

戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期／
自動運転（システムとサービスの拡張）／
高精度3次元地図における位置参照点（CRP）のあり方に関する調査検討

2020年度 成果報告書 概要版

株式会社三菱総合研究所

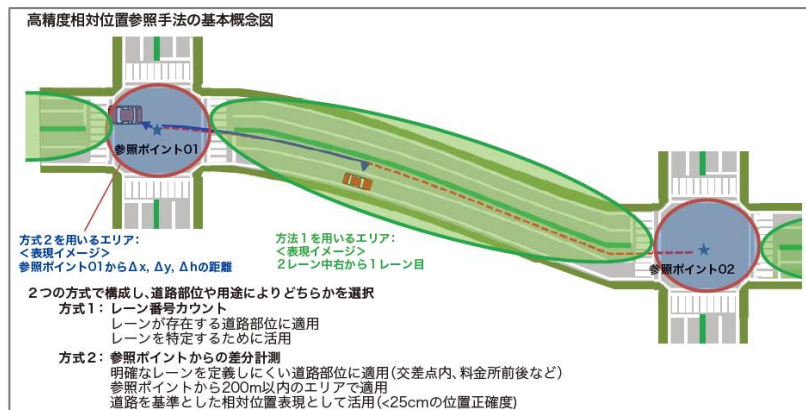
検討にあたっての前提・課題

【前提】

- 自動運転車に搭載される高精度デジタル道路地図が全て同じものとなることは非現実的
 - 異なるデジタル道路地図はそれぞれ異なる図化基準で作成（測量方法、測量精度、測点密度、測量時期、誤差等）、微妙にずれる可能性が排除できない（※通常の地図であれば、世界測地系を用いる等の共通ルールあり）
- このため、共通の方式（高精度相対位置参照方式）を利用し、車両やその他の主体が共通の認識を持てる位置の表現方法が必要

【課題】

- 国際標準として高精度相対位置参照方式の表現方法の規定（下図参照）は存在も、各地図間で共通認識する際に必要な参照ポイントの共通ルールがない
- このため、本検討では、ルール化された参照ポイント（Common Reference Point ; CRP）に対する自動運転からのニーズを整理した上で、CRPの機能要件・CRPに係る実施事項を検討



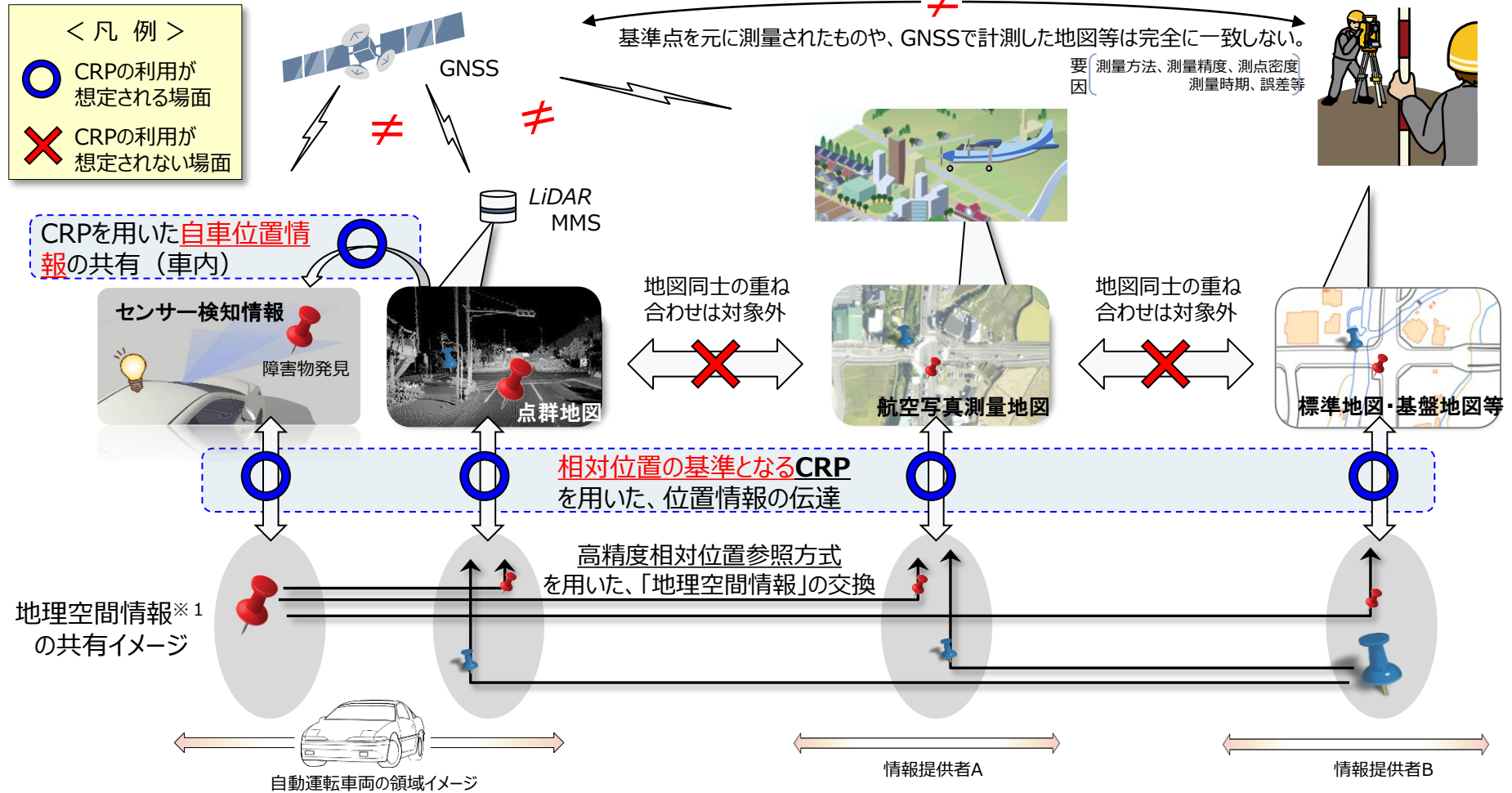
<参照ポイントを活用した位置表現方法の例>

Method1 : レーン番号 カウント	両端の交差点に設置した参照ポイントを利用して縦断方向の位置を特定し、加えてレーン番号を指定する。 (例) ; 参照ポイント01から02方向に 〇〇mの上り線第〇レーン
Method2 : 参照ポイントからの 差分計測	交差点で、参照ポイントからの離隔距離等で詳細な位置を特定する。 (例) ; 参照ポイント01から東へ〇m、 北へ〇mの場所

※¹ 地理空間情報；属性に位置を含む情報（落下物や損傷箇所等、他車の存在等）
 ※² 高精度相対位置参照方式；（前頁参照）参照ポイント（CRP等）からの
 離隔等で位置を示す方式。絶対位置は用いない。

(参考) CRPの用途

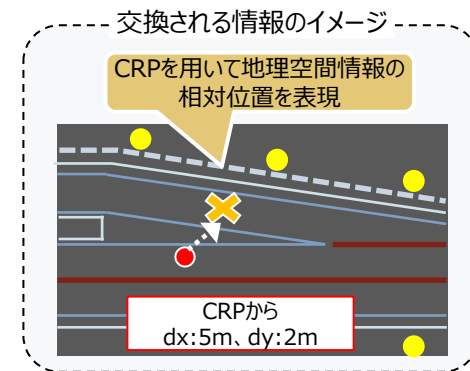
- CRPは地図同士の位置合わせが目的でなく、それぞれの地図上で表現される「**地理空間情報※¹**」の**相対位置の伝達**に用いる。



