

多様な交通データの分析及び可視化のための 基図に関する研究

今井龍一^{*1} 深田雅之^{*1} 宮下浩一^{*2} 矢部努^{*3} 橋本浩良^{*1} 重高浩一^{*1}

国土交通省 国土技術政策総合研究所^{*1}

株式会社三菱総合研究所 社会公共マネジメント研究本部^{*2}

一般財団法人計量計画研究所 社会基盤計画研究室^{*3}

交通データは、GIS 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・分析されることが多い。この基図は、交通データの特性、分析や可視化の内容に応じて調節して利用されている。また、現状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うには基図調節の負荷が大きい。交通データの多様かつ大量化、そして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、交通データを一元的かつ高速に処理できる分析・可視化基盤の確立による効果が期待できる。

本稿は、交通データの種類や活用事例の現状分析で抽出した基図に関する課題を元に、分析・可視化基盤の要件やデータモデルを考案し、基盤の試作による技術的な実現可能性を考察する。

Smart digital infrastructure for analysis and visualization of the various traffic data

Ryuichi IMAI^{*1} Masayuki FUKADA^{*1} Koichi MIYASHITA^{*2} Tsutomu YABE^{*3}

Hiroyoshi HASHIMOTO^{*1} Koichi SHIGETAKA^{*1}

National Institute for Land and Infrastructure Management^{*1}

Mitsubishi Research Institute, Inc.^{*2}

The Institute of Behavioral Sciences^{*3}

Traffic data is generally compiled and analyzed with base maps, which consist of digital road maps and mesh data, using geographic information system (GIS). These base maps are adjusted for use according to the characteristics of the traffic data and the content of analysis and visualization. At present, traffic data is often compiled and analyzed separately for each traffic mode, and the adjustment of base maps to handle multiple traffic modes involves a heavy workload. Now that it is possible to gather large volumes of diversified traffic data and perform traffic analysis that combines multiple types of data, it would be effective to establish a smart digital infrastructure for analysis and visualization that is capable of unified, high-speed processing of traffic data. In this paper, based on issues concerning base maps that we have identified by examining the current situation including the types of traffic data and examples of its uses, we consider the data models and requirements for a smart digital infrastructure for analysis and visualization, and evaluate the technical feasibility of such an infrastructure by creating an experimental platform.

Keyword: Traffic data, Road Section Identification Data set (RSIDs), Digital road map,

1. はじめに

都市交通計画分野では、道路交通センサスやパーソントリップ調査などの統計調査にて人の移動や道路交通の実態を把握している。一方、スマートフォン、携帯電話やカーナビゲーションなど通信機能を持つ端末の普及、GPS 受信機やセンサの小型化や高度化などにより、歩行者、車や電車などの移動履歴に係わる大量の交通データが 24 時間 365 日収集されている。また、Hadoop などの大量データの処理技術の向上により、より高度な分析ができる環境も整備されてきている。平成 26 年 6 月には、交通データの利活用の一戦略となる「官民 ITS 構想・ロードマップ」が公表されている。そこでは、官民が連携した交通データの整備・公開により、交通渋滞の把握と対策の立案や安全運転支援あるいは自動走行システムに必要な基盤、さらには観光産業や保険産業などの新たなサービスに寄与するとされている¹⁾。

交通データは、属地性が高いため、基図を用いた点・線・面の表現により、道路交通分析や可視化に活用されている。点の表現には緯度経度や住所、線の表現には道路の区間（リンク）、面の表現には行政区や 250・500m メッシュなどが用いられる。交通データには、自動車（普通、バス、大型車など）、鉄道、自転車や歩行者などの交通モード毎、あるいはすべての交通モードが含まれている場合がある。このように交通データは、多種多様な視覚表現と交通モードを有し、基図上で一元的に扱うのは容易ではない。

また、基図は交通データの多種多様な仕様に合わせて適宜調節して利用されることが多い。具体例として、デジタル道路地図²⁾（以下、「DRM」という。）や民間保有の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に調製されている。鉄道や自転車などの他の交通モードも含めた道路交通分析を行うには、基図に交通モードの属性を付与する、もしくは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り基図調節の負荷が大きい。

