

「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/大規模実証実験/ダイナミックマップ/地図情報の差分更新・自動図化」

平成 29 年度 報告書

---

平成 30 年 3 月 31 日

三菱電機株式会社

本報告書は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務として、三菱電機株式会社が実施した「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／大規模実証実験／ダイナミックマップ／地図情報の差分更新・自動図化」の平成 29 年度成果を取りまとめたものです。従って、本報告書の著作権は、NEDO に帰属しており、本報告書の全部又は一部の無断複製等の行為は、法律で認められたときを除き、著作権の侵害にあたるので、これらの利用行為を行うときは、NEDO の承認手続きが必要です。

## 業務概要

### 業務の名称

「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/大規模実証実験/ダイナミックマップ/地図情報の差分更新・自動図化」

### 履行期間

平成 29 年 6 月 26 日 から 平成 31 年 2 月 28 日まで

ただし、本報告書においては、平成 29 年 6 月 26 日 から 平成 30 年 3 月 31 日までの活動内容を取りまとめる。

### 発注者及び受注者

発注者：国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）

受注者：三菱電機株式会社

### (1)事業目的

#### ① 本プロジェクトの背景

戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）は、総合科学技術・イノベーション会議が府省・分野の枠を超えて自ら予算配分して、基礎研究から出口（実用化・事業化）までを見据え、規制・制度改革を含めた取組を推進するために創設されたプログラムである。

このうち、自動走行システム（SIP-adus）については、研究開発計画に基づき、

- 交通事故低減等 国家目標の達成
- 自動走行システムの実現と普及
- 東京オリンピック・パラリンピックを一里塚として飛躍

を目的・出口戦略として関係各省庁と連携して研究開発を推進している。

この SIP-adus では、平成 26 年度から平成 28 年度にかけて、ダイナミックマップにかかる検討・試作、ダイナミックマップセンター機能の検討と試作などを実施した。

これらの成果を踏まえ、SIP-adus は平成 32 年（2020 年）の東京オリンピック・パラリンピックに向け、我が国の優れた最先端技術等によるイノベーションを世界に発信できるよう、自動走行システムについても実用化の加速を図ることが重要である。

今回の大規模実証実験は、このような観点から、5つの技術領域（ダイナミックマップ、HMI（Human Machine Interface）、情報セキュリティ、歩行者事故低減、次世代都市交通）を中心に、自動車会社等の参加のもと、公道の実交通環境下において技術検証を行っていくものである。

また、今後の実用化に向けた技術面、運用面、制度面等での具体的課題の抽出とともに、海外メーカー等にも参加を呼び掛け、国際連携・協調の推進等も図っていくこととしている。更に、別途、自動走行システムに対する一般の方々の正確な理解促進と社会受容性の醸成等に向けたイベントの開催を予定している。

## ② 本プロジェクトの目的

本プロジェクトにおいては、静的高精度 3D 地図データの仕様・精度の検証及び準静的・準動的データの生成・静的地図データの更新・配信システムの検証、動的情報と車載機に配信されたダイナミックマップデータとの車載機上での紐付けの検証を行うことで、以下を実現することを目的とする。

- ダイナミックマップの実用化に向けた最終仕様の確認・合意
- ダイナミックマップの国際標準化、デファクト化の推進
- ダイナミックマップ活用に関する研究開発・アプリケーション開発の促進

## (2)事業概要

本プロジェクトは、(1)事業目的を実現するために、以下の項目 a、b、c を実施する。

- a. ダイナミックマップの試作・整備及びセンサー機能や更新手法等の確立
- b. 地図情報の差分更新・自動図化
- c. 大規模実証実験の実施・管理

上記のうち、三菱電機（株）は、下記 1 項目について実施する。

b. 地図情報の差分更新・自動図化
-------------------

## 目次

1. 事業の目的 .....	1
2. 事業の流れ .....	2
3. 静的高精度 3D 地図データの自動図化／差分抽出技術の実用性検証 .....	3
3.1. 自動図化／差分抽出技術適用ツール実用性検証 .....	4
3.1.1. 評価対象地物及び評価コースの選定 .....	4
3.1.2. 自動図化技術の実用性検証 .....	12
3.1.3. 差分抽出技術の実用性検証 .....	61
3.1.4. プローブ情報による差分更新の検討 .....	64
3.2. 自動図化／差分抽出技術適用による改善効果検証、評価要領・評価指標策定 .....	67
3.2.1. 3D 地図データの評価要領・評価指標の検討 .....	67
3.2.2. 自動図化技術による改善効果検証 .....	69
3.2.3. 差分抽出技術による改善効果検証 .....	72
4. リアルタイム自動図化／差分抽出技術の搭載 .....	73
4.1. リアルタイム MMS 車両への自動図化／差分抽出技術の搭載 .....	73
4.2. 動作検証結果 .....	76
5. まとめ .....	77

## 1. 事業の目的

自動走行に係る政策的位置付けである『日本再興戦略』改訂 2016（平成 28 年 6 月 2 日閣議決定）において、「安全・快適にヒト・モノの移動ができる社会像」を実現するため、高度な自動走行システムの社会実装に向けた自動走行用地図の効率的な整備・更新手法の確立のもと、協調領域としたビジネスモデルを成立させることが期待されている。また、平成 32 年（2020 年）の東京オリンピック・パラリンピックに向け、我が国の優れた最先端技術等によるイノベーションを世界に発信できるよう、自動走行システムについても実用化の加速を図ることが求められている。

これらを背景として、自動走行用地図として高速道路・自動車専用道路から整備推進が進められているダイナミックマップの基盤となる静的高精度 3D 地図は、変化していく道路情報の更新が不可欠であり、地図の鮮度・品質の維持が求められる。これらの更新頻度及び品質要求を満たしながら、ユーザ負担コストを抑制することができれば、利用促進・普及が期待できる。高精度 3D 地図の整備時のコスト低減案として、自動図化技術の適用が、更新時のコスト低減案として差分抽出技術の適用が考えられ、これらの自動化技術による地図作成・更新の時間的・コスト的な改善効果を検証する。

## 2. 事業の流れ

静的高精度 3D 地図の自動化技術の適用による時間的及びコスト的な改善効果の検証として、以下のとおり、実施項目①及び②を図 2-1 のロードマップに示すとおり実施する。

実施項目① b-1. 静的高精度 3D 地図データの自動図化／差分抽出技術の実用性検証

(1) 自動図化／差分抽出技術適用ツール実用性検証

- ・自動図化技術の評価
- ・差分抽出技術の評価
- ・プローブ情報の評価

(2) 自動図化／差分抽出技術適用による改善効果検証、評価要領・評価指標策定

実施項目② b-2. リアルタイム自動図化／差分抽出技術の検証

(1) 自動図化／差分抽出技術のリアルタイム動作環境への適合

(2) リアルタイム自動図化／差分抽出技術の実用性検証（実フィールド環境下での検証）

実施項目①では、手動で行われている図化作業の自動化による改善効果の検証と、プローブ情報を用いることで更なる改善の可能性を評価する。

実施項目②では、図化作業に加えて、計測作業段階も含めた改善検討のため、図化の自動化技術（自動図化／差分抽出）をリアルタイム MMS（Mobile Mapping System）と組み合わせ、MMS 車両内で静的高精度 3D 地図を生成するリアルタイム技術の実用性を検証する。

事業項目	平成29年度				平成30年度			
	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期
実施項目①b-1. 静的高精度3D地図データの 自動図化／差分抽出技術の実用性検証								
(1)自動図化／差分抽出技術 適用ツール実用性実証 (データ取得・解析・評価)		更新箇所調査 →	評価方法検討 →	計測 →	評価 →	解析 →	まとめ →	
(2)自動図化／差分抽出技術 適用による改善効果検証、 評価要領・評価指標策定				手動図化 →	自動図化 →	まとめ →		
実施項目②b-2. リアルタイム自動図化 ／差分抽出技術の検証								
(1)自動図化／差分抽出技術の リアルタイム動作環境への適合			リアルタイムMMSへの S/W実装 →	動作 →	検証 →			
(2)リアルタイム自動図化／差分抽出 技術の実用性検証 (実フィールド環境下での検証)					ルート →	計測 →	評価 →	まとめ →

図 2-1 本事業のロードマップ

### 3. 静的高精度 3D 地図データの自動図化／差分抽出技術の実用性検証

静的高精度 3D 地図データを生成するまでの流れの一例を図 3-1 に示す。大項目として計測及び図化という工程に分類される。

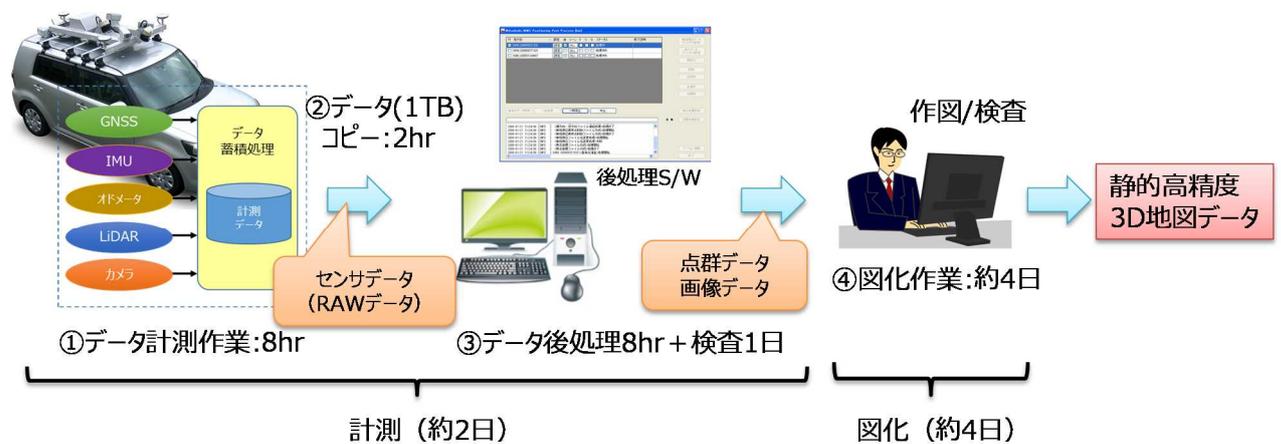


図 3-1 MMS での計測から静的高精度 3D 地図データ生成までの一例

(計測)

#### ①データ計測作業

MMS 車両を用いて、対象となる道路を走行し、データ収集を行う。精度よく計測するための初期化走行、測位衛星の受信状況をモニタリングしながら計測する。

#### ②データコピー

車両内の計測用 PC のストレージから後処理解析用の環境へデータを移動させる。計測時間が長いほど計測データが膨大となる。

#### ③データ後処理及び検査

MMS の計測データは各センサーデータの RAW データのため、これらを後処理 S/W にて処理することでレーザ点群データを生成できる。生成したデータが精度よく計測できているか等、図化に使用できるデータか検査し、図化工程へデータを引き渡す。

(図化)

#### ④図化作業

点群データ及び画像データを元に静的高精度 3D 地図データの作図を行う。作図には専用の CAD ツール等が用いられる。作図結果の検査を行い、静的高精度 3D 地図データが生成される。

上記の図化工程に自動化技術を適用することで効率化を図ることを検討するため、自動化技術の実用性の検証を行う。評価対象となる自動化技術は、自動走行用地図として整備が進められている高速道路・自動車専用道路向けの静的高精度 3D 地図の生成をターゲットとして開発されている自動図化及び差分抽出技術である。

### 3.1. 自動図化／差分抽出技術適用ツール実用性検証

#### 3.1.1. 評価対象地物及び評価コースの選定

SIP（戦略的イノベーション創造プログラム：Strategic Innovation Promotion Program）において定義されている静的高精度 3D 地図データの実在地物を表 3.1-1 に示す。

表 3.1-1 実在地物

項番	実在地物	属性	タイプ
1	路肩線	場所	線
		駐車場の出入口	属
		車道外へのアクセス可否	属
2	歩道縁	場所	線
3	区画線	場所	線
		区画線種別	属
		線色	属
		線幅	属
4	横断歩道	範囲	面
5	停止線	場所	線
		線幅	属
6	導流帯	範囲	面
7	非常駐車帯	範囲	面
8	道路標示	範囲	面
		道路標示種別	属
9	踏切	範囲	面
10	軌道敷	範囲	面
11	路面電車停留所（島）	範囲	面
12	路面電車停留所（標示）	範囲	面
13	トールアイランド	範囲	面
14	駐車場領域	範囲	面
15	駐車マス領域	範囲	面
16	駐車マス線	場所	面
17	ガードレール	場所	面
18	キャッツアイ	地点	面
19	スピードブレーカー	場所	面
20	デリニエーター	地点	面
21	ラバーポール	地点	面
22	距離標	地点	点
		距離程	属
23	照明灯	地点	点
24	電柱	地点	点
25	信号機	地点	点
		信号機種別	属
		信号機形状	属
		矢印信号機の数	属
26	道路標識板	地点	点
		道路標識種別	属

出典：「SIP（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」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 委託業務成果報告書 平成 28 年 3 月 4 日

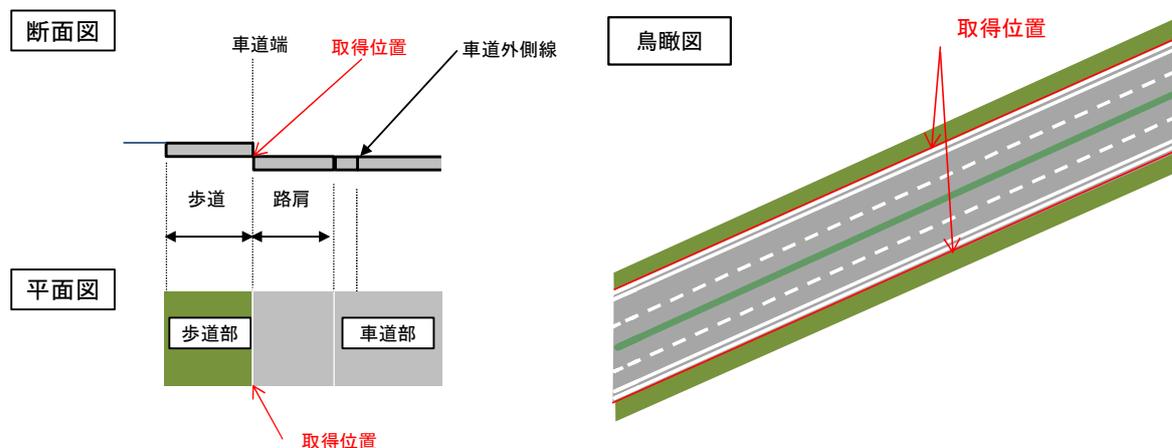
表 3.1-1 の中から高速道路・自動車専用道路において主要な地物を表 3.1-2 に示す。

表 3.1-2 高速道路・自動車専用道路の主要実在地物

項番	実在地物	属性	タイプ	評価対象
1	路肩線	場所	線	○
		駐車場の出入口	属	
		車道外へのアクセス可否	属	
2	区画線	場所	線	○
		区画線種別	属	
		線色	属	
		線幅	属	
3	導流帯	範囲	面	
4	道路標示	範囲	面	
		道路標示種別	属	
5	道路標識板	地点	点	
		道路標識種別	属	

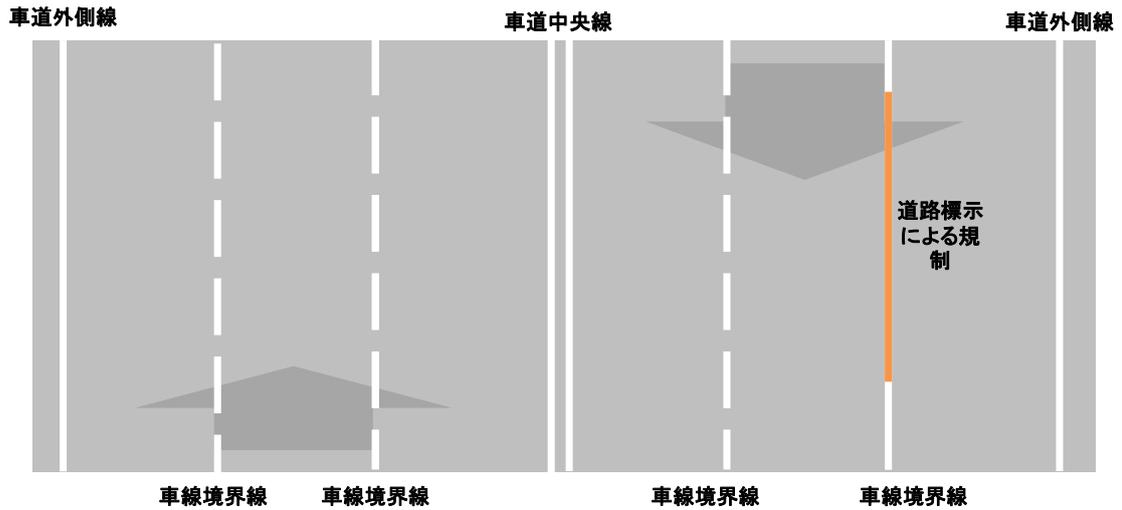
表 3.1-1 及び表 3.1-2 におけるタイプの「線」「面」「点」は位置情報の形状を示し、「属」は属性情報として、線色や標識種別コードが設定されることを意味する。タイプ「線」の例として図 3.1-1 に路肩線を、図 3.1-2 に区画線の定義を示す。タイプ「面」の例として図 3.1-3 に導流帯の定義を、タイプ「点」の例として図 3.1-4 に道路標識板の定義を示す。

この中から路肩線及び区画線を評価対象地物として選定した。これらは道路形状を示す最重要地物であり、位置情報の持ち方のタイプが「線」のため描画に最も時間がかかることから、自動化により改善すべき項目と判断した。タイプが「線」の路肩線と区画線に比べて、タイプが「面」の導流帯は一部の区域のみのため、タイプが「点」の道路標識板は1点の座標を取得するのみであるため、「線」として道路形状全体で取得する必要がある路肩線、区画線とは作業規模が異なることが分かる。



路肩の車道側の縁線を取得する。

図 3.1-1 路肩線



「道路標識、区画線および道路標示に関する命令別表第四（第六条関係）、別表第六（第十条関係）」で規定される、車道中央線、車線境界線、車道外側線の中心線を取得する。

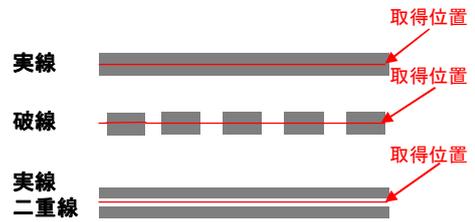


図 3.1-2 区画線

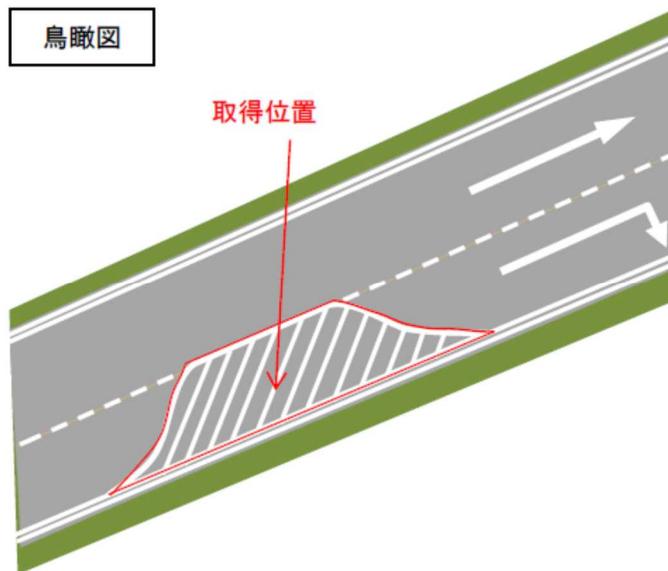
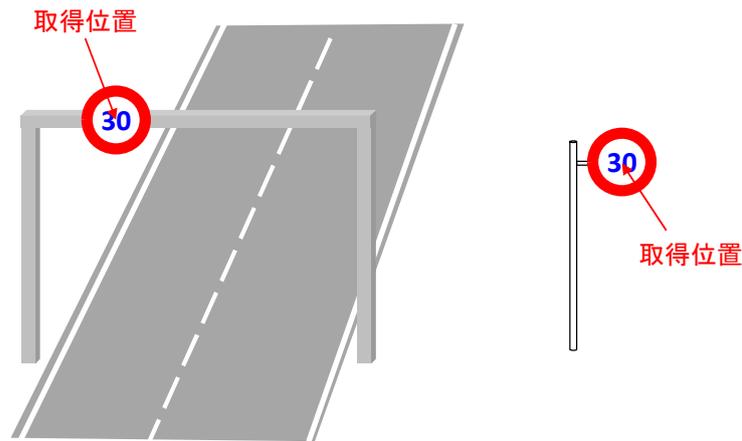


図 3.1-3 導流帯



「道路標識、区画線および道路標示に関する命令 別表第二（第三条関係）」に属する道路標識板の中心位置を取得する。

図 3.1-4 道路標識板

次に評価コースの選定するための条件を検討する。路肩縁及び区画線の作図を行う上で道路形状のパターンとしては以下が考えられる。

- ①直線区間
- ②分岐／合流
- ③車線数の増加／減少

これらの条件に加えて、MMS での計測は衛星測位により得られる絶対位置が基準となることから衛星可視環境だけではなく、衛星不可視環境を含むことを条件に加えることとする。評価コースの選定条件を表 3.1-3 に示す。

表 3.1-3 評価コースの選定条件

No.	条件
1	直線区間
2	分岐／合流 (=入口 IC 及び出口 IC)
3	車線数の増加／現象
4	衛星不可視区間

自動化技術は、現在進められている高速道路・自動車専用道路の静的高精度 3D 地図の整備をターゲットとしていることから表 3.1-3 の条件を満たす高速道路・自動車専用道路と、将来的に整備対象が一般道路へ拡張することが想定されるため、一般道路も含めて評価コースとして選定した。

評価コース 1 都市間高速道路を図 3.1-5 に示す。衛星可視区間が多いコースとして、東名高速道路を選定している。また、衛星不可視区間が多いコースとして選定した評価コース 2 都市高速道路を図 3.1-6 に、一般道路として評価コース 3 を図 3.1-7 に示す。



図 3.1-5 評価コース 1 都市間高速道路 約 10km (海老名 JCT から前後 5km)



図 3.1-6 評価コース 2 都市高速道路 約 10km (首都高速道路 C1 内)



図 3.1-7 評価コース 3 一般道路 約 5km (新橋駅～お台場)

評価コース 1～3 の計測を実施し、データ後処理にて図化のための点群データ、画像データを生成した。計測に使用した MMS の仕様を表 3.1-4 に、図化処理の対象となるデータリストを表 3.1-5～表 3.1-7 に示す。

表 3.1-4MMS 仕様

項目		機種名：MMS-K320
カメラ	搭載台数	3 台
	画素数	500 万画素
	最速撮影枚数	1 台あたり 10 枚/秒
レーザースキャナ	搭載台数	標準レーザ 2 台
	設定方向 (設定角度)	CH1：前下 (-25°) CH2：前上 (25°)
	取得点数	27,100 点/秒 (1 台)
	最大到達距離	65m
	視野角	180°
連続記録容量	データログ	最大 8 時間 (レーザデータ)
	カメラ画像	最大 90,000 枚/台 (時速 40km、2m 間隔で 4.5 時間計測可能)
絶対精度※1、3		標準レーザ：7m 地点で 10cm (rms) 以内
相対精度※2、3		標準レーザ：1cm (rms) 以内
自己位置精度※3		6cm (rms) 以内

※1 絶対精度：移動体計測による座標取得の正確度(Accuracy)

※2 相対精度：移動体計測による座標取得の安定度(Precision)同一レーザのスキャン方向に限る

※3 良好な GPS 受信環境を前提。高精度測位解を得た状態

表 3.1-5 評価コース 1 都市間高速道路 計測データ

計測 シーン 番号	計測距 離 [km]	データ範囲
0830_201712100916-S01	1.76	東名(下り)→圏央道(外回り)
0830_201712100916-S04	3.46	圏央道(内回り)→東名(下り)
0830_201712100916-S05	10.53	東名本線 (上り)
0830_201712100916-S06	1.67	東名(下り途中)→圏央道(内回り)
0830_201712100916-S07	1.96	圏央道(外回り)→東名(下り途中)
0830_201712100916-S08	2.92	東名(上り途中)→圏央道(外回り途中)
0830_201712100916-S09	3.50	圏央道(内回り途中)→東名(上り途中)
0830_201712100916-S11	2.91	東名(上り)→圏央道(内回り途中)
0830_201712100916-S12	1.81	圏央道(外回り途中)→東名(上り)
0830_201712100916-S15	10.58	東名本線 (下り)
全体	41.1	

表 3.1-6 評価コース 2 都市高速道路 計測データ

計測 シーン 番号	計測距 離 [km]	データ範囲
0830_201712170922-S07	11.69	本線（外回り）
0830_201712170922-S09	10.59	本線（内回り）
0830_201712151122-S01	3.18	芝公園 IC（外回り出口）
0830_201712151122-S02	3.36	芝公園 IC（外回り入口）
0830_201712151122-S06	3.51	芝公園 IC（内回り出口）
0830_201712151122-S07	3.04	芝公園 IC（内回り入口）
全体	35.37	

表 3.1-7 評価コース 3 一般道路 計測データ

計測 シーン 番号	計測距 離 [km]	データ範囲
0830_201712100916-S01	1.50	482 号線（上り）
0830_201712100916-S02	1.54	482 号線（下り）
0830_201712100916-S19	2.26	484 号線（上り）
0830_201712100916-S22	2.23	484 号線（下り）
0830_201712100916-S36	2.00	304 号線（上り）
0830_201712100916-S37	2.00	304 号線（下り）
全体	11.53	

### 3.1.2. 自動図化技術の実用性検証

自動図化技術により、路肩縁及び区画線の自動図化を行い、図化性能を評価する。評価指標としては以下のとおりとする。①～④を図示したものを図 3.1-8 に示す。

- ①検出率（正解率）：自動図化にて検出した地物の内、正解であったものの割合
- ②検出率：全正解地物の内、自動図化にて検出されたものの割合
- ③誤検出率：自動図化にて検出された地物の内、実際には存在しないものの割合
- ④未検出：正解地物の内、自動図化にて検出されなかったものの割合

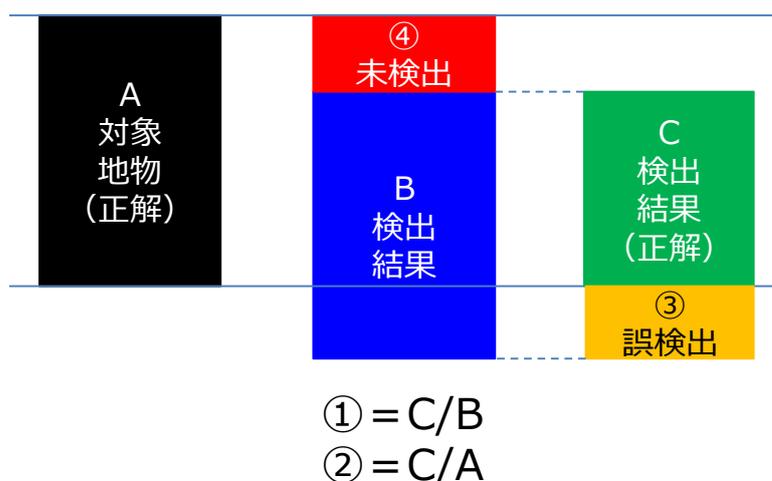


図 3.1-8 評価指標の定義

自動図化技術の最終開発目標としては、

①検出率（正解率）：95%以上、すなわち③誤検出：5%以下

④未検出：0

と設定している。これは、未検出があった場合は地物によっては、全データを再探索する必要性が生じるため、未検出を無くすことが効率化への寄与が大きいと判断し、設定しているものである。5%程度の誤検出（＝過検出）があってもそれは検査工程において除去可能であり、全体の作業効率としては十分改善されるものと考えている。

評価コース1 都市間高速道路の自動図化検出率を表 3.1-8 及び表 3.1-9 に、各シーンの自動図化結果を図 3.1-9～図 3.1-28 に示す。路肩縁の自動図化結果は緑色で、区画線の自動図化結果は黄色で点群と重畳表示している。

表 3.1-8 評価コース1 都市間高速道路 自動図化結果：路肩縁

計測 シーン 番号	計測距 離 [km]	路肩縁			
		検出率 (正解率) ①	検出率 ②	誤検出率 ③	未検出率 ④
0830_201712100916-S01	1.76	99.6%	99.7%	0.4%	0.3%
0830_201712100916-S04	3.46	96.6%	96.6%	3.4%	3.4%
0830_201712100916-S05	10.53	84.4%	92.1%	17.0%	7.9%
0830_201712100916-S06	1.67	99.2%	99.5%	0.8%	0.5%
0830_201712100916-S07	1.96	89.6%	99.8%	11.6%	0.2%
0830_201712100916-S08	2.92	89.7%	99.8%	11.4%	0.2%
0830_201712100916-S09	3.50	92.9%	100.0%	7.7%	0.0%
0830_201712100916-S11	2.91	96.9%	97.1%	3.1%	2.9%
0830_201712100916-S12	1.81	92.9%	94.3%	7.2%	5.7%
0830_201712100916-S15	10.58	93.8%	99.8%	6.6%	0.2%
全体	41.1	91.7%	97.1%	8.9%	2.9%

表 3.1-9 評価コース1 都市間高速道路 自動図化結果：区画線

計測 シーン 番号	計測距 離 [km]	区画線			
		検出率 (正解率) ①	検出率 ②	誤検出率 ③	未検出率 ④
0830_201712100916-S01	1.76	99.3%	91.6%	0.6%	8.4%
0830_201712100916-S04	3.46	94.0%	81.7%	5.2%	18.3%
0830_201712100916-S05	10.53	85.9%	92.5%	15.2%	7.5%
0830_201712100916-S06	1.67	98.3%	86.3%	1.5%	13.7%
0830_201712100916-S07	1.96	79.5%	81.0%	20.9%	19.0%
0830_201712100916-S08	2.92	77.0%	99.1%	29.6%	0.9%
0830_201712100916-S09	3.50	90.3%	95.8%	10.3%	4.2%
0830_201712100916-S11	2.91	92.5%	80.6%	6.5%	19.4%
0830_201712100916-S12	1.81	92.1%	89.6%	7.7%	10.4%
0830_201712100916-S15	10.58	97.1%	99.2%	3.0%	0.8%
全体	41.1	90.7%	92.3%	10.0%	7.7%