出所)
 ・「航空写真測量地図」「標準地図・基盤地図」の図面：国土地理院 地理院タイル
 ・「点群地図」の図面：国土交通省「車載型センシング装置による3次元道路データの収集をスタート ～特車通行許可の審査の迅速化等に向けて～」(https://www.mlit.go.jp/common/001247574.pdf、2021年2月24日取得)
 ・その他の情報：三菱総合研究所が作成

(参考) AP、CRP、LOの役割

- 相対位置の参照ポイントとしてCRP（仮想地物）を地図上に設置する。CRPの位置は、地図上の実在地物（AP）から定義する。⇒①
- 自動運転車両走行時、自車位置を地図で特定する際にLOを用いる。自動運転車両は、落下物・渋滞・車両位置等の位置を、CRPを用いた位置情報で認識することが可能。⇒②



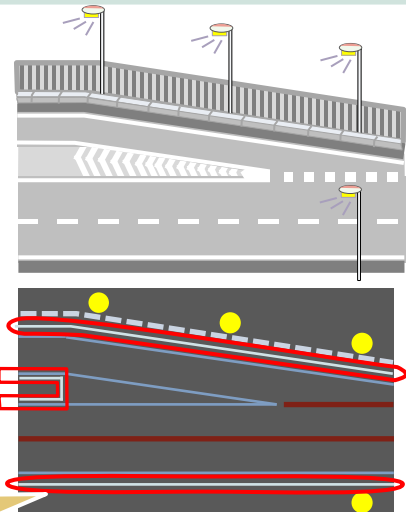
① CRPを設置する時

	AP (Anchorage Point)
定義	CRPの位置を決める際に用いる点
実在/仮想	実在
計測車両からの視認性	必要
自動運転車両からの視認性	不要
絶対座標	CRPを設置する地図と同程度の精度

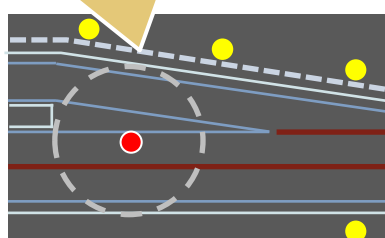
	CRP (Common Reference Point)
定義	区間・地点の位置を表現する際に参照する点
実在/仮想	仮想
計測車両からの視認性	不要
自動運転車両からの視認性	不要
絶対座標	APの精度に依存

② 自動運転車両走行時

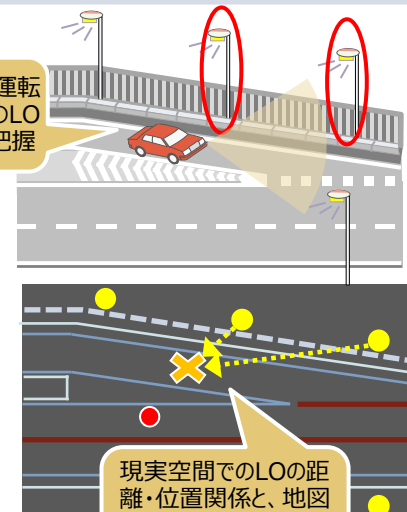
	LO (Localization Object)
定義	高精度地図上で車両位置を特定する際に利用する点
実在/仮想	実在
計測車両からの視認性	必要
自動運転車両からの視認性 </td <td>必要</td>	必要
絶対座標	LOが配置されている地図に依存



ルール（例：APの内接円の中心）に基づきCRPを設置



LO（例：街灯）を自動運転車から視認し、現実空間のLOまでの距離・位置関係を把握



【凡例】 ○ : AP ● : CRP ● : 街灯 — : 外側線 — : 車線境界線 — : 歩車道境界などの舗装縁 - - - : フェンス

本検討での実施事項と検討結果（概要）

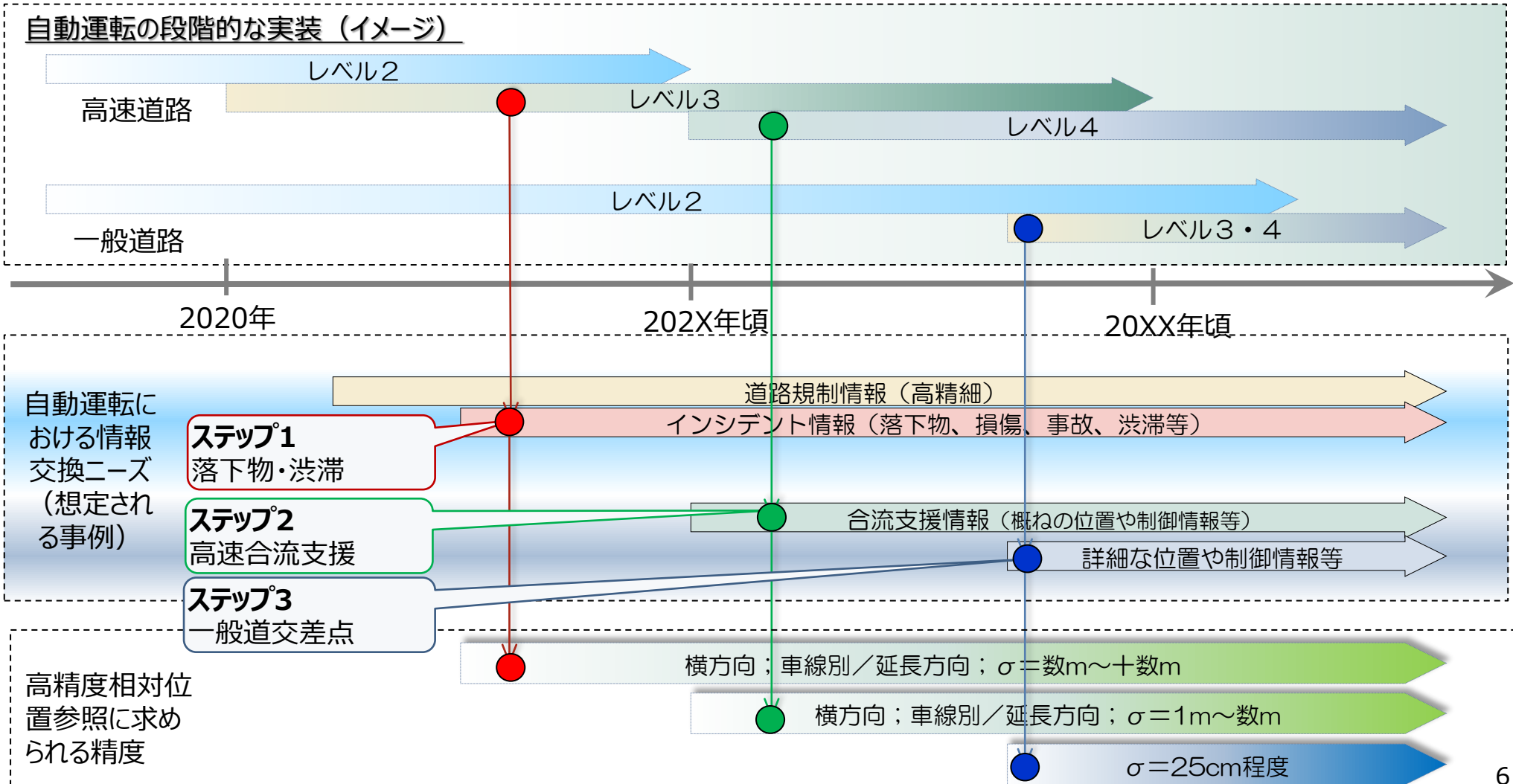
本検討での実施事項	検討結果	ページ
1. CRPを活用した位置交換ニーズの整理	自動運転のフェーズに応じた、CRPを活用した位置交換ニーズを、ステップ1～3の3段階で整理	6
	各ステップで、CRPを活用するユースケース例を整理	7～9
	➤ ステップ1（落下物・渋滞）	(7)
	➤ ステップ2（高速合流支援）	(8)
	➤ ステップ3（一般道交差点）	(9)
2. CRPの機能要件、CRPに係る実施事項の整理	ステップに応じて期待される、CRPの機能要件を整理 （位置表現のMethod、想定される情報の相対精度、参照ポイントの必要箇所、必要な地図の精度）	10
	ステップに応じた、CRPに係る実施事項を整理 ➤ APとする地物、CRPの設置方法、CRPの管理方法の関係を整理	10 (10～11)
3. ケーススタディ	SIPで実施されている実証実験において、CRPを活用したユースケースの実証を行う場合の内容を机上検討 ➤ ステップ1（落下物・渋滞）：車線レベル道路交通情報 ➤ ステップ2（高速交流支援）：合流支援情報	14 (15) (16)