交通データの多様かつ大量化、そして各種データを組合せた分析が可能となっている現状も踏まえると、交通データを一元的かつ高速に処理できる分析・可視化基盤の確立による効果が期待できる。

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って、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。この基盤の確立により、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、交通データの種類や活用事例から基図上で扱う際の課題を整理する。次

に、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、基盤の試作により技術的な実現可能性を考察する。

2. 交通データの現状分析による基図の課題抽出

本研究では、既往研究を元に交通データの種類や活用事例の現状を整理し、交通データを基図で扱う際の課題を抽出した。

2-1 交通データの種類の整理

本研究は、既往研究の交通データの特性分析³⁾を元に、基図を用いた分析・可視化の視点で再整理した（表-1）。例えば、点表現の交通系 IC カード（電車）では、乗降客数を鉄道駅の地点で集計処理されている。線表現のプロブカーデータでは、走行台数や平均旅行速度を道路の区間単位で集計処理されている。また、道路交通センサスでは、道路のある地点の断面交通量は点表現、道路区間の旅行速度は線表現、ゾーン間の流動（OD）量は面表現と多様である。このように、交通データは基図上で点、線、面で表現されている。

表-1 交通データの種類

交通データ種別	データに含まれる交通モード				基図上の表現例	
	電車	自動車	自転車	歩行者		
交通系 IC カード（電車）	●				点	路線ネットワークの駅(地点)
交通量トラカン		●			点	計測地点
道路交通センサス（交通量調査）		●			点	計測地点
施設入館カウンタ				●	点	出入口の地点
駐車場カウンタ		●			点	出入口の地点
プロブカーデータ（普通車、タクシー、バス）		●			線	道路ネットワークのリンク
交通系 IC カード（バス）		●			線	道路ネットワークのリンク
道路交通センサス（旅行速度調査）		●			線	道路ネットワークのリンク
プロブパーソンデータ	●	●	●	●	線	道路ネットワークのリンク
					面	メッシュ
道路交通センサス（OD 調査）		●			面	B ゾーン等
携帯電話（基地局）	●	●	●	●	面	メッシュ
携帯電話（統計処理した GPS）	●	●	●	●	面	メッシュ

各データに含まれる交通モードに着目すると、交通系 IC カード、プローブカーデータなどの単一モードもあるが、携帯電話やプローブパーソンデータは、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、交通データは多様な表現方法と交通モードを有していることがわかる。また、交通データは各用途に応じて収集されているため、道路交通分析などの別の用途に用いる場合は、データ特性に留意する必要がある。

2-2 交通データの活用事例の概観

次に、表-1 で示した交通データの活用事例を概観する。プローブカーデータは、道路の区間毎の交通状況の把握ができる。図-1 は、東日本大震災当日の 1 都 3 県（東京都、千葉県、埼玉県、神奈川県）の都県道以上の旅行速度を示しており、マクロな交通状況の把握例である⁴⁾。図-2 は、携帯カーナビのプローブデータを用いた交差点の右左折直進方向別の通過時間の分析を示しており、ミクロな交通状況の把握例である⁵⁾。

次に、携帯電話の GPS 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は、時間帯別の滞留・流動人口の把握ができる。図-3 は、NTT ドコモの「モバイル空間統計」を用いたつくば市の平日・休日別の 500m メッシュ単位の滞留人口を示している⁶⁾。図-4 は、ゼンリンデータコム「混雑統計[®]」とパーソントリップ調査データとを組合せて、福岡中心部の平日 10 時台の滞留者の居住地分布を交通手段別に示している³⁾。

