

---

**「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」  
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・検討における次世代都市交通システムの速達性・安全性に係る  
調査**

**2016/9/14  
次世代都市交通WG**

**パシフィックコンサルタンツ株式会社**

---

## 調査の背景認識

- SIP-adusでは、自動走行技術を公共交通の大型バスに適用した次世代都市交通システム「ART(Advanced Rapid Transit)」の開発を進めているところである。
- 利用者にとってのARTの利便性向上の観点から、ARTの定時性・速達性を確保するためのPTPSの導入が望まれるが、一般の交通流の中を走行するARTの定時性・速達性を確保することは極めて困難な課題である。
- 平成27年度は、東京臨海部でのART事業の実現に向け、ART優先通行のためのPTPS用車載機の機能要件整理、PTPSの速達性の効果評価等が行われた(以下、H27年度事業)。
- SIP自動走行システムでは、平成31年度のART試験運用を目標に、平成29年度の予備実験、平成30年度の実証実験に向けて研究開発を進めている。

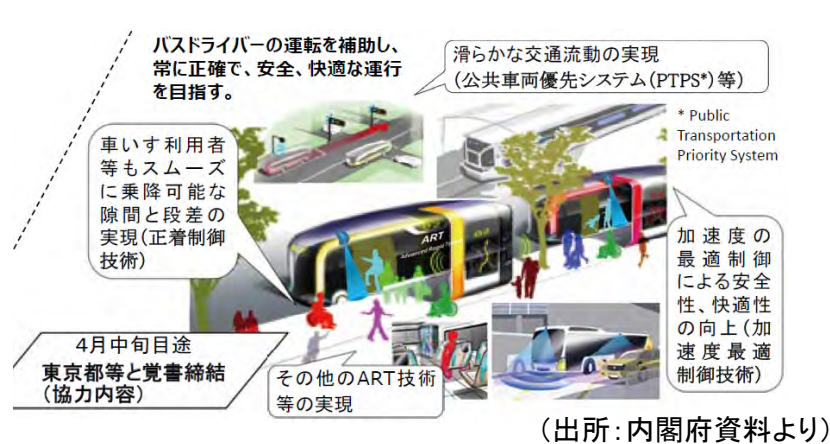


図 ARTのイメージ

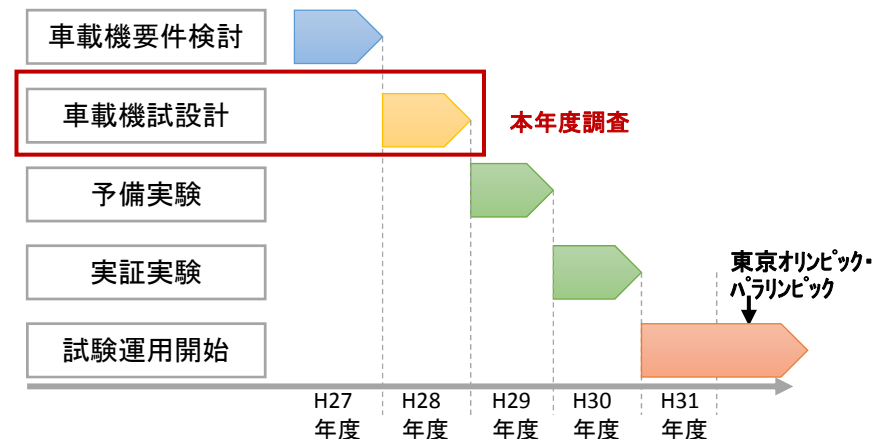


図 ARTの実用化に向けたスケジュール

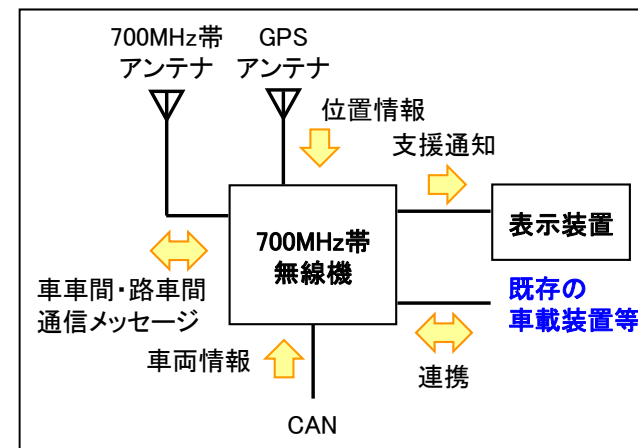
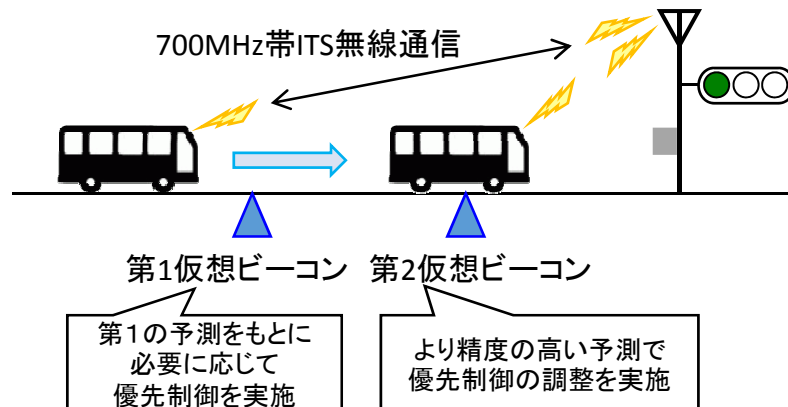
# 本調査で対象とするPTPSの高度化

既存の光ビーコンを利用したシステムでは、以下に挙げる課題がある。

- 交差点上流の光ビーコンで収集した情報のみで制御するため、誤差を生じる場合がある。
- 車載機(運転者)側で優先制御が行われていることを把握できない。
- 市街地等では交差点間隔が狭いなど、適切な場所に光ビーコンを設置することが難しい。



- PTPS優先制御の判断するポイントを2点(第1、第2仮想ビーコン位置)設け、バスがこれらのポイントを通過するタイミングで段階的に制御を行う。
- 受信したダウンリンク情報(DSSS信号情報等)で車両側でも優先制御状態が把握でき、運転者の適切な加減速行動を支援する。



(出所: H27年度事業報告書より)

図 PTPS高度化のイメージと車載システムの構成例

# 成果の目標

## H27年度事業の主な成果

- 700MHz帯ITS無線通信を活用した高度化PTPSに対応した車載機の要件を整理。
