

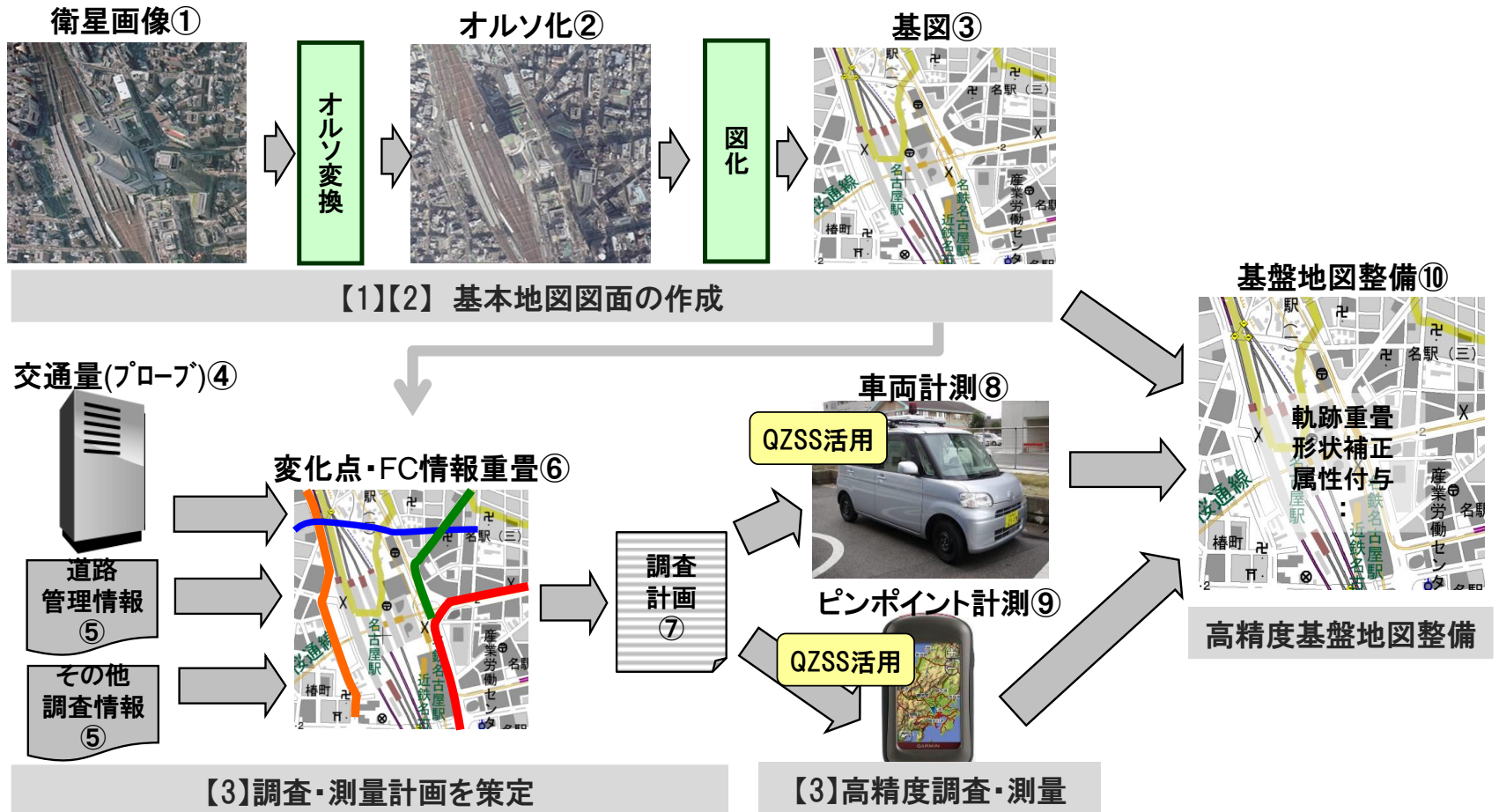
「QZSSを利用した基盤地図補正および 基盤地図更新の有効性評価」

公開

株式会社ゼンリン

1. プロジェクトのスキーム (変更前)

前提: QZSSを使って**位置精度の高い地物情報を取得**。その地物を地図化することにより、MMS等の高精度計測車両を使うことなく、**比較的安価に高精度地図を整備する**



地図情報は**国家機密**に該当する可能性があるため、タイのカウンターパートより、**地図整備目的の現地での活動の自粛**を求められる

2. 本プロジェクトにおける研究テーマ（変更後）

◆ アウトプット

1. 地図整備上の課題、地図利用のニーズ及び市場性調査とビジネスモデルの提案
→課題の洗い出しとして法令調査を実施
2. QZSSを利用した基盤地図作成手法の実現性評価
→法令に抵触する可能性があるプロセスはタイの地図会社である
グローブテック社へ依頼

◆ 手順

QZSS (MADCOCA PPP AR、L1-SAIF)を利用した基盤地図作成手法の実現性評価
作成手順:

- ①現地で地図整備・販売許可を受けている地図会社から地図データの入手検討
- ②QZSS(補強機能)の高精度測位による現地調査・計測手法の検討
- ③高精度な調査・計測結果を基とした基盤地図補正の有効性評価
- ④高精度な調査・計測結果を基とした高精度基盤地図更新の有効性評価

3. 法令調査： 調査概要

【目的】

外国籍の企業に対する現地での規制状況の把握し、規制を踏まえた上での目的達成方法を把握する。

特に以下の2つのケースで特に関連する法令を把握する。

- ①民間企業がASEANの地図を自ら整備する場合
- ②現地にある地図を活用して地図事業を行う場合

【対象国】ASEAN10ヶ国

(インドネシア、カンボジア、シンガポール、タイ、フィリピン、ブルネイ、ベトナム、マレーシア、ミャンマー、ラオス)

【調査項目】各国における地図整備に関する法令

【調査方法】

- ・ 地図整備上のプロセスを洗い出したうえで、各過程でどのような法規制が発生するのか、法令に関する懸念点を整理し、法令調査のポイントを明確化
- ・ 法律事務所を介して、現地の関連各所にヒアリング調査を実施

4. 法令調査： 調査内容

- 法令調査の実施に際しては、各プロセスで特に重視すべきポイントを以下に明記
- 具体的には、各プロセスを日本・現地で実施するかの観点で分けて整理しており、その際に関連する現地国の法令を網羅的に調査を実施

No.	プロセス	イメージ	記述	法令調査ポイント	
				日本で実施	現地で実施
1	衛星画像 航空写真		現地政府、もしくは民間企業より衛星画像／航空写真の調達し、日本に持ち込む。衛星画像は日本国内にて入手可	航空写真の調達 航空写真の持ち出し	衛星・航空写真の調達
2	電子基本 地図		衛星画像、航空写真の道路、建物、緑地形状をデジタル化し、基地図を作成。現地政府／民間企業が電子基本地図を所有している場合はそれを調達	衛星・航空写真の加工 電子基本地図の調達、 持ち出し	衛星・航空写真の加工 電子基本地図の調達
3	調査原稿		基地図より調査原稿を作成	基地図の加工	基地図の加工
4	現地調査		現地調査(歩行・走行)を実施。道路名称、道路規制、方面看板、POI、ハウスナンバー等の情報を取得。その際にみちびき受信機を使用し、高精度な位置情報を取得	調査原稿の持ち込み 機材の持ち込み	現地調査の実施
5	地図データ (変換前)		地図整備システムを使ってデータ入力を行い、地図データを作成	調査成果物の持ち出し データ入力	データ入力
6	地図データ (変換後)		顧客の製品に応じて、地図データのフォーマットを変換(オーサリング)し、納品物を作成	地図データ(変換前)の 持ち出し データ変換	データ変換
7	データ検証		地図データが組み込まれた、商品(例:ナビ実機の試作品)を現地に持ち込み、走行テストを実施。現実世界と比較して地図の精度を確認。机上評価も合わせて実施	ナビ実機の持ち込み 調査成果物の持ち出し 机上評価	走行テスト 机上評価
8	データ提供 ／納品		販売行為を実施し、顧客へ地図データを納品 ※地図データが現地で作成された場合はまず日本へ送信	地図データ(変換後)の 持ち出し 販売行為	販売行為

5. 法令調査： 調査結果 (タイ) ①

	No.	項目	条件
衛星画像／航空写真／基地図	1	衛星・航空写真の調達／国外持ち出し (タイ政府から)	<ul style="list-style-type: none"> 管轄元である、タイ王立測位局 (RTSD) の許可を取る
	2	衛星・航空写真の調達／国外持ち出し (タイ政府以外から)	<ul style="list-style-type: none"> 所有者からの許可があれば可能。 ※規制区域を含む場合は、RTSDの許可を取る。
	3	衛星／航空写真から 基地図生成 (タイ国内)	<ul style="list-style-type: none"> 内資・外資共に可能。但し、衛星／航空写真はNational Security Law (以下国家機密法)により国家機密に該当する場所が含まれているため、国内での生成は当局の事前許可が必要。 外国人による当該作業は外国人事業法に従って、当局から事前承認が必要。
	4	衛星／航空写真からの基地図生成 (タイ国外)	<ul style="list-style-type: none"> 可能。但し、衛星／航空写真の著作権者がRTSDである場合、もしくは規制区域が描画されている場合はRTSDの事前承認が必要。
	5	電子基本地図 (基地図) の国外持ち出し	<ul style="list-style-type: none"> 電子基本地図は輸出規制対象となる可能性があり、国家機密法に規定される機密文書とみなされた場合は、RTSDの事前許可が必要
現地調査	1	情報収集の為の現地調査 (徒歩、車両)	<ul style="list-style-type: none"> 現地の各法令 (土地交通法、自動車法、高速道路法、国家機密法等) を遵守すれば、内資・外資共に現地調査は可能。 外国人が調査を行う場合は労働許可証が必要。
	2	みちびき受信機による位置情報取得 上記搭載車による道路撮影	<ul style="list-style-type: none"> 上記No.1のとおり • Secret Places (軍事施設、王宮、防衛施設など)を含む場合は当局より許認可が必要。 ※特別な機器の利用には、持込み時に許可を必要とする場合有り。
	3	個人情報の取得	<ul style="list-style-type: none"> 現在関連する規制はないが、個人情報保護に関する法案が提出されている。
	4	撮影したビデオ・写真の国外持ち出し	<ul style="list-style-type: none"> • 国家機密法に該当する場合、事前に当局より許可が必要。 ※撮影された写真・ビデオは国家機密法及び著作権法が適用されるため、税関で没収される可能性がある。

