

**基盤地図情報を活用したダイナミックマップの精度
向上手法及び補完手法の検討に係る調査**

報 告 書

平成 31 年 3 月 29 日

株式会社 パスコ

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」基盤地図情報を活用したダイナミックマップの精度向上手法及び補完手法の検討に係る調査

履行期間

平成30年10月29日から平成31年3月29日

発注者及び受注者

発注者：内閣府

受注者：株式会社パスコ

(1) 業務目的

本業務では、自動走行向け高精度3次元地図データ（以下「ダイナミックマップ」という。）を電子地図上の位置の公的な基準である基盤地図情報に整合させることによる精度向上手法及び補完手法の検討を行い、ダイナミックマップ未整備地域における高精度地図の活用、ダイナミックマップの多用途活用、新たなデジタルインフラ産業の創出等に資することを目的とする。

(2) 業務概要

本業務は、(1)業務目的を達成するために、以下の項目a、bを実施する。

- a. 道路ベクトルデータのひも付け手法の検討
- b. 点群データの基盤地図情報へのひも付け手法の検討

目次

1. 道路ベクトルデータのひも付け手法の検討	1
1.1 道路ベクトルデータのフォーマット変換	1
1.1.1 動作環境	1
1.1.2 変換対象	2
1.2 道路ベクトルデータの絶対精度の定量的な評価	7
1.2.1 特徴的な区間の分類	7
1.2.2 一般道の特徴の検証	8
1.2.3 固定点の抽出	10
1.2.4 固定点のズレの量の評価	11
1.2.5 固定点以外のズレの量の評価	13
1.3 道路ベクトルデータを基盤地図情報にひも付ける最適なアルゴリズムの検討	15
1.3.1 特徴的な区間の設定	16
1.3.2 固定点の設定	16
1.3.3 処理区画の設定	17
1.3.4 対象地物の選択	17
1.3.5 パラメータの設定	18
1.3.6 座標変換	19
1.3.7 接合処理（処理区間）	20
1.3.8 接合処理（基盤地図情報）	20
1.4 道路ベクトルデータを基盤地図情報にひも付けるプログラムの作成	21
1.5 道路ベクトルデータのひも付け済みデータの作成と最適パラメータの設定	23
1.5.1 レインボーブリッジ付近	24
1.5.2 新都夫良野トンネル付近	24
1.5.3 吾妻山トンネル内	25
1.5.4 和田島トンネル内	25
1.5.5 富士川トンネル内	26
1.6 道路ベクトルデータのひも付け精度の定量的な評価	26
1.6.1 ひも付け箇所ごとのズレの量の評価	27
1.6.2 ひも付け済みデータの相対精度評価	32
2. 点群データの基盤地図情報へのひも付け手法の検討	36
2.1 道路ベクトルデータと点群データの違いの整理	36
2.2 点群データの絶対精度の評価	36
2.3 検討過程で得られたノウハウを基にしたひも付け手法の方針検討	39
2.4 ひも付けのためのアルゴリズムの提案	39
2.4.1 基盤地図情報の地図精度	40
2.4.2 解析後予測誤差	40
2.4.3 道路ベクトルデータ	40
2.4.4 固定点の設定	42

2. 4. 5 ズレの量の比較	42
2. 4. 6 座標変換	43
2. 4. 7 精度評価	43
3. まとめ	44
3. 1 各章のまとめ	44
3. 2 今後の課題及び対応策案	45
3. 2. 1 フォーマット変換における課題	45
3. 2. 2 ズレの量の計測方法	45
3. 2. 3 滑らかでない接合箇所の処理方法	45
3. 2. 4 点群データのひも付け	45
3. 2. 5 ひも付けた点群データのシームレスな利用	46
4. 巻末資料	47
4. 1 固定点のズレの量の一覧	47
4. 2 用語集	61

1. 道路ベクトルデータのひも付け手法の検討

道路ベクトルデータを基盤地図情報にひも付ける最適なアルゴリズムを検討し、道路ベクトルデータと基盤地図情報との位置整合処理のためのデータ処理プログラム（以下、「位置整合プログラム」という。）を作成した。また、ひも付け後の道路ベクトルデータの精度についても定量的な評価を行い、許容される精度の基準について検討を行った。

1.1 道路ベクトルデータのフォーマット変換

ダイナミックマップ(XML)をシェープファイルに変換するプログラム(以下「フォーマット変換プログラム」という。)を開発した(図1.1)。プログラムは、汎用的なGISソフトウェアで動作するアドイン機能として作成した。

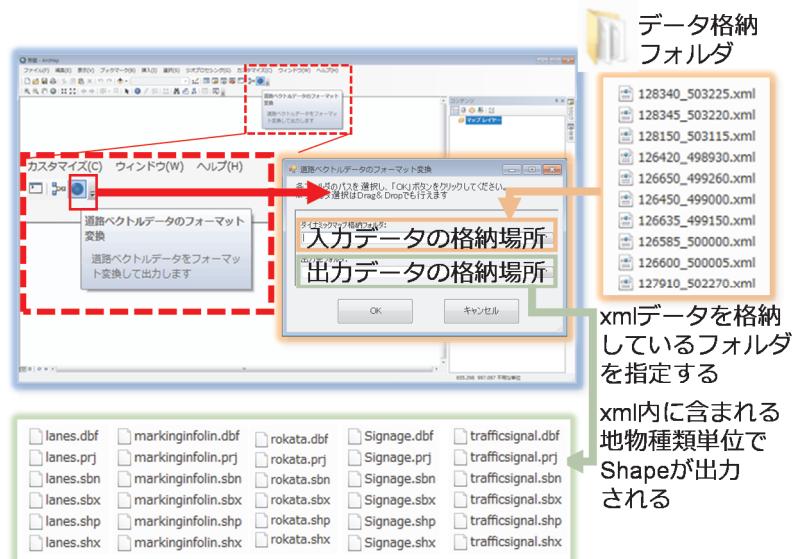


図 1.1 フォーマット変換プログラムによる変換イメージ

1.1.1 動作環境

フォーマット変換プログラムの動作環境は、表 1.1 の通りである。

表 1.1 フォーマット変換プログラム動作環境

種類	動作環境等
オペレーティングシステム	Windows 10 (64-bit)、Windows 8.1 (32-bit、64-bit)、 Windows 7(32-bit、64-bit)、Windows Server 2016 (64-bit)、 Windows Server 2012 R2 (64-bit)、Windows Server 2012 (64-bit)、Windows Server 2008 R2(64-bit)
汎用的な GIS ソフトウェア	ArcGIS 10.6.1 (ESRI 社製)
その他の動作環境	Microsoft .NET Framework 4.5 以上 Microsoft Visual C# 2017

1.1.2 変換対象

(1) 変換範囲

フォーマット変換プログラムの変換対象は、図 1.2 に示す範囲の XML データである。

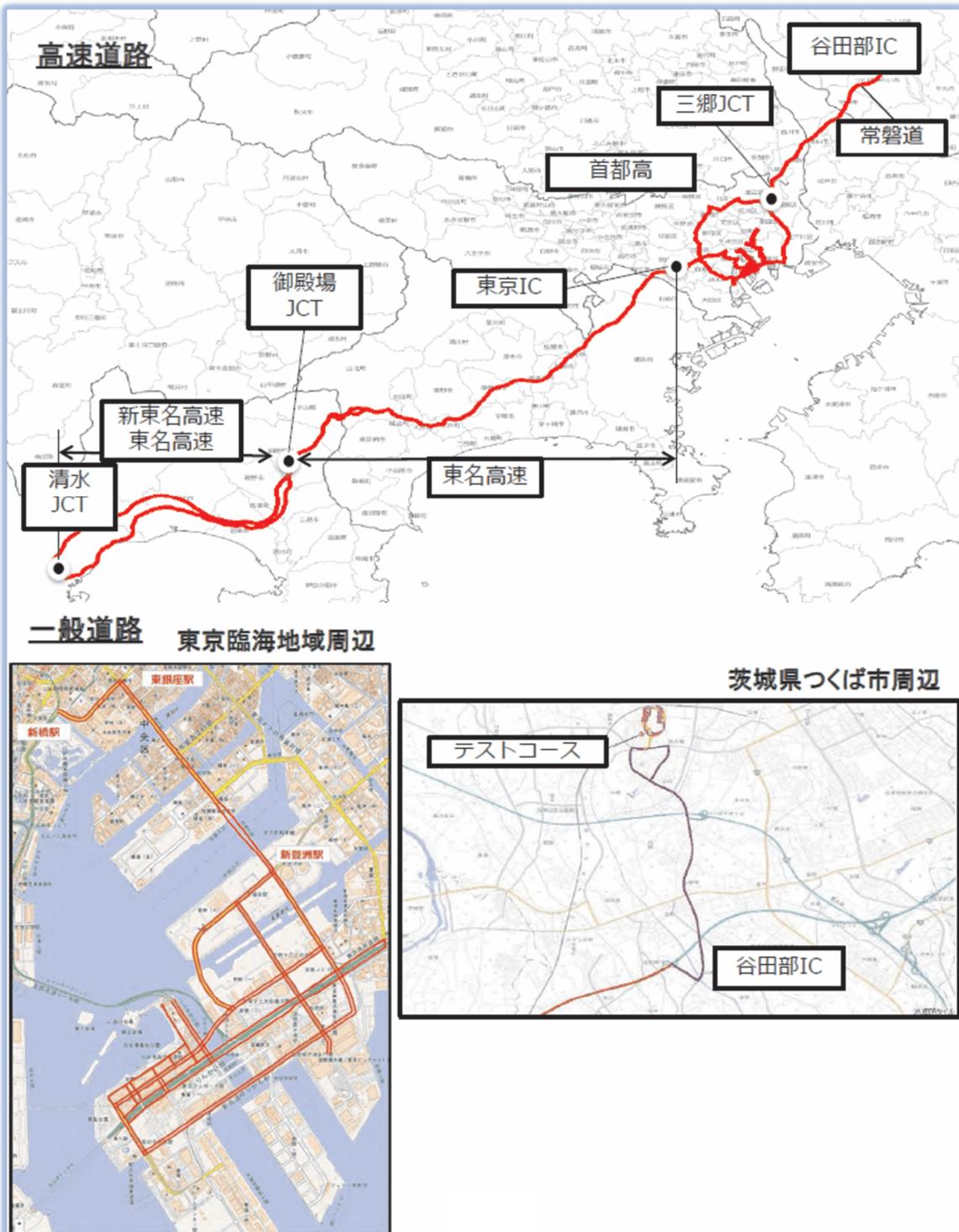


図 1.2 使用したダイナミックマップ基盤の地図(XML)データ範囲

出所) 内閣府プレスリリース (平成 29 年 10 月 3 日) より抜粋

(2) 変換した地物

ダイナミックマップ基盤の地図（XML）データの変換により抽出した地物を表 1.2 に示した。

表 1.2 抽出した地物一覧

No.	種別コード	地物名称
1	001101	道路縁(路肩縁)
2	002000	信号機
3	009001	車道リンク
4	009002	車線リンク
5	009003	交差点内車線リンク
6	009022	交差点領域(面型)
7	009201	共通位置参照ノード(CRP node)
8	011010	転回禁止
9	011050	最高速度
10	011070	停止禁止部分
11	011092	優先本線車道
12	011093	車両通行区分
13	011096	専用通行帯
14	011097	路線バス等優先通行帯
15	011110	右左折の方法
16	011120	平行駐車
17	011150	終わり
18	012010	横断歩道
19	012013	自転車横断帯
20	012030	停止線

No.	種別コード	地物名称
21	012040	進行方向
22	012082	導流帶
23	012090	路面電車停留場
24	012100	横断歩道又は自転車横断帯あり
25	013010	ETC 誘導舗装(矢羽標示)
26	013020	ETC ETC 専用
27	014010	その他文字列
28	014101	車道中央線
29	014102	車線境界線
30	014103	車道外側線
31	014998	指導線・誘導線
32	014999	不明
33	021164	非常電話
34	021166	非常駐車帯
35	021172	登坂車線
36	021184	高さ限度緩和指定道路
37	021970	GUIDE
38	021980	SAPA
39	022010	道路交差点あり
40	022012	ロータリーあり
41	022020	右(又は左)方屈曲あり
42	022030	右(又は左)方屈折あり

No.	種別コード	地物名称
43	022040	右(又は左)背向屈曲あり
44	022060	右(又は左)つづら折りあり
45	022080	学校、幼稚園、保育所あり
46	022082	信号機あり
47	022100	合流交通あり
48	022110	車線数減少
49	022120	幅員減少
50	022123	上り急勾配あり
51	022124	下り急勾配あり
52	022140	横風注意
53	022142	動物が飛び出すおそれあり
54	022150	その他の危険
55	023020	車両通行止め
56	023030	車両進入禁止
57	023050	大型貨物自動車等通行止め
58	023070	二輪の自動車・原動機付自転車通行止め
59	023090	自転車通行止め
60	023100	車両(組合せ)通行止め
61	023102	大型自動二輪車及び普通自動二輪車二人乗り通行禁止
62	023110	指定方向外進行禁止
63	023130	転回禁止
64	023140	追越しのため右側部分はみ出し通行禁止

No.	種別コード	地物名称
65	023150	駐停車禁止
66	023160	駐車禁止
67	023180	時間制限駐車区間
68	023190	危険物積載車両通行止め
69	023200	重量制限
70	023210	高さ制限
71	023230	最高速度
72	023250	自動車専用
73	023260	一方通行
74	023272	特定の種類の車両の通行区分
75	023274	専用通行帯
76	023275	路線バス等優先通行帯
77	023277	進行方向別通行区分
78	023279	原動機付自転車の右折方法(小回り)
79	023290	徐行
80	023300	一時停止
81	023310	歩行者通行止め
82	024070	横断歩道
83	024073	横断歩道・自転車横断帯
84	024090	規制予告
85	029999	識別不能標識

※ 未変換の地物についても自動走行システム向け地図データ符号化仕様への提案(試作データ用符号化仕様) Ver.1.0 に従っていれば変換可能

1.2 道路ベクトルデータの絶対精度の定量的な評価

図 1.3 のフローに従い、道路ベクトルデータの絶対精度の定量的な評価を行った。

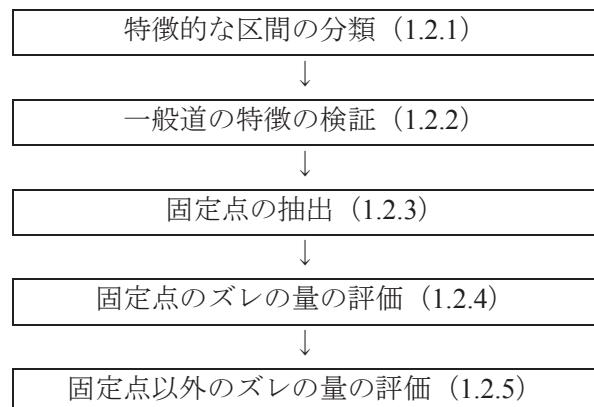


図 1.3 定量的な評価フロー

1.2.1 特徴的な区間の分類

図 1.2 に示す範囲において、一般道、自動車専用道路に分けて特徴を分類し、表 1.3 及び表 1.4 に示した。

表 1.3 一般道の特徴的な区間

No.	特徴的な区間種別	延長	箇所数
1	上空視界良好	約 38.9 km	154
2	山間部	約 4.2 km	12
3	トンネル内	—	—
4	ビル間	—	—
5	高架下	約 5.5 km	15
計		約 48.6 km	181

表 1.4 自動車専用道路の特徴的な区間

No.	特徴的な区間種別	延長	箇所数
1	上空視界良好	約 363.6 km	470
2	山間部	約 10.0 km	16
3	トンネル内	約 35.2 km	38
4	ビル間	約 6.1 km	15
5	高架下	約 15.3 km	69
計		約 430.2 km	608

1.2.2 一般道の特徴の検証

一般道においては、歩道やバス停により上下線が非対称、あるいは交差点の多さなど、自動車専用道路と異なる特徴が考えられることから、次に示すような道路ベクトルデータと基盤地図情報のズレの量について検証を行った。

(1) 上下線非対称事例の検証

歩道及びバス停などのため、上下線が非対称となることに起因し、道路ベクトルデータと基盤地図情報にズレが想定される（図 1.5）ことから、当該箇所を抽出しズレの量を確認した（図 1.4）。その結果、上下線が非対称であることによる道路ベクトルデータと基盤地図情報のズレの量は小さいものであることが確認できた。

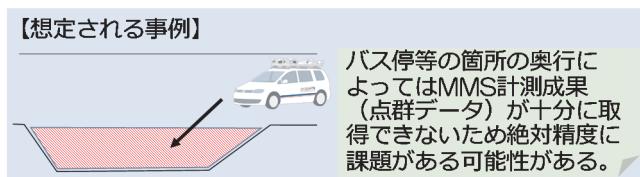


図 1.5 ズレが想定される事例 (歩道・バス停等)

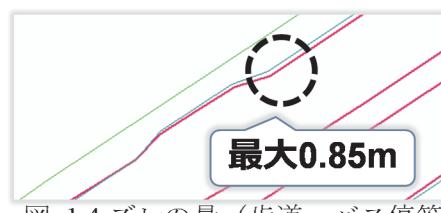


図 1.4 ズレの量 (歩道・バス停等)

(2) 交差点箇所の事例の検証

交差点の多さにより、道路ベクトルデータと基盤地図情報にズレが想定される（図 1.6）ことから、当該箇所を抽出しズレの量を確認した（図 1.7）。

その結果、交差点の多さによる道路ベクトルデータと基盤地図情報のズレの量は小さいものであることが確認できた。

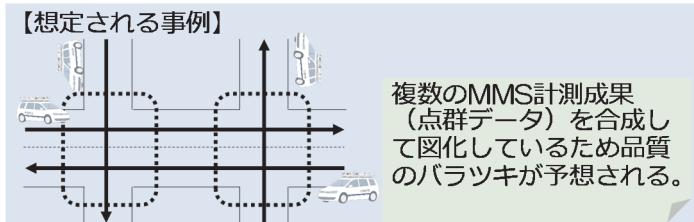


図 1.6 ズレが想定される事例（交差点箇所）



図 1.7 ズレの量（交差点箇所）

(3) 道路ネットワークが複雑な事例の検証

道路のネットワークの複雑さにより、道路ベクトルデータと基盤地図情報にズレが想定される（図 1.8）ことから、当該箇所を抽出しズレの量を確認した（図 1.9）。

その結果、道路のネットワークの複雑さによる道路ベクトルデータと基盤地図情報のズレの量は小さいものであることが確認できた。

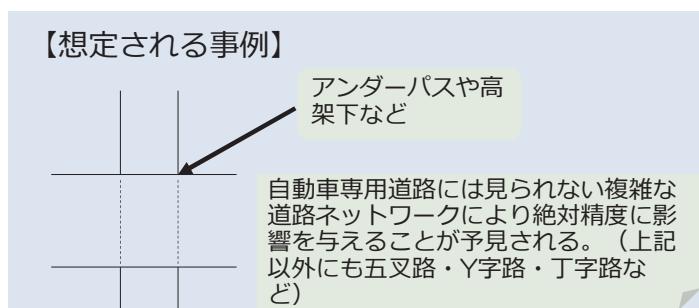


図 1.8 ズレが想定される事例（道路ネットワークの複雑さ）



図 1.9 ズレの量（道路ネットワークの複雑な箇所）

(4) 植樹帯や防音壁による影響

本調査で参考にした「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・検討における衛星測位活用に向けた基礎評価に関する調査（平成 27 年 3 月）」にて課題とされた植樹帯や防音壁による影響により、道路ベクトルデータと基盤地図情報にズレが想定されることから、当該箇所を抽出しズレの量を確認した（図 1.10）。その結果、植樹帯や防音壁による影響による道路ベクトルデータと基盤地図情報のズレの量は小さいものであることが確認できた。

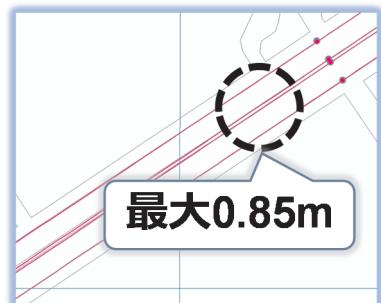


図 1.10 ズレの量（植樹帯・防音壁等）

表 1.5 ズレが想定される事例（植樹帯・防音壁等）

事象	課題	対応策
植樹帯による影響、防音壁など地物による不可視箇所	レーザースキャナの死角になる部分については取得が困難	既成図を用いた補完が必要
トンネル内の GNSS 不可視箇所による精度確保	GNSS 視認不良箇所は MMS 単体での絶対位置精度確保は出来ない	トンネル内 GCP 点の設置、TS 点の設置が必要
上空阻害箇所の GNSS 不可視による精度の確保	延長が長い立体交差部や軌道下においては精度確保が困難	GCP による補完が必要

出所) 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・検討における衛星測位活用に向けた基礎評価に関する調査（平成 27 年 3 月）

(5) 一般道の特徴の検証結果

一般道における道路ベクトルデータと基盤地図情報の特徴を抽出するため、歩道やバス停により上下線が非対称、あるいは交差点の多さなど、自動車専用道路と異なる特徴の有無について検証を行った。検証の結果、いずれの箇所においても大きなズレの量は見られず、一般道特有の特徴は抽出されなかった。