- 環状二号線に高度化PTPS導入時のARTの速達性・定時性向上効果、一般車両への影響を、シミュレーションを用いて評価。
- テストコースにて700MHz帯ITS無線通信車載機の実機検証を実施。
- 実証実験に向けた関係者調整会議を実施。

## 挙げられた主な課題

- 車載機の製作に向け、要件に基づくハード・ソフトの設計が必要。
- 限定的な条件下でのシミュレーション評価に留まるため、実際の交通状態を踏まえて各種条件を変更しながら、更なる検証が必要。
- 実道環境により近い条件下での実機検証と、実証実験に向けた関係者の合意形成が必要。
- 高度化PTPSの日本全国の都市への拡大を目指した検討が必要。

## 本年度事業の成果の目標

- 次年度以降に車載機を製作し、予備実験が実施できるよう車載機の試設計を実施する。
- 緊急車両通行時や、同一交差点で複数のARTが競合する場合等、現実に関わり得るケースを想定した環状二号線でのART優先制御の影響をシミュレーションにより評価する。
- シミュレーションを活用して、様々な道路条件を踏まえた適切なARTの優先制御方式を提案するとともに、ARTの導入が見込まれる候補都市を選定し、導入に向けた課題を整理する。
- PTPSの導入方法を検討する際の行政の意思決定に資する成果を得る。

# 調査項目

## ① ARTへの優先権付与方法とその影響のシミュレーション評価

- 緊急車両よりは低いが通常のバスよりは高い優先権が付与されることによるARTのサービス水準への効果の評価を行う。
- 競合する複数のARTの同一交差点への進入条件の整理と、各条件に応じた優先権付与アルゴリズムの構築とその効果評価を行う。
- 複数交差点間のART優先制御の相互連動機能構築とその効果評価を行う。

## ② PTPS高度化や道路構造・規制条件とART優先制御方式の組合せ効果のシミュレーション評価と実現性の検討

- 全国さまざまな都市における道路条件や規制条件に応じたARTの優先制御方式の提案とその効果評価を行う。
- 全国の都市交通の現状把握と、ART導入の可能性、導入効果に関する事前調査を行い、候補都市における実現可能なARTの優先制御方式を検討する。

## ③ ART車載機の試設計

- ①、②を踏まえたART車載機の具体的な構成を検討し、ハードウェア／ソフトウェアの試設計を行う。

## ④ ART市場導入に向けた調査

- 次年度以降の全国の都市におけるARTの導入可能性に関して、各都市の制約条件、事業性や制度上の課題などを調査整理し、その優劣について検討する。

# 調査フロー

## ① ARTへの優先権付与方法とその影響のシミュレーション評価

- 緊急車両通行時のARTのサービス水準への影響評価
- 複数車両が交差点に同時に進入した場合の優先アルゴリズムの構築と効果評価
- 複数交差点間の相互連動機能構築と効果評価