このように交通データは、単一のデータでの分析に留まらず、複数のデータを組合せて分析・可視化することによって様々な知見が得られる。

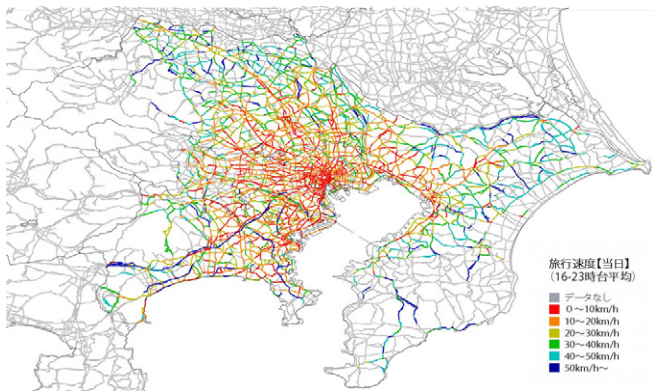


図-1 平成 23 年 3 月 11 日 16 時～23 時の 1 都 3 県の都道府県道以上の旅行速度

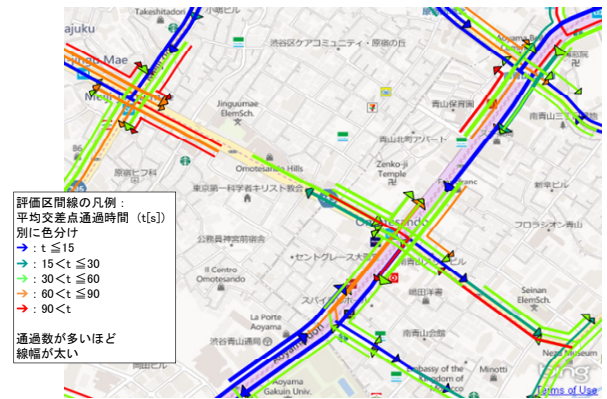


図-2 右左折直進別の交差点通過時間の推定

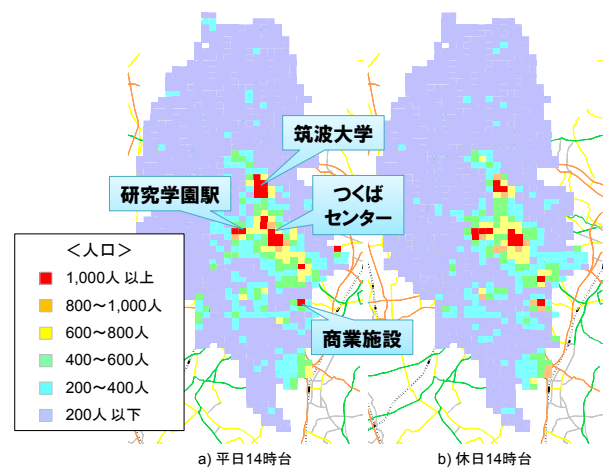


図-3 メッシュ別滞留人口（モバイル空間統計）

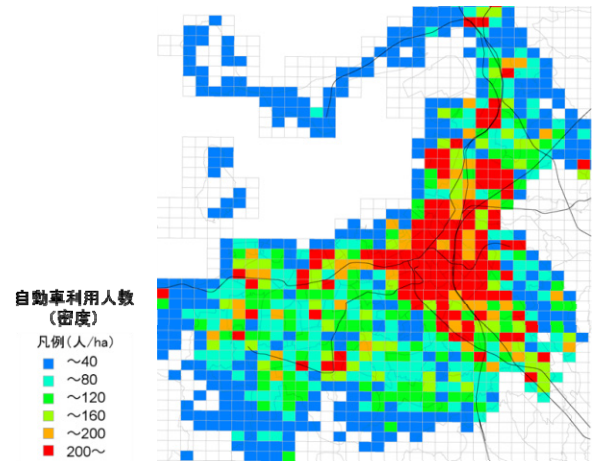


図-4 福岡都心滞留者の居住地分布（自動車）

2-3 基図利用に関する課題の抽出

本研究では、道路交通分析の熟練技術者にヒアリング調査し、前節の整理結果と併せて、交通データの分析・可視化に用いる現行の基図利用に関する課題を次のとおり抽出した。

- 複数の交通モードを基図で扱うには、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。

- ・点・線・面の異なる表現の交通データを同時に扱うには、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。
- ・基図の一部の道路ネットワークは、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、メンテナンスに多大な労力を要すことに加え、経年変化分析が容易ではない。

