

(4) 道路交通分析に適した道路基盤地図情報への展開に関する一考察

田中 拓也¹・今井 龍一²・谷口 寿俊³

¹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

²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

³正会員 九州大学大学院助教 工学研究院 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744)

E-mail: taniguchi@doc.kyushu-u.ac.jp

今後、走行車線を識別可能なプローブデータが取得可能となり、道路交通分析や道路管理への高次利用が期待される。筆者らは、走行支援の車線ネットワークデータを用いて道路交通分析に適した大縮尺道路地図の調製手法を考案した。道路管理で利用する大縮尺道路地図として道路基盤地図情報の整備が進められており、道路交通分析でも利用ができると、地図の用途拡大や整備効果の発現に加え、道路計画系・管理系の各データの相互運用性の向上にも寄与することが期待される。

本研究では、道路交通分析に適した大縮尺道路地図の要件に対する道路基盤地図情報の満足度を評価し、未達の要件に対して対応策を検討した。さらに、対応策に基づいて既存の道路基盤地図情報を拡充し、高精度プローブデータ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, fundamental geospatial data of road

1. はじめに

現行の道路交通分析では、道路の交通実態を把握することを目的に、自動車の移動軌跡である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が用いられている。今後、自動運転技術の発展や準天頂衛星システムの本格運用に伴って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。この特長を活かして道路交通分析を行うには、高精度な車線ネットワークデータの利用が一案となる。

既存の車線ネットワークデータは、高度 DRM データベース¹⁾（以下、「高度 DRM」という。）、ダイナミックマップ²⁾や大縮尺道路地図の整備・更新手法³⁾で提案されている道路構造データが存在する。また、道路管理の用途で道路の形状を有する道路基盤地図情報⁴⁾が開発されている（以下、「大縮尺道路地図」と総称する。）。しかし、既存の大縮尺道路地図は、経路案内や道路管理の用途で調製されているため、道路交通分析に

必要な要件を満足できていない可能性がある。既往研究に着目すると、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道路地図⁵⁾が提案されている。筆者らは、既往研究⁶⁾にて、プローブデータを用いた現行の道路交通分析の事例を基に、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（表-1 参照）を抽出し、道路交通分析に適した大縮尺道路地図の要件（表-2 参照）を明らかにした。また、高度 DRM を対象として、これらの満足度を評価するとともに、未達の要件を充足するための調製手法を考案し、その有用性を確認した。

高度 DRM は、全国の一部の交差点で調製されているものの、試作の扱いであり実用化には至っていない。このため、道路交通分析に必要な道路の区間における調製・更新の目処がたっていない。一方、国土交通省では、道路管理での利用を目的に道路基盤地図情報の整備が進められている。将来的な実用化・普及が想定される高度 DRM に加えて、国主導で整備が進められている道路基盤地図情報を道路交通分析でも利用できると、地図の用

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	
道路交通の円滑化	ボトルネックの分析	<ul style="list-style-type: none"> ・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 	1) 車線別の渋滞延長距離の把握 2) 渋滞多発車線の把握 3) ボトルネックによる渋滞発生箇所の特定 4) 渋滞発生箇所の特定 5) 渋滞が発生する時間帯やパターンの把握
	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	6) 交差点における右折帯延伸効果の把握 7) 道路の拡幅による渋滞解消効果の把握 8) 道路整備による車線別の旅行時間の把握 9) 信号・踏切の通過に要する時間の把握
	交通の現状の把握	・交通実態の把握	10) 車線別の旅行時間の把握 11) 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	12) 車線別の損失時間の把握
	走行経路の把握	<ul style="list-style-type: none"> ・区間単位の走行経路の把握 ・物流等用途別の走行経路の把握 ・ネットワークの利用者特性 	13) 車線別の走行経路の把握 14) 事故を起こした車両の走行経路の把握 15) 走行経路のパターンの把握
	適正通行による道路構造物の保全	<ul style="list-style-type: none"> ・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 	16) 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
安全・安心の向上	交通安全対策	<ul style="list-style-type: none"> ・危険挙動の発生回数 ・危険挙動の発生地点の抽出 	17) 車線別のヒヤリハット発生箇所の特定 18) 車線変更箇所の把握 19) 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	<ul style="list-style-type: none"> ・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 	20) 昼夜別の車線別の危険挙動発生箇所の抽出 21) 路面凍結時における車線別の危険挙動の発生箇所の抽出 22) 雨天時における車線別の危険挙動発生箇所の抽出
	災害対策	・震災前後における交通サービス状況の分析	23) 震災後の走行実績の分析（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	24) 路上駐車発生箇所の把握 25) 路上駐車発生時間の把握
その他	走行状況の把握	・路上工事が交通に及ぼす影響の分析	26) 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	・CO ₂ 排出量の分析	27) CO ₂ 排出量の高度な分析