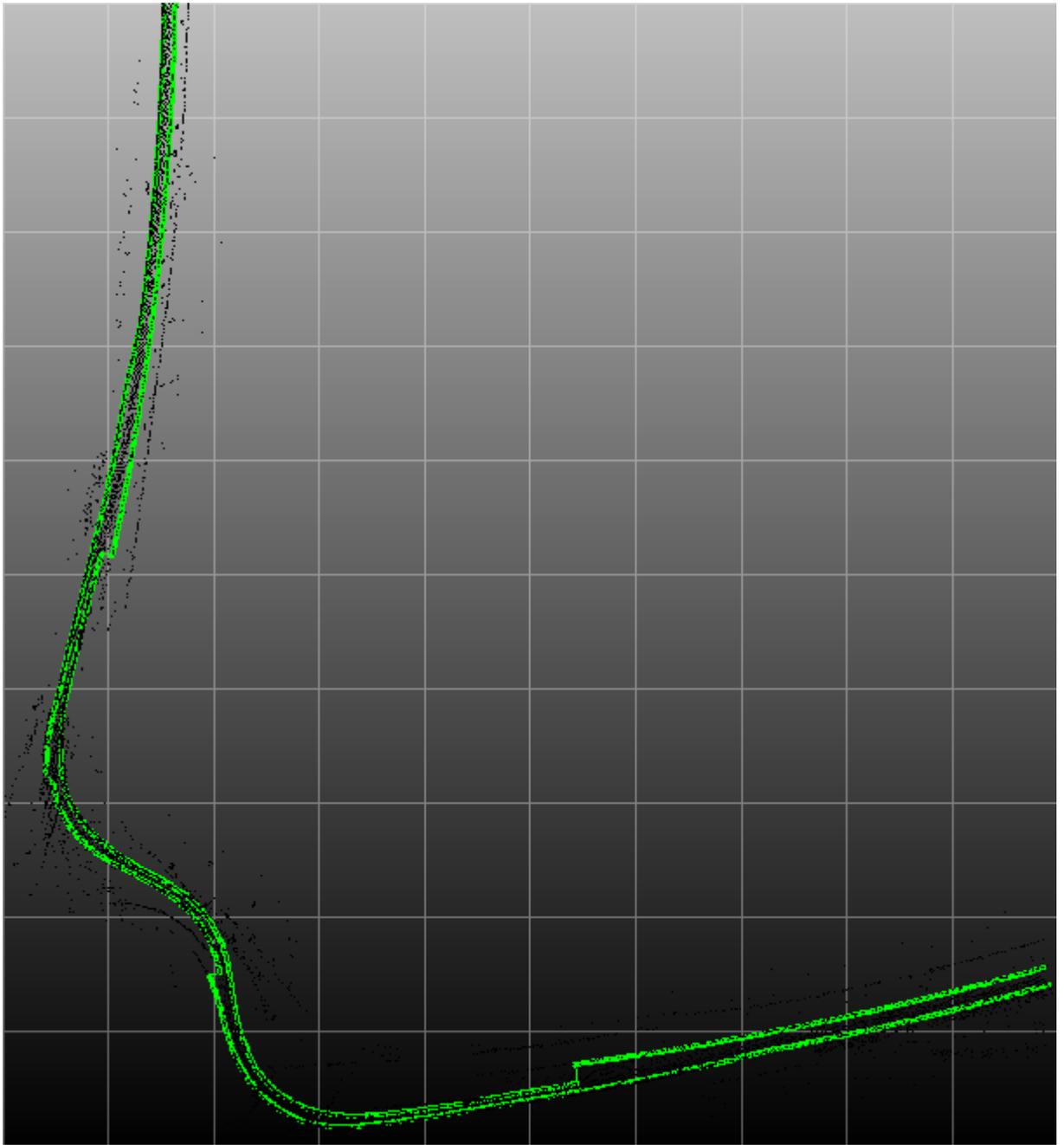


图 3.1-9 都市間高速 0830\_201712100916-S01 自動図化結果：路肩縁

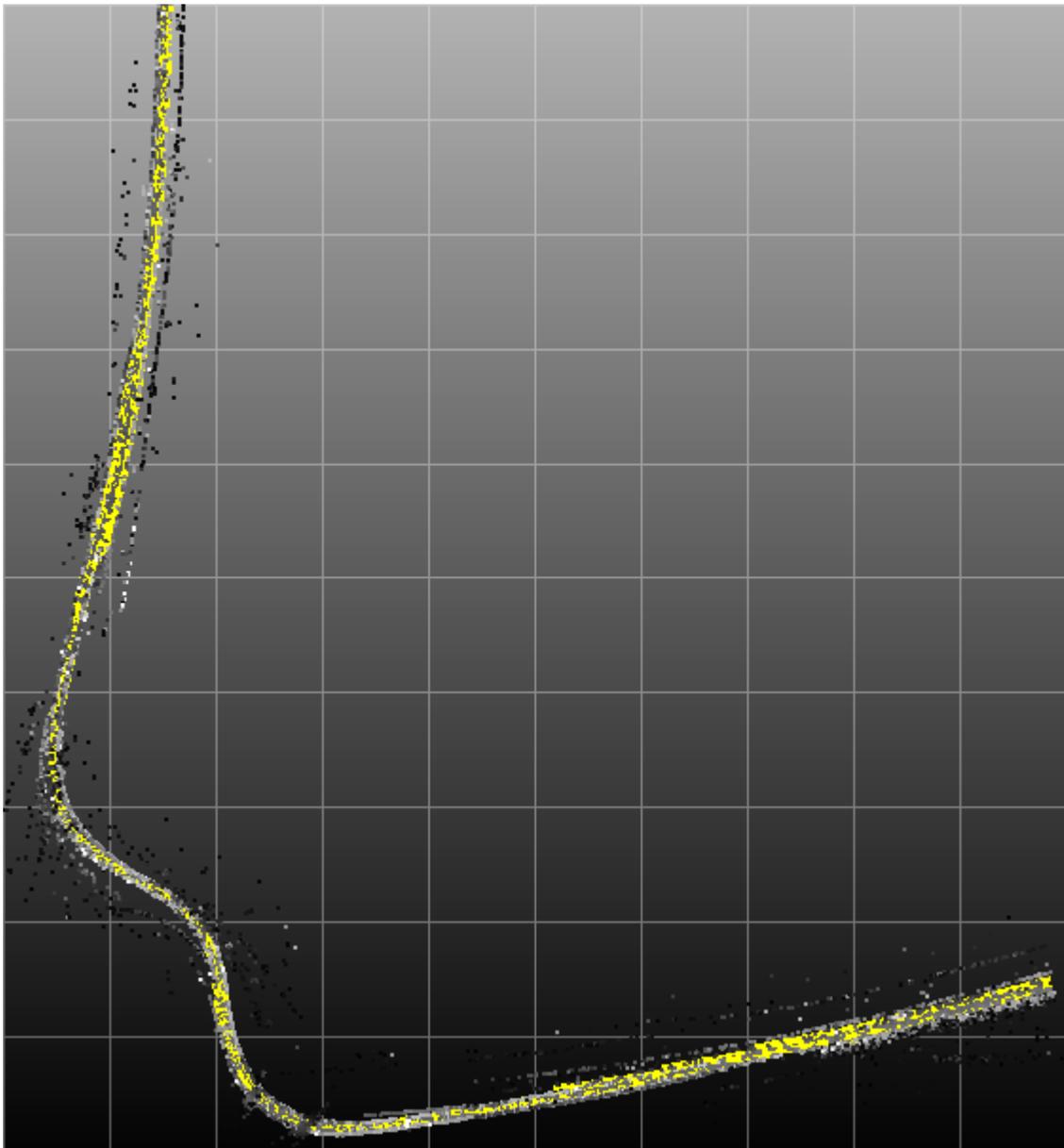


図 3.1-10 都市間高速 0830\_201712100916-S01 自動図化結果：区画線

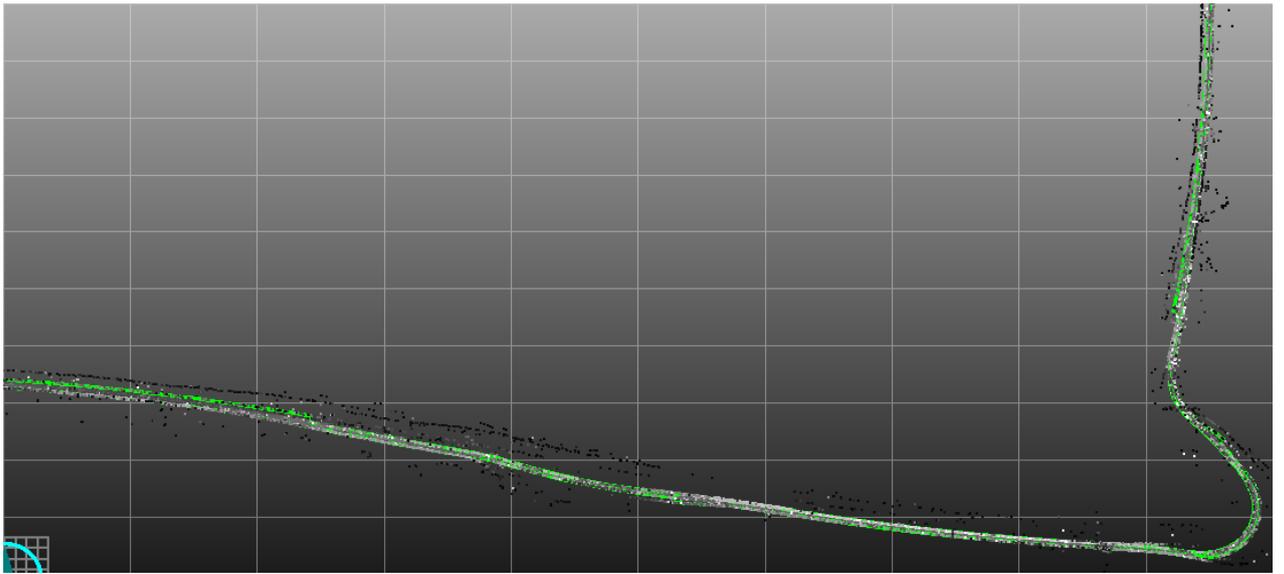


図 3.1-11 都市間高速 0830\_201712100916-S04 自動図化結果：路肩縁

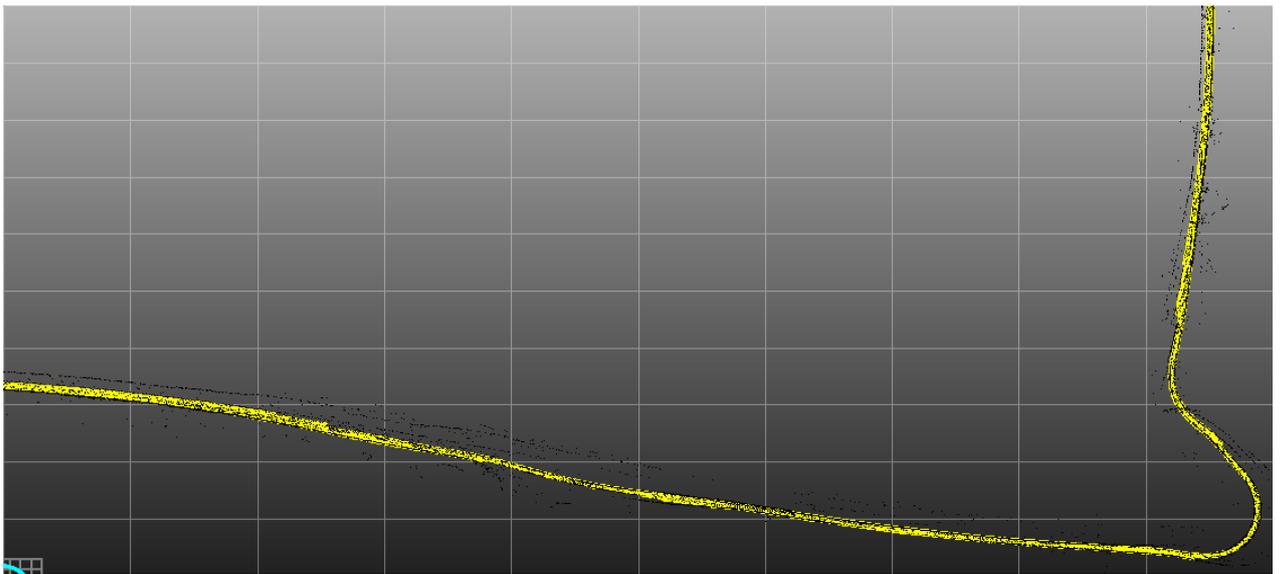


図 3.1-12 都市間高速 0830\_201712100916-S04 自動図化結果：区画線

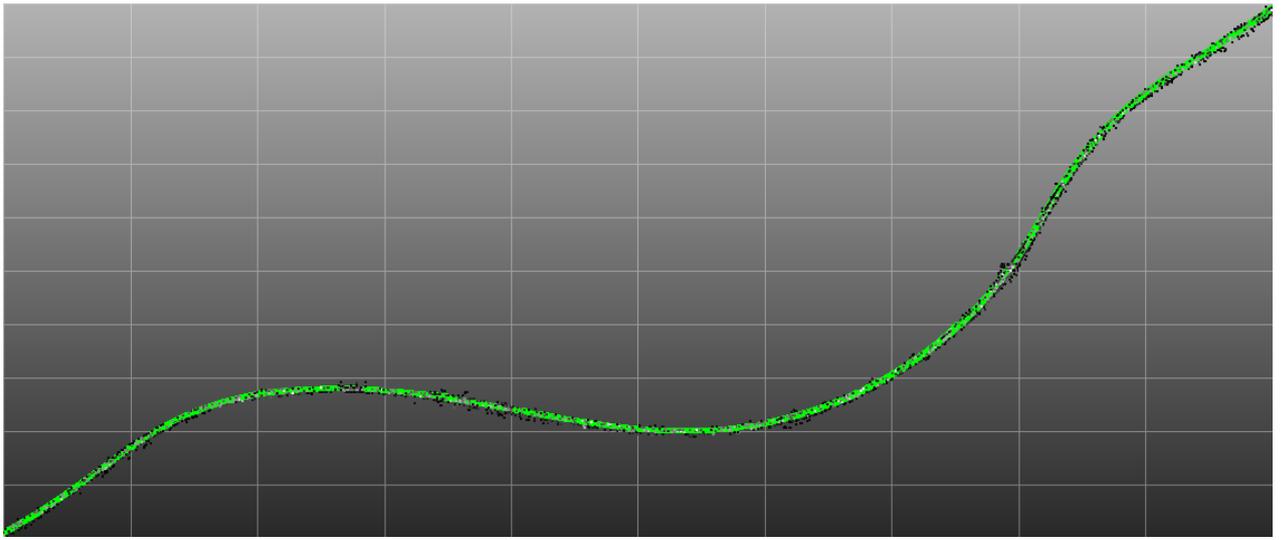


図 3.1-13 都市間高速 0830\_201712100916-S05 自動図化結果：路肩線

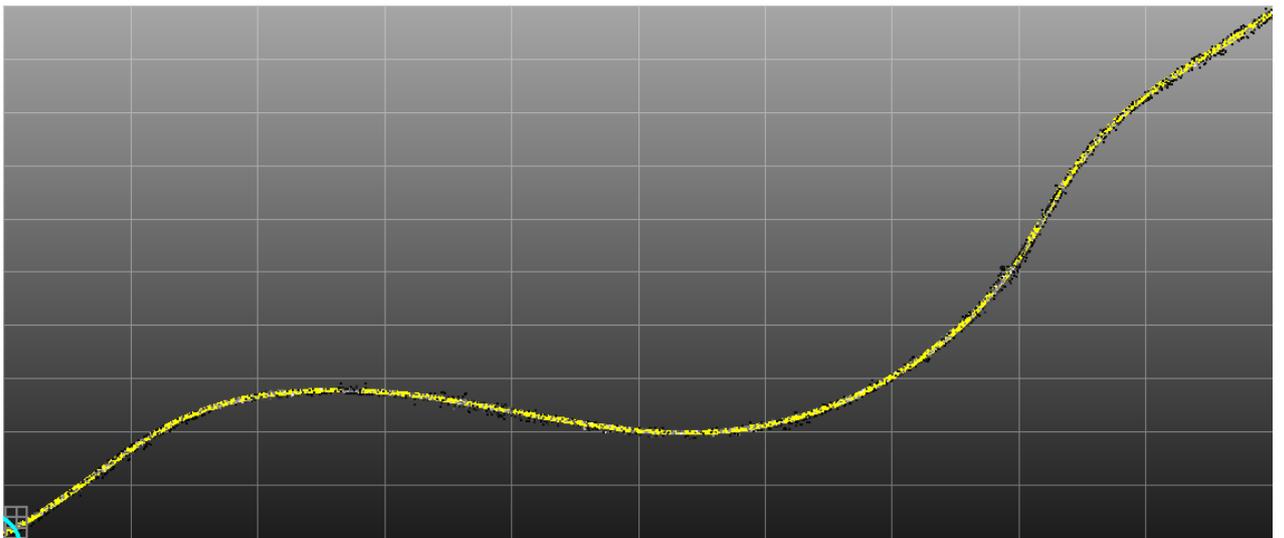


図 3.1-14 都市間高速 0830\_201712100916-S05 自動図化結果：区画線

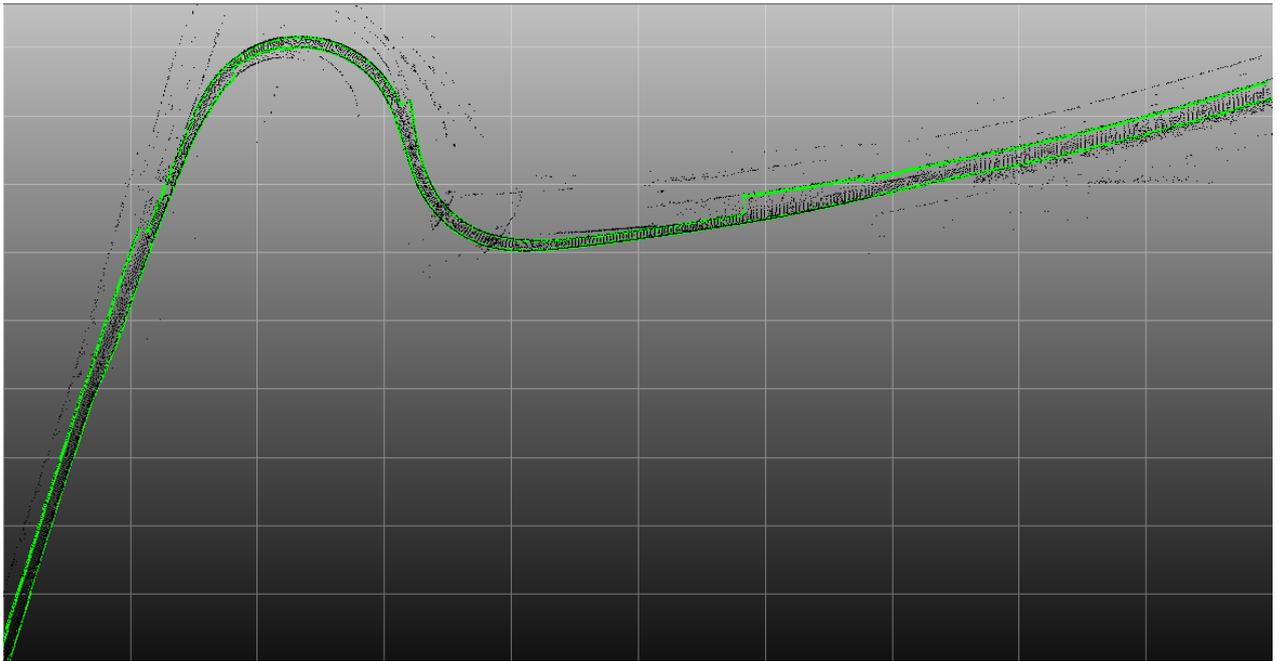


图 3.1-15 都市間高速 0830\_201712100916-S06 自動図化結果：路肩縁

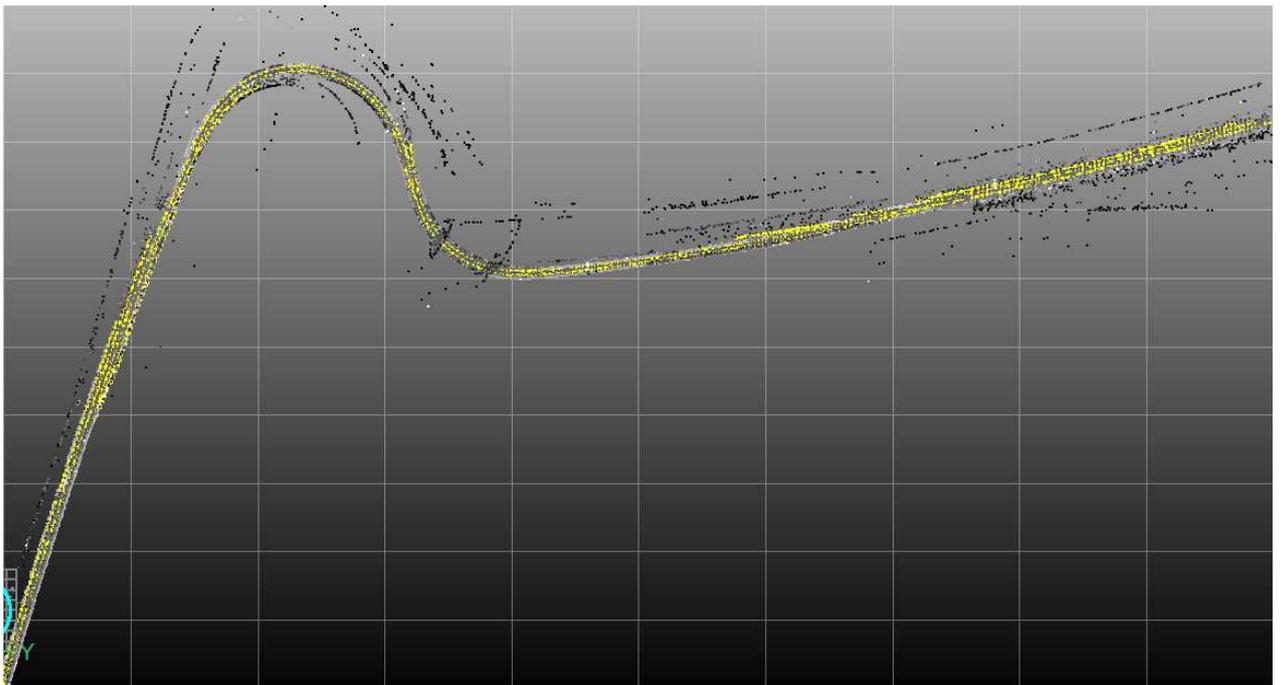


图 3.1-16 都市間高速 0830\_201712100916-S06 自動図化結果：区画線

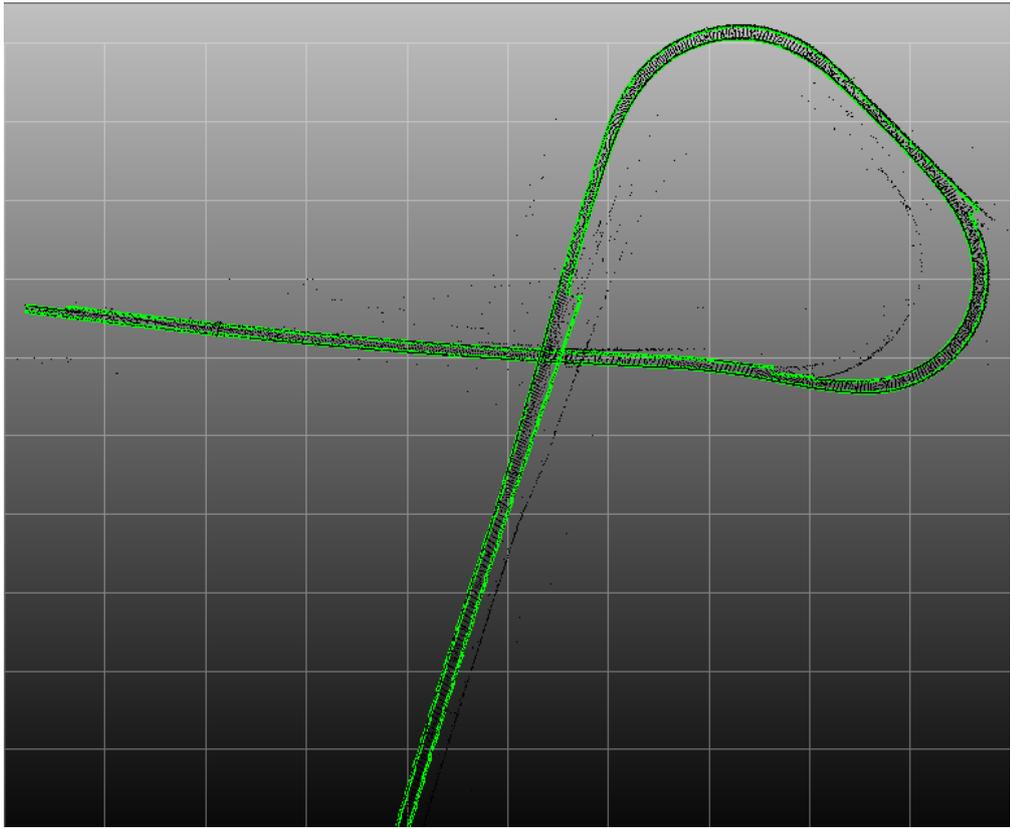


図 3.1-17 都市間高速 0830\_201712100916-S07 自動図化結果：路肩縁

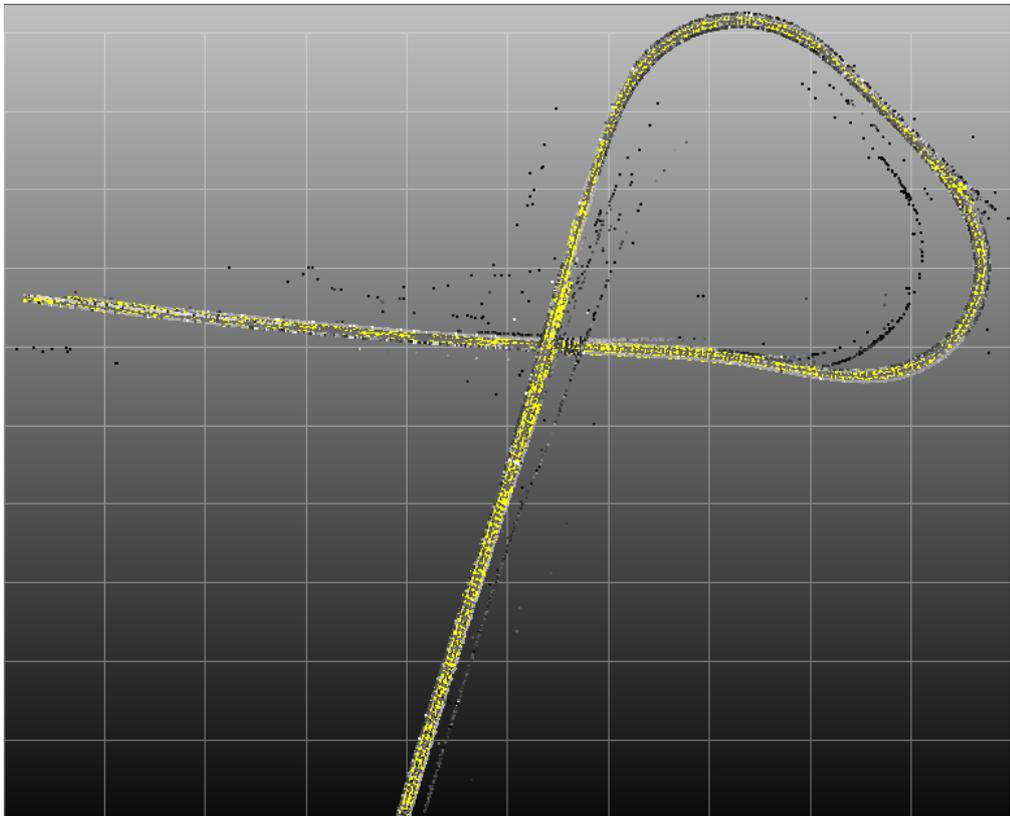


図 3.1-18 都市間高速 0830\_201712100916-S07 自動図化結果：区画線

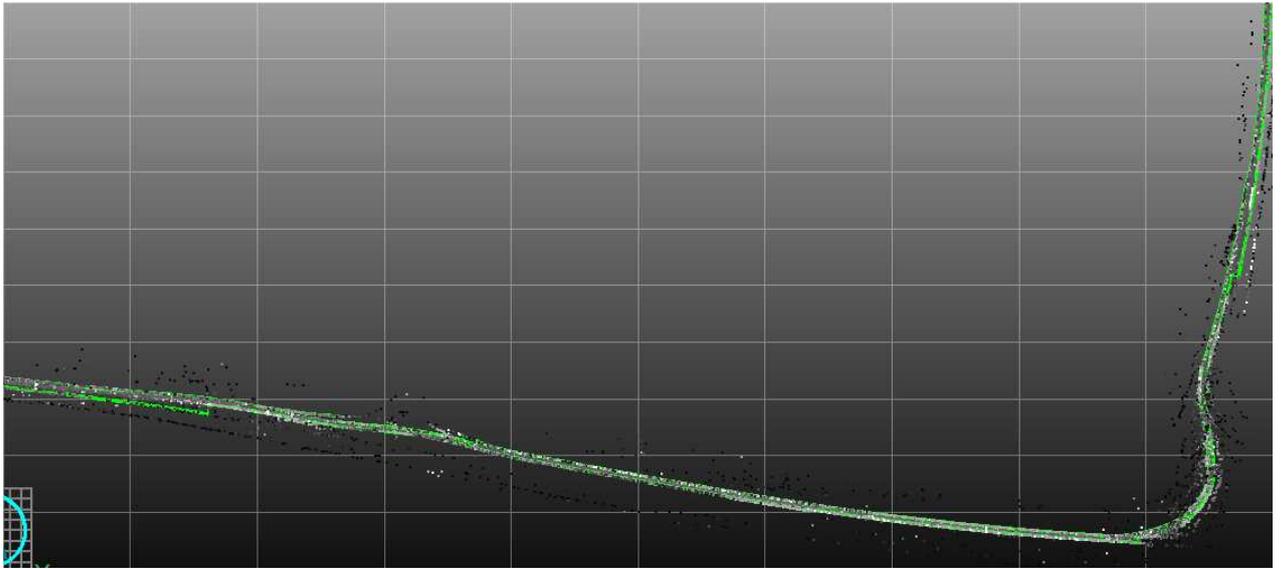


図 3.1-19 都市間高速 0830\_201712100916-S08 自動図化結果：路肩縁

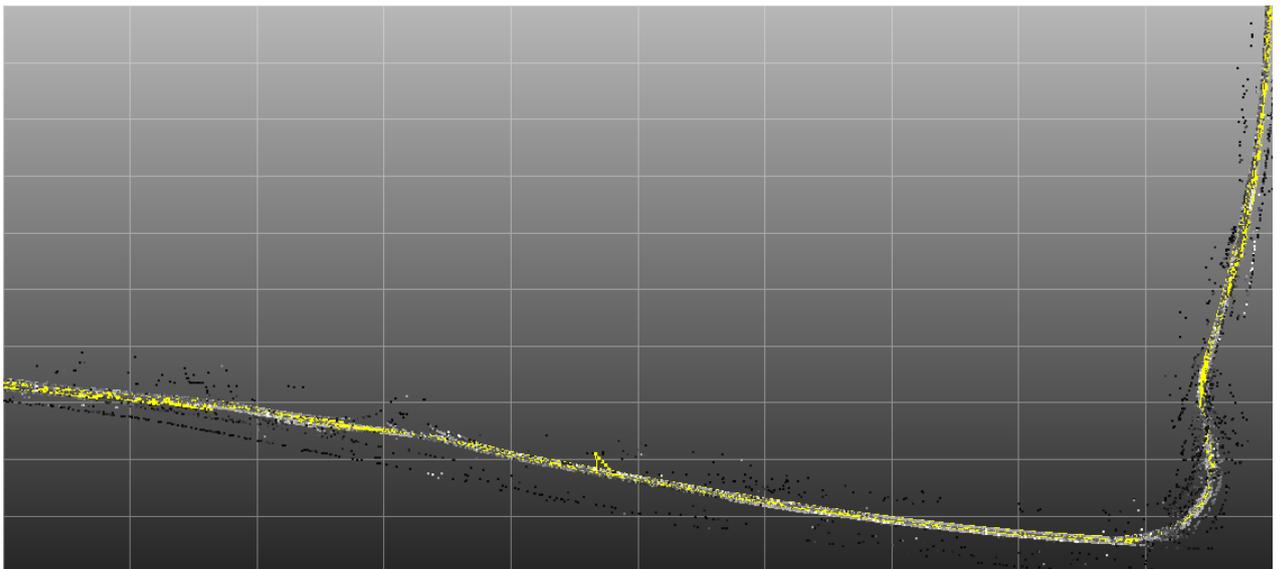


図 3.1-20 都市間高速 0830\_201712100916-S08 自動図化結果：区画線



図 3.1-21 都市間高速 0830\_201712100916-S09 自動図化結果：路肩縁

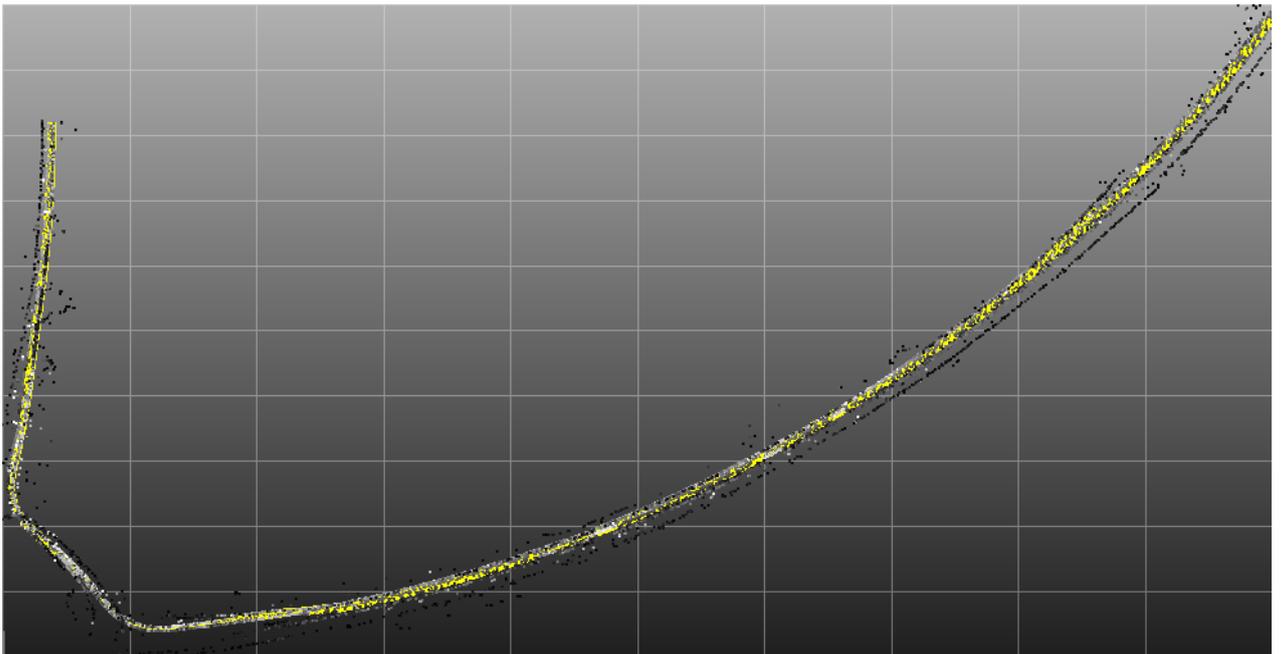


図 3.1-22 都市間高速 0830\_201712100916-S09 自動図化結果：区画線

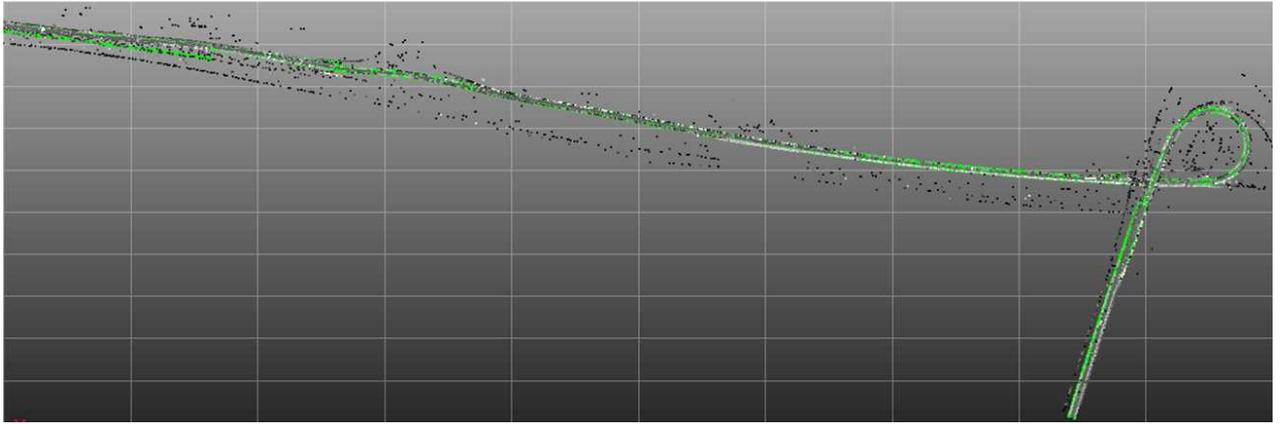


