

交通データの分析及び可視化基盤の基礎研究

今井 龍一¹・深田 雅之²・宮下 浩一³・矢部 努⁴・橋本 浩良⁵・重高 浩一¹

¹正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 防災・メンテナンス基盤研究センター
メンテナンス情報基盤研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)
E-mail: imai-r92ta@nilim.go.jp, shigetaka-k258@nilim.go.jp

²非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 防災・メンテナンス基盤研究センター
メンテナンス情報基盤研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)
E-mail: fukada-m924a@nilim.go.jp

³非会員 株式会社三菱総合研究所 社会システム研究本部 ITS・モビリティグループ
(〒100-8141 東京都千代田区永田町2-10-3)
E-mail: k.miya@mri.co.jp

⁴正会員 一般財団法人計量計画研究所 社会基盤計画研究室
(〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町2-9)
E-mail: tyabe@ibs.or.jp

⁵正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路交通研究部 道路研究室
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)
E-mail: hashimoto-h22ab@nilim.go.jp

交通データは、地理情報システムを用いてデジタル道路地図やメッシュデータなどを基図に集計・分析して利用されることが多い。この基図は、交通データの特徴、分析内容や可視化内容に応じて適宜調節して利用されている。また、現状の分析では交通モード別に集計・分析されることが多く、複数の交通モードを扱えるようにするには基図調節の負荷が大きい。

交通データは多様かつ大量化しており、各種データを組合せた分析が可能となっている現状を踏まえると、多種多様で大量な交通データを一元的に扱える分析・可視化基盤の確立は、分析作業の省力化や可視化表現の多様化に寄与する可能性が高い。

本稿は、交通データを用いた分析や可視化の現状分析に基づいて考案した分析・可視化基盤の要件およびデータモデルを報告し、さらに基盤の試作結果による技術的な実現可能性を考察するものである。

Key Words : road network data ,GIS, Road Section Identification Data set, multi trial data analysis

1. はじめに

近年の情報通信技術の発展に伴い、地理空間情報を高度に活用することの重要性が高まっている。平成24年3月に閣議決定した「地理空間情報活用推進基本計画」では、誰もがいつでもどこでも必要な地理空間情報を使って高度な分析に基づく的確な情報を入手して行動できる「地理空間情報高度活用社会 (G空間社会) の実現」が掲げられている¹⁾。G空間社会における地理情報システムの位置付けは重要であり、地理空間情報や電子地図を用いた有機的な空間処理による高度分析や視覚的表現のニーズが高まっている。また、スマートフォンの普及や各種センサの技術革新により、従来取得できなかった多

様な情報が収集できる環境が整いつつある。さらに、ビッグデータと呼ばれる多種多様で大量なデータの情報処理技術も日進月歩である。平成26年6月に閣議決定した「世界最先端IT国家創造宣言」では、世界最高水準のIT利活用社会を実現する具体的な取組みとして、オープンデータ・ビッグデータの活用推進を掲げられている²⁾。そこでは、行政が保有する地理空間情報や民間企業が保有する各種情報を相互に結びつけて活用し、新サービスの創出を図ることが示されている。

地理空間情報に含まれる交通データに着目すると、24時間365日取得されているデータや5年から10年に一度取得されている統計データがある。前者の具体例として、カーナビゲーションから収集されたプローブカーデータ

やスマートフォンのアプリケーションから収集されたプローブパーソンデータ、携帯電話のGPS機能や基地局を元に取得された位置情報を統計・秘匿処理したデータなどがある。後者の具体例として、パーソントリップ調査や道路交通センサスなどがある。

交通データは、交通モード別の都市活動（移動実態）の把握や公共交通のマネジメントなどの行政サービスの高度化を図るための道路交通分析や可視化に活用されている³⁾。分析や可視化には、道路をリンク（区間）とノード（区間の端点）で表現したデジタル道路地図⁴⁾（以下、「DRM」という。）、民間保有の道路ネットワークデータや面で表現した250m・500m四方単位のメッシュデータや行政界ポリゴンを基図として利用されることが多い。DRMなどの基図は、各交通データの視覚表現（点、線、面）の特性や分析・可視化内容に応じて属性の追加や形状の編集など、適宜調節して利用されている。また、DRMや道路ネットワークデータは、主にカーナビゲーションの経路探索用途に作られているため、鉄道や自転車などの他の交通モードには直接対応していない。歩行者モードに対応したネットワークデータは一部の民間地図調製事業者で販売されているが、整備対象範囲が大都市の中心部などに限定されている。そのため、複数の交通モードを広範囲で扱うには、基図に交通モードの属性を付与する、もしくは分析の都度新たに手作業でネットワークデータを調製する必要がある。基図調節の作業負荷が大きい。さらに、この基図調節は各分析者の裁量に依存するため、同一の交通データを用いた分析でも分析者が異なると分析結果に差異が生じる可能性がある。具体例として、基図の道路形状の調節によって道路区間延長の差異が発生し、リンク所要時間の計算結果が僅かに異なってしまうことが挙げられる。

