

## (76) 車線単位の道路交通分析に適した 大縮尺道路地図に関する一考察

田中 拓也<sup>1</sup>・今井 龍一<sup>2</sup>・谷口 寿俊<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生会員 東京都市大学大学院 工学研究科 都市工学専攻 (〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1)

E-mail:g1781709@tcu.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 東京都市大学 准教授 工学部 都市工学科 (〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1)

E-mail:imair@tcu.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 青山学院大学附置情報メディアセンター (〒252-5258 神奈川県相模原市中央区淵野辺 5-10-1)

E-mail:taniguchi@aim.aoyama.ac.jp

近い将来、走行車線が識別できる測位精度の高いプローブデータの取得が可能となり、道路交通分析への高次利用が期待される。車線単位の道路交通分析の実現には、プローブデータに加えて、車線ネットワークデータで構成された大縮尺道路地図が必要となる。しかし、既存の大縮尺道路地図は経路案内等の走行支援サービスの用途に主眼が置かれており、道路交通分析に適しているかは明らかにされていない。

本研究では、現行の道路交通分析のユースケースの調査結果を基に、車線単位の道路交通分析のユースケースを具体化し、大縮尺道路地図の要件や対応策を考察した。さらに、考察した対応策に基づいて既存の大縮尺道路地図を拡充し、高精度プローブおよび大縮尺道路地図を用いたケーススタディを実施した。

**Key Words:** lane network data, road traffic analysis, large scale road map, probe data

### 1. はじめに

自動車の移動軌跡であるプローブデータは、10~20m程度の測位誤差を含んでいるが、走行した道路は特定できる。現行の道路交通分析では、プローブデータおよびノードとリンクとで構成された道路ネットワークデータ（以下、「ネットワーク」という。）が用いられている。自動運転技術の発展や準天頂衛星システムの運用開始に伴って測位精度が向上すると、走行車線を識別できるプローブデータ（以下、「高精度プローブ」という。）が取得できると予想される。その特長を活かして道路交通分析を実施するには、高精度な車線ネットワークデータを含む大縮尺道路地図が必要となる。既存の車線ネットワークデータとしては、高度 DRM データベース<sup>1)</sup>（以下、「高度 DRM」という。）、ダイナミックマップ<sup>2)</sup>や大縮尺道路地図の調製・更新手法<sup>3)</sup>が提案されている（以下、これらを「大縮尺道路地図」と総称する。）。既存の大縮尺道路地図は、経路案内等の走行支援サービスの用途に主眼が置かれているため、道路交通分析の要件を満足しているかはわからない。既存研究では、多様な交通モードの分析基盤としてメッシュ分割された地図が提案されている<sup>4)</sup>。しかし、高精度プローブを用いた

車線単位の道路交通分析に適した大縮尺道路地図の要件定義には至っていない。

以上より、本研究の目的を高精度プローブを用いた車線単位の道路交通分析に適した大縮尺道路地図の要件の導出とした。本研究では、まず、プローブデータの動向および道路地図の仕様を調査する。次に、高精度プローブおよび大縮尺道路地図を用いた道路交通分析のユースケースを抽出する。それらの結果から、大縮尺道路地図の要件の導出および要件に対する既存の大縮尺道路地図の満足度を確認する。また、満足していない要件への対応策を考察する。最後に、対応策に則して高度 DRM を拡充し、高精度プローブと大縮尺道路地図を用いたケーススタディの実施により大縮尺道路地図の要件および対応策の有用性を検証する。

### 2. プローブデータの動向及び道路地図の仕様の調査

本研究は、プローブデータの動向および道路地図の仕様を調査した。

### (1) プローブデータの動向調査

本研究では、現行の道路交通分析に利用されているプローブデータの仕様および将来取得される高精度プローブの特徴を調査した。調査結果より、プローブデータは走行履歴と挙動履歴とに大別される。走行履歴には経緯度、時刻、速度および高度等、挙動履歴には加速度、進行方向およびヨー角速度等が含まれている<sup>4)</sup>。現状のプローブデータは、経緯度に10~20m程度の測位誤差が発生するが、準天頂衛星システムの運用によって、取得される経緯度・高さの測位精度が数cm~1mに向上することが見込まれる<sup>5)</sup>。将来、車線毎に道路交通分析ができるかと予測されるが、走行車線の特定には車線ネットワークデータが必要になることが想定される。

