

渋滞情報を用いた旅行時間推計方法

市河 研一^{†1,*1} 杵淵 哲也^{†1} 金澤 明浩^{†2}
鈴木 章^{†1} 小池 秀樹^{†1}
蔵屋 孝^{†3} 中井 章文^{†3}

本論文では、VICS (Vehicle Information and Communication System) 交通情報を利用して、リンク旅行時間が提供されていない道路のリンク旅行時間を、当該道路のリンク渋滞情報から精度良く推計する方法を提案する。本手法では、(1) リンク旅行時間情報とリンク渋滞情報が提供されている道路において、リンク渋滞度と正規化された旅行時間を回帰分析することでリンク渋滞度から正規化旅行時間を算出する変換係数を求め、(2) 得られた変換係数と各道路の道路種別や規制速度といった道路属性との関連を質的変数に拡張した重回帰分析を行い、(3) その分析結果に基づき、旅行時間未提供リンクの道路属性から渋滞度と正規化旅行時間の変換係数を算出し、これを用いて旅行時間未提供リンクの旅行時間をその渋滞状況から推計する。全国的一般道についてその推計精度を評価し、良好な結果を得た。

Travel Time Estimation Method Using Traffic Jam Information

KENNICHI ICHIKAWA,^{†1,*1} TETSUYA KINEBUCHI,^{†1}
AKIHIRO KANAZAWA,^{†2} AKIRA SUZUKI,^{†1} HIDEKI KOIKE,^{†1}
TAKASHI KURAYA^{†3} and AKIFUMI NAKAI^{†3}

Authors are developing a travel time estimation method that eliminates one of the weaknesses of VICS (Vehicle Information and Communication System). To determine the travel times of all possible travel routes we need the travel time of all individual roads. Unfortunately, VICS doesn't provide the travel time for quite a few roads in Japan. VICS does, however, provide information on traffic jam data on all individual roads. This paper proposes to use the traffic jam data to estimate the travel times of the roads not covered by VICS. The proposed method first applies regression analysis to the traffic jam data of roads whose travel times are known to VICS and the travel times to determine the coefficient of transformation. Next, various road attributes (road category

and restriction speed etc. of each road) are subjected to multi-regression analysis to optimize the coefficient of transformation. Finally, for roads whose travel times are not known to VICS, the proposed method applies the new coefficient of transformation. Authors conduct an experiment that confirms the method's excellent accuracy on general roads throughout the country.

1. はじめに

近年の交通情報に関する規制緩和を契機として、VICS 交通情報 (道路管理者が収集し、日本道路交通情報センター (JARTIC¹⁾) および道路交通情報通信システムセンター (VICS²⁾) が集約配信する) を利用した旅行時間や渋滞状況の予測技術に関する研究開発が進められ、実際に予測交通情報の提供サービスとして実用化されている技術もある。たとえば文献 3)、4) では、蓄積された VICS 交通情報を統計分析することで長時間先の旅行時間を予測する手法が提案されている。また文献 5)、6) では、過去の旅行時間情報と現時点のリアルタイム旅行時間情報を統計処理して、短時間先の旅行時間を精度良く予測する手法が提案されている。同様に文献 7)、8) では蓄積された過去の渋滞情報と現時点の渋滞状況から短時間先の渋滞状況を予測する手法が提案されている。

ところでこれらの予測交通情報の作成にあたり、渋滞箇所の予測においては VICS 交通情報の中のリンク渋滞情報が、また道路区間を指定した旅行時間の予測においてはリンク旅行時間情報が必要となる。しかしこれらの交通情報の提供状況をみると、2006 年 10 月時点で、全国で約 22 万リンクある VICS 道路リンクのうち、リンク渋滞情報が提供されている道路は約 9 万 5 千リンク、さらにそのうちリンク旅行時間情報が提供されている道路は約 5 万 3 千リンクにとどまっている。つまり VICS 交通情報が提供されている道路リンクのうち、約 4 万 2 千リンクではリンク旅行時間情報が提供されておらず、精度の高い旅行時間予測情報を作成するうえで大きな障害となっている。

^{†1} 日本電信電話株式会社 NTT サイバースペース研究所
NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE Corporation NTT Cyber Space Laboratories

^{†2} 西日本電信電話株式会社研究開発センター
NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE WEST Corporation Research & Development Center

^{†3} 株式会社エヌ・ティ・ティデータビジネスソリューション事業部
NTT DATA Corporation Business Solutions Sector

*1 現在、エヌ・ティ・ティアイティ株式会社メディアサービス事業部
Presently with NTT-IT Corporation Media Services Division

一方、VICSのリンク旅行時間未提供道路だけではなく、VICS交通情報そのものが提供されていない道路の渋滞状況や旅行時間情報の収集利用を目的として、プローブカーによる交通情報収集システム、およびプローブカー情報を利用した交通予測技術の研究開発も活発であり^{9),10)}、一部ではその商用利用も実用化されている^{11),12)}。しかし現時点ではプローブカーの普及レベルはまだまだ低く、プローブカーにより収集できる交通情報の時間的・空間的密度が少ないため、交通情報需要のあるすべての道路リンクにおいてつねに必要な交通情報を収集することは難しい状況である。また商用提供されているサービスも、特定の車種を対象としたサービスプロバイダごとの情報提供にとどまっており、広く一般のドライバが利用できる環境にはない。

そこで我々は、文献 3)–8) が過去の渋滞情報および旅行時間情報を解析してその結果からそれぞれ将来の渋滞状況や旅行時間を予測するのは別の視点、すなわち旅行時間情報が提供されていない道路の旅行時間を、その渋滞状況から推計する方式の検討を進めてきた^{13),14)}。具体的には道路の渋滞情報と旅行時間情報との間の関係、および渋滞情報と旅行時間情報との間の関係を定める要因と当該道路の道路属性データとの間の関係に着目し、これを統計分析することでこれを実現した。本報告では、この渋滞情報からの旅行時間推計方式の手法を改めて整理して提示するとともに、VICS道路リンクの中で道路属性データが十分提供されている一般道を対象として行った旅行時間の推計精度評価の結果について述べる。

なお、本手法の原理は、以下の2つの仮説に基づいている。

[仮説1]: 道路の渋滞状況(リンク渋滞度)と、その道路を通過するのに要する旅行時間(リンク旅行時間)の間には正の相関がある(渋滞すればするほど通過所要時間は長くなる)。

[仮説2]: 渋滞度と旅行時間との関係は、当該道路の構造やその上を走る自動車の走行条件(規制速度等)に影響を受ける(渋滞していないときは規制速度の大きい道路の方が通過所要時間は短いだろうし、渋滞しているときは幅員や車線数の大きい道路の方が通過所要時間は短いだろう)。

本報告では、まず2章で、リンク渋滞情報とリンク旅行時間情報がともに提供されている道路を対象として、各道路の渋滞度と正規化旅行時間(単位長さあたりのリンク旅行時間)の関連を回帰分析により明らかにする。そして各道路リンクの渋滞度から正規化旅行時間を算出する変換式の各係数と、当該道路の道路種別や規制速度といった属性情報との関連を、重回帰分析により明らかにする。次に3章ではその分析結果に基づき、リンク旅行時間情報

が提供されていない道路のリンク旅行時間を、当該道路リンクの属性情報とリンク渋滞情報から推計する手法について述べる。そして4章では、リンク渋滞情報とリンク旅行時間情報がともに提供されている道路リンク集合と、リンク旅行時間の推計対象となるリンク渋滞情報だけが提供されている道路リンク集合とについて標本集合としての性質を比較分析したうえで、本手法を用いて得られるリンク旅行時間(推計リンク旅行時間)について、リアルタイムの実測リンク旅行時間の代替情報としての観点から評価した結果について述べる。

2. 渋滞状況と旅行時間の関係に関する分析

2.1 リンク渋滞度と正規化旅行時間の定義

VICSシステムでは、道路のリンク渋滞情報およびリンク旅行時間情報が模式的には図1に示す形で提供されている。

ここで、渋滞情報は各道路リンクの渋滞区間を定義する部分区間の先頭位置と渋滞区間の長さおよび渋滞の程度(3:渋滞, 2:混雑, 1:渋滞なし)として提供されるので、道路



図1 VICS リアルタイム交通情報
Fig.1 VICS real time traffic information.