3. 分析・可視化基盤の要件とデータモデル

3-1 分析・可視化基盤の要件定義

前章で抽出した課題を踏まえ、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-5に示すような効率的な変換処理による多種多様で大量な交通データの組合せ分析を容易にする。また、異なる分析者や基図でも共通した分析作業の結果は一樣となる。これにより、分析者は高次分析や多様な可視化表現などの創意工夫の作業に注力できる。

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。

3-2 分析・可視化基盤のデータモデルの考案

前節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・可視化基盤を図-6に示す階層構造として定義した。現状は、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層を基盤として新たに定義している。

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移動可能な空間を表現する。鉄道路線網やバス路線網などがこれにあたる。

2層は、交通モードの乗換地点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層の移動空間ネットワークは、1層の交通モード別ネットワークを集約し、移動可能なすべての空間を表現する。交通データは、3層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。3層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することに加え、基図の更新に影響を極力受けないメンテナンス性の確保が必要である。そこで本研究では、道路の位相関係を用いて様々な基図と関連付け、道路形状の変化などによる経年変化の影響を受けない「道路の区間ID方式」⁷⁾を準用して区間および参照点を定義することとした。

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。

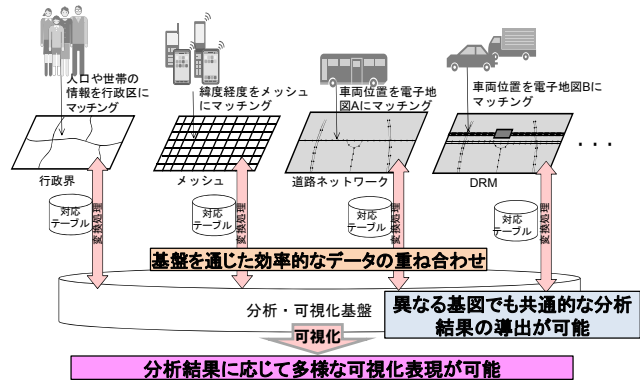


図-5 分析・可視化基盤のあり方 (イメージ)

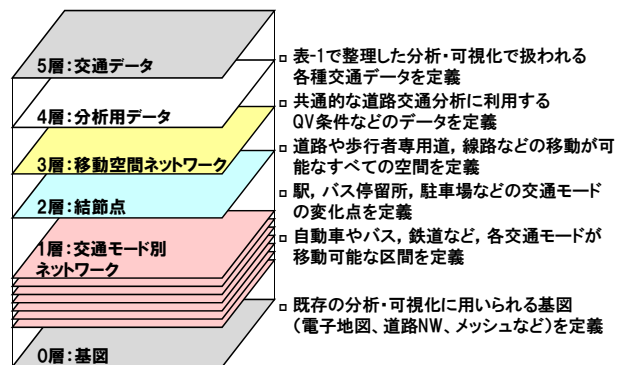


図-6 分析・可視化基盤の階層構造

既存の基図、交通データおよび考案した分析・可視化基盤の各階層の関連や属性を定義したデータモデル (UMLクラス図) を図-7に示す。

交通モード別ネットワーク層 (1層) 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に関連付けることで、全階層との接続関係が定義できる。

結節点層 (2層) は、各交通モード間を関連付ける役割を持つ。例えば、図-8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。

移動空間ネットワーク層 (3層) は、道路の区間ID方式を準用し、区間IDおよび参照点IDで表現する。各交通モード別ネットワークの区間 (リンクID) と、バス停留所などのノードIDおよび結節点IDとは、道路の区間ID方式の区間IDと参照点IDとで関連付けて連携する。

