

渋滞情報からの旅行時間推計

市河 研一[†] 杵渕 哲也[†] 金澤 昭浩[†] 鈴木 章^{†‡} 小池 秀樹^{‡‡} 蔵屋 孝^{††} 中井 章文^{††}

[†]NTT アイティ株式会社 〒231-0032 神奈川県横浜市中区不老町2-9-1

[‡]西日本電信電話株式会社研究開発センター 〒554-0024 大阪府大阪市此花区島屋6-2-82

^{‡‡}日本電信電話株式会社 NTT サイバースペース研究所 〒239-0847 神奈川県横須賀市光の丘1-1

^{††}株式会社 NTT データビジネスイノベーション本部 〒135-6033 東京都江東区豊洲3-3-3

E-mail: [†]{ichikawa.kennichi, kinebuchi.tetsuya}@ntt-it.co.jp [‡]a.kanazawa@rdc.west.ntt.co.jp

^{‡‡}{suzuki.akira, k.hideki}@lab.ntt.co.jp ^{††}{kurayat, nakaia}@nttdata.co.jp

あらまし 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、その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)リンク旅行時間とリンク渋滞情報が提供されている道路において、渋滞度と正規化された旅行時間を回帰分析することで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。全国の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。

キーワード 旅行時間推計, 回帰分析, VICS 交通情報

Travel Time Estimation using Traffic Jam Information

Kennich ICHIKAWA[†] Tetsuya KINEBUCHI[†] Akihiro KANAZAWA[‡] Akira SUZUKI^{‡‡}

Hideki KOIKE^{‡‡} Takashi KURAYA^{††} and Akifumi NAKAI^{††}

[†]NTT IT CORPORATION Kannai-Wise Bldg. 2-9-1, Furo-cho, Naka-ku, Yokohama-shi, Kanagawa 231-0032, Japan

[‡]NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE WEST CORPORATION Research and Development Center

Universal City Wakoh Bldg. 13F, 6-2-82 Shimaya, Konohana-ku, Osaka 554-0024, Japan

^{‡‡}NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION NTT Cyber Space Laboratories

1-1, Hikarinooka, Yokosuka-Shi, Kanagawa, 239-0847, Japan

^{††}NTT DATA CORPORATION Business Innovation Sector Incubation Business Unit

3-3-3 Toyosu, Koutou-ku, Tokyo 135-6033, Japan

Abstract 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.

Keyword Travel Time Estimation, Regression Analysis, VICS Traffic Information

1. はじめに

知らない場所での交通渋滞、一体何時になったら着くのだろう？ 明日は花の金曜日、空港まではいつも混

雑するけれど、いつ出発すれば間に合うのだろう？ ドライバーが常々気にかける事柄である。このような中、近年の交通情報に関する規制緩和を契機として、VICS

交通情報を利用した予測交通情報の提供サービスが様々な形態で実用化されている。ドライバーは予測渋滞情報を受け取ることで、渋滞を回避して運転することができるし、物流事業者は予測旅行時間情報を基に効率の良い配送計画の立案・配車管理が可能となる。

これらのサービスは、道路管理者が収集し、日本道路交通情報センター（JARTIC）及び道路交通情報通信システムセンター（VICS）が集約配信する VICS 交通情報を独自に加工し、これを予測交通情報の形でインターネットや携帯電話網を通じてユーザに提供することで利用されたり、長期交通予測データベースとしてカーナビ装置に実装する形で利用されている。

ところでこれらの予測交通情報の作成に当たっては、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ての旅行時間予測においては、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は、全国で約 22 万リンクある VICS 道路リンクの内、2006 年 10 月時点で、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、更にその内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のが現状である。つまり VICS 交通情報が提供されている道路リンクの内、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上で大きな障害となっていた。

一方、VICS の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[1][2]、一部ではその商用利用も実用化されている[3][4]。しかし現時点ではプローブカーの普及レベルは未だ低く、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全ての道路区間において常に必要十分な交通情報を収集することは非常に難しい状況である。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毎の情報提供にとどまっており、広く一般のドライバーが利用できる環境にはない。

そこで我々は、道路交通情報の社会的基盤インフラとして確立した VICS 交通情報システムを出来る限り活用するという視点に立ち、リンク旅行時間が提供されていない道路の旅行時間を、その渋滞状況から精度よく推計する技術の検討を進めてきた。本報告では、VICS 道路リンクの内、一般道を対象とした渋滞情報からの旅行時間推計手法について提案する。

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（渋滞度合い）と、その道

路の通過に要する旅行時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]：渋滞度と旅行時間の間の関係は、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、先ず第 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（単位長さ当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。次に第 3 章ではその分析結果に基づき、リンク旅行時間が提供されていない道路リンクの旅行時間情報を、当該道路リンクの属性情報と渋滞度から推計する手法について述べる。そして第 4 章では本手法を用いて推計した旅行時間情報を、長期的な旅行時間の予測に用いた場合の、旅行時間の予測精度について評価した結果について述べる。