リンク全体の渋滞（混雑）度合いを 0 から 100 までの数値指標として表す「リンク渋滞度」を次式のように定義する．すなわち，ある時刻 t における道路リンク $L1$ の渋滞度を $J^{(L1)}_t$ として次式で定義する．

$$\begin{aligned} & \text{リンク渋滞度 } J^{(L1)}_t \\ &= \{(100 \times \text{渋滞リンク素片長}) \\ &+ (50 \times \text{混雑リンク素片長}) \\ &+ (0 \times \text{渋滞なしリンク素片長})\} / \text{リンク全長} \end{aligned} \quad (1)$$

そして旅行時間については，リンク長の異なる複数の道路の旅行時間を同一の基準で扱うために，旅行時間を各道路のリンク長（10m 単位）で正規化した「正規化旅行時間」を次式のように定義して導入する．

$$\begin{aligned} & \text{正規化旅行時間 } NT^{(L1)}_t \\ &= (\text{旅行時間 } T^{(L1)}(\text{秒})) / \text{リンク長 } L^{(L1)}(10\text{m}) \end{aligned} \quad (2)$$

2.2 リンク渋滞度と正規化旅行時間の関係の分析

前節の定義に基づき，2005 年 10 月 1 日から 2006 年 9 月 30 日の 1 年間に提供された VICS 交通情報について，リンク渋滞情報とリンク旅行時間情報の組が有効なデータが当該期間の 90% 以上で得られている全国の一般道 25,878 リンクを対象として（この道路リンクの集合を $L1$ とする），リンク渋滞度と正規化旅行時間の散布図を作成するとともに，リン

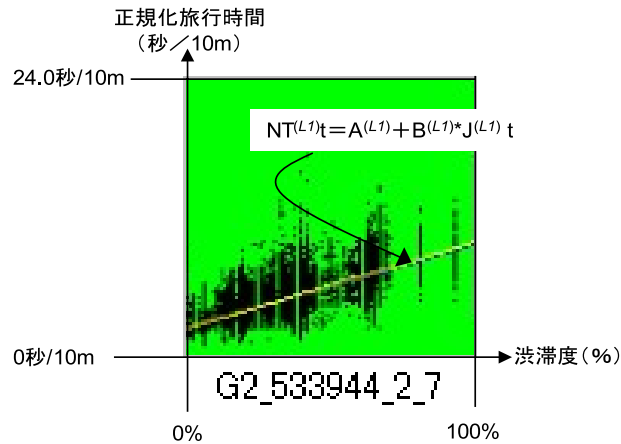


図 2 リンク渋滞度と正規化旅行時間の散布図（例 1）
Fig. 2 The congestion degree and normalized travel time (ex.1).

ク渋滞度を説明変数，正規化旅行時間を目的変数とした回帰直線

$$NT^{(L1)}_t = A^{(L1)} + B^{(L1)} * J^{(L1)}_t \quad (L1 = 1 \sim 25,878) \quad (3)$$

の切片 $A^{(L1)}$ と傾き $B^{(L1)}$ および相関係数 $C^{(L1)}$ を算出した．

図 2 に散布図の一例を示す．横軸がリンク渋滞度で最小値 0% から最大値 100% までを，縦軸が正規化旅行時間で最小値 0 秒/10m から上限を 24.0 秒/10m として散布図を描いている．図 2 と同じ基準で東京都の一般道 16 リンク分の散布図の例を図 3 に示す．各図の下の数字が各道路リンクを特定するための識別子である VICS リンク番号（2 次メッシュ番号，リンク区分，リンク番号の組み）である．

また図 4 に図 2 に示した道路リンクの散布図を標本の出現頻度を加えて 3 次元化した散布図を示す．標本数は渋滞度 0% から 100% までを 100 分割，正規化旅行時間を 0 秒/10m

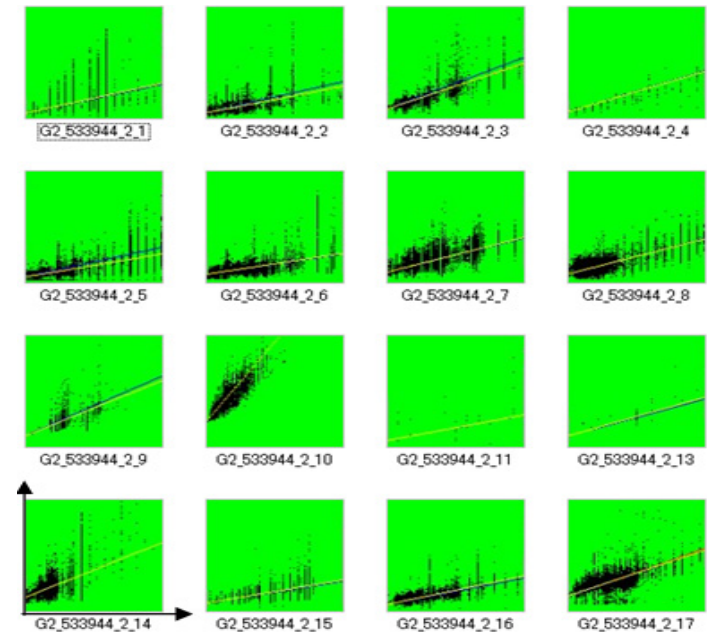


図 3 リンク渋滞度と正規化旅行時間の散布図（例 2）
Fig. 3 The congestion degree and normalized travel time (ex.2).

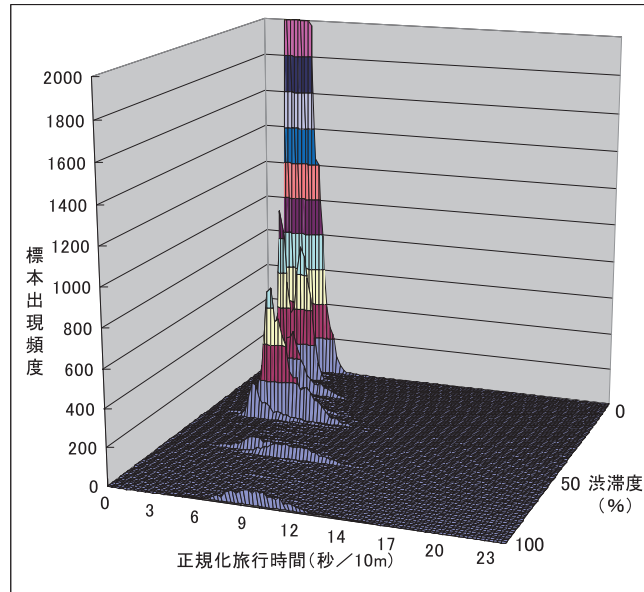


図4 リンク渋滞度と正規化旅行時間の散布図(例3)
Fig. 4 The congestion degree and normalized travel time (ex.3).

から 24.0 秒/10 m (= 時速 1.5 km/相当) までを 100 分割した 100 × 100 の投票空間としてカウントした。出現頻度の最大値は約 15,000 であったが、図 4 は上限を 2,000 としてある。

図 4 の例で明らかなように、分析対象とした 26,720 リンクの標本事例(1 リンクあたり 1 年 365 日 × 1 日 5 分間隔 288 時刻の約 10 万サンプル)のうち、渋滞度が 1%以上となる事例数はきわめて少ない。25,878 リンクの全有効標本事例について、渋滞度 0、渋滞度 1~99、渋滞度 100 の事例数とその割合を表 1 に示す。

また相関係数 $C^{(L1)}$ の分布を図 5 に示す。これによれば分析対象とした 26,720 リンクのうち、相関係数が 0.7 以上 ~ 1.0 以下の道路リンクが 43.0%、また相関係数が 0.5 以上 ~ 0.7 未満の道路リンクが 14.5%である。よって合わせて 67.5%以上の道路リンクにおいて相関係数 0.5 以上で、リンク渋滞度と正規化旅行時間の間で正の相関が認められる。

2.3 リンク渋滞度-正規化旅行時間変換係数と道路属性との関係の分析

本節では、前節で求めた各道路リンクのリンク渋滞度-正規化旅行時間変換式の係数、す

表 1 渋滞度別の標本出現数とその割合

Table 1 The occurrence and percentage of the samples with congestion degree and normalized travel time.

	事例数	割合 (%)
全事例	2,767,514,836	100.0
渋滞度 0	2,618,481,832	94.6
渋滞度 1~99	120,674,066	4.4
渋滞度 100	28,358,938	1.0

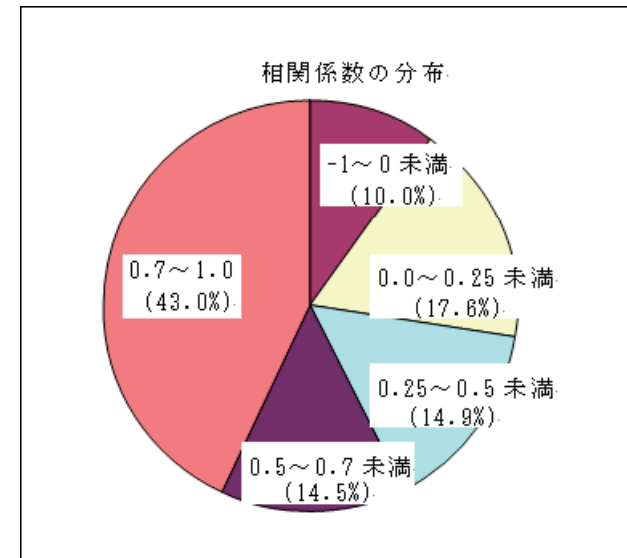


図 5 相関係数 $C^{(L1)}$ の分布(対象道路リンク 26,720)

Fig. 5 Distribution of correlation coefficients between congestion degree and normalized travel time.