### (2) 道路地図の仕様の調査

本研究では、車線ネットワークデータを有する大縮尺道路地図に加え、現行の道路交通分析で利用されているデジタル道路地図<sup>6)</sup>（以下、「DRM」という。）の仕様を調査した。調査結果より、車線ネットワークデータを有している道路地図は、高度DRM<sup>7)</sup>、ダイナミックマップ<sup>2)</sup>および道路構造データ<sup>3)</sup>であることを確認した。

## 3. 高精度プローブ及び大縮尺道路地図を用いた道路交通分析のユースケースの抽出

本研究では、自動車のプローブデータを用いた道路交通分析の事例<sup>7)</sup>を調査し、現行の道路交通分析をユースケースとして施策の分野<sup>8)</sup>毎に整理した。また、道路管理者や道路交通分析者と意見交換を重ねて、高精度プローブおよび大縮尺道路地図を用いた道路交通分析のユースケースを抽出した（表-1 参照）。表-1 に示すように、現地調査および既存の道路地図の編集によって作業負荷がかかっている車線変更箇所および交差点の進行方向等の分析をユースケースとして抽出できた。加えて、意見交換の結果より、道路交通分析の高度化および分析者の作業負荷の低減への期待が高いことを確認できた。

## 4. 大縮尺道路地図の要件及び対応策の考察

本研究では、前章の結果を踏まえ、ユースケースの実現に必要な大縮尺道路地図の要件を導出した。本稿では、既存の大縮尺道路地図の高度DRMを対象として、仕様を基に満足度を評価した（表-2 参照）。さらに、満足度が条件付きの要件を対象に対応策を考察した。

表-1 道路交通分析のユースケース

施策の分野	現行の道路交通分析のユースケース	高精度プローブと大縮尺道路地図を用いた道路交通分析のユースケース	
道路交通の円滑化	ボトルネックの分析	・渋滞発生区間の把握 ・区間単位の渋滞延長距離の把握 ・区間単位の損失時間の把握	・車線別の渋滞延長距離の把握 ・渋滞多発車線の把握 ・ボトルネックによる渋滞発生箇所の特 ・渋滞発生箇所の特
	道路整備効果の把握	・高規格道路供用前後における交通実態の把握	・交差点における右折帯延伸効果の把握 ・道路の幅による渋滞解消効果の把握 ・道路整備による車線別の旅行時間の把握
	交通の現状の把握	・交通実態の把握	・車線別の旅行時間の把握 ・車線別の走行速度低下箇所の特定
物流の効率化・大型車の通行適正化	時間信頼性の分析	・速度低下発生箇所の把握	・車線別の損失時間の把握
	走行経路の把握	・区間単位の走行経路の把握 ・物流専用用途別の走行経路の把握 ・ネットワークの利用者特性	・車線別の走行経路の把握
安全・安心の向上	適正通行による道路構造の保全	・抜け道道路の特定 ・抜け道道路における事故発生状況の分析	・車線別の通行実績による路面標示や舗装等の劣化状況の把握
	交通安全対策	・危険挙動の発生回数 ・危険挙動の発生地点の抽出	・車線別のヒヤリハット発生箇所の特 ・車線変更箇所の把握 ・不慣れな人による車線別のヒヤリハット発生地点の把握
	気象条件による交通挙動分析	・冬季における利用経路の把握 ・路面凍結時における区間別の危険挙動発生箇所の抽出	・昼夜別の車線別の危険挙動発生箇所の抽出 ・路面凍結時における車線別の危険挙動発生箇所の抽出 ・雨天時における車線別の危険挙動発生箇所の抽出
その他	災害対策	・震災前後における交通サービス状況の分析	・震災後の走行実績分析（通れたマップの高度化による分析）
	交通実態の分析	・ネットワークの可視化	・路上駐車発生箇所の把握 ・路上駐車発生時間の把握
	走行状況の把握	・路上工事が交通に及ぼす影響の分析	・路上工事の影響による車線変更の交通挙動の分析
	環境対策	・CO2排出量の分析	・CO2排出量の高度な分析