図 3.1-23 都市間高速 0830\_201712100916-S11 自動図化結果：路肩縁

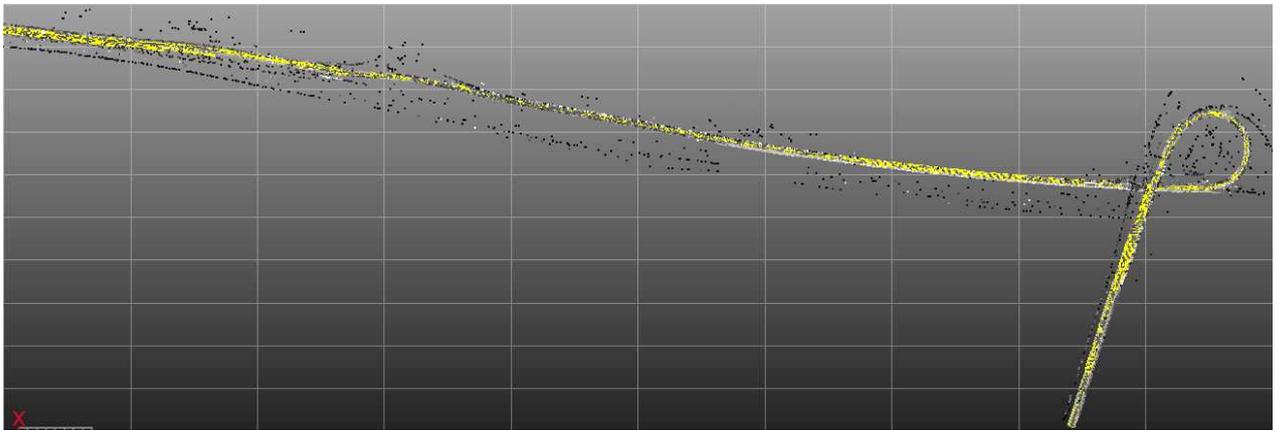


図 3.1-24 都市間高速 0830\_201712100916-S11 自動図化結果：区画線

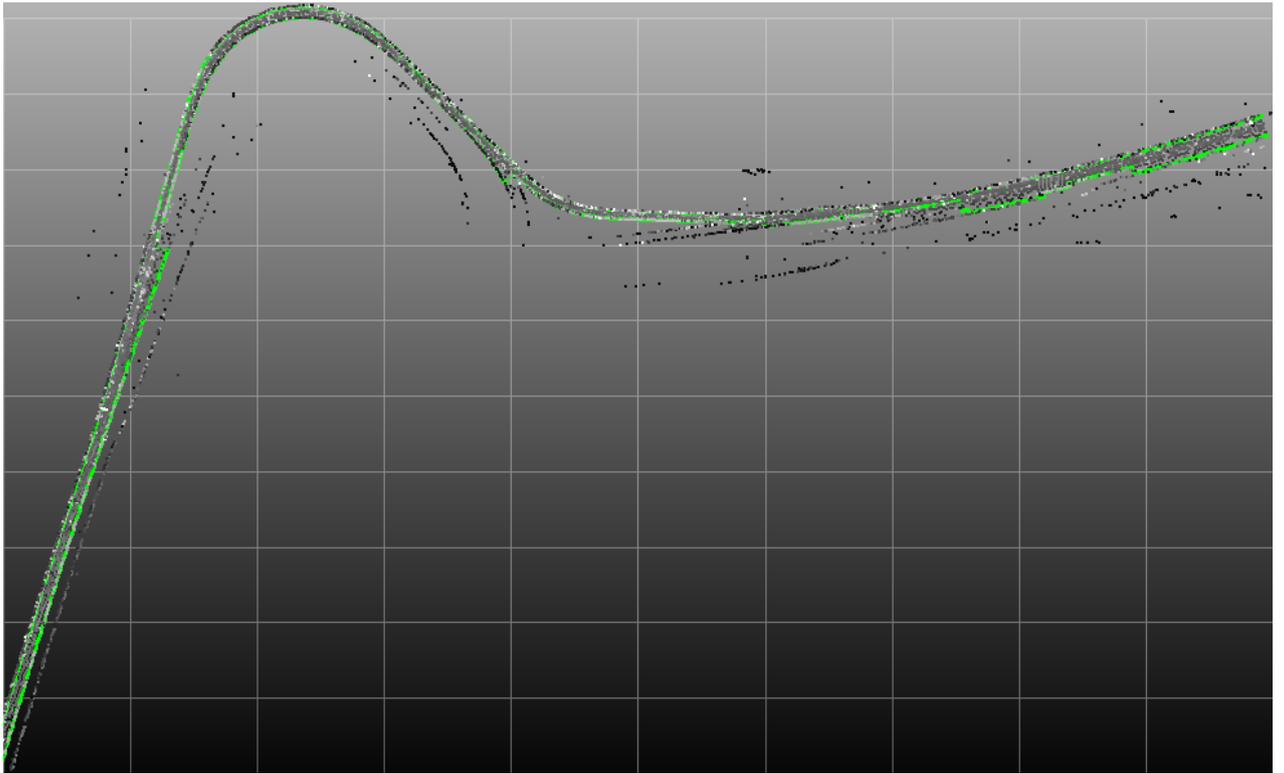


図 3.1-25 都市間高速 0830\_201712100916-S12 自動図化結果：路肩縁

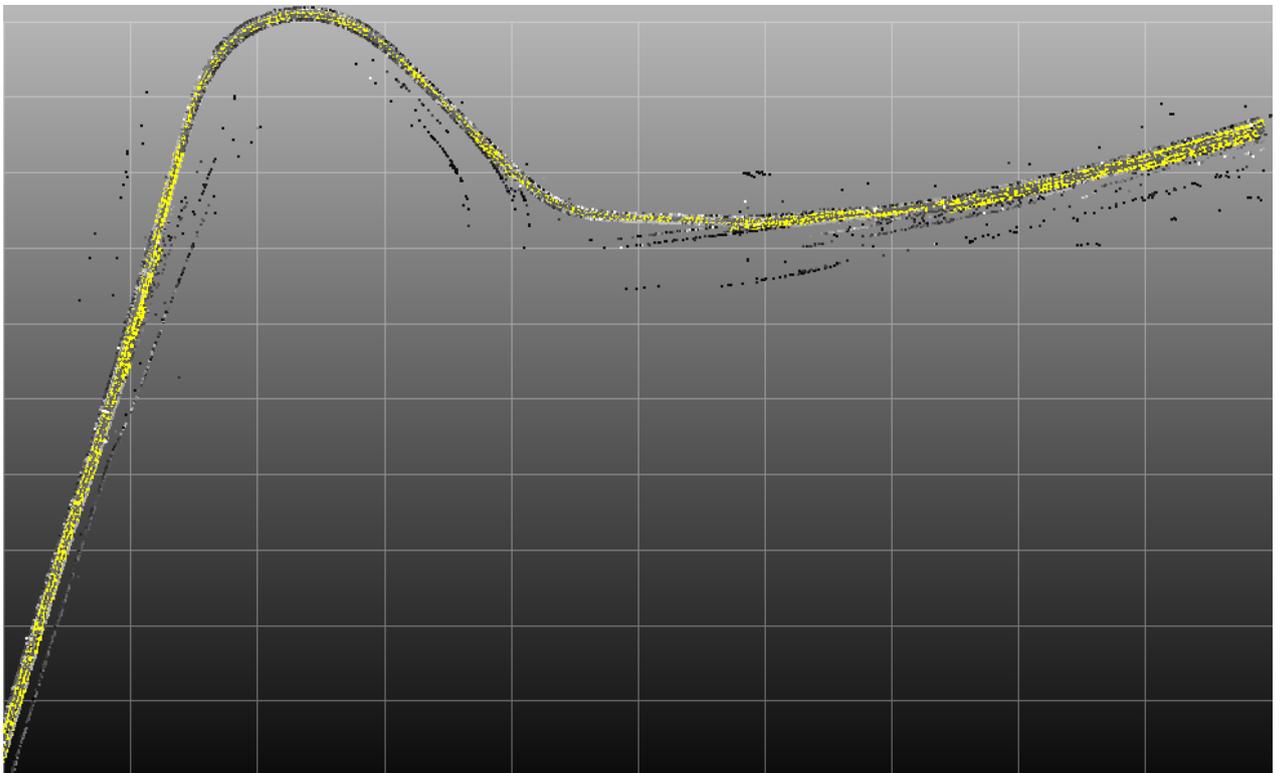


図 3.1-26 都市間高速 0830\_201712100916-S12 自動図化結果：区画線

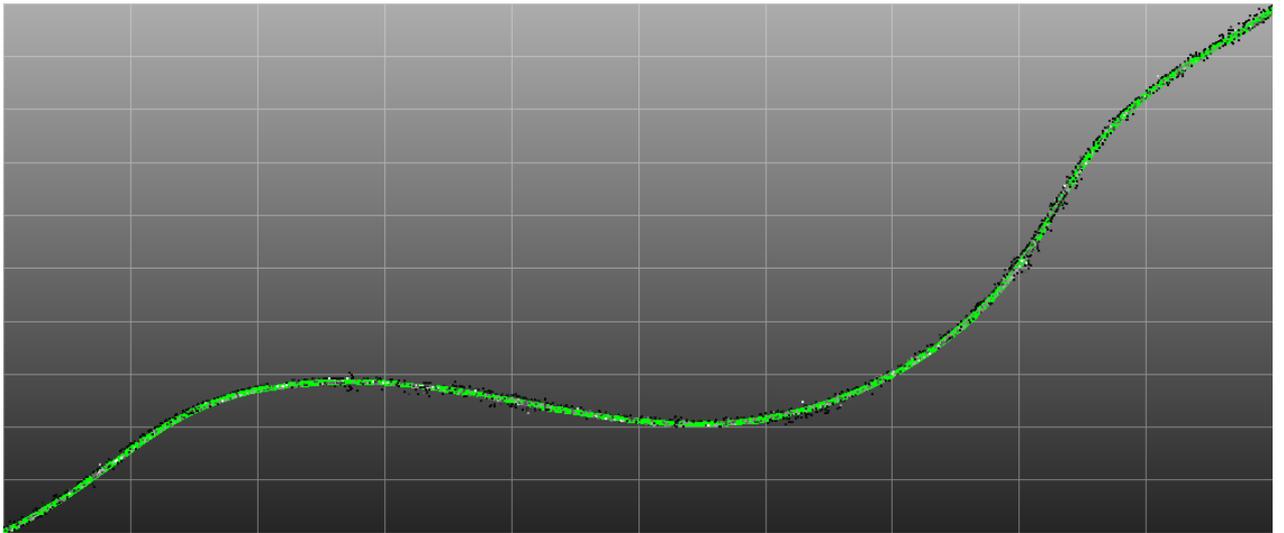


図 3.1-27 都市間高速 0830\_201712100916-S15 自動図化結果：路肩線

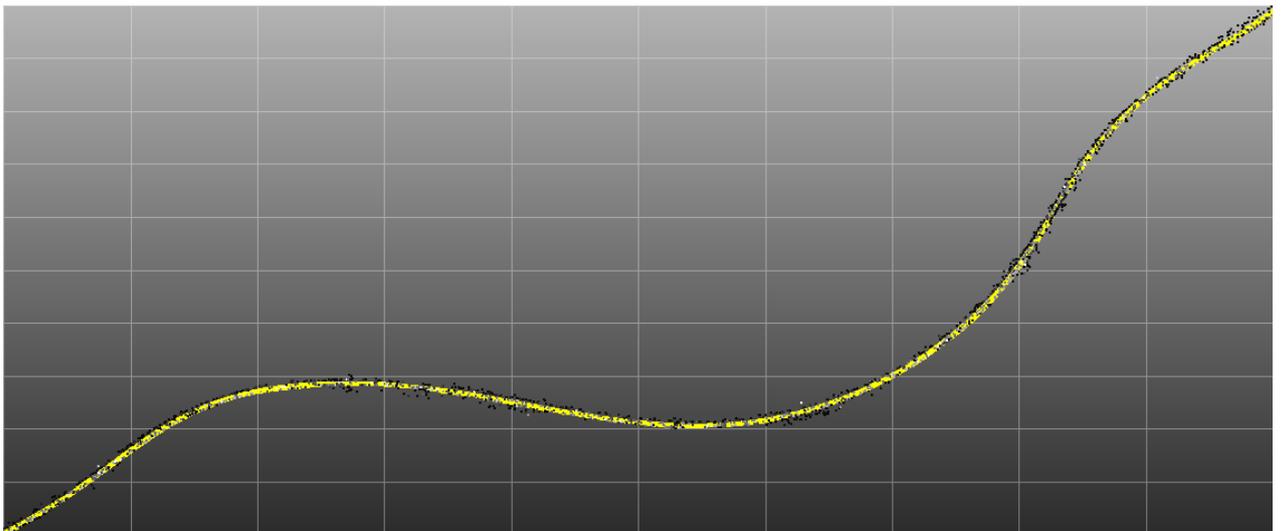


図 3.1-28 都市間高速 0830\_201712100916-S15 自動図化結果：区画線

評価コース 1 都市間高速道路における路肩縁の主な誤り原因を表 3.1-10 に、それぞれの結果例を図 3.1-29～図 3.1-31 に示す。これらの誤りは道路状況により正しく計測できなかったため生じているものであり、図化処理上の問題ではないと言える。ただし、実際の計測上は避けられないため点群データと画像データの併用や、対策アルゴリズムの実装により改善を図っていく必要がある。

表 3.1-10 評価コース 1 都市間高速道路における路肩縁の主な誤り原因

No.	項目	結果例	対策想定案
1	樹木	図 3.1-29	路肩縁は道路形状上、規程の R 以内の形状となるため検出結果に不連続ながたつきが生じた場合は近似曲線化する
2	工事規制等による一時的な設置物	図 3.1-30	計測時のチェック及び検査工程での修正
3	並走車	図 3.1-31	計測時のチェック及び再計測 一定の区間のずれの場合は並走車と見なして前後のデータから補間する

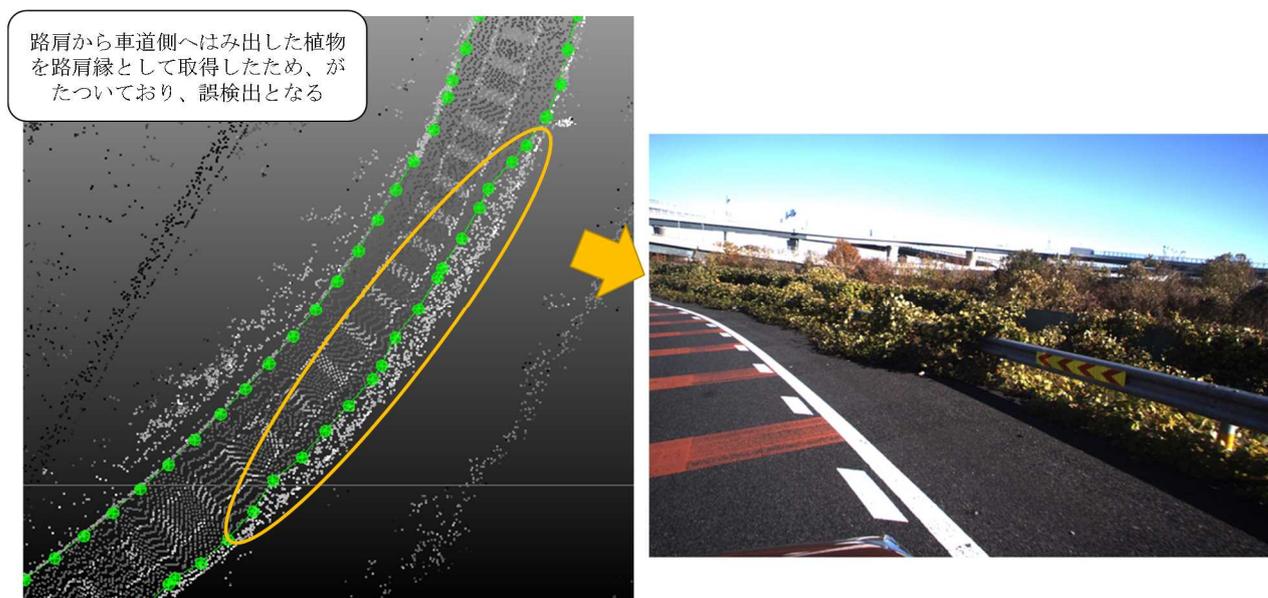


図 3.1-29 樹木による路肩縁の誤検出例

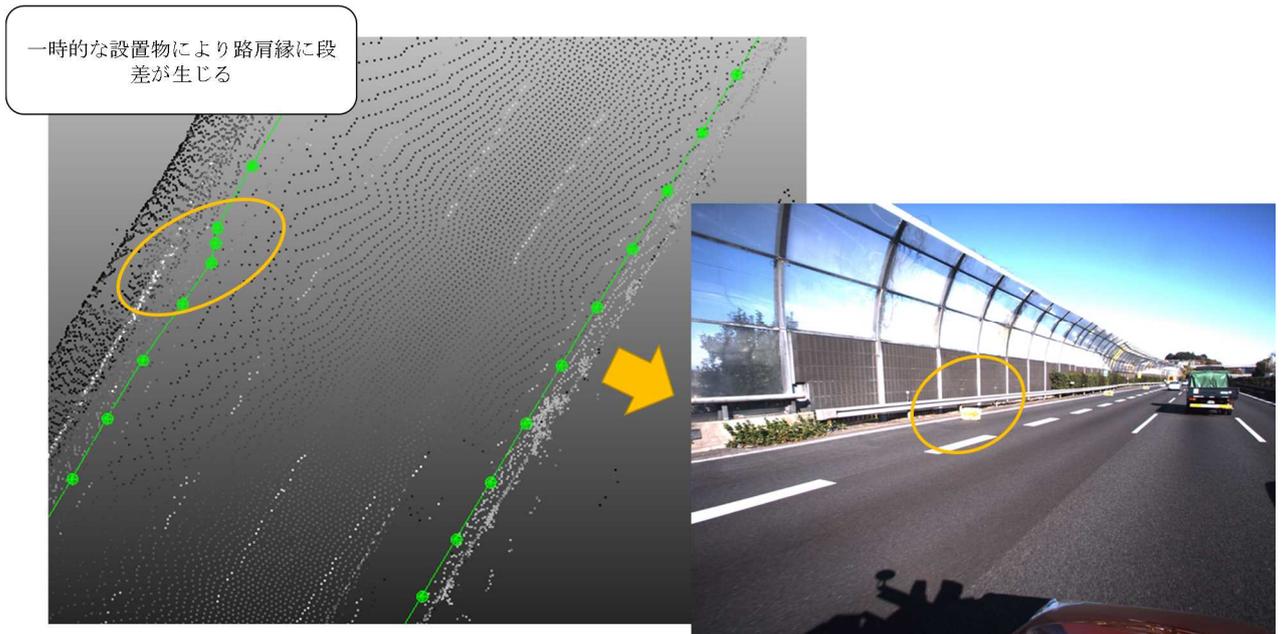


図 3.1-30 一時的な設置物による路肩縁の誤検出例

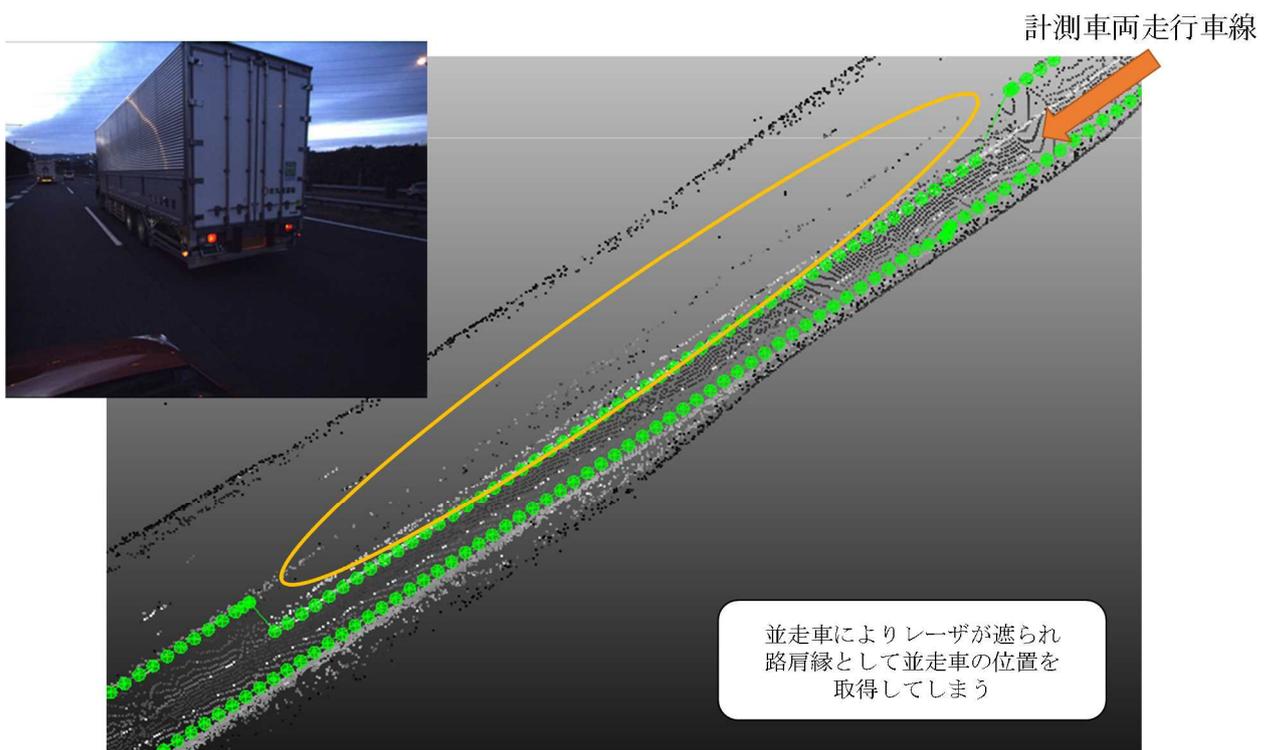


図 3.1-31 並走車による路肩縁の誤検出例

評価コース1 都市間高速道路における区画線の主な誤り原因を表 3.1-11 に、それぞれの結果例を図 3.1-32～図 3.1-36 に示す。支配的な誤りは導流帯、道路標示及び減速路面標示であり、検出対象となる区画線との判別ができていないことによる。特に減速路面標示は属性として検出する処理を実装しているが、誤る確率が高くなっており、改善が必要である。