なわち回帰直線 (3) の切片 $A^{(L1)}$ および傾き $B^{(L1)}$ と、当該道路リンクの道路属性情報との関係を分析する。

今回、各道路リンクの属性情報は、VICS リンクデータベース²⁾ に定義されている当該道路リンクの構成ノードである DRM¹⁵⁾ ノードを検索することで、対応する DRM 基本道路

表 2 リンク渋滞度-正規化旅行時間回帰直線の切片と道路属性

Table 2 Intercepts of the congestion degree - the normalized travel time line, and road link attributes.

VICSLink 識別子 $L1 \rightarrow L11$	目的変数	説明変数						
	回帰直線 切片 $A^{(L1)}$	12 時間 交通量 P1	ピーク時 旅行速度 P2	道路種別 コード Q1	規制速度 コード Q2	リンク種別 コード Q3	幅員区分 コード Q4	車線数 コード Q5
1								
...
$L11_{max}$								

リンクデータの属性情報をあてることとした。そして、そこに記された DRM 基本道路リンクデータより、リンク旅行時間（すなわち道路上の走行車両の速度）に大きな影響を持つ因子（情報項目）として、① 12 時間交通量、② ピーク時旅行速度、③ 道路種別コード、④ 規制速度コード、⑤ リンク種別コード、⑥ 幅員区分コード、⑦ 車線数コード、の 7 つを抽出した。

次に、最初に調査対象とした 25,878 リンクのリンク渋滞度-正規化旅行時間回帰直線（前節の式 (3)）の切片 $A^{(L1)}$ について、これが渋滞度 0 の正規化旅行時間の値であることから、これを各道路リンクの渋滞度 0 の標本の正規化旅行時間の平均値として得た。さらにこの $A^{(L1)}$ のうち、上記の属性情報 ①~⑦ のすべてが有意である（不明値を含まない）ものを選択するとともに、 $A^{(L1)}$ の異常値として 0.4 秒/10m 以下（時速 90 km/h 以上）と 3.6 秒/10m 以上（時速 15 km/h 以下）の標本を除外して、18,995 リンク（この道路リンクの集合を $L11 = 1 \sim 18,995$ とする）分の切片 $A^{(L11)}$ を選別した。この $A^{(L11)}$ を目的変数として、各道路リンクの属性情報を説明変数とした標本集合を表 2 に示す。表 2 の中で VICSLink 識別子は模式的に番号としているが、これは具体的には VICS リンク番号、すなわち（メッシュ番号、リンク区分、リンク番号）の組である。

またリンク渋滞度-正規化旅行時間回帰直線（前節の式 (3)）の傾き $B^{(L1)}$ については、これがリンク渋滞度の増減にともなう正規化旅行時間の増減の程度を示す値であることから、その統計的信頼度が、その回帰直線の相関係数 $C^{(L1)}$ によるところが大きい。そこで上記の $A^{(L11)}$ に関する道路リンク集合 $L11$ の中から、相関係数 $C^{(L1)}$ の値が 0.5 以上のリンクを選択した後、 $B^{(L1)}$ の異常値として 0.012 以下（渋滞度 100 の場合の時速が 30 km/h 以上）と 0.36 以上（渋滞度 100 の場合の時速が 1 km/h 以下：渋滞度 100 のときの正規化旅行時

表 3 リンク渋滞度-正規化旅行時間回帰直線の傾きと道路属性

Table 3 Slopes of the congestion degree - the normalized travel time line, and road link attributes.

VICSLink 識別子 $L11 \rightarrow L12$	目的変数	説明変数						
	回帰直線 傾き $B^{(L12)}$	12 時間 交通量 P1	ピーク時 旅行速度 P2	道路種別 コード Q1	規制速度 コード Q2	リンク種別 コード Q3	幅員区分 コード Q4	車線数 コード Q5
1								
...
$L12_{max}$								

表 4 リンク渋滞度-正規化旅行時間変換係数と 12 時間交通量

Table 4 Transform coefficients between the congestion degree and the normalized travel time, and traffic volume per 12 hour period.

比尺度変数 P_1 : 12 時間交通量 (百台)	回帰係数 (切片 A)	回帰係数 (傾き B)
定数項	1.267682	0.05372
係数	-0.0004	-2.87E-05
決定係数	0.023216	0.020599

間標本の標本分布において平均値 +3 σ (σ は標準偏差) の範囲を超えるもの) の標本を除外した 9,081 リンク（この道路リンク集合を $L12 = 1 \sim 9,081$ とする）分の傾き $B^{(L12)}$ を選別した。この $B^{(L12)}$ を目的変数として道路属性情報を説明変数とした標本集合を表 3 に示す。

次に目的変数である切片 $A^{(L11)}$ と傾き $B^{(L12)}$ 、および対応する複数の説明変数である道路属性情報 ①~⑦ との関係性を分析する前に、事前準備として、各説明変数単独での目的変数に対する関係性を、比尺度変数である情報項目 ① ② については単回帰分析で、また名義尺度変数である情報項目 ③~⑦ については各名義値に該当する/しないを示すダミー変数を導入した数量化 I 類¹⁶⁾⁻¹⁸⁾ を用いて分析した。分析結果を表 4、表 5、表 6、表 7、表 8、表 9、表 10 に示す。

表 4~表 10 によれば、リンク渋滞度を説明変数として正規化旅行時間を目的変数とする回帰直線の切片 A（渋滞度 0 の正規化旅行時間）と傾き B（渋滞度の増分に対する正規化旅行時間の増分）のそれぞれと、道路リンクの各属性データの間の関係性について以下のことが分かる。

まず切片 A については、各属性データ項目との相関関係を見る指標となる決定係数の絶

2094 渋滞情報を用いた旅行時間推計方法

表 5 リンク渋滞度-正規化旅行時間変換係数とピーク時旅行速度

Table 5 Transform coefficients between the congestion degree and the normalized travel time, and peak travel speed.

比尺度変数 P ₂ : 旅行速度ピーク時 (0.1km/h)	回帰係数 (切片 A)	回帰係数 (傾き B)
定数項	1.381219	0.047088
係数	-0.00086	1.138E-06
決定係数	0.095783	2.23E-05

表 6 リンク渋滞度-正規化旅行時間変換係数と道路種別コード

Table 6 Transform coefficients between the congestion degree and the normalized travel time, and the road type code.

名義尺度変数 Q ₁ : 道路種別コード	回帰係数 (切片 A)	回帰係数 (傾き B)
Q ₁ : 道路種別コード	1.119972 (定数項)	0.04579 (定数項)
3: 一般国道	0	0
4: 主要地方道(都道府県道)	0.098479	0.000948
5: 主要地方道(指定市道)	0.186393	0.008243
6: 一般都道府県道	0.140247	0.008292
7: 指定市の一般市道	0.219261	0.000842
9: その他の道路	0.196613	-0.00502
決定係数	0.048271	0.015077

表 7 リンク渋滞度-正規化旅行時間変換係数と規制速度コード

Table 7 Transform coefficients between the congestion degree and the normalized travel time, and the speed limit code.

名義尺度変数 Q ₂ : 規制速度コード	回帰係数 (切片 A)	回帰係数 (傾き B)
Q ₂ : 規制速度コード	1.27194 (定数項)	0.04946 (定数項)
2: 40km/h	0	0
3: 50km/h	-0.12553	-0.00227
4: 60km/h	-0.21812	-0.00781
5: 70km/h	-0.3527	-0.00983
6: 80km/h	-0.74646	-0.00598
決定係数	0.075356	0.013022

表 8 リンク渋滞度-正規化旅行時間変換係数と車線数コード

Table 8 Transform coefficients between the congestion degree and the normalized travel time, and number of lanes code.

名義尺度変数 Q ₃ : 車線数コード	回帰係数 (切片 A)	回帰係数 (傾き B)
Q ₃ : 車線数コード	1.1309 (定数項)	0.03855 (定数項)
1: 1車線	0	0
2: 2車線	0.068382	0.010436
3: 3車線	0.140038	0.002998
4: 4車線	0.019063	0.007744
5: 5車線	0.121391	0.003079
6: 6車線以上	0.074652	0.008157
決定係数	0.008251	0.004472

表 9 リンク渋滞度-正規化旅行時間変換係数とリンク種別コード

Table 9 Transform coefficients between the congestion degree and the normalized travel time, and the link type code.

名義尺度変数 Q ₄ : リンク種別コード	回帰係数 (切片 A)	回帰係数 (傾き B)
Q ₄ : リンク種別コード	1.2090 (定数項)	0.0481 (定数項)
1: 本線リンク(上下線非分離)	0	0
2: 本線リンク(上下線分離)	-0.06911	-0.00176
3: 連結リンク(本線の渡り線)	-0.0840	-0.00571
決定係数	0.012407	0.00181

表 10 リンク渋滞度-正規化旅行時間変換係数と幅員区分コード

Table 10 The transform coefficients between the congestion degree and the normalized travel time, and the road width code.