6. 法令調査： 調査結果（タイ）②

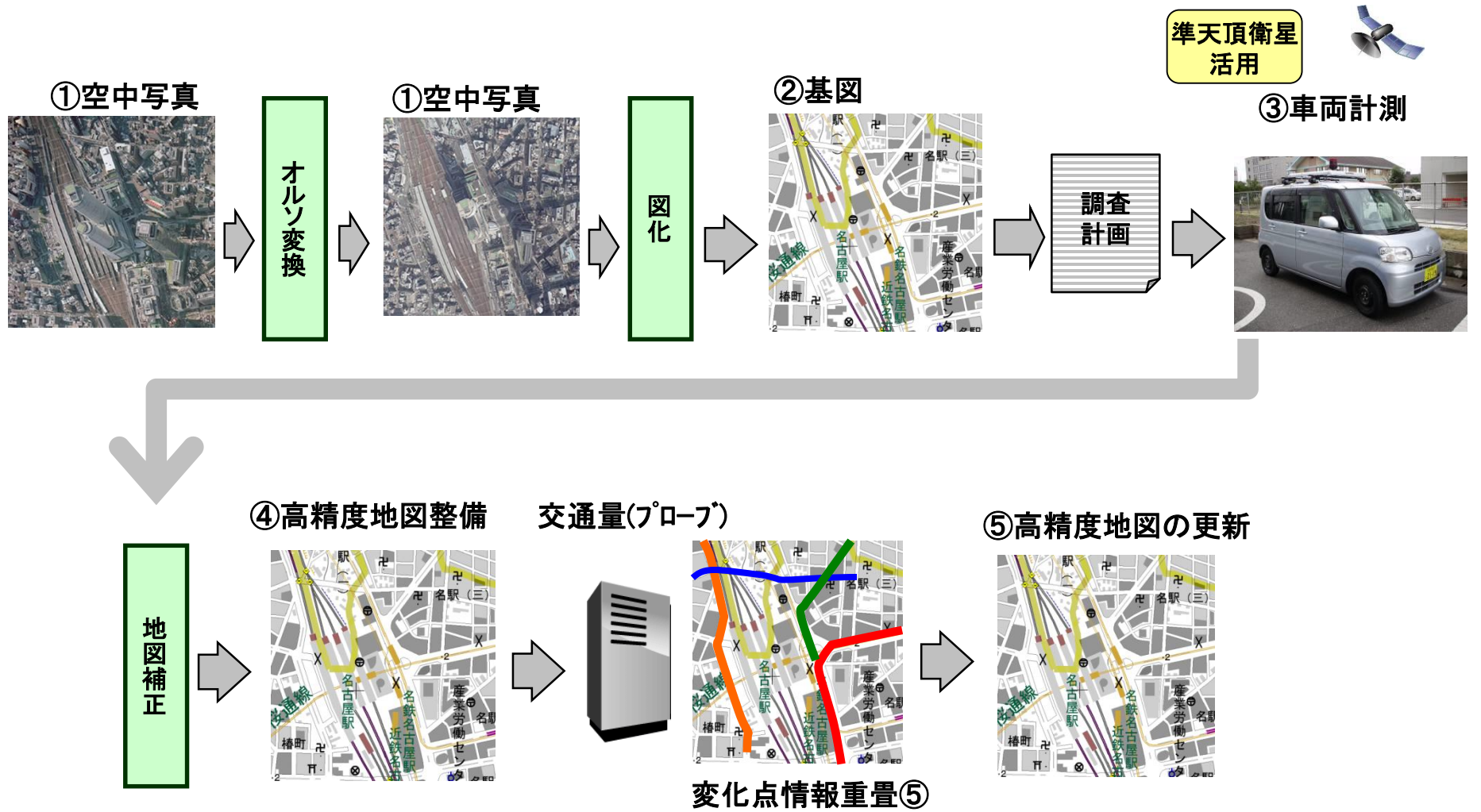
	No.	項目	条件
データ入力／編集／変換／オーサリング	1	基地図への加工 (タイ国内)	<ul style="list-style-type: none"> 電子基本地図の加工は、出所に関わらず、内資・外資共にRTSDの確認が必要である。 外国人における当該作業については事業とみなされ、外国人事業法に従って当局から事前承認が必要
	2	地図フォーマット変換	<ul style="list-style-type: none"> 可能。整備した地図が、国家機密法に違反しないことが条件 ※Secret Places(軍事施設、王宮、防衛施設など)を含む場合は当局より許認可が必要。
	3	地図への情報追加 (店舗、建物情報など)	<ul style="list-style-type: none"> 上記No.2のとおり
	4	国境線の表示	<ul style="list-style-type: none"> 国境線が国家機密事項に該当するため、その表示にはRTSDの許可が必要
データ検証(現地／机上)／販売／納品	1	撮影したビデオを用いてリリース地図の精度を確認 (現地での机上テスト)	<ul style="list-style-type: none"> 現地調査同様、内資・外資共に可能。 外国人が調査を行う場合は労働許可証が必要。
	2	撮影したビデオを用いてリリース地図の精度を確認 (タイ国外での机上テスト)	<ul style="list-style-type: none"> 国家機密法に該当する場合、持ち出し前に許可が必要。 ⇒撮影された写真・ビデオは国家機密法及び著作権法が適用されるため、税関で没収される可能性がある。
	3	電子地図データの国外持ち出し	<ul style="list-style-type: none"> タイ国内で作成された電子地図データの輸出には、内資・外資共にRTSDの許可が必要
	4	地図販売(タイ国内)	<ul style="list-style-type: none"> 国家機密法に基づき、内資・外資共にRTSDから許可が必要 (外資の場合は外国事業法に基づく制約を受ける)
	5	地図販売(タイ国外)	<ul style="list-style-type: none"> 上記3のとおり、持ち出しにはRTSDの許可が必要
	6	電子地図データの国内持ち込み	<ul style="list-style-type: none"> 国家機密法に違反したものでない限り、可能

7. 基盤地図補正・更新検証(全体プロセス)

No.	バリューチェーン	成果物	プロセス	実施内容 (基地図あり)	実施内容 (基地図なし)	記述	素材
1	出典	衛星画像	①		空中写真の調達	衛星画像をグローバルベンダーより調達	衛星画像 (DigitalGlobe社)
2		基地図	②		基地図の作成	衛星画像の道路、建物、緑地形状をデジタル化し、基地図を作成 →グローバルテック社へ依頼	地図作成仕様
3		基地図	②	基地図の調達		電子基板地図の調達 (現地政府、現地地図会社)	グローバルテック社地図データ
4	地図補正	現地調査	③		走行調査の実施	タイにてQZSS受信機とビデオを使って、現地調査を実施。走行軌跡と画像データを取得 →ホンダ、JAXAにて取得	車両仕様 ルート計画
5		地図DB	④		基地図の補正	QZSS軌跡を用いて、基地図を補正する有効性の評価 →グローバルテック社へ依頼	補正軌跡 (MADCOA PPP AR) POS-LV軌跡 ビデオ画像
6	地図更新	地図DB (更新版)	⑤		地図の更新	QZSSプローブを利用して地図更新活用の有効性の評価 →グローバルテック社へ依頼	地図補正仕様 L1-SAIF補正プローブ

現地での活動はグローバルテック社へ委託
JAXA様、ホンダ様が取得した補正軌跡を利用

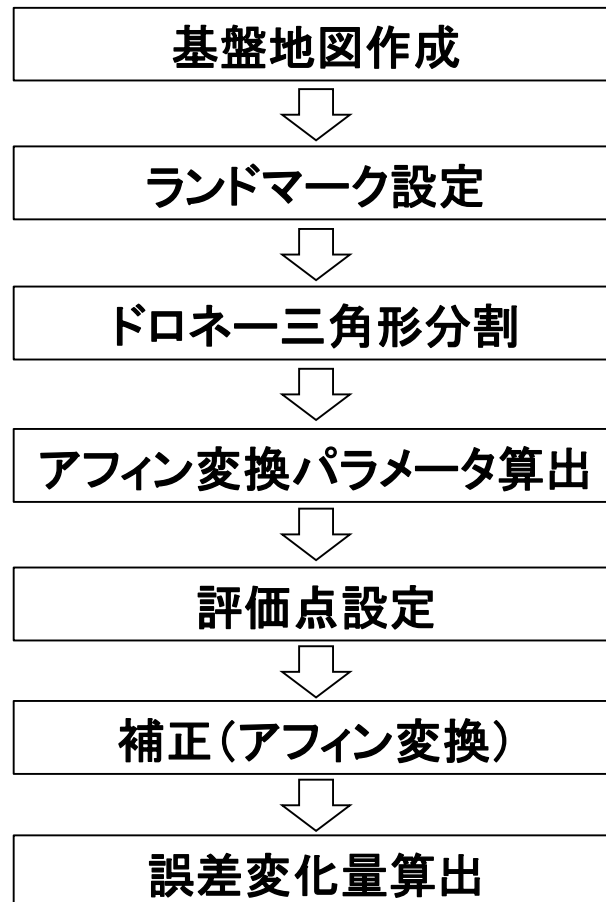
8. 基盤地図補正・更新(全体フロー)