従って、本調査においては、一般道においても自動車専用道路の特徴に準ずるものとして整理を行った。

1.2.3 固定点の抽出

表 1.3 及び表 1.4 の特徴的な区間について、一般道、自動車専用道路における同一地物（分岐点など）と判断できる地点（図 1.12）を調査した。調査の結果、230 点の固定点を抽出した。但し、自動車専用道路については交差点が無いなど抽出可能な固定点が少ないとから図 1.11 に示すズレの量も計測することとした。

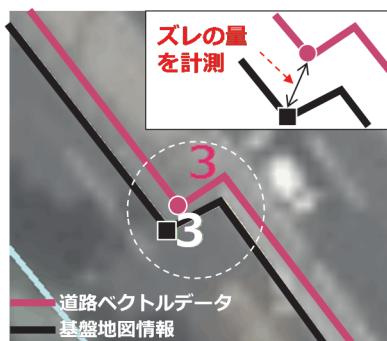


図 1.12 固定点の抽出イメージ
出所) 地理院地図（空中写真）

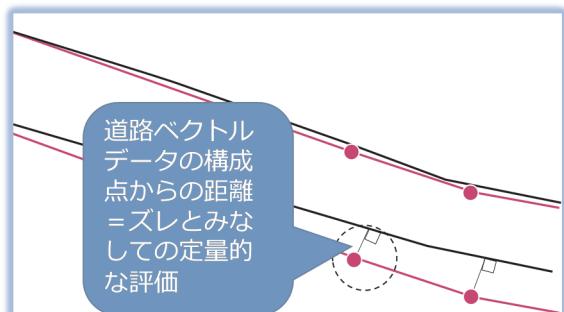


図 1.11 固定点以外のズレの量の評価

1.2.4 固定点のズレの量の評価

図 1.12 に示す固定点の座標のズレの量を調査し、特徴的な区間ごとに最大値、最小値、平均値、標準偏差を表 1.6 及び表 1.7 のように整理した。但し、本調査にあたり次に示す箇所はズレの量の評価対象から除外した。

- ・基盤地図情報の地図情報レベル 25000 の箇所
- ・仕様通りで想定されるズレの箇所

また、ズレの量が 2.5m 以上の箇所について、図 1.13、図 1.14 に示した。

表 1.6 一般道のズレの量 (固定点)

特徴的な区間	固定点の数	ズレの量(m)			
		最大	最小	平均	標準偏差
上空視界良好	128	1.66	0.03	0.41	0.33
山間部	-	-	-	-	-
トンネル内	-	-	-	-	-
ビル間	25	0.54	0.06	0.22	0.13
高架下	4	0.85	0.15	0.35	0.29

表 1.7 自動車専用道路のズレの量 (固定点)

特徴的な区間	固定点の数	ズレの量(m)			
		最大	最小	平均	標準偏差
上空視界良好	56	2.56	0.07	0.77	0.44
山間部	3	2.21	0.25	1.36	0.82
トンネル内	52	1.91	0.01	0.84	0.50
ビル間	9	1.18	0.08	0.54	0.35
高架下	30	3.72	0.16	1.06	0.81

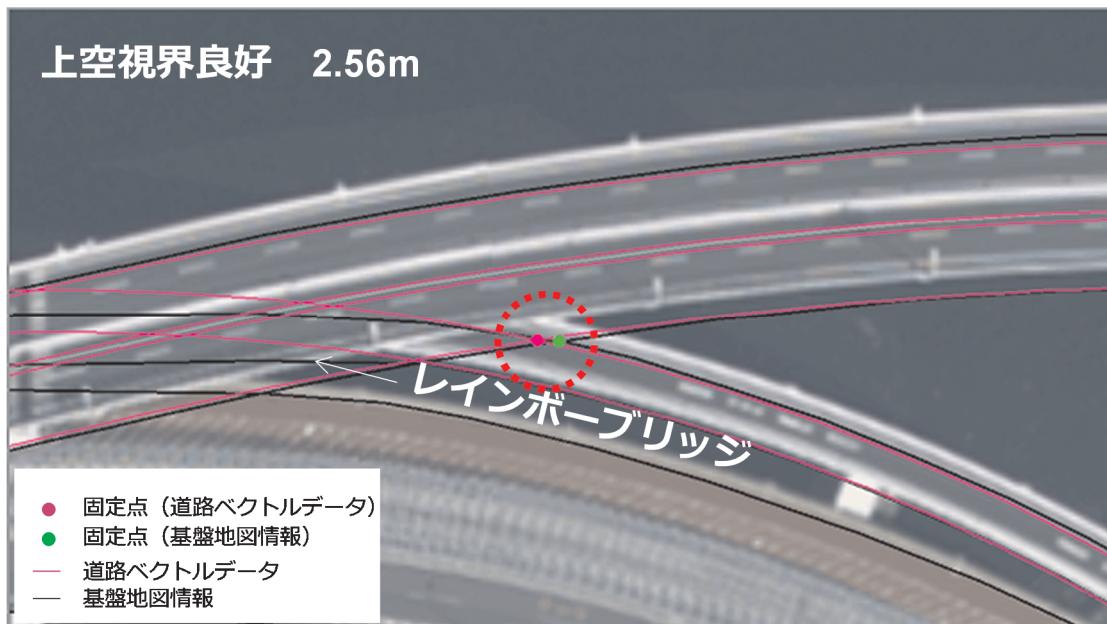


図 1.13 固定点の座標のズレ 2.5m以上の箇所（レインボーブリッジ付近）
出所）国土地理院の地理院タイル（空中写真）に道路ベクトルデータ等を追記して掲載

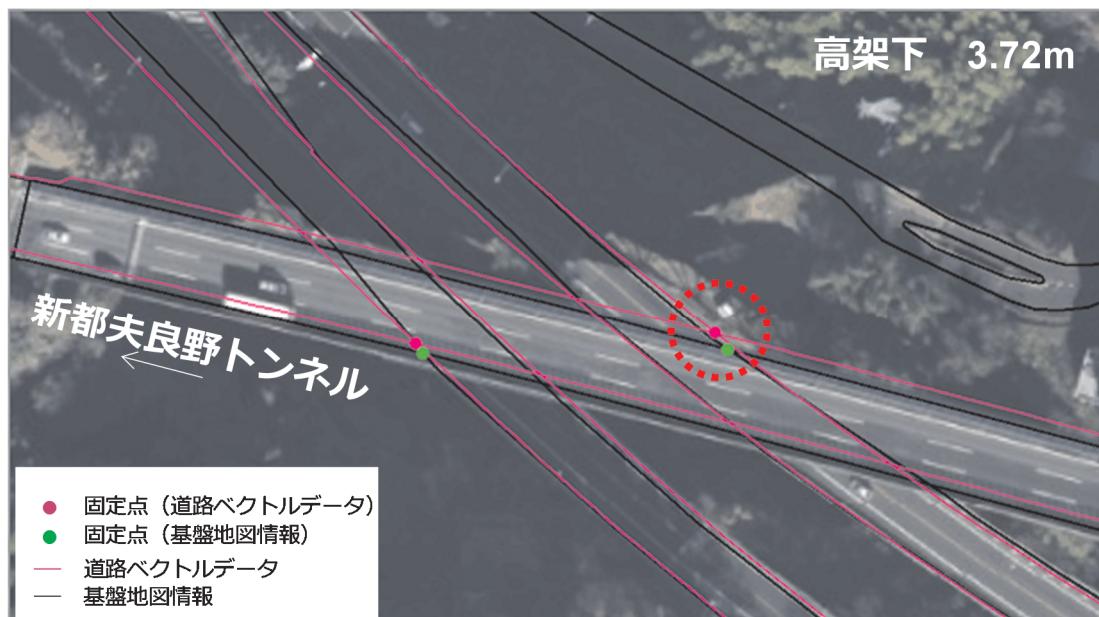


図 1.14 固定点の座標のズレ 2.5m以上の箇所（新都夫良野トンネル付近）
出所）国土地理院の地理院タイル（空中写真）に道路ベクトルデータ等を追記して掲載

1.2.5 固定点以外のズレの量の評価

図 1.11 に示す固定点以外のズレの量について、固定点を含めて特徴的な区間ごとに 1kmあたり 10 点以上となるようにズレの量を計測し、特徴的な区間ごとに最大値、最小値、平均値、標準偏差を表 1.8 及び表 1.9 のように整理した。但し、本調査にあたり次に示す箇所はズレの量の評価対象から除外した。

- ・基盤地図情報の地図情報レベル 25000 の箇所
- ・仕様通りで想定されるズレの箇所

また、ズレの量が 2.5m 以上の箇所について、図 1.15、図 1.16、図 1.17 に示した。

表 1.8 一般道のズレの量（固定点以外）

特徴的な区間	固定点の数	ズレの量(m)			
		最大	最小	平均	標準偏差
上空視界良好	90	1.74	0.02	0.59	0.41
山間部	-	-	-	-	-
トンネル内	-	-	-	-	-
ビル間	14	0.33	0.00	0.14	0.10
高架下	35	1.81	0.05	0.57	0.41

表 1.9 自動車専用道路のズレの量（固定点以外）

特徴的な区間	固定点の数	ズレの量(m)			
		最大	最小	平均	標準偏差
上空視界良好	105	2.13	0.10	0.76	0.39
山間部	32	1.85	0.08	0.59	0.56
トンネル内	152	9.08	0.02	1.33	1.20
ビル間	35	1.47	0.19	0.76	0.36
高架下	37	2.34	0.07	0.74	0.51

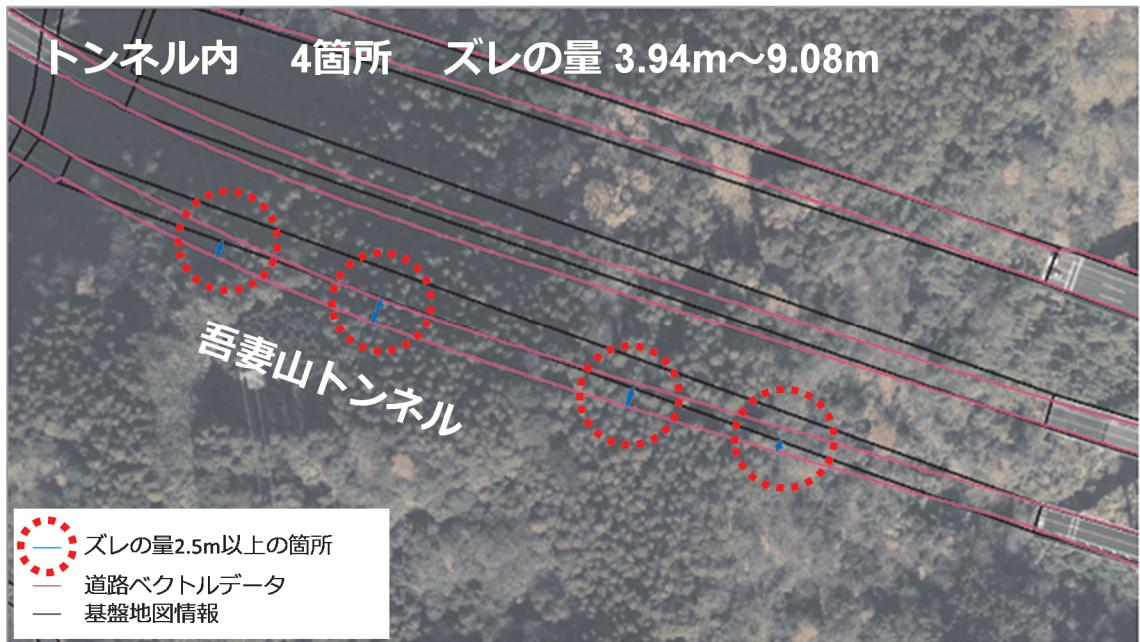


図 1.15 固定点以外のズレ 2.5m以上の箇所（吾妻山トンネル内）
出所）国土地理院の地理院タイル（空中写真）に道路ベクトルデータ等を追記して掲載

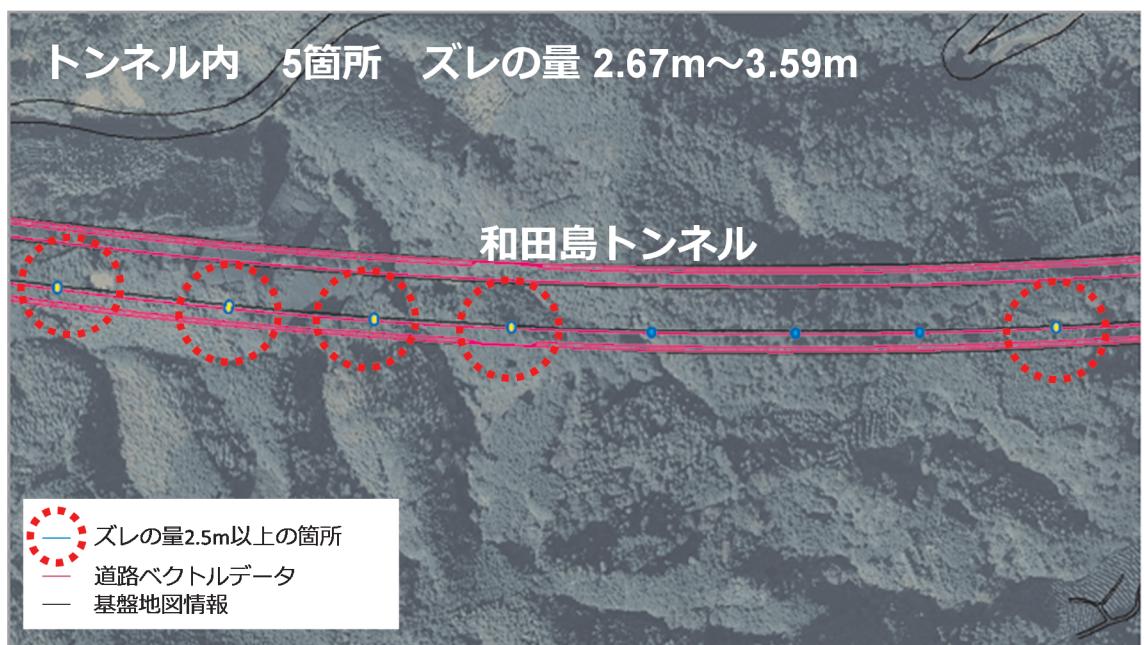


図 1.16 固定点以外のズレ 2.5m以上の箇所（和田島トンネル内）
出所）国土地理院の地理院タイル（空中写真）に道路ベクトルデータ等を追記して掲載

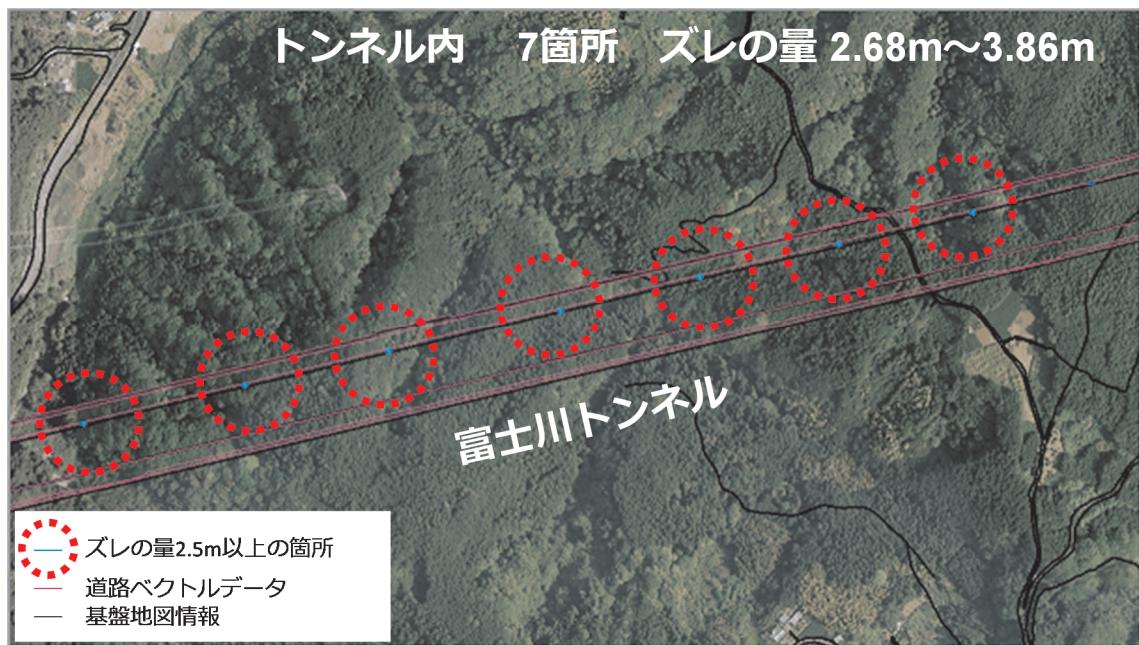


図 1.17 固定点以外のズレ 2.5m以上の箇所（富士川トンネル内）
出所）国土地理院の地理院タイル（空中写真）に道路ベクトルデータ等を追記して掲載

1.3 道路ベクトルデータを基盤地図情報にひも付ける最適なアルゴリズムの検討

平成 29 年度ひも付け報告書で提案されたアルゴリズムを参考に、道路ベクトルデータを基盤地図情報にひも付ける最適なアルゴリズム（図 1.18）として整理した。

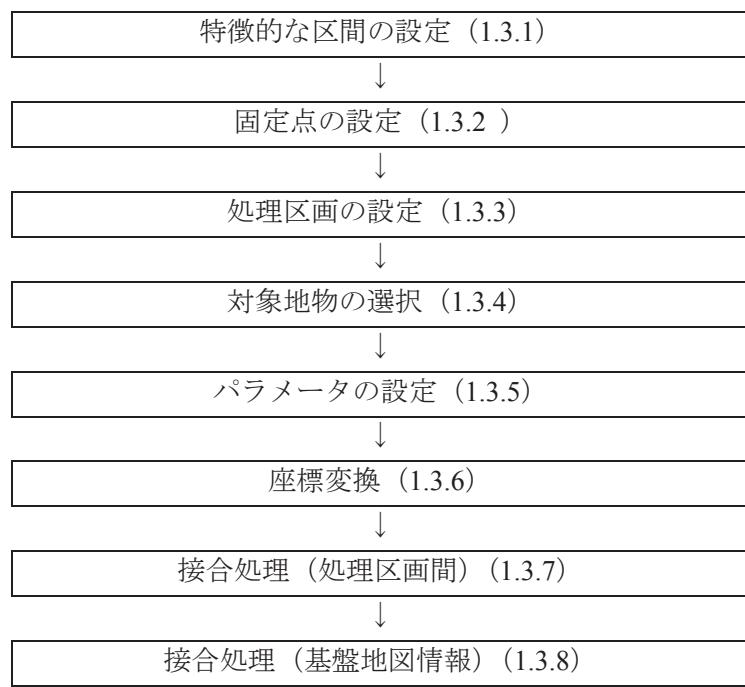


図 1.18 最適なアルゴリズム

1.3.1 特徴的な区間の設定

ひも付け対象とする道路ベクトルデータについて、上空視界良好、山間部、トンネル内、ビル間、高架下の特徴に分類し、これらの特徴ごとの区間を図 1.19 の流れで設定する。

