金沢観光フォトギャラリー
5-29	—	(オープンデータ関連コンテスト事例) なごや健康のりかえ
5-31	表5-10	主なAPIの概要
5-32	図5-20	ロンドン交通局のAPIの活用マニュアル
5-32	—	「City Data Exchange Copenhagen」Web画面例
5-33	—	「Cityscapes Dataset」Web画面例
5-34	図5-22	高精度でラベル付したイメージの例
5-34	図5-23	ラベル付の精度を落としたイメージの例
5-40	表5-11	ETLアプリケーションの例
5-43	表5-13	データ可視化ツールの例
5-47	図5-28	GREE Platformの提供形態
5-47	図5-29	mobageオープンプラットフォームの提供形態と公開までの流れ
5-48	図5-30	Bluemixのポータル画面例
5-48	図5-31	Heroku利用前(上)と利用後(下)の開発フローの変化イメージ