※本検討はあくまで技術的な検討であり、CRPの運用方法や実証実験の方法自体を決定するものではない。

1. CRPを活用した位置情報交換ニーズの整理

- 自動運転が段階的に実装される中、異なる地図同士で共通の認識が必要な状況（CRPを活用した位置情報交換ニーズ）も変化することが想定されるため、**自動運転のフェーズに応じたニーズを整理**

※実装を目指すCRPを活用ユースケースは、ケーススタディに基づく実証実験等を踏まえ今後検討
 ※自動運転以外におけるCRPの活用についても今後検討

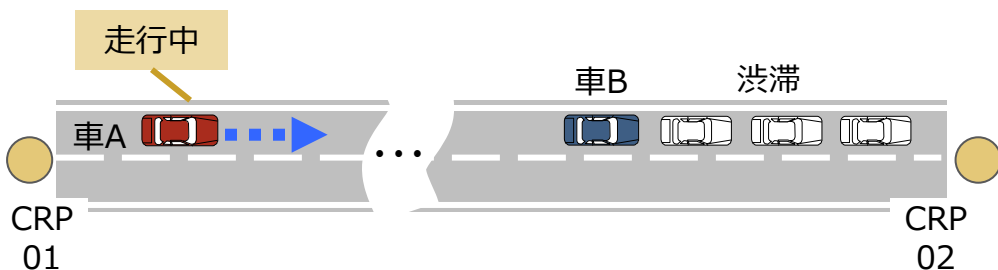


ステップ1（落下物・渋滞）のユースケース例

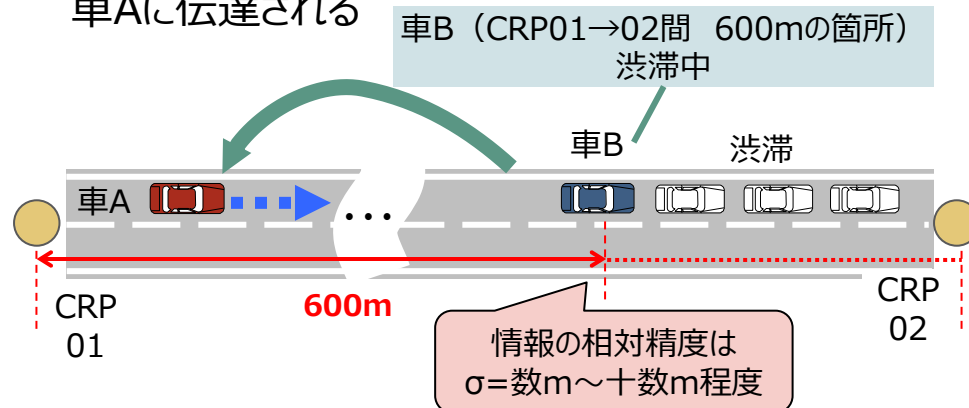
（例）d-3.渋滞の情報による走行支援※

● :参照ポイント（CRP）により、共通の表現が可能

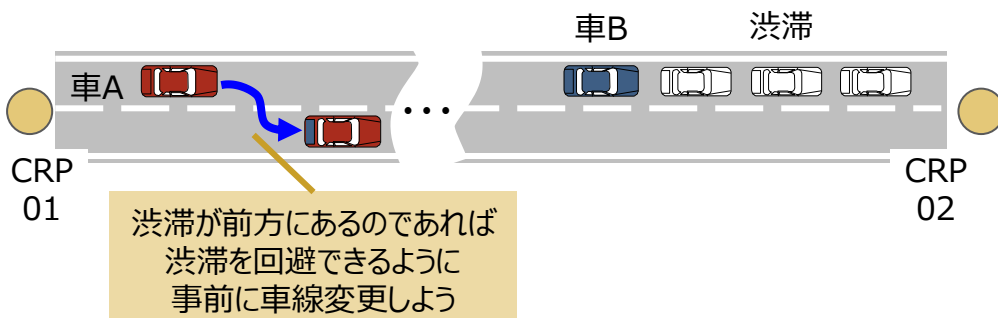
①車Aの走行車線前方に渋滞が存在



②渋滞中の車両（車B）から得た渋滞状況の情報が車Aに伝達される



③車Aは、車Bから得た渋滞状況を踏まえ 事前に車線変更



このユースケース（例）では車Aは渋滞直前で制御するわけではなく、**事前に車線変更しておくため、情報の相対精度は $\sigma = \text{数m} \sim \text{十数m}$** でも問題ないと想定