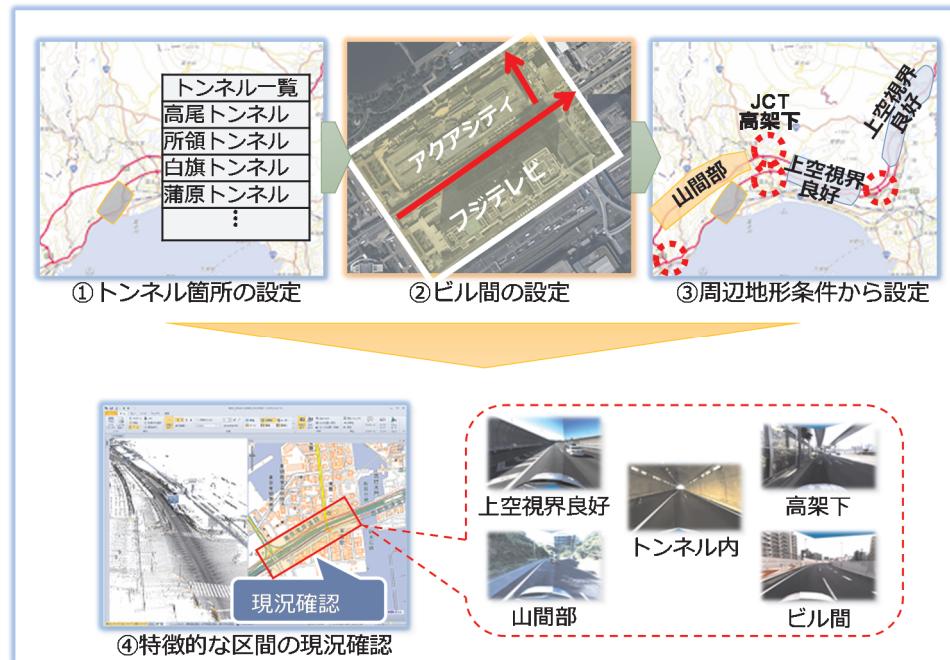


図 1.19 特徴的な区間の設定の流れ

1.3.2 固定点の設定

道路ベクトルデータ及び基盤地図情報の同一地物（分岐点など）と判断できる地点を抽出し、固定点として設定する（図 1.20）。

道路ベクトルデータは路肩縁、基盤地図情報は道路構成線・道路縁が対象となる地物であることに留意する。

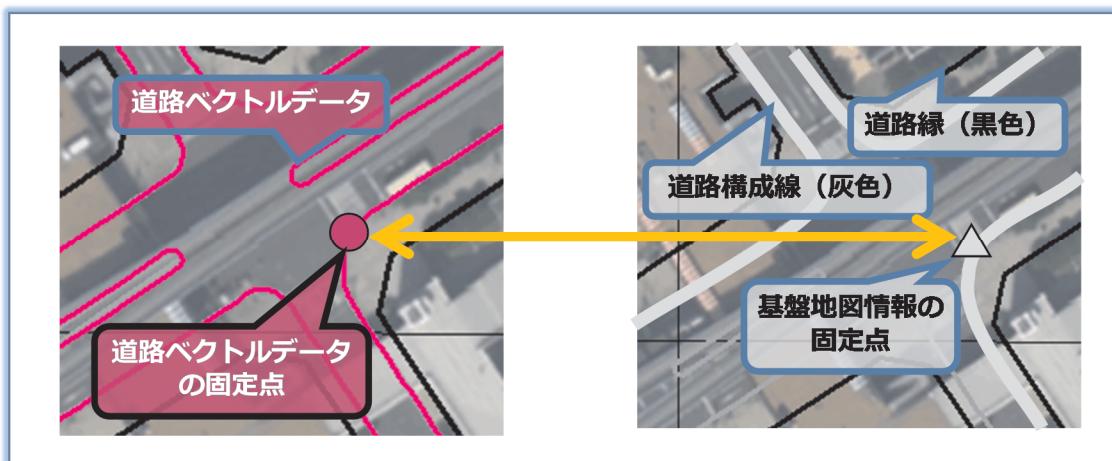


図 1.20 固定点の設定

出所) 国土地理院の地理院タイル（空中写真）に道路ベクトルデータ等を追記して掲載

1.3.3 処理区画の設定

ひも付け処理をより効率的に行うため、5秒メッシュに付与された特徴的な区間（上空視界良好、山間部、トンネル内、ビル間、高架下）について、同じ特徴で隣接する5秒メッシュを一つの処理区画として構成（グルーピング）する（図 1.21）。

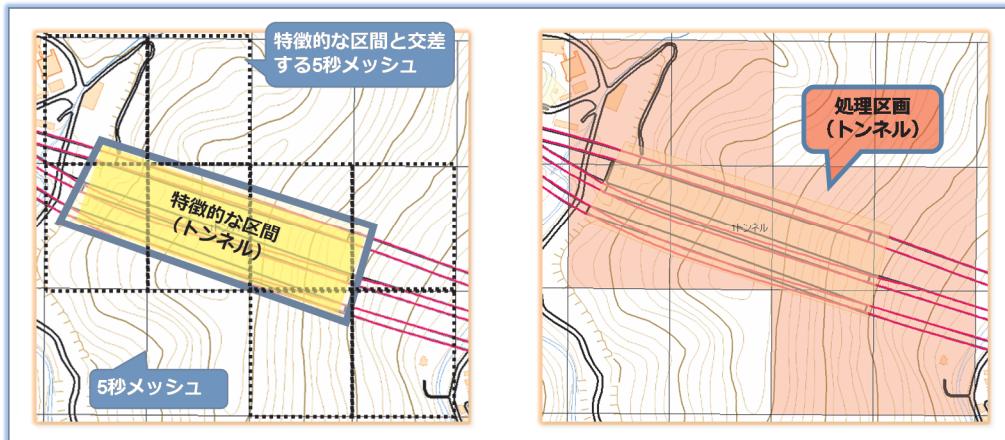


図 1.21 処理区画の設定

出所) 国土地理院の地理院タイル（標準地図）に道路ベクトルデータ等を追記して掲載

1.3.4 対象地物の選択

道路ベクトルデータの絶対精度を下げないこと、道路ベクトルデータ、基盤地図情報の対象地物が異なっている点を考慮し、図 1.22 のフローに従い対象地物を選択する。その際のズレの量の計測には固定点を用いるが、固定点が取得できない箇所は図 1.23 に従い対象地物を選択する。

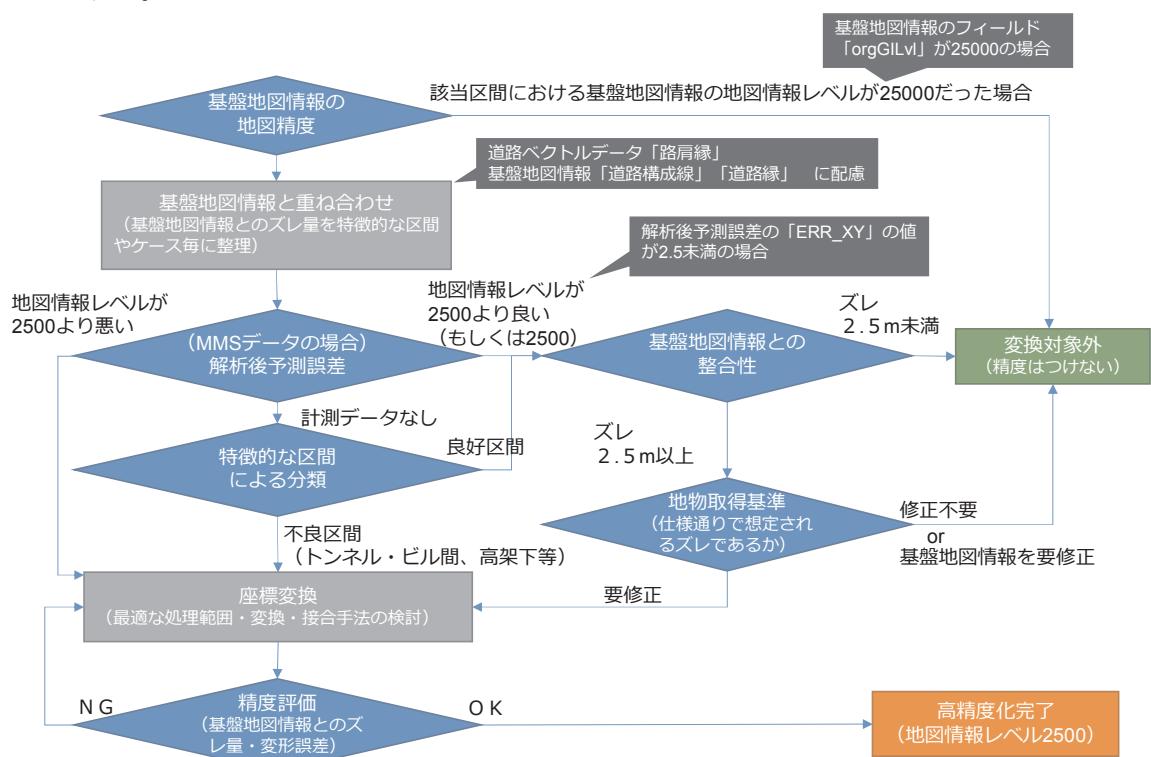


図 1.22 対象地物選択フロー

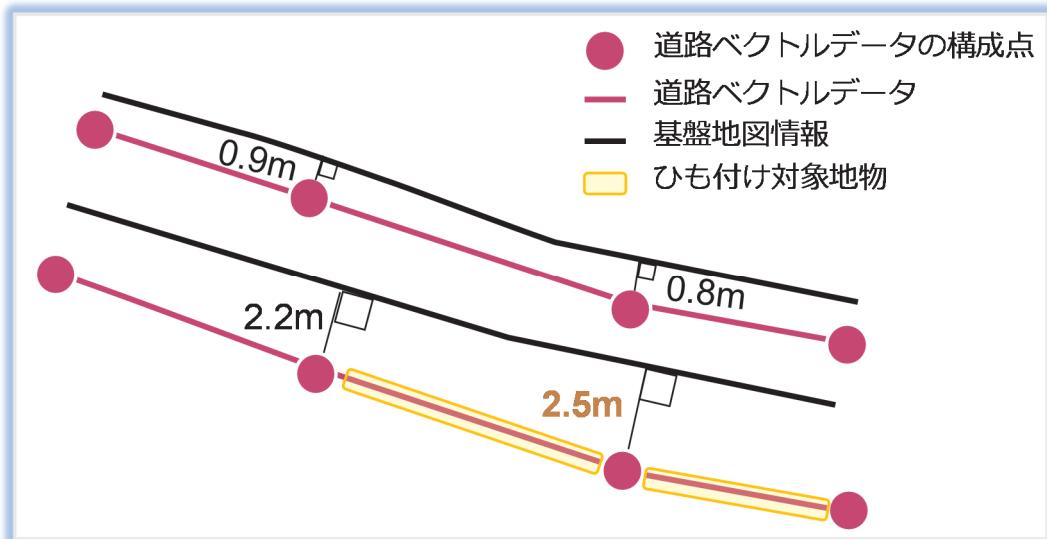


図 1.23 固定点以外の対象地物の選択イメージ

1.3.5 パラメータの設定

固定点のズレの量をパラメータとして設定する。図 1.24 のようにパラメータとする固定点（3 点以上）を、グルーピングした処理区画の四隅等に分散させて選択する。図 1.25 に示す残差（二乗した値の平均値の平方根）エラー※は、変換後の位置との間のズレの量になることから、残差エラーの値は小さい方が望ましい。従って、パラメータを設定後、全ての残差エラーの値を確認し、相対的に値が大きい固定点は、この固定点により歪みが大きく発生する可能性があるため、当該固定点をパラメータから除外する。選択したパラメータは、図 1.25 のように基盤地図情報、道路ベクトルデータの固定点の座標として登録する。

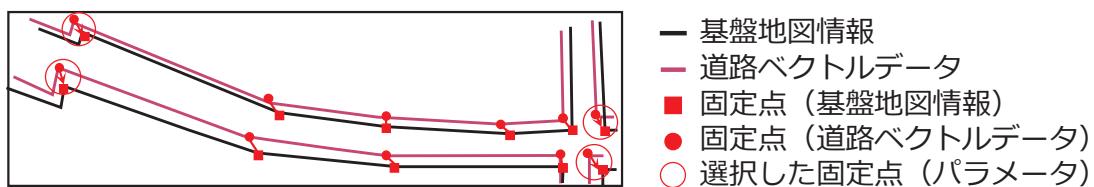


図 1.24 パラメータとする固定点の選択

リンク テーブル					
ID	X 座標 (ソース)	Y 座標 (ソース)	X 座標 (ターゲット)	Y 座標 (ターゲット)	残差エラー
1	-31627.613050	-54482.598004	-31630.305373	-54482.658292	0.000001
2	-31687.613050	-54512.598000	-31690.305370	-54512.658290	0.000000
3	-31687.613050	-54442.598004	-31690.305373	-54442.658292	0.000000
4	-31627.613050	-54512.598004	-31630.305373	-54512.658292	0.000001

RMS エラー: 0.000001

図 1.25 パラメータ登録画面

※残差エラー

変換パラメータとは、ソース コントロール ポイントとターゲット コントロール ポイントの理想的な適合度です。変換パラメータに基づいて実際のソース コントロール ポイントを変換した場合、変換された出力位置は実際の出力コントロール ポイント位置と一致しません。この不一致は残差エラーと呼ばれ、出力コントロール ポイントの実際の位置と変換後の位置との適合の尺度となります。このエラーは、各移動リンクで発生します。

RMS エラーは、実行した変換ごとに計算され、得られた変換結果の適切さの尺度となります。次の例は、4 つのターゲット

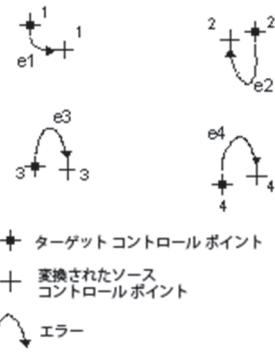
コントロール ポイントと変換されたソース コントロール
ポイントの相対的な位置を示します。

RMS エラーは、ターゲット コントロール ポイントと、ソース コントロール ポイントの変換後の位置との間の誤差を測定します。

変換は最小二乗法に基づいて得られるため、リンクの数が必要以上に多くなることもあります。RMS エラーになる変換を生成するには、3 つ以上のリンクを指定する必要があります。

一般に、変換のために配置するリンクの数が多いほど、精度は高くなります。リンク テーブルで RMS エラーを調べると、変換の精度をチェックすることができます。

出所) 残差と平均二乗偏差について ウェブサイト、[#ESRI_SECTION1_C7C0B4102B1E43F29107F5FC5743F335](http://desktop.arcgis.com/ja/arcmap/10.3/manage-data/editing-existing-features/about-spatial-adjustment-transformations.htm)



$$\text{RMS 誤差} = \sqrt{\frac{e_1^2 + e_2^2 + e_3^2 + \dots + e_n^2}{n}}$$

1.3.6 座標変換

本調査で対象としているひも付け方法は、道路ベクトルデータと基盤地図情報の位置整合を図るものである。位置整合を図るための座標変換方法には、ヘルマート、アフィン、疑似アフィン、多項式アフィンなどが用いられている（表 1.10）。

表 1.10 位置整合のための座標変換方法

No.	座標変換方法	特徴
1	ヘルマート変換 (相似変換)	変換対象の図形の形状を維持しながら、位置の整合を取る図形に合わせることができる。
2	アフィン変換	変換対象の図形の形状を移動・回転・伸縮等により変形させながら、位置の整合を取る図形に合わせることができる。
3	疑似アフィン変換 多項式の変換	リモートセンシングの画像処理で三次元の航空写真や画像の歪みの補正などを考慮した変換方法である。

表 1.10 の整理結果から、道路ベクトルデータは、基盤地図情報とは形状が不一致であるため、相似変換(変換により図形の形状が変わらない)による位置整合処理は適しておらず、形状が不一致なデータの位置整合処理はアフィン変換が適していると言える。

また、本ひも付けで対象としていない高さを含めた三次元の航空写真や画像を平面に変換する場合は疑似アフィン変換や多項式の変換も検討対象となる。

1.3.7 接合処理（処理区画間）

解析後予測誤差情報を利用し、図 1.26 に示すように、ひも付け対象地物の方を位置精度が低いと見なし、ひも付けしない地物の終点に接合させる。但し、両方をひも付けている場合は、中間点で接合させる。選択した接合方法を図形に登録する。

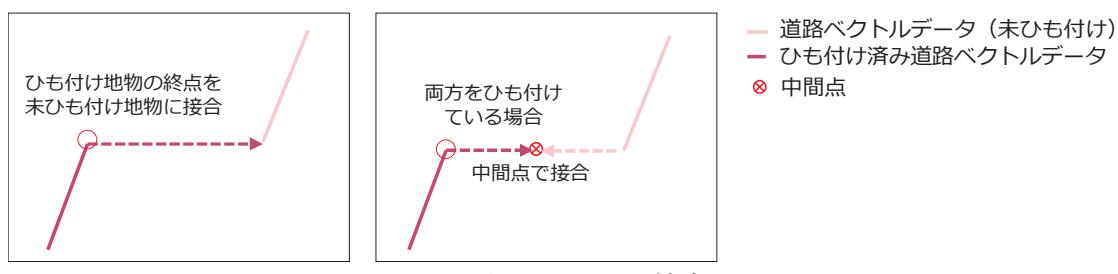


図 1.26 処理区画間の接合

1.3.8 接合処理（基盤地図情報）

解析後予測誤差情報を利用し、図 1.27 に示すように、道路ベクトルデータと基盤地図情報の位置精度を考慮してどちらに接合させるかを判断する。但し、両者に差が見られない場合は、中間点で接合させる。また、道路ベクトルデータの地図情報レベルが 2500 より良い場合は接合しない。選択した接合方法を図形に登録する。これによりダイナミックマップが存在しない箇所を基盤地図情報で補完することが可能となる。

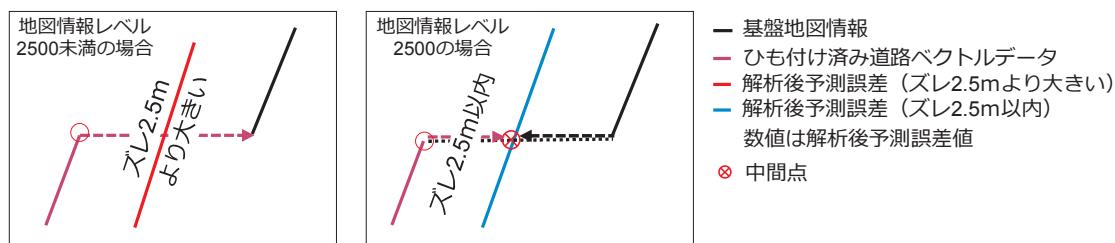


図 1.27 基盤地図情報との接合

1.4 道路ベクトルデータを基盤地図情報にひも付けるプログラムの作成

(1) 動作環境

プログラムは、道路ベクトルデータのフォーマット変換プログラムと同様に、汎用的な GIS ソフトウェアで動作するアドイン機能として作成した。また、操作マニュアルを作成した。

道路ベクトルデータを基盤地図情報にひも付けるプログラム（以下「位置整合プログラム」という。）の動作環境は、

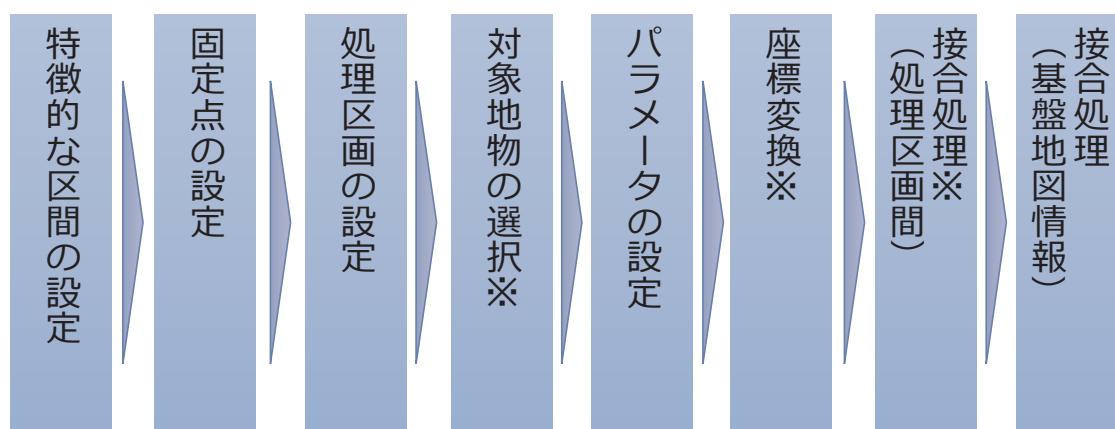
表 1.11 の通りである。

表 1.11 位置整合プログラム動作環境

種類	動作環境等
オペレーティングシステム	Windows 10 (64-bit)、Windows 8.1 (32-bit、64-bit)、Windows 7(32-bit、64-bit)、Windows Server 2016 (64-bit)、Windows Server 2012 R2 (64-bit)、Windows Server 2012 (64-bit)、Windows Server 2008 R2(64-bit)
汎用的な GIS ソフトウェア	ArcGIS 10.6.1 (ESRI 社製)
その他の動作環境	Microsoft .NET Framework 4.5 以上 Microsoft Visual C# 2017

(2) 位置整合プログラムの実装範囲

位置整合プログラムは、「1.3 道路ベクトルデータを基盤地図情報にひも付ける最適なアルゴリズムの検討」で整理した最適なアルゴリズム（図 1.28）を汎用的な GIS の機能を活用しながら効率的にひも付け作業を実施可能とするものである。なお、図 1.28 には、特に位置整合プログラムによりひも付け作業の省力化が図れる機能を「※印」にて示した。



(3) 位置整合プログラムの機能概要

位置整合プログラムにより実装した機能の概要を表 1.12 に示した。

表 1.12 位置整合プログラムの機能概要

No.	機能名	機能概要
1.	特徴的な区間の設定	位置整合プログラムを適用する道路ベクトルデータの範囲に対して特徴的な区間ごとに面形状のデータを作成する。
2.	固定点の設定	道路ベクトルデータ及び基盤地図情報の同一地物(分岐点など)と判断できる地点の点形状のデータを作成する。 その際、道路ベクトルデータ(路肩縁)と基盤地図情報(道路縁および道路構成線)の対象地物が異なっている点をふまえ固定点を選択する。 また、道路ベクトルデータ及び基盤地図情報の固定点間距離を計測し、ズレの量が 2.5m 以上の固定点を抽出する。
3.	処理区画の設定	ひも付け処理をより効率的に行うため、5 秒メッシュに付与された特徴的な区間(上空視界良好、山間部、トンネル内、ビル間、高架下)について、同じ特徴で隣接する 5 秒メッシュを一つの処理区画として構成(グルーピング)する。
4.	対象地物の選択	図 1.22 に示すフローに従い、ひも付け対象地物の選択を行う。ズレの量 2.5m の判定は固定点間距離だけでなく、図 1.23 に示すズレの量も加える。その際、道路ベクトルデータ(路肩縁)と基盤地図情報(道路縁および道路構成線)の対象地物が異なっている点をふまえズレの量の判定を行う。
5.	パラメータの設定	座標変換のための移動パラメータを設定する。パラメータは処理区画単位に設定する。 パラメータは保存し、再利用することが可能である。
6.	座標変換	設定したパラメータを用いて白線、標識、路肩縁等の座標変換を行う。
7.	接合処理(処理区画間)	座標変換により分断された図形の接合処理を行う。接合処理は前処理においてプログラムにより接合可能な状態とする。接合後、図 1.26 に示す2つの処理方法のうち、採用した処理方法を、ひも付け処理を実施した地物に登録する。
8.	接合処理(基盤地図情報)	道路ベクトルデータの終点が未整備地区となっている場合、基盤地図情報とのひも付けを行う。図 1.27 に示す2つの処理方法のうち、採用した処理方法を、ひも付け処理を実施した地物に登録する。