こういった現状を踏まえ、本研究の目的は、多種多様で大量な交通データを同時に扱えて、基図の違いの影響

を受けないデータ交換仕様（以下、「分析・可視化基盤」という。）の確立とした。分析・可視化基盤の確立により、基図調節の負荷の軽減による分析作業の省力化や可視化表現の多様化などに寄与する。本稿は、交通データを用いた分析や可視化の現状分析に基づいて考案した分析・可視化基盤の要件およびデータモデルを報告する。さらに、茨城県つくば市を対象として実際に基盤を試作し、サンプルデータを用いたケーススタディを通じてデータ変換の技術的な実現可能性を考察する。

2. 分析・可視化基盤の要件定義

本研究では、既往文献を調査し分析・可視化で扱われている交通データの仕様や分析方法の現状分析を実施した。また、道路交通分析の熟練技術者にヒアリング調査を実施して現状の課題を抽出・整理し、分析・可視化基盤への要件を定義した。

(1) 道路交通分析における基図の利用方法の現状分析

既往研究では、交通データの活用シーンの観点から各データに含まれる交通モードやデータ取得項目が整理されている⁵⁾。本研究では、この既往研究を元に基図での視覚表現方法（点、線、面）の視点で交通データを再整理した。

道路交通分析で利用されている交通データを表-1に示す。表には、交通データに含まれている交通モードも併せて示している。基図での視覚表現方法という視点で細分化すると、例えば、点の単位に分類される道路交通センサス交通量調査では、「一般交通量調査 箇所別基本表及び時間帯別交通量表に関する説明資料⁶⁾」に準じて、道路リンク上の特定地点のトラフィックカウンタなどで計測された時間交通量データを集計処理している。

表-1 道路交通分析で利用されている交通データ

交通データ種別	データに含まれる交通モード						基図での視覚表現方法	
	電車	自動車	バイク	バス	自転車	歩行者		
交通系 IC カード	●			●			点	リンク上の地点
交通量トラカン		●	●	●				
道路交通センサス		●						
施設入館カウンタ						●	線	任意の地点
駐車場カウンタ		●						
プローブカーデータ		●					線	単一の交通モードに対応したリンク
バスプローブデータ				●				
タクシープローブデータ			●					
プローブパーソンデータ	●	●	●	●	●	●	面	複数の交通モードに対応したリンク
携帯電話（基地局）	●	●	●	●	●	●		
携帯電話（統計処理した GPS）	●	●	●	●	●	●		
パーソントリップ調査	●	●	●	●	●	●	面	行政界

一方、駐車場カウンタでは、単位時間あたりの入庫車数を各駐車場の地点で集計処理している。このように、交通データは現行の基図では点、線、面で視覚表現されている。さらに、各交通データに含まれる交通モードに着目すると、プローブカーデータやバスプローブデータなどの単一モードで集計されているものもあるが、交通量トラカンでは自動車、タクシーやバスの複数のモードが含まれている。携帯電話の場合は、すべての交通モードが含まれている。

以上の整理結果から、交通データには複数の交通モードと多様な視覚表現方法がある。分析・可視化基盤では、多種多様な交通データを同時に扱えることが望ましい。

次に、分析で扱われている交通データの視覚表現に着目し、既往研究を基に交通データの分析事例を整理した。

点表現の既往研究としては、多数のユーザの携帯電話に搭載したGPSから得られる位置情報、あるいは基地局側のデータであるCDR (Call Detail Record) を地図上にプロットして人の動きを分析・可視化する方法がある⁷⁾。

線表現の既往研究としては、カーナビゲーションシステムから得られる移動履歴を道路リンク上にマッチングして集計したデータと曜日などの属性データを蓄積・学習し、移動中の旅行者の目的地を予測する手法がある⁸⁾。

面表現の既往研究としては、面(ゾーン)から面(メッシュ)に変換して分析・可視化されている。具体的には、パーソントリップ調査におけるトリップデータ(ゾーンからゾーンへの移動のOD)と、同じく面(メッシュ)のデータである土地利用データなどと組合せた分析手法⁹⁾や、携帯電話の基地局を元に取得された位置情報を統計処理したデータとパーソントリップ調査などの他の統計データとを組合せた分析手法¹⁰⁾がある。

点から線に変換して分析・可視化した既往研究としては、バスICカードデータからの所要時間および移動履歴へのデータ変換方法¹¹⁾や、著者らによるバスICカードデータを用いた道路整備の効果計測の分析手法¹²⁾などがある。いずれも点に分類されるバスICカードデータとバス路線データを組合せ、線に分類される道路区間の所要時間データなどへ変換している。