（渋滞開始位置（600m）の情報が仮に50m程度ずれていたとしても、車Aの制御としては「500m手前から車線変更する」に変わりない）

ステップ2（高速合流支援）のユースケース例

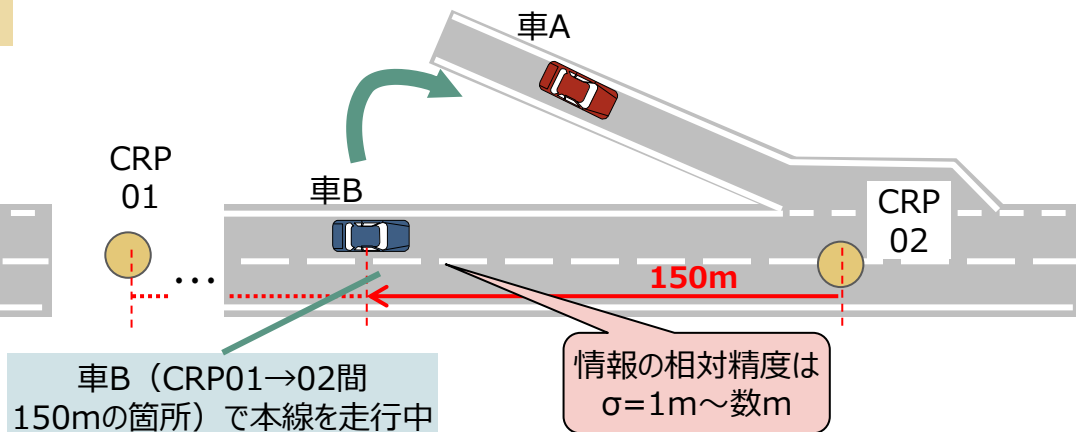
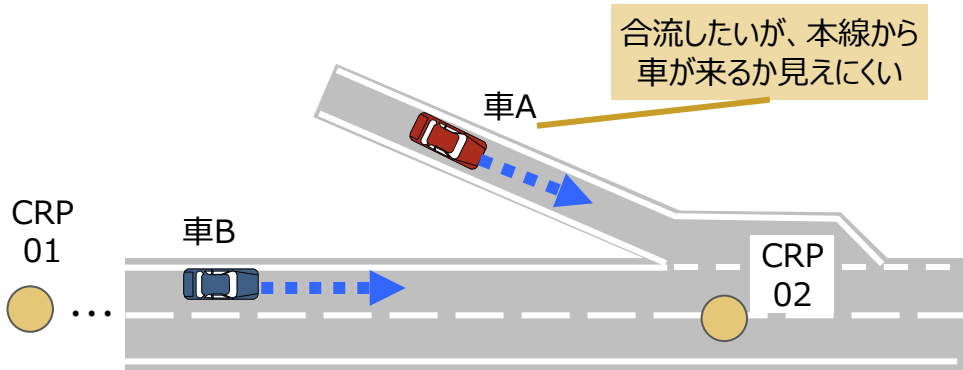
※Method1（レーン番号カウント）による位置表現の例
※Method2（参照ポイントからの差分計測）による位置表現も考えられる。

(例) a-1-3.路側管制による本線車両協調合流支援※

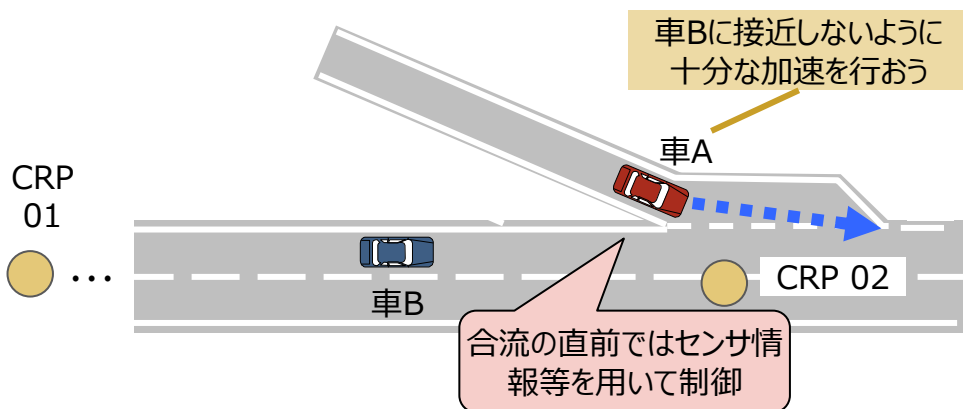
● :参照ポイント（CRP）により、共通の表現が可能

①車Aが、合流車線から本線に進入

②本線走行車両（車B）の位置・速度・運転計画等が車Aに伝達される



③車Aは、車Bから得た情報を踏まえ速度調整



このユースケース（例）では車Aは、車B（並走車）の位置関係を見て合流の数秒前から速度調整の制御を行うため、**情報の相対精度は $\sigma=1m\sim$ 数m**でも問題ないと想定

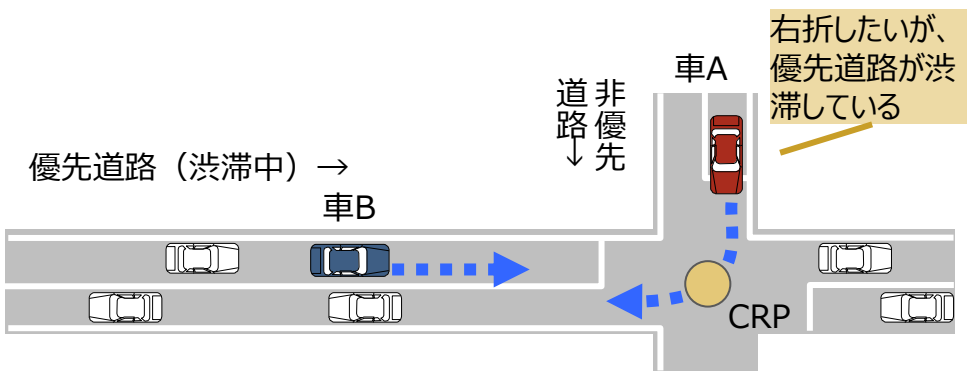
（合流数秒前の車B位置（ $dx=-150m$ ）の情報が仮に5m程度ずれていたとしても、車Aの制御としては「数秒後に〇〇km/hとなるよう加速する」に変わりない。合流直前での緊急制御はCRPに基づく位置表現ではなく、センサ情報を用いて行う）

（車Aと車Bの時間同期がなされていることが前提）

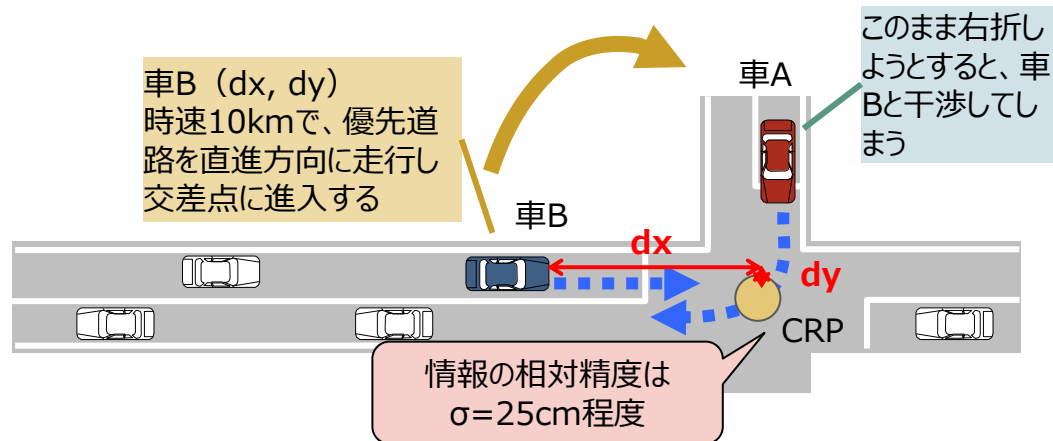
ステップ3（一般道交差点）のユースケース例

(例) a-3. 渋滞時の非優先道路から優先道路への進入支援※ ● : 参照ポイント (CRP) により、共通の表現が可能

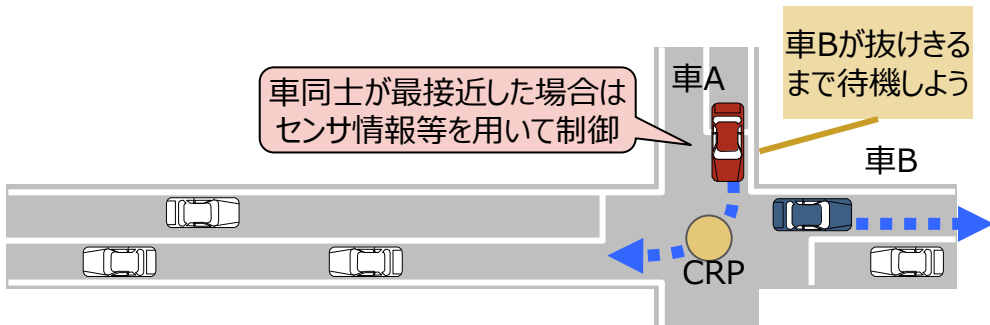
① 車Aが非優先道路から優先道路に右折意向あり



② 位置や速度の情報および進入意思が、車Aに伝達される



③ 車Aは、車Bから得た情報を基に交差点進入可否を判断



このユースケース (例) では車Aは、**リアルタイムの車B位置情報を基に制御を行うため、情報の相対精度は $\sigma=25\text{cm}$ が必要**と考えられる