表-2 大縮尺道路地図の要件及び対応策

No.	満足度	大縮尺道路地図の要件	対応策
1	○ (満足)	マップマッチング処理で利用できること	—
2		他のネットワークと相互利用できること	—
3		交通調査基本区間と関連付けられること	—
4	△ (条件付き満足)	現行の分析で利用しているリンク・区間の単位を踏襲し、分析者が指定するリンク・区間に分割できること	分析に適したリンク(区間)およびノード
5		DRMリンクと交通調査基本区間に対して車線単位の走行・挙動を集計できること	他の区間と関連付けられたリンク・ノード
6		面地物を含む大縮尺道路地図(車道、車線、歩道、横断歩道等)や矩形のポリゴン単位で走行・挙動履歴を集計できること	リンクIDを付与した地物
7		道路管理に必要な地物(案内標識等)と関連付けられていること	リンクIDを付与した地物
8		進行方向を区別できること	分析に適したリンクまたはノードに付与された属性
9		動的なリンク長(リアルタイムな渋滞長)を表現できること	リアルタイム処理に適したリンク

### (1) 大縮尺道路地図の要件の満足度

本研究では、大縮尺道路地図の要件に対する高度DRMの満足度を確認した。表-2のNo.1~3の要件は満足しているとした。高度DRMは、DRMと共通のリンクIDを有しているため、DRMを介すると他のネットワークとも相互利用できる。また、リンクを用いるとマップマッチングもできる。

表-2の残りの要件は、条件付きで満足しているとした。高度DRMは、車道や車線に面形状が定義されていないが、他の大縮尺道路地図の地物と関連付けると、道路構造別にプローブデータを集計することができると考えられる。また、現行のリンク分割やノードに付与されている進行方向は道路交通分析に適しているかは現時点では明らかになっていないため、分析で利用するには編

集が伴う可能性がある。

## (2) 道路交通分析に適した地物（対応策）の考察

本節では、表-2 の条件付き満足の要件を対象に対応策の方向性を考察する。表-2 の No.4 に関して、高度 DRM の車線リンクはノードに対応した分割構成になっていない。このため、分析対象の事象、道路の線形や構造に応じてリンクを分割する作業が伴う可能性がある。高度 DRM には、高密にノードが付与されているため、このノードに対応してリンクを自動分割して利用することが一案としてあげられる。

No.5 は、高度 DRM に含まれているリンクには DRM のリンク ID が含まれているが、交通調査基本区間番号等の他のネットワークの ID は付与されていない。このため、共通の位置参照として活用できる ID 等の属性を付与することが一案となる。

No.6 および No.7 は、高度 DRM に含まれる交差点および横断歩道等の一部の地物は、境界線ではなく面形状として調製されているが、自動車が走行する車道は調製されていない。また、将来的に道路構造物毎に高精度プローブを集計することも想定されるため、車線リンクと面地物を有する大縮尺道路地図（道路基盤地図情報等）とを関連付けて利用することが一案となる。

No.8 は、高度 DRM には進行方向を示す始点および終点がノード ID に収録しているが、No.4 のようにリンク分割して利用することも踏まえると、車線リンクの属性に収録しておいた方がよい可能性がある。

No.9 は、高度 DRM の車線リンクは、渋滞長の算出や可視化等のリアルタイム処理に適しているかケーススタディを通じて検証し、対応策を講ずる必要がある。このため、今回は対応策の考察の対象外とした。

上記の考察に基づいて高度 DRM を編集することで車線単位の道路交通分析に適した大縮尺道路地図の要件を満たす可能性がある。

## 5. 車線単位の道路交通分析に適した地物の試作

本研究では、高度 DRM を用いて表-2 の No.4 および 6 を満たす車線ネットワークデータ、車道および車線の面形状を試作した。

### (1) 車線ネットワークデータの調製手法

車線ネットワークデータの調製手法のイメージを図-1 に示す。まず、車線リンクを車線リンクの形状線ノード毎に分割する。次に、分割した車線リンクに対して両端の車線リンクの形状線ノードの ID を用いてリンク ID を付与する。