2. 渋滞状況と旅行時間

2.1 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図 2.1 に示す形で提供されている。

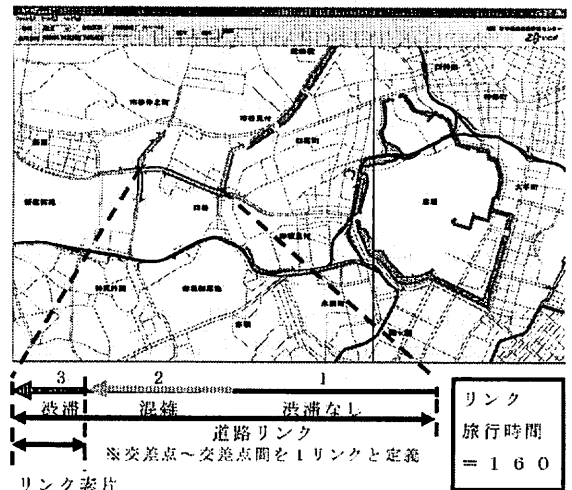


図 2.1 VICS リアルタイム交通情報

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及び渋滞の程度（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。即ち、ある時刻 t における道路リンク I の渋滞度を $J^{(I)}t$ とし、次式で定義する。

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

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する。

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

2.2 渋滞度と正規化旅行時間の関係

前節の定義に基づき、2005 年 10 月 1 日から 2006 年 9 月 30 日の一年間に提供された 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的一般道 26,720 リンクを対象として（この道路リンクの集合を I とする）、渋滞度と正規化旅行時間の散布図を作成するとともに、渋滞度を説明変数とし、正規化旅行時間を目的変数とした回帰直線

$$NT^{(I)}t = A^{(I)} + B^{(I)} * J^{(I)}t \quad (I=1 \sim 26,720) \quad (3)$$

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

図 2.1 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、散布図を描いている。図 2.1 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 2.2 に示す。各図の下の数字が 2 次メッシュ番号、リンク区分、リンク番号を示す。

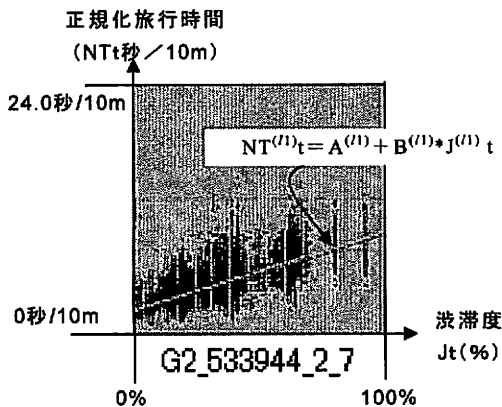


図 2.1 渋滞度と正規化旅行時間の散布図（例 1）

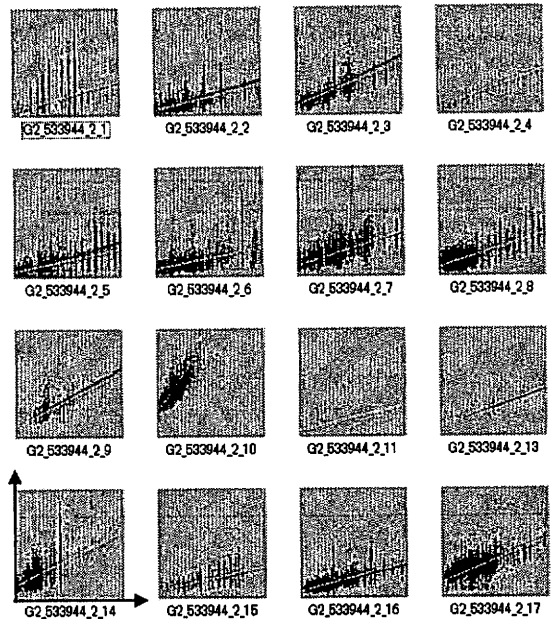


図 2.2 渋滞度と正規化旅行時間の散布図（例 2）

また図 2.3 に図 2.1 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 から 24.0 秒/10m (=時速 1.5km/秒相当) 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 2.3 は上限を 2000 としてある。

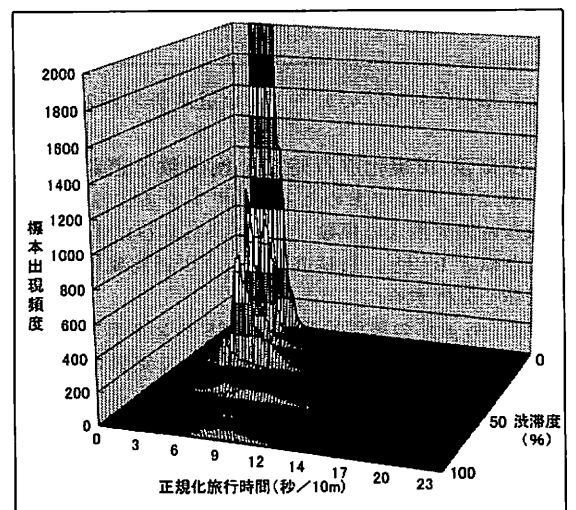


図 2.3 渋滞度と正規化旅行時間の散布図（例 3）

図 2.3 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リンク当り1年365日×1日5分間隔288時刻の約10万サンプル）の内、渋滞度が1%以上となる事例数は極めて少ない。26,720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図2.4に示す。