9. 基盤地図補正検証概要

衛星写真から基盤地図を作成し、現地調査・計測で取得したQZSSの高精度測位情報を含むデータを用いて基盤地図を補正する手法の検討・評価を行う。

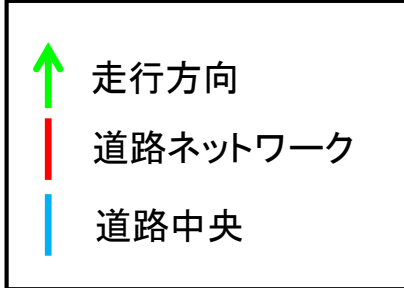
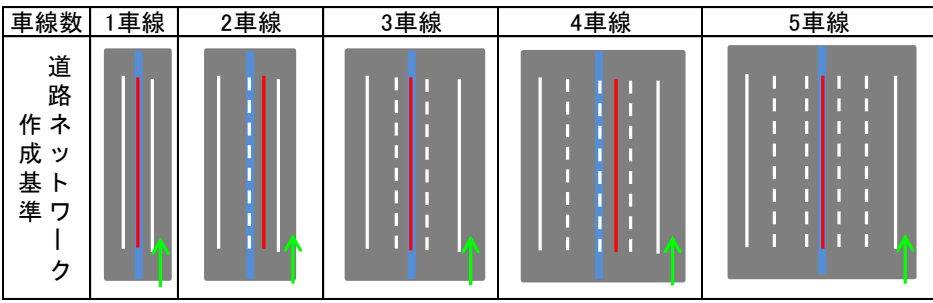
■評価手順



10. 基盤地図作成

◆ 基盤地図作成

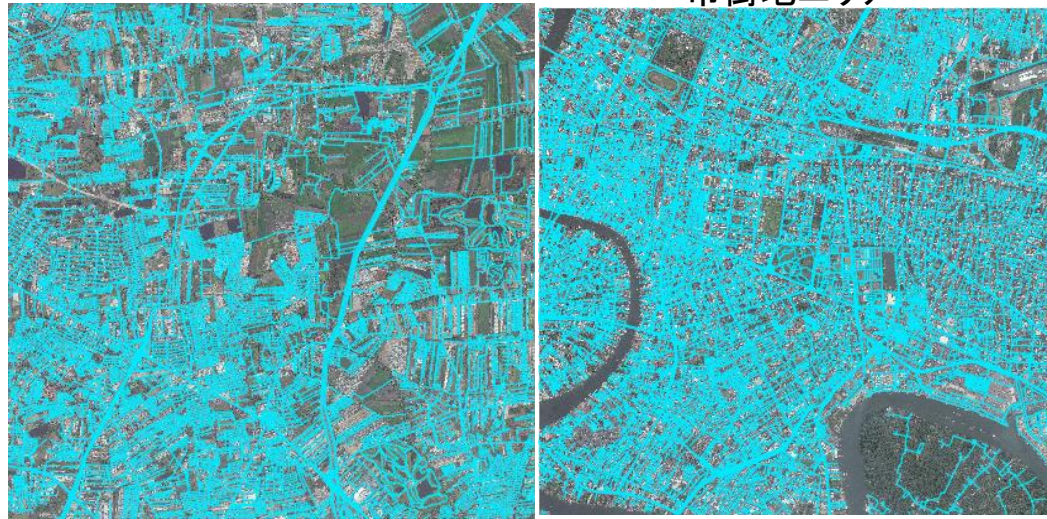
衛星写真で視認できるすべての道路に対して基盤地図の道路ネットワークを作成する。
道路ネットワークは車道の中央を通るように作成する。