(車B位置 ($dx = -4\text{m}$) の情報をもとに車Aの交差点進入可否を判断するには、車Bの位置は高精度に表現されている必要がある。CRPに基づく位置表現とセンサ情報を併用して制御を行う)

(車Aと車Bの時間同期がなされていることが前提)

2. CRPの機能要件、CRPに係る実施事項

- 自動運転フェーズに応じたどの段階(ステップ)においても、**CRPを参照ポイントとして運用する事は有効**
- ニーズに応じて**期待される機能要件が異なる**ことから、方向性の整理が必要

(段階に応じた機能要件)

	ステップ1	ステップ2	ステップ3	
ニーズ	落下物・渋滞等	高速合流支援	一般道交差点	
Method =	1 (レーン番号カウント) 両端に存在する 参照ポイント を利用して縦断方向の位置を指定し、レーン番号を示す事で横断方向を特定	2 (差分計測) 参照ポイント からの離隔距離等で詳細な位置を特定		
想定される情報の相対精度	数m ≤ σ ≤ 十数m	1m ≤ σ ≤ 数m	σ = 25cm程度	
参照ポイント必要箇所数のイメージ	「必要十分な数の参照ポイント」≒CRP必要数 (設置箇所は、ステップに応じて追加する)			詳細 ↑ 設置密度 ↓ おおまか
	交差点やICの分合流部毎	← 精度等の機能要件に応じた設置箇所の議論が必要 →		
	主要交差点やIC			
必要な地図の精度	中縮尺	大縮尺	高精度	

- ニーズに応じた必要となるCRPの機能要件を念頭に置きつつ、**各段階に応じた実施事項を整理**
- 現在想定される**CRPの設置方法**についても、その種類、特徴などを整理 (次頁参照)

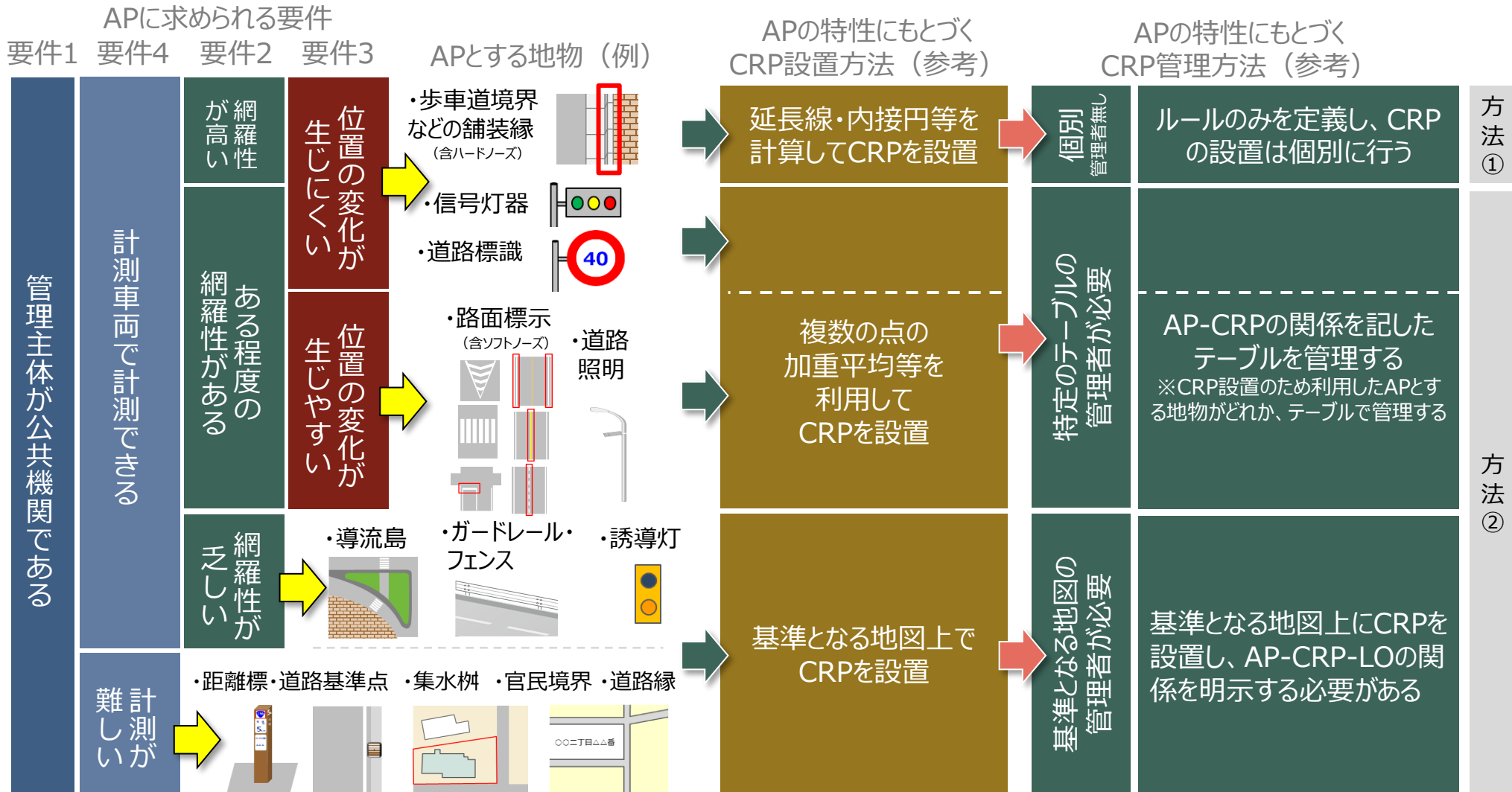
(実施事項)

CRPに係る実施事項	(高精度デジタル道路地図の取組) →	図化基準の要件を決める。	精度の保証
		CRPの設置方法を定義する。	定義の共通化
		共通化された名称やID等を決める。	名前の共通化

ステップ1 ; 交差点や分合流部に一意の名称やID等を付ける。(要件を満たすものの例⇒既存ネットワークデータで用いられているID)
 ステップ2 ; CRPを現場や図上で設置するルールの策定。(地物から一定の条件で位置を決められる必要がある⇒AP候補リスト参照)
 ステップ3 ; 高精度道路地図における図化基準を定め、CRPを用いた相対位置精度がσ = 25cmの範囲に収まる様にする。

APとする地物、CRP設置方法・管理方法

- ステップ2・ステップ3において、CRPは**設置箇所周辺の地物（AP）**をもとに位置を決める
- APに求められる要件により分類されるグループごとに、**CRPの設置方法・管理方法**は異なる



(参考) CRPを設置するためのルール (素案)

(例) 「歩車道境界などの舗装縁」の内接円の中心をCRPとする場合 (イメージ)