## ② PTPS高度化や道路構造・規制条件とART優先制御方式の組合せ効果のシミュレーション評価と実現性の検討

- 全国さまざまな都市における道路構造・規制条件に応じたARTの優先制御方式の提案とその効果評価
- 全国の候補都市における実現可能なARTの優先制御方式の検討

## ④ ART市場導入に向けた調査

- 次年度以降のART導入可能性のある都市の調査

## ③ ART車載機の試設計

- ①、②を踏まえたART車載機の具体的な構成を検討、ハードウェア／ソフトウェアの試設計



## ①ARTへの優先権付与方法とその影響のシミュレーション評価

- ・緊急車両より低く通常のバスより高い優先権をARTに付与した時のARTのサービス水準への効果評価
- ・複数のARTの同一交差点への進入条件の整理と各条件下での優先権付与アルゴリズム構築・効果評価
- ・ART優先制御における複数交差点間での相互連動機能構築とその効果評価

### 新規

今年度は、H27年度事業では十分な検討が行われていない緊急車両の接近時や、ART等の交差点への同時接近時のアルゴリズム構築等、より現実に即した状況を想定し、シミュレーション評価を実施

### 検討の流れ

フィードバック

#### (i)現実に即した状況の想定

- ・緊急車両の接近
- ・複数ART車両の同一交差点への進入
- ・ARTの運行に影響がでる条件・ケース（渋滞・歩行者・路上駐車の影響など）

#### (iii)シミュレーション評価

- ・ミクロ交通シミュレーション「Vissim」を使用し施策効果を評価
- ・指標は、車両捌け台数、旅行時間、サービス水準(ARTの定時性等)を想定
- ・ART導入可能性のある環状二号線の路線を想定しネットワークを構築\*

#### (ii)車両の優先方法の検討

- ・状況に応じた、緊急車両接近時や、複数ART進入時の優先権付与アルゴリズムとそのためのシステム(方法・仕組み)及びシステムに基づいた高度化PTPSによる信号制御システムの検討
- ・優先順位決定時に考慮すべき指標を検討
  - ・乗客数
  - ・遅延時間
  - ・交差点への到着タイミング など
- ・ART専用レーン・専用現示の有無・設置形態検討
- ・信号オフセットを考慮した複数交差点間での相互連動機能検討

緊急車両、一般のバス、一般車両等への影響や関係性を考慮して優先方法を検討・効果を評価

\*道路網単位でのシミュレーションについては、シミュレーション実行に必要な入力データのうち、発着地別の交通需要量等のデータ入手が困難なため、実現可否を検討のうえ対応。

# Vissim(ミクロ交通シミュレータ)の概要

Vissimは車両の追従モデルに基づき交通状況を再現するマルチエージェント型のミクロ交通シミュレータであり、交差点の信号制御や交通規制といった交通対策評価等に世界数十ヶ国で利用されている。

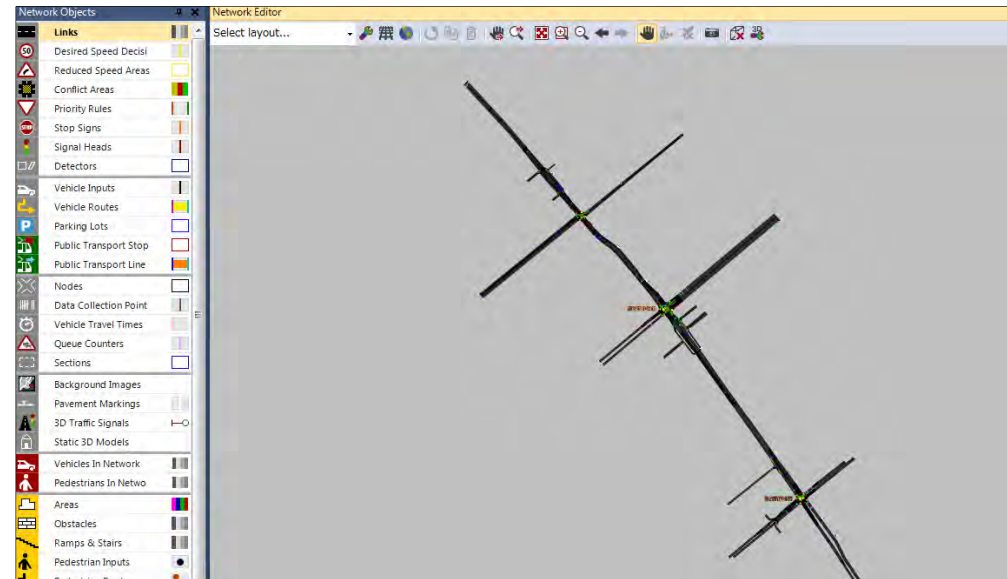


図 Vissimの実行イメージ(パシフィックコンサルタンツ作成)