名義尺度変数 Q ₅ : 幅員区分コード	回帰係数 (切片 A)	回帰係数 (傾き B)
Q ₅ : 幅員区分コード	1.230956 (定数項)	0.046508 (定数項)
1: 13.0m 以上	0	0
2: 5.5m 以上~13.0m 未満	-0.07003	0.001154
3: 3.0m 以上~5.5m 未満	-0.0704	-0.00038
決定係数	0.009876	0.000494

対値は小さいながらも、各属性の決定係数を相互に比較すると、① 12 時間交通量、② 旅行速度ピーク時、③ 道路種別コード、④ 規制速度コード、の 4 つの道路属性との間にやや相関があると考えられる。

また傾き B については、これも各属性項目との決定係数の絶対値は小さいながらも各属性の決定係数を相互に比較すると、① 12 時間交通量、③ 道路種別コード、④ 規制速度コード、の 3 つの道路属性との間にやや相関があると考えられる。

3. リンク渋滞度からのリンク旅行時間推計アルゴリズム

本章では、前章で述べた各道路のリンク渋滞度と正規化旅行時間との間において回帰直線として抽出される相関関係、そしてこの回帰直線の切片および傾きと各道路リンクの属性情報との間の相関関係を利用して、リンク旅行時間情報が提供されていない道路のリンク旅行時間を、そのリンク渋滞情報から推計する手順について説明する。

[STEP1]: リンク渋滞度-正規化旅行時間回帰直線の算出

リンク渋滞情報とリンク旅行時間情報がともに提供されている道路リンクの集合を $L1$ として、渋滞度 $J^{(L1)}_t$ を説明変数とし、正規化旅行時間 $NT^{(L1)}_t$ を目的変数とする回帰直線(式(3))を求めると、

$$NT^{(L1)}_t = A^{(L1)} + B^{(L1)} * J^{(L1)}_t \quad (L1 = 1 \sim 25,878) \quad (3)$$

[STEP2]: 回帰直線係数と対応する道路属性標本の抽出

回帰直線(3)の係数、切片 $A^{(L1)}$ 、傾き $B^{(L1)}$ の標本集合 $L1$ のうち、切片 $A^{(L1)}$ の異常値と当該道路リンクの属性情報が不明である標本を除いた道路リンク集合 $L11$ 、およびさらに傾き $B^{(L1)}$ が異常値である標本を除いた道路リンク集合 $L12$ 、を選別する。

選別された道路リンクの集合 $L11$ 、 $L12$ について、回帰直線の切片 $A^{(L11)}$ と当該道路リンクの属性情報を対応づけた標本データ(表2)、および回帰直線の傾き $B^{(L12)}$ と当該道路リンクの属性情報を対応づけた標本データ(表3)を作成する。道路リンクの属性情報は VICS リンクを定義している DRM 道路リンクデータ¹⁵⁾にある道路属性情報等が利用できる(本論文では DRM データを利用した)。

[STEP3]: リンク渋滞度-正規化旅行時間回帰直線の係数の回帰式の算出

リンク渋滞度-正規化旅行時間回帰直線の係数を目的変数とし、道路属性情報を説明変数とした重回帰分析を行う。ここで道路属性の各情報項目は複数の比尺度情報および複数の名義尺度情報であることから、実際の分析処理は、重回帰モデルと数量化 I 類の混合モデルによる。

表 11 リンク渋滞度-正規化旅行時間回帰直線の切片と道路属性

Table 11 Intercepts of the congestion degree - the normalized travel time line, and road link attributes.

VICS Link 識別子 $L11$	目的変数	説明変数												12 時 間 交 通 量 P1	旅 行 速 度 ピーク 時 P2		
		道路種別コード Q1						規制速度コード Q2									
		$Q12$	$Q13$	$Q14$	$Q14$	$Q15$	$Q16$	$Q21$	$Q22$	$Q23$	$Q24$	$Q25$					
	回帰直線切片 $A^{(L11)}$	一般国道 3	主要地方道・都道府県道 4	主要地方道・指定市道 5	一般府県道 6	指定一般市道 7	損他の道 9	時速 40 km/h	時速 50 km/h	時速 60 km/h	時速 70 km/h	時速 80 km/h	2	3	4	5	6
1	${}_1A$	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0					
...			
$L11_{max}$	$L11_{max}A$	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0					

今、道路属性の n 個の比尺度の情報項目のうち i 番目の情報を P_i 、 m 個の名義尺度の情報項目のうち j 番目の情報項目をダミー変数化した情報を Q_{jk} とすると、表 2 および表 3 の標本データは表 11 および表 12 のように整理することができる。

よって β_i を比尺度で表現される道路属性情報の説明変数 P_i にかかる回帰係数、 γ_{jk} を名義尺度で表現される道路属性情報の説明変数 Q_{jk} にかかる回帰係数、 α を回帰式の定数項とすると、渋滞情報と旅行時間情報がともに提供されている道路リンク $L11$ 、 $L12$ における、渋滞度-正規化旅行時間回帰直線の切片 $A^{(L11)}$ および傾き $B^{(L12)}$ は、それぞれ式(4)および式(5)のように表される。

$$A^{(L11)} = \alpha + \sum_{i=1}^n a\beta_i * P_i^{(L11)} + \sum_j^m \left\{ \sum_{k=1}^{s_j} a\gamma_{jk} * Q_{jk}^{(L11)} \right\} \quad (4)$$

$$B^{(L12)} = b\alpha + \sum_{i=1}^n b\beta_i * P_i^{(L12)} + \sum_j^m \left\{ \sum_{k=1}^{s_j} b\gamma_{jk} * Q_{jk}^{(L12)} \right\} \quad (5)$$

ここで式(4)および式(5)の回帰式における最適な回帰係数を求めるための説明変数の

表 12 リンク渋滞度-正規化旅行時間回帰直線の傾きと道路属性

Table 12 Slopes of the congestion degree - the normalized travel time line, and road link attributes.

VICSLink 識別子 $L12$	目的変数 回帰直線傾き $B^{(L12)}$	説明変数												
		道路種別コード Q1						規制速度コード Q2					12 時間 交通 量 P1	旅行 速度 ピーク時 P2
		Q12 一般 国道 3	Q13 主要 地方 道・ 都道 府県 道 4	Q14 主要 地方 道・ 指定 市道 5	Q15 一般 都道 府県 道 6	Q16 指定 市の 一般 道 7	Q16 損他 の道 9	Q21 時速 40 km/h 2	Q22 時速 50 km/h 3	Q23 時速 60 km/h 4	Q24 時速 70 km/h 5	Q25 時速 80 km/h 6		
1	${}_1B$	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0			
...
$L12_{max}$	$L12_{max}B$	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0			

選択基準としては、自由度調整済決定係数を最大にするもの¹⁶⁾ や、AIC (赤池の情報量基準 Akaike's Information Criterion)¹⁹⁾ を最小にするもの、あるいは芳賀・竹内・奥野の基準²⁰⁾ を最大にするもの等があるが、本論文では AIC を最小にする説明変数の組を用いて、式 (4) および式 (5) の回帰係数を求める。

[STEP4]: 旅行時間未提供道路の渋滞度-旅行時間変式の算出

次に今度は、渋滞情報は提供されているが旅行時間情報が提供されていない VICSLink の集合を $L2$ として、 $L2$ の道路属性情報、すなわち $L2$ の比尺度属性情報を $P_i^{(L2)}$ 、名義尺度属性情報をダミー変数化した情報を $Q_{jk}^{(L2)}$ として、表 11 および表 12 の標本データから求めた式 (4) および式 (5) の回帰係数 α, β, γ から、道路リンク $L2$ の渋滞度-正規化旅行時間回帰直線の係数 (切片 $A^{(L2)}$ および傾き $B^{(L2)}$) を次式 (6), (7) により算出する。

$$A^{(L2)} = a\alpha + \sum_{i=1}^n a\beta_i * P_i^{(L2)} + \sum_j^m \left\{ \sum_{k=1}^{s_j} a\gamma_{jk} * Q_{jk}^{(L2)} \right\} \quad (6)$$

$$B^{(L2)} = b\alpha + \sum_{i=1}^n b\beta_i * P_i^{(L2)} + \sum_j^m \left\{ \sum_{k=1}^{s_j} b\gamma_{jk} * Q_{jk}^{(L2)} \right\} \quad (7)$$

