

プローブカーデータを用いた都市内道路交通所要時間の視覚化*

Visualization of Road Travel Time of City Center Using Probe Vehicle Data*

井上 亮**・遠藤修平***・清水英範****

By Ryo INOUE**・Shuhei ENDO***・Eihan SHIMIZU****

1. はじめに

国土交通省は、より効果的、効率的かつ透明性の高い道路行政へと転換を図るため、国民にとっての成果を重視する道路行政マネジメントを指向している。その一環として、旅行速度や渋滞長などの道路交通サービス水準を表すアウトカム指標を用い、道路行政の業績評価が行われるようになってきている。

従来、道路交通サービス水準に関するデータは、人手あるいは路側に設置された測定機器で観測されることが多かったが、近年、プローブカーを利用した観測が検討され、様々な取り組みがなされている。プローブカーとは、位置計測機器などの観測機器を搭載し、走る交通観測センサーとして道路交通に関するデータを収集する車輛である。プローブカーの走行履歴データを集計することによって、道路交通状況を表す様々なデータを観測することが可能である。

従来の代表的な交通調査で、道路政策の基本情報として用いられてきた道路交通センサスでは、数年に1度、平日・休日それぞれについて、ある特定日の交通状況の観測しかできないのに対し、プローブカーでは、長期間の変化を容易に継続的に観測することが可能である。また、路側に設置されたセンサーでは、幹線道路の特定断面における交通状況しか把握できないのに対し、プローブカーでは、幹線道路から細街路まで広範囲なデータを比較的安価な費用で取得することが可能である。

現在、交通調査などによって取得されたデータに基づいて作成された、道路交通サービス水準を表すアウトカム指標は、道路区間単位の年間渋滞損失額を地図上に三次元状の柱で表示する「渋滞3Dマップ」¹⁾などの表現

*キーワード：交通情報、視覚化、GIS

**正員、博(工)、東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻
(東京都文京区本郷7-3-1、TEL 03-5841-6129、

E-mail rinoue@civil.t.u-tokyo.ac.jp)

***学生員、東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻

(東京都文京区本郷7-3-1、TEL 03-5841-6118、

E-mail endo@trip.t.u-tokyo.ac.jp)

****正員、工博、東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻
(東京都文京区本郷7-3-1、TEL 03-5841-6126、

E-mail shimizu@civil.t.u-tokyo.ac.jp)

方法によって広報されている。この「渋滞3Dマップ」は、渋滞が引き起こす社会的損失のイメージを伝える点では効果的で、道路整備の必要性を訴える上では有効であると考えられる。しかし、各々の道路利用者にとっては、社会的損失というアウトカム指標は必ずしも分かりやすいとはいえず、自らが経験・体感する道路交通サービス水準と一致するとは限らないため、一般の道路利用者が道路交通サービスの現状把握の上では必ずしも適切な表現とは言えない。

今後、プローブカーによって観測される空間的・時間的に詳細な道路交通観測データが入手可能であることを考えると、各々の道路利用者に対して、自宅周辺などの興味の対象や、それぞれの行動パターンに応じた個人ベースの道路交通サービス水準を表すアウトカムマップを提示することが可能になると予想される。そのような個人ベースのアウトカムマップは、道路交通サービスの現状への理解を深め、その問題点を認知し問題意識を共有する上で非常に有効であると考えられる。

そこで本研究では、道路交通サービス水準を表すアウトカム指標の中から、多くの道路利用者が関心を持ち理解しやすい旅行時間に着目し、その視覚化手法の提案を行う。東京都心部で観測されたプローブカーデータを用いて、提案手法を用いた道路交通所要時間の視覚的表現を試みる。

2. 利用したプローブカーデータの概要

本研究では、国土交通省が東京都心部(2次メッシュコード5339-35・36・45・46、約20×20km)で平成12年5月から14年6月にかけて収集した、品川区の営業所に所属するタクシー20台の走行履歴のプローブカーデータを利用する。

プローブカーデータは、財団法人日本デジタル道路地図協会が作製する全国デジタル道路地図データベース(DRM)の全道路データに基づいて整理されている。対象範囲の交差点ノード数は52,684、リンク数は84,946、通行可能な方向を考慮した有向リンク数では158,287となる。本研究で利用したプローブカーデータは、ある車両があるリンクの起点・終点ノードを通過した日時を1レコードとして記録しており、計16,931,890レコ

ードの走行履歴が記録されている。

また、プローブカーの走行履歴データは、平日・土曜・休日別、1時間単位で集計され、各リンクの平均所要時間が算出されている。今回使用したデータでは、平日81,328リンク、土曜日53,103リンク、休日49,468リンクに関して1台以上の走行履歴が記録されており、所要時間データを設定することができた。幹線道路については、平日では全時間帯でほぼ全てのリンクの所要時間データが揃っているが、土曜日・休日では全般的に夜間ではデータが観測されていない時間帯が多くあることが確認された。また、幹線道路以外では、平日でも20時間帯以上に走行履歴のあるリンク数は19,530と全体の1割強しかなく、走行履歴が十分に取得できていないことが確認された。