これらのことから、視覚表現の異なる交通データを変換することで複数のデータを組合せ利用する既往研究が多くあることを確認した。

(2) 現状の道路交通分析における基図利用の課題の抽出

本研究では、現状分析を踏まえて道路交通分析の熟練技術者にヒアリング調査を実施し、次の4つの課題を抽出した。

- 複数の交通モードを扱うためには、道路リンクへの交通モード属性を付与する、もしくは新規に基図を調製するなど基図調節に多大な作業負荷がかかる。

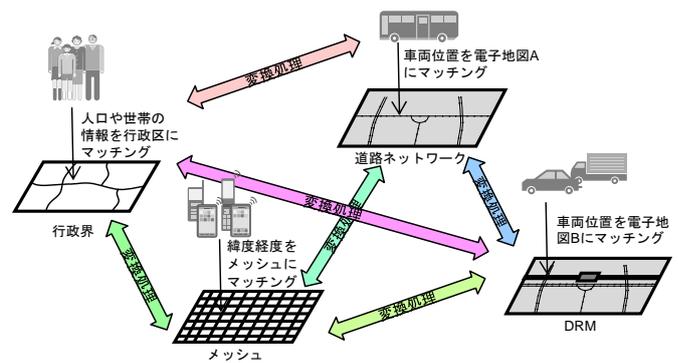


図-1 現状の分析・可視化作業の課題

- 視覚表現(点、線、面)が異なる交通データを扱うには、その都度基図を用いた煩雑な変換処理が伴う。
- 分析者により基図の調節方法が異なったり、道路交通分析の共通作業である交通量推計に利用するQV条件を独自に算定したりする結果、分析・可視化の結果に差異が生じる可能性がある。
- 基図として用いるDRMは、年次更新の度にノードとリンクに付与されるIDが変更となるため、基図のメンテナンス作業に多大な労力がかかる。

図-1に現状の分析・可視化作業を示す。現状では各分析者が独自に調節・更新した基図を用いて交通データを重畳させ、必要に応じて面(メッシュ)から面(行政区)、面(メッシュ)から線(道路リンク)へ変換作業を行い分析・可視化作業を実施しており多大な労力がかかっている。

(3) 分析・可視化基盤の要件

前節の現状分析を踏まえ、本研究では、分析・可視化基盤の要件を次のとおり定義した。

- 多様な交通モード(自動車、バス、電車、自転車、歩行者)を含む大量の交通データを同時に高速処理できる。
- 交通データの多様な視覚表現(点、線、面)を相互に変換処理できる。
- 電子地図、DRM、道路ネットワーク、メッシュデータおよび行政区ポリゴンの異なる基図を有機的に扱える。
- 分析者や基図が異なっても、道路交通分析の結果に差異(誤差)が生じない。
- 道路形状の変化などの基図更新による影響を最小限に抑えるメンテナンス性を確保する。

上記の要件を満たす分析・可視化基盤を整備することで、図-2に示す効率的な変換処理により多種多様で大量な交通データの組合せを容易にし、さらに異なる分析者や基図でも同じ分析結果の導出や多様な可視化表現の実現に寄与する。

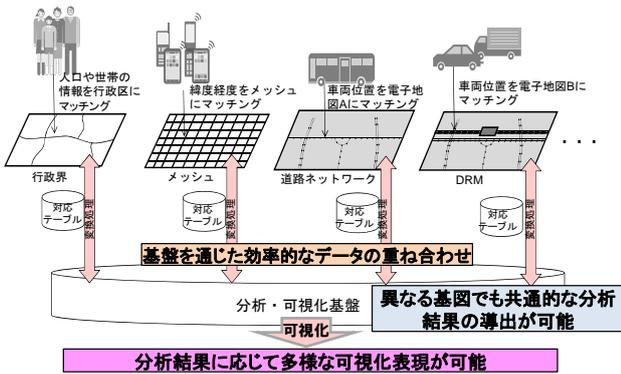


図-2 分析・可視化基盤のあり方 (イメージ)

以上のことから、本研究の目的である多種多様で大量な交通データを同時に扱える分析・可視化基盤の確立が果たす意義は大きいと言える。

3. 分析・可視化基盤のデータモデルの考案

前章で定義した要件を踏まえ、交通データと基図、さらに基図同士の相互運用性を高めることに着目し、分析・可視化基盤を表-2に示す階層構造として定義した。現状では、0層の基図と5層の交通データを用いて分析・可視化が行われている。この2つの層を繋ぎ合わせる中間層である1層から4層を分析・可視化基盤として新たに考案した。