表 3.1-11 評価コース1 都市間高速道路における区画線の主な誤り原因

No.	項目	結果例	対策想定案
1	導流帯	図 3.1-32	導流帯の検出処理と組み合わせたアルゴリズム改善
2	道路標示	図 3.1-32	周囲の区画線との位置関係及び連続性から除去する
3	路肩のコンクリート	図 3.1-33	3次元形状での判定見直し
4	減速路面標示	図 3.1-34	減速路面標示対応アルゴリズム見直し
5	旧区画線の影響	図 3.1-35	点群反射輝度から区画線を認識する閾値判定の改善
6	路面舗装の影響	図 3.1-36	同上
7	並走車	表 3.1-10 No.3 と同様	表 3.1-10 No.3 と同様

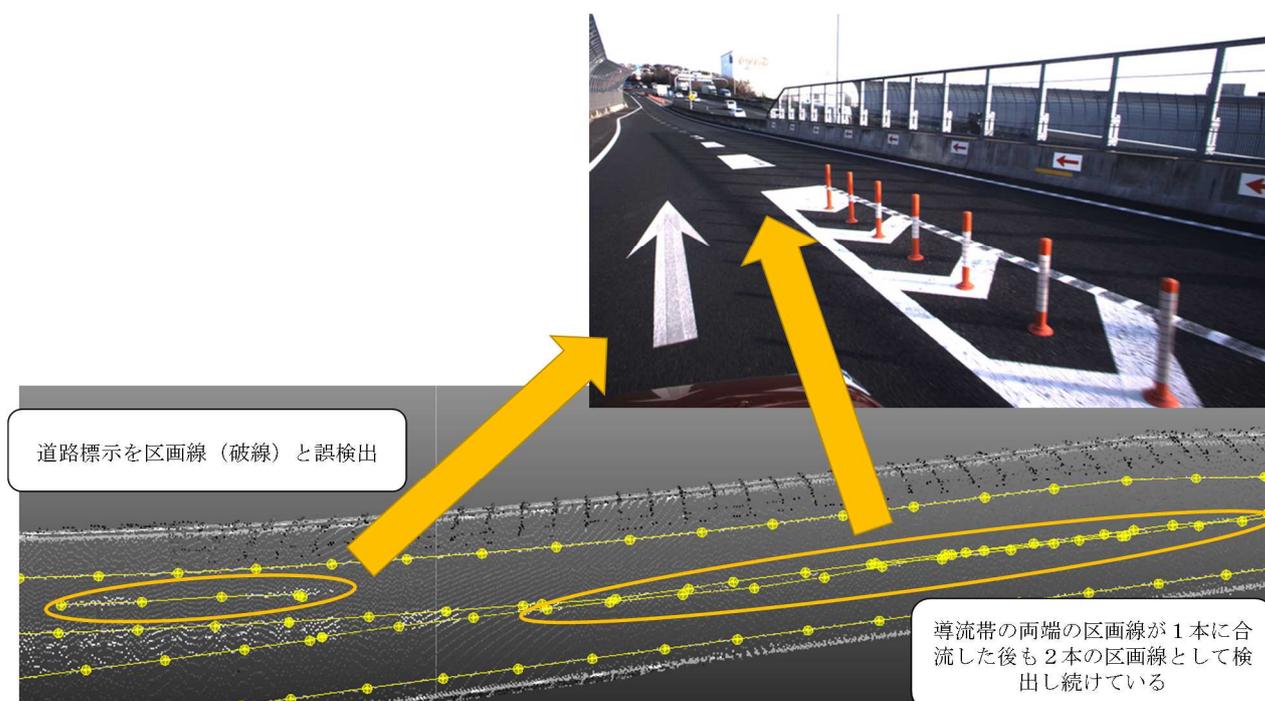


図 3.1-32 導流帯及び道路標示による区画線の誤検出例

計測車両走行車線

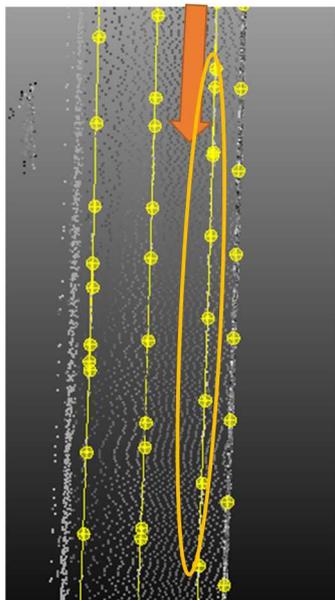


図 3.1-33 路肩コンクリートによる区画線の誤検出例



区画線の減速路面標示は、区画線の属性として取得すべきもの。  
2本の区画線（実線+破線）と誤検出

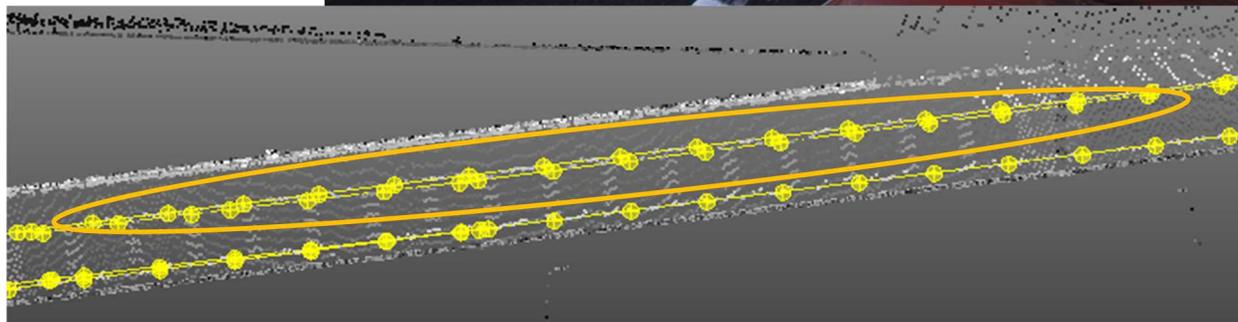


図 3.1-34 減速路面標示による区画線の誤検出例

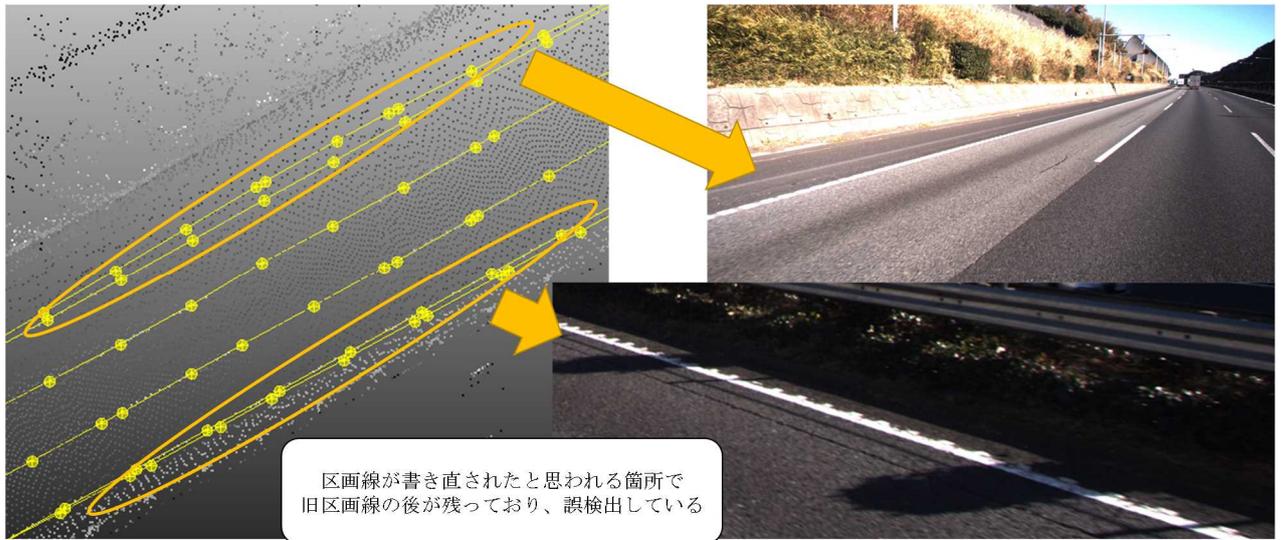


図 3.1-35 旧区画線による区画線の誤検出例

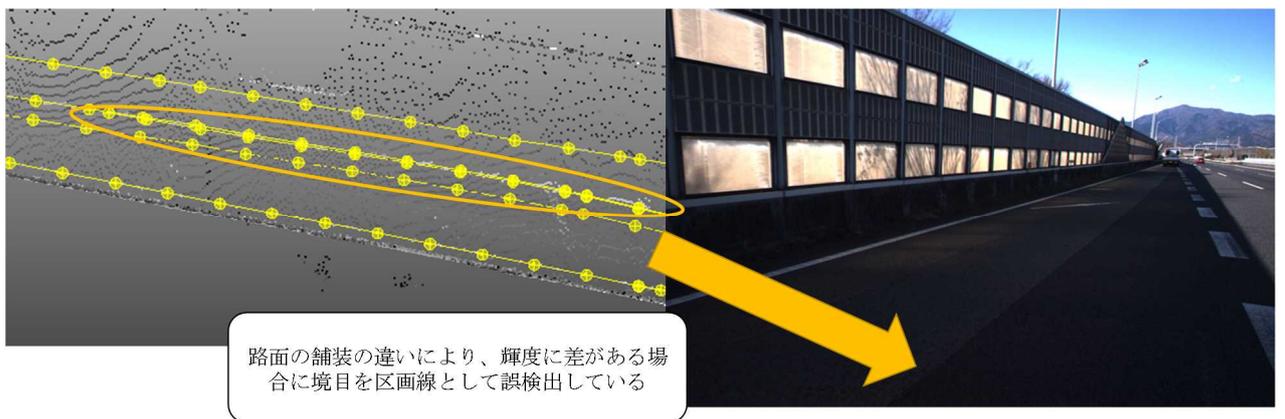


図 3.1-36 路面舗装による区画線の誤検出例

評価コース2都市高速道路の自動図化検出率を表 3.1-12 及び表 3.1-13 に、各シーンの自動図化結果を図 3.1-37～図 3.1-48 に示す。

表 3.1-12 評価コース2都市高速道路 自動図化結果：路肩縁

計測 シーン 番号	計測距離 [km]	路肩縁			
		検出率 (正解率) ①	検出率 ②	誤検出率 ③	未検出率 ④
0830_201712170922-S07	11.69	85.4%	95.0%	16.3%	5.0%
0830_201712170922-S09	10.59	88.4%	90.9%	11.9%	9.1%
0830_201712151122-S01	3.18	100.0%	97.8%	0.0%	2.2%
0830_201712151122-S02	3.36	100.0%	99.7%	0.0%	0.3%
0830_201712151122-S06	3.51	91.0%	90.7%	9.0%	9.3%
0830_201712151122-S07	3.04	93.0%	99.4%	7.5%	0.6%
全体	35.37	90.2%	94.4%	10.5%	5.6%

表 3.1-13 評価コース2都市高速道路 自動図化結果：区画線

計測 シーン 番号	計測距離 [km]	区画線			
		検出率 (正解率) ①	検出率 ②	誤検出率 ③	未検出率 ④
0830_201712170922-S07	11.69	85.8%	95.3%	15.8%	4.7%
0830_201712170922-S09	10.59	87.3%	91.4%	13.3%	8.6%
0830_201712151122-S01	3.18	81.5%	96.8%	22.0%	3.2%
0830_201712151122-S02	3.36	83.6%	87.2%	17.1%	12.8%
0830_201712151122-S06	3.51	88.9%	91.8%	11.5%	8.2%
0830_201712151122-S07	3.04	90.2%	96.7%	10.5%	3.3%
全体	35.37	86.3%	93.3%	14.8%	6.7%