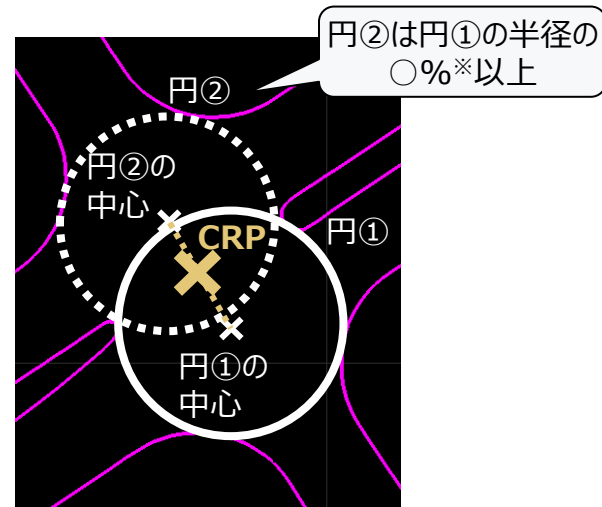
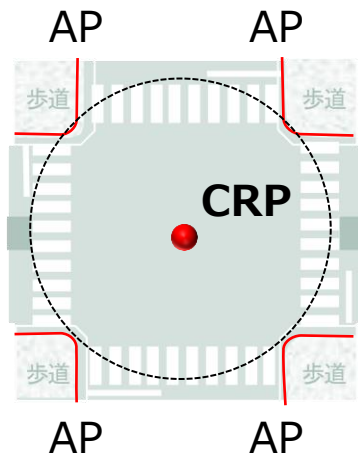
(1) APとする地物

分岐合流部・平面交差点部では、歩車道境界ブロックなどの舗装縁をAPとして特定する。

(2) CRPの位置

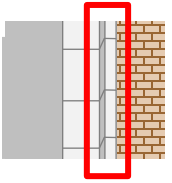
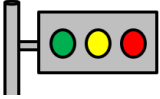
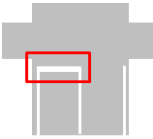
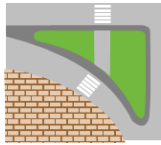
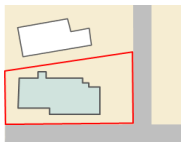
「舗装縁に3点で接し、かつ分岐合流部・平面交差点部の内部に存在する円」のうち、最大円の中心をCRPとする。(左図)

➤ ただし、最大円に半径が近い内接円が複数存在する箇所 (中央分離帯がある交差点等) では、たとえば「最大円の半径の○%以上である円の重心をCRPとする」等の処理を行う※。(右図)



2. CRPの機能要件、CRPに係る実施事項

(参考) APとする地物のグループ

地物 (例)		歩車道境界 などの舗装縁	信号灯器 (灯火部分)	停止線 (路面標示)	導流島	官民境界	
イメージ							
机上 検討 結果	要件1	管理主体が公共機関であること		管理主体が公共機関である			
	要件4	計測車両で計測できること	・MMSで計測できる ・MMSで計測が難しい	MMSで計測できる			MMSで計測が難しい
	要件2	網羅的に整備されていること	・網羅性が高い ・ある程度の網羅性がある ・網羅性が乏しい	網羅性が高い	ある程度の網羅性がある	網羅性が乏しい	網羅性が高い
	要件3	現実空間で、位置が原則動かないこと	・位置の変化が生じにくい ・位置の変化が生じやすい	位置の変化が生じにくい		位置の変化が生じやすい	位置の変化が生じにくい
その他同じグループに該当する地物 (例)		—	—	・導流帯 ・横断歩道 ・車道外側線 ・車線中央線 ・車線境界線	・ガードレール・フェンス ・誘導灯	・距離標・道路基準点 ・集水枡 ・道路縁	

3. ケーススタディ

ケーススタディの考え方

- SIPで実施されている実証実験（SIP第2期自動運転における東京臨海部実証実験等）において、CRPを活用したユースケースの実証を行う場合の内容を、ケーススタディとして机上検討
- 自動運転の技術進展状況を勘案し、今回の検討では**ステップ1（落下物・渋滞等）**、**ステップ2（高速合流支援）**までを想定した**机上検討（ケーススタディ）**を実施
⇒ステップ3（一般道交差点）のケーススタディは、自動運転技術から一般道平面交差点での高精度な位置表現のニーズが高まった段階で検討
- 今後の実証実験につなげ、有効性等について検証

	ステップ1	ステップ2	ステップ3
ニーズ	落下物・渋滞等	高速合流支援	一般道交差点
Method =	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">1</div> (レーン番号カウント) 両端に存在する 参照ポイント を利用して縦断方向の位置を指定し、レーン番号を示す事で横断方向を特定		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">2</div> (差分計測) 参照ポイント からの離隔距離等で詳細な位置を特定
想定される情報の相対精度	数m ≤ σ ≤ 十数m	1m ≤ σ ≤ 数m	σ = 25cm程度

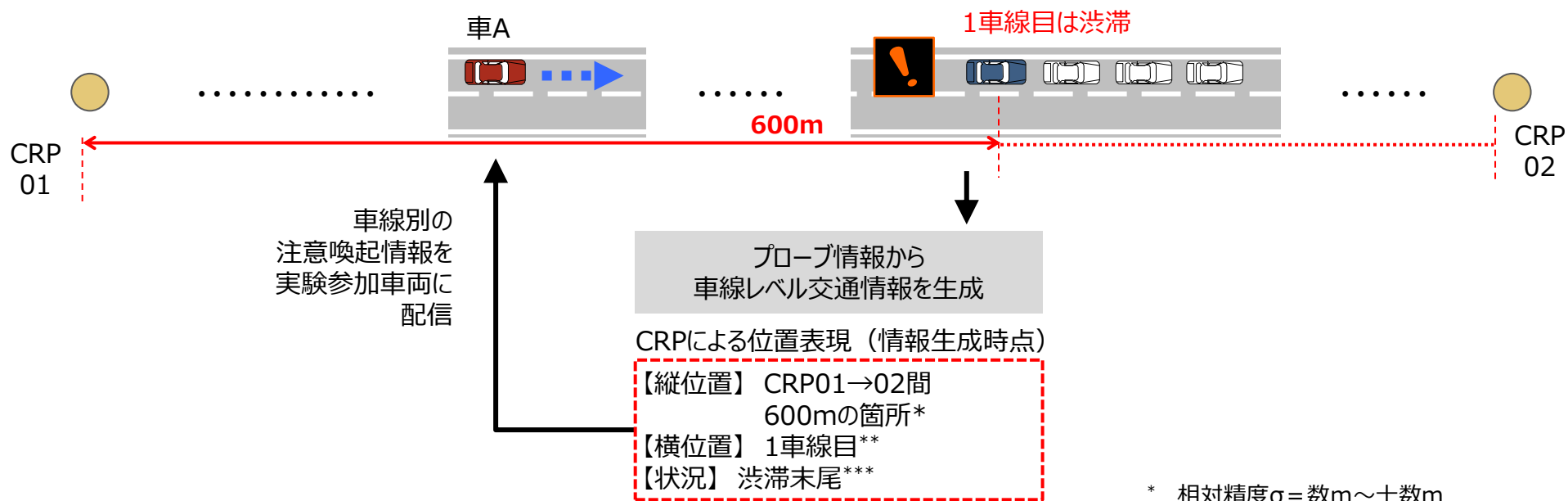
ステップ1（落下物・渋滞）ケーススタディ：車線レベル道路交通情報
 ステップ2（高速合流支援）ケーススタディ：合流支援情報