郊外エリア

市街地エリア

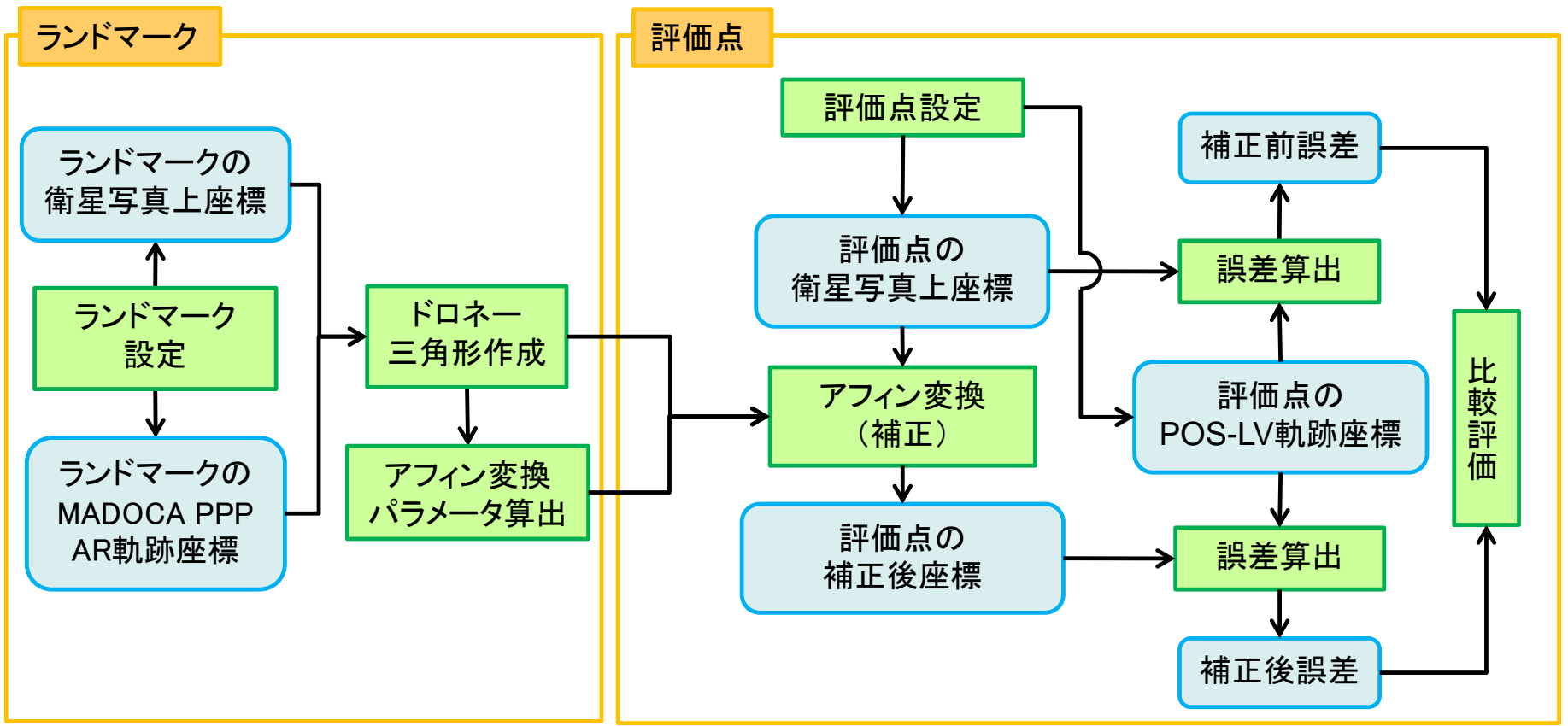
10km



基盤地図

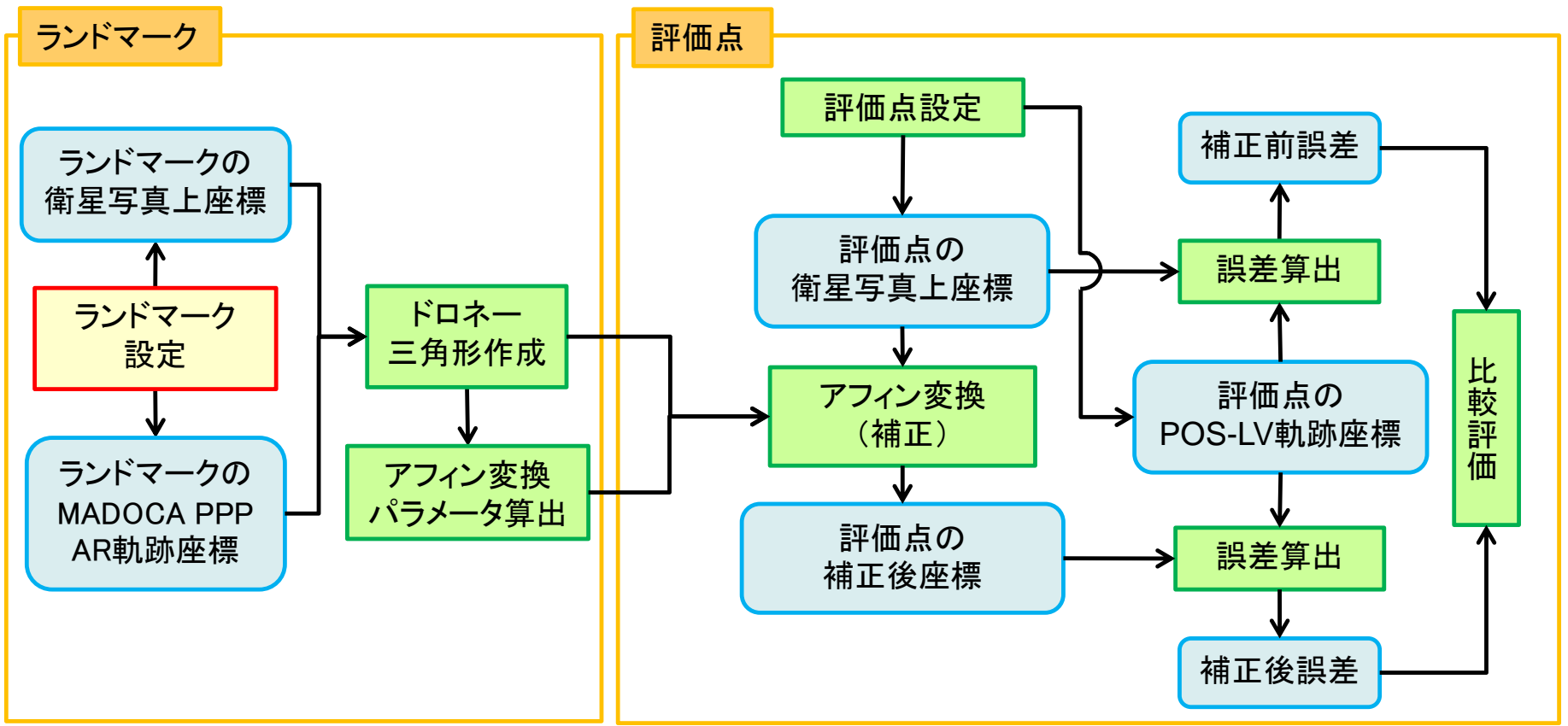
衛星写真と基盤地図の重ね合わせ

11. 基盤地図補正検証フロー



■ 処理手順
■ 出力データ

12. ランドマーク設定

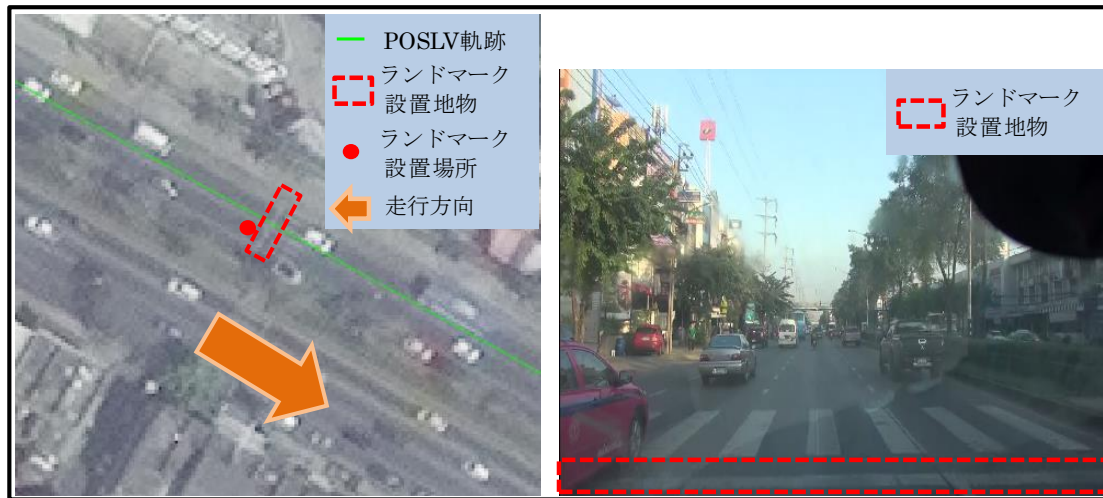


■ 処理手順
■ 出力データ

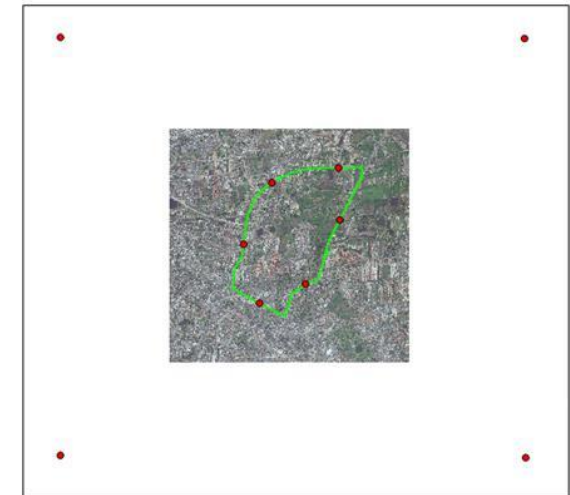
12. ランドマーク設定

高精度計測車両で計測したルート上にランドマークを設ける。

- ・走行動画と衛星写真両方で視認できる地物上。(道路のつなぎ目、横断歩道など)
→ランドマークを通過した動画時刻から
ランドマークのMADOCA PPP AR軌跡上座標を取得。
- ・4kmごとを目安に設置。
- ・衛星写真の遠方四隅に設置する。



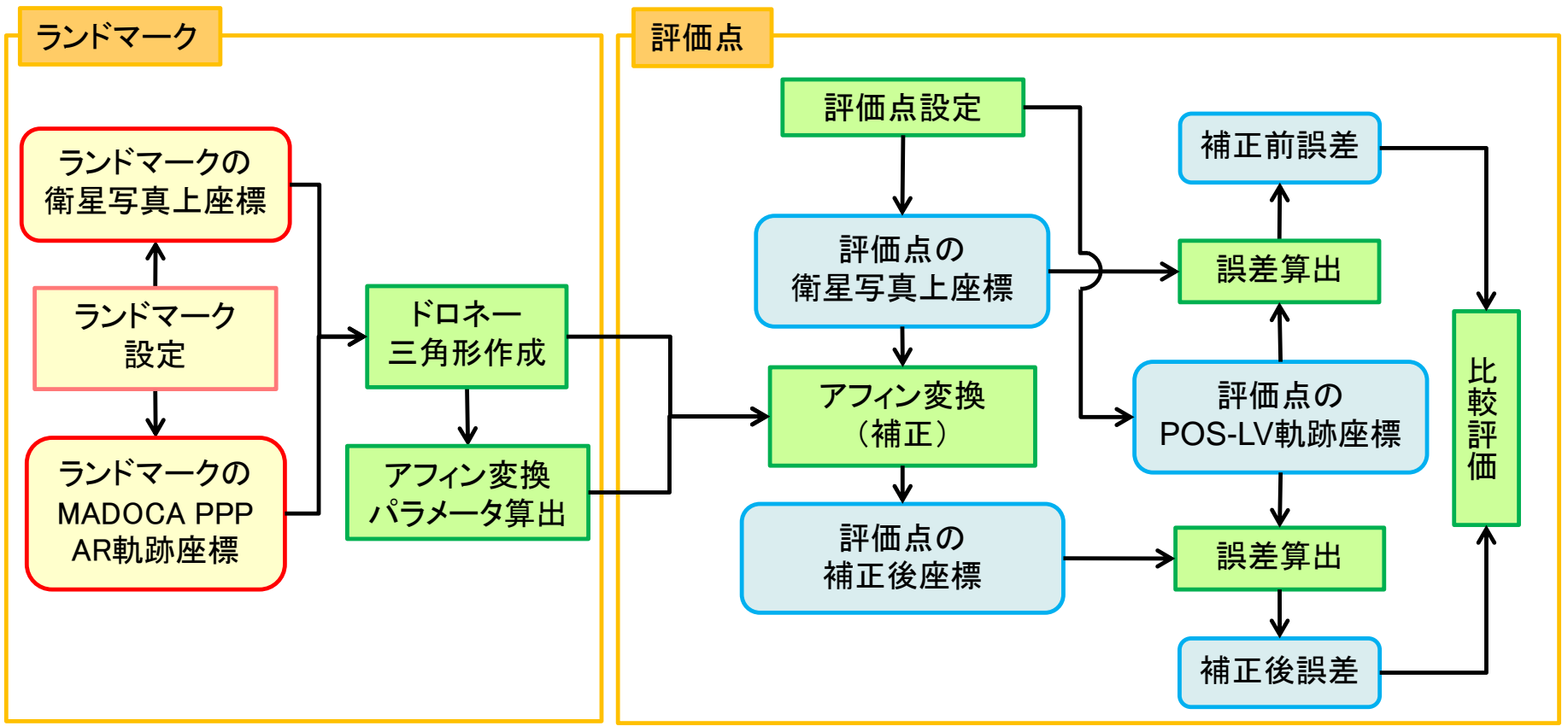
衛星写真、走行動画におけるランドマークの視認例



ランドマーク設置箇所(郊外エリア)

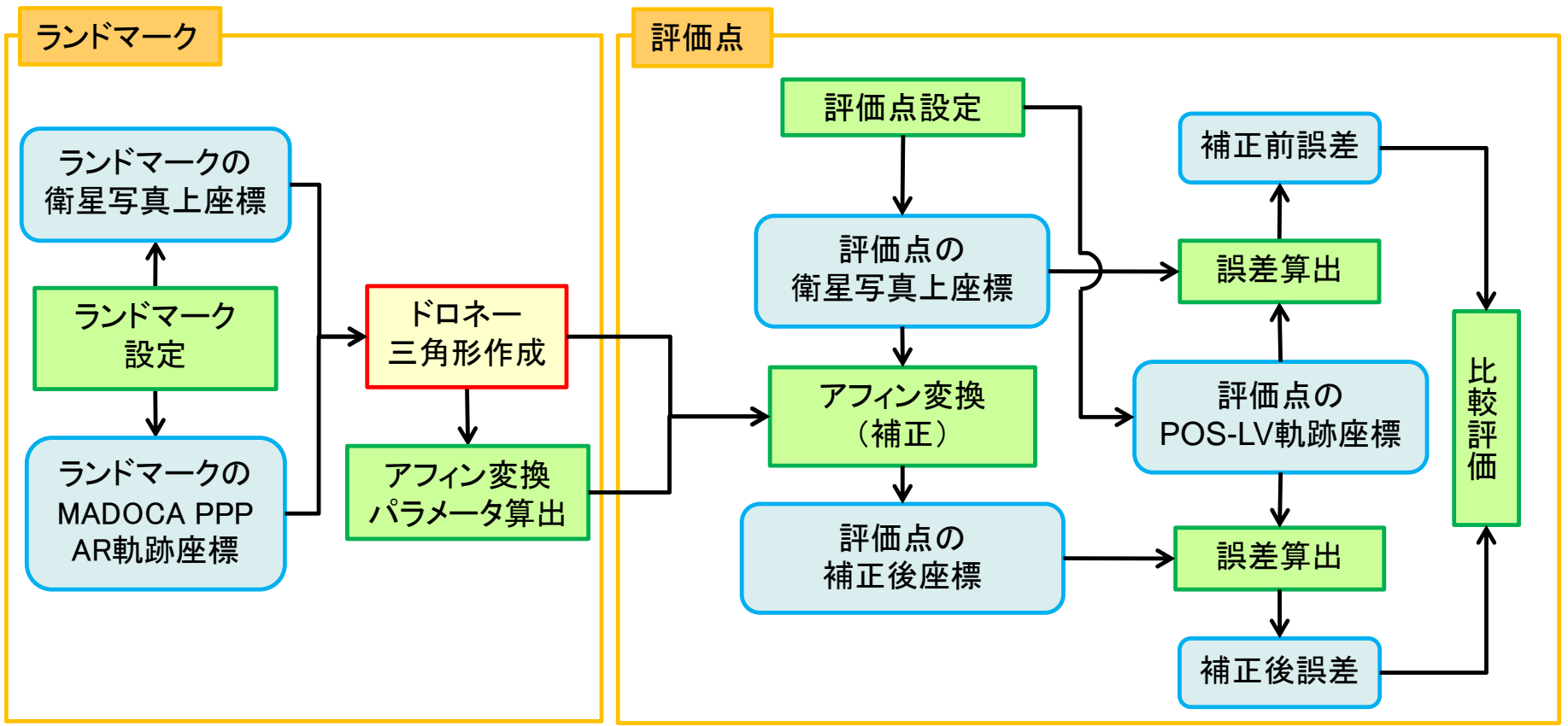
走行動画はGPS時刻(1hz)を用いて計測データ(POS-LV、MADOCA PPP AR)と同期をとっている。