1.5 道路ベクトルデータのひも付け済みデータの作成と最適パラメータの設定

道路ベクトルデータを基盤地図情報にひも付ける最適なアルゴリズムに従い、ひも付け済みデータの作成と最適パラメータの設定を行った。作成したデータは、図 1.22 に従って設定した表 1.13 に示す 5箇所である。

表 1.13 ひも付け対象データ作成箇所及び最適パラメータ

No.	箇所	特徴 の分類	延長 (m)	移動 種別	パラメータ				
					X1,Y1	X2,Y2	X3,Y3	X4,Y4	X5,Y5
1	レインボーブリッジ付近	上空視界良好	180	元	-5,234.2, -40,342.0	-5,302.9, -40,358.6	-5,248.7, -40,344.3	-5,303.5, -40,356.2	—
				先	-5,231.7, -40,342.1	-5,302.8, -40,358.8	-5,247.8, -40,344.5	-5,303.1, -40,356.7	—
2	新都夫良野 トンネル付近	トンネル内	80	元	-69,918.0, -70,054.4	-69,878.9, -70,087.6	-69,905.3, -70,065.8	-69,856.4, -70,104.7	-69,770.2, -70,116.7
				先	-69,918.1, -70,054.5	-69,876.6, -70,090.6	-69,905.2, -70,066.5	-69,855.9, -70,104.3	-69,770.9, -70,118.5
3	吾妻山 トンネル	トンネル内	380	元	-69,519.8, -70,302.8	-69,572.9, -70,286.9	-69,662.8, -70,257.1	-69,718.1, -70,234.1	—
				先	-69,518.5, -70,299.1	-69,570.5, -70,280.4	-69,659.7, -70,248.5	-69,716.1, -70,228.4	—
4	和田島 トンネル	トンネル内	1,105	元	-2,255.1, -100,720.5	-2,178.0, -100,595.9	-2,115.9, -100,488.9	-2,059.5, -100,386.1	-2,004.8, -100,280.1
				先	-2,258.1, -100,718.6	-2,181.1, -100,594.0	-2,118.7, -100,487.3	-2,062.0, -100,384.8	-2,006.7, -100,279.2
5	富士川 トンネル	トンネル内	4,500	元	6,837.9, -92,838.6	6,974.9, -92,805.7	7,096.8, -92,776.6	7,243.2, -92,741.7	7,361.7, -92,713.4
				先	6,838.5, -92,841.2	6,975.6, -92,808.7	7,097.6, -92,779.9	7,244.0, -92,745.0	7,362.6, -92,716.8

1.5.1 レインボーブリッジ付近

図 1.13 に示すレインボーブリッジ付近は、高速道路が上下に交差する箇所となっている（図 1.29）。当該箇所においては、この交差部が固定点として設定されており、道路ベクトルデータが西側にずれている。この固定点以外に、ひも付け対象地物の付近の固定点 3 点を選定し、パラメータとして登録した。

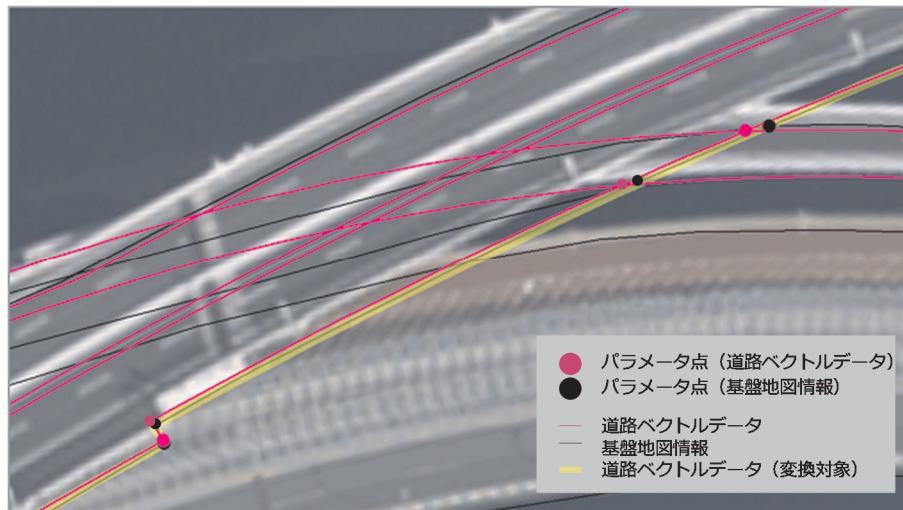


図 1.29 パラメータ設定画面（レインボーブリッジ付近）

出所）国土地理院の地理院タイル（空中写真）に道路ベクトルデータ等を追記して掲載

1.5.2 新都夫良野トンネル付近

図 1.14 に示す新都夫良野トンネル付近は、高速道路が上下に交差する箇所となっている（図 1.30）。当該箇所においては、この交差部が固定点として設定されており、道路ベクトルデータが西側にずれている。この固定点以外には近傍に固定点が見当たらなかったことから、ズレの量の計測（道路ベクトルデータの構成点から基盤地図情報へ垂線を引いたときの距離）箇所を仮想的な固定点としてひも付け対象地物の周辺に分散させて配置し、パラメータとして登録した。

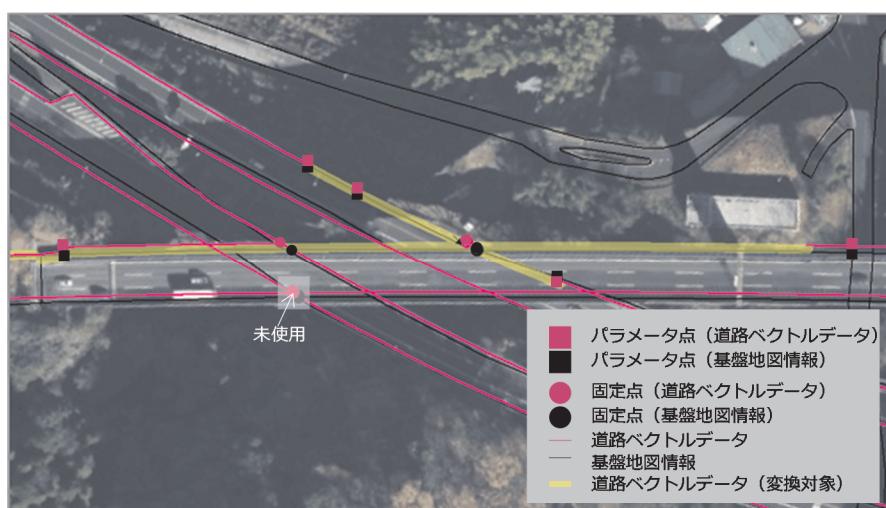


図 1.30 パラメータ設定画面（新都夫良野トンネル付近）

出所）国土地理院の地理院タイル（空中写真）に道路ベクトルデータ等を追記して掲載

1.5.3 吾妻山トンネル内

図 1.15 に示す吾妻山トンネル内は、道路ベクトルデータと基盤地図情報が平行に近い形でずれを生じている（図 1.31）。当該箇所においては、固定点が存在しなかったことから、ズレの量の計測（道路ベクトルデータの構成点から基盤地図情報へ垂線を引いたときの距離）箇所を仮想的な固定点としてひも付け対象地物の周辺に分散させて配置し、パラメータとして登録した。

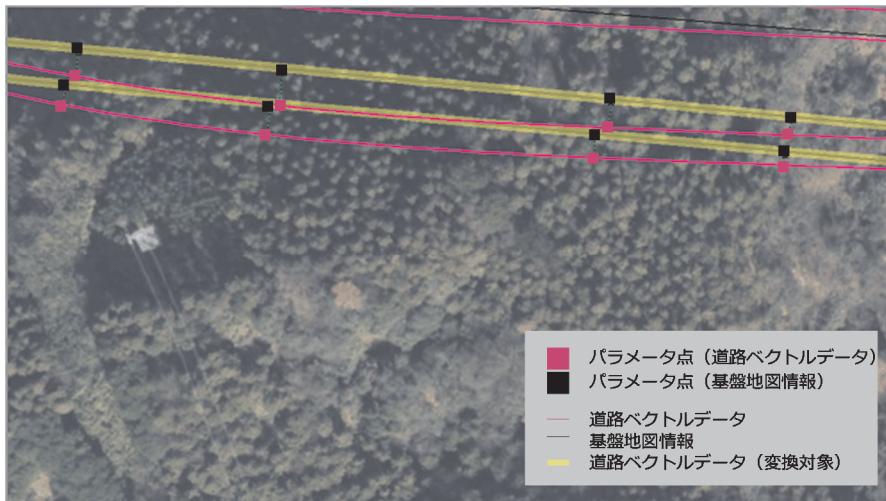


図 1.31 パラメータ設定画面（吾妻山トンネル内）

出所）国土地理院の地理院タイル（空中写真）に道路ベクトルデータ等を追記して掲載

1.5.4 和田島トンネル内

図 1.16 に示す和田島トンネル内は、道路ベクトルデータと基盤地図情報が平行に近い形でずれを生じている（図 1.32）。当該箇所においては、固定点が存在しなかったことから、ズレの量の計測（道路ベクトルデータの構成点から基盤地図情報へ垂線を引いたときの距離）箇所を仮想的な固定点としてひも付け対象地物の周辺に分散させて配置し、パラメータとして登録した。

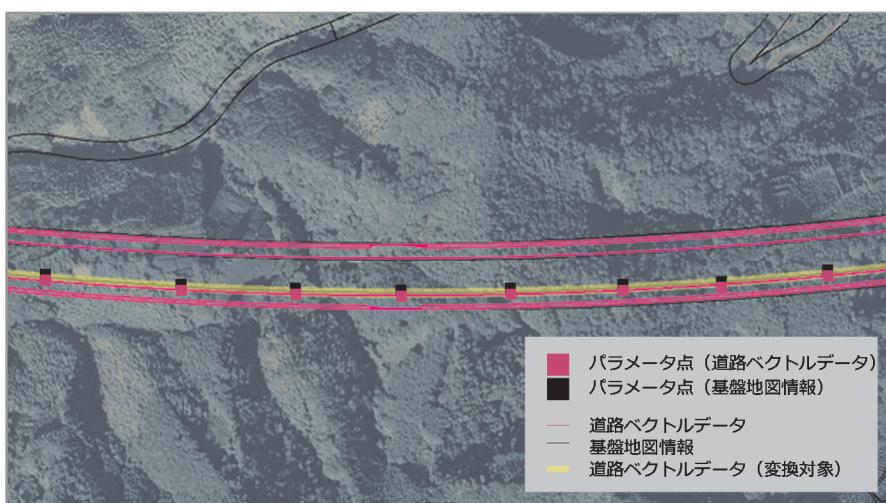


図 1.32 パラメータ設定画面（和田島トンネル内）

出所）国土地理院の地理院タイル（空中写真）に道路ベクトルデータ等を追記して掲載

1.5.5 富士川トンネル内

図 1.17 に示す富士川トンネル内は、道路ベクトルデータと基盤地図情報が平行に近い形でズレを生じている（図 1.33）。当該箇所においては、固定点が存在しなかったことから、ズレの量の計測（道路ベクトルデータの構成点から基盤地図情報へ垂線を引いたときの距離）箇所を仮想的な固定点としてひも付け対象地物の周辺に分散させて配置し、パラメータとして登録した。

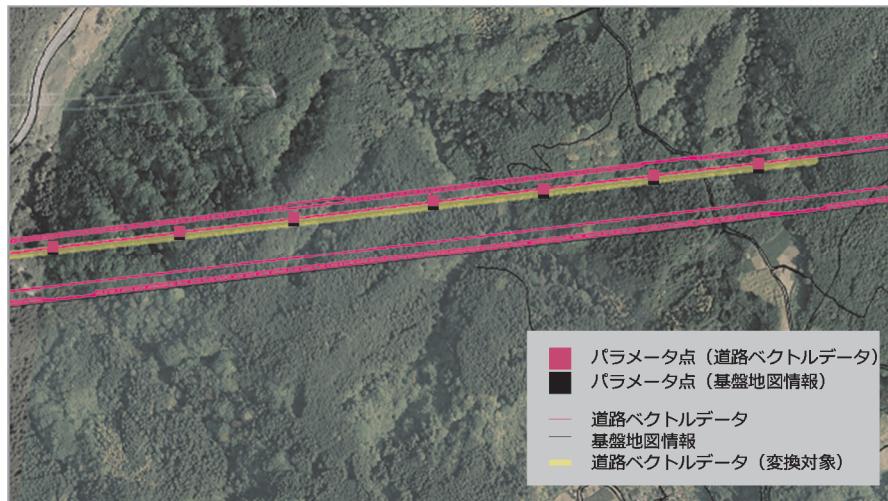


図 1.33 パラメータ設定画面（富士川トンネル内）

出所）国土地理院の地理院タイル（空中写真）に道路ベクトルデータ等を追記して掲載

1.6 道路ベクトルデータのひも付け精度の定量的な評価

道路ベクトルデータのひも付け済みデータを利用して、ひも付け後の道路ベクトルデータと基盤地図情報のズレの量を評価した（表 1.14）。評価結果から、「1.3 道路ベクトルデータを基盤地図情報にひも付ける最適なアルゴリズムの検討」で整理したアルゴリズムにより、道路ベクトルデータと基盤地図情報のズレの量が許容範囲に収まったことが確認できた。

表 1.14 道路ベクトルデータのひも付け精度の定量的な評価

No.	箇所	評価点数	ズレの量 (m)	備考
1	レインボーブリッジ付近	1	1.25	ひも付け後の図形の固定点と基盤地図情報の固定点のズレの量で評価
2	新都夫良野トンネル付近	1	0.24	ひも付け後の図形と基盤地図情報のズレの量で評価
3	吾妻山トンネル	4	0.00	ひも付け後の図形と基盤地図情報のズレの量で評価
4	和田島トンネル	5	0.12	ひも付け後の図形と基盤地図情報のズレの量で評価
5	富士川トンネル	7	0.07	ひも付け後の図形と基盤地図情報のズレの量で評価