[STEP5]: 旅行時間未提供道路の旅行時間の算出

最後に、旅行時間未提供道路リンク $L2$ の渋滞度を $J^{(L2)}_t$ 、正規化旅行時間を $NT^{(L2)}_t$ とすると、前述の手順で求めた $A^{(L2)}$ 、 $B^{(L2)}$ から式 (8) より $NT^{(L2)}_t$ が求められる、

$$NT^{(L2)}_t = A^{(L2)} + B^{(L2)} * J^{(L2)}_t \quad (8)$$

これにリンク長 $L^{(L2)}$ を乗ずることで旅行時間 $T^{(L2)}$ を求められる (式 (9))。

$$T^{(L2)} = L^{(L2)} * NT^{(L2)}_t \quad (9)$$

以上、[STEP1] ~ [STEP5] の手順により、リンク旅行時間が提供されていない道路リンクの旅行時間を、そのリンク渋滞度と道路属性より算出することができる。

4. 評価

4.1 旅行時間推計対象道路リンクの検証

本節では、前章で述べた渋滞度からの旅行時間の推計手法の対象となる、旅行時間未提供道路リンクについて考察する。2.2 節で述べたリンク渋滞情報とリンク旅行時間情報の組が有効なデータが当該期間の 90% 以上で得られている道路 25,878 リンク (道路リンク集合 $L1$) に対して、2005 年 10 月 1 日から 2006 年 9 月 30 日の 1 年間に提供された VICSLink 交通情報において、リンク渋滞情報は 90% 以上得られているが、リンク旅行時間情報の提供状況が 90% に満たない全国の一般道は 31,515 リンク (道路リンク $L2$, 以降、旅行時間未提供リンクとする) であった。

いま前章で述べた旅行時間推計手法が適用できるためには、道路リンク集合 $L1$ と $L2$ が同質の標本集合であることが前提となる。ところが $L2$ は旅行時間が未提供なので、渋滞状況に応じたリンク旅行時間の状況を直接比較することはできない。そこでここでは本論文で提案している方式において、渋滞度を旅行時間に変換する「渋滞度-正規化旅行時間回帰直線」を定める切片 A と傾き B を決定するとき用いる道路リンクの属性情報について、2 つの道路リンク集合 $L1, L2$ における属性情報の値の分布状況を比較することにより、両道路リンク集合の同質性を検証する。

図 6 に旅行時間提供リンク $L1$ と旅行時間未提供リンク $L2$ の道路種別コードの値の分布割合を、また図 7 に規制速度コードの値の分布割合、図 8 に 12 時間交通量の値の分布割合、図 9 にピーク時旅行速度の値の分布割合を示す。

いま旅行時間提供リンク $L1$ と未提供リンク $L2$ の両集合について、図 6 から道路種別

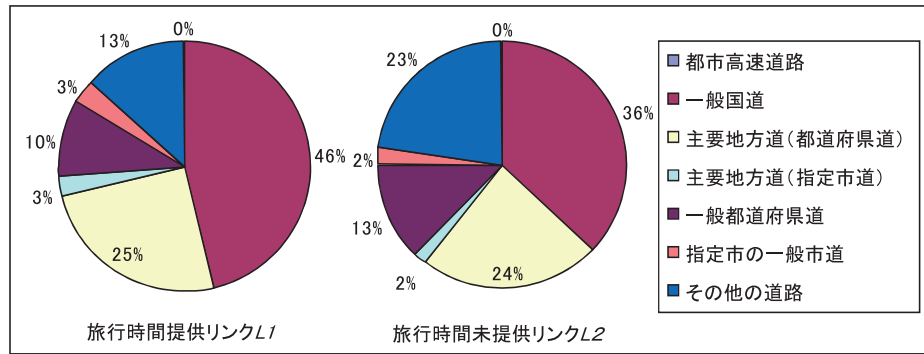


図 6 道路種別コードの値の分布割合
Fig. 6 Percentages of road type codes (7 types).

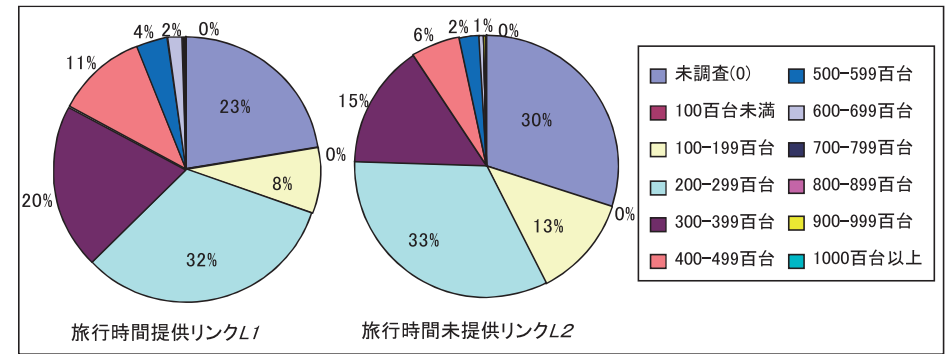


図 8 12 時間交通量の値の分布割合
Fig. 8 Percentages of traffic volume ranges per 12 hour period (12 ranges).

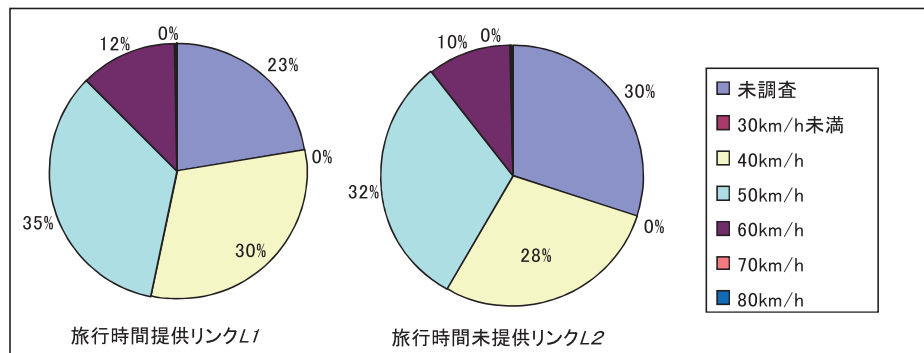


図 7 規制速度コードの値の分布割合
Fig. 7 Percentages of speed limit codes (7 speeds).

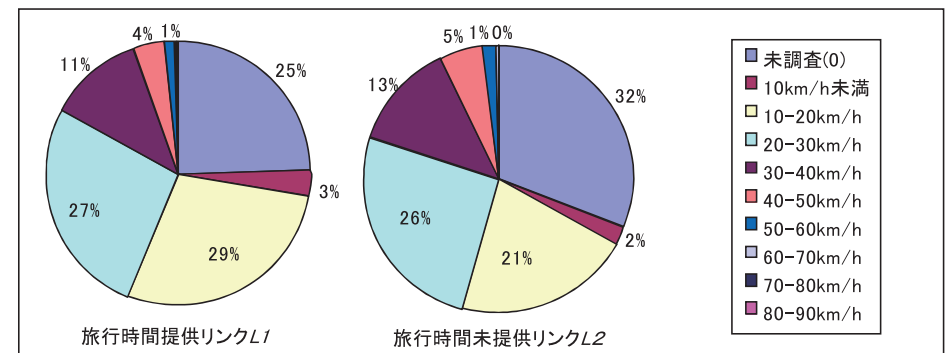


図 9 ピーク時旅行速度の値の分布割合
Fig. 9 Percentages of peak travel speeds (10 ranges).

コードの値の分布割合を見ると、L1 では割合の大きい順に「一般国道」46%，続いて「主要地方道（都道府県道）」25%，「一般都道府県道」10%，そして「主要地方道（指定市道）」と「指定市の一般道」が各 3%で続いている。かたや L2 でも最も割合が大きいのが「一般国道」36%，続いて「主要地方道（都道府県道）」24%，「一般都道府県道」13%，そして「主要地方道（指定市道）」と「指定市の一般道」が各 2%となっており、道路種別コードについてみると L1 と L2 は属性情報の値の分布割合がほぼ同じ傾向になっていることが分かる。次に図 7 から規制速度コードの値の分布割合を見ると、規制速度の値が未調査のものを除くと、

L1 では割合の大きい順に「時速 50 km/h」35%，「時速 40 km/h」30%，「時速 60 km/h」12%と続き、L2 では「時速 50 km/h」32%，「時速 40 km/h」28%，「時速 60 km/h」10%となっており、これも L1 と L2 では属性情報の値の分布割合がほぼ同じ傾向になっている。同様に図 8 における 12 時間交通量の属性情報の値の分布割合、図 9 におけるピーク時旅行速度の属性情報の値の分布割合もほぼ同じ傾向である。今回は紙面の都合上省略したが、図 6～図 9 以外にも、道路リンク長の値の分布割合およびリンク種別コード、道路幅員コード、車線数コード等の他の属性情報の値の分布割合についても両者（L1 と L2）の分布状況

表 13 旅行時間未提供リンクの属性情報の調査状況

Table 13 Numbers and percentages of the no travel time information road link.