1層は、基図を用いて自動車やバス、歩行者などの交通モード別のネットワークを表現する。2層は、交通モードが変化する箇所である駅やバス停留所などの接続関係を結節点として表現する。3層は、交通モードを集約し、移動可能なすべての空間を表現する。交通データは、この移動空間ネットワークを介して適切な視覚表現仕様(点、線、面)に変換され基図に表現される。このように移動空間ネットワークは基盤の中核となるため、DRMや道路ネットワーク、メッシュデータなどの基図を関連付けて表現でき、かつ基図の更新に影響を極力受けない持続的な運用ができる必要がある。そこで、形状を持たず概念的な接続関係を定義することで様々な基図との対応付けが可能で、道路形状の変化などによる経年変化の影響を受けないよう恒久的なIDを付与する「道路の区間ID方式」¹³⁾を応用して区間および参照点を定義する。4層は、異なる分析者であっても分析・可視化結果に差異(誤差)が生じないように、分析に利用するQV条件などの属性を格納する。

既存の基図、交通データ、分析・可視化基盤の各階層の関連や各階層が包含する属性を定義したデータモデル(UMLクラス図)を図-3に示す。移動空間ネットワーク層は、道路の区間ID方式を準用し区間IDと参照点IDで

表-2 分析・可視化の階層構造

層名	定義
5層：交通データ	表-1で整理した分析・可視化で扱われる各種交通データを定義。
4層：分析用データ	共通的な道路交通分析に利用するQV条件などのデータを定義。
3層：移動空間ネットワーク	道路や歩行者専用道、線路などの移動可能なすべての空間を定義。
2層：結節点	駅やバス停留所、駐車場などの交通モードの変化点を定義。
1層：交通モード別ネットワーク	自動車やバス、鉄道など、各交通モードが移動可能な区間を定義。
0層：基図	既存の分析・可視化に用いられる基図(電子地図、道路ネットワーク、メッシュなど)を定義。

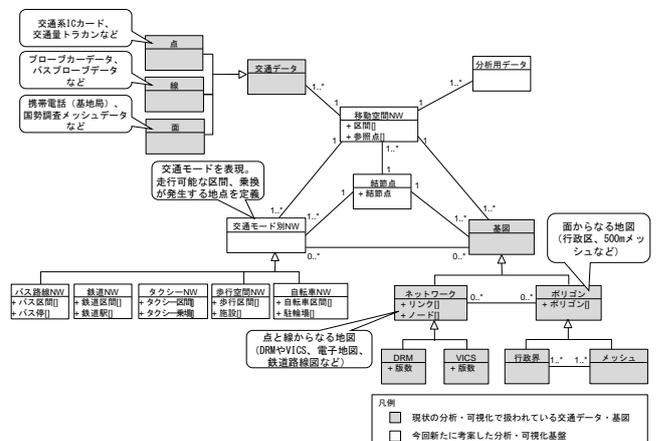


図-3 分析・可視化基盤のデータモデル

表現する。各交通モード別ネットワークの区間(リンクID)やバス停留所などのノードIDおよび結節点IDとはこの区間IDと参照点IDで関連付けて連携する。交通モードネットワークは、表-1で示した交通データに含まれる各交通モード別に定義している。また、現行の基図であるDRMなどのネットワークのリンク・ノードIDやメッシュなどのポリゴンデータのメッシュ番号も区間IDと参照点IDで関連付けることで、全階層との接続関係が定義できる。

結節点は、各交通モード間を関連付ける役割を持つ(図-4参照)。例えば、図-5に示すように各交通モードの乗換地点である「駅」は鉄道ネットワークでは駅構内の範囲であり、バス路線ネットワークでは駅前のバスロータリーの範囲が該当する。さらに歩行空間ネットワークでは駅付近の駐輪場や駐車場を含めた範囲となる。このように一概に「駅」と言っても各交通モードによって定義される地点や範囲が異なる。そのため、鉄道ネットワークにおける鉄道駅やバス路線ネットワークにおけるバス停留所などのそれぞれの乗換地点に、地点の範囲を