1.6.1 ひも付け箇所ごとのズレの量の評価

道路ベクトルデータのひも付け済みデータについて、表 1.14 に整理したひも付け箇所ごとに、座標変換に伴なう地物の移動の状況を整理した。

(1) レインボーブリッジ付近

レインボーブリッジ付近の座標変換に伴なう地物の移動の状況を図 1.34、図 1.35 に示した。

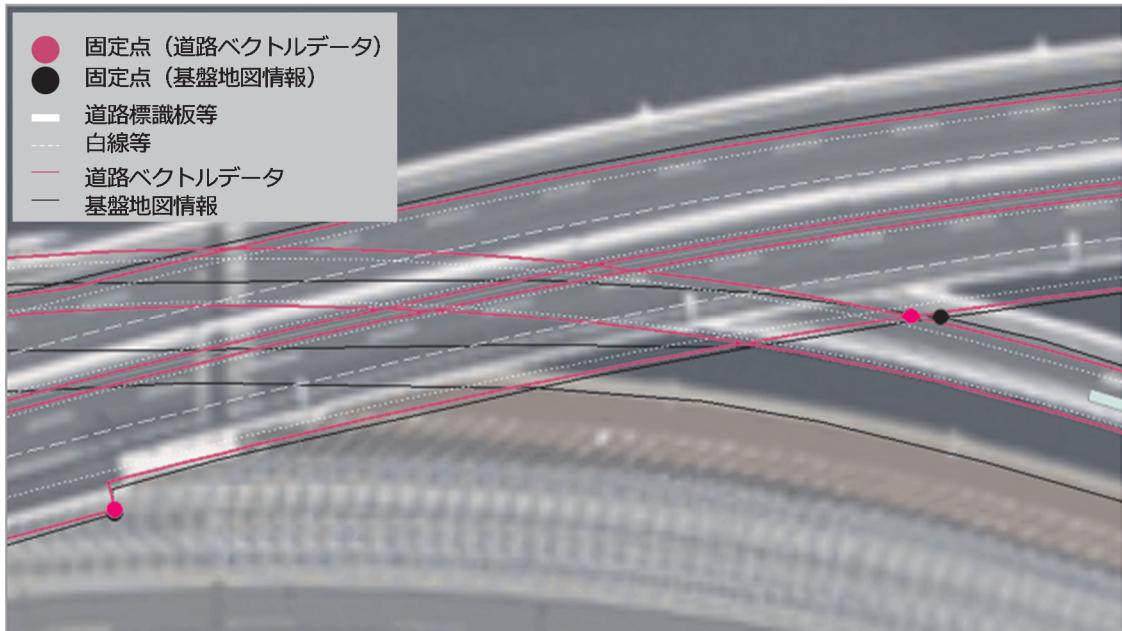


図 1.34 座標変換前の地物の状況（レインボーブリッジ付近）

出所) 国土地理院の地理院タイル（空中写真）に道路ベクトルデータ等を追記して掲載

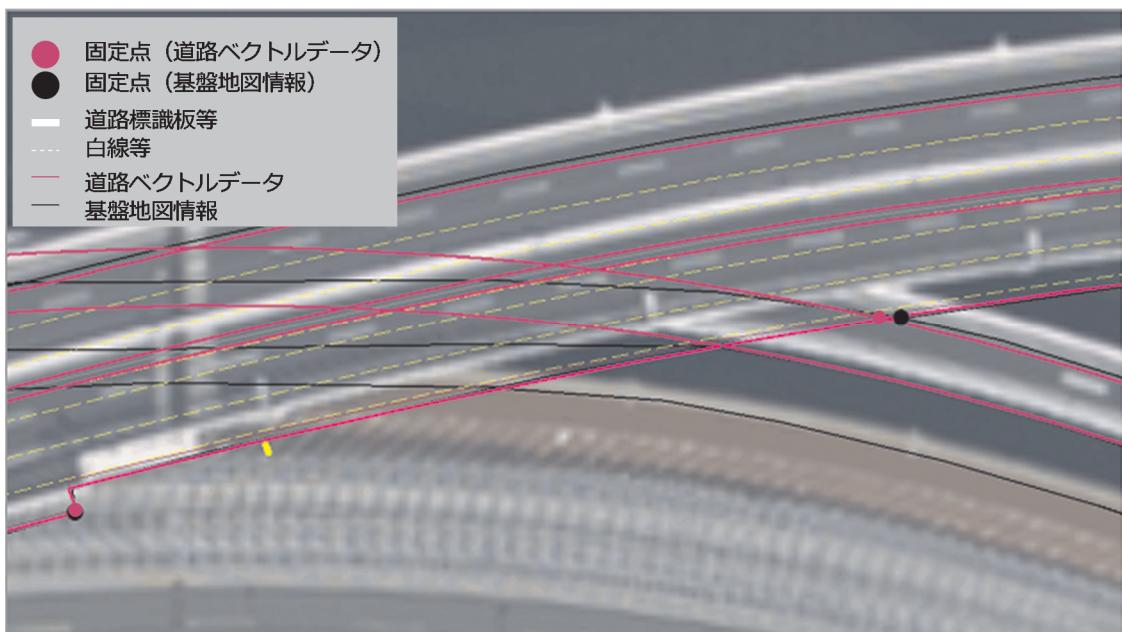


図 1.35 座標変換後の地物の状況（レインボーブリッジ付近）

出所) 国土地理院の地理院タイル（空中写真）に道路ベクトルデータ等を追記して掲載

(2) 新都夫良野トンネル付近

新都夫良野トンネル付近の座標変換に伴なう地物の移動の状況を図 1.36、図 1.37 に示した。

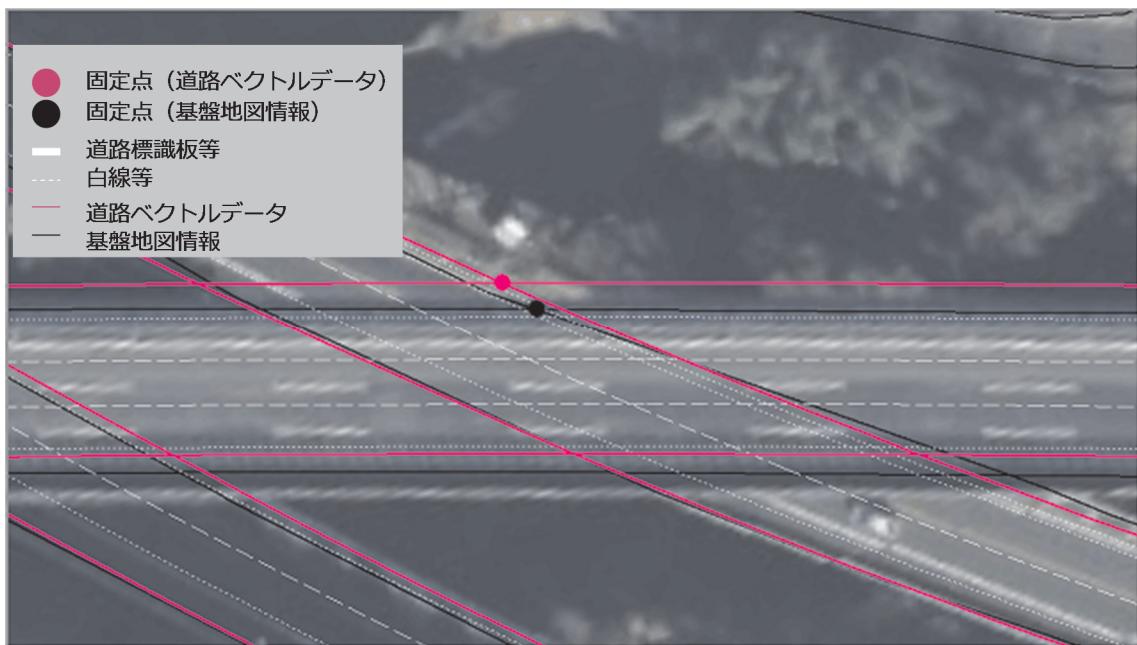


図 1.36 座標変換前の地物の状況（新都夫良野トンネル付近）

出所) 国土地理院の地理院タイル（空中写真）に道路ベクトルデータ等を追記して掲載

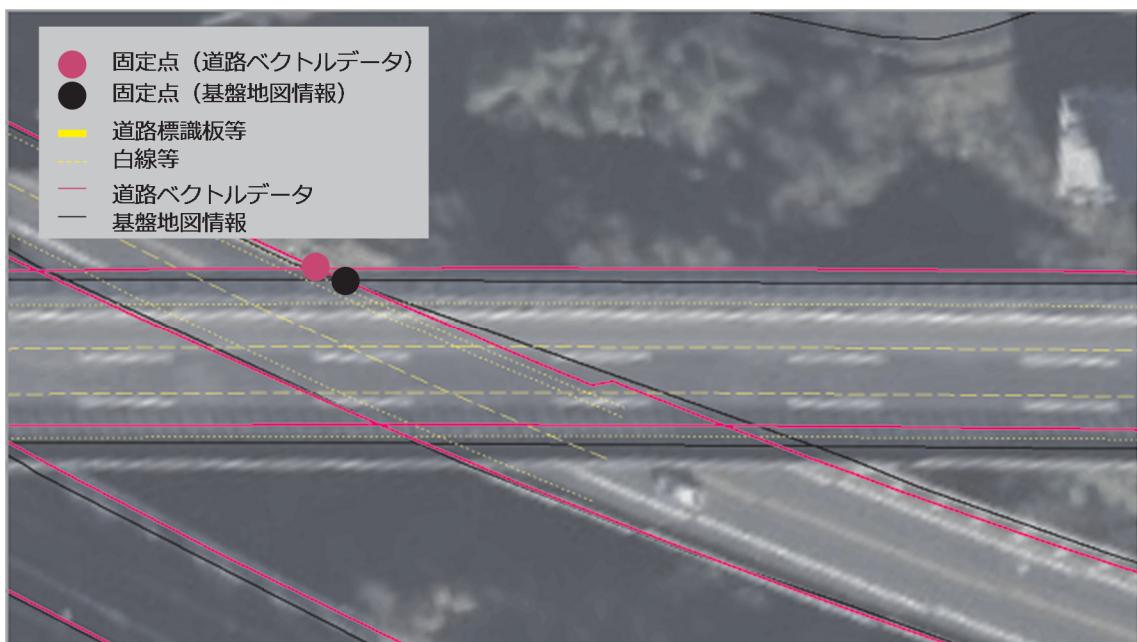


図 1.37 座標変換後の地物の状況（新都夫良野トンネル付近）

出所) 国土地理院の地理院タイル（空中写真）に道路ベクトルデータ等を追記して掲載

(3) 吾妻山トンネル内

吾妻山トンネル内の座標変換に伴なう地物の移動の状況を図 1.38、図 1.39 に示した。

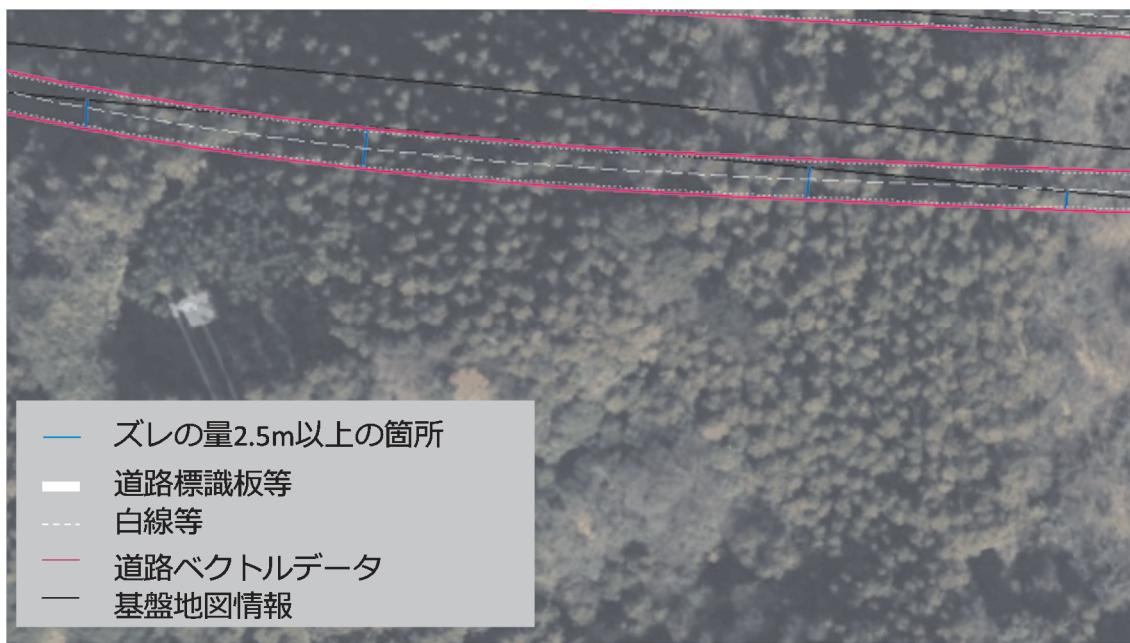


図 1.38 座標変換前の地物の状況（吾妻山トンネル内）

出所) 国土地理院の地理院タイル（空中写真）に道路ベクトルデータ等を追記して掲載

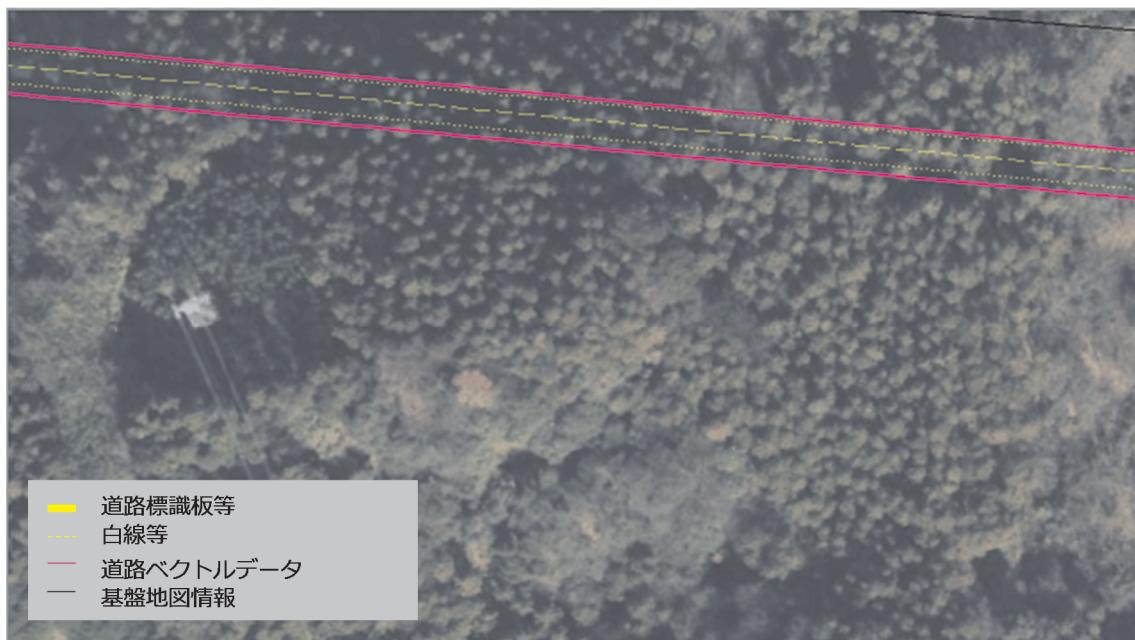


図 1.39 座標変換後の地物の状況（吾妻山トンネル内）

出所) 国土地理院の地理院タイル（空中写真）に道路ベクトルデータ等を追記して掲載

(4) 和田島トンネル内

和田島トンネル内の座標変換に伴なう地物の移動の状況を図 1.40、図 1.41 に示した。

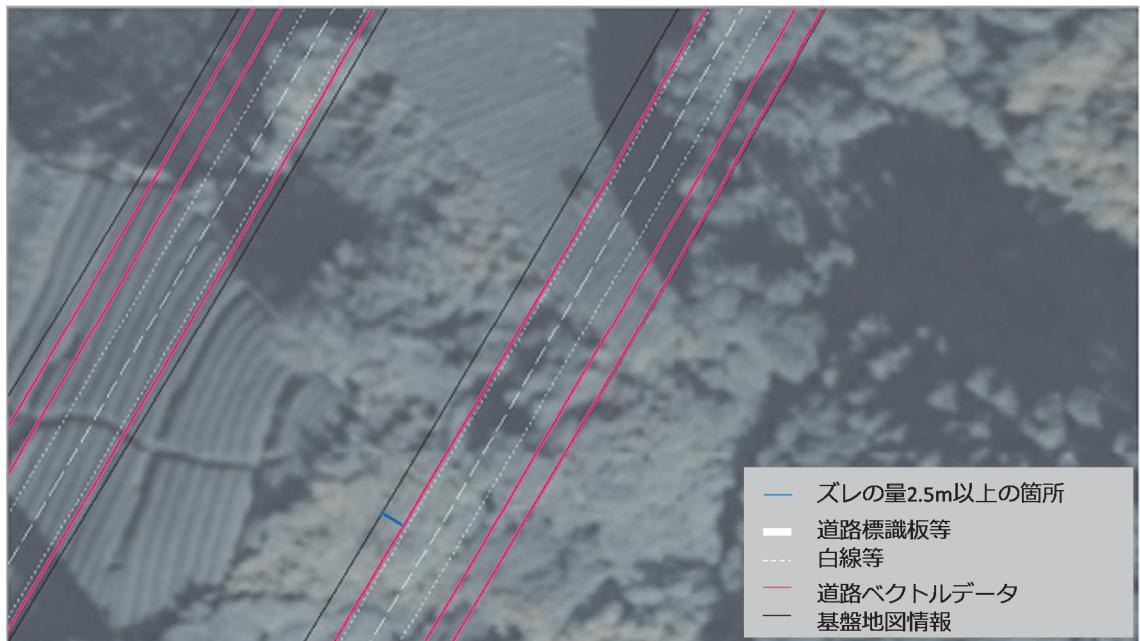


図 1.40 座標変換前の地物の状況（和田島トンネル内）

出所) 国土地理院の地理院タイル（空中写真）に道路ベクトルデータ等を追記して掲載

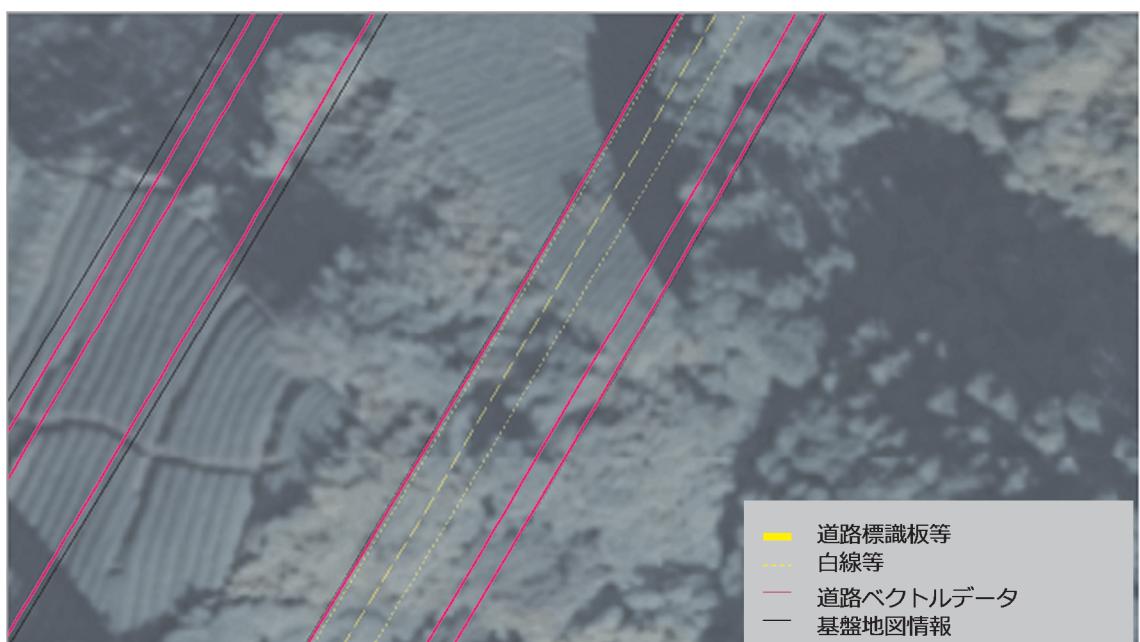


図 1.41 座標変換後の地物の状況（和田島トンネル内）

出所) 国土地理院の地理院タイル（空中写真）に道路ベクトルデータ等を追記して掲載

(5) 富士川トンネル内

富士川トンネル内の座標変換に伴なう地物の移動の状況を図 1.42、図 1.43 に示した。



図 1.42 座標変換前の地物の状況（富士川トンネル内）

出所) 国土地理院の地理院タイル（空中写真）に道路ベクトルデータ等を追記して掲載

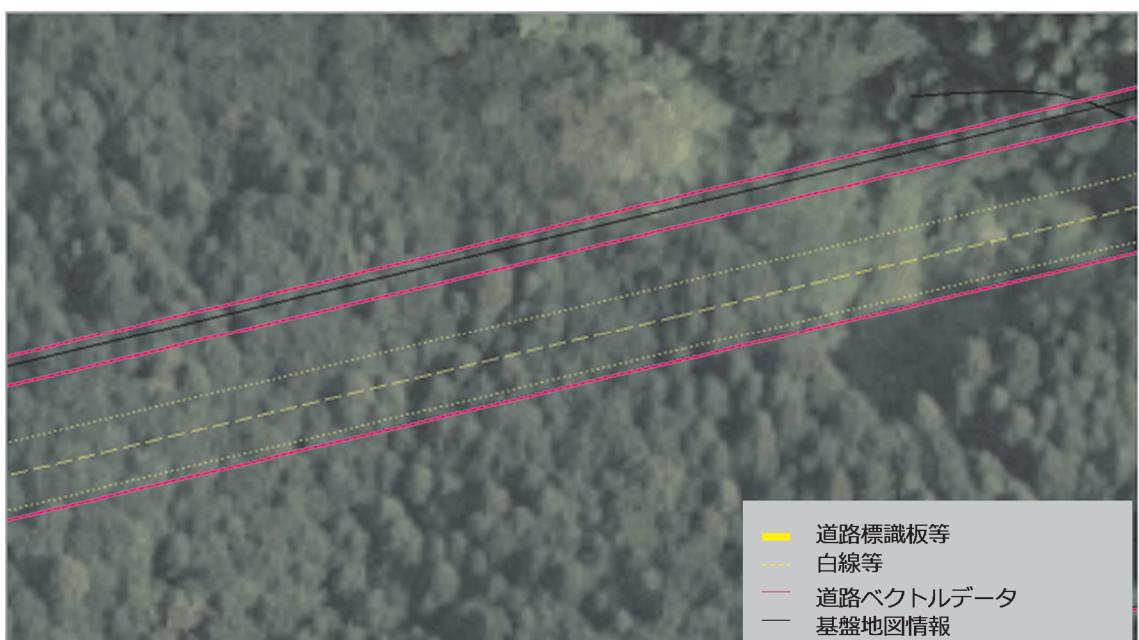


図 1.43 座標変換後の地物の状況（富士川トンネル内）

出所) 国土地理院の地理院タイル（空中写真）に道路ベクトルデータ等を追記して掲載

1.6.2 ひも付け済みデータの相対精度評価

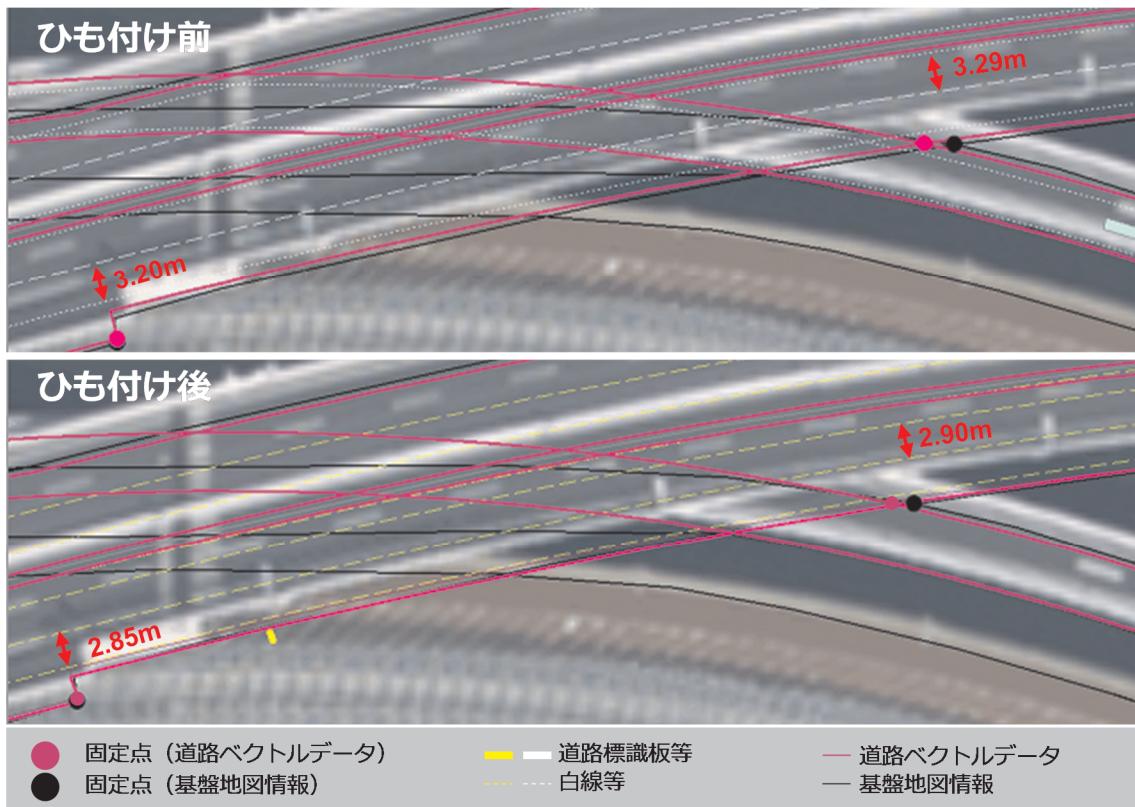
道路ベクトルデータのひも付け済みデータについて、表 1.14 に整理したひも付け箇所ごとに、座標変換に伴なう地物の相対的な位置関係の変化について確認した。確認方法は、区画線（白線等）の間隔について、ひも付けの前後における変化量を測ることにより行った。本調査結果より、相対精度の変化は最大で 0.39m であり、道路ベクトルデータの地図情報レベル 500（±25cm：最大のズレの量 50cm）の精度内であることが確認できた。

表 1.15 ひも付け済みデータによる相対精度確認結果

No.	箇所	変換前の 間隔(m)	変換後の 間隔(m)	差(m)
1	レインボーブリッジ付近	3.20	2.85	0.35
		3.29	2.90	0.39
2	新都夫良野トンネル付近	3.74	3.75	0.01
		3.88	3.84	0.04
3	吾妻山トンネル内	3.72	3.55	0.17
		3.95	3.86	0.09
4	和田島トンネル内	3.92	3.92	0.00
		3.61	3.85	0.24
5	富士川トンネル内	3.71	3.83	0.12
		3.83	3.84	0.01