	分類条件	リンク数	割合
L2	(一般道の旅行時間未提供リンク全体)	31,515	100%
L21	全く属性情報が収集できていないリンク	311	1%
L22	道路種別あり, 規制速度/12時間交通量/ピーク時旅行速度なし	9,955	31.6%
L23	道路種別/規制速度/12時間交通量/ピーク時旅行速度 全てあり	21,249	67.4%

はほぼ同じであった。よってこれらのことから、「渋滞度-正規化旅行時間回帰直線」を定める切片 *A* と傾き *B* を決定するのに用いる) 道路リンクの属性情報の値の分布割合の観点からすると、旅行時間提供リンク *L1* と旅行時間未提供リンク *L2* は、ほぼ同質な標本集合と見なすことができる。

ところで、前章で述べた旅行時間推計手法を適用するためには、対象道路リンクの属性情報が得られることが前提となっている。しかるに図 7~図 9 によれば属性情報の値が「未調査」となっている道路リンクが多くある。そこで旅行時間未提供リンク *L2* について、属性データの収集率からこれらを分類すると表 13 に示す 3 つのグループに分類することができる。

これより表 13 によれば、3 章における旅行時間推計手法を適用可能な道路リンクは、旅行時間未提供道路 31,515 リンクのうちの 67.4% の 21,249 リンクであることが分かる。

4.2 推計リンク旅行時間の評価

本節では、渋滞度から算出した旅行時間推計値の利用目的が、旅行時間が提供されていない道路のリンク旅行時間の代替情報であることから、推計リンク旅行時間が実際のリンク旅行時間に対してどのような特質を持っているかを評価する。

ここで今回、評価対象道路リンクとして、比較的渋滞事象の発生頻度が高く、かつ比較対象であるリンク旅行時間が提供されている東京都の一般道の 2 つの道路リンク (Link1, Link2) を選定した。表 14 に 2 つの道路リンクの属性情報を示す。今回選定にあたっては道路リンクの属性情報から算出される渋滞度-正規化旅行時間回帰直線の切片 *A* の値と傾き *B* の値が小さくなる傾向にある (渋滞度 0 および渋滞度 100 のときの正規化旅行時間が小さく (すなわち車両の通過速度が速く) なる) ものの代表として Link1 を、また切片 *A* と傾き *B* の値が大きくなる傾向にある (渋滞度 0 および渋滞度 100 のときの正規化旅行時間が大きく (すなわち車両の通過速度が遅く) なる) ものの代表として Link2 を選定した (表 4~表 7 の切片 *A* と傾き *B* の回帰係数を参照)。

表 14 評価対象道路リンクとその属性

Table 14 The evaluated road links and their attributes.

リンク番号	Link1 (533944,2,6)	Link2 (533946,2,611)
道路種別コード	3(一般国道)	6(一般都道府県道)
規制速度コード	4(60km/h)	2(40km/h)
12時間交通量	342(百台)	259(百台)
ピーク時旅行速度	318(0.1km/h)	210(0.1km/h)
リンク長	753(m)	254(m)
渋滞度出現クラス数	74	19

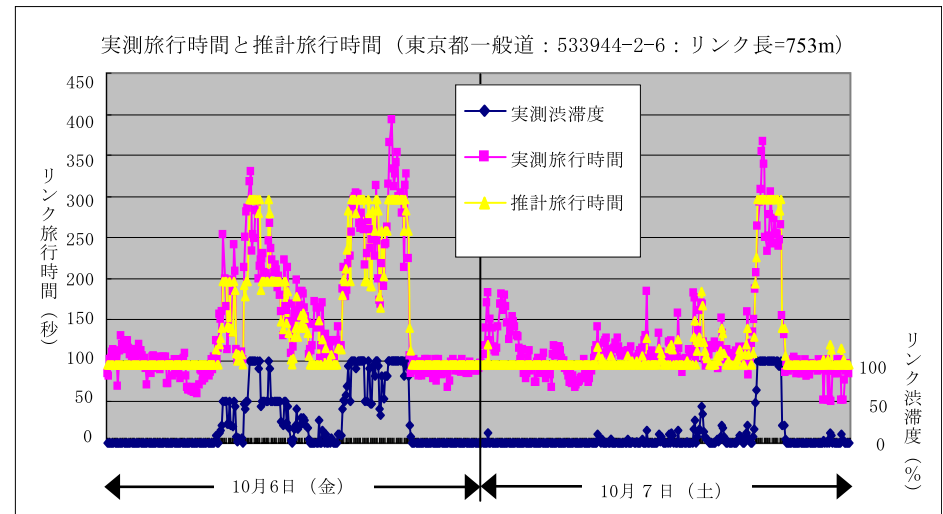


図 10 道路 Link1 (533944-2-6) のリンク旅行時間の実際値と推計値の比較

Fig. 10 The actual travel time of Road Link1 (533944-2-6) versus the proposed method output.

表 14 において 2 行~5 行までは旅行時間推計に用いる道路リンクの属性情報、6 行目は当該道路リンクのリンク長、7 行目は推計旅行時間を算出するための渋滞度を 0 から 100 までの整数値としたときの、渋滞度標本 (2005 年 10 月 1 日~2006 年 9 月 30 日) の出現クラス数である。

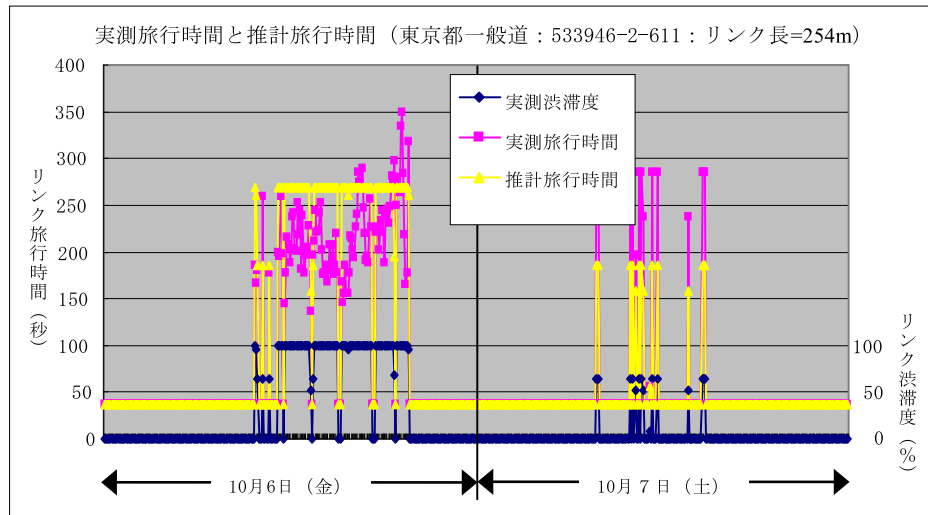


図 11 道路 Link2 (533946-2-611) のリンク旅行時間の実測値と推計値の比較

Fig. 11 The actual travel time of Road Link2 (533946-2-611) versus the proposed method output.

実測リンク旅行時間の代替情報としての推計リンク旅行時間の性質を評価するために、表 14 の道路 Link1 と Link2 について、2006 年 10 月 6 日 (金) と 10 月 7 日 (土) の 2 日間における 5 分間ごとの、VICS から得た実測リンク旅行時間 (秒) と実測リンク渋滞度 (%), および実測リンク渋滞度から算出した推計リンク旅行時間 (秒) の値を図 10, 図 11 に示す。ここで図のピンク色が実測リンク旅行時間, 紺色が実測リンク渋滞度, 黄色が推計リンク旅行時間である。両図の縦軸の目盛りは旅行時間 (秒) と渋滞度 (%) の両方を兼ねている。合わせて図 10 と図 11 の標本データについて、渋滞度別の標本集合ごとすなわち標本全体 (5 分間隔 2 日間で $288 \times 2 = 576$ 標本) および渋滞度 0, 渋滞度 1~99, 渋滞度 100 の標本数, その標本集合ごとの実測旅行時間と推計旅行時間のそれぞれの平均値, および実測旅行時間に対する推計旅行時間の誤差の平均と標準偏差, そして誤差平均の実測旅行時間平均に対する比を誤差率と定義し, これを表 15, 表 16 に示す。

表 15 によれば, 道路 Link1 では, 評価期間 2 日間において実測旅行時間は 753 m の道路リンクを通過するのに平均で約 135 秒 (平均時速約 20.1 km/h) かかっていたが, 推計旅行時間は平均で約 130 秒と約 3%強小さい方向に旅行時間を算出しており, 誤差の平均と標準偏差によれば推計値の約 65%が実測旅行時間の平均値 135 秒に対して -29 秒 ~ +21 秒の

表 15 Link1 の推計旅行時間の実測旅行時間に対する誤差

Table 15 Link1 error between the actual travel time and the travel time estimated by proposed method.