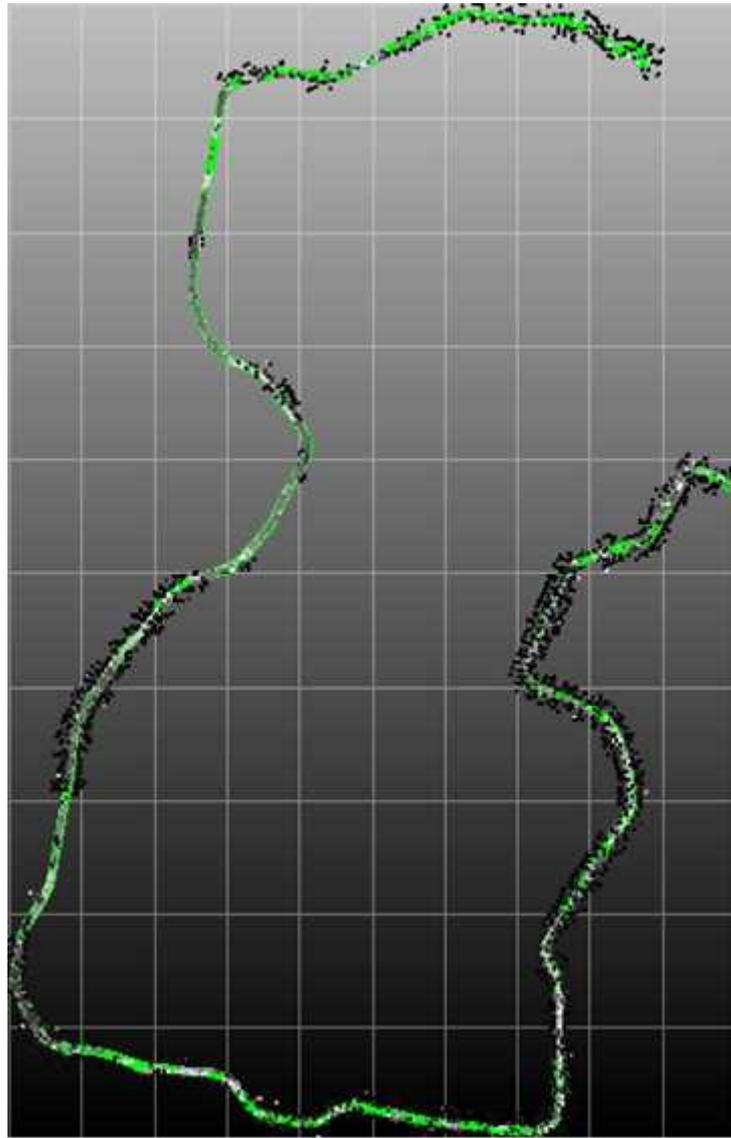


图 3.1-37 都市高速 0830\_201712170922-S07 自动图化结果：路肩缘



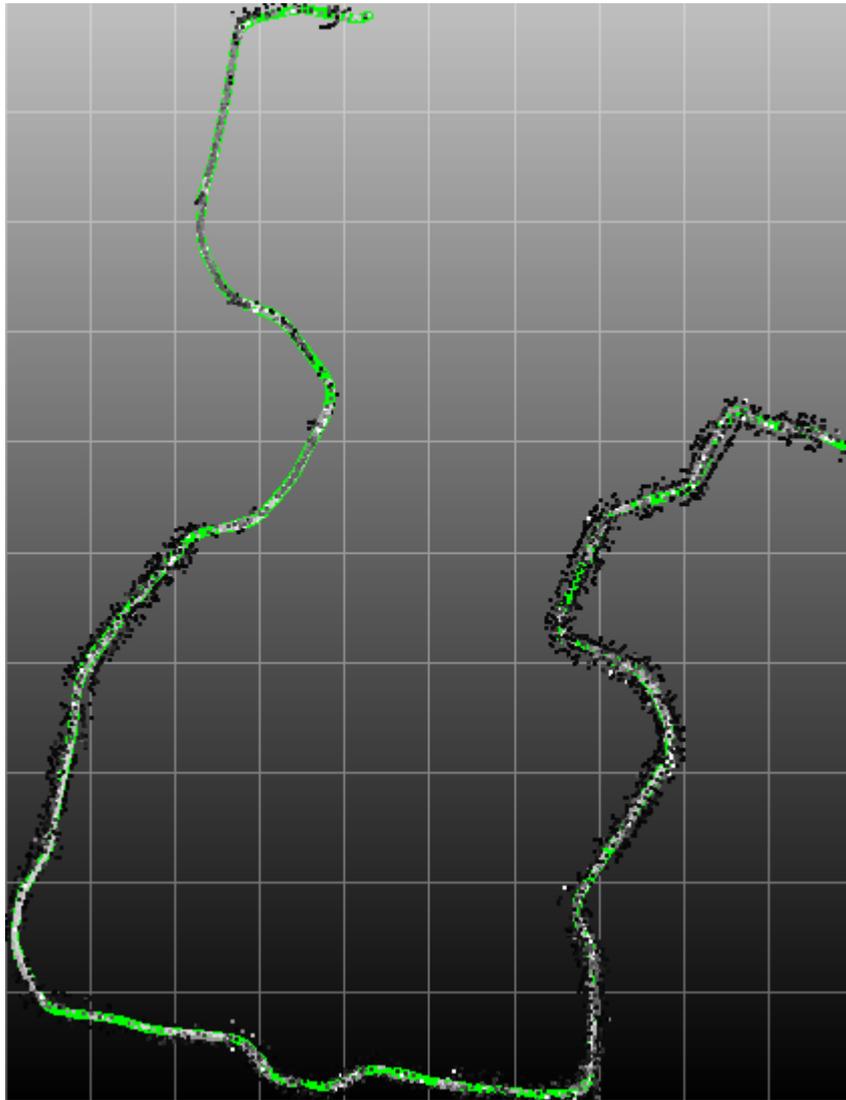


图 3.1-39 都市高速 0830\_201712170922-S09 自动图化结果：路肩缘

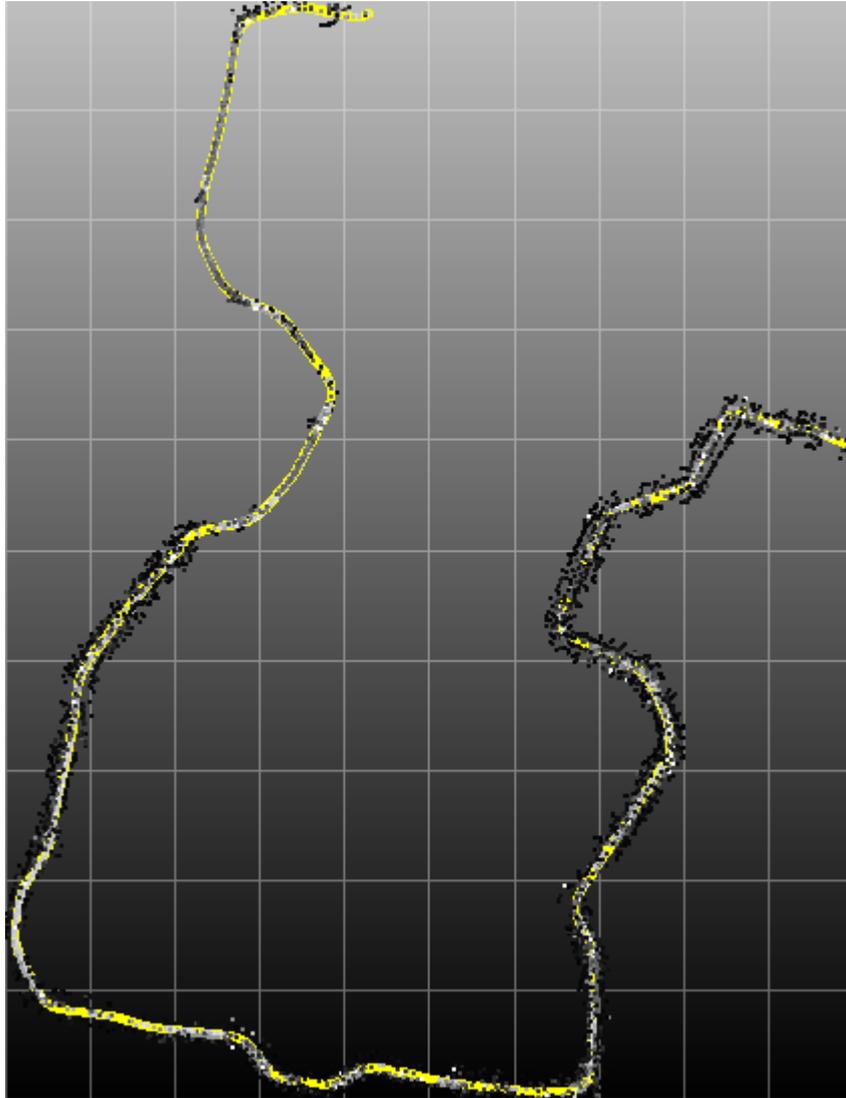


図 3.1-40 都市高速 0830\_201712170922-S09 自動図化結果：区画線

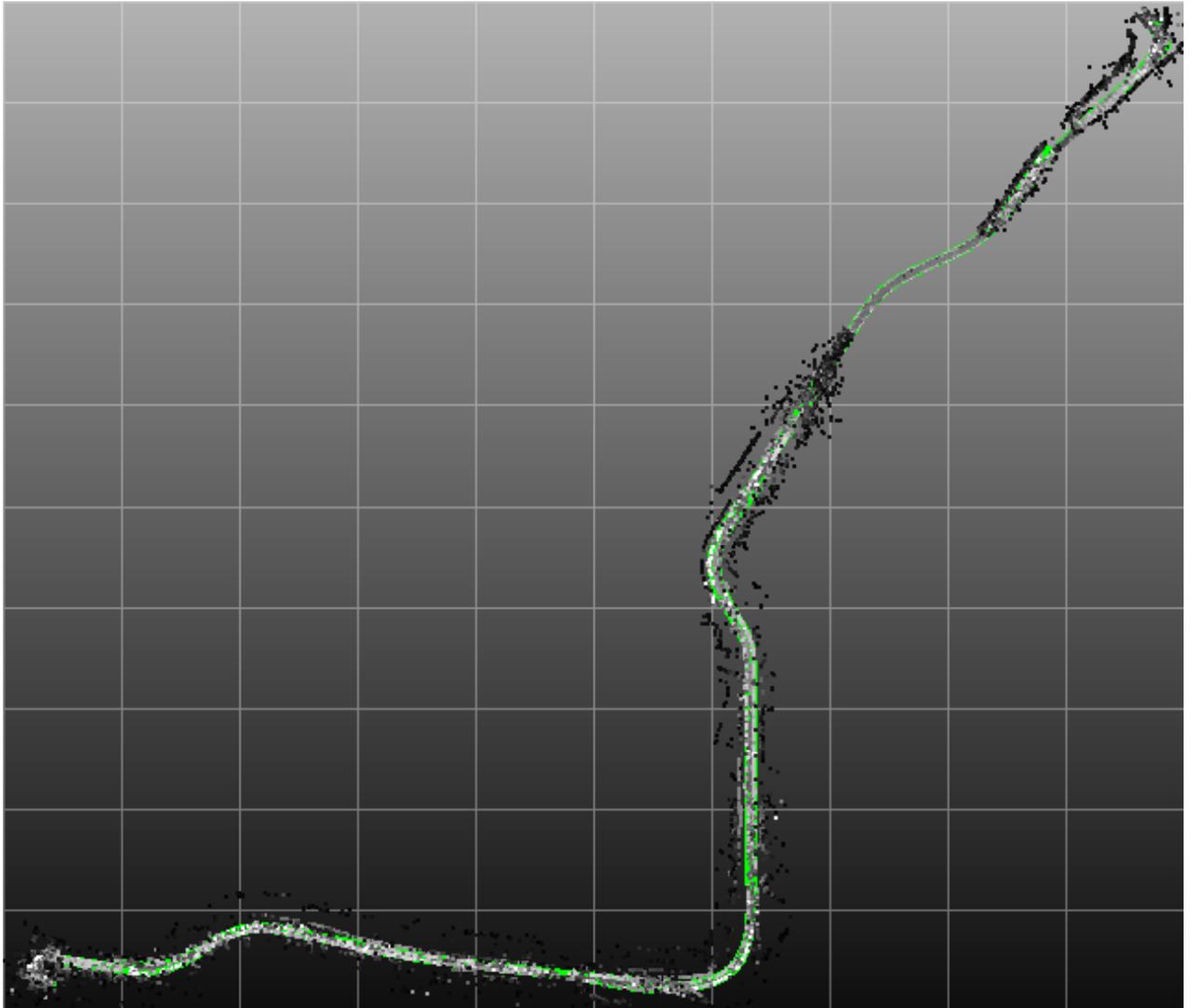


图 3.1-41 都市高速 0830\_201712151122-S01 自动图化结果：路肩缘

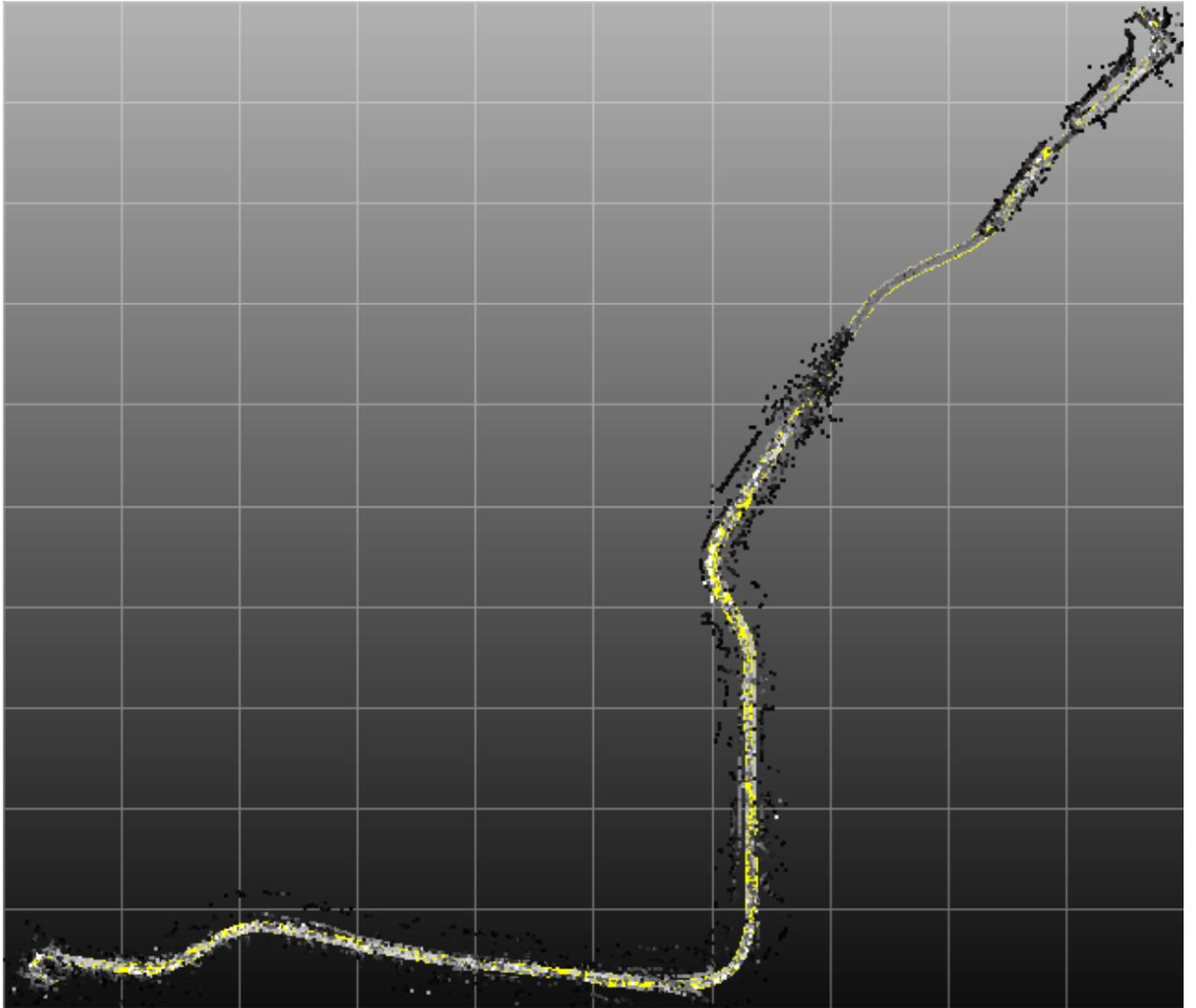


图 3.1-42 都市高速 0830\_201712151122-S01 自动图化结果：区画线

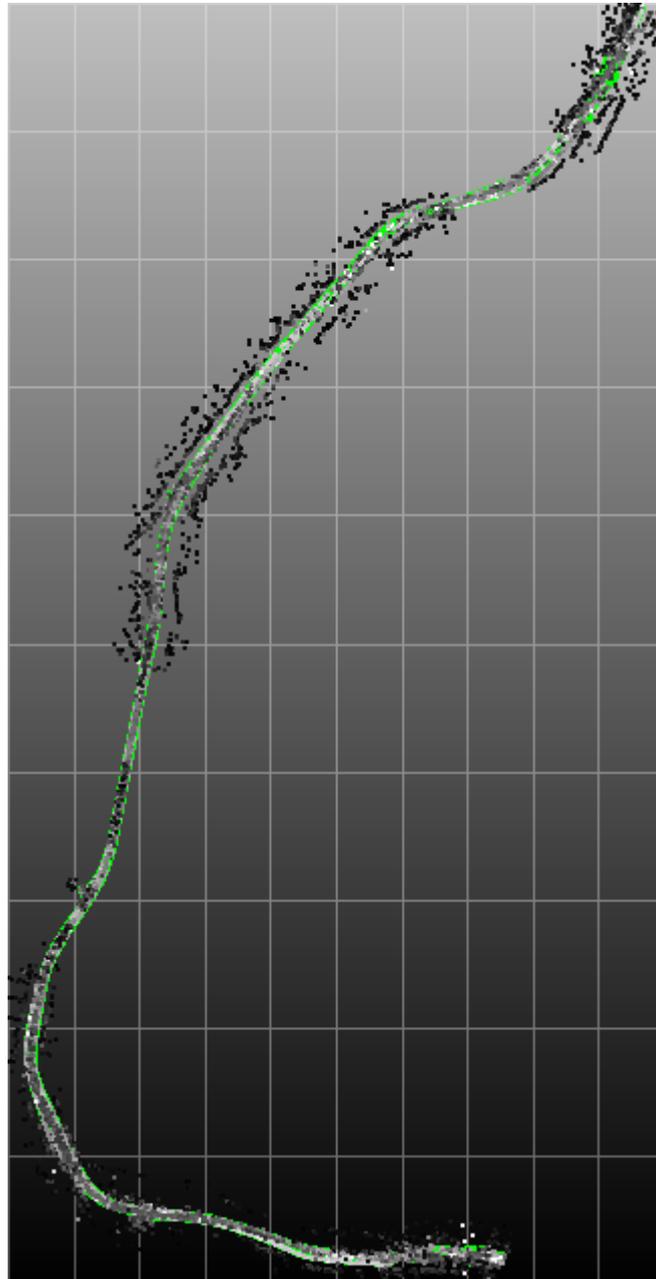


图 3.1-43 都市高速 0830\_201712151122-S02 自动图化结果：路肩缘

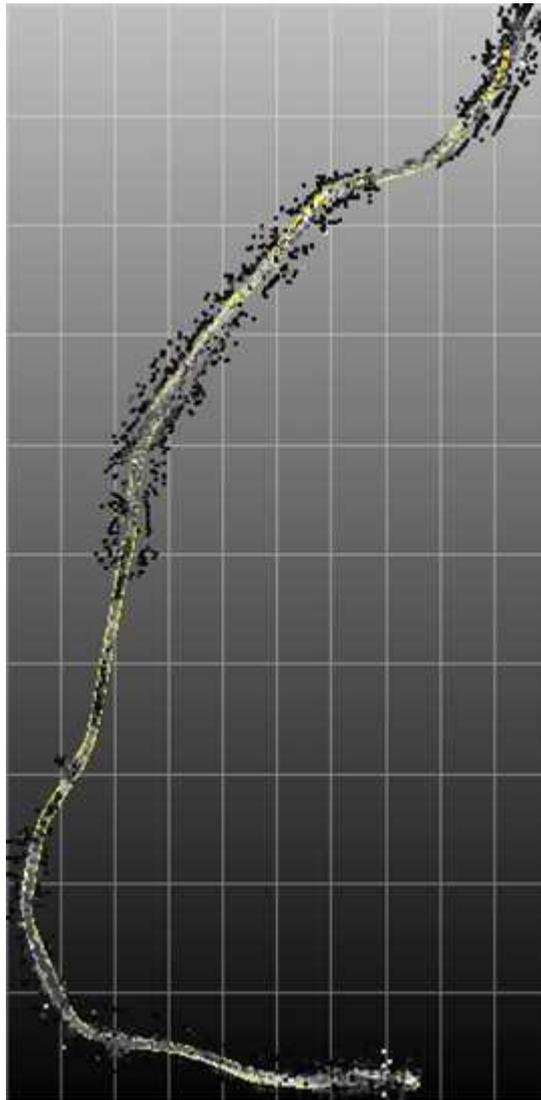


図 3.1-44 都市高速 0830\_201712151122-S02 自動図化結果：区画線

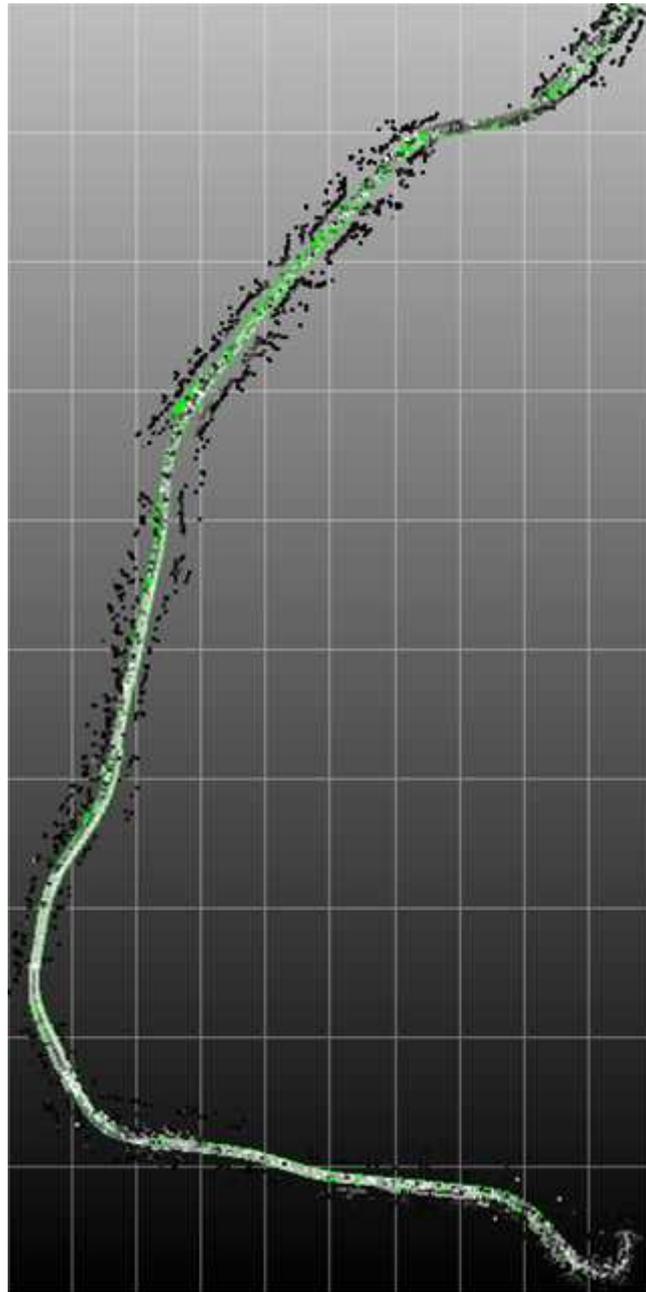


图 3.1-45 都市高速 0830\_201712151122-S06 自动图化结果：路肩缘

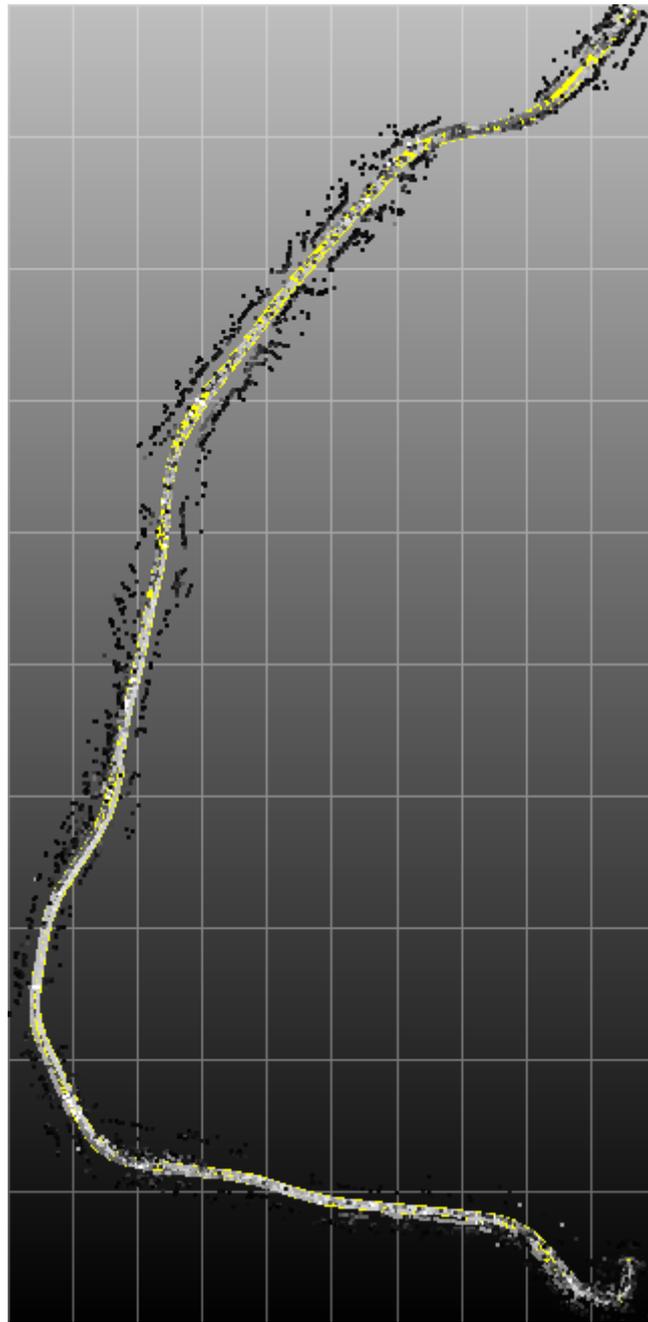


図 3.1-46 都市高速 0830\_201712151122-S06 自動図化結果：区画線

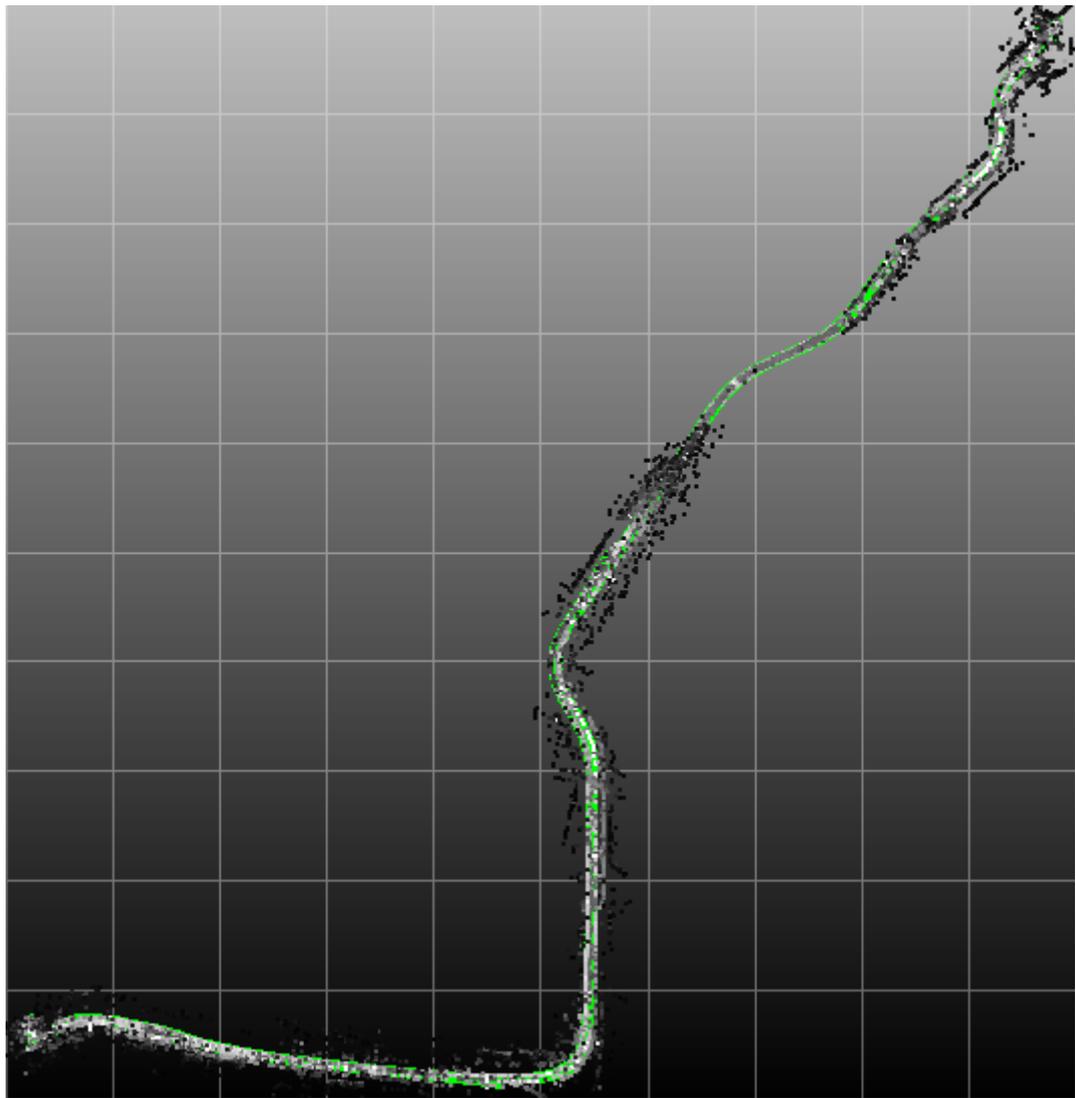


图 3.1-47 都市高速 0830\_201712151122-S07 自动图化结果：路肩缘

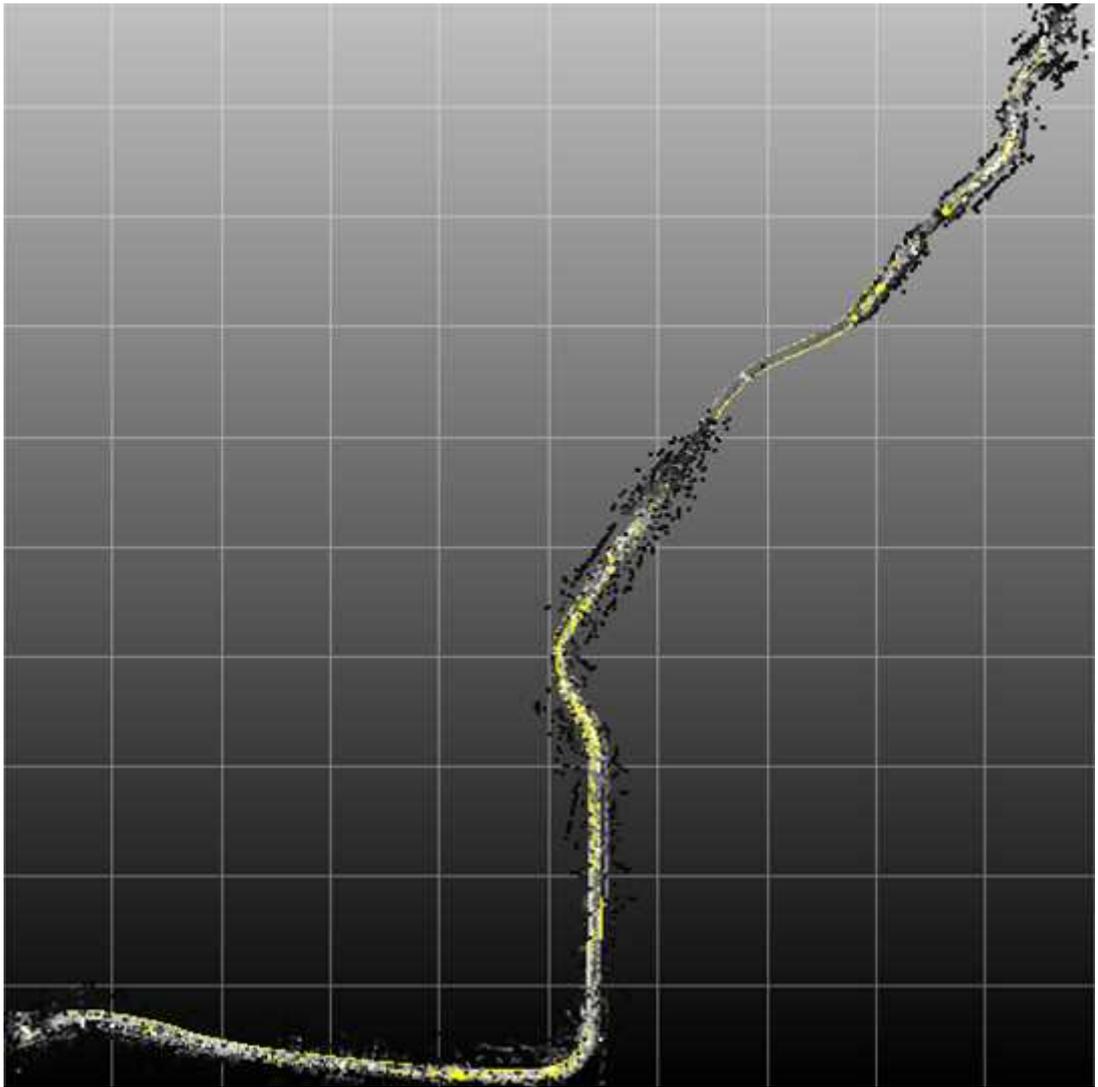


图 3.1-48 都市高速 0830\_201712151122-S07 自动图化结果：区画线

評価コース2都市高速道路における路肩縁の主な誤り原因を表3.1-14に示す。表3.1-10に示した評価コース1の場合の誤り原因と同様のケースは表3.1-14からは除外している。それぞれの結果例を図3.1-49～図3.1-53に示す。都市間高速のケースと同様に並走車の影響が大きく、特に都市間高速より都市高速の方が車両数も多く、渋滞も発生するため、計測できていないケースが多い。それ以外では、特殊な形状など個別に対応しなければならないパターンや、一時的な設置物に対する対応アルゴリズムが必要となる。

表 3.1-14 評価コース2都市高速道路における路肩縁の主な誤り原因

No.	項目	結果例	対策想定案
1	中央分離帯のブロック	図 3.1-49	都市高速では様々な形状のパターンがあり、個別に対応できるよう処理の確認・見直し
2	車線間の段差	図 3.1-50	同上
3	カラーコーン	図 3.1-51	クッションドラムやカラーコーン等の一時的な設置物に対応する処理を追加
4	中央分離帯の縁石の隙間	図 3.1-52	並走車の場合と同様に補間処理の見直し
5	駐車場出入口	図 3.1-53	高速道路対応では「属性：車道外へのアクセス可否」が考慮されていなかったため、対応処理の追加

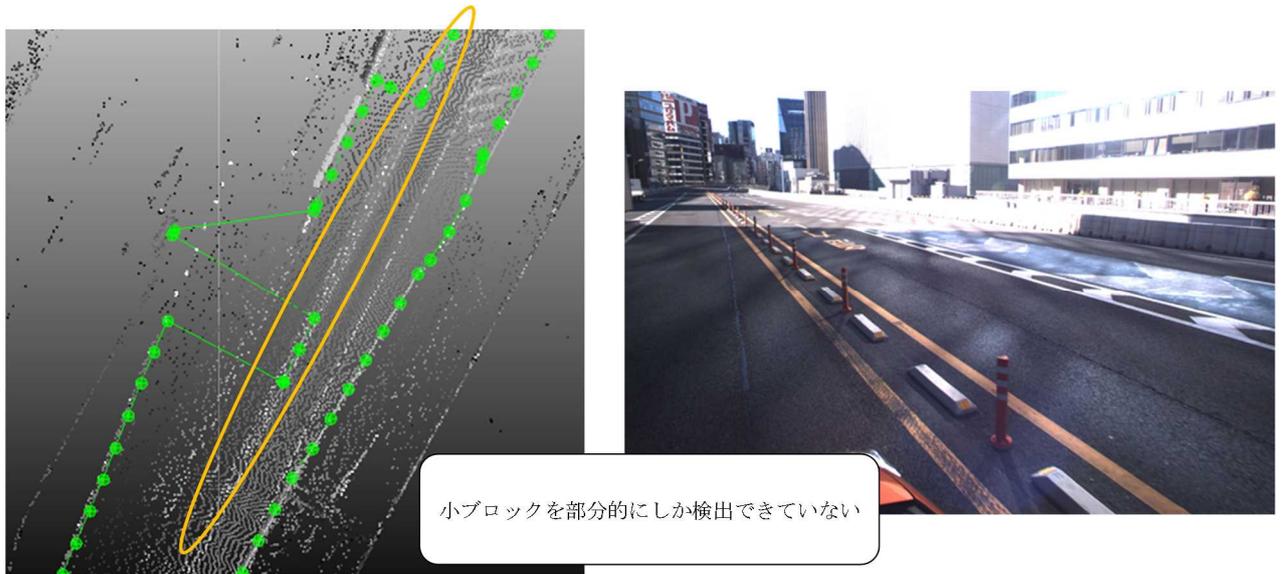


図 3.1-49 中央分離帯のブロックによる路肩縁の誤検出例

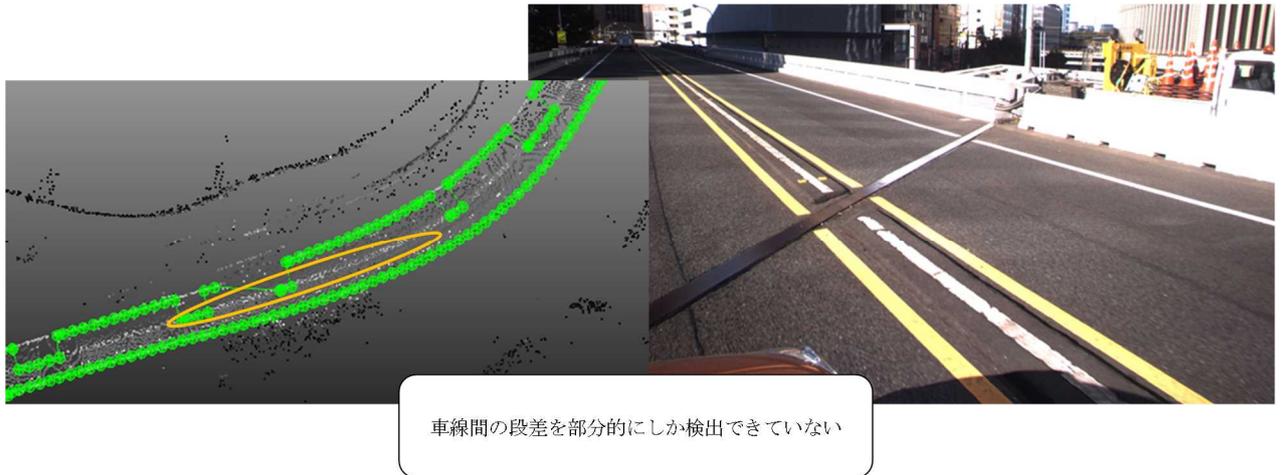


図 3.1-50 車線間の段差による路肩縁の誤検出例

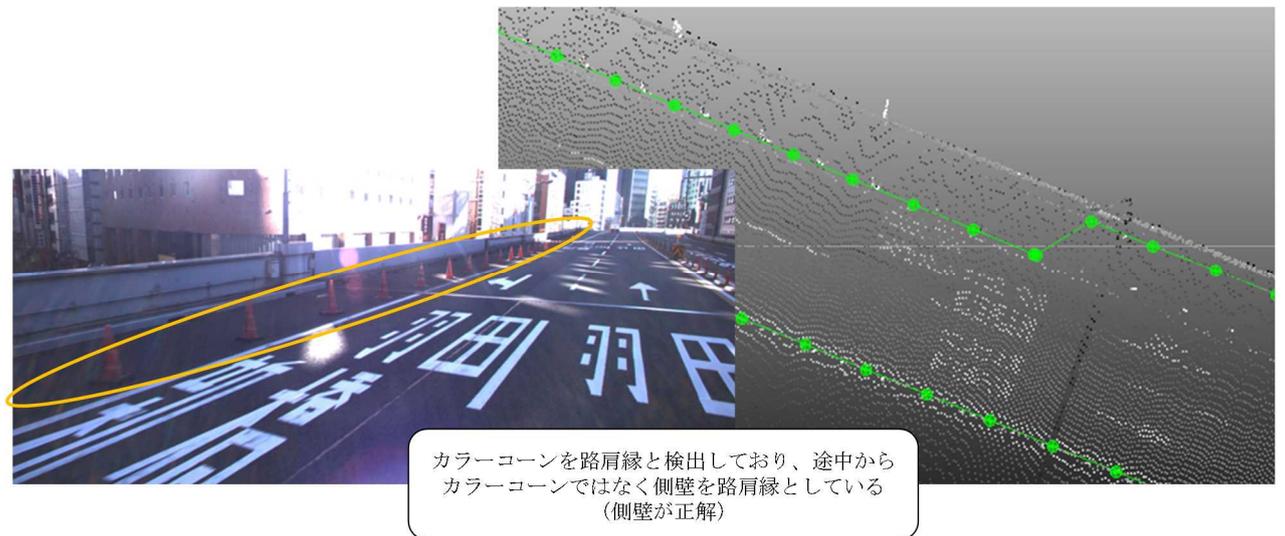


図 3.1-51 カラーコーンによる路肩縁の誤検出例



図 3.1-52 縁石の隙間による路肩縁の誤検出例

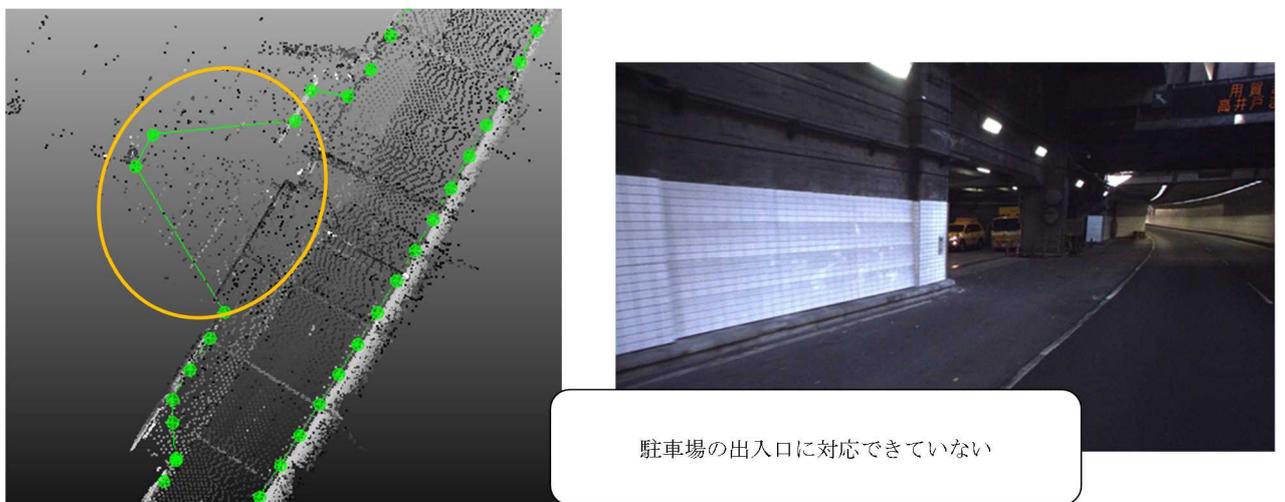


図 3.1-53 駐車場の出入口による路肩縁の誤検出例

評価コース2都市高速道路における区画線の主な誤り原因を表3.1-15に示す。表3.1-11示した評価コース1の場合の誤り原因と同様のケースは表3.1-15からは除外している。支配的な誤りは都市間高速道路と同様に導流帯、道路標示及び減速路面標示であるが、都市高速道路の方がそれらの地物が多数存在するため、より誤り率が高くなっている。また、導流帯、道路標示及び減速路面標示がからみあった複雑な形状が出入口などで存在するため、そのような場所では自動化の難易度が高く、現状では部分的には手動図化での対応が必要と考えられる。

表 3.1-15 評価コース1 都市高速道路における区画線の主な誤り原因

No.	項目	結果例	対策想定案
1	異なる濃度の区画線	図 3.1-54	反射輝度により区画線と判定するアルゴリズムの見直し

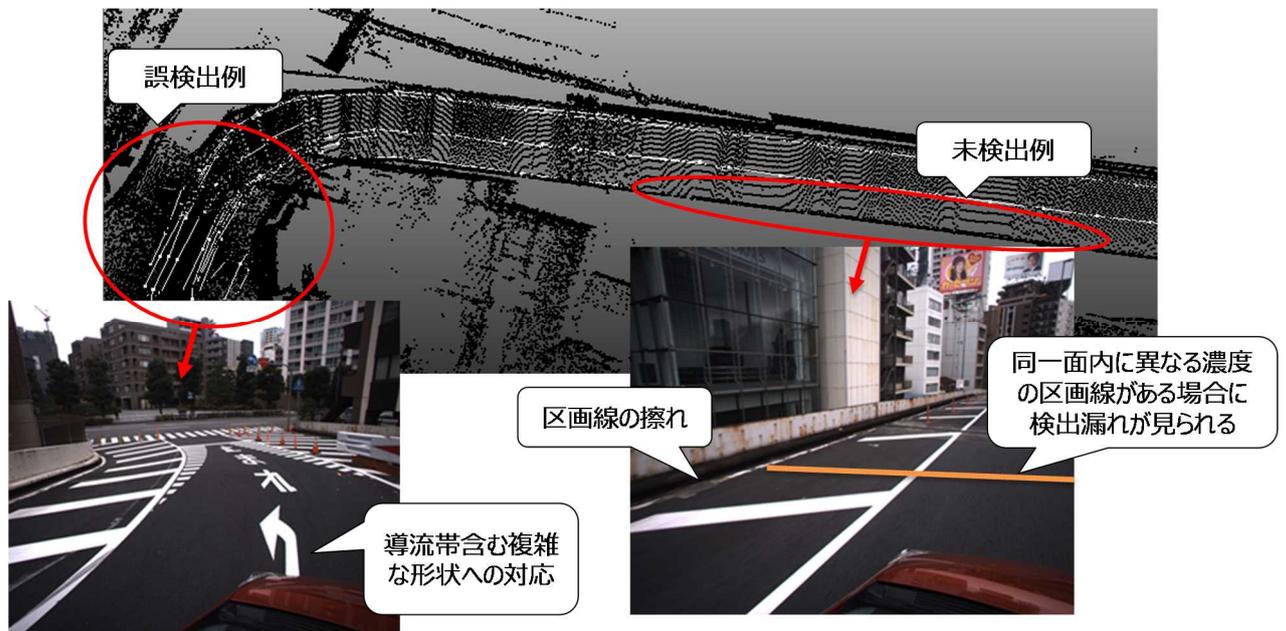


図 3.1-54 異なる濃度の区画線及び複雑な形状による区画線の誤検出例

評価コース3一般道路の自動図化検出率を表 3.1-16 及び表 3.1-17 に、各シーンの自動図化結果を図 3.1-55～図 3.1-66 に示す。

現状の自動図化は、高速道路・自動車専用道路をターゲットとして構築されており、一般道路向けの対応ができていない状況である。このため、交差点（十字路）や歩道の存在に対応できていないことが誤検出及び未検出が多くなっている主要因である。平成30年以降に自動図化の一般道路対応を進めていく計画である。

表 3.1-16 評価コース3一般道路 自動図化結果：路肩縁

計測 シーン 番号	計測距離 [km]	路肩縁			
		検出率 (正解率) ①	検出率 ②	誤検出率 ③	未検出率 ④
0830_201712100916-S01	1.50	78.7%	84.4%	22.8%	15.6%
0830_201712100916-S02	1.54	57.6%	61.7%	45.5%	38.3%
0830_201712100916-S19	2.26	77.8%	81.5%	23.2%	18.5%
0830_201712100916-S22	2.23	78.0%	81.7%	23.0%	18.3%
0830_201712100916-S36	2.00	74.2%	78.1%	27.1%	21.9%
0830_201712100916-S37	2.00	49.1%	50.9%	52.7%	49.1%
全体	11.53	69.7%	73.4%	31.9%	26.6%