3. ケーススタディ

ステップ1（落下物・渋滞）のケーススタディ：車線レベル道路交通情報

- SIP第2期自動運転の実証実験（2020年度）では、首都高速羽田線・湾岸線においてプローブ情報より生成した車線レベル道路交通情報を実験用サーバに配信したうえで、実験用車載機に配信する際に位置をCRP※を用いた表現に変換し配信。※本業務で検討した「APを用いたCRPの設置方法」ではなく、分岐・合流箇所の任意の箇所に設置。
- 6ページのステップ1（落下物・渋滞）の一例として、情報生成の段階からCRP※を用いた位置で表現した情報を配信し、絶対座標等を用いた場合と比較することで、CRPの有用性、課題等を検証することが考えられる。

※ICに1点設置する方法、分岐・合流箇所の任意の箇所に設置する方法の2種での検証。



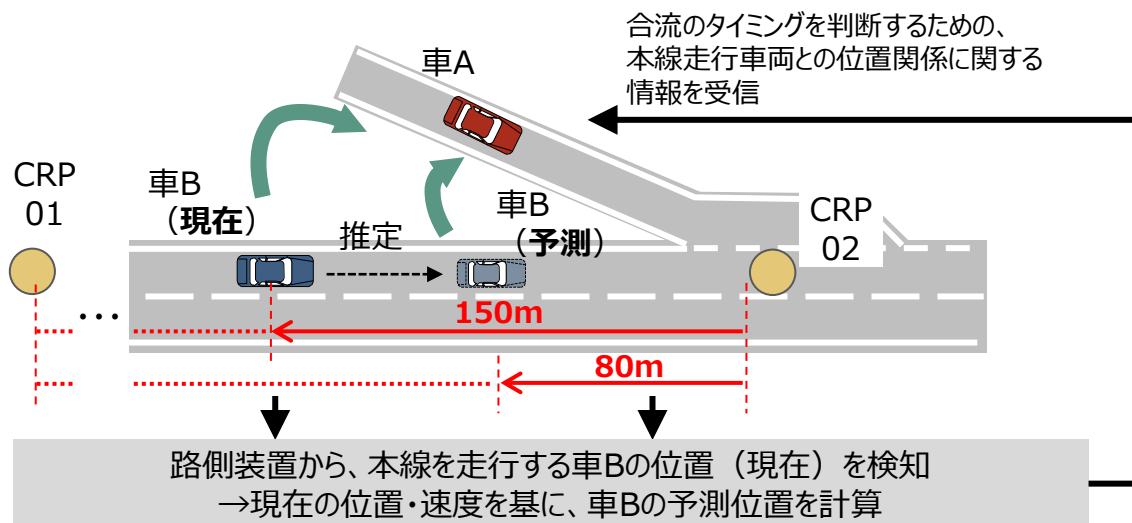
- * 相対精度 σ = 数m～十数m
- ** 横位置は、他検討におけるレーン番号の考え方も踏まえて指定。
- *** CRPは、ステップ1では本線上、主要交差点やICに設置。ただしステップ2も見据え、本線上の分岐合流部ごとにも設置。

図 CRPによる位置表現のケーススタディ

3. ケーススタディ

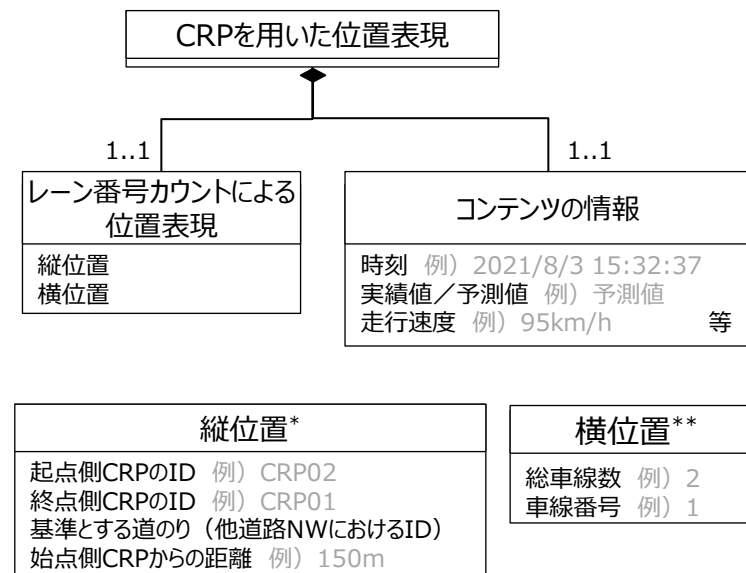
ステップ2（高速交流支援）のケーススタディ：合流支援情報

- SIP第2期自動運転の実証実験（2019・20年度）では、首都高速羽田線空港西インターチェンジにおいて、本線を走行する車両に関する情報（合流支援情報）を合流する道路を走行する車両に提供する実験※を実施。※本線の交通状況を断面（スポット）で検知し、合流部起点到達時刻を進入路側の車両に情報提供。
- 7ページのステップ2（高速合流支援）の一例として、CRPによる位置表現を用いた本線を走行する車両に関する情報（合流支援情報）を合流車両に配信し、絶対座標等を用いた場合と比較することで、CRPの有用性、課題等を検証することが考えられる。



Method1（レーン番号カウント）による位置表現の例
 （Method2（参照ポイントからの差分計測）による位置表現も考えられる）

図 CRPによる位置表現のケーススタディ



* Method1（レーン番号カウント）による位置表現の例。Method2（参照ポイントからの差分計測）による位置表現の場合は、データモデルは異なる。
 ** 横位置は、他検討におけるレーン番号の考え方も踏まえて指定。

図 配信データのデータモデル（例）

4. まとめ

本検討の成果

本検討では、異なる高精度デジタル道路地図間で位置情報を交換するためのCRP設置の基本的な考え方を整理。加えて、各段階におけるCRPの実施事項を踏まえたケーススタディとして、CRPの具体的な設置・活用方法を提示。

《CRP設置の基本的考え方》

	ステップ1	ステップ2	ステップ3	
ニーズ	落下物・渋滞等	高速合流支援	一般道交差点	
Method =	1 (レーン番号カウント) 両端に存在する参照ポイントを利用して縦断方向の位置を指定し、レーン番号を示す事で横断方向を特定		2 (差分計測) 参照ポイントからの離隔距離等で詳細な位置を特定	
想定される情報の相対精度	数m ≤ σ ≤ 十数m	1m ≤ σ ≤ 数m	σ = 25cm程度	
CRPに係る実施事項	(高精度デジタル道路1地図の取組) →		図化基準の要件を決める。	精度の保証
			CRPの設置方法を定義する。	定義の共通化
	共通化された名称やIDを決める。		(CRPの取組)	名前の共通化

《CRPの具体的な設置》

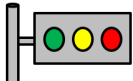



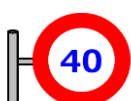
ケーススタディ：
車線レベル道路交通情報

ケーススタディ：
合流支援情報

今後、ケーススタディに基づく実証実験等を踏まえ、具体的な定義方法・整備方法等の決定が進むことを期待。



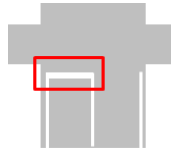

(以下、参考資料)

(参考) APの候補 (一覧)