# ①ARTへの優先権付与方法とその影響のシミュレーション評価

## 想定する状況・車両の優先方法 具体例

### 1. 緊急車両通過時

- 緊急車両が任意の時刻に通過した時の交通への影響が小さいARTシステムを検討・評価。
- 緊急車両の現場急行支援システム(FAST)との併用時の影響を検討。
- 既存の交通シミュレーションには緊急車両通過時の周辺車両の交通挙動モデルが十分に組み込まれていないため、その再現方法を検討。
- 例えば、ART専用レーンを導入するケースでは、緊急車両の旅行時間も短縮、一般車両の旅行時間への影響は通常時と比較して小さい、等。

#### POINT

#### 各車両の優先順位の設定



### 2. 複数ARTの同一交差点への進入

- 例えば、渋滞によってARTが時刻表通りに運行できなくなった場合、複数のARTが同一交差点に連続して進入する可能性がある。
- 700MHz帯を活用し、後から交差点に進入したART車両も含め制御方法を決定。
- 例えば、最初のART車両が交差点200m手前を通過しPTPSが作動した後、100m手前を通過するまでに、次のART車両が200m手前を通過した場合、受信した情報により優先車両を決定しPTPSを作動させる。

#### POINT

#### 時間差で到着するバスの優先順位決定

一旦バスを優先した信号制御に

バスとバスから受信した情報により優先車両を決定

混乱が起きないように留意

100m手前

200m手前

# ①ARTへの優先権付与方法とその影響のシミュレーション評価

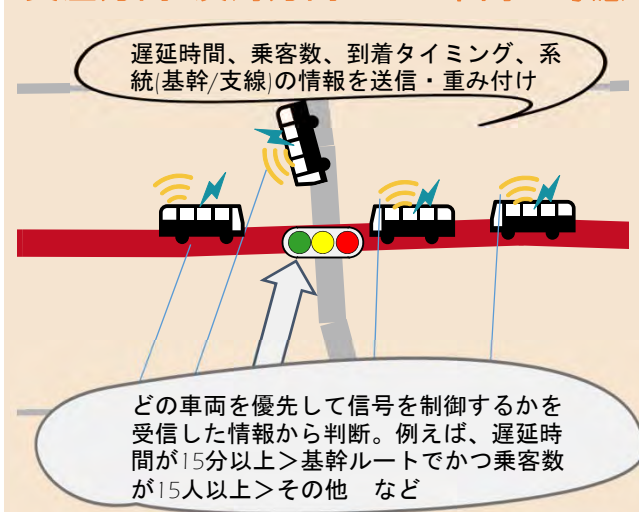
## 想定する状況・車両の優先方法 具体例

### 3. 複数方向のART車両を考慮

- 交差方向や逆方向のART車両が同一交差点に接近する場合についても考慮
- 但し、信号情報がPTPS以外のアプリケーションでも使用されることを想定し、現実的に実現可能な方法を検討

#### POINT

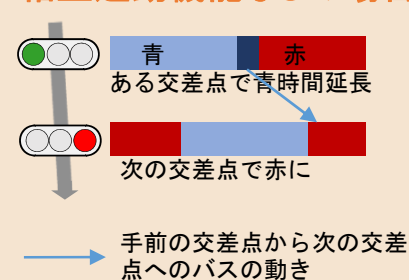
#### 交差方向・反対方向のART車両の考慮



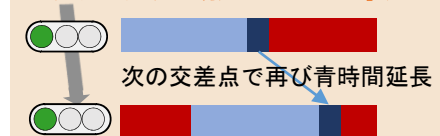
### 4. 複数交差点間での相互連動機能

- 現状、PTPSにより信号現示を調整した時、信号オフセット\*によっては、ART車両は次の交差点で赤信号により停止する可能性があり、その場合ART車両の優先効果が小さい。  
→例えば、以下のような複数交差点間での相互連動機能の構築を検討し、一般車両への影響も含め効果を評価  
(I) 次の交差点にもPTPSを導入し、PTPSを作動させる方法  
(II) 信号オフセットをPTPSの信号現示の調整時間に合わせて予め変更する方法
- 複数交差点間での連動制御方法は、PTPS路側機の開発チーム等と連携し検討