12. ランドマーク設定



■ 処理手順
■ 出力データ

13. ドローン-三角形分割



■ 処理手順
■ 出力データ

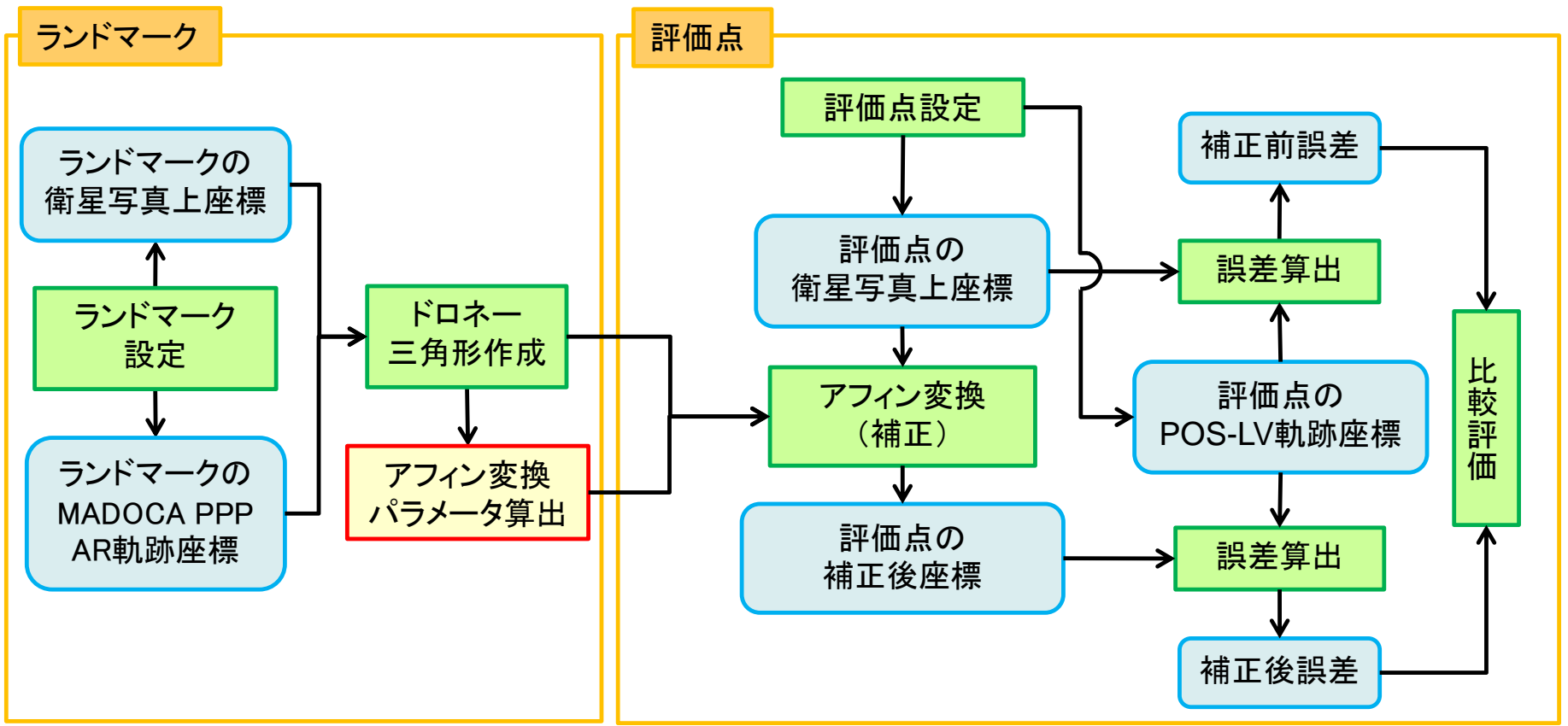
13. ドローン-三角形分割

ランドマークを頂点として、ドローン-三角形分割をする。

コース名	郊外_高速道路ルート	市街_高速道路ルート
ルート長	19.8 km	35.1 km
点数	10	12
画像		

- 計測ルート
- ランドマーク

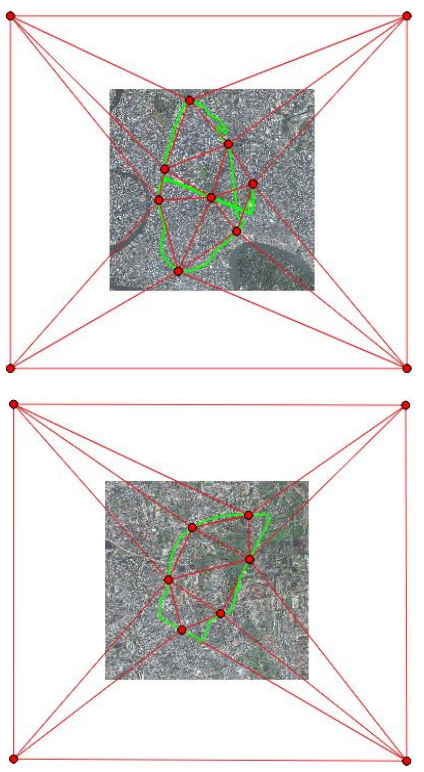
14. アフィンパラメータ算出



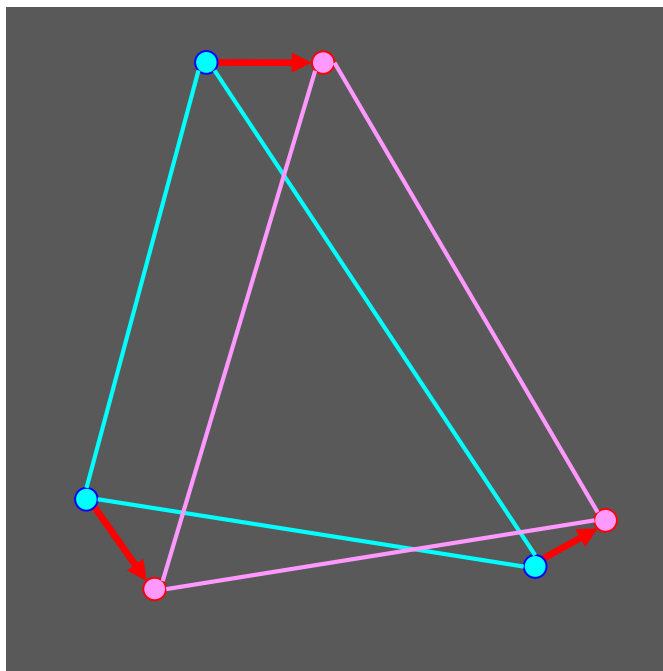
■ 処理手順
■ 出力データ

14. アフィンパラメータ算出

ドローネー三角形を構成する3点のランドマークそれぞれの衛星写真上座標とMADOCA PPP AR軌跡上座標、計6点からアフィン変換パラメータを算出

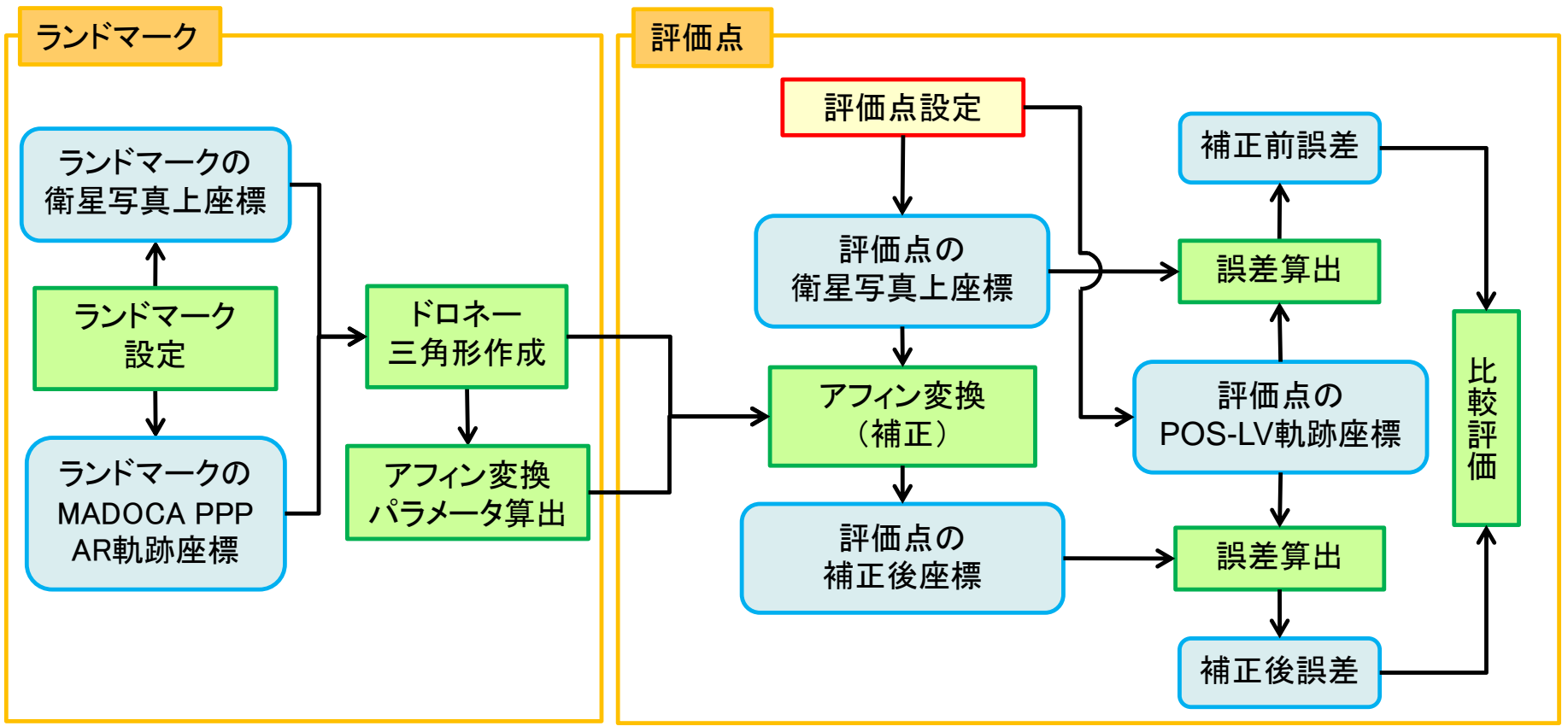


すべてのドローネー三角形
に対して算出



- ランドマークの衛星写真上座標
- ランドマークのLEX軌跡座標

15. 評価点設定



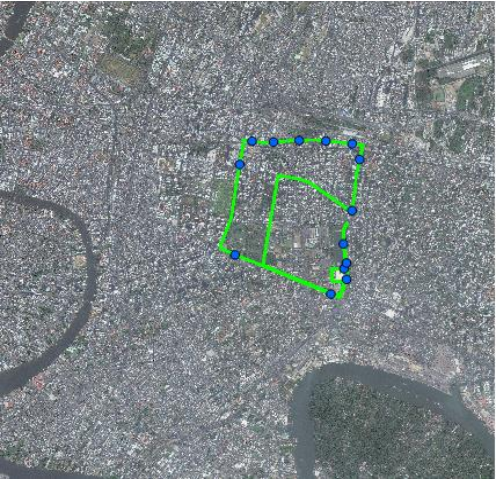


■ 処理手順
■ 出力データ

15. 評価点設定

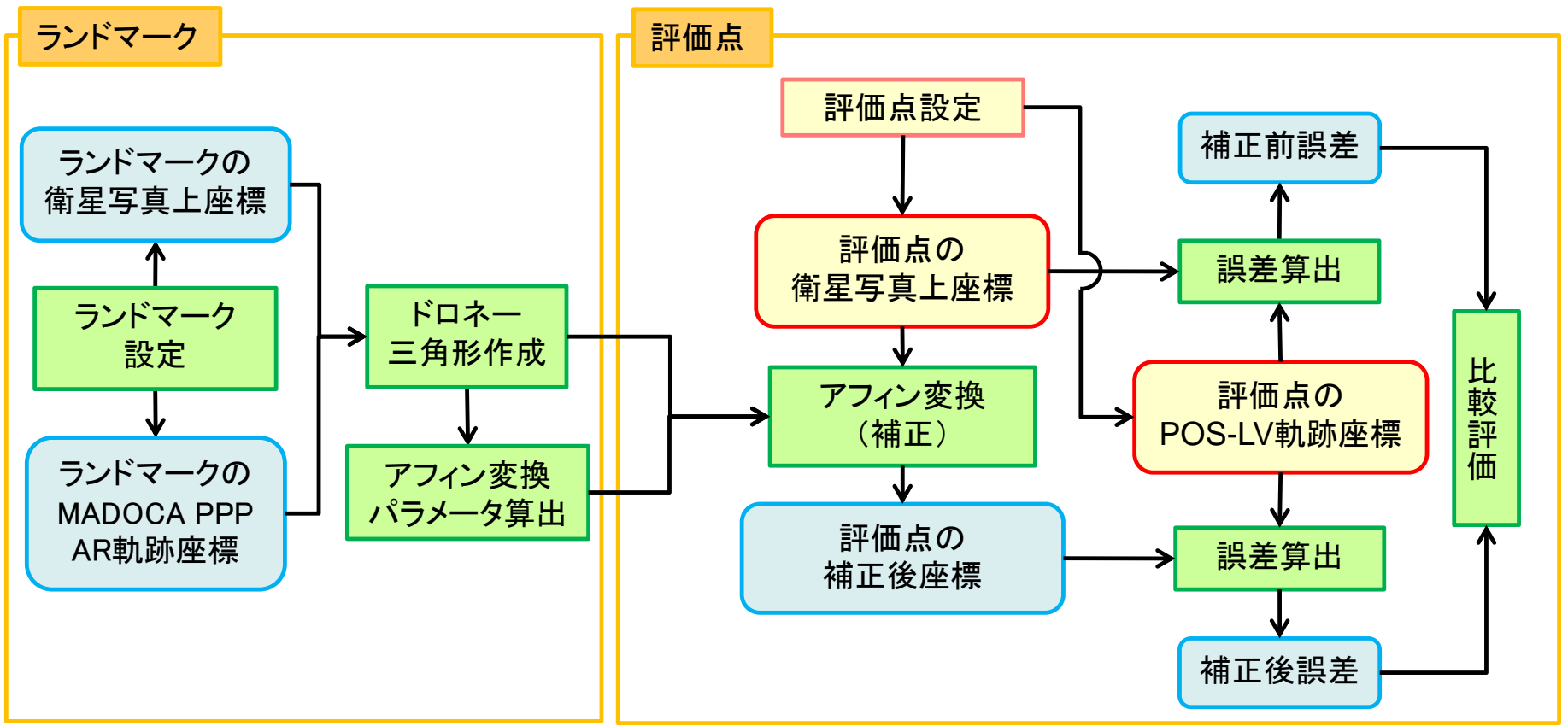
ランドマークを設定したルートとは別のルート上に評価点を設ける。

走行動画と衛星写真両方で視認できる地物上。
1kmごとを目安に設置。

コース名	郊外追加①ルート	郊外追加②ルート	市街地ルート
ルート長[m]	29.3km	20.3km	18.0km
点数	29	16	14
画像			

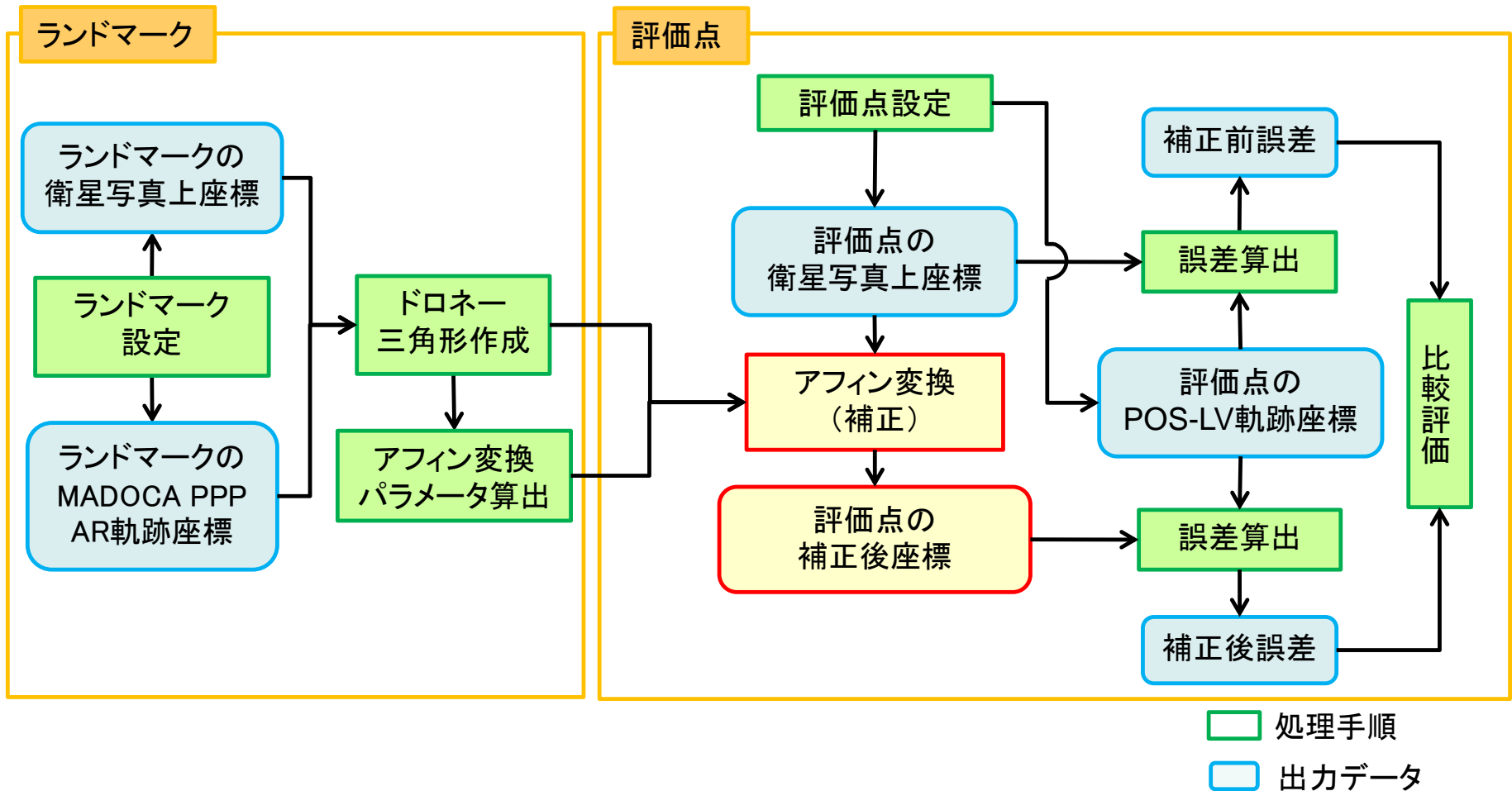