そこで、このプローブカーデータを利用する場合には、主に幹線道路から構成されているDRMの基本道路データに基づいてデータを再集計した。基本道路データは幅員5.5m以上の道路のみを収録しており、ノード数は16,840、有向リンク数は43,657と全道路データに比べかなりコンパクトである。この再集計によって、細街路のデータを省くと同時にデータ量を削減し、その後の計算処理の簡略化を図った。

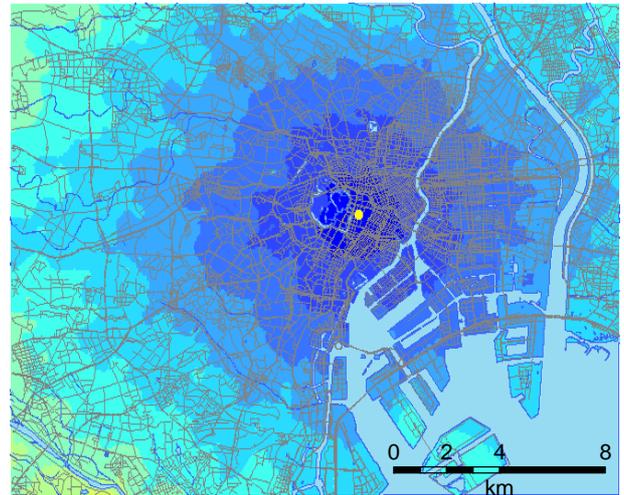
再集計の結果、全体の約70%に当たる30,275本の有向リンクに、少なくとも最低1時間帯に1台以上の走行履歴データがあることが確認された。以降、道路所要時間の視覚化を行う時には、観測データのない時間帯では、前後の時間帯において観測されているリンクの平均所要時間データを線形内挿して補間している。

3. 到達時間コンターマップによる視覚化

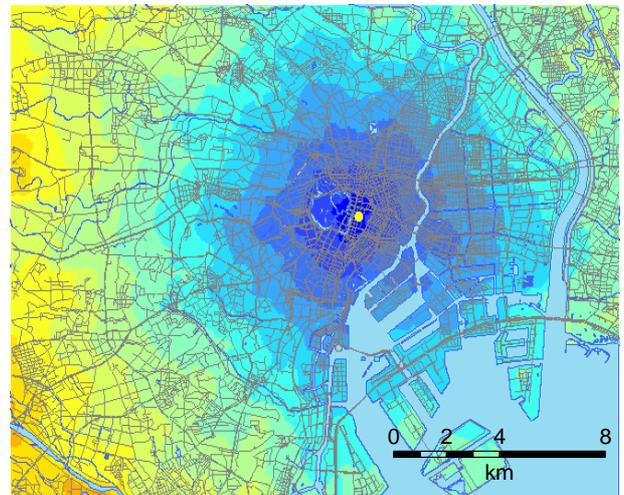
本研究では、道路交通所要時間の視覚化手法として、到達時間コンターマップを提案・作成した。

到達時間コンターマップとは、ある特定の地点を特定の時刻に出発した場合の、地図上の各地点までの旅行時間を等時間線（コンター）によって示したものである。道路利用者が、任意の出発地点・時刻を指定して到達時間コンターマップの作成を行うことによって、各個人が関心に基づいた個人ベースの道路交通サービス水準のアウトカムマップを作成することができる。

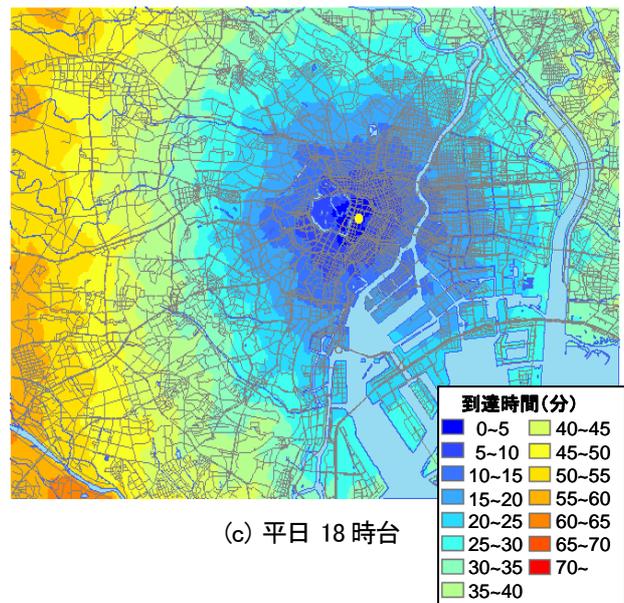
到達時間コンターマップ作成では、起点・出発時刻を設定し、Dijkstra法²⁾を用いて各ノードまでの最小到達時間を算出する。リンクの所要時間は、各リンク起点ノードの出発時刻に基づいて、前後の時間帯の平均所要時間を線形内挿して与えている。各ノードまでの最短所要時間を計算した後、空間内挿して到達時間コンターマップを作成した。本稿では、東京駅丸の内口を起点とし、平日の6・12・18時に出発した場合の到達時間コンターマップを図—1に示す。