表-2 道路交通分析に適した大縮尺道路地図の要件

No.	大縮尺道路地図の要件
1	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
2	道路管理に必要な地物(案内標識等)が車線ネットワークと関連付けられていること
3	他のネットワークと相互利用できること
4	交通調査基本区間と関連付けられること
5	マップマッチング処理で利用できること
6	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
7	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
8	進行方向を区別できること
9	動的なリンク長(リアルタイムな渋滞延長)を表現できること

途拡大や整備効果の発現に加え、計画系・管理系の各データの相互運用性の飛躍的な向上にも寄与することが期待される。

以上より、本研究は、道路基盤地図情報の道路交通分析への適用可能性を明らかにすることを目的とする。まず、道路交通分析に適した大縮尺道路地図の要件に対する道路基盤地図情報の満足度を評価し、満足していない要件の対応策を考察する。次に、対応策に則して道路基盤地図情報の地物と既存のネットワークデータとの関連付け手法および車線ネットワークデータの線形形状の調製手法を考案する。そして、考案手法に則して道路基盤地図情報を拡充し、考案手法を用いた調製の可否を検証する。検証では、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再現したケーススタディを実施し、考案手法を用いて調製した地物の有用性を確認する。

2. 大縮尺道路地図の要件に対する道路基盤地図情報の満足度評価

本研究では、道路管理の用途で調製されている道路基盤地図情報を対象に、道路交通分析に適した大縮尺道路地図の要件の満足度を評価するとともに、各要件を充足するための対応策を考察した。本稿では、表-2 の No.1～No.5 の要件に対する考察結果を報告する。

(1) 大縮尺道路地図の要件の満足度

本節では、道路交通分析に適した大縮尺道路地図の要件に対する道路基盤地図情報の満足度を評価した。

現行の道路交通分析は、道路ネットワークデータを基に、分析結果の位置を参照しているが、道路基盤地図情報は、車線ネットワークデータの地物を有していない。将来、走行車線を識別できる高精度プローブが出現すると、道路基盤地図情報の地物である車道部（基本地物）および車線（拡張地物）を用いて、走行した道路や車線単位での交通実態を分析できると考えられる。しかし、現行の道路基盤地図情報は既存のネットワークデータと関連付けられていないため、道路交通分析の結果を適切に表現できず、No.1～No.4 の要件を満たせない可能性がある。そのため、現行の道路基盤地図情報が表-2 の No.1～No.4 の要件を満足するためには、道路基盤地図情報と既存のネットワークデータとの関連付け、もしくは、道路基盤地図情報への既存のネットワークデータの追加が必要であると考えられる。さらに、現行の道路基盤地図情報は、プローブデータが走行した道路を特定するためのマップマッチング処理に用いるネットワークデータ

を有していない。そのため、表-2 の No.5 の要件を満足するためには、道路および車線ネットワークデータの追加、もしくは道路基盤地図情報の地物である道路中心線等の道路形状を表現する地物の編集が必要であると考えられる。