表 3.1-17 評価コース3一般道路 自動図化結果：区画線

計測 シーン 番号	計測距離 [km]	区画線			
		検出率 (正解率) ①	検出率 ②	誤検出率 ③	未検出率 ④
0830_201712100916-S01	1.50	51.6%	48.0%	45.0%	52.0%
0830_201712100916-S02	1.54	33.4%	30.2%	60.3%	69.8%
0830_201712100916-S19	2.26	59.8%	66.2%	44.5%	33.8%
0830_201712100916-S22	2.23	57.5%	56.7%	41.9%	43.3%
0830_201712100916-S36	2.00	60.0%	75.3%	50.1%	24.7%
0830_201712100916-S37	2.00	31.8%	31.0%	66.5%	69.0%
全体	11.53	49.9%	52.7%	51.0%	47.3%

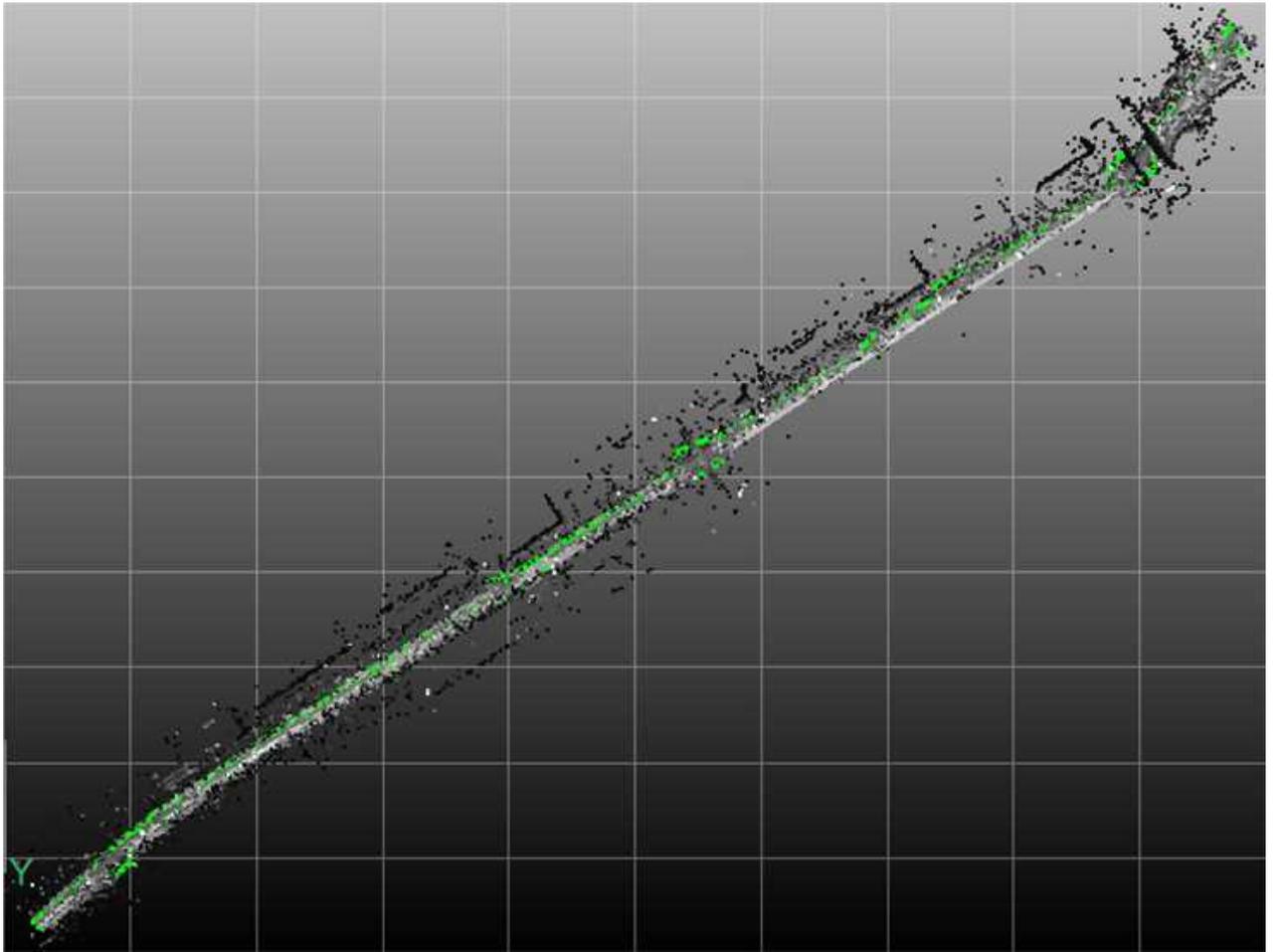


图 3.1-55 一般道路 0830\_201712100916-S01 自动图化结果：路肩缘

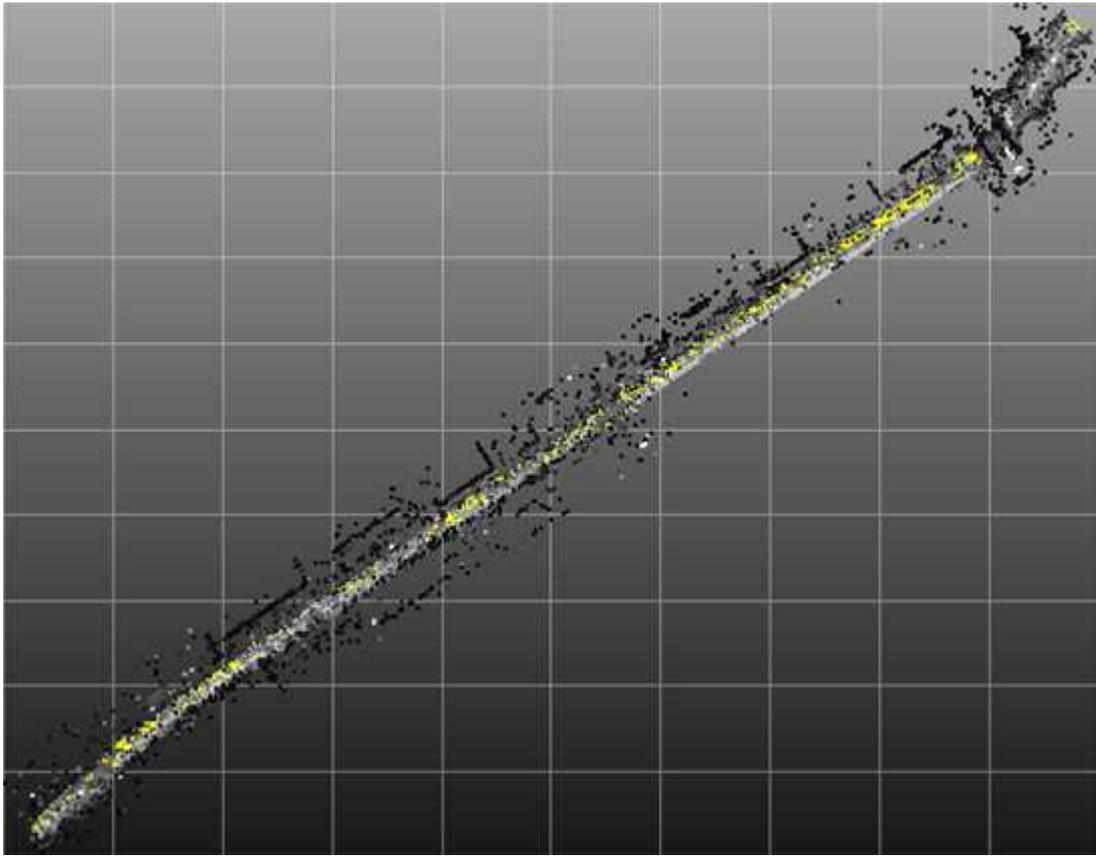


图 3.1-56 一般道路 0830\_201712100916-S01 自动图化结果：区画线

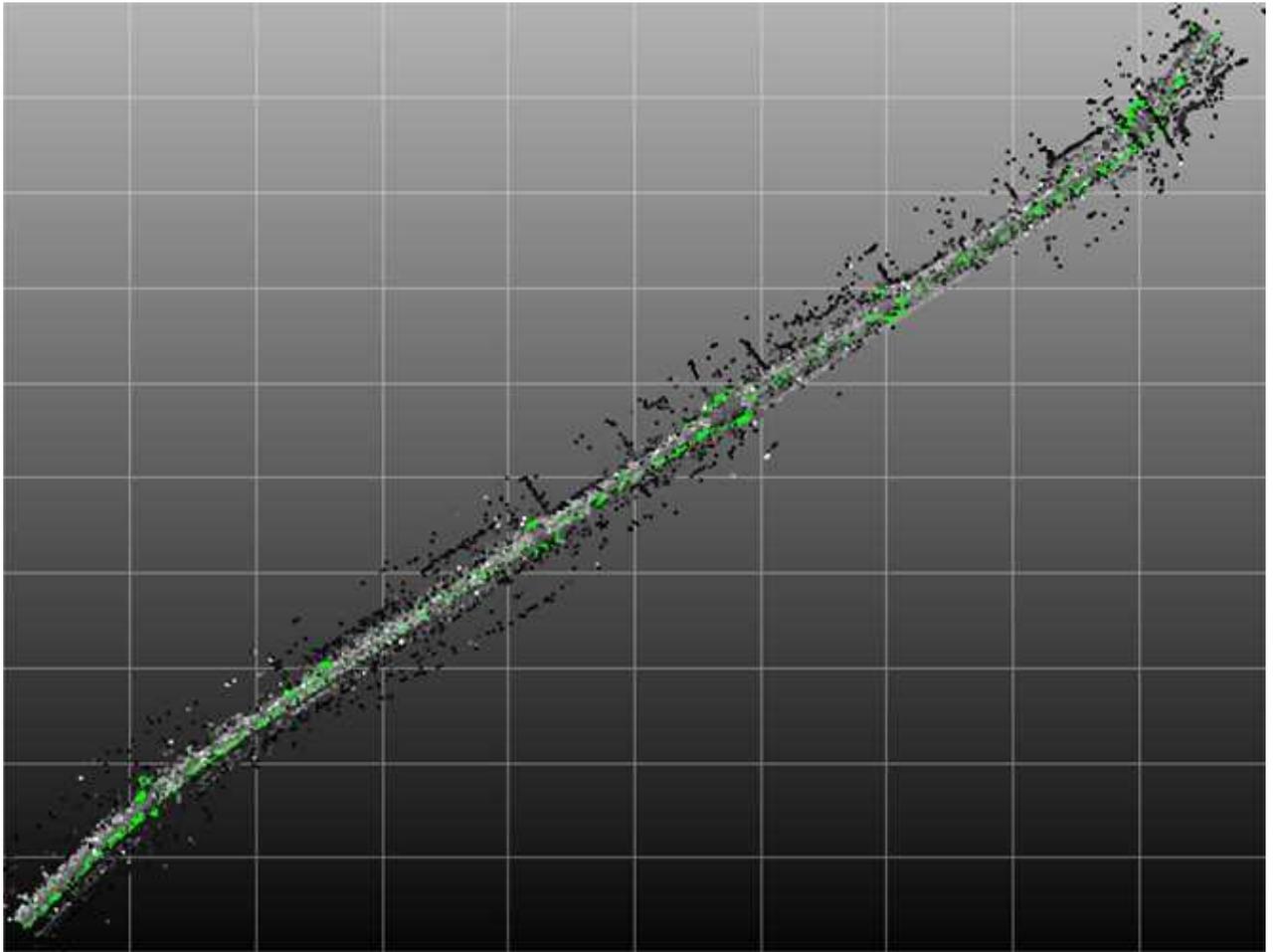


图 3.1-57 一般道路 0830\_201712100916-S02 自动图化结果：路肩缘

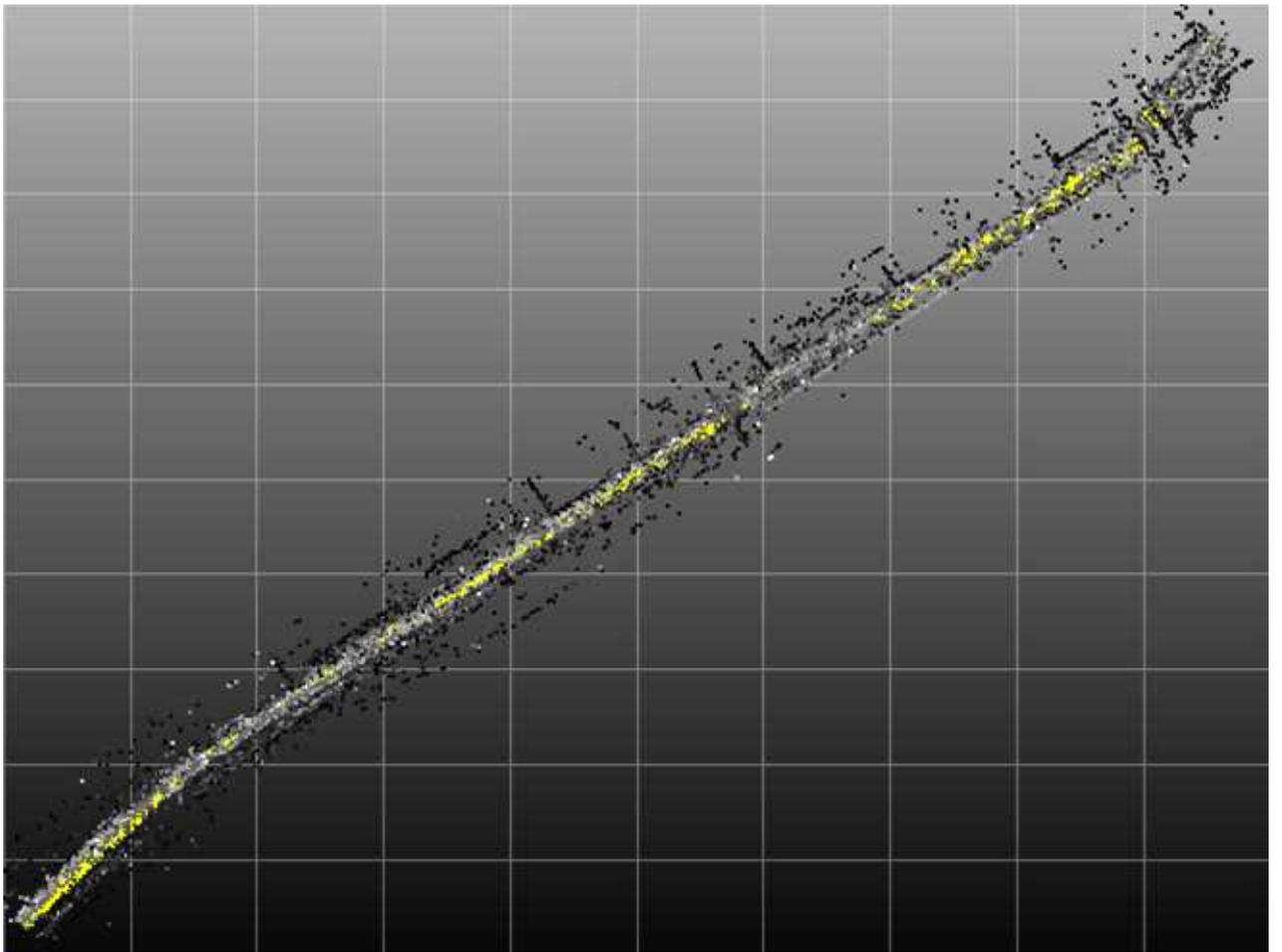


图 3.1-58 一般道路 0830\_201712100916-S02 自动图化结果：区画线

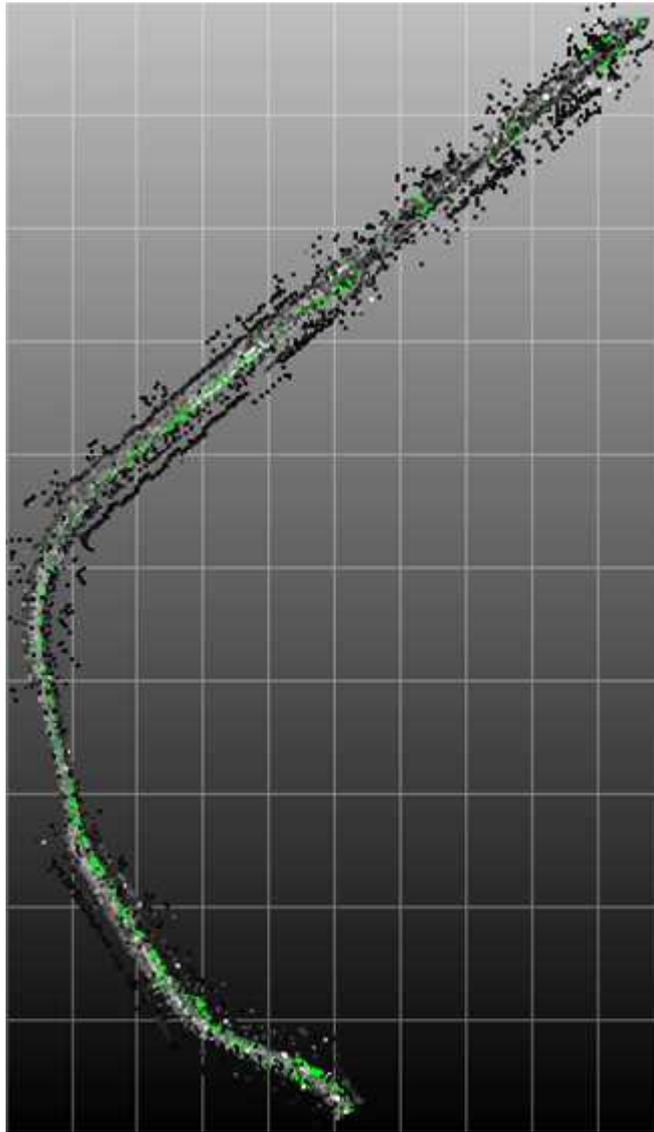


图 3.1-59 一般道路 0830\_201712100916-S19 自动图化结果：路肩缘

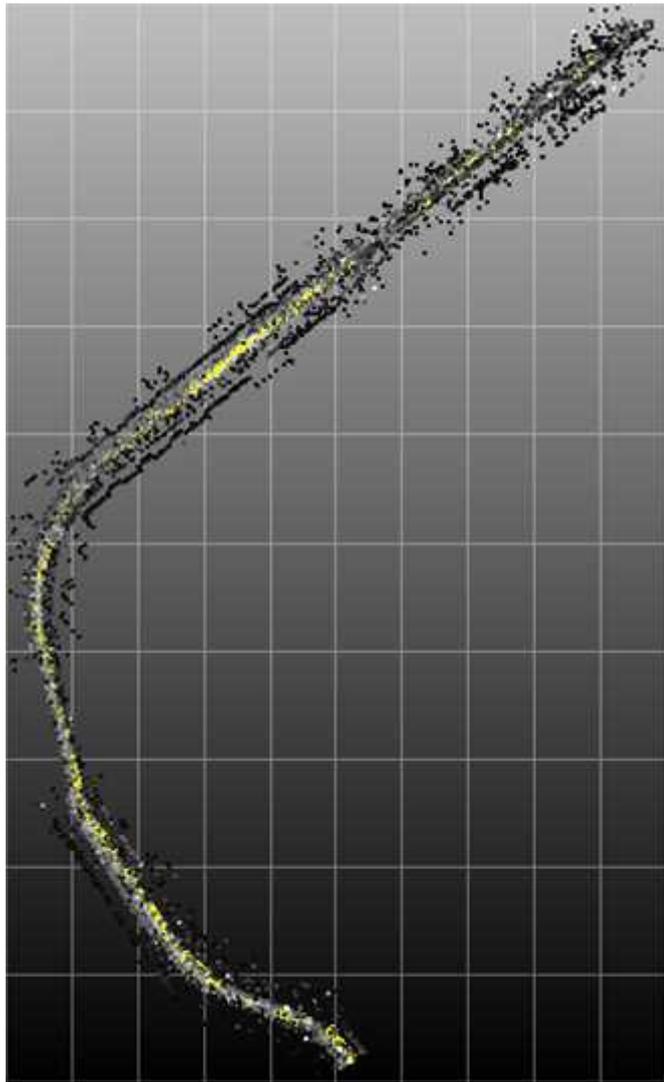


图 3.1-60 一般道路 0830\_201712100916-S19 自动图化结果：区画线

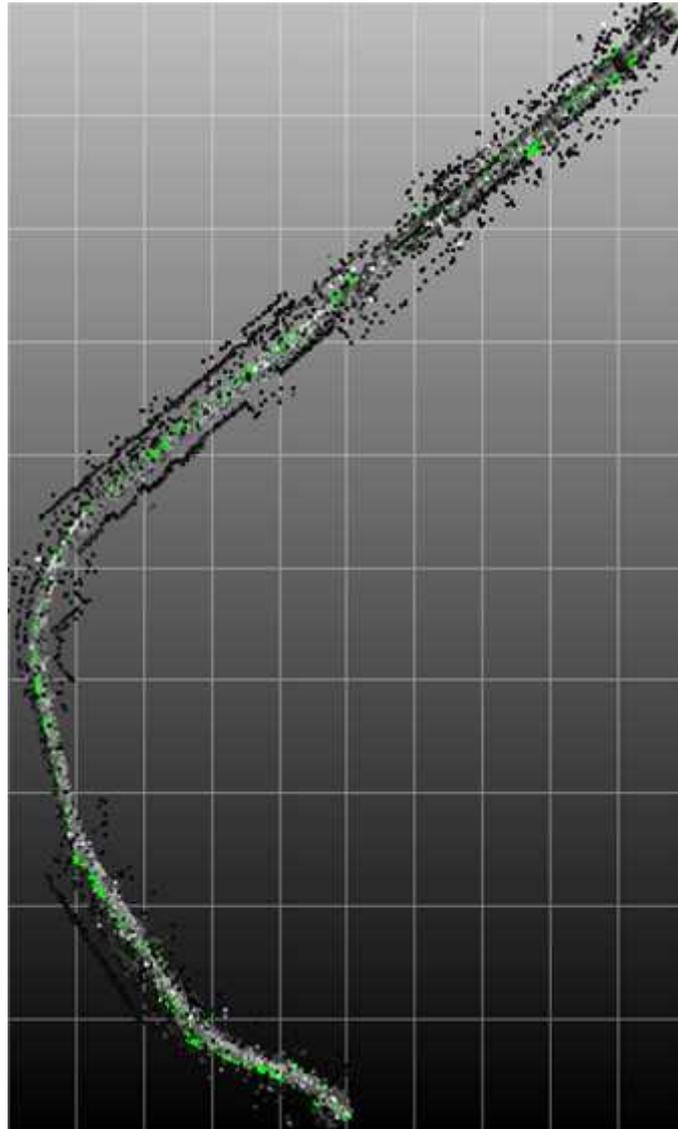


图 3.1-61 一般道路 0830\_201712100916-S22 自动图化结果：路肩缘

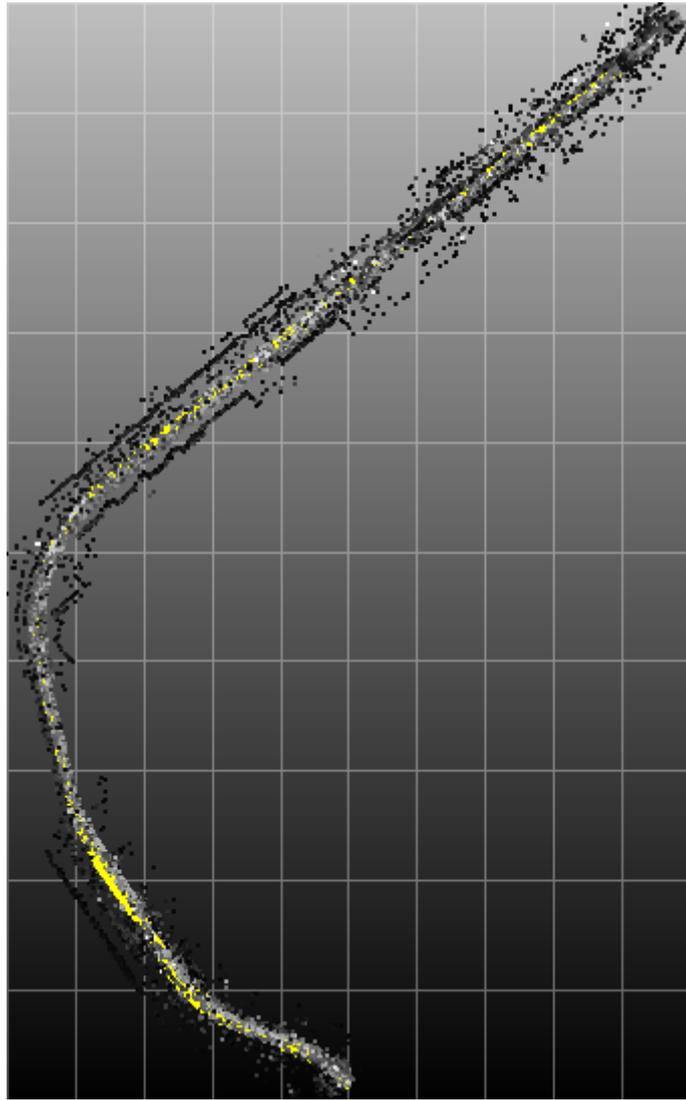


图 3.1-62 一般道路 0830\_201712100916-S22 自动图化结果：区画线

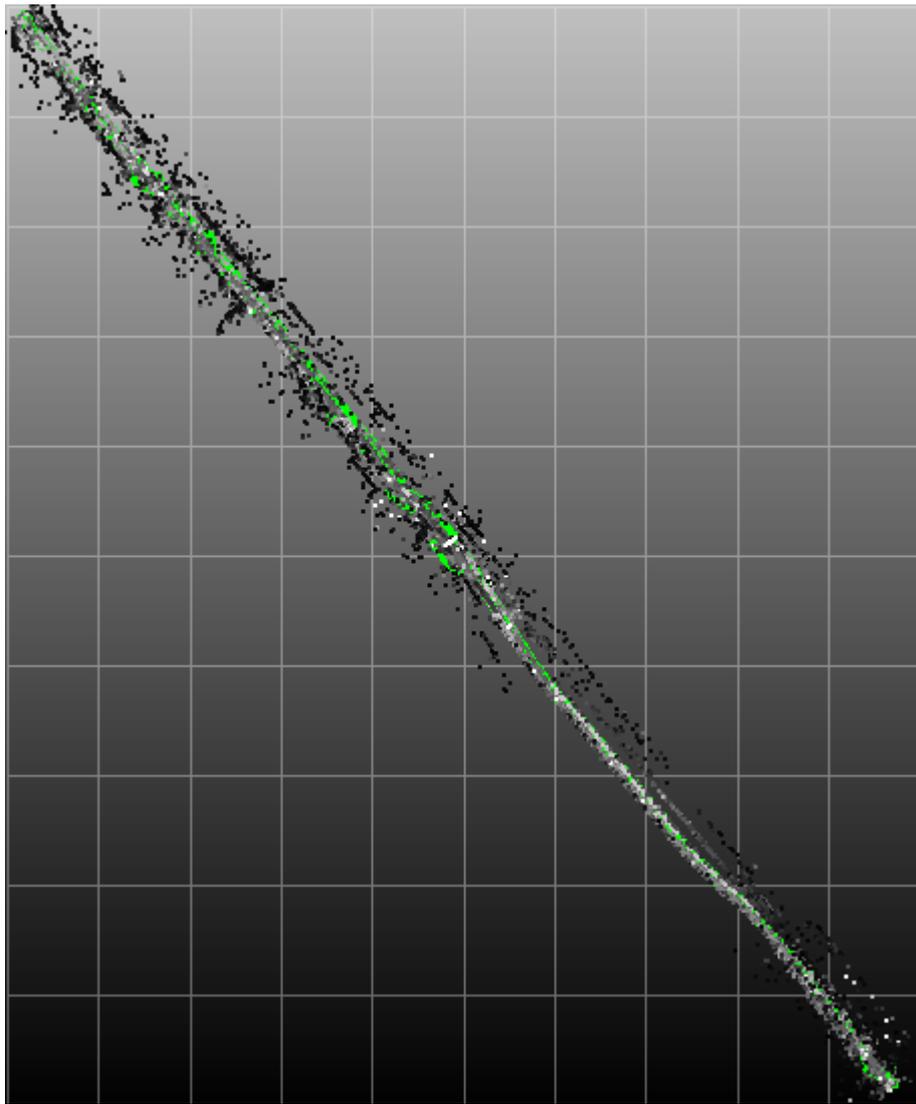


图 3.1-63 一般道路 0830\_201712100916-S36 自动图化结果：路肩缘

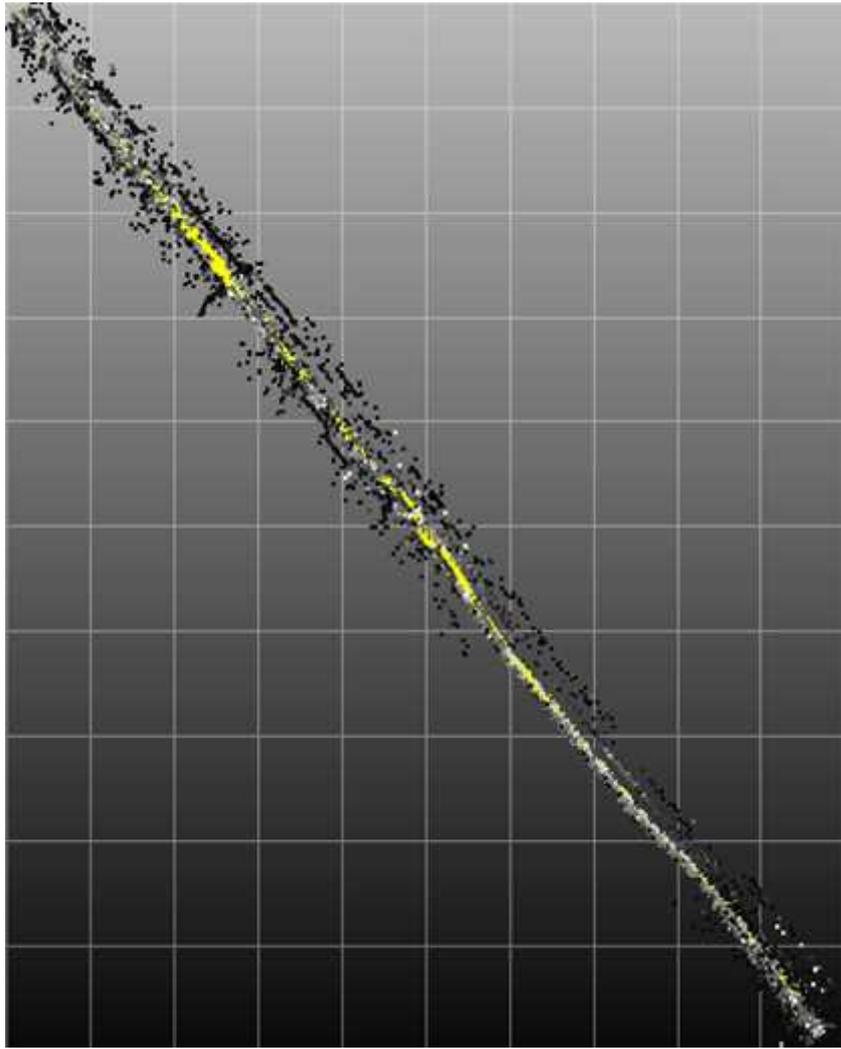


图 3.1-64 一般道路 0830\_201712100916-S36 自动图化结果：区画线

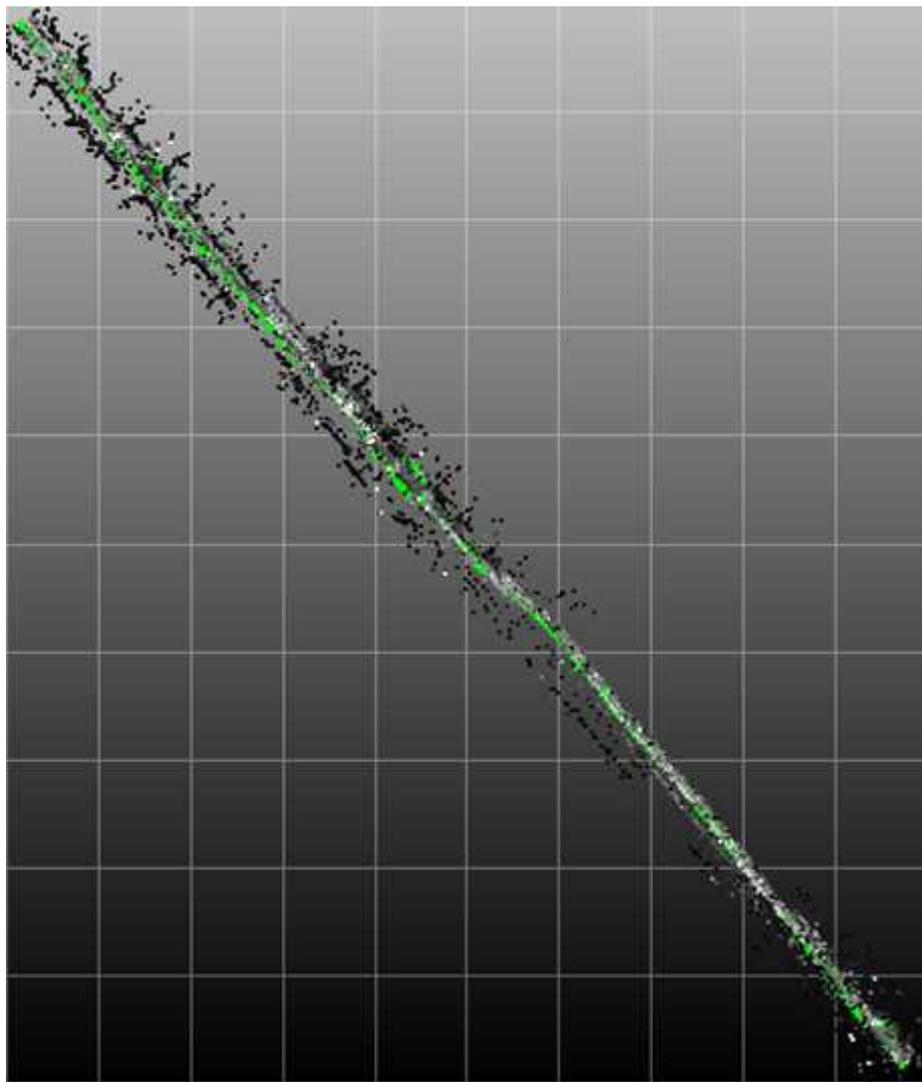


图 3.1-65 一般道路 0830\_201712100916-S37 自动图化结果：路肩缘

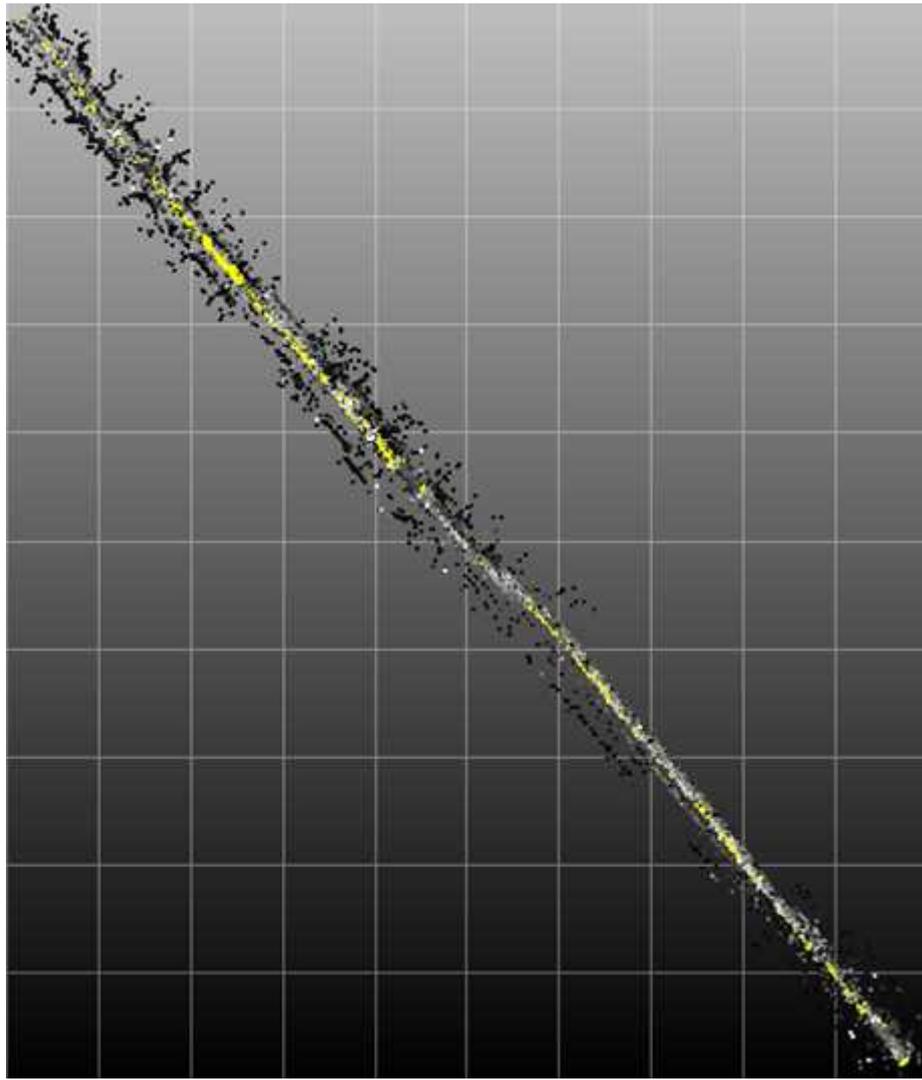


图 3.1-66 一般道路 0830\_201712100916-S37 自动图化结果：区画线

### 3.1.3. 差分抽出技術の実用性検証

静的高精度 3D 地図は、日々変化する道路状況を反映し、更新していく必要がある。更新の際に全体を生成し直すのは非効率的であり、更新箇所のみを抽出し、反映していくことが望ましい。

図 3.1-67 に想定される地図の更新フローを示す。

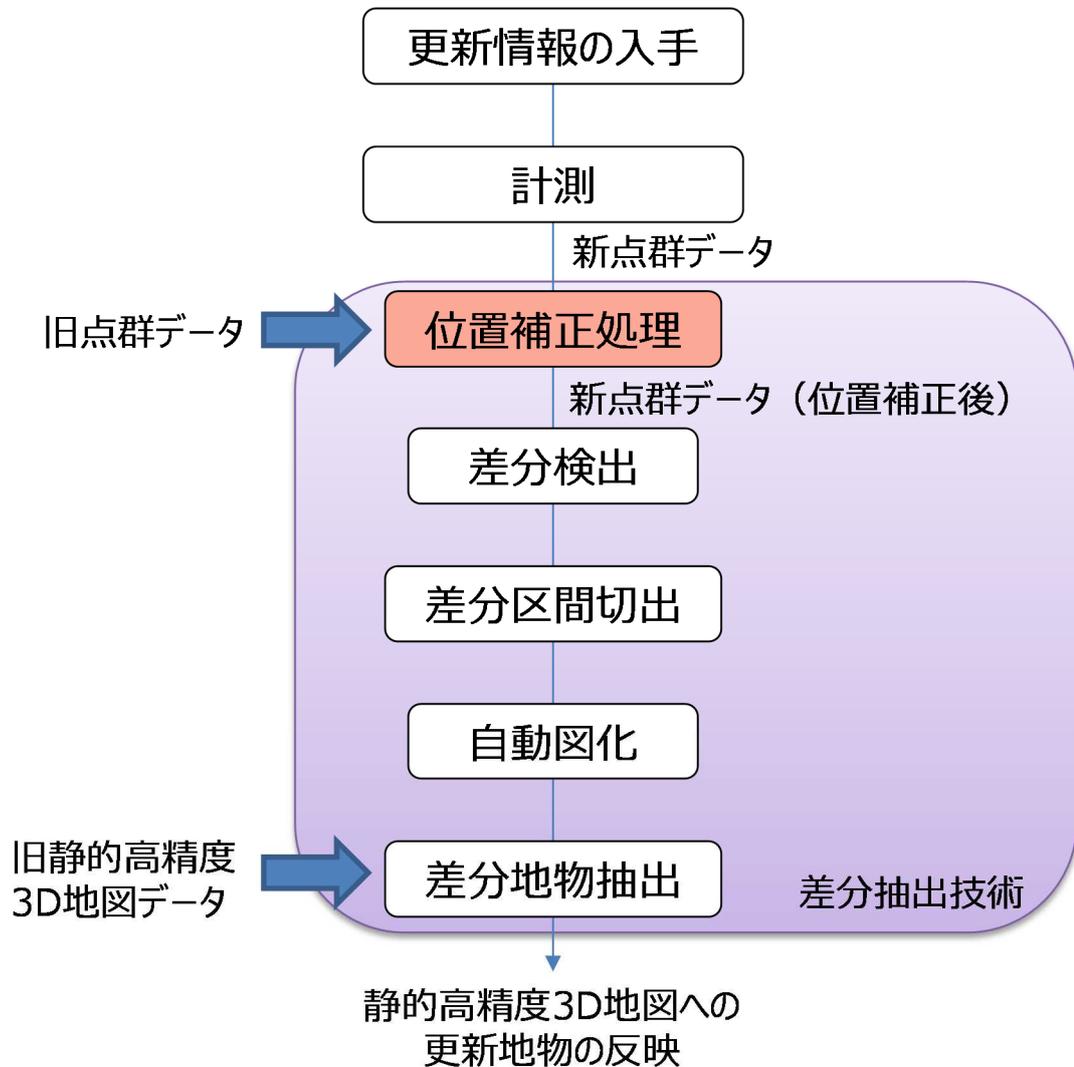


図 3.1-67 静的高精度 3D 地図の更新フロー

差分抽出技術は自動図化技術を含み、特にキーとなる技術は位置補正処理と差分地物抽出である。図 3.1-68 に計測誤差によるずれの例を示す。衛星可視状態であれば MMS による計測精度は 10cm レベルとなるが、衛星不可視区間においては誤差が時間とともに蓄積していくため、数 m レベルの誤差が生じる可能性がある。このため、計測毎にずれが生じる区間が存在する。差分を検出する際にこれらの計測誤差により、道路形状が変化していないにもかかわらず道路全体が差分として検出されてしまう可能性がある。そこで、計測誤差による影響を除くため、道路形状でのマッチングを取る位置補正処理が必要となる。位置補正後の点群データに対して、自動図化を行い、静的高精度 3D 地図の地物同士での差分を抽出し、更新地物のみを反映することで効率的な地図更新が実現できる。

約50cm程度のずれ

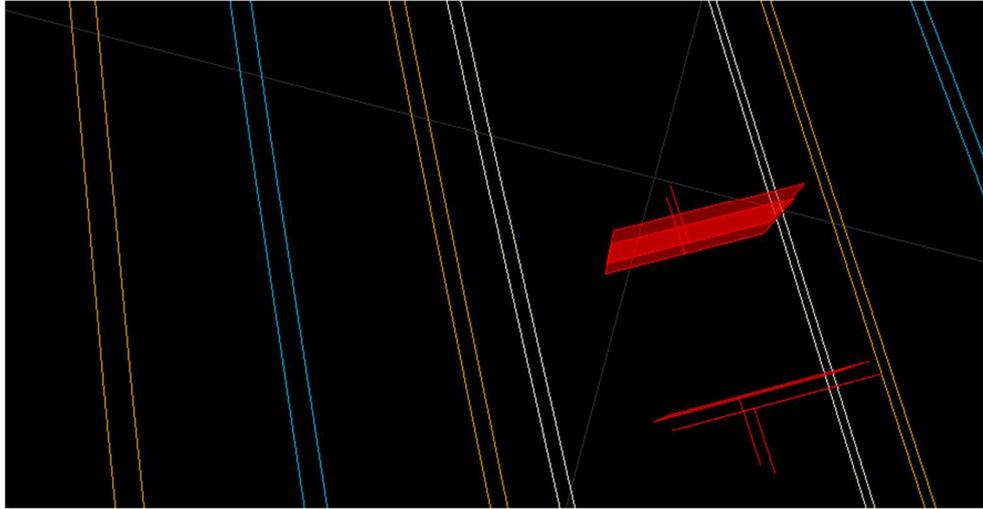
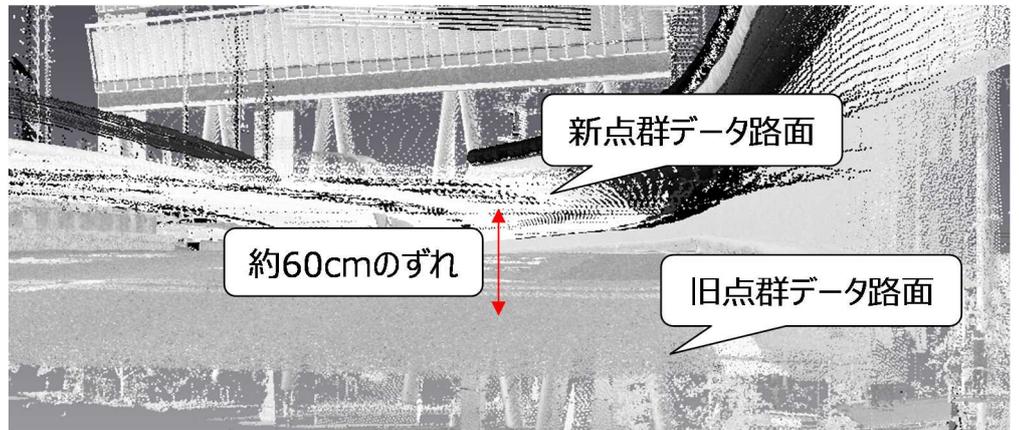


図 3.1-68 計測誤差によるずれの例

位置補正処理の処理結果を図 3.1-69 に示す。計測誤差が高度方向に 60cm ある点群データを補正できていることが分かる。

位置補正前



位置補正後

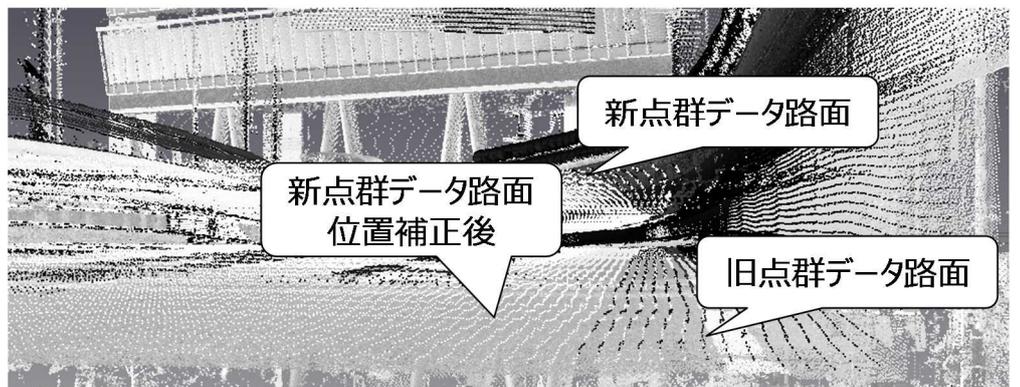
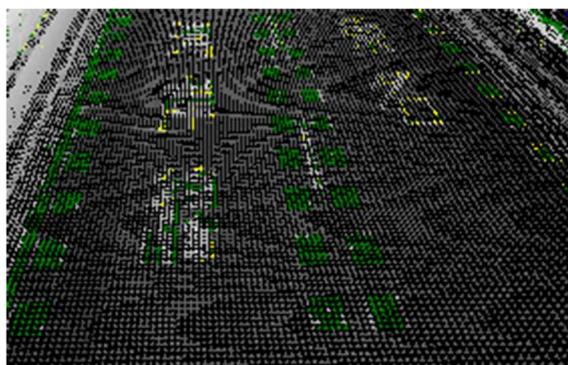


図 3.1-69 位置補正処理結果

位置補正後の点群データを用いた差分検出処理結果を図 3.1-70 に示す。差分としては4種類判定しており、図 3.1-70 では反射輝度差分（追加）として減速路面標示が追加されていることを検出している。



赤：形状差分（追加）  
青：形状差分（削除）  
緑：反射輝度差分（追加）  
黄：反射輝度差分（削除）

図 3.1-70 差分検出結果