(a) 平日 6 時台



(b) 平日 12 時台



(c) 平日 18 時台

図—1 東京駅丸の内口起点の道路所要時間
(背景地図: 北海道地図 GISMAP for Road 基本道路)

図—1より、到達時間コンターマップを用いることによって、プローブカーを利用して取得された詳細な道路交通所要時間データを、効果的に視覚化することができる。時々刻々変化する東京都心部の道路所要時間を視覚的に表現することができ、道路交通サービスの現状を比較的容易に把握することが可能であることが確認できた。

ここで提案した到達時間コンターマップは、非常に単純な視覚化手法であると言えよう。しかし、道路利用者各自の関心に基づいて到達時間コンターマップを作成できる環境を用意すれば、簡単に個人ベースのアウトカムマップを作成することができる。このようなツールは、道路交通サービス水準の現状把握にとって有用な手段だと考えられる。

4. 時間地図による視覚化

次に、地点間の所要時間を地図上の地点間距離を用いて表す時間地図を用いて、都心部の幹線道路の道路交通所要時間の視覚化を行う。

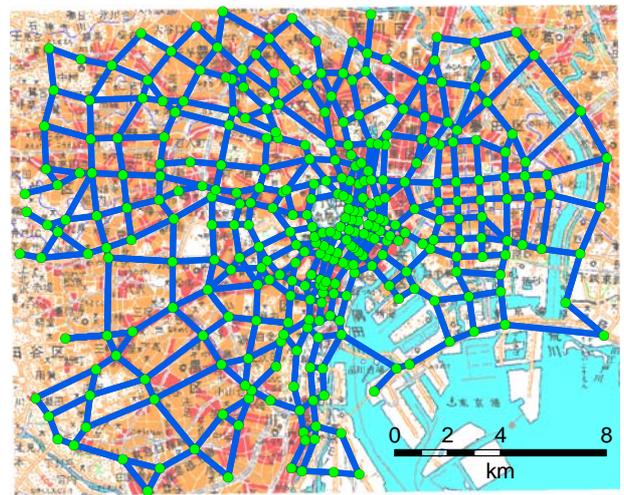
まず、対象地域内の主要交差点 327 点を抽出し、主要交差点を結ぶ幹線道路 1,112 本の有向リンクを設定した(図—2)。各リンクには、放射上り・下り・環状内回り・外回りの属性を設定している。

次に、交差点間の所要時間を、到達時間コンターマップ作成の場合と同様に Dijkstra 法で計算した。その後、時間地図作成手法³⁾を用いて、幹線道路リンクの所要時間を表現するように、各時間帯・上下別に時間地図を作成した。なお、上りの時間地図作成では放射道路の上りと環状道路の両方向、下りの時間地図作成では放射道路の下りと環状道路の両方向の所要時間データを表現するように計算している。

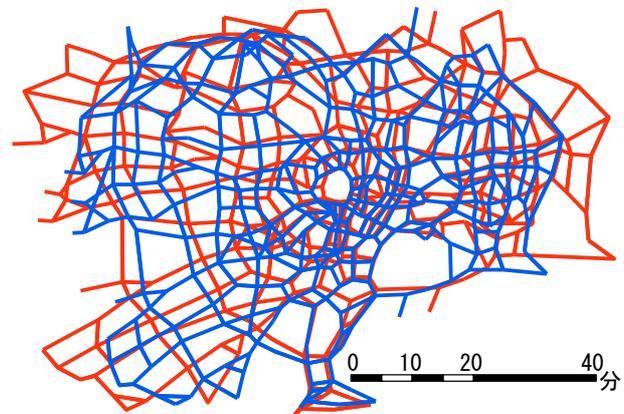
本稿では、平日の中で、上下方向の所要時間差が最も大きい 9 時台の時間地図を示す(図—3)。対象地域全体では、下り方向の所要時間を表現した青色の時間地図の方が小さく、下りの方が速く移動できることが読み取れる。しかし、図—3を詳細に見ると、山手通りより内側の都心部では、9 時台ではすでに下りの所要時間の方が長くなっていることを読み取ることができる。