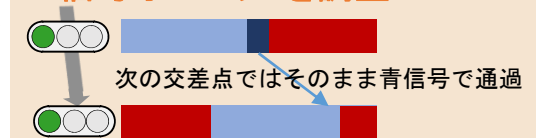
#### 相互連動機能なしの場合



#### I 次の交差点にPTPS導入・作動



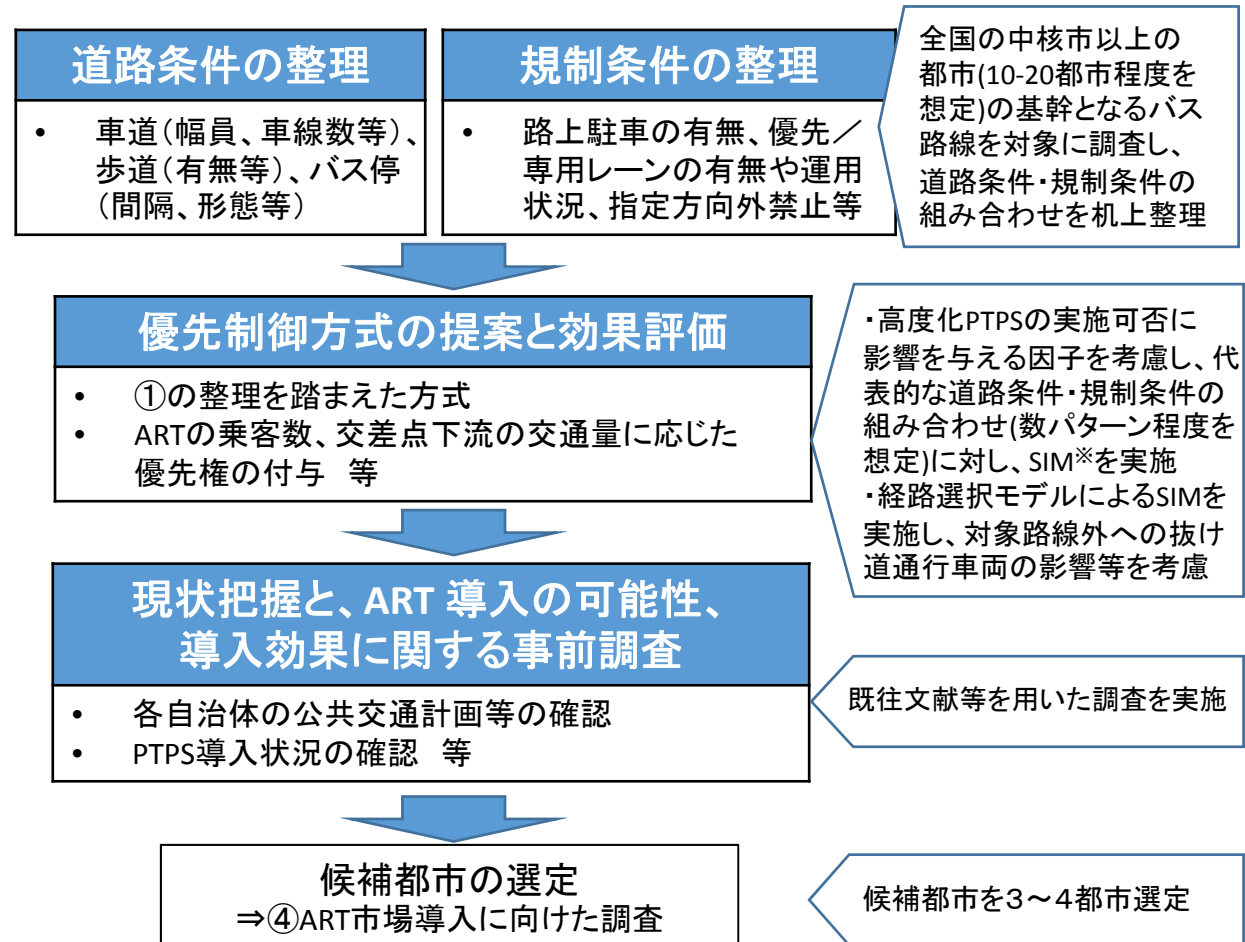
#### II 信号オフセットを調整



\* 交差点同士の信号サイクルのずれのこと。信号現示が青になる時間が一つの方向の交差点間でずれていることで、優先したい方向の車両がスムーズに通行できるようになる。