### (2) 車道および車線の面形状の調製手法

車道および車線等の面形状の調製手法のイメージを図-2 に示す。まず、高度 DRM に含まれている車道外側線、車線境界線および車道中心線を用いて車道および車線の面形状を調製する。次に、車線リンクの形状線ノードから車線リンクに垂直な線分を調製し、車線の面形状を分割する。

### (3) 地物の試作

本研究では、前述の調製手法に則して車線ネットワークデータ、車道および車線の面形状を試作した。試作対象は、中央帯の存在しない片側 1 車線の一般道の直線曲線区間とした。図-3 は試作結果を示しており、車線ネットワークデータのリンクは、既存の車線ネットワークデータよりも細かく分割して試作した。そして、車道の面形状は一つの地物として試作し、さらに、車線リンクに対応して車線の面形状を試作した。しかし、車線数が増える区間では車線の面形状と複数の車線リンクが重なることがあった。そのため、車線ネットワークデータの試作時に車線境界線を用いて車線境界線上に新たなノードを試作し、分割する必要があることがわかった。

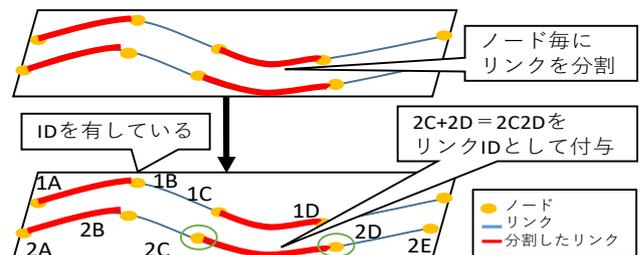


図-1 車線ネットワークデータの調製イメージ

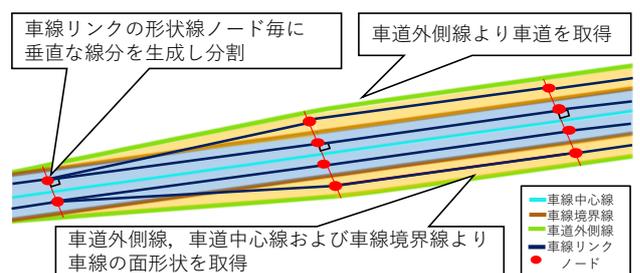


図-2 車道及び車線の面形状の調製イメージ

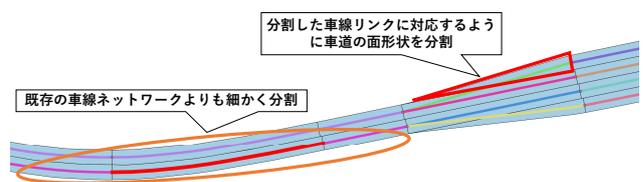


図-3 地物の試作結果

## 6. ケーススタディによる大縮尺道路地図の要件及び対応策の有用性の検証

本研究では、高精度プローブおよび前章で考察した対応策に則して拡充した高度 DRM を用いたケーススタディを実施し、大縮尺道路地図の要件および対応策の有用性を検証する。本検証で実施したケーススタディは、移動計測車両（MMS）の走行履歴を高精度プローブとし、試作した面形状の車道地物を元に走行車線を識別後、試作した車線ネットワークデータを用いてマップマッチング処理し、リンク単位の平均旅行速度を算出した。また、面形状の車道地物を用いて高精度プローブを集計処理し、車道面単位の平均旅行速度を算出した。図-5~7 に既存の車線ネットワークデータおよび試作した各地物による平均旅行速度の集計結果を示す。図-5 の既存の車線ネットワークデータを用いても車線毎に高精度プローブを集計できるが、リンク長が長いと特定の範囲での速度変化を把握することができなかった。一方、図-6,7 では、曲線区間をリンク分割しているため、速度変化の詳細を把握できた。以上の結果より、大縮尺道路地図の要件のうち表-2 の No.4 および 6 の要件を満たせたことが確認できた。また、車線変更の走行