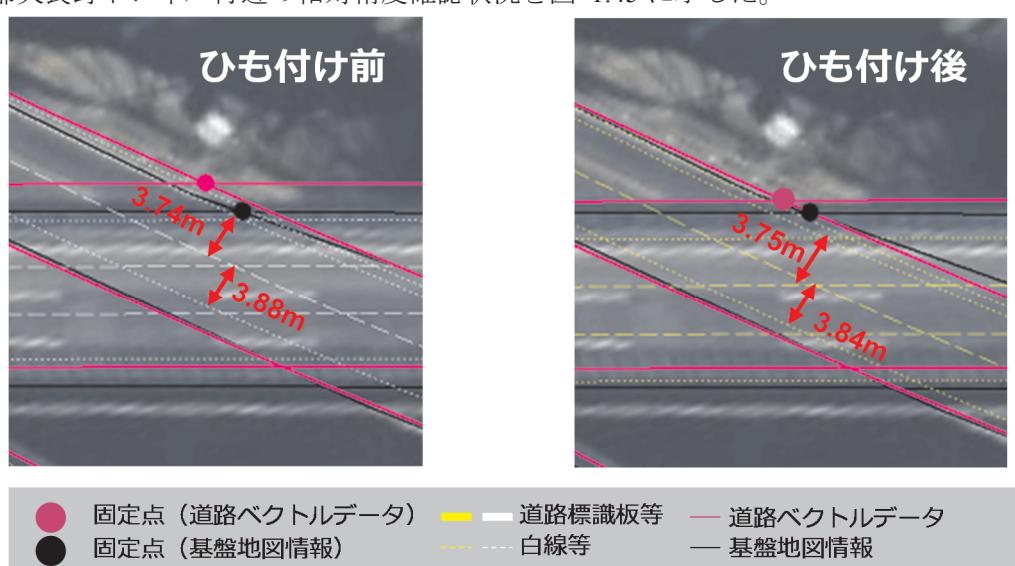
(1) レインボーブリッジ付近

レインボーブリッジ付近の相対精度確認状況を図 1.44 に示した。



(2) 新都夫良野トンネル付近

新都夫良野トンネル付近の相対精度確認状況を図 1.45 に示した。



(3) 吾妻山トンネル内

吾妻山トンネル内の相対精度確認状況を図 1.46 に示した。

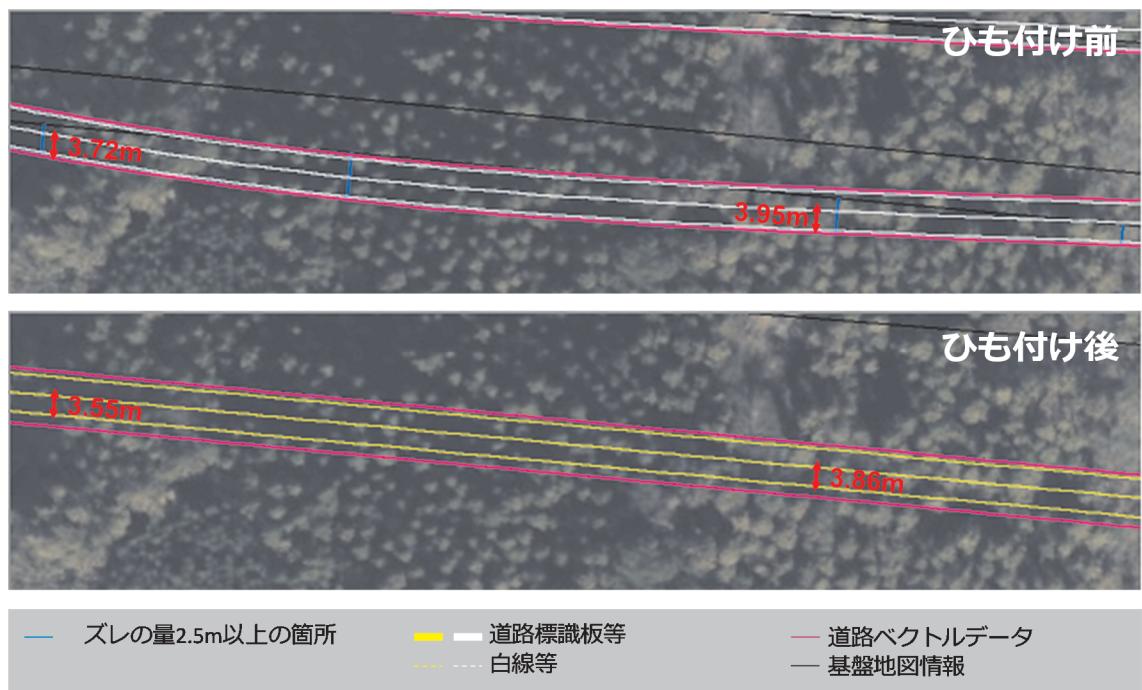


図 1.46 相対精度確認状況（吾妻山トンネル内）

出所) 国土地理院の地理院タイル（空中写真）に道路ベクトルデータ等を追記して掲載

(4) 和田島トンネル

和田島トンネル内の相対精度確認状況を図 1.47 に示した。

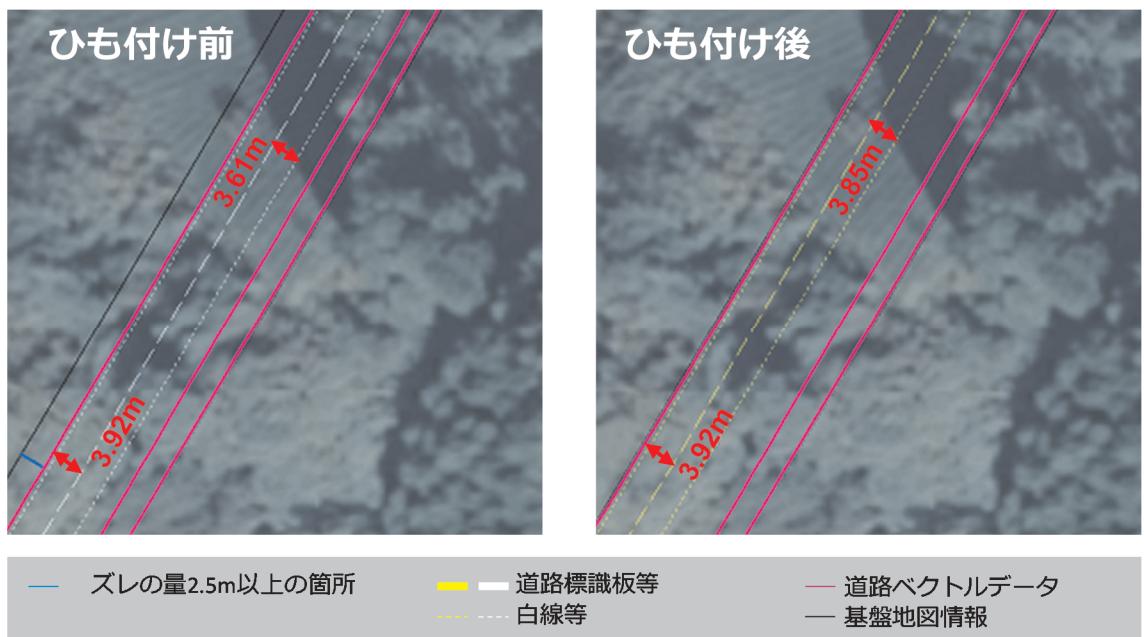


図 1.47 相対精度確認状況（和田島トンネル内）

出所) 国土地理院の地理院タイル（空中写真）に道路ベクトルデータ等を追記して掲載

(5) 富士川トンネル内

富士川トンネル内の相対精度確認状況を図 1.48 に示した。

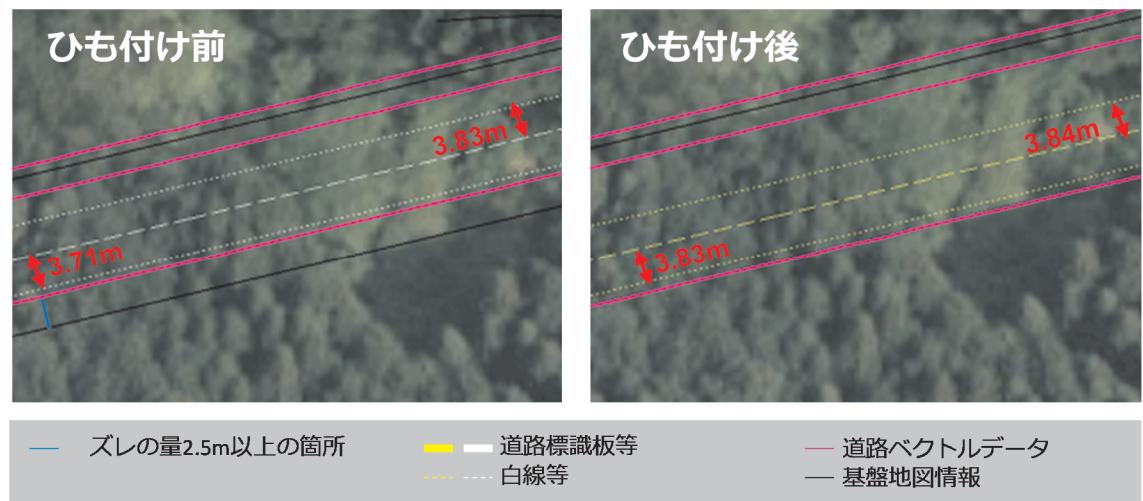


図 1.48 相対精度確認状況（富士川トンネル内）

出所) 国土地理院の地理院タイル（空中写真）に道路ベクトルデータ等を追記して掲載

2. 点群データの基盤地図情報へのひも付け手法の検討

「1 道路ベクトルデータのひも付け手法の検討」での検討過程及び結果を参考とし、点群データを基盤地図情報にひも付けるアルゴリズムについて検討を行った。本調査においては、「ダイナミックマップ」を整備した際に車載写真レーザ測量システム（以下「MMS」という。）で計測された三次元点群データについて検証した。検証にあたっては、三次元点群データから取得できる道路縁の形状を基準として、道路縁で内包される三次元点群データを基盤地図情報へひも付ける手法を検討した。なお、ひも付けの対象は水平方向のみとし、高さは考慮していない。

2.1 道路ベクトルデータと点群データの違いの整理

地理空間情報の特性として、データのフォーマットや形式、データ性質等の項目について道路ベクトルデータと点群データに分類し、道路ベクトルデータと点群データの違いを表2.1に整理した。

表 2.1 道路ベクトルデータと点群データの違い

違いの分類項目	道路ベクトルデータ	点群データ
データフォーマット	XML、Shape	CSV、Las 等
データの形式	点、線、面	点
データ容量	小	大
地物の分類	有り(路肩縁、白線、標識等)	無し
データの取得方法	点群データを使用し図化	MMS 計測による
データの位置精度	点群データに準拠	使用機器、計測仕様、周辺地形、計測時間帯による
データの性質	• 地物ごとにデータ分類されている	• 点群データには地物の情報が無い • 位置座標に加え、RGB(色)、Intensity(反射強度)

2.2 点群データの絶対精度の評価

三次元点群データの絶対精度の評価を行うため、三次元点群データから路肩縁及び道路縁の図化（約100m）を実施し（図2.1、図2.2、図2.3）、道路ベクトルデータ、基盤地図情報のそれぞれの位置を比較することで絶対精度を評価し、表2.2に整理した。

評価結果から下記の内容を確認した。

- 点群データから図化した路肩縁と道路ベクトルデータは整合している
- 道路ベクトルデータが存在している箇所では点群データの参考位置として道路ベクトルデータを利用できる
- 点群データから図化した道路縁と基盤地図情報は、基盤地図情報と道路ベクトルデータのズレの許容範囲で整合している

表 2.2 点群データの絶対精度の評価

No.	評価箇所	路肩縁とのズレの量(m)	道路縁のズレの量(m)
1	レインボーブリッジ付近	0.058	0.505
2	横浜町田 IC 付近	0.053	2.085
3	一般道(お台場周辺)	0.037	0.608

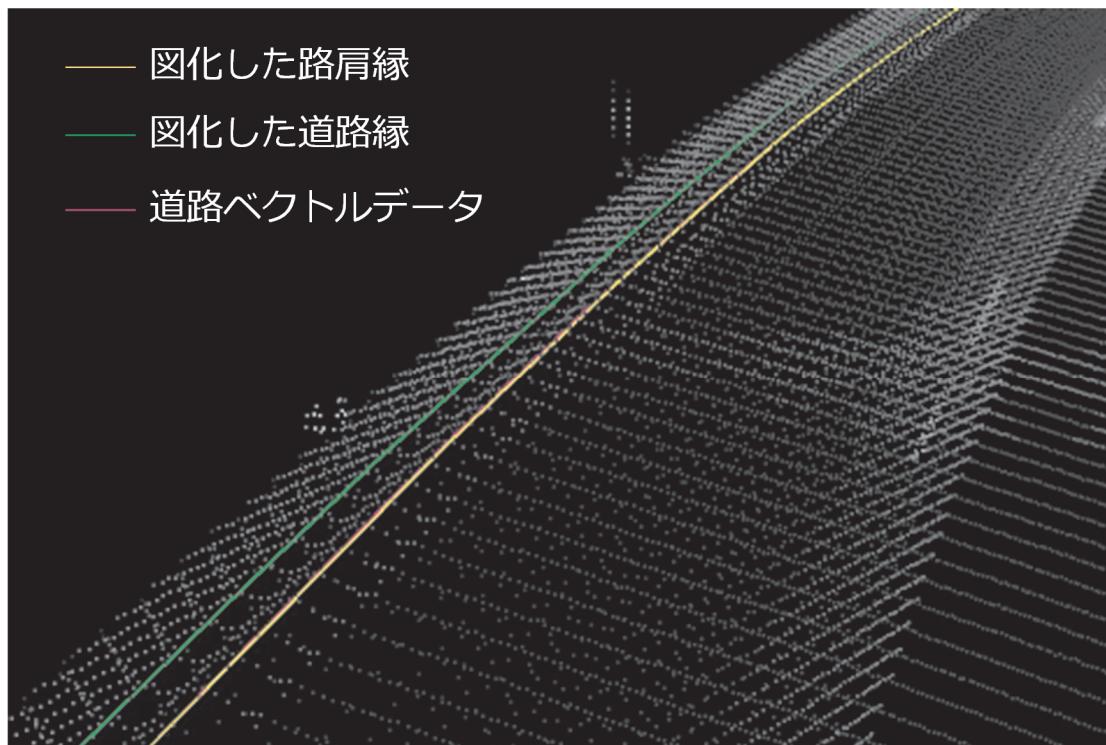


図 2.1 レインボーブリッジ付近の図化結果

出所) ダイナミックマップ® 整備時に取得した三次元点群データに道路ベクトルデータ等を追記して掲載

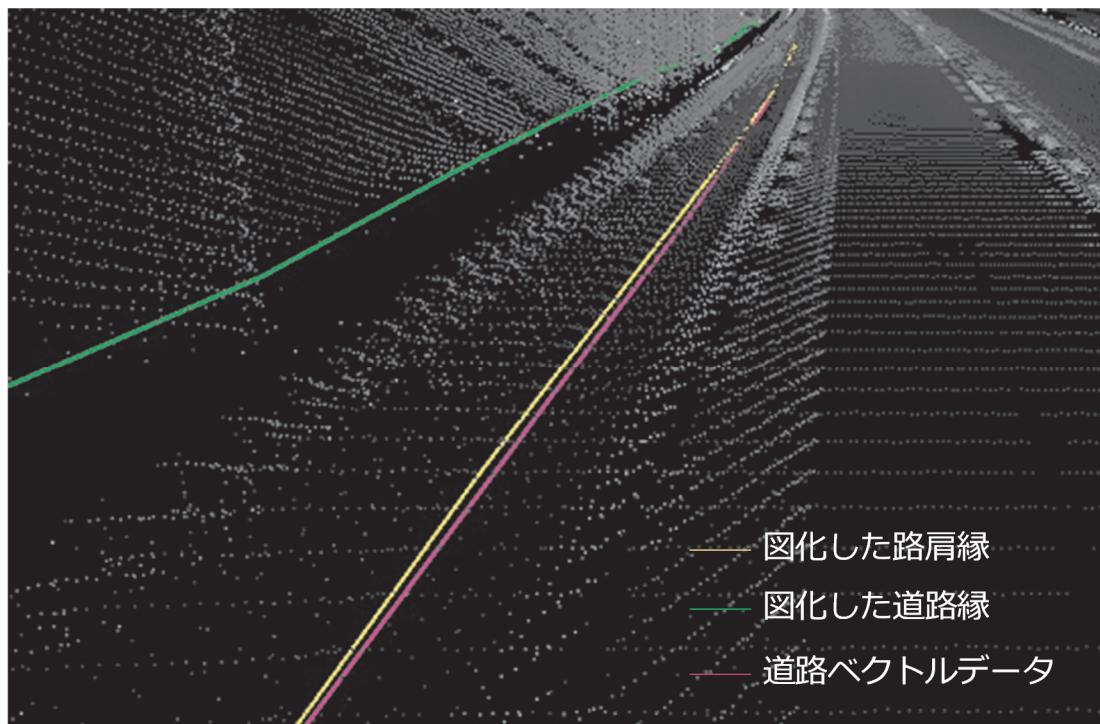


図 2.2 横浜町田 IC 付近の図化結果

出所) タイミックマップ® 整備時に取得した三次元点群データに道路ベクトルデータ等を追記して掲載

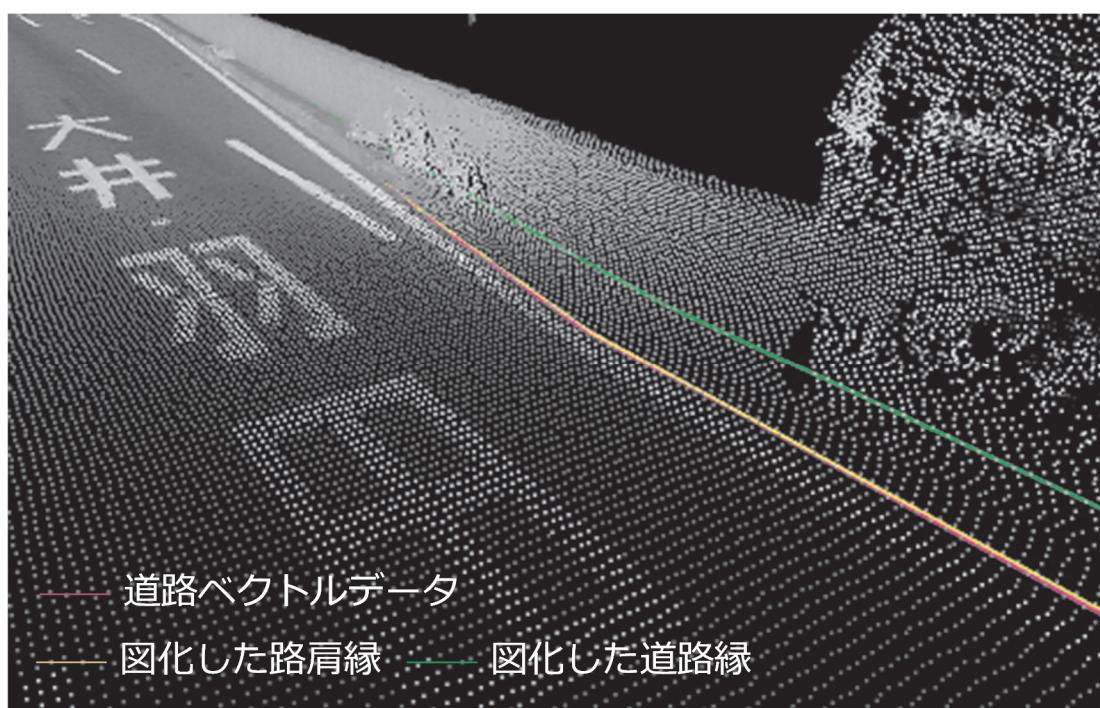


図 2.3 一般道（お台場周辺）

出所) タイミックマップ® 整備時に取得した三次元点群データに道路ベクトルデータ等を追記して掲載

2.3 検討過程で得られたノウハウを基にしたひも付け手法の方針検討

これまでの点群データの基盤地図情報へのひも付け手法の検討過程において得たノウハウから、下記の項目をひも付け手法の方針として設定した。

- 三次元点群データの基盤地図情報へのひも付けには道路ベクトルデータを活用できる
- 三次元点群データを用いて道路縁を図化することで基盤地図情報へのひも付けが可能である