## ②PTPS高度化や道路構造・規制条件とART優先制御方式の組合せ効果のシミュレーション評価と実現性の検討

- 全国さまざまな都市における**道路条件**や**規制条件**に応じたARTの**優先制御方式の提案**とその効果評価を行う。
- 全国の都市交通の**現状把握**と、**ART導入の可能性、導入効果に関する事前調査**を行い、候補都市における実現可能なARTの優先制御方式を検討する。



## ②PTPS高度化や道路構造・規制条件とART優先制御方式の組合せ効果のシミュレーション評価と実現性の検討

- 様々な道路条件、規制条件の中から、高度化PTPSの導入形態(優先レーン設置可否、設置形態等)に影響を与える因子に着目し、その組み合わせ毎に類型化

|      |            | A市      |     |         | B市      | ...                                            |
|------|------------|---------|-----|---------|---------|------------------------------------------------|
|      |            | 区間1     | 区間2 | 区間3     | 区間4     |                                                |
| 道路条件 | 車道幅員       | 3.0     | 3.5 | 3.0     | 2.5     | 高度化PTPSの導入形態<br>(優先レーン設置可否、設置形態等)に影響を与える因子(想定) |
|      | 歩道有無       | 1.5     | 2.0 | 2.5     | 2.0     |                                                |
|      | バス停間隔      | 300     | 500 | 400     | 400     |                                                |
|      | バス停形状      | 両端(引込有) | 中央  | 両端(引込有) | 両端(引込無) |                                                |
|      | 車線数        | 2       | 3   | 2       | 3       |                                                |
|      | ...        | ...     | ... | ...     | ...     |                                                |
| 規制条件 | 路上駐停車有無    | 無       | 有   | 無       | 有       | ...                                            |
|      | 優先／専用レーン有無 | 無       | 無   | 無       | 有       | ...                                            |
|      | 指定方向外通行禁止  | 無       | 有   | 無       | 無       | ...                                            |
|      | ...        | ...     | ... | ...     | ...     | ...                                            |

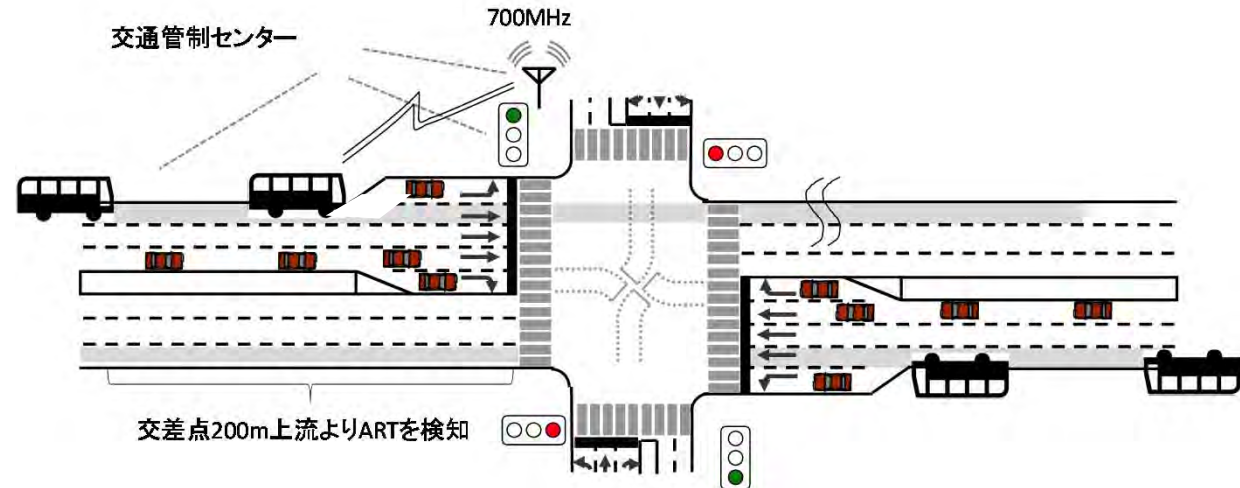
優先レーン設置可否・形態等に影響を与える組み合わせ毎に類型化

パターン1    パターン2    パターン1    パターン3    ...