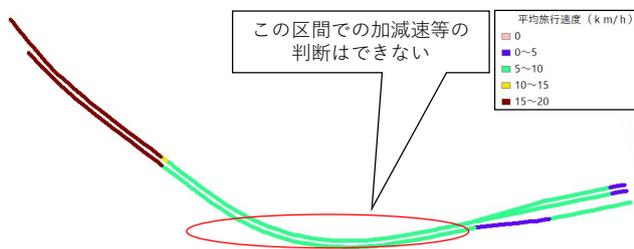


図-5 既存の車線リンクを用いて算出した平均旅行速度

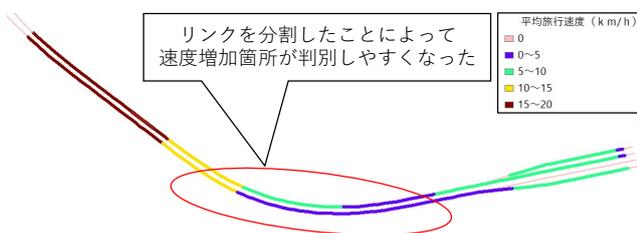


図-6 試作した車線リンクを用いて算出した平均旅行速度

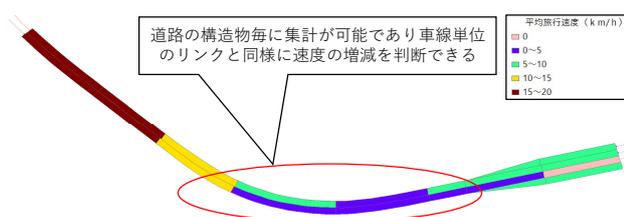


図-7 試作した面形状の車道を用いて算出した平均旅行速度

履歴の処理や処理結果の可視化に関する各手法を支援する地物への洗練が今後の課題として残された。

今回の検証結果から、大縮尺道路地図の要件を満たす地物を既存の大縮尺道路地図に追加することは道路交通分析において有用であると考えられる。

## 7. おわりに

本研究は、道路交通分析に適した大縮尺道路地図の要件を導出し、既存の高度 DRM に対して拡充する対応策を考察し、試作した。移動計測車両を高精度プローブとし、試作した地物を用いてケーススタディを実施し、大縮尺道路地図の要件および対応策の有用性を確認した。

今後の課題として、車線変更の走行履歴の処理や処理結果の可視化に関する各手法を支援する地物への洗練に加え、残りの要件に対する大縮尺道路地図の満足度を明らかにしていくことが挙げられる。

**謝辞：**本研究は、一般財団法人日本デジタル道路地図協会の研究助成を受けて遂行した。中央復建コンサルタンツ株式会社の中矢昌希氏、松島敏和氏および田中文彬氏、アジア航測株式会社の松井晋氏および石井邦弘氏には貴重なご意見を賜った。ここに記して感謝の意を表す。

## 参考文献

- 1) 一般財団法人デジタル道路地図協会：先進運転支援のための新高度 DRM 検討用試作データの仕様書（素案），2016。
- 2) ダイナミックマップ構築検討コンソーシアム：自動走行向け地図データ仕様への提案（案），2016。
- 3) 重高浩一，今井龍一，深田雅之，木村篤史，松井晋：大縮尺道路地図の整備・更新手法に関する共同研究，国土技術政策総合研究所資料，Vol.848，2015。
- 4) 渡辺完弥，今井龍一，田中成典：多様な交通モードのプローブデータの組み合わせ分析に適したデジタル道路地図に関する研究，土木情報学シンポジウム講演集，Vol.41，No.27，pp.97-100，2016。
- 5) 矢来博司：準天頂衛星「みちびき」による高精度測位補正技術，<<http://www.gsi.go.jp/common/000054541.pdf>>（2017. 6. 25 入手）。
- 6) 一般財団法人デジタル道路地図協会：全国デジタル道路地図データベース標準第 3.14 版，2016.2。
- 7) 例えば，中山達貴，中村俊之，宇野伸宏，Jan-Dirk Schmoecker：商用車プローブデータを用いた潜在的事故危険性の把握手法の構築，土木計画学研究発表会・講演集，Vol.54，No.32，pp.267-278，2016。
- 8) 国土交通省：ETC2.0 データを用いた道路交通の見える化～活用の現状と今後の可能性，2015。