4. 基盤の試作による実現可能性の検証

本研究では、前章のデータモデルに準じて、分析・可視化基盤を試作し、現実的に実行可能な調製手順および調製に際しての留意事項などを確認した。

試作エリアは、茨城県つくば市の結節点が集中しており都市開発が著しい研究学園駅とつくば駅を含む 3km 四方程度を設定した。つくば市は、平成 17 年のつくばエクスプレスの開通や平成 22 年の首都圏中央連絡自動車道のつくば IC の開通など、交通網の変化が著しい地域でもある。そのため、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であると判断した。また、基盤の素材には、ゼンリンの道路ネットワークと駅や線路などの交通施設に関する地物、国土数値情報⁸⁾のバスルートとバス停留所データを用いた。

分析・可視化基盤は図-9に示す手順に則って試作した。図-10は、結節点の試作結果を示しており、駅

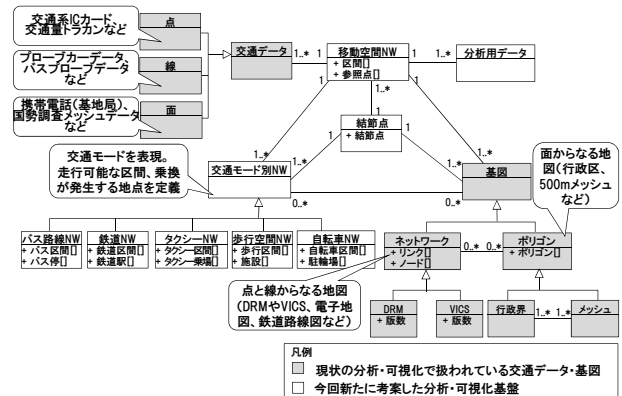


図-7 分析・可視化基盤のデータモデル

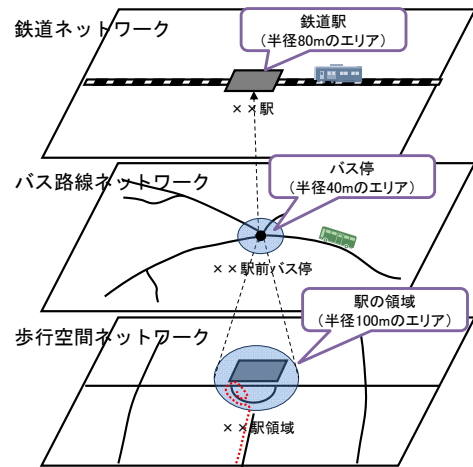


図-8 結節点の定義範囲のイメージ

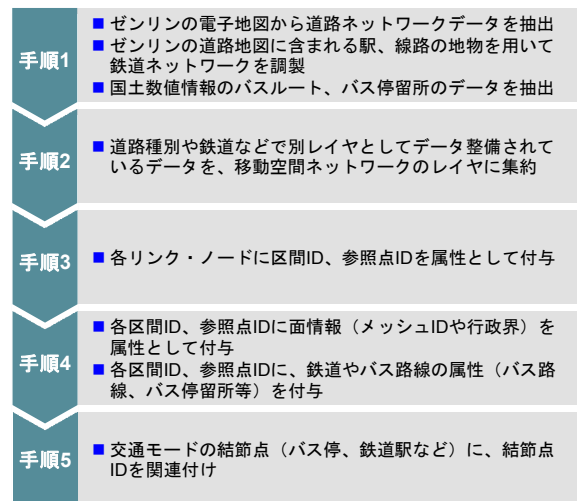


図-9 試作手順

とバス停留所と同じ結節点IDを割り当てている。図-11は、バス路線の試作結果を示している。区間IDおよび参照点IDに、バス路線の属性 (バス路線、バス停留所) を付与している。図-12は、線・面の基図の関連付け結果を示している。3層を通じて、面