しかし、図—3のように主要道路網のリンクだけで表示した時間地図では、対象地域の道路網について深い知識を有する人でも時間地図上の地点と地理的な場所との対応がつきにくく、表現されている所要時間データが分かりにくいことが予想される。そこで、時間地図形状に合わせて数値地図 200000 (地図画像) (図—2 背景)を変形した視覚化を試みた。本稿では、アフィン変換とユニバーサルクリギングを用いた変形を行っている。

なお本稿では、平日 9 時台に加えて、最も所要時間が短い 5 時台、最も所要時間が長い 15 時台の上下方向別



図—2 主要交差点と幹線道路網
(背景地図: 数値地図 200000 (地図画像))



図—3 道路交通所要時間 平日 9 時台
(赤:上り、青:下り)

時間地図を図—4に示す。図—4では、時間帯による所要時間の違いを一見して理解することができる。また、例えば 9 時台、15 時台では対象領域の時間地図の面積には大きな差は見られないが、9 時台では周辺部、15 時台では都心部での速度低下が観察することができるなど、到達時間コンターマップでは表現することが困難な道路サービス水準の実態を視覚化することが可能である。

5. おわりに

本研究では、詳細なスケールで観測された道路交通所要時間データの視覚化手法として到達時間コンターマップと時間地図を提案し、東京都心部で取得された既存のプローブカーデータを用いて視覚化の試行を行った。

到達時間コンターマップでは個人ベースの道路交通所要時間を、時間地図では幹線道路の上下線別所要時間を効果的に視覚化できることが確認された。また双方の手法とも、時々刻々変化する都市内の道路交通所要時間を印象的に表現することが可能であることが確認された。

現在、Web 上で出発地点を指定し出発時刻を入力す



(a) 平日 上り 5 時台



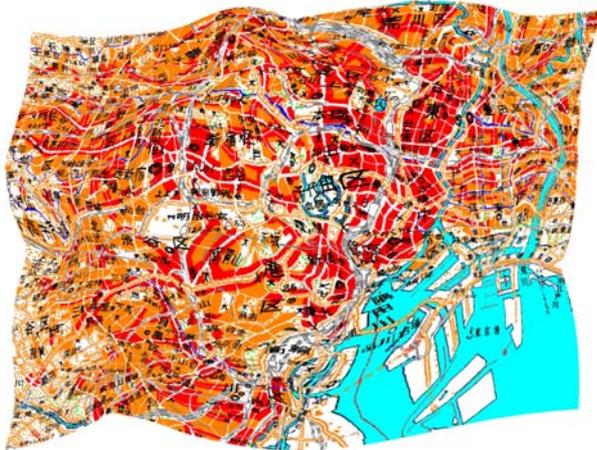
(b) 平日 下り 5 時台



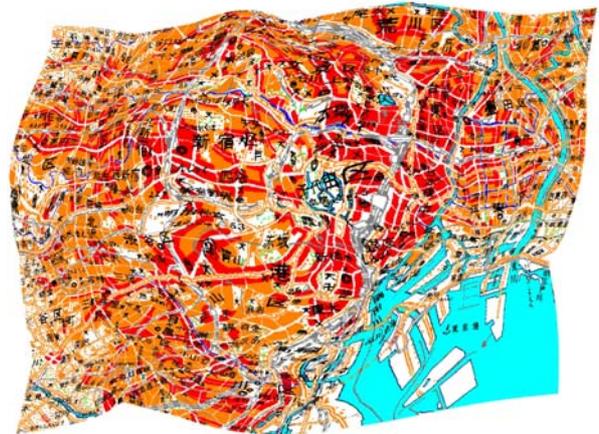
(c) 平日 上り 9 時台



(d) 平日 下り 9 時台



(e) 平日 上り 15 時台



(f) 平日 下り 15 時台

図—4 幹線道路所要時間変化の視覚化

るだけで、到達時間コンターマップを作成できるツールの実装を行っている。このツールの整備により、誰でも簡単に興味のある地点の道路交通サービス水準を見ることができ環境の整備を目指している。

また、より走行履歴の多いプローブカーデータを使用し、10分単位などのより細かい時間スケールでの交通状況の変動の視覚化や、季節・気象条件・五十日などによる所要時間の変化を表現が可能な環境を整備し、道路交通分析への応用を可能にすることを検討している。

謝辞

国土交通省道路局より、プローブカー実験の走行履歴データを提供して頂いた。また、財団法人計量計画研究

所にはプローブカーデータに関してご助言・ご協力を頂いた。ここに記し、感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局：ITS Handbook 2003-2004, 2003.
- 2) Dijkstra, E.W. : Note on Two Problems in Connexion with Graphs, Numerische Mathematik, Vol.1, pp.269-271, 1959.
- 3) 清水英範, 井上 亮：時間地図作成問題の汎用解法, 土木学会論文集, No. 765/IV-64, pp.105-114, 2004.