(2) 道路交通分析に適した地物（対応策）の考察

本節では、前節の評価結果より、表-2 の No.1～No.5 の要件を満足するための対応策を考察する。

a) No. 1～No. 4 の要件の対応策

道路基盤地図情報は、車道、歩道および交差点等の道路管理に必要な面地物に加え、経路案内の用途でも活用できる案内標識等の地物を有しているが、道路交通分析および経路案内内で用いられている道路ネットワークデータと関連付けられていない。このため、既存のネットワークデータとの関連付けに必要となるリンク ID やノード ID を保持できるように、道路基盤地図情報の既存地物の属性を拡張することが一案として挙げられる。

b) No. 5 の要件の対応策

道路基盤地図情報は、既存の道路交通分析で自動車の走行した道路を特定できるマップマッチング処理に必要な道路ネットワークデータが含まれていない。このため、既存の道路ネットワークデータおよび車線ネットワークデータに近似した線形形状を追加する必要がある。具体的には、「既存のネットワークデータの追加」、「道路中心線および車道交差点を道路ネットワークデータのリンクおよびノードとして活用」および「道路基盤地図情報の地物を用いた車線ネットワークデータの線形形状の調製」が挙げられる。

上記 a), b)の考察に基づいて道路基盤地図情報を調製することで、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の充足を図る。

3. 車線単位の道路交通分析に適した道路基盤地図情報の地物の調製手法の考察

本研究では、表-2 の No.1～No.4 の要件を満足する道路基盤地図情報の地物および表-2 の No.5 の要件を満足する車線ネットワークデータの線形形状の調製手法を考察した。

(1) 道路基盤地図情報の地物と既存のネットワークデータとの関連付け手法

道路基盤地図情報の地物と既存のネットワークデータとの関連付け手法のイメージを図-1 に示す。道路ネットワークデータと関連付ける道路基盤地図情報の地物は、車道および車道交差点（交差点）を対象とした。これ

らと道路ネットワークデータとを重畳し、道路ネットワークデータと交差する車道部に対してリンク ID および交差点部にノード ID を付与する。

車線ネットワークデータと関連付ける道路基盤地図情報の地物は、道路基盤地図情報の基本地物および拡張地物を対象とした。まず、これらの地物と車線ネットワークデータとを重畳する。車線ネットワークデータが地物と交差する場合、交差するリンクの ID を各地物に付与する。さらに、車線ネットワークデータが地物と交差しない場合、各地物から車線リンクに対して垂線を引き、最初に交差した車線リンクの ID を地物へ付与する。

(2) 車線ネットワークデータの線形形状の調製手法

道路基盤地図情報の地物を用いたネットワークデータの線形形状の調製手法のイメージを図-2 に示す。

まず、道路基盤地図情報の基本地物である車道部、路面標示、道路中心線および測点を重畳する。次に、「車道部から車道部の境界線」、「路面標示の区画線から車道中央境界線および車線境界線」、「車道中央線および車線境界線」の3点において、車線ネットワークデータのリンクを生成する。さらに、道路中心線に対して測点

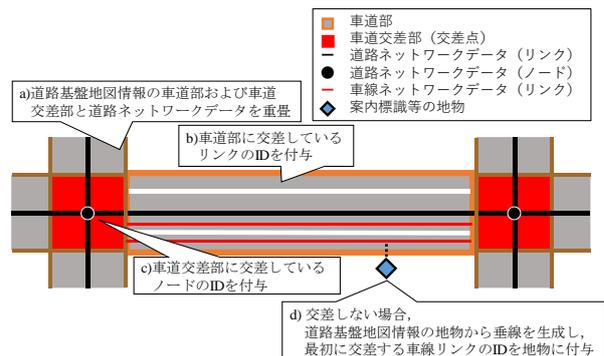


図-1 道路基盤地図情報の地物と既存のネットワークデータとの関連付けイメージ

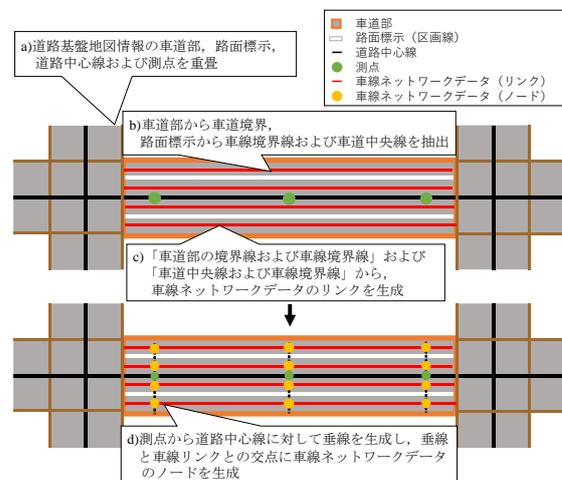


図-2 道路基盤地図情報の地物を用いた車線ネットワークデータの線形形状の調製イメージ

から垂線を引き、車線リンクとの交点を車線ネットワークデータのノードとする。車線ネットワークデータのノード ID は、測点番号を用いて各ノードに付与する。車線ネットワークデータのリンク ID は、車線リンクの両端のノード ID を合成して各リンクに付与するものとする。