※郊外追加②ルートはランドマーク
を設置したルートの逆方向のルート

15. 評価点設定

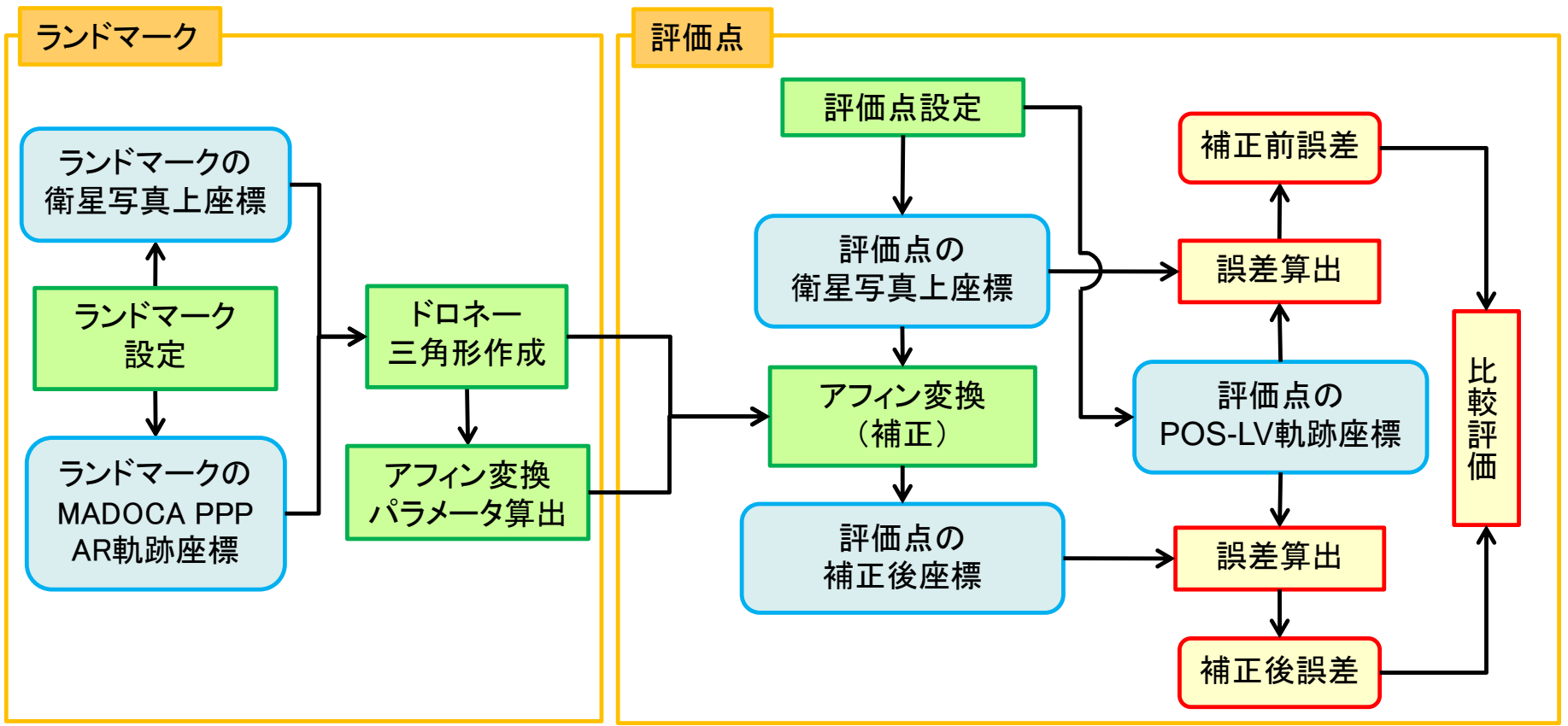


■ 処理手順
■ 出力データ

16. 補正処理(アフィン変換)



17. 補正前誤差、補正後誤差算出



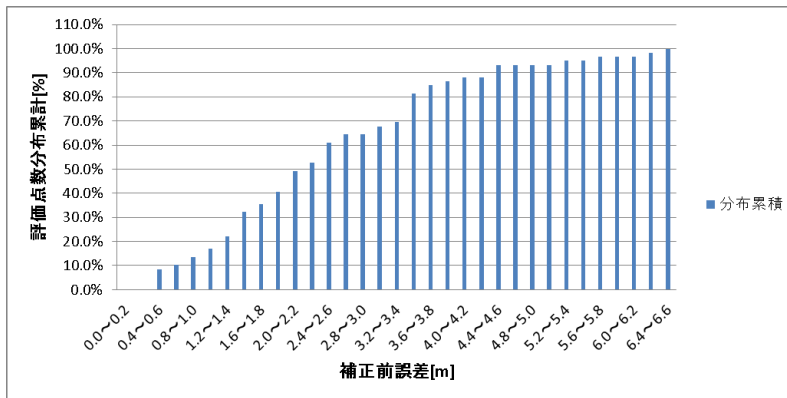
18. 補正結果(3エリア合計)

項番	補正用ルート	評価用ルート	補正前誤差 平均値[m]	補正後誤差 平均値[m]	変化量 平均値[m]
1	郊外_高速道路ルート	郊外追加①ルート	2.31	2.20	-0.11
2	郊外_高速道路ルート	郊外追加②ルート	2.23	2.20	-0.03
3	市街_高速道路ルート	市街地ルート	2.93	2.97	0.04
平均	-	-	2.49	2.46	-0.03

項番	補正用ルート	評価用ルート	評価点 総数	誤差減少 評価点数	誤差減少 評価点比
1	郊外_高速道路ルート	郊外追加①ルート	29	17	58.6%
2	郊外_高速道路ルート	郊外追加②ルート	16	10	62.5%
3	市街_高速道路ルート	市街地ルート	14	7	50.0%
平均	-	-	19.7	11.3	57.0%

補正による誤差の平均変化量は-0.03m、誤差が減少した評価点数は全体の57.0%と補正による誤差減少はあったが、わずかな減少であった。

【課題1】 衛星写真の歪みが想定より小さい
評価点の補正前誤差は4.6m以内に90%以上が含まれている。



補正対象エリアの衛星写真のゆがみは
想定した歪み10.2mより小さいと考える。

19. 課題

【課題2】 補正ノイズ

項番	ノイズ原因	想定値[m]	詳細
1	衛星写真解像度	0.12	衛星写真解像度(0.5m×0.5m)より、画素の中心から四隅までの距離が発生しうる補正ノイズの最大値である0.35mを3σとみなしてσ=0.12mを想定値とする。