一方で、位置補正処理に失敗するケースも見られた。失敗例を図 3.1-71 に示す。位置を正しく補正できなかった結果、路面全体が形状差分（追加）として検出されてしまっている。また、位置補正処理は一定区間毎に点群データを区切って行われるが、その境目で段差が生じていることも分かる。このようなケースでは位置補正後の点群データは図化に使用することができない。静的高精度 3D 地図のベースとするには位置補正処理の性能改善が必要である。

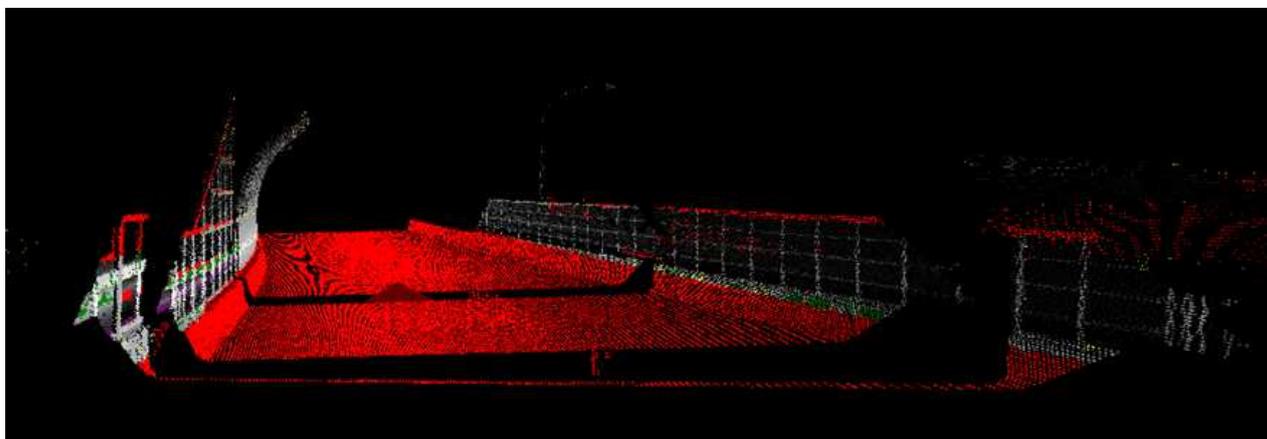


図 3.1-71 位置補正の失敗例

### 3.1.4. プローブ情報による差分更新の検討

静的高精度 3D 地図の更新にプローブ情報の活用を検討する。プローブ情報として、「画像」と「点群」を想定した。

「画像」としてはドライブレコーダ相当と仮定する。この画像情報を用いた地図の更新検討案を図 3.1-72 に、想定した画像情報の例を図 3.1-73 に示す。ここで、画像から差分の検出を行うことは図 3.1-67 に示した更新フローにおける「更新情報の入手」に相当する。画像で更新があることを確認し、MMS での再計測を行うトリガーとすることが考えられる。また、標示・標識内容などの属性情報については、画像から更新することも可能である。ただし、位置情報の更新が必要な場合は MMS 再計測が必要となる。

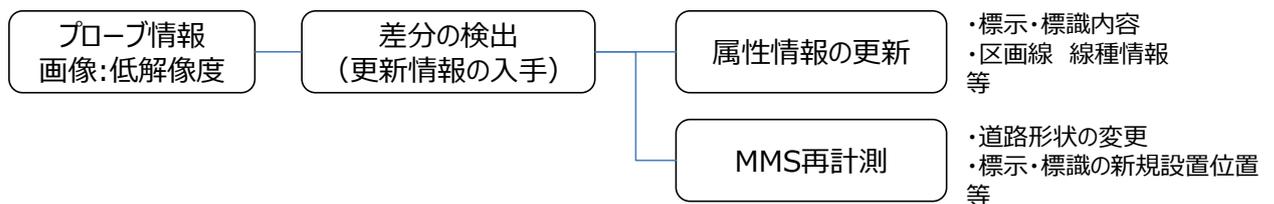


図 3.1-72 プローブ情報「画像」を用いた地図更新検討案



図 3.1-73 プローブ情報「画像」想定例

次に、プローブ情報として「点群」を用いることを検討する。プローブ情報としての点群データは MMS で取得した点群データに対して点密度が疎であることが想定される。そこで、プローブ情報の点群データを統計データとして複数重ね合わせることで活用できないか検討した。

プローブ情報「点群」を用いた地図更新検討案を図 3.1-74 に示す。

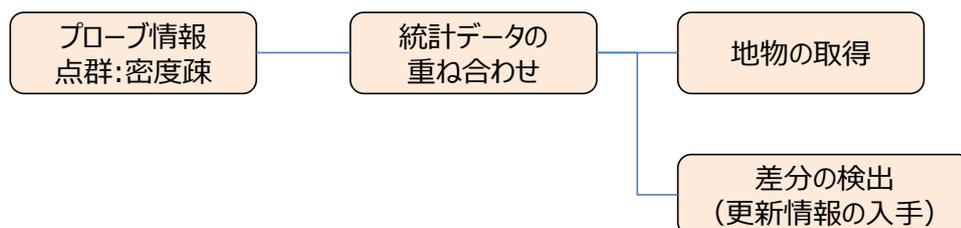
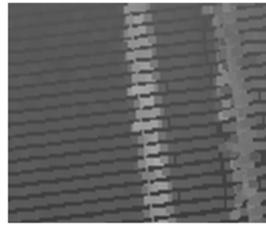
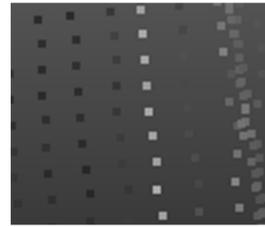


図 3.1-74 プローブ情報「点群」を用いた地図更新検討案

図 3.1-75 に区画線を対象とした MMS の点群とプローブ情報を想定した点群を示す。プローブ情報の想定した点群は密度が疎のため、15cm の区画線幅に対して 1 点取得できるかどうかという状態になっている。



MMSの点群



プローブ情報を想定した点群

図 3.1-75 MMS の点群とプローブ情報を想定した点群での区画線の見え方

プローブ情報を想定した点群を複数重ね合わせた結果を図 3.1-76 に示す。MMS の点群と区画線幅が同等になるまで重ね合わせを行い、今回は 4 データの重ね合わせとなる。

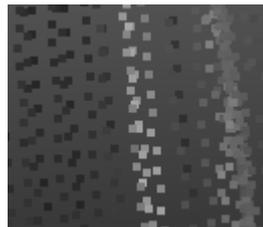
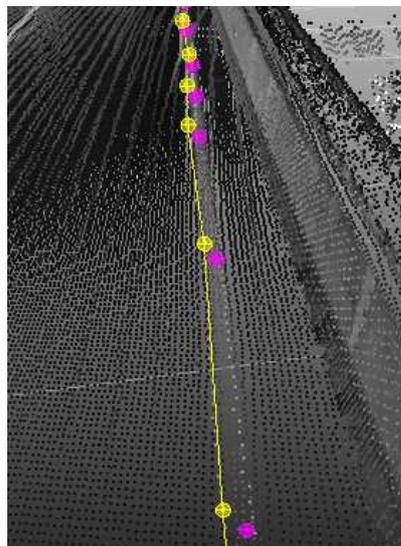


図 3.1-76 複数重ね合わせたプローブ情報を想定した点群

MMS の点群と複数重ね合わせた点群でそれぞれ区画線を図化した結果例を図 3.1-77 に示す。この図化結果の複数地点において精度比較を実施した。



紫：MMS 点群での図化結果  
黄：複数重ね合わせたプローブ情報を想定した点群での図化結果

図 3.1-77 区画線の図化結果例

複数重ね合わせたプローブ情報を想定した点群での図化結果の MMS 点群での図化結果に対する誤差を表 3.1-18 に示す。計測誤差が重畳されていることもあり、平均で 23.9cm とばらつきがあるため、静的高精度 3D 地図の要求精度を満たせるとは言えない結果となった。誤差の変動については、衛星可視／不可視の環境など、位置の絶対精度の変動が影響していると考えられ、プローブ情報による「地物の取得」を実現するためには精度改善もしくは統計的に精度向上を図る手法が必要と考えられる。一方で、道路幅や車線数の増減を判断するには十分な精度が得られていると考えられ、プローブ情報の点群を活用し、「更新情報の入手」には活用可能であることが示唆された。

表 3.1-18MMS 点群での図化結果に対する誤差

No.	MMS 点群に対する誤差[m]
1	0.244
2	0.230
3	0.177
4	0.183
5	0.107
6	0.086
7	0.169
8	0.298
9	0.284
10	0.253
11	0.184
12	0.387
13	0.426
14	0.497
15	0.514
16	0.146
17	0.154
18	0.201
19	0.208
20	0.317
21	0.369
22	0.258
23	0.198
24	0.252
25	0.262
26	0.245
27	0.114
28	0.117
29	0.060

平均：0.239m

### 3.2. 自動図化／差分抽出技術適用による改善効果検証、評価要領・評価指標策定

#### 3.2.1. 3D 地図データの評価要領・評価指標の検討

自動化技術による改善効果検証のため、自動化技術を用いた場合の静的高精度 3D 地図の生成時間と従来手法である手動による静的高精度 3D 地図の生成時間を比較・検討する。イメージを図 3.2-1 に示す。

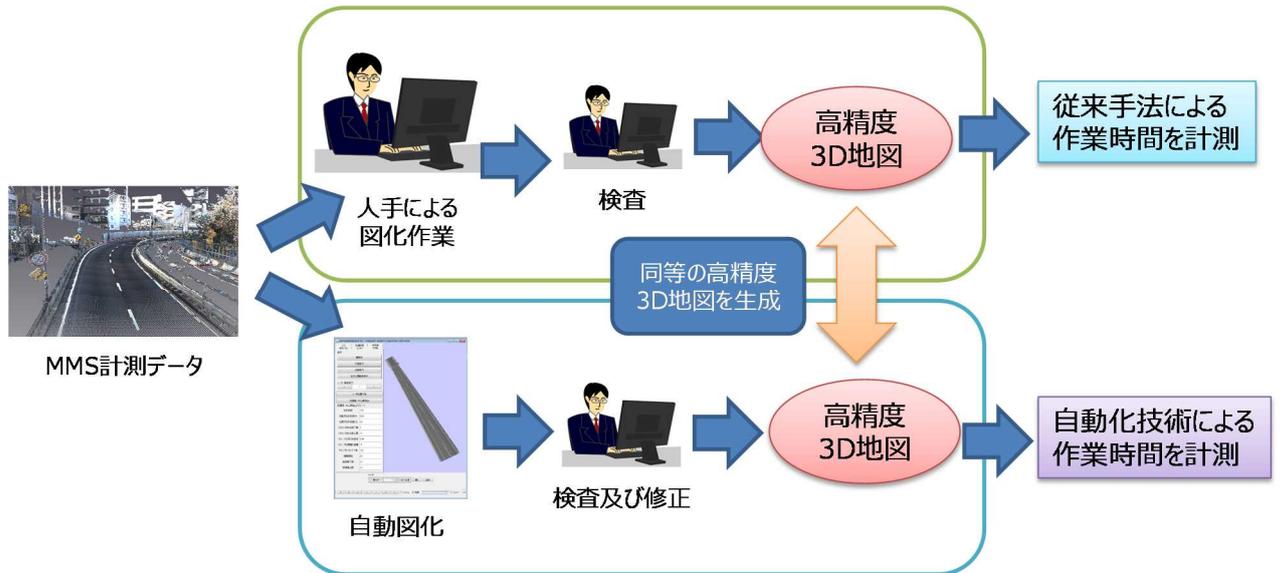


図 3.2-1 自動化技術による改善効果検証イメージ

図 3.2-2 に自動図化 S/W 画面を示す。自動図化 S/W は、点群データから静的高精度 3D 地図を自動的に生成することができる。

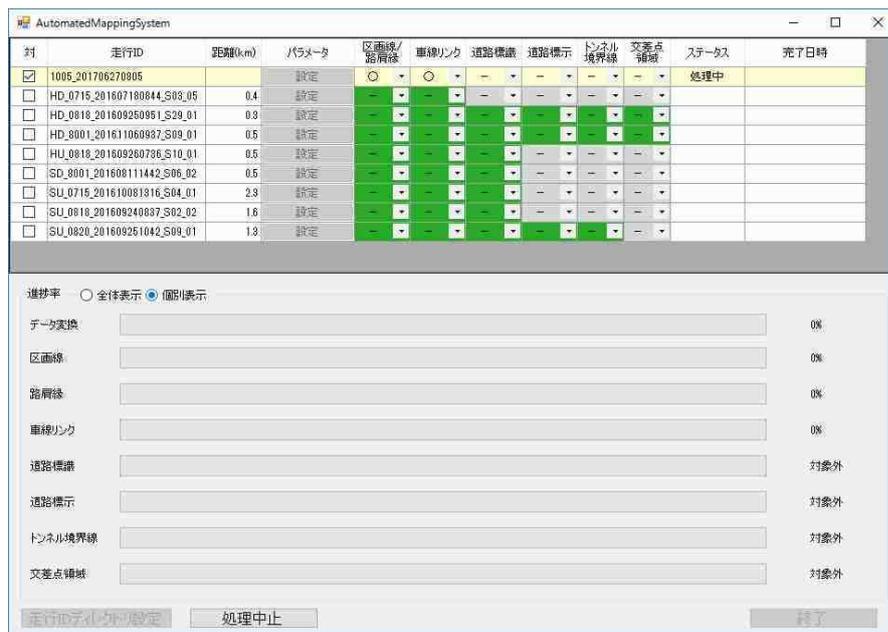


図 3.2-2 自動図化 S/W 画面

一方で、手動の場合は、専用の CAD 上で点群データを読み込み、その上で作図を行う。手動図化の手法を図 3.2-3 に示す。作図後の CAD データを静的高精度 3D 地図とするにはさらにフォーマット変換が必要となるが、フォーマット変換作業を含めた作業時間計測を行うと、手動の場合に時間がかかりすぎてしまい、正当な評価とならないと考えられる。そこで、今回の評価では評価対象地物である「路肩縁」と「区画線」の形状を描画する処理までの時間での比較とする。