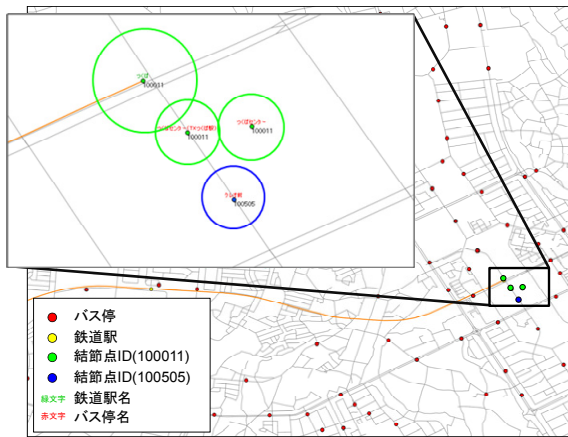


図-10 結節点の試作結果

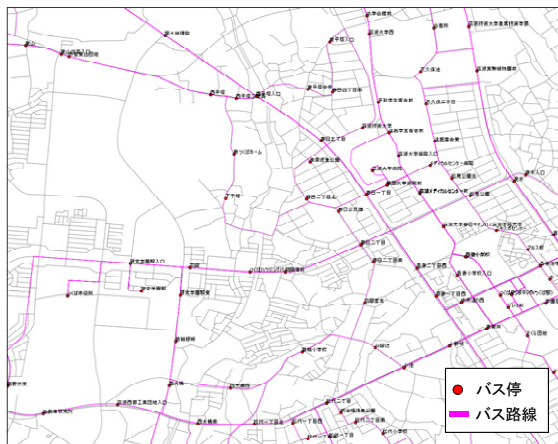


図-11 バス路線属性の試作結果

の 250m メッシュと、線の道路ネットワークとを関連付けている。試作の結果、考案した基盤（データモデル）が技術的に調製できることが確認できた。

一方、明らかになった課題としては、効率的な基盤の調製手順の確立があげられる。試作工数は、試作範囲の約 3km 四方、道路延長でいうと約 230km で計 30 人日程度であった。作業時間の要した具体例として、バス路線ネットワークの調製に国土数値情報のバスルートを利用しようとしたが、基図に用いたゼンリンの道路ネットワークの形状と一致しなかった。今回は目視で照合したため時間を要したが、例えばヒューリスティックなマッチング処理などにより、作業の効率化を図ることが一案と考えられる。

5. おわりに

本研究では、交通データの種類や活用事例の現状分析から基図で一元的に扱う際の課題を整理し、多様な交通データの分析・可視化基盤の要件や階層構造のデータモデルを考案した。さらに、基盤の試作を通じて、技術的に調製可能であること、調製手順

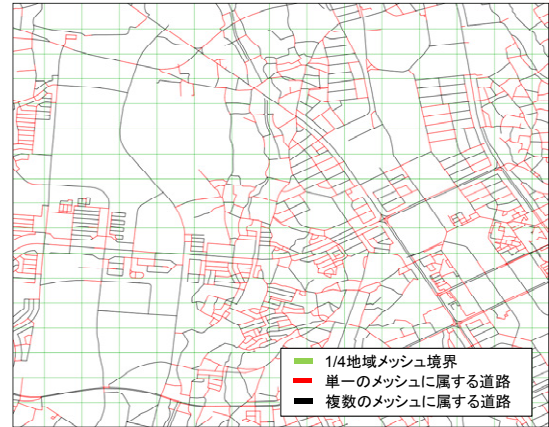


図-12 線・面の関連付け結果

や調製における留意事項などの実現可能性を示した。

今後は、本研究で顕在化した課題の対応策の考案とともに、実際の交通データを用いたケーススタディによるデータモデルの検証を重ね、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。

参考文献

- 1) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部：官民 ITS 構想・ロードマップ，2014
- 2) (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 2014.10.30)
- 3) 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
- 4) 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
- 5) 太田恒平，大重俊輔，矢部努，今井龍一，井星雄貴：携帯カーナビのプローブ交通情報を活用した道路交通分析，土木計画学研究・講演集，Vol.47，土木学会，2013
- 6) 今井龍一，田嶋聡司，矢部努，塚田幸広，重高浩一，橋本浩良，山王一郎，石田東生：動線データを活用した都市活動のモニタリング手法に関する研究～「環境モデル都市・つくば」におけるつくばモビリティ・交通研究会の取り組み～，土木計画学研究・講演集，Vol.50，2014
- 7) 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
- 8) 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 2014.10.30)