これらに留意し、道路ベクトルデータのひも付け手法を参考に、点群データの基盤地図情報へのひも付け手法を「2.4 ひも付けのためのアルゴリズムの提案」に整理する。

2.4 ひも付けのためのアルゴリズムの提案

これまでの調査結果及び道路ベクトルデータのひも付け手法を参考に三次元点群データの基盤地図情報へのひも付け手法を図 2.4 に示した。

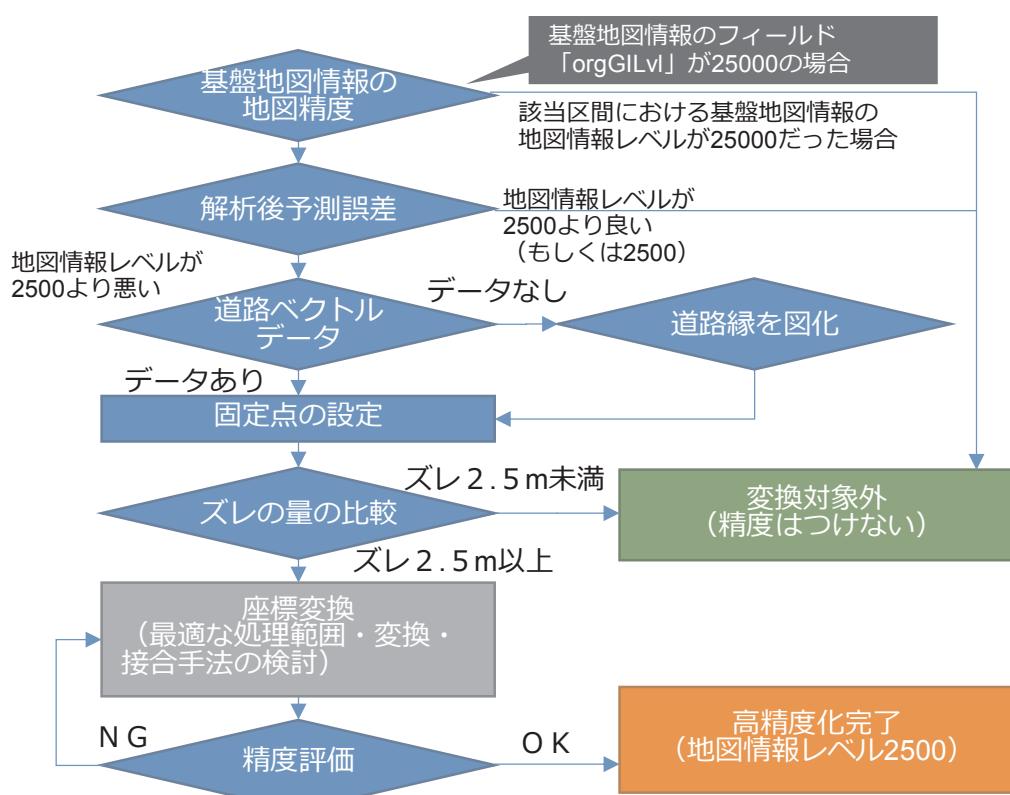


図 2.4 点群データを基盤地図情報にひも付けるアルゴリズム

2.4.1 基盤地図情報の地図精度

該当区間における基盤地図情報の地図情報レベルを確認する。25000 の場合は変換対象外とする。

2.4.2 解析後予測誤差

XY 軸方向の予測誤差が 2.5m 未満の場合は変換対象外とする。

2.4.3 道路ベクトルデータ

三次元点群データから取得できる道路縁の形状を基準とするため、該当する形状のデータが存在しない場合は、三次元点群データから道路縁を図化する（図 2.5、図 2.6、図 2.7）。

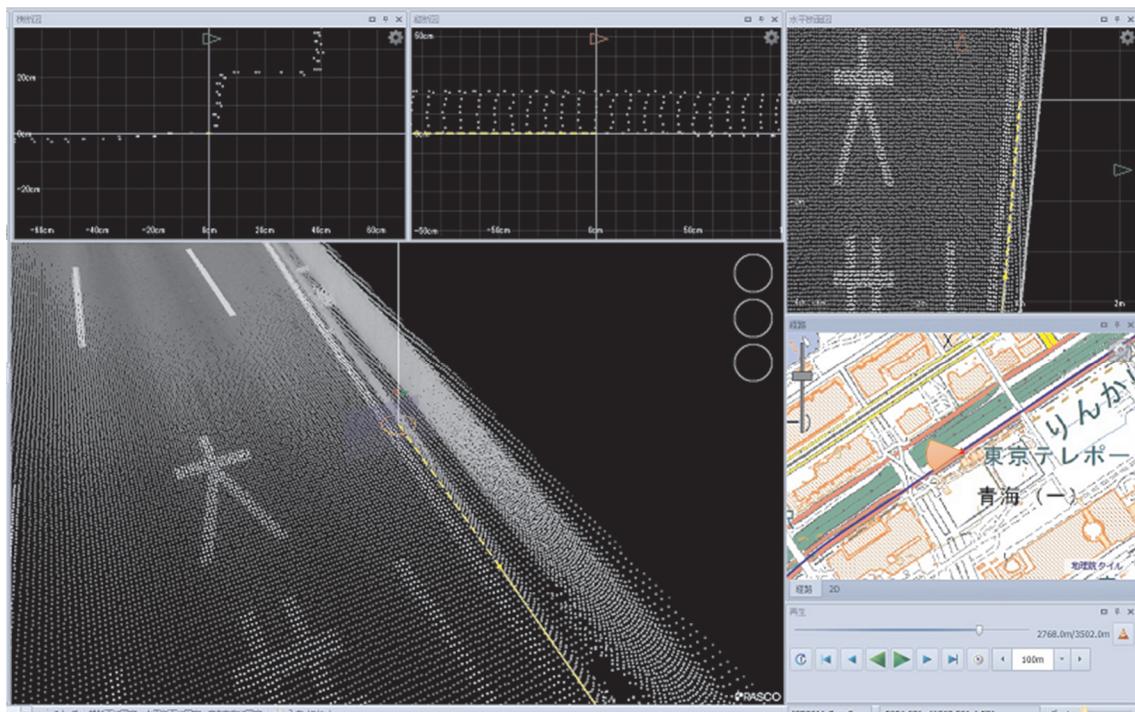


図 2.5 三次元点群データを用いた道路縁の図化状況（お台場付近）

出所）ダイナミックマップ整備時に取得した三次元点群データ

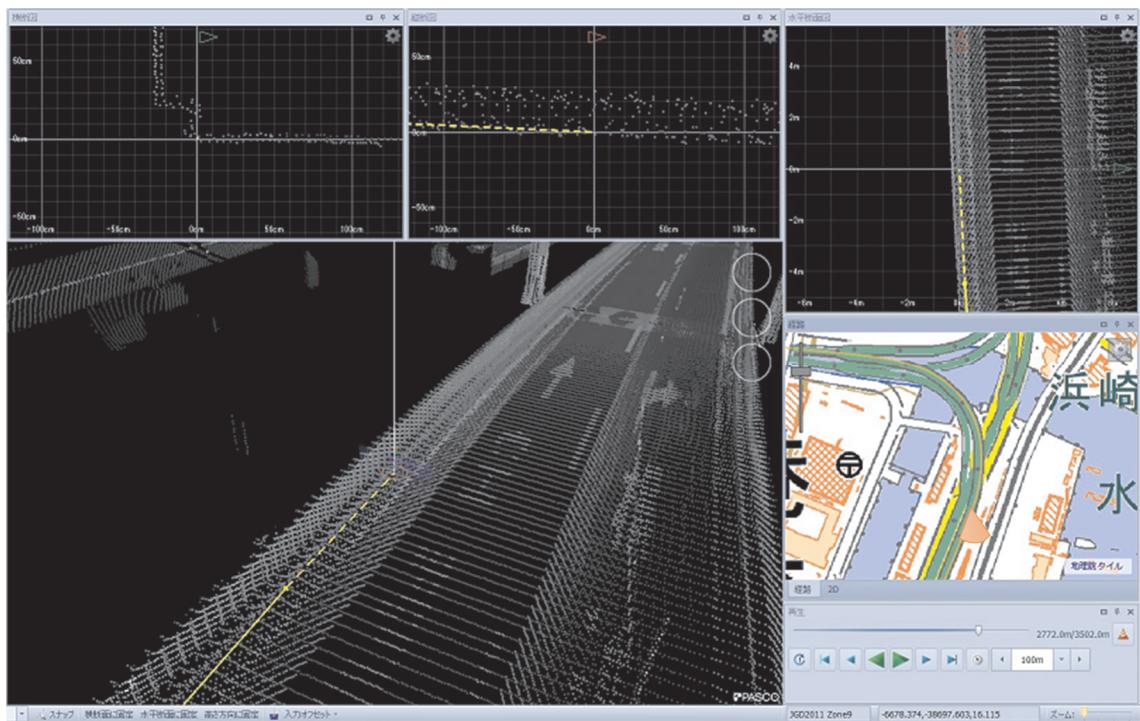


図 2.6 三次元点群データを用いた道路縁の図化状況（レインボーブリッジ付近）
出所) ダイナミックマップ整備時に取得した三次元点群データ

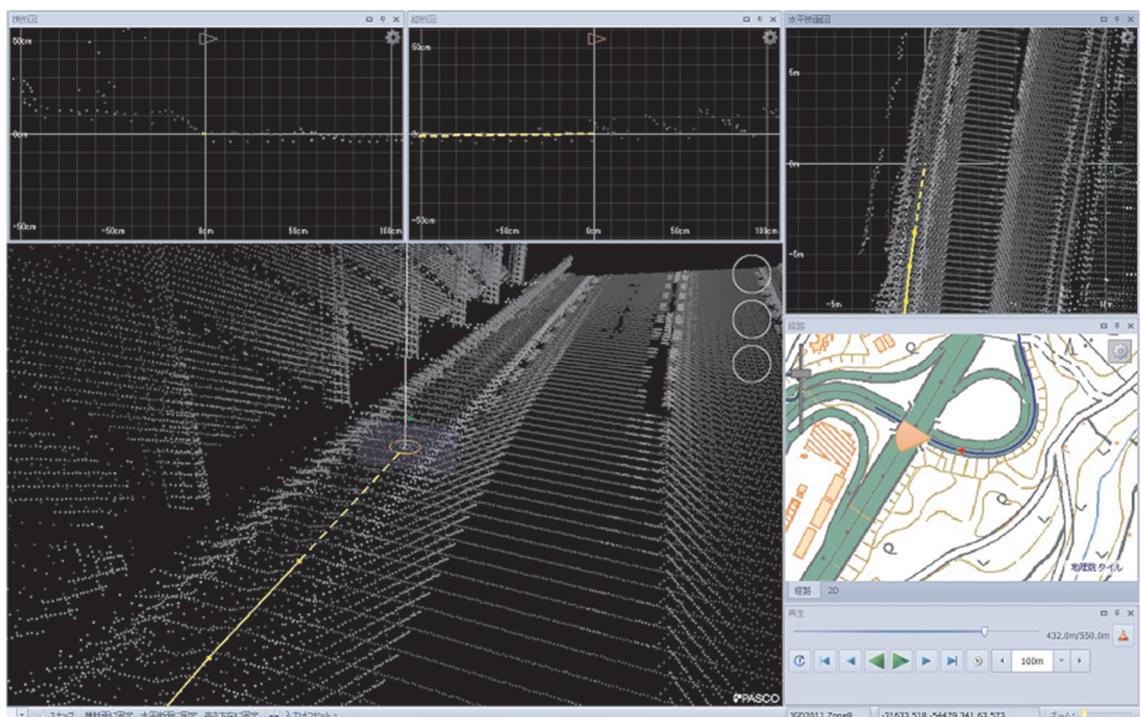


図 2.7 三次元点群データを用いた道路縁の図化状況（横浜町田 IC 付近）
出所) ダイナミックマップ整備時に取得した三次元点群データ

2.4.4 固定点の設定

道路ベクトルデータのひも付け手法と同様に、道路ベクトルデータと基盤地図情報について、同一地物（分岐点など）と判断できる地点を固定点として設定する（図 2.8）。

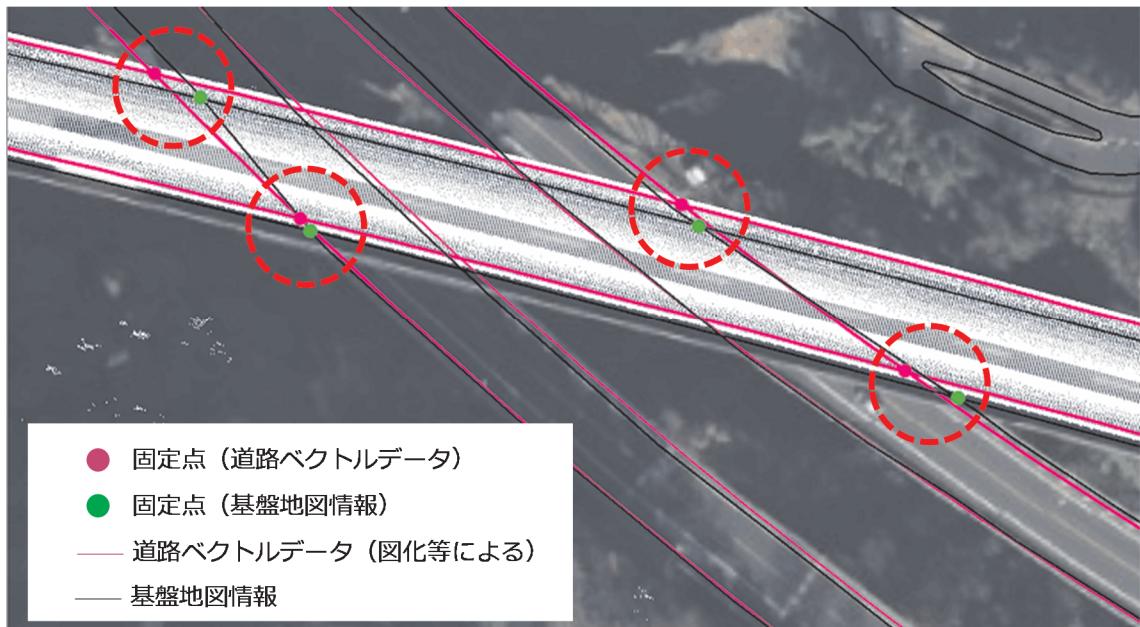


図 2.8 固定点の設定場面

出所) ダイミックマップ 整備時に取得した三次元点群データに道路ベクトルデータ等を追記して掲載

2.4.5 ズレの量の比較

道路ベクトルデータのひも付け手法と同様に、道路ベクトルデータと基盤地図情報の固定点間のズレの量を比較する。但し、固定点が取得できない地物については、図 1.12 に従いズレの量を比較する。

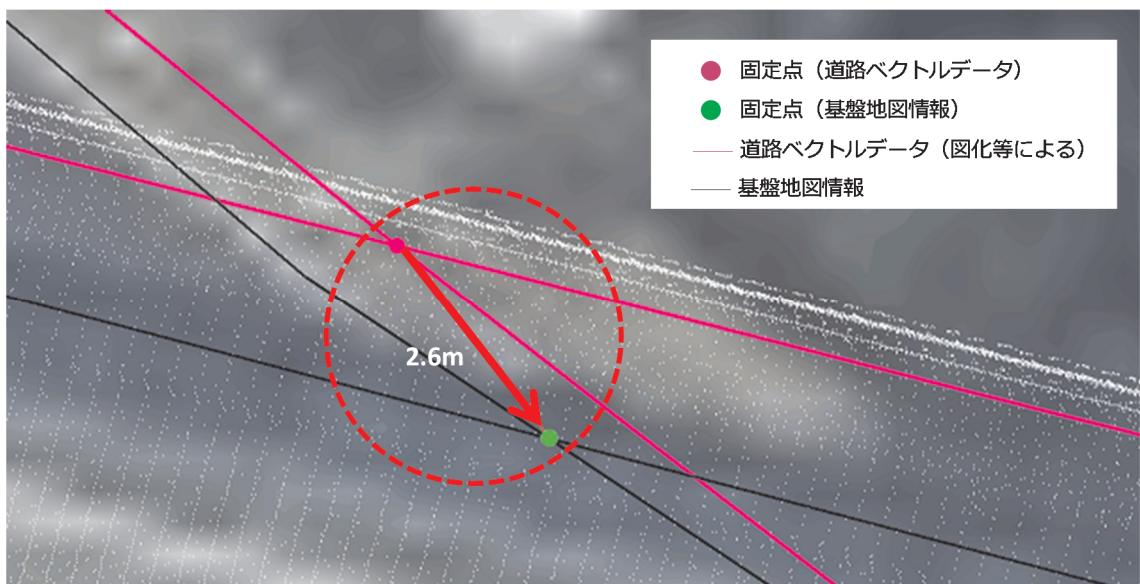


図 2.9 道路ベクトルデータと基盤地図情報のズレの量の比較

出所) ダイミックマップ 整備時に取得した三次元点群データに道路ベクトルデータ等を追記して掲載

2.4.6 座標変換

道路ベクトルデータのひも付け手法と同様に座標変換を行う。点群データは変換対象箇所をくり抜いてひも付け処理を行うため、図 2.10 のように変換対象と対象外の箇所にすき間が生じている。

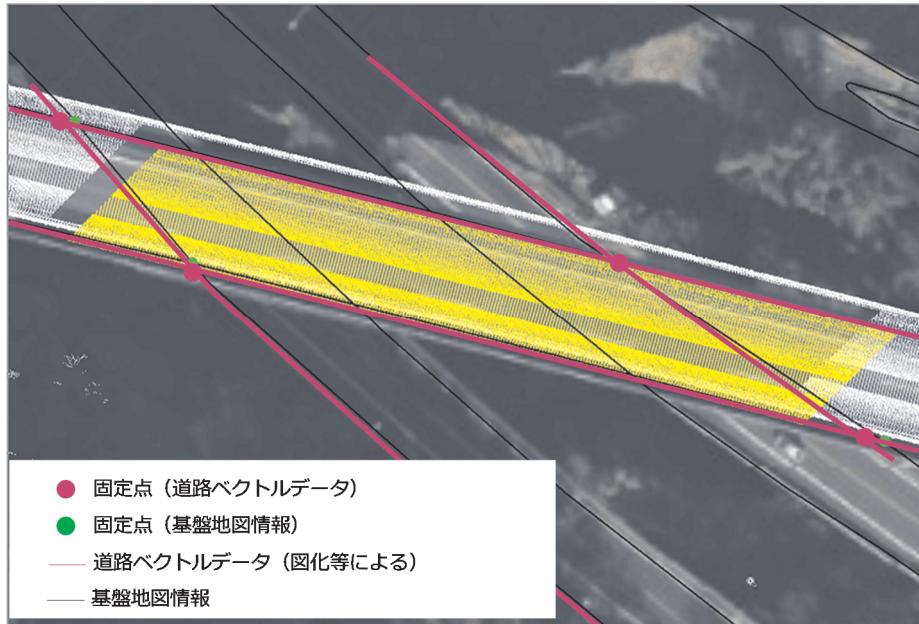


図 2.10 座標変換後のイメージ

出所) ダイナミックマップ 整備時に取得した三次元点群データに道路ベクトルデータ等を追記して掲載

2.4.7 精度評価

道路ベクトルデータと基盤地図情報とのズレ量を確認し、ズレの量が 2.5m 未満になるまで繰り返す。

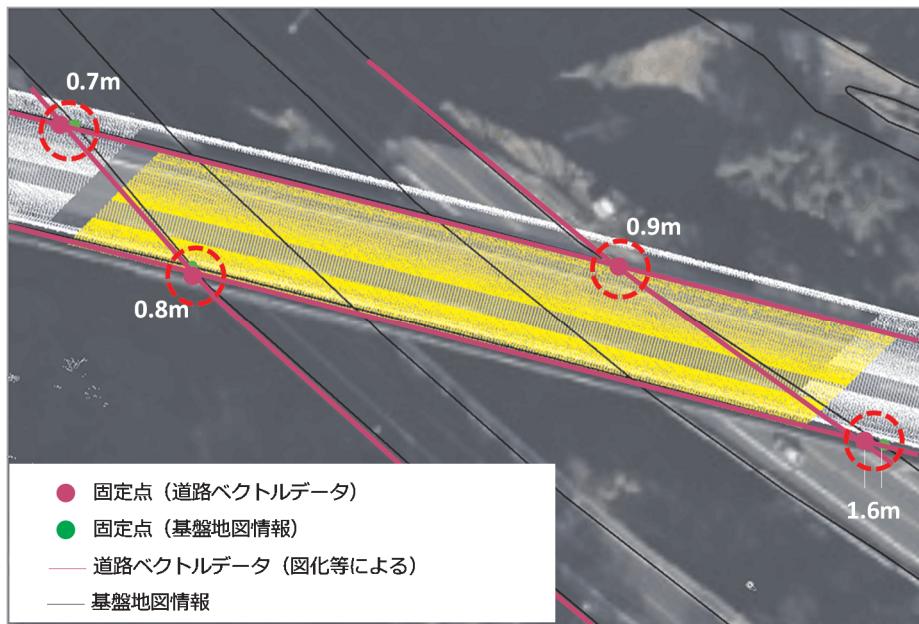


図 2.11 道路ベクトルデータと基盤地図情報とのズレの量の確認イメージ

出所) ダイナミックマップ 整備時に取得した三次元点群データに道路ベクトルデータ等を追記して掲載

3. まとめ

3.1 各章のまとめ

各章のまとめを以下に示す。

1章では、道路ベクトルデータのフォーマット変換を行い、基盤地図情報とのズレの量を計測することで、道路ベクトルデータの絶対精度の定量的な評価を行った。ズレの量の計測は、一般道、自動車専用道路を対象として道路ベクトルデータと基盤地図情報の固定点間距離を計測することにより実施した。その結果、自動車専用道路の6箇所以外は道路ベクトルデータと基盤地図情報がズレの量が2.5m未満で整合していることが確認できた。

ズレの量の調査結果を踏まえ、平成29年度ひも付け報告書で提案されたアルゴリズムを参考に、道路ベクトルデータを基盤地図情報にひも付ける最適なアルゴリズムの検討を行い、取りまとめた。

道路ベクトルデータを基盤地図情報にひも付ける最適なアルゴリズムに従って、道路ベクトルデータを基盤地図情報にひも付けるプログラム（位置整合プログラム）を作成した。

位置整合プログラムを用いて、ひも付け済みデータの作成と最適パラメータの設定を行った。

道路ベクトルデータのひも付け済みデータを利用して、ひも付け後の道路ベクトルデータと基盤地図情報のズレの量を評価した。評価の結果、道路ベクトルデータと基盤地図情報のズレの量が許容範囲（2.5m未満）に収まったことが確認できた。