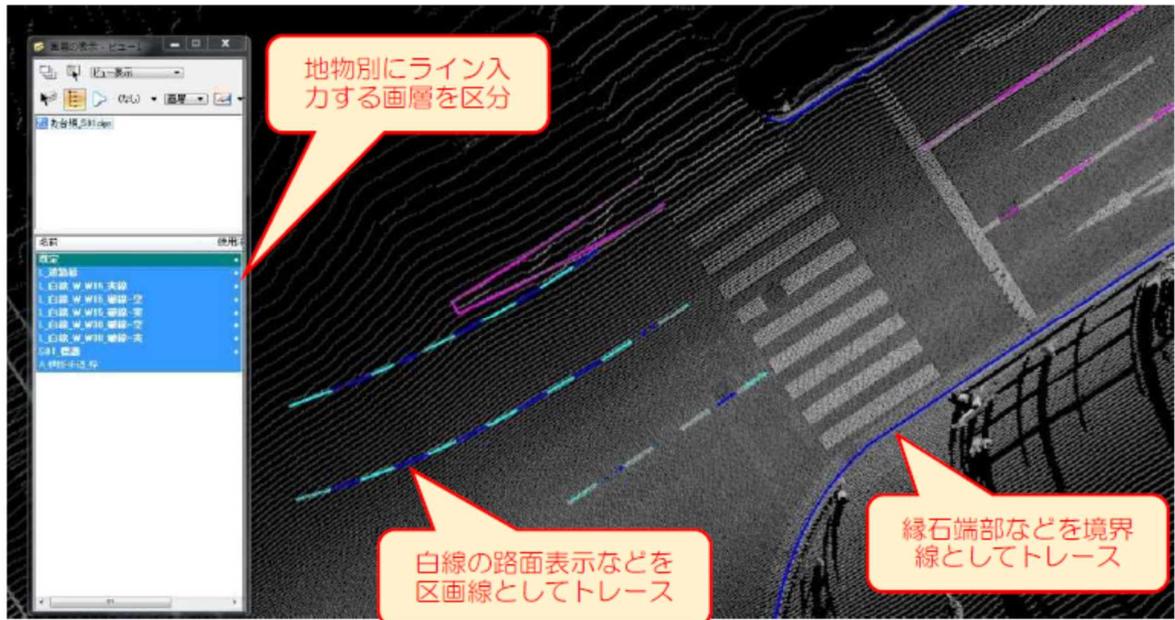


図 3.2-3 手動図化手法

評価要領及び評価指標を以下に示す。

(評価要領)

自動図化：

- ①自動図化ツールで静的高精度 3D 地図を図化
- ②作業員が図化結果を検査し、誤り箇所を修正
- ①+②の作業時間を自動図化での静的高精度 3D 地図生成時間とする

手動図化：

- ①点群データを専用 CAD に取込み、2 次元で作図
- ②点群データから 3 次元の骨格（サーフェスデータ構築）を作成し、作図結果を 3 次元化
- ③作図結果の検査
- ①+②+③の作業時間を手動図化での静的高精度 3D 地図生成時間とする

(評価指標)

評価コース 1～3 の各シーンにおいて、自動図化／手動図化の静的高精度 3D 地図生成時間比較により自動化の効率化効果进行评估

### 3.2.2. 自動図化技術による改善効果検証

自動図化と手動図化の静的高精度 3D 地図生成時間計測結果を表 3.2-1～表 3.2-6 に示す。改善効果として、自動図化時間が手動図化時間の何%になったかを示している。路肩縁については、評価コース 1 及び 2 の高速道路であれば自動化により生成時間が平均して 25%程度と 1 / 4 の時間で生成できていることが確認できた。区画線については、評価コース 1 では 60%程度、評価コース 2 では 80%程度となっており、都市高速における導流帯、道路標示及び減速路面標示の誤りが多く出ることから修正に手間がかかっていると言える。

一般道路については、区画線は自動図化結果を修正する方が最初から手動図化するより時間がかかるという結果になっている。これは現状では自動図化が一般道路の交差点に対応できておらず、交差点ではすべて削除した後一からやり直す必要があることが原因として考えられる。

表 3.2-1 評価コース 1 都市間高速：路肩縁の生成時間計測結果

評価コース1都市間高速:路肩縁		(1)手動図化時間				(2)自動図化時間			改善効果 (2)/(1)
計測シーン番号	計測距離[km]	①作図	②骨格 (サーフェス データ構築)	③チェック	合計	①自動図化 処理時間	②検査・修正	合計	
0830_201712100916-S01	1.76	6.0	0.5	2.5	9.0	0.1	2.0	2.1	23.0%
0830_201712100916-S04	3.46	6.0	1.5	2.5	10.0	0.1	3.0	3.1	31.4%
0830_201712100916-S05	10.53	18.0	5.0	5.5	28.5	0.3	7.0	7.3	25.5%
0830_201712100916-S06	1.67	4.0	0.5	1.5	6.0	0.1	1.5	1.6	25.9%
0830_201712100916-S07	1.96	6.0	0.5	1.5	8.0	0.1	2.0	2.1	25.8%
0830_201712100916-S08	2.92	4.0	0.5	1.5	6.0	0.1	1.0	1.1	18.5%
0830_201712100916-S09	3.50	4.0	0.5	1.5	6.0	0.1	1.0	1.1	18.6%
0830_201712100916-S11	2.91	4.0	1.5	1.5	7.0	0.1	2.5	2.6	36.9%
0830_201712100916-S12	1.81	4.0	0.5	1.5	6.0	0.1	1.0	1.1	17.6%
0830_201712100916-S15	10.58	18.0	5.0	4.5	27.5	0.3	7.0	7.3	26.5%
全体	41.10	74.0	16.0	24.0	114.0	1.2	28.0	29.2	25.6%

単位：hr

表 3.2-2 評価コース 1 都市間高速：区画線の生成時間計測結果

評価コース1都市間高速:区画線		(1)手動図化時間				(2)自動図化時間			改善効果 (2)/(1)
計測シーン番号	計測距離[km]	①作図	②骨格 (サーフェス データ構築)	③チェック	合計	①自動図化 処理時間	②検査・修正	合計	
0830_201712100916-S01	1.76	4.0	0.5	2.5	7.0	0.1	3.0	3.1	43.8%
0830_201712100916-S04	3.46	4.0	1.5	2.5	8.0	0.1	5.0	5.1	64.2%
0830_201712100916-S05	10.53	16.0	5.0	5.5	26.5	0.3	16.0	16.3	61.4%
0830_201712100916-S06	1.67	2.0	0.5	1.5	4.0	0.1	1.5	1.6	38.9%
0830_201712100916-S07	1.96	4.0	0.5	1.5	6.0	0.1	3.0	3.1	51.1%
0830_201712100916-S08	2.92	2.0	0.5	1.5	4.0	0.1	1.5	1.6	40.2%
0830_201712100916-S09	3.50	2.0	0.5	1.5	4.0	0.1	1.5	1.6	40.3%
0830_201712100916-S11	2.91	2.0	1.5	1.5	5.0	0.1	5.0	5.1	101.7%
0830_201712100916-S12	1.81	2.0	0.5	1.5	4.0	0.1	1.5	1.6	38.9%
0830_201712100916-S15	10.58	16.0	5.0	4.5	25.5	0.3	17.0	17.3	67.8%
全体	41.10	54.0	16.0	24.0	94.0	1.2	55.0	56.2	59.8%

単位：hr

表 3.2-3 評価コース 2 都市高速：路肩縁の生成時間計測結果

評価コース2都市高速：路肩縁		(1)手動図化時間				(2)自動図化時間			
計測シーン番号	計測距離[km]	①作図	②骨格 (サーフェス データ構築)	③チェック	合計	①自動図化 処理時間	②検査・修正	合計	改善効果 (2)/(1)
0830_201712170922-S07	11.69	6.0	5.0	2.0	13.0	0.4	3.0	3.4	26.1%
0830_201712170922-S09	10.59	17.0	10.0	5.0	32.0	0.5	4.0	4.5	13.9%
0830_201712151122-S01	3.18	1.0	1.0	1.0	3.0	0.1	2.0	2.1	70.9%
0830_201712151122-S02	3.36	1.0	1.0	1.0	3.0	0.1	2.0	2.1	71.4%
0830_201712151122-S06	3.51	1.0	1.0	1.0	3.0	0.2	2.0	2.2	72.4%
0830_201712151122-S07	3.04	1.0	1.0	1.0	3.0	0.2	2.0	2.2	71.9%
全体	35.37	27.0	19.0	11.0	57.0	1.5	15.0	16.5	28.9%

単位：hr

表 3.2-4 評価コース 2 都市高速：区画線の生成時間計測結果

評価コース2都市高速：区画線		(1)手動図化時間				(2)自動図化時間			
計測シーン番号	計測距離[km]	①作図	②骨格 (サーフェス データ構築)	③チェック	合計	①自動図化 処理時間	②検査・修正	合計	改善効果 (2)/(1)
0830_201712170922-S07	11.69	5.0	5.0	2.0	12.0	0.4	9.0	9.4	78.3%
0830_201712170922-S09	10.59	12.0	10.0	5.0	27.0	0.5	20.0	20.5	75.8%
0830_201712151122-S01	3.18	1.0	1.0	1.0	3.0	0.1	2.5	2.6	87.6%
0830_201712151122-S02	3.36	1.0	1.0	1.0	3.0	0.1	2.5	2.6	88.1%
0830_201712151122-S06	3.51	1.0	1.0	1.0	3.0	0.2	2.5	2.7	89.1%
0830_201712151122-S07	3.04	1.0	1.0	1.0	3.0	0.2	2.5	2.7	88.6%
全体	35.37	21.0	19.0	11.0	51.0	1.5	39.0	40.5	79.3%

単位：hr

表 3.2-5 評価コース 3 一般道路：路肩縁の生成時間計測結果

評価コース3一般道路：路肩縁		(1)手動図化時間				(2)自動図化時間			
計測シーン番号	計測距離[km]	①作図	②骨格 (サーフェス データ構築)	③チェック	合計	①自動図化 処理時間	②検査・修正	合計	改善効果 (2)/(1)
0830_201712100916-S01	1.50	5.0	4.0	1.5	10.5	0.1	3.5	3.6	34.7%
0830_201712100916-S02	1.54	3.0	4.0	1.5	8.5	0.1	2.5	2.6	30.7%
0830_201712100916-S19	2.26	3.0	3.0	1.0	7.0	0.2	2.5	2.7	38.1%
0830_201712100916-S22	2.23	3.0	3.0	1.0	7.0	0.2	2.5	2.7	38.9%
0830_201712100916-S36	2.00	4.0	4.0	1.5	9.5	0.2	2.5	2.7	28.0%
0830_201712100916-S37	2.00	4.0	4.0	1.5	9.5	0.1	2.5	2.6	27.6%
全体	11.53	22.0	22.0	8.0	52.0	0.9	16.0	16.9	32.6%

単位：hr

表 3.2-6 評価コース 3 一般道路：区画線の生成時間計測結果

評価コース3一般道路：区画線		(1)手動図化時間				(2)自動図化時間			
計測シーン番号	計測距離[km]	①作図	②骨格 (サーフェス データ構築)	③チェック	合計	①自動図化 処理時間	②検査・修正	合計	改善効果 (2)/(1)
0830_201712100916-S01	1.50	5.5	4.0	1.5	11.0	0.1	9.0	9.1	83.2%
0830_201712100916-S02	1.54	4.0	4.0	1.5	9.5	0.1	9.0	9.1	95.9%
0830_201712100916-S19	2.26	3.0	3.0	1.0	7.0	0.2	10.0	10.2	145.3%
0830_201712100916-S22	2.23	3.0	3.0	1.0	7.0	0.2	10.0	10.2	146.0%
0830_201712100916-S36	2.00	5.0	4.0	1.5	10.5	0.2	12.0	12.2	115.8%
0830_201712100916-S37	2.00	5.0	4.0	1.5	10.5	0.1	12.0	12.1	115.4%
全体	11.53	25.5	22.0	8.0	55.5	0.9	62.0	62.9	113.4%

単位：hr

今回、手動図化及び自動図化の修正作業を実施した作業者のリストを表 3.2-7 に示す。実際の作業に際しては、各個人において、手動図化と自動図化の修正を同じシーンを割り当てないよう、作業配分を行った。これは、同じシーンの作業を同じ作業者が実施すると 2 回目にやる方が明らかに効率はよくなると考えたためである。表 3.2-1～表 3.2-6 の結果は、作業者の熟練度により差が出ているが、全体的な傾向は把握できたと考えられる。

また、作業者の感想としては、自動図化結果を初めて見たことから自動図化による作図の傾向、癖が分からず戸惑ったということが挙げられている。傾向、癖を掴めれば修正作業の効率は向上するという意見があり、自動図化の性能向上以外にも熟練やツールの整備により更なる改善は可能と思われる。

表 3.2-7 自動図化修正作業者リスト

実施者	スキル概要
OP1	熟練者 (2D 図化、3D 図化、検査作業経験あり)
OP2	熟練者 (2D 図化、3D 図化、検査作業経験あり)
OP3	経験者 (2D 図化経験あり)
OP4	初心者
OP5	初心者
OP6	初心者

### 3.2.3. 差分抽出技術による改善効果検証

差分抽出としては、図 3.1-67 の「差分検出」について新・旧点群データを元に手動での作業時間計測を実施した。作業時間の計測結果を表 3.2-8 に示す。差分検出の作業を実施した作業者のリストを表 3.2-9 に示す。チェック作業は熟練者に担当させる形とした。都市高速では、単位 km あたりの作業時間として考えると図化作業よりも時間がかかっているおり、変化点の検出は非常に負荷の大きい作業であることを再確認した。

表 3.2-8 手動での差分検出作業時間

	対象距離[km]	比較作業	チェック	計
評価コース 1 都市間高速	21.1	30.0	20.0	50.0
評価コース 2 都市高速	8.0	19.5	14.0	33.5

単位：hr

表 3.2-9 差分検出作業員リスト

実施者	スキル概要
OP1	熟練者（2D 図化、3D 図化、検査作業経験あり）：チェック作業担当
OP2	初心者：比較作業担当
OP3	初心者：比較作業担当

一方で、差分抽出技術による自動化については、図 3.1-67 の「位置補正処理」及び「差分検出」を一括処理するものである。処理時間としては、1 時間程度と見込まれるが、図 3.1-71 に示したとおり、失敗するケースが多く見られ、比較評価できない結果となった。差分抽出技術については機能见直し及び性能改善が必要であり、リアルタイム化と並行して再検証を検討する。

## 4. リアルタイム自動図化／差分抽出技術の搭載

### 4.1. リアルタイム MMS 車両への自動図化／差分抽出技術の搭載

図化の自動化技術による効率化を検討してきたが、MMS についてもリアルタイム MMS を採用することで、計測も含めた全体の効率化を検討する。図 4.1-1 にリアルタイム MMS 車両への自動化技術の搭載イメージを示す。これにより、従来の計測後に図化を行うという工程を同時に実現可能となる。リアルタイムに生成した静的高精度 3D 地図データの元データを検査し、完成させる必要があるが、リアルタイムに自動生成されるデータの確度・実用性を検証するため、リアルタイム MMS 車両に自動化技術を搭載する。

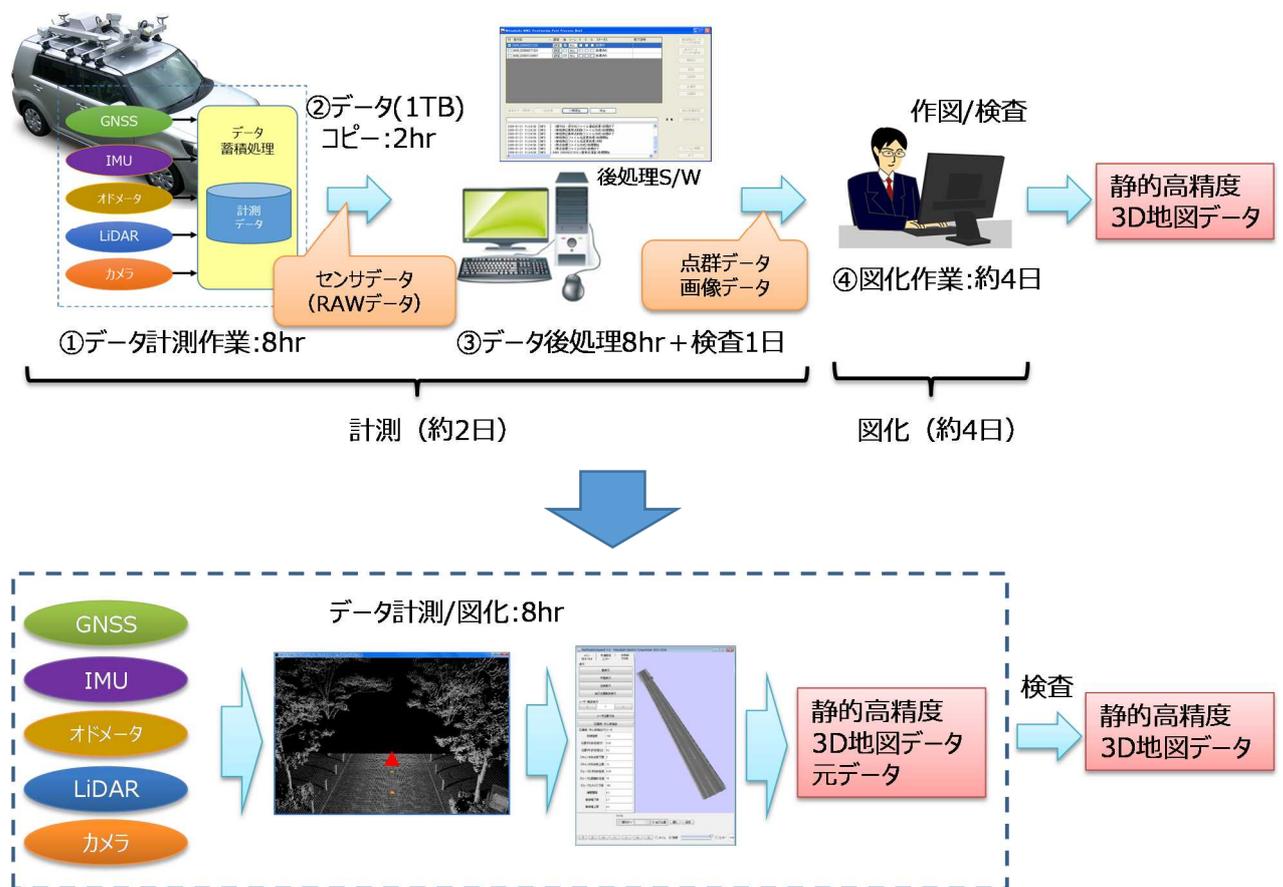


図 4.1-1 リアルタイム MMS 車両への自動化技術の搭載

自動化技術を搭載したリアルタイム MMS 車両の外観を図 4.1-2 に、仕様を表 4.1-1 に、処理フローを図 4.1-3 に示す。リアルタイムにセンチメートル級の高精度測位を実現するため、準天頂衛星のセンチメートル級測位補強サービスに対応した。

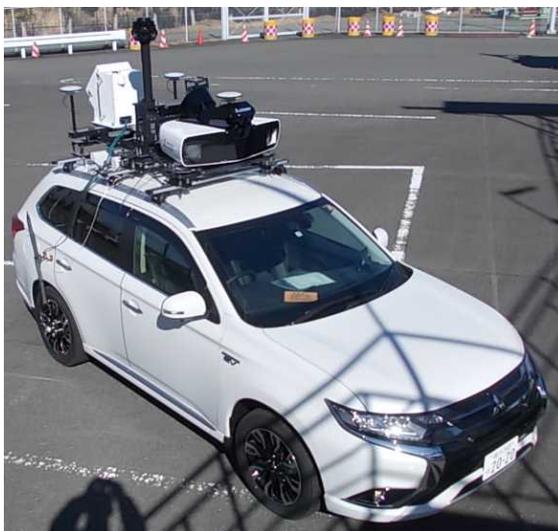


図 4.1-2 自動化技術を搭載したリアルタイム MMS 車両の外観（実験車両）

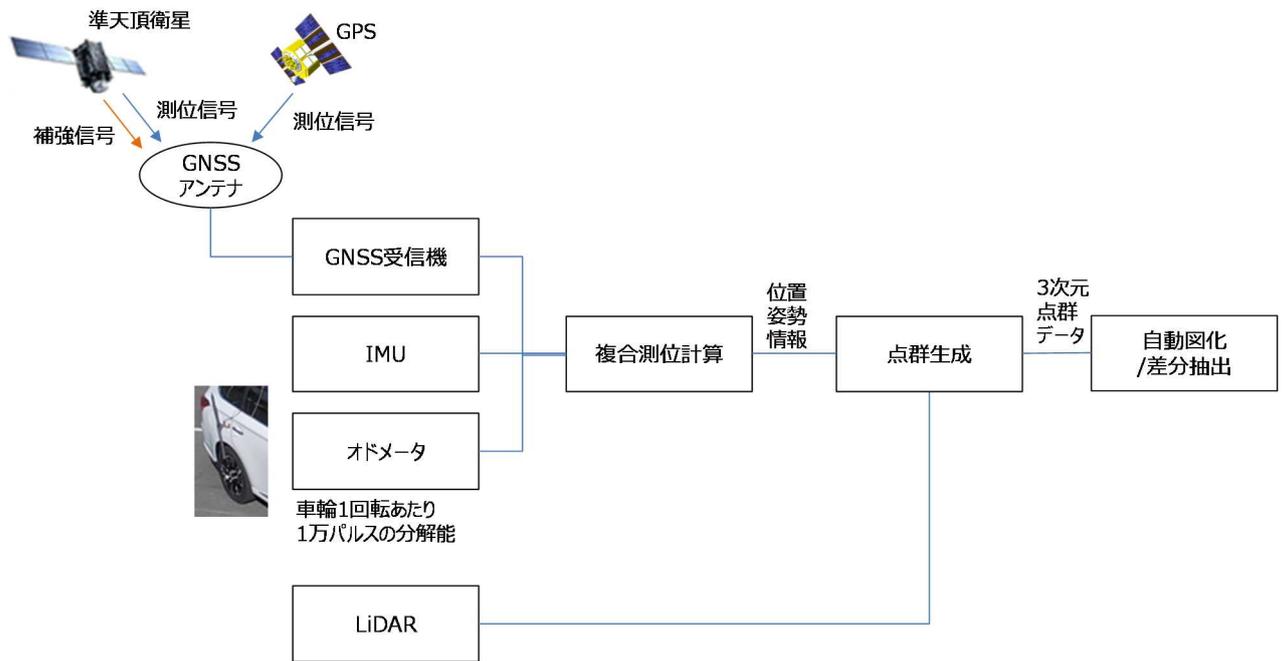
表 4.1-1 リアルタイム MMS 車両仕様

項目		機種名：MMS-G220
カメラ	搭載台数	2 台
	画素数	500 万画素
	最速撮影枚数	1 台あたり 10 枚/秒
レーザースキャナ	搭載台数	標準レーザ 2 台
	設定方向 (設定角度)	CH1：前下 (-25°) CH2：前上 (25°)
	取得点数	27,100 点/秒 (1 台)
	最大到達距離	65m
	視野角	180°
連続記録容量	データログ	最大 8 時間 (レーザデータ)
	カメラ画像	最大 90,000 枚/台 (時速 40km、2m 間隔で 4.5 時間計測可能)
絶対精度 <sup>※1、3</sup>		標準レーザ：7m 地点で 10cm (rms) 以内
相対精度 <sup>※2、3</sup>		標準レーザ：1cm (rms) 以内
自己位置精度 <sup>※3</sup>		6cm (rms) 以内

※1 絶対精度：移動体計測による座標取得の正確度(Accuracy)

※2 相対精度：移動体計測による座標取得の安定度(Precision)同一レーザのスキャン方向に限る

※3 良好な GPS 受信環境を前提。高精度測位解を得た状態



GNSS : Global Navigation Satellite System

IMU : Inertial Measurement Unit

図 4.1-3 自動化技術を搭載したリアルタイム MMS の処理フロー

## 4.2. 動作検証結果

テストフィールド内での動作検証結果例を図 4.2-1 に示す。準天頂衛星のセンチメートル級測位補強サービスを用いてリアルタイムに高精度測位を行い、点群生成・自動図化の処理へデータが引き渡されていることを確認した。本試験車両を用いて、平成30年度に実フィールドで評価を行う。

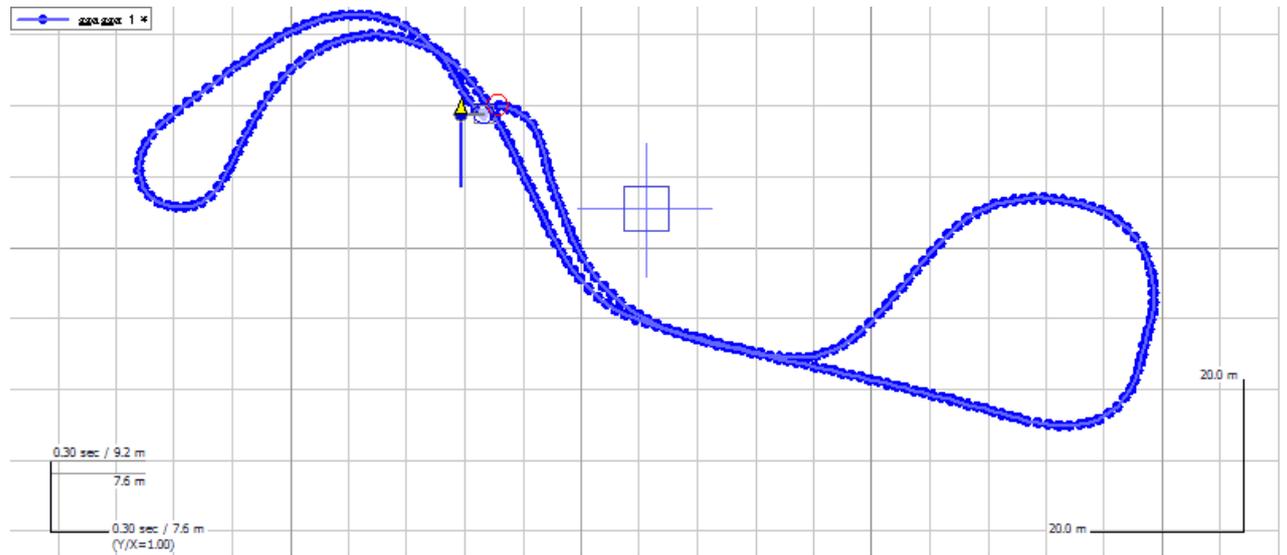


図 4.2-1 リアルタイム MMS 動作検証結果

## 5. まとめ

自動走行等で活用が期待されているダイナミックマップの基盤となる静的高精度 3D 地図の図化工程に自動化技術を適用した場合の実用性の検証及び従来の手動での作業に対して作業時間の効率化検討を実施した。

自動図化では、都市間高速道路及び都市高速道路の路肩縁については、手動に対して自動化により作業時間が 25%～28%程度に改善が見込まれることを確認した。区画線については、手動に対して自動化により 60%～80%程度に改善する結果となり、更なる改善には区画線と同様な路面ペイントである導流帯、路面標示及び減速路面標示による誤検出対策が求められる。

差分抽出では、位置補正処理により、計測誤差の影響を排除して差分検出が行えることが示唆されたが、位置補正処理が誤ると差分検出が正しく機能しないため、機能の見直し・性能改善を図る必要がある。

プローブ情報の地図更新への活用検討として、低密度レーザ点群を統計的に複数重ね合わせることで活用可能か検討した。MMS に比べて平均で 23.9cm の誤差があるため、静的高精度 3D 地図に直接適用するには精度改善が必要と考えられる。一方で車線数や道路幅等の道路形状が変化しているか判断するには十分な精度が得られていると考えられるため、更新の検出に活用可能と示唆された。

図化だけでなく計測も含めた全体工程の効率化のため、リアルタイム MMS 車両に自動化技術を搭載した。本実験車両を用いて平成 30 年度に実フィールド検証を行い、静的高精度 3D 地図生成の効率化検証を実施する。