標本集合	標本数 (割合%)	実測旅行時間平均 (秒)	推計旅行時間平均 (秒)	誤差の平均 (秒)	誤差の標準偏差	誤差率 (%)
全体	576(100)	134.74	130.35	-4.39	25.34	-3.26
渋滞度 0	367(63.7)	101.23	95.24	-5.99	20.03	-5.91
渋滞度 1-99	157(27.3)	161.88	157.21	-4.67	29.24	-2.88
渋滞度 100	52(9.0)	289.29	297.01	7.72	39.18	2.67

表 16 Link2 の推計旅行時間の実測旅行時間に対する誤差

Table 16 The Link2 error between the actual travel time and the travel time estimated by proposed method.

標本集合	標本数	実測旅行時間平均 (秒)	推計旅行時間平均 (秒)	誤差平均 (秒)	誤差標準偏差	誤差率 (%)
全体	576(100)	73.68	79.37	5.69	30.09	7.73
渋滞度 0	462(80.2)	37.00	36.84	-0.16	0.00	-0.43
渋滞度 1-99	24(4.2)	239.67	185.32	-54.35	61.75	-22.68
渋滞度 100	90(15.6)	217.69	269.44	51.75	38.96	23.77

範囲に入っていることが分かる。渋滞度ごとの誤差率も -6% ~ +3%であり, 誤差の標準偏差も各渋滞度ごとには実測旅行時間の平均値に対して比較的小さな値を示しており, 図 10 における実測旅行時間と推計旅行時間の両者のグラフの増減の状況からも, 推計旅行時間が実測旅行時間の良い近似値を与えていることが分かる。

また表 16 によれば, 道路 Link2 では, 評価期間 2 日間において実測旅行時間は 254 m の道路リンクを通過するのに平均で約 74 秒 (平均時速約 12.4 km/h) かかっていたが, 推計旅行時間は平均で約 80 秒と約 8%大きい方向に旅行時間を算出しており, 誤差の平均と標準偏差によれば推計値の約 65%が実測旅行時間の平均値 74 秒に対して -2 秒 ~ +13 秒の範囲に入っていることになるが Link1 と比べると多少誤差の割合が大きくなっている。これは表 16 によれば評価標本全体の約 20%を占める渋滞度 1-99 および渋滞度 100 の事例における誤差が大きいことによるが, これは図 11 における渋滞発生時における実測旅行時間

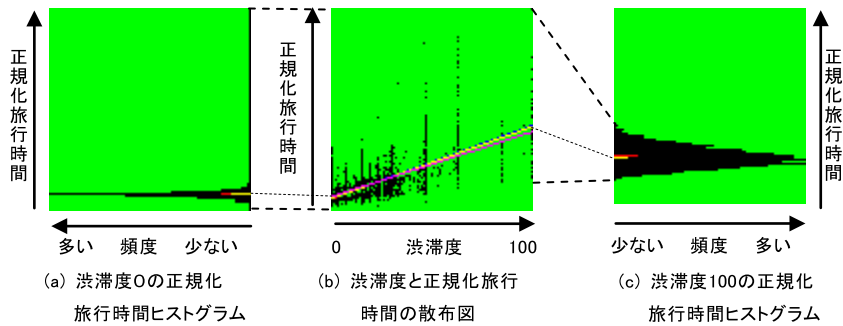


図 12 道路 Link1 のリンク渋滞度-実測正規化旅行時間の散布図とヒストグラム

Fig. 12 Scatter plot of the congestion degree and the actual normalized travel time, and the histogram of Link1 actual normalized travel time.

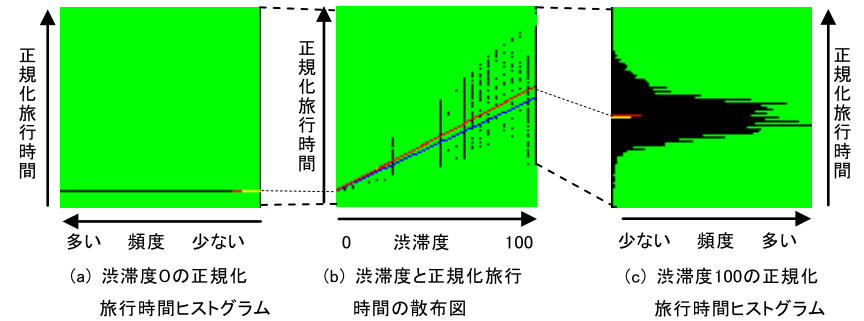


図 13 道路 Link2 のリンク渋滞度-実測正規化旅行時間の散布図とヒストグラム

Fig. 13 Scatter plot of the congestion degree and the actual normalized travel time, and the histogram of Link2 actual normalized travel time.

と推計旅行時間のグラフ形状からも明らかであり、もともとの両者の乖離の原因は、表 14 の最下行にあるように、Link1 の渋滞度の出現クラス数が 74 と 0~100 までの整数として定義した渋滞度がほぼ連続的な値をとっているのに対し、Link2 では渋滞度の出現クラス数が 19 とかなり離散的な値しかとらないため、渋滞が発生したときの渋滞度から算出した推計旅行時間の算出値が離散的な値しかとれないことによると考えられる。以上の点を除けば、Link2 においては、評価標本の 80% を占める渋滞度 0 の事例では、実測旅行時間と推計旅行時間の平均値は約 0.1 秒しか差がなく、誤差の標準偏差もほぼ 0 であり、この場合は推計旅行時間が実測旅行時間のきわめて良い近似値を与えていることが分かる。

次に参考のために、道路 Link1 と道路 Link2 の 2005 年 10 月 1 日~2006 年 9 月 30 日までの 1 年間に観測されたリンク渋滞度-実測正規化旅行時間標本の散布図と各散布図における渋滞度 0 および渋滞度 100 の実測正規化旅行時間標本のヒストグラムを、図 12 の (a), (b), (c) および図 13 の (a), (b), (c) に示す。

図 12 および図 13 によれば、道路 Link1 および Link2 のいずれにおいてもリンク渋滞度から算出した推計リンク旅行時間について以下のことが分かる。

- (1) 渋滞度 0 の場合の推計正規化旅行時間は、実測正規化旅行時間（ここでは 2005 年 10 月 1 日~2006 年 9 月 30 日に観測された渋滞度 0 のときの実測旅行時間の平均値）とほぼ同じ値を示している。たとえば道路 Link1 の場合は推計正規化旅行時間 1.26 秒/10m（時速約 28.5 km/h）に対し実測正規化旅行時間 1.12 秒/10m、道路 Link2 の場合は推計正規化旅行時間 1.45 秒/10m（時速約 24.8 km/h）に対し実測

正規化旅行時間 1.48 秒/10m であった。

- (2) 渋滞度 100 の場合は、推計正規化旅行時間は 1 つの値しかとらないが、これはおおむね実測正規化旅行時間の分布の中心（ここでは 2005 年 10 月 1 日~2006 年 9 月 30 日に観測された渋滞度 100 のときの実測正規化旅行時間の平均値）に近い値となっており、道路 Link1 の場合は推計正規化旅行時間 3.94 秒/10m（時速約 9.1 km/h）に対し実測正規化旅行時間 3.54 秒/10m、道路 Link2 の場合は推計正規化旅行時間 10.8 秒/10m（時速約 3.4 km/h）に対して実測正規化旅行時間 10.54 秒/10m であった。
- (3) リンク渋滞度が 1-99 の場合は、推計正規化旅行時間の値は渋滞度の出現クラス数（表 14 最下行）に応じて道路 Link1 では 74 段階、道路 Link2 では 19 段階とそのとりうる値は連続的ではないが、ほぼリンク渋滞度の大小に応じて、実測正規化旅行時間の値に追従している。

ここで (1) の結果は、図 12 (a) および図 13 (a) の渋滞度 0 の実測正規化旅行時間標本ヒストグラムの値が 1 つの値に収束していることから明らかである。また (2) の結果は、図 12 (c) および図 13 (c) の渋滞度 100 の実測正規化旅行時間標本ヒストグラムの値がその平均値を中心に分布していることから明らかである。さらに (3) の結果は、図 12 (b) および図 13 (b) の渋滞度-実測正規化旅行時間標本の散布図において、渋滞度を 0 から 100 までの整数としたときすべての渋滞度クラスが観測されない（表 14 の渋滞度出現クラス数だけが観測されない）こと、および渋滞度クラスが同じでも実測正規化旅行時間は 1 つの値に収

束するのではなく、リンク渋滞度に応じた値を中心に分散して分布することに一致している。

以上、評価対象として抽出した2つの道路リンク Link1、および Link2 の評価結果を見る限りにおいては、リンク渋滞度から算出した推計リンク旅行時間をリアルタイムの実測リンク旅行時間の代替情報としてみると、リンク渋滞度の出現クラス数に応じた粒度の精度で、かつ同一渋滞度において実測リンク旅行時間の分布に応じた誤差を含んでいるものの、推計リンク旅行時間が実測リンク旅行時間の推定値として利用可能なことが分かる。