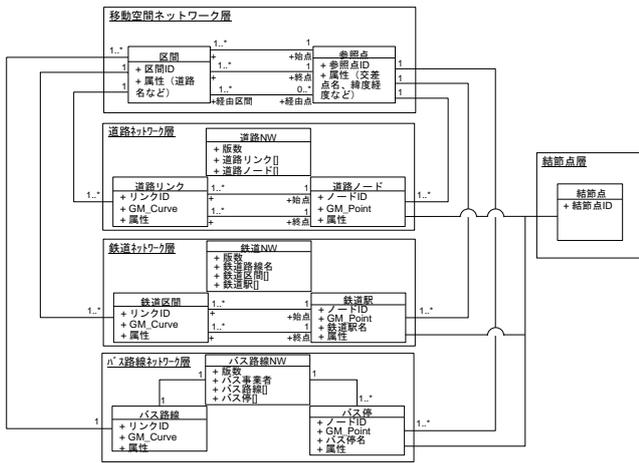


図-4 結節点と交通モードの関連付け

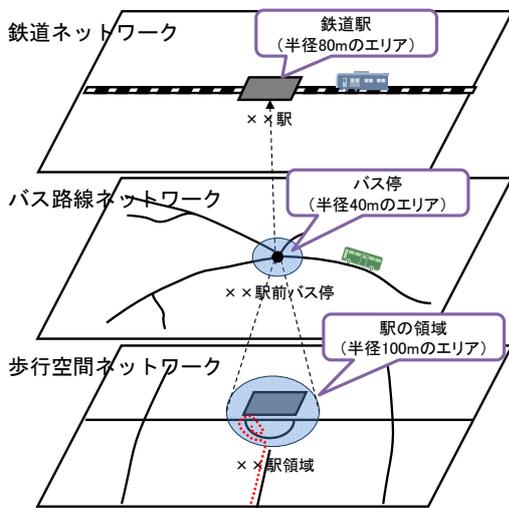


図-5 結節点が保持する領域のイメージ

示す属性を持たせるとともに、同一の結節点IDを関連付けることで、各交通モードの連携を可能にする構造とした。また、鉄道ネットワークの変更に伴うバス路線ネットワークの変更などの他の交通モードへの影響をなくし、持続的な運用を低負荷で実現するため、鉄道駅やバス停留所のIDと結節点IDを異なるID体系としている。

分析・可視化基盤の要件とデータモデルとの適合結果を表-3に示す。今回考案したデータモデルが5つの要件すべてを充足していることを確認した。

4. 分析・可視化基盤の試作による実現可能性の検証

本研究では、分析・可視化基盤の試作により考案したデータモデルを実際に利用するための整備手順を明らかとするとともに、整備に際しての留意事項などを確認した。具体的には、茨城県つくば市を試作エリアとし、基図として(株)ゼンリンの電子地図および道路ネットワー

表-3 基盤の要件への適合性

基盤の要件	データモデルによる対応方法
多様な交通モードを含む大量の交通データを同時に扱える	同一の結節点IDを各交通モードの乗換地点に付与することで、各交通モードの連携を図る構造とする。
多様な視覚表現を相互に変換できる	道路の区間ID方式を応用し、形状を持たず概念的な接続構造を定義する区間と参照点IDを共通IDとして付与することで、異なる基図を関連付ける。
異なる基図を統一的に扱える	分析用データ層を設け、共通的な道路交通分析に利用するQV条件などの属性データを格納する。
分析者や基図が異なっても共通的分析・可視化ができる	道路の区間ID方式を応用し、道路構造や道路網の経年変化の影響を受けない恒久的なIDを付与することで、IDの更新作業を容易にする。



図-6 試作の対象地域

ク、駅や線路などの交通施設に関する地物などを素材に用いて前章で定義した1層から3層を作成することで、技術的な実現可能性や課題を考察した。試作にはオープンソースのGISソフトであるQGISを利用した。

(1) 試作エリアの選定

茨城県つくば市は、平成17年のつくばエクスプレス¹⁴の開通を契機として鉄道沿線の都市開発が盛んに進んでいる。平成22年には首都圏中央連絡自動車道のつくば中央ICが開通するなど、道路網の変化が激しい地域でもある。そういった背景を踏まえ、分析・可視化基盤の整備と持続安定的な更新の方法論を技術的に検証可能な地域としてつくば市を設定した。また、結節点が集中しており都市開発が著しいエリアである研究学園駅とつくば駅を含む3km四方程度を試作対象とした(図-6参照)。

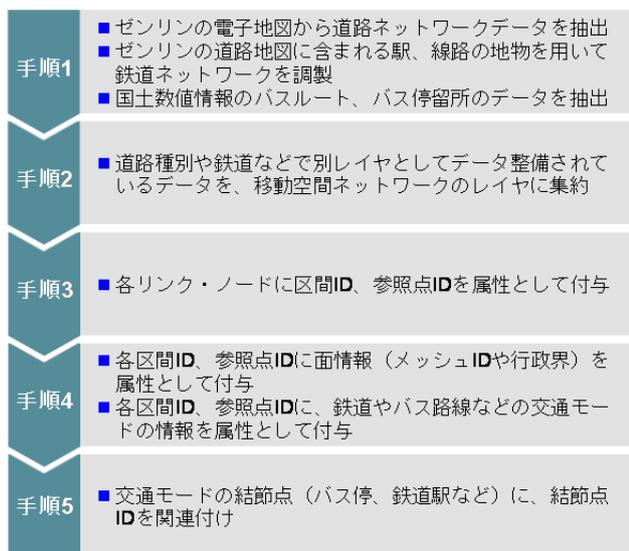


図-7 試作手順

(2) 試作手順

分析・可視化基盤の試作にあたり、(株)ゼンリンの電子地図や国土数値情報¹⁵⁾を用いて、図-7に示す手順で調製した。なお、今回は、基盤の対象の4層のうち、分析用データを除く3層（移動空間ネットワーク、結節点、交通モード別ネットワーク）を試作した。