地物名	区画線	信号灯器 (灯火部分)	道路照明 (灯火部分)	導流島	距離標・ 道路基準点	集水桝	道路標識 (標識部分)	
	道路標示							
1	管理主体が公共機関であること (法規・設計基準等から該当する地物を抽出)							
	イメージ図							
	概要							
2	網羅的に整備されていること	・網羅性が高い ・ある程度の網羅性がある ・網羅性が乏しい	ある程度の網羅性がある	ある程度の網羅性がある	網羅性が乏しい	ある程度の網羅性がある	網羅性が高い	ある程度の網羅性がある
3	現実空間で、位置が原則動かないこと	・位置の変化が生じにくい ・位置の変化が生じやすい	位置の変化が生じにくい	位置の変化が生じやすい	位置の変化が生じにくい	位置の変化が生じにくい	位置の変化が生じにくい	位置の変化が生じにくい
4	計測車両で計測できること	・MMSで計測できる ・障害物を除去しない限りMMSで計測が難しい ・MMSで計測が難しい	MMSで計測できる	MMSで計測できる	MMSで計測できる	障害物を除去しない限りMMSで計測が難しい	MMSで計測が難しい	MMSで計測できる

机上検討結果

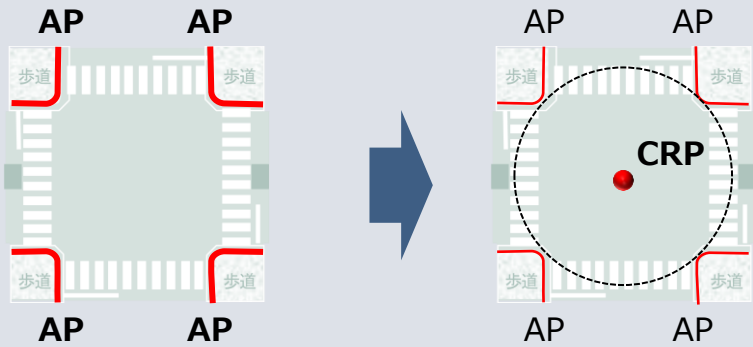
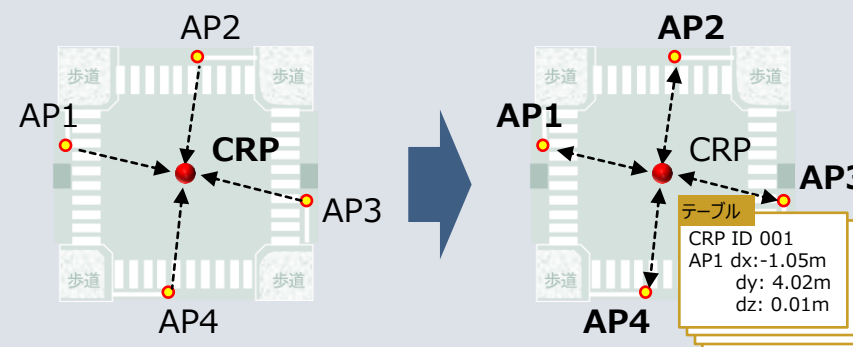
(参考) APの候補 (一覧)

地物名		区画線	信号灯器・道路標識等の根元部分	視線誘導灯	歩行者横断歩道 指導線 (104)	-	導流帯 (107)
		道路標示			横断歩道 (201)	停止線 (203)	安全地帯又は路上障害物に接近 (208) 導流帯(208の2)
机上検討結果	1	管理主体が公共機関であること (法規・設計基準等から該当する地物を抽出) イメージ図 概要					
	2	網羅的に整備されていること <ul style="list-style-type: none"> ・網羅性が高い ・ある程度の網羅性がある ・網羅性が乏しい 	ある程度の網羅性がある	網羅性が乏しい	ある程度の網羅性がある	ある程度の網羅性がある	ある程度の網羅性がある
	3	現実空間で、位置が原則動かないこと <ul style="list-style-type: none"> ・位置の変化が生じにくい ・位置の変化が生じやすい 	位置の変化が生じやすい	位置の変化が生じやすい	位置の変化が生じやすい	位置の変化が生じやすい	位置の変化が生じやすい
	4	計測車両で計測できること <ul style="list-style-type: none"> ・MMSで計測できる ・障害物を除去しない限りMMSで計測が難しい ・MMSで計測が難しい 	障害物を除去しない限りMMSで計測が難しい	MMSで計測できる	MMSで計測できる	MMSで計測できる	MMSで計測できる

(参考) APの候補 (一覧)

地物名		区画線	車線中央線 (101)	車線境界線 (102)	車道外側線 (103)	歩道境界 などの舗装縁	ガードレール・ フェンス	官民境界	道路縁
		道路標示	中央線 (205)	車線境界線(206) 車両通行帯(109)	路側帯 (108の4)				
机上検討結果	1	管理主体が公共機関であること (法規・設計基準等から該当する地物を抽出)							
		イメージ図							
		概要				歩道縁端部		境界画定された 官民の境界	道路法による 道路の区域
	2	網羅的に整備されていること	・網羅性が高い ・ある程度の網羅性がある ・網羅性が乏しい	ある程度の網羅性 がある	ある程度の網羅性 がある	ある程度の網羅性 がある	網羅性が高い	網羅性が乏しい	網羅性が高い
3	現実空間で、位置が 原則動かないこと	・位置の変化が生じにくい ・位置の変化が生じやすい	位置の変化が 生じやすい	位置の変化が 生じやすい	位置の変化が 生じやすい	位置の変化が 生じにくい	位置の変化が 生じやすい	位置の変化が 生じにくい	位置の変化が 生じにくい
4	計測車両で計測でき ること	・MMSで計測できる ・障害物を除去しない限り MMSで計測が難しい ・MMSで計測が難しい	MMSで計測できる	MMSで計測できる	MMSで計測できる	MMSで計測できる	MMSで計測できる	MMSで計測が 難しい	MMSで計測が 難しい

(参考) CRPの設置方法

	ルールに基づく設置方法 (方法①)	テーブルに基づく設置方法 (方法②)
概要	<p>1. APの位置を決める 2. APからCRPを自動計算する ⇒ 各地図はルールに基づきAP・CRPを設置</p>  <p>1. 各地図がAPの位置を確認 (例: 歩車道境界などの舗装縁) 2. 各地図がルールに基づきAPからCRPを自動計算 (例: 内接円の中心)</p>	<p>1. 初期整備者がCRPを設置 2. CRPとAPの相対座標のテーブルを整備 ⇒ 各地図はテーブルを用いてAP・CRPを設置</p> <p>※APとする地物によっては、テーブルだけでなく、CRPを設置する基準となる地図を整備する必要もあり</p>  <p>1. 初期整備者がルールに基づきAPからCRPを自動計算 (例: APの加重平均) 2. 全APについてCRPとの相対座標のテーブルを整備</p>
メリット/ デメリット	<ul style="list-style-type: none"> ○ CRPを管理するコストが低額 ○ APが移動してもルールに基づき各々の地図でCRPを更新するだけであり、運用が容易 × APが移動しやすい地物の場合、APが移動するとCRPも動く × どのような設置箇所にも適用できるルール・APが必要 	<ul style="list-style-type: none"> ○ APが移動してもCRPが動かない ○ LOをAP (の一部) としやすい × テーブルの初期整備者が必要であり、テーブルの管理コストが高額 × テーブルでのAP管理が必要 (例: どの信号灯器をAPとしたかの記録、APの移動に伴う更新)

※CRPの整備時には、方法①、方法②を組み合わせる案も考えられる。