2	軌跡周波数	0.37	80km/hのときに0.1秒で2.22m進むためランドマークや評価点通過時にちょうど軌跡を取得できない可能性がある。補正ノイズの最大値1.11mを3σと見なして、σ=0.37mを想定値とする。
3	POS-LV軌跡データ計測値	0.20	POS-LV軌跡データの補正ノイズ(自己位置推定値の最大値0.20m)より0.20mを想定値とする。
4	MADCOA PPP AR軌跡データ計測値	0.18	MADCOA PPP AR軌跡データの補正の補正ノイズ(自己位置推定値の最大値0.18m)より0.18mを想定値とする。

想定される補正ノイズ全体の標準偏差は

$$\sigma_{all} = \sqrt{0.12^2 + 0.37^2 + 0.20^2 + 0.18^2} = 0.47$$

よって $3\sigma_{all} = 1.41$ mの補正ノイズが発生する可能性がある。

補正ノイズの対策として軌跡周波数のノイズは走行速度に大きく影響する。走行速度を落とすことにより、ノイズ削減を期待できる。

MADOCA PPP AR軌跡を用いた補正方法は半数以上の評価点において精度向上を確認することができたので有効であると言える。

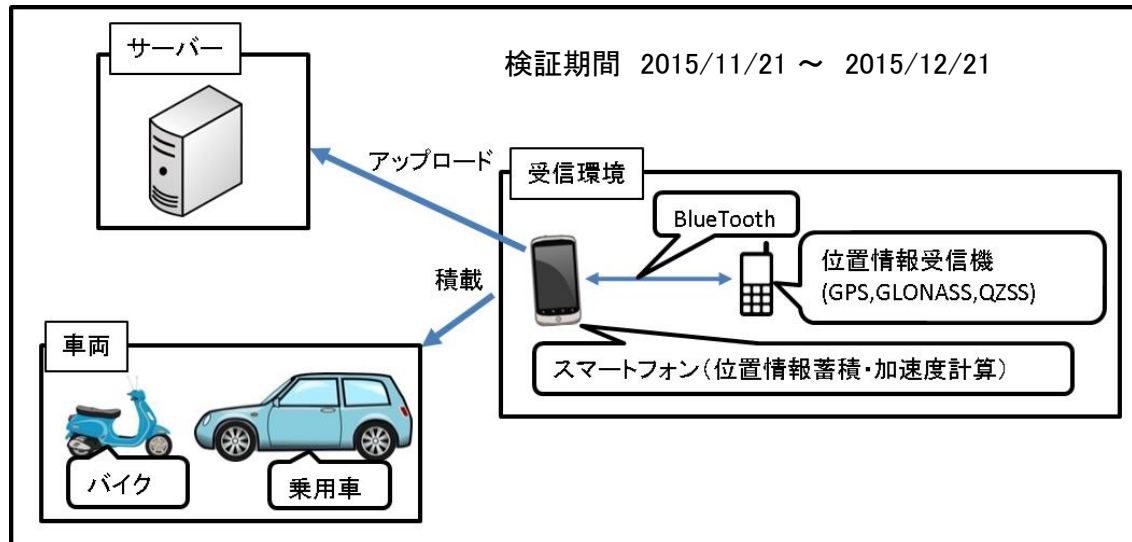
◆補正の効果をより高めるには以下の検討が考えられる。

- ・オルソ補正などを実施していない歪みを含む衛星写真を用いる。
- ・補正ノイズをより小さくする。

21. 基盤地図更新検証概要

バイクと乗用車の走行軌跡から既存の基盤地図に存在しない新設道路を検出する。
プローブ軌跡データ収集は現地ドライバーの協力のもと実施。

◆収集環境



◆ユーザー環境

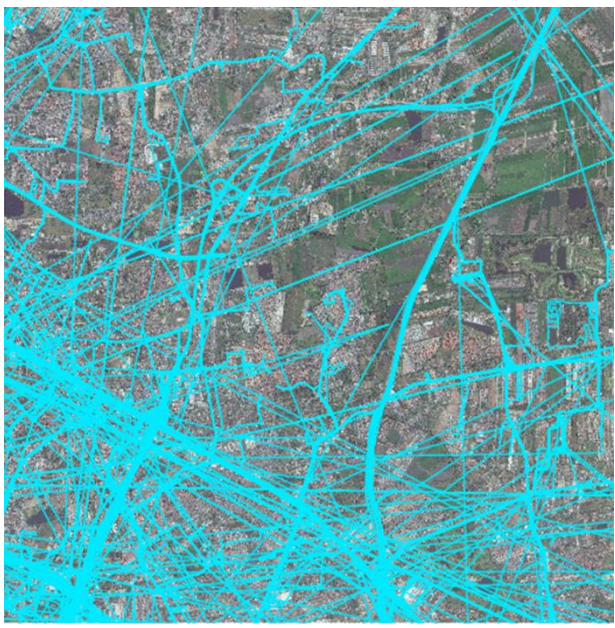
項番	車両種別	ユーザー数	ユーザー情報
1	バイク	47	自動車メーカー関連会社社員
2	乗用車	50	タクシー運転手(タクシー)