手順1では、(株)ゼンリンの電子地図から、移動空間ネットワークの素材となる道路（自動車）ネットワークデータを抽出した。また、(株)ゼンリンの電子地図には鉄道ネットワークが含まれていないため、駅と線路の地物を用いて新たに調製した。さらに、バスネットワークの素材として国土数値情報のバスルートおよびバス停留所のデータを抽出した。

手順2では、抽出・調製した各素材を移動空間ネットワークのレイヤに集約した。

手順3では、集約した素材に区間IDと参照点IDを属性として割り当てた。その際、一般公開されている道路の区間IDテーブルが整備済みの区間に対しては、IDテーブルに準じてIDを割り当てるが、IDテーブルが未整備の道路や鉄道に対しては、「道路の区間IDテーブル標準¹⁶⁾」の規定に則して独自IDを割り当てた。

手順4では、各区間IDおよび参照点IDに面情報（メッシュIDや行政区界コード）を属性として付与するとともに、鉄道やバス路線などの交通モードの情報を属性として付与した。最後に手順5として、交通モードの乗換地点（鉄道駅やバス停留所など）に結節点IDを関連付けた。具体的には、鉄道駅は半径80m、バス停留所は半径40mの乗換可能エリアを設定し、エリアが重複する場合には乗り換えが発生する箇所であると判定し、同じ結節点IDを関連付けた。

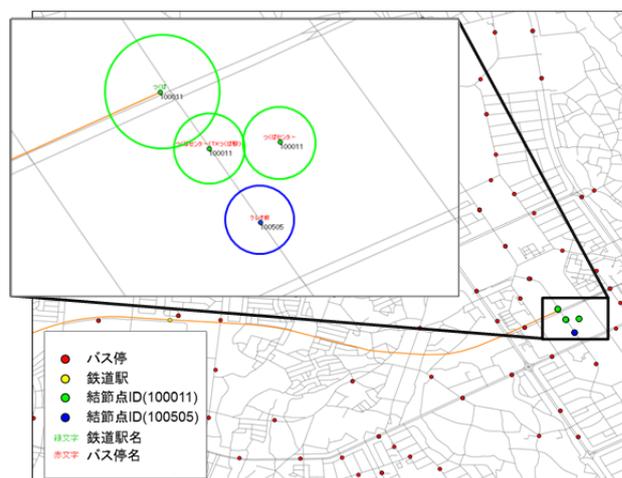


図-8 結節点の試作結果

(3) 試作結果（考察）

本研究で考案したデータモデルが技術的に作成可能であることを(2)の試作手順に則ってデータを作成することで明らかにした。結節点を例にとると、つくば駅周辺において、駅とバス停留所に同じ結節点IDを割り当てられていることを確認した（図-8参照）。

一方、試作を通じて明らかとなった課題は次のとおりである。バス路線ネットワークの作成のために国土数値情報のバスルートを利用しようとしたものの、基図として用いた(株)ゼンリンの道路ネットワークの形状と一致せず、この照合に時間を要した。また、試作手順のステップ数が多く、試作にあたってのトライ&エラーを含め、試作範囲である約3km四方、道路延長でいうと約230kmで計30人日程度を要した。以上から、より効率的な作成手順の検討が今後の課題と考えられる。さらに、本試作では特定エリアに限定していたため、鉄道駅やバス停留所の乗換可能エリアを80m、40mと仮定した場合、前述のとおり結節点IDを想定どおり自動的に割り当てることができたが、道路網や施設の密度の異なるエリア、具体的には首都圏の都心部や農村部などでは、結節点を自動で割り当てるための乗換可能エリアの閾値の検討が必要と考えられる。

5. 試作した分析・可視化基盤の試用（ケーススタディ）による検証

本章では、試作した分析・可視化基盤を用いて、本基盤の要件のひとつである多種多様な交通データの視覚表現の変換のケーススタディを実施して実用性を考察した。

(1) ケーススタディに用いる交通データ

本ケーススタディには、カーナビゲーションから取得した位置情報をDRMリンク毎に15分間の平均速度を集

計したデータのうち、平成25年4月の全日データ1ヶ月分をサンプルデータとして活用した。

(2) サンプルデータの変換方法

試作した分析・可視化基盤を用いて、DRMリンク(線)に紐づいたサンプルデータを500mメッシュ(面)に変換するケーススタディを図-9に示す手順で行った。

手順1では、DRMリンク毎の15分間の平均速度を1ヶ月分集計し、DRMリンク毎の1ヶ月の平均速度を算出した。具体的には、式(1a)に示すとおり、DRMリンクの通過平均時間×通過台数の総和を合計通過台数で除したものを当該区間の平均速度とした。

$$\text{月のリンク別平均速度} = \frac{\sum (15\text{分毎リンク別平均速度} \times \text{走行台数})}{\sum \text{走行台数}} \quad (1a)$$