4. 考案手法の有用性の検証

本研究では、図-3 に示す国土交通省国土技術政策総合研究所の試験走路を対象に、考案手法を用いて道路基盤地図情報の地物を試作した。また、移動計測車両の MMS によって取得された走行履歴（以下、「高精度プローブ」という。）を用いて表-1 のユースケースを再現するケーススタディを実施した。

図-4 は、試作した車線ネットワークデータの線形形状を用いてマップマッチング処理を行い、車線毎の平均旅行速度および通行回数の算出結果を、車道および車線ネットワークデータと関連付けた車線を用いて可視化した結果を示している。この結果を基に、道路の利用実態を示すプローブデータを道路基盤地図情報の地物単位で分析することで、路面の劣化状況を推定することに応用するなど、従来は道路計画で扱っていた道路交通分析の結果を道路管理にも効果的に活用できると考えられる。

本検証結果より、考案手法で調製された道路基盤地図情報は、道路基盤地図情報の地物を用いて走行・挙動履歴を集計できるため、表-2 の No.1 の要件を満足する。

また、道路基盤地図情報の地物と関連付けた車線ネットワークデータは他のネットワークデータ（DRM や交



図-3 道路基盤地図情報の調製範囲

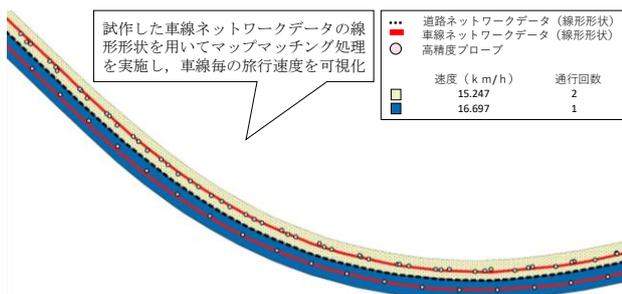


図-4 平均旅行速度および通行回数の算出結果

通調査基本区間など）との関連付けが可能であり、表-2 の No.2~No.4 の要件も満足する。さらに、車線ネットワークデータの線形形状をマップマッチング処理に活用できたため、表-2 の No.5 の要件も満足することを確認した。これらの要件を満足する大縮尺道路地図は、表-2 の 2), 5)~8), 10), 12)~16), 23), 25)および 27)のユースケースの分析を支援することができると考えられる。

以上より、考案手法を用いることで、道路基盤地図情報を、高精度プローブを用いた道路交通分析へ適用できることを確認できたとともに、大縮尺道路地図の活用による道路管理の高度化支援の実現に向けた示唆を得ることができた。

5. 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に対する道路基盤地図情報の満足度を評価し、道路基盤地図情報の地物と既存のネットワークデータとの関連付け手法および車線ネットワークデータの線形形状の調製手法を考案した。そして、高精度プローブおよび大縮尺道路地図のユースケースを再現したケーススタディにより考案手法の有用性を検証した。今後の課題として、ダイナミックマップを対象に道路交通分析に適した大縮尺道路地図の要件の満足度の評価および道路交通分析を実施する予定である。

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ト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甫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る。

参考文献

- 1) 一般財団法人日本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) 渡辺陽介，高木健太郎，手嶋茂晴，二宮芳樹，佐藤健哉，高田広章：協調型運転支援のための交通社会ダイナミックマップの提案，データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム，2015.
- 4) 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.
- 5) 国土交通省：道路基盤地図情報製品仕様書（案），2008.
- 6) 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，土木学会，Vol.41，No.27，pp.97-100，2016.
- 7) 今井龍一，谷口寿俊，田中拓也：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に関する基礎的研究，土木学会論文集 F3（土木情報学），土木学会，Vol.73，No.2，pp.I_398-I_408，2017.