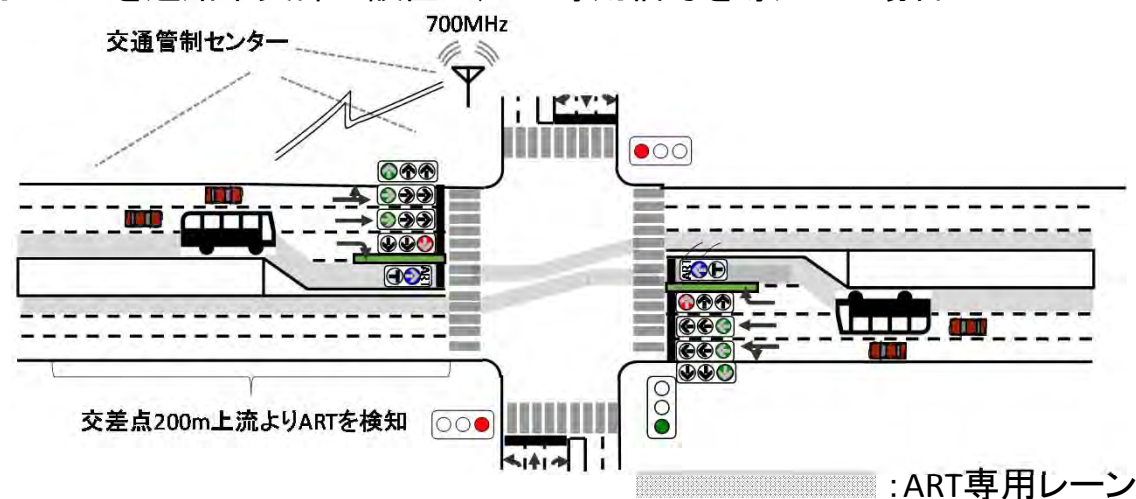
## ②PTPS高度化や道路構造・規制条件とART優先制御方式の組合せ効果のシミュレーション評価と実現性の検討

- 類型化したパターンに応じて、専用車線の設置形態等と、それを導入した場合の効果を交通シミュレーションを活用しながら検討

専用レーンを道路両端に設置した場合



専用レーンを道路中央部に設置し、ART専用信号を導入した場合





### ③ART車載機の試設計

将来の全国展開も視野に入れた、より汎用性の高い車載機機能の実現を目指し、既存の車載機をベースとしたART車載機のハードウェア及びソフトウェアの試設計を行う。





## ④ ART市場導入に向けた調査

- 次年度以降の全国の都市におけるARTの導入可能性に関して、各都市の制約条件、事業性や制度上の課題などを調査整理し、その優劣について検討する。

- ②で候補とした3～4都市に対し、関係機関(自治体、バス事業者等)へのヒアリングを行い、ART導入可能性を検討する。
- 検討にあたっては以下のような条件を考慮する。

- 様々な新交通システム(LRT、BRT(ART)、小型モノレール等)の特徴及び導入条件の整理、比較検討
- バス事業者が保有する既存の運行管理システム等との連携可能性
- 自治体の定める都市計画、公共交通計画等との整合性
- 事業採算性の検討(ART車両及びシステム等導入コストに対する収益)
- 関係機関の合意形成の可能性(自治体、バス事業者、警察、市民等)
- 当該自治体に導入することで、他の地方都市への波及可能性 等