手順2では、手順1で算出した平均速度を各DRMリンクに該当する移動空間ネットワークの区間IDへそれぞれ対応付け、DRMリンクから移動空間ネットワークへ変換した。手順3では、区間IDの属性に含まれるメッシュIDを用いて、500mメッシュ単位での平均速度を算出した。具体的には、式(1b)に示すとおり、平均速度×該当メッシュに属する道路の延長の総和を該当メッシュに属する道路の総延長で除したものを平均速度とした。

$$\text{メッシュ別平均速度} = \frac{\sum (\text{リンク別平均速度} \times \text{メッシュ内リンク長})}{\sum \text{メッシュ内リンク長}} \quad (1b)$$

(3) ケーススタディ結果

図-10は、手順2の結果を示しており、移動空間ネットワークを用いて、DRMに基づく平均旅行速度を(株)ゼンリンの道路ネットワークに基づく平均旅行速度に変換している。また、図-11は、図-10の線表現の平均旅行速度を500mメッシュ単位に変換した結果を示している。この結果から、分析・可視化基盤を活用することで、線(DRMリンク)から面(メッシュ)に交通データを変換できることを確認した。なお、図-11は線・面変換の技術的な可否の確認結果であり、交通計画などへの適用は想定していない。

一方、残された課題としては、面から線や点から面などの他の組合せでの変換の検証があげられる。また、今

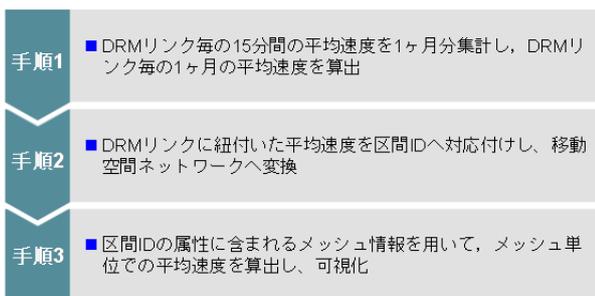


図-9 サンプルデータの変換方法

回の分析・可視化基盤には4層のQV条件などの分析用データを収録していないため、基盤上での欠測値の補完処理などの分析ができることの検証も残課題である。

6. おわりに

本研究では、道路交通分析における基図利用の現状分析から分析・可視化基盤の要件を定義し、具体的なデータモデルを考案した。また、分析・可視化基盤の試作およびデータ変換のケーススタディを通じて技術的な実現可能性を考察した。その結果、考案した分析・可視化基盤を整備することで、ネットワーク(線)からメッシュ(面)へ交通データを容易に変換できることを確認した。

今後の課題としては、バスネットワークの調製に活用可能な素材の整理や整備手順の見直し、結節点を自動的に生成するなどによる効率的な整備方法の検討が必要である。また、他の位置表現の交通データを用いたケーススタディの実施により、分析・可視化基盤の有用