5. おわりに

リンク渋滞情報とリンク旅行時間情報がともに提供されている道路を対象として、各道路のリンク渋滞度とリンク旅行時間の間に正の相関関係があること、その関係に基づいた渋滞度-正規化旅行時間変換式の係数と各道路の道路属性との間に関連性があることを明らかにするとともに、これらの結果に基づきリンク旅行時間が提供されていない道路リンクのリンク旅行時間を、その道路のリンク渋滞情報と道路属性情報から精度良く推計する方法を提案した。

今回評価対象とした2つの道路リンクの評価結果によれば、本手法を利用すると、リンク旅行時間が提供されていない(リンク渋滞情報のみが提供されている)道路約3万1千リンクのうちの67.4%にあたる約2万1千リンクのリンク旅行時間をリンク渋滞情報から推計することが可能となるとともに、観測されたリンク渋滞度から逐次算出した推計リンク旅行時間が、ある程度の誤差を含むものの、リアルタイムの実測リンク旅行時間の代替情報として十分有用となりうる可能性があることを示した。今後は、広範な道路リンクを対象とした本手法の有効性について評価を進める予定である。

なお、今回利用した情報提供元である VICS 交通情報²⁾ やデジタル道路地図情報¹⁵⁾ では、現在のところ交差点と交差点の間に定義される道路リンク単位にしか情報が提供されていない。そのため本論文で提案する技術では、渋滞状況や旅行時間情報について考慮する道路単位を道路リンク単位に限定せざるをえなかった。実際の道路リンクにおいては、交差点付近の旅行時間は車線によって異なることが想定されるため(たとえば、交差点の手前であれば右折や左折を行う車両と直進する車両とは通過に要する時間は異なるはずである)、今後車線別の情報が提供されるようになれば、それに基づいてより詳細な旅行時間推計が実現できると期待される。

参 考 文 献

1) <http://www.jartic.or.jp/>

- 2) <http://www.vics.or.jp/>
- 3) 熊谷正俊, 伏木 匠, 佐野 豊, 鈴木研二, 横田孝義: 特徴空間射影を用いた交通情報予測手法, 信学技報, ITS2003-23 (2003-09), pp.7-13, 電子情報通信学会 (2003).
- 4) 熊谷正俊, 伏木 匠, 横田孝義, 佐野 豊, 鈴木研二: 全国規模の交通情報予測サービスを目的とする所要時間長期予測技術の開発, 情報処理学会論文誌, Vol.45, No.12, pp.2696-2705 (2004).
- 5) 割田 博, 森田緯之, 桑原雅夫, 田中 淳: 統計的手法による所要時間情報提供に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.27, CD-ROM (Apr. 2003).
- 6) 舟橋賢二, 西村茂樹, 堀口良太, 赤羽弘和, 桑原雅夫, 小根山裕之: VICS 蓄積データを用いた旅行時間短期予測手法に関する研究, 土木計画学研究講演集, Vol.27 (Apr. 2003).
- 7) 毛利仁士, 堀越 力, 小川智章, 安達文夫, 鈴木 智, 杉山和弘: 事例ベースによる交通渋滞予測手法, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J82-B, No.11, pp.1993-2001 (1999).
- 8) 金澤明浩, 杵淵哲也, 毛利仁士, 小川智章, 市河研一, 荒川賢一: 決定木を利用した交通渋滞予測手法に関する考察, 情報処理学会研究報告 2004-ITS-16(21) (2004).
- 9) 伏木 匠ほか: プローブカーを利用した交通情報予測方式の検討, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.12 (2002).
- 10) 熊谷正俊ほか: 特徴空間射影によるプローブカーデータのリアルタイム補完, 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.7, pp.2133-2140 (2006).
- 11) <http://www.premium-club.jp/technology/tech1.html>
- 12) http://g-book.com/pc/whats_G-BOOK_mX/technology/probe.asp
- 13) 市河研一, 杵淵哲也, 金澤明浩, 鈴木 章, 小池秀樹, 蔵屋 孝, 中井章文: 渋滞情報からの旅行時間推計, 信学技報, ITS2007-18, 電子情報通信学会 (2007).
- 14) 市河研一, 鈴木 章, 安野貴之, 蔵屋 孝, 長内 渉, 中井章文: 旅行時間推計方法, 旅行時間推計装置, その方法を実装した旅行時間推計プログラム及びそのプログラムを格納した記録媒体, 旅行時間予測方法, 旅行時間予測装置, その方法を実装した旅行時間予測プログラム及びそのプログラムを格納した記録媒体, 特開 2008-282161 (2008).
- 15) <http://www.drm.jp/>
- 16) 上田太一郎, 苅田正雄, 本田和恵: 実践ワークショップ Excel 徹底活用 多変量解析, 秀和システムズ (2003).
- 17) 田中 豊, 脇本和昌: 多変量統計解析法, 現代数学社 (1983).
- 18) 永田 靖, 棟近雅彦: 多変量解析法入門, サイエンス社 (2001).
- 19) 赤池弘次: 情報量基準とは何か, 数理科学, No.153, サイエンス社 (1976).
- 20) 芳賀敏郎, 竹内 啓, 奥野忠一: 重回帰分析における変数選択の新しい基準, 品質, Vol.6, No.2, 日本品質学会 (1973).

(平成 22 年 2 月 12 日受付)

(平成 22 年 9 月 17 日採録)



市河 研一（正会員）

1956年生。1981年早稲田大学理工学部電子通信学科卒業。1983年同大学大学院理工学研究科博士前期課程修了。同年日本電信電話公社横須賀電気通信研究所入所。主にコンピュータグラフィックス、設備管理用GISシステム、マルチメディアデータベースシステムの研究開発に従事。1995～1997年日本電信電話株式会社信越支社オリンピック推進室。長野冬季オリンピック大会の通信ネットワークシステムの構築に従事。1998～2007年NTTサイバースペース研究所。多次元空間情報処理技術、交通予測技術の研究開発に従事。2007年からNTTアイティ株式会社。交通予測技術、デジタルサイネージシステムの開発に従事。電子情報通信学会会員。



杵瀨 哲也（正会員）

1971年生。1995年東北大学理学部物理学科卒業。1997年同大学大学院修士課程修了。同年日本電信電話（株）に入社。以来、画像処理、パターン認識の研究に従事。2004年より4年間、エヌ・ティ・ティアイティ株式会社に在籍。現在、画像処理技術を応用したデジタルサイネージにおける広告効果測定技術の研究開発に従事。NTTサイバースペース研究所主任研究員。



金澤 明浩

1974年生。1998年京都大学工学部化学システム学科卒業。2000年東京大学大学院工学系研究科博士前期課程修了。同年西日本電信電話株式会社に入社。2000年NTTサイバースペース研究所に転籍後、2004年まで渋滞予測・旅行時間予測技術の研究開発に従事。2004年より西日本電信電話株式会社の研究開発センターにて、IP電話サービスや高度コミュニケーションサービスの研究開発に従事。2010年より社内システムに関する開発を担当、現在に至る。



鈴木 章

1961年生。1983年静岡大学工学部電気工学科卒業。1985年同大学大学院工学研究科修士課程修了。同年日本電信電話（株）に入社。以来、文書検索、文字認識知識処理、画像処理の研究・実用化に従事。現在、日本電信電話（株）NTTサイバースペース研究所主任研究員。工学博士。電子情報通信学会、画像電子学会、情報システム学会各会員。



小池 秀樹

1961年生。1983年東北大学理学部数学科卒業。1985年同大学大学院理工学研究科数学専攻博士課程前期2年の課程修了（理修）。同年日本電信電話（株）入社。画像処理、画像認識に関する研究に従事。2001～2007年NTTコムウェア（株）に転籍し、RFIDの研究開発に従事。現在、日本電信電話（株）NTTサイバースペース研究所画像メディア通信プロジェクト主幹研究員。電子情報通信学会、画像電子学会各会員。



蔵屋 孝

1970年生。1990年鹿児島工業高等専門学校機械工学科卒業。同年株式会社NTTデータ入社。2004年よりITS、GIS分野のビジネス開発を担当。この間、気象と交通流の変動との関係に関する調査研究、蓄積された過去のVICS交通情報を使用した統計渋滞予測データベースの応用技術開発、および予測渋滞DBを利用したカーナビゲーション装置やWeb情報サービス向けのビジネス開発に従事。



中井 章文

1963年生。1989年一橋大学社会学部卒業。同年株式会社NTTデータ入社。以来、主にGIS、ITS分野におけるシステム開発、ビジネス開発に従事。この間、地理情報標準G-XMLの規格開発およびJIS X7199としての規格化に参加。著書としてオーム社『Virtual GIS』共著、培風館『情報システムと情報技術辞典』共著。現在は、クラウドプラットフォームを利用したバックオフィス系アプリケーションサービス（SaaS）に従事。（株）NTTデータビジネスソリューション事業本部クラウドサービス統括部長。