2章では、1章の検討過程及び結果を参考とし、点群データを基盤地図情報にひも付けるアルゴリズムについて、下記の流れで検討を行った。

- ①道路ベクトルデータと点群データの違いを整理
- ②点群データの絶対精度の評価
- ③検討過程で得られたノウハウを基にしたひも付け手法の方針検討
- ④ひも付けのためのアルゴリズムの提案

道路ベクトルデータと点群データの違いは、データのフォーマットや形式、データ性質等の項目について道路ベクトルデータと点群データに分類し整理した。

点群データの絶対精度の評価では、三次元点群データから路肩縁及び道路縁の図化（約100m）を実施し、道路ベクトルデータ、基盤地図情報のそれぞれの位置を比較し絶対精度を評価した。その結果、点群データから図化した路肩縁と道路ベクトルデータの整合、及び点群データから図化した道路縁と基盤地図情報が基盤地図情報と道路ベクトルデータのズレの許容範囲で整合していることを確認した。

検討過程で得られたノウハウを基にしたひも付け手法の方針検討では、三次元点群データの基盤地図情報へのひも付けには道路ベクトルデータを活用できること、三次元点群データを用いて道路縁を図化することで基盤地図情報へのひも付けが可能であることをひも付け手法の方針として設定した。

これまでの調査結果及び道路ベクトルデータのひも付け手法を参考に三次元点群データの基盤地図情報へのひも付け手法を整理した。提案するアルゴリズムにおいては、道路ベクトルデータの有無、当該条件に伴う道路縁の図化をアルゴリズムに加えた。

3.2 今後の課題及び対応策案

3.2.1 フォーマット変換における課題

本調査において、ダイナミックマップの静的情報である白線、標識、路肩縁等の地物を「自動走行システム向け地図データ符号化仕様への提案（試作データ用符号化仕様）Ver.1.0」に基づき shape ファイルに変換するプログラム（以下「フォーマット変換プログラム」という。）を作成した。フォーマット変換プログラムは、地物の分類により shape ファイルに変換するものとなっているため、今後作成される道路ベクトルデータには、符号化仕様に示されない地物も含まれる可能性があることや、図形の種別（点・線・面 等）が異なったものが追加される可能性が考えられることから、符号化仕様が改訂された場合は、軽微な改良が必要となる可能性がある。

3.2.2 ズレの量の計測方法

本調査では、固定点を用いたズレの量の計測値を用いたひも付けを想定していたが、自動車専用道路上の固定点は抽出できる箇所が少ないという結果が得られている。従って、本調査でも採用した道路ベクトルデータの構成点から基盤地図情報への垂線の距離によるズレの量を検討に加えるなど、ズレの量の計測方法を整理するとともに、計測方法の採用条件（本調査では 1km あたり 10 点）について整理することが望ましい。

3.2.3 滑らかでない接合箇所の処理方法

「1.6 道路ベクトルデータのひも付け精度の定量的な評価」において、実際にひも付け作業を実施した道路ベクトルデータの評価を行った。その結果、「1.6.1(2) 新都心良野トンネル付近」において、接合箇所が滑らかでない箇所が確認できた（図 3.1）。当該箇所においては、ひも付け処理により「1.83m」のズレが発生し「1.37m」接合処理（処理区間）に示す接合処理を行っている。接合処理の対象箇所が 2.5m 以上となる場合においては、接合を行う端点の中間点で接合させるなど、実際のデータを利用しさらなる検証により滑らかでない接合箇所の処理方法を検討することが望ましい。

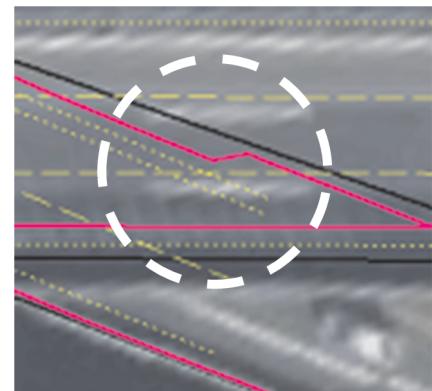


図 3.1 滑らかでない接合箇所の事例

3.2.4 点群データのひも付け

点群データの基盤地図情報へのひも付け手法の検討においては、道路ベクトルデータと点群データの違いの整理、絶対精度の評価等により、ひも付けのためのアルゴリズムの提案を行っているが、道路ベクトルデータのように、実際のデータを用いたデータ作成等による検証までは至っていない。従って、本調査で提案したひも付けのためのアルゴリズムを実際のデータに適用した検証の実施が必要である。

3.2.5 ひも付けた点群データのシームレスな利用

「2.4.6 座標変換」にて示したように、点群データの変換対象と対象外の箇所にすき間が生じることが確認されている。すき間が生じたデータでは、シームレスな利用という観点では課題となる。点群データと類似のデータ形式として画像データがある。画像データは、画面の拡大、縮小、回転、変形、解像度の変更などの操作を行うとき、元の画素値を用いて必要とされる新規の画素値を求めるべく、近傍にある画素値を参照して補間計算する画素補間法を利用することがある。この画素補間法には、ニアレストネイバー法、バイリニア法、バイキュービック法等がある。これらの補間手法により、ひも付け前後の点群データの間に生じたすき間を埋めることで、位置精度を高めた点群データとすき間を補間した点群データを、MMS 計測により取得した一つの点群データのように活用できる可能性があることから、点群データへの適用について検討することが望ましい。

4. 巻末資料

4.1 固定点のズレの量の一覧

固定点のズレの量の調査結果について、一般道の結果を表 4.1 に、自専道の結果を表 4.2 に示す。

表 4.1 固定点のズレの量 (一般道)

固定点 No	ズレの量 (m)	特徴的な区間	解析後予測誤差 (m)
0001	0.286	ビル間	0.011
0002	0.197	ビル間	0.012
0003	0.297	ビル間	0.009
0004	0.186	ビル間	0.009
0005	0.681	上空視界良好	2.137
0006	0.097	上空視界良好	0.006
0007	0.101	上空視界良好	0.006
0008	0.211	上空視界良好	0.006
0009	0.197	上空視界良好	0.006
0010	0.137	ビル間	0.007
0011	0.172	ビル間	0.007
0012	0.354	上空視界良好	0.007
0013	0.320	上空視界良好	0.007
0014	0.441	上空視界良好	0.007
0015	0.676	上空視界良好	0.007
0016	0.852	高架下	2.416
0017	0.167	上空視界良好	0.007
0018	0.145	高架下	0.066
0019	0.800	上空視界良好	0.212

固定点 No	ズレの量 (m)	特徴的な区間	解析後予測誤差 (m)
0020	0.318	上空視界良好	0.008
0021	1.160	上空視界良好	0.012
0022	1.508	上空視界良好	0.009
0023	0.639	上空視界良好	0.175
0024	0.566	上空視界良好	0.235
0025	0.062	上空視界良好	3.095
0026	0.151	上空視界良好	1.364
0027	0.255	上空視界良好	2.014
0028	0.149	上空視界良好	2.748
0029	0.526	上空視界良好	0.007
0030	0.047	上空視界良好	0.009
0031	0.082	ビル間	0.578
0032	0.199	ビル間	0.918
0033	0.476	上空視界良好	0.010
0034	0.236	上空視界良好	0.015
0035	0.356	上空視界良好	0.008
0036	0.242	上空視界良好	0.009
0037	0.215	上空視界良好	0.190
0038	0.113	上空視界良好	0.009
0039	0.683	上空視界良好	0.009
0040	0.213	上空視界良好	0.007
0041	0.135	上空視界良好	2.952

固定点 No	ズレの量 (m)	特徴的な区間	解析後予測誤差 (m)
0042	0.045	上空視界良好	0.009
0043	0.106	上空視界良好	0.006
0044	0.157	上空視界良好	0.007
0045	0.092	上空視界良好	0.010
0046	0.034	上空視界良好	0.010
0047	0.667	上空視界良好	-
0048	0.697	上空視界良好	-
0049	0.308	上空視界良好	-
0050	0.390	上空視界良好	-
0051	0.067	上空視界良好	-
0052	0.208	上空視界良好	-
0053	0.324	上空視界良好	-
0054	0.059	上空視界良好	-
0055	0.416	上空視界良好	-
0056	0.350	上空視界良好	-
0057	0.286	上空視界良好	0.006
0058	0.364	上空視界良好	0.067
0059	0.135	上空視界良好	0.008
0060	0.112	上空視界良好	0.447
0061	0.236	上空視界良好	0.016
0062	0.439	上空視界良好	0.012
0063	0.149	上空視界良好	0.011

固定点 No	ズレの量 (m)	特徴的な区間	解析後予測誤差 (m)
0064	0.303	上空視界良好	0.007
0065	0.524	上空視界良好	0.008
0066	0.063	上空視界良好	0.007
0067	0.088	上空視界良好	0.013
0068	0.480	上空視界良好	0.015
0069	0.251	上空視界良好	0.304
0070	0.287	上空視界良好	0.015
0071	0.245	上空視界良好	0.010
0072	0.520	上空視界良好	0.009
0073	0.376	上空視界良好	0.009
0074	1.095	上空視界良好	0.010
0075	1.074	上空視界良好	0.265
0076	0.833	上空視界良好	0.008
0077	1.218	上空視界良好	0.009
0078	1.397	上空視界良好	0.011
0079	0.569	上空視界良好	1.995
0080	0.181	上空視界良好	0.622
0081	0.137	上空視界良好	0.573
0082	0.062	上空視界良好	6.464
0083	0.407	上空視界良好	0.021
0084	0.060	上空視界良好	0.022
0085	0.121	上空視界良好	0.725

固定点 No	ズレの量 (m)	特徴的な区間	解析後予測誤差 (m)
0086	0.137	上空視界良好	0.261
0087	0.662	上空視界良好	0.212
0088	0.625	上空視界良好	0.163
0089	0.656	上空視界良好	0.008
0090	0.127	上空視界良好	0.011
0091	1.663	上空視界良好	0.732
0092	0.541	上空視界良好	0.007
0093	1.088	上空視界良好	0.008
0094	0.389	上空視界良好	0.008
0095	0.593	上空視界良好	0.009
0096	0.341	上空視界良好	0.018
0097	0.402	上空視界良好	0.011
0098	0.111	上空視界良好	0.948
0099	0.236	上空視界良好	3.641
0100	0.381	ビル間	0.907
0101	0.281	ビル間	0.013
0102	0.314	ビル間	2.002
0103	0.244	ビル間	0.013
0104	0.067	ビル間	0.509
0105	0.127	ビル間	0.014
0106	0.144	ビル間	0.008
0107	0.064	ビル間	0.729

固定点 No	ズレの量 (m)	特徴的な区間	解析後予測誤差 (m)
0108	0.164	ビル間	0.013
0109	0.102	ビル間	0.116
0110	0.118	ビル間	2.452
0111	0.159	ビル間	0.617
0112	0.485	ビル間	3.607
0113	0.538	ビル間	3.063
0114	0.446	ビル間	3.395
0115	0.163	ビル間	0.215
0116	0.059	ビル間	6.551
0117	0.084	上空視界良好	-
0118	0.151	上空視界良好	-
0119	0.570	上空視界良好	-
0120	0.533	上空視界良好	0.010
0121	0.095	上空視界良好	0.018
0122	0.598	上空視界良好	0.006
0123	0.312	上空視界良好	0.016
0124	0.251	上空視界良好	-
0125	0.249	高架下	0.044
0126	0.160	高架下	0.006
0127	0.372	上空視界良好	0.014
0128	0.623	上空視界良好	0.009
0129	0.532	上空視界良好	0.012

固定点 No	ズレの量 (m)	特徴的な区間	解析後予測誤差 (m)
0130	0.181	上空視界良好	0.012
0131	0.216	上空視界良好	0.008
0132	0.069	上空視界良好	0.008
0133	0.063	上空視界良好	0.010
0134	0.151	上空視界良好	0.006
0135	0.323	上空視界良好	0.008
0136	0.078	上空視界良好	0.009
0137	0.061	上空視界良好	0.009
0138	0.917	上空視界良好	0.009
0139	0.542	上空視界良好	0.006
0140	0.890	上空視界良好	0.008
0141	0.841	上空視界良好	0.008
0142	0.597	上空視界良好	0.009
0143	0.712	上空視界良好	0.009
0144	0.962	上空視界良好	0.008
0145	0.714	上空視界良好	0.008
0146	0.780	上空視界良好	0.008
0147	0.985	上空視界良好	0.009
0148	0.716	上空視界良好	0.006
0149	0.325	上空視界良好	0.007
0150	0.146	上空視界良好	0.008
0151	0.852	上空視界良好	0.009

固定点 No	ズレの量 (m)	特徴的な区間	解析後予測誤差 (m)
0152	0.029	上空視界良好	0.008
0153	0.614	上空視界良好	0.055
0154	0.532	上空視界良好	0.105
0155	0.547	上空視界良好	0.010
0156	0.184	上空視界良好	0.006
0157	0.078	上空視界良好	0.011

表 4.2 固定点のズレの量 (自動車専用道路)

固定点 No	ズレの量 (m)	特徴的な区間	解析後予測誤差 (m)
1001	1.784	トンネル内	0.004
1002	1.894	トンネル内	0.253
1003	1.009	トンネル内	0.168
1004	1.454	トンネル内	0.005
1005	1.913	トンネル内	0.001
1006	1.143	トンネル内	0.332
1007	0.339	トンネル内	0.109
1008	0.967	トンネル内	0.961
1009	0.904	トンネル内	0.006
1010	0.738	トンネル内	1.120
1011	0.671	トンネル内	0.580
1012	0.522	トンネル内	0.004
1013	0.729	トンネル内	0.003
1014	0.482	トンネル内	0.707

固定点 No	ズレの量 (m)	特徴的な区間	解析後予測誤差 (m)
1015	1.657	トンネル内	0.004
1016	1.764	トンネル内	0.554
1017	0.856	トンネル内	0.003
1018	0.918	トンネル内	0.096
1019	1.636	トンネル内	0.002
1020	1.157	トンネル内	0.095
1021	0.626	トンネル内	0.113
1022	1.364	トンネル内	0.004
1023	0.642	トンネル内	0.004
1024	0.930	トンネル内	0.118
1025	0.546	トンネル内	0.003
1026	0.628	トンネル内	0.144
1027	0.316	トンネル内	0.002
1028	0.102	トンネル内	0.136
1029	0.327	トンネル内	0.003
1030	0.903	トンネル内	0.138
1031	0.913	トンネル内	0.426
1032	0.010	トンネル内	0.363
1033	1.182	トンネル内	0.387
1034	0.459	トンネル内	0.258
1035	0.872	トンネル内	0.106
1036	0.927	トンネル内	0.002

固定点 No	ズレの量 (m)	特徴的な区間	解析後予測誤差 (m)
1037	0.672	トンネル内	0.004
1038	0.434	トンネル内	0.111
1039	0.063	トンネル内	0.151
1040	0.536	トンネル内	0.251
1041	0.739	トンネル内	0.232
1042	0.739	トンネル内	0.136
1043	0.183	トンネル内	0.133
1044	0.910	トンネル内	0.003
1045	1.651	トンネル内	0.002
1046	1.074	トンネル内	0.124
1047	1.441	トンネル内	0.124
1048	0.320	高架下	0.001
1049	0.379	高架下	0.001
1050	0.156	高架下	0.001
1051	0.502	高架下	0.011
1052	2.345	高架下	0.003
1053	0.385	高架下	0.001
1054	0.435	高架下	0.012
1055	0.627	高架下	0.001
1056	1.029	トンネル内	0.001
1057	0.253	山間部	0.001
1059	1.622	山間部	0.001

固定点 No	ズレの量 (m)	特徴的な区間	解析後予測誤差 (m)
1060	2.205	山間部	0.001
1061	0.171	トンネル内	0.340
1062	0.102	トンネル内	0.222
1063	0.081	トンネル内	0.792
1064	0.529	トンネル内	0.675
1065	2.133	高架下	0.028
1066	3.720	高架下	0.918
1067	0.618	高架下	0.001
1068	1.281	高架下	0.001
1069	0.481	高架下	0.010
1070	0.614	高架下	0.004
1071	0.706	高架下	0.001
1072	0.357	高架下	0.003
1073	2.397	高架下	0.727
1074	1.366	高架下	0.001
1075	1.363	高架下	0.001
1076	0.689	高架下	0.004
1077	1.301	高架下	0.001
1078	0.455	上空視界良好	0.002
1079	0.379	上空視界良好	0.002
1080	0.507	上空視界良好	0.001
1081	0.376	上空視界良好	0.001

固定点 No	ズレの量 (m)	特徴的な区間	解析後予測誤差 (m)
1082	0.072	上空視界良好	0.001
1083	0.123	上空視界良好	0.001
1084	0.567	上空視界良好	0.008
1085	1.177	ビル間	0.001
1086	0.965	上空視界良好	0.001
1087	0.986	上空視界良好	0.009
1088	0.441	上空視界良好	0.241
1089	0.452	ビル間	0.001
1090	0.076	ビル間	0.007
1091	0.341	ビル間	0.001
1092	0.285	ビル間	0.006
1093	0.620	上空視界良好	0.001
1094	0.728	ビル間	0.063
1095	0.178	ビル間	0.035
1096	0.577	高架下	0.001
1097	0.828	高架下	0.004
1098	0.464	上空視界良好	0.001
1099	0.518	上空視界良好	0.001
1100	0.283	上空視界良好	0.001
1101	2.556	上空視界良好	0.001
1102	1.833	高架下	0.001
1103	0.622	高架下	0.001

固定点 No	ズレの量 (m)	特徴的な区間	解析後予測誤差 (m)
1104	0.204	上空視界良好	0.007
1105	1.016	上空視界良好	0.002
1106	0.301	上空視界良好	0.001
1107	0.994	上空視界良好	0.001
1108	2.395	高架下	0.001
1109	0.689	上空視界良好	0.001
1110	1.635	上空視界良好	0.001
1111	0.745	上空視界良好	0.036
1112	0.501	高架下	0.001
1113	0.967	ビル間	0.002
1114	0.671	ビル間	0.001
1115	0.842	上空視界良好	0.002
1116	0.929	上空視界良好	0.001
1117	0.617	上空視界良好	0.001
1118	1.229	上空視界良好	0.001
1119	0.780	高架下	0.001
1120	1.036	高架下	0.001
1121	1.184	高架下	0.001
1122	0.589	上空視界良好	0.001
1123	0.731	上空視界良好	0.001
1124	0.876	上空視界良好	0.001
1125	0.969	上空視界良好	0.001

固定点 No	ズレの量 (m)	特徴的な区間	解析後予測誤差 (m)
1126	0.304	上空視界良好	0.001
1127	1.535	上空視界良好	0.001
1128	0.719	上空視界良好	0.001
1129	0.720	上空視界良好	0.200
1130	0.599	上空視界良好	0.001
1131	0.632	上空視界良好	0.001
1132	0.913	上空視界良好	0.001
1133	0.798	上空視界良好	0.001
1134	1.165	上空視界良好	0.001
1135	1.276	上空視界良好	0.001
1136	1.507	上空視界良好	-
1137	0.216	上空視界良好	-
1138	1.174	上空視界良好	-
1139	0.272	上空視界良好	-
1140	0.398	上空視界良好	-
1141	1.533	上空視界良好	-
1142	1.259	上空視界良好	0.001
1143	0.978	上空視界良好	0.001
1144	0.663	上空視界良好	0.001
1145	0.683	上空視界良好	0.001
1146	0.330	上空視界良好	0.001
1147	0.905	上空視界良好	0.001

固定点 No	ズレの量 (m)	特徴的な区間	解析後予測誤差 (m)
1148	0.635	上空視界良好	0.199
1149	0.714	上空視界良好	0.001
1150	1.051	上空視界良好	0.001
1151	0.361	上空視界良好	-

4.2 用語集

用語の名称	用語の解説
解析後予測誤差	MMS の自己位置姿勢解析を行った際に算出される自己位置の推定誤差量をいう。
道路ベクトルデータ(ダイナミックマップ基盤的)地図	自動車の自動運転を支援するダイナミックマップは、高精度 3 次元地図情報と、様々な主体が所有し時間とともに変化する位置特定可能な動的データ(動的情報、準動的情報、準静的情報)とをひも付けルールを定めることにより、整合的に活用する、という概念をいう。ダイナミックマップ基盤的)地図は、これらの基盤となる高精度 3 次元地図情報をいう。 MMS 点群から作成されたベクトルデータであり、取得している地物の特徴として、道路縁ではなく路肩縁を採用していることがあげられる。 出所) 第30回 SIP 自動走行システム推進委員会 資料 ウェブサイト, http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/iinkai/jidousoukou_30/siryo30-2-1-1.pdf 2018年3月11日 取得
ひも付け(整合)	絶対的な位置情報をもつ地理空間情報と基盤地図情報のズレを分析し、ズレの度合いに応じて座標変換等の手法を施すことにより、両者を重ね合わせて利用できるようにすることをいう。
固定点	道路ベクトルデータと基盤地図情報について、同一地物(分岐点など)と判断できる地点をいう。