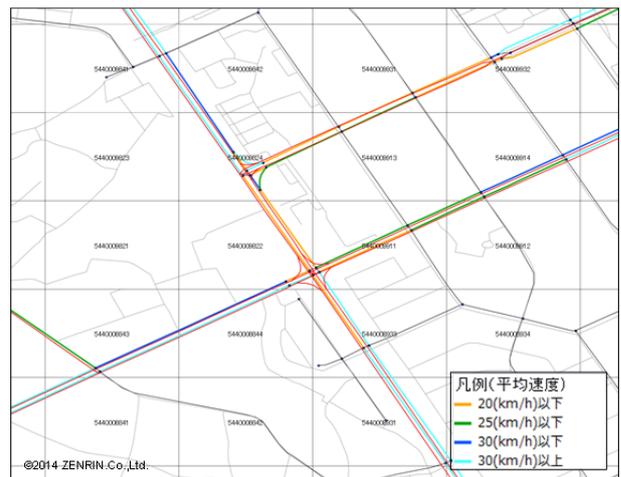


図-10 手順2の移動空間ネットワークを用いた変換結果

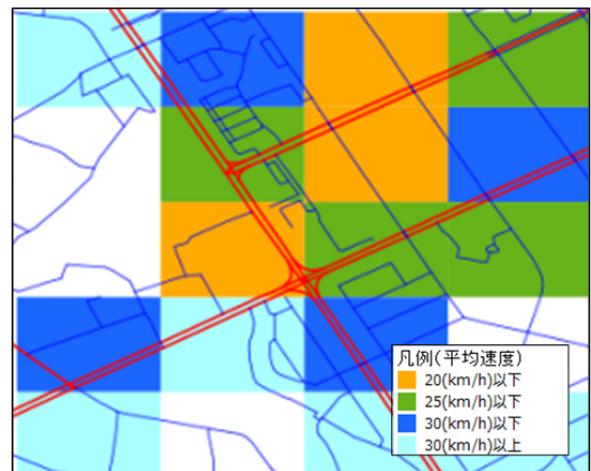


図-11 メッシュへの変換結果
(メッシュ別の平均速度)

性の検証を充実させることが必要である。

今後は、残された各課題の対応策の考案とケーススタディによる検証を重ね、分析・可視化基盤の確立に向けて引き続き鋭意推進していく予定である。

謝辞：本研究の遂行にあたり、(株)ゼンリンからは電子地図および道路ネットワークの提供を受けた。筑波大学の石田東生教授、岡本直久准教授、つくば市の山王一郎環境生活部長、土木研究所の塚田幸広研究調整監をはじめ「つくばモビリティ・交通研究会」の各位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) 国土交通省：地理空間情報活用推進基本計画, 2012.
- 2) 首相官邸：世界最先端 IT 国家創造宣言, 2014.
- 3) 門間俊幸, 橋本浩良, 松本俊輔, 水木智英, 上坂克巳：プローブデータ活用と道路交通分析の新たな展開, 土木技術資料, Vol.53, No.10, pp.14-17, 2011.
- 4) (一財)日本デジタル道路地図協会：道路網の表現方法, <<http://www.drm.jp/database/expression.html>>, (入手 2014.7.25)
- 5) 今井龍一, 深田雅之, 重高浩一, 矢部努, 牧村和彦, 足立龍太郎：多様な動線データの組合せ分析による都市交通計画への適用可能性に関する考察, 土木計画学研究・講演集, Vol.48, 2013
- 6) 国土交通省：一般交通量調査 箇所別基本表及び時間帯別交通量表に関する説明資料, <<http://www.mlit.go.jp/road/census/h22-1/data/kasyorep.pdf>> (入手 2014.7.25)
- 7) 関本義秀：人の流動と時空間データセット最前線, オペレーションズ・リサーチ：経営の科学, pp.24-29, 2013.
- 8) Terada, T., Miyamae, M., Kishino, Y. Tanaka, K. Nishio, S., Nakagawa, T. and Yamaguchi, T.: "Design of a Car Navigation System that Predicts User Destination," in *Proc. of the 1st workshop on tools and applications on mobile contents (TAMC)*, pp. 54-59, 2006
- 9) 和泉範之, 奥嶋政嗣, 秋山孝正：空間情報を利用した交通行動の時間的推移の表現方法, 土木計画学研究・論文集, Vol.22, pp.405-412, 2005.
- 10) 清家剛, 三牧浩也, 原裕介：基礎自治体におけるモバイル空間統計の活用可能性に関する研究, 日本建築学会技術報告集, pp.737-742, 2013
- 11) 絹田裕一, 矢部努, 中嶋康博, 牧村和彦, 齋藤健, 田中倫英：バス IC カードデータからの所要時間及び移動履歴へのデータ変換方法に関する検討, 土木計画学研究・講演集, Vol.38, 2008
- 12) 今井龍一, 井星雄貴, 千葉尚, 牧村和彦, 濱田俊一：バス IC カードデータを用いた定時性評価による道路整備の効果検証に関する研究, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.68, No.5, pp.I_1271-I_1278, 2012
- 13) 今井龍一, 中條覚, 松山満昭, 重高浩一, 石田稔, 浜田隆彦：道路関連情報の流通のための位置参照方式に関する研究, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.69, No.1, pp.34-46, 2013
- 14) 首都圏新都市鉄道株式会社：つくばエクスプレス, <<http://www.mir.co.jp/>>, (入手 2014.7.28)
- 15) 国土交通省国土政策局国土情報課：国土数値情報ダウンロードサービス, <<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>>, (入手 2014.7.28)
- 16) 日本デジタル道路地図協会：道路の区間 ID テーブル標準 Ver.1.0, 2011

(2014. 8. 1受付)

SMART INFRASTRUCTURE FOR ANALYSIS AND VISUALIZATION OF THE TRAFFIC DATA

Ryuichi IMAI, Masayuki FUKADA, Koichi MIYASHITA, Tsutomu YABE,
Hiroyoshi HASHIMOTO and Koichi SHIGETAKA