22. プローブ軌跡データ描画

◆プローブ軌跡データ描画/描画対象外判定

同一のプローブ軌跡データに含まれるすべてのプローブ座標を線でつなぐ。
 スパイクノイズ、無効軌跡座標(数秒間緯度経度を取得できていない)を描画対象外とする。

プローブ軌跡データ描画
 (郊外エリア)

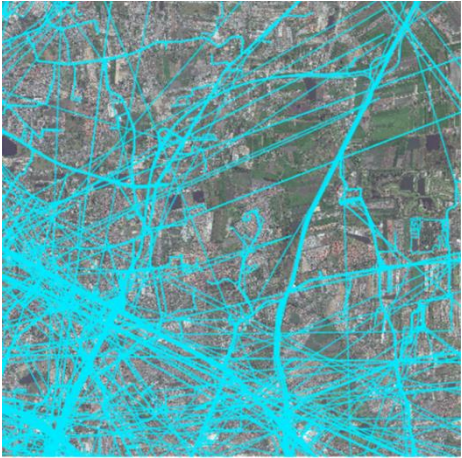
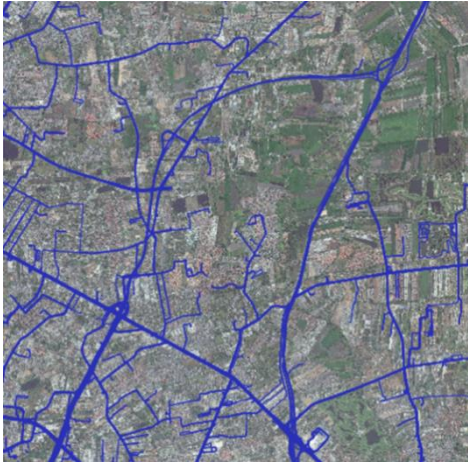
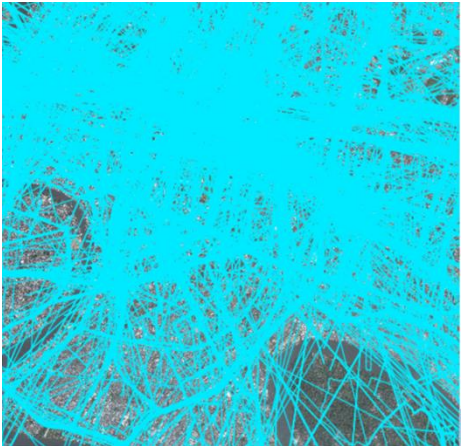



—— プローブ軌跡データ



	処理前	処理後
スパイクノイズ軌跡座標	<ul style="list-style-type: none"> — プローブ軌跡データ ● プローブ軌跡座標 ● スパイクノイズ軌跡座標 	<ul style="list-style-type: none"> — 除去後軌跡データ ● 除去後軌跡座標 ● スパイクノイズ軌跡座標
ジャンプ軌跡座標	<ul style="list-style-type: none"> — プローブ軌跡データ ● プローブ軌跡座標 ☆ 無効軌跡座標 	<ul style="list-style-type: none"> — 除去後軌跡データ ● 除去後軌跡座標 ☆ 無効軌跡座標

23. 処理結果

◆ 処理結果

	処理前	処理後
郊外 エリア		
市街地 エリア		

凡例

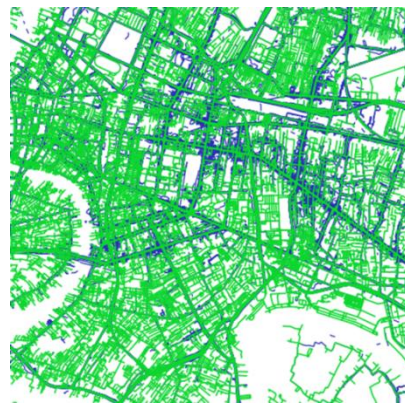
-  処理前
-  処理後

24. 新設道路推定

更新前基盤地図と描画対象外判定後を重ね合わせた後、
新設道路を推定する。



郊外エリア



市街地エリア

凡例

- 描画対象外判定後
- 基盤地図

対象	対象外
<ul style="list-style-type: none"> ・同一の形状を取るプローブ軌跡データが多い。 ・同一の形状を取るプローブ軌跡データが少ないが、位置情報ノイズが小さく道路形状がはっきりしている。 	<p>道路として不自然な形状。 狭いエリアを周回(駐車場の可能性大)。</p>

25. 推定結果

郊外エリア24箇所、市街地エリア16箇所が推定箇所として検出された。



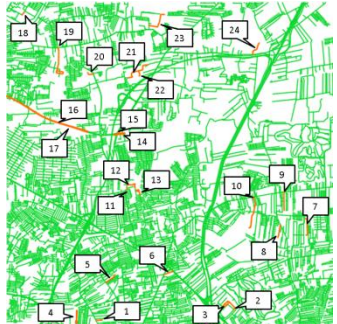
郊外エリア (24箇所)



市街地エリア(16箇所)

- 凡例
- 新設道路推定箇所
 - 描画対象外判定後
 - 基盤地図

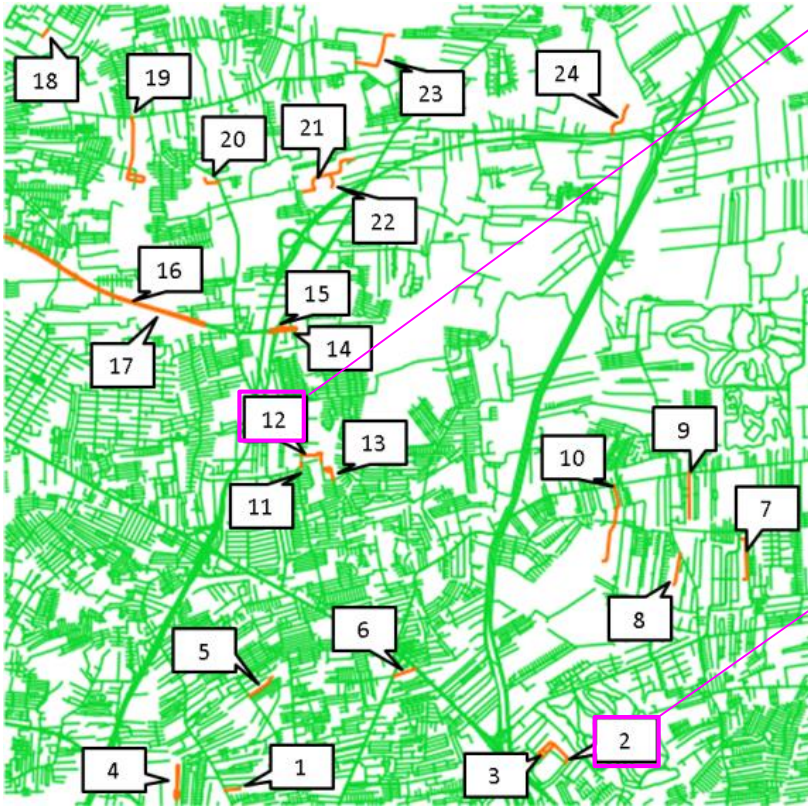
検出結果を元に現地調査で確認。
新設道路の判定を行う。



⇒ 現地調査

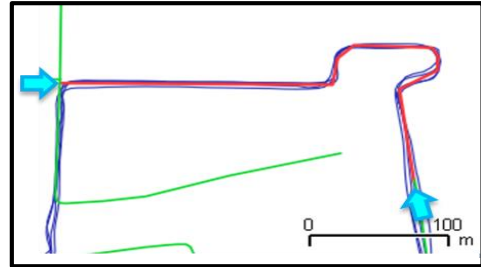
26. 現地調査

現地調査、写真撮影の実施。
新設区間の開始・終了点の撮影。

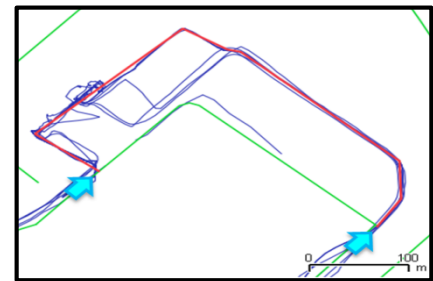


郊外エリア

推定○
新設道路例
(12番)



推定×
駐車場例
(2番)



27. まとめ

バイクとタクシーの走行軌跡から既存の基盤地図に存在しない新設道路を検出する。プローブ軌跡データ収集は現地ドライバーの協力のもと実施。

◆判定結果

判定結果		郊外エリア		市街地エリア	
		推定数	比率[%]	推定数	比率[%]
新設道路		8	33%	9	50%
	通行制限有	10	42%	4	22%
	狭小道路	0	0%	1	6%
私有地		3	13%	3	17%
駐車場		3	13%	1	6%
合計		24	100%	18	100%

◆まとめ

プローブ軌跡データによる新設道路の推定は有効。

なお、不正解だった推定箇所は、実際には駐車場か私有地だった。

駐車場はプローブの始終点になりやすいため、より詳細な調査で新設道路との区別が可能と考えられる。

私有地か新設道路かは現地調査をしなければ区別が難しいが、一度現地調査で確認すれば2回目以降は確認不要なため、大きな問題にはならない。