制約条件

制約条件

制約条件

事業性

制度上の課題

事業性

## 調査実施体制

- 本調査は、提案者であるパシフィックコンサルタンツ株式会社が、調査の一部を株式会社ミックウェアに再委託して実施する。

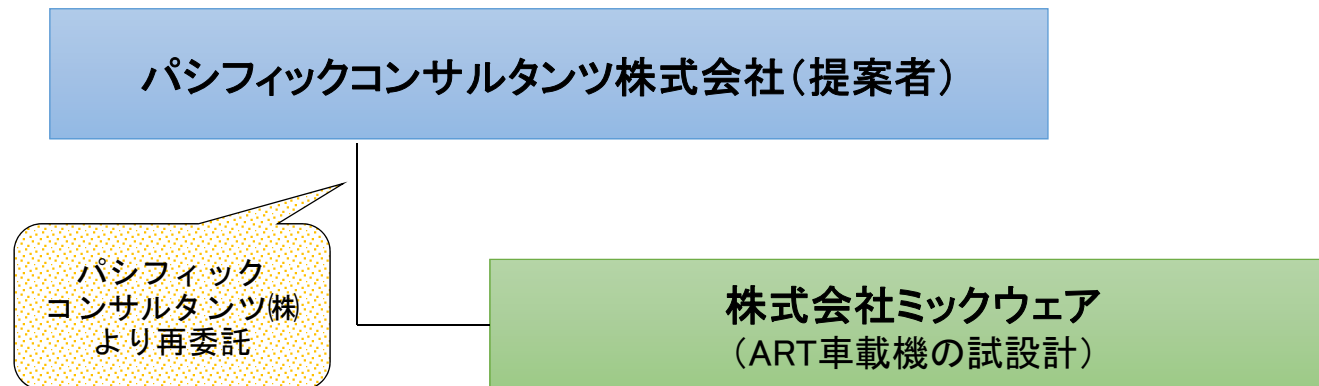
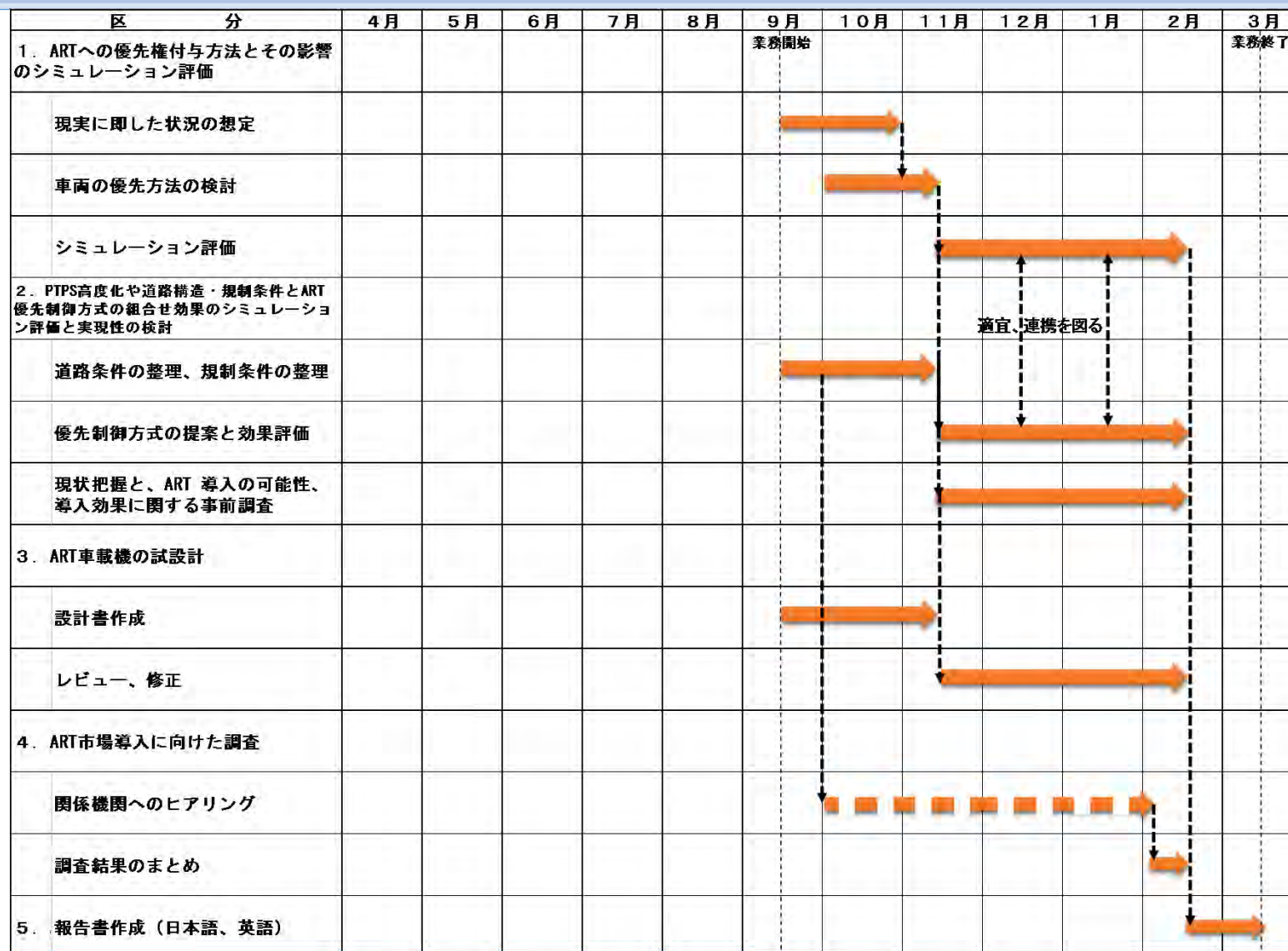


図 調査の実施体制

# 調査計画



■ 担当者の氏名、連絡先

パシフィックコンサルタンツ株式会社  
都市・環境事業本部 交通政策部 交通システム室  
TEL : 03-6777-4476 FAX : 03-3296-0529

大島大輔

Email : daisuke.ooshima@ss.pacific.co.jp