	事例数	割合 (%)
全事例	2,767,514,836	100
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2.4 渋滞度別の標本出現数とその割合

また相関係数 $C^{(1)}$ の分布を図2.5に示す。これによれば分析対象とした26,720リンクの内、67%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。

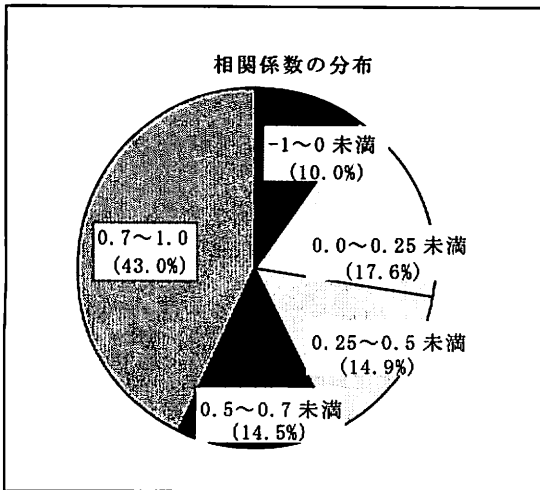


図2.5 相関係数 $C^{(1)}$ の分布（対象道路リンク26,720）

2.3 渋滞度-正規化旅行時間変換係数と道路属性

本節では、前節で求めた各道路リンクの渋滞度-正規化旅行時間変換式の係数、即ち回帰直線(3)の切片 $A^{(1)}$ および傾き $B^{(1)}$ 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、各道路の属性情報は、VICSリンクデータベース[5]に道路リンクの構成ノードとして定義されているDRM[6]ノードを検索し、そこからさらに対応するDRM基本道路リンクを検索し、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、即ち道路上の走行車両の速度に大きな影響を持つ因子として、以下の7つの情報項目、①道路種別コード、②リンク種別コード、③幅員区分コード、④車線数コード、⑤規制速度コード、⑥12時間交通量、⑦旅行速度ピーク時、を抽出することとした。

そして渋滞度-正規化旅行時間回帰直線（前節の(3)式）の切片 $A^{(1)}$ については、これが渋滞度0の正規化旅行時間の値であることから、最初に調査対象とした26,720リンクの各切片 $A^{(1)}$ 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。更にこの $A^{(1)}$ の内、当該VICSリンクからDRM基本道路リンクの属性情報①~⑦の全てが不明値を含まないものを選択するとともに、 $A^{(1)}$ の異常値として0.4秒/10以下（時速90km/h以上）と3.6秒/10m以上（時速15km/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 $III=1\sim 18,995$ とする）分の切片 $A^{(1)}$ 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得る。これを図2.6に示す。図6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、即ち（メッシュ番号、リンク区分、リンク番号）の組である。

VICS Link 識別子 $III \rightarrow III$	目的変数 回帰直線切片 $A^{(1)}$	説明変数						
		道路種別コード Q1	リンク種別コード Q2	幅員区分コード Q3	車線数コード Q4	規制速度コード Q5	12時間交通量 P1	旅行速度ピーク時 P2
1								
...
III_{max}								

図2.6 渋滞度-旅行時間回帰直線の切片と道路属性

渋滞度-正規化旅行時間回帰直線（前節の(3)式）の傾き $B^{(1)}$ については、この渋滞度の増減に伴う正規化旅行時間の増減の程度を示す値の統計的信頼度が、その回帰直線の相関係数 $C^{(1)}$ に拠るところが大きい。そこで上記の $A^{(1)}$ に関する道路リンク集合 III の中から、相関係数 $C^{(1)}$ の値が0.5以上のリンクを選択するとともに、 $B^{(1)}$ の異常値として0.012以下（渋滞度100のときの時速30km/h相当以上）と0.36以上（渋滞度100のときの時速1km/h相当以下）の標本を除外した9,081リンク（この道路リンクの集合を $II2=1\sim 9,081$ とする）分の傾き $B^{(1)}$ 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得る。これを図2.7に示す。

VICS Link 識別子 $II2 \rightarrow II2$	目的変数 回帰直線傾き $B^{(1)}$	説明変数						
		道路種別コード Q1	リンク種別コード Q2	幅員区分コード Q3	車線数コード Q4	規制速度コード Q5	12時間交通量 P1	旅行速度ピーク時 P2
1								
...
$II2_{max}$								

図2.7 渋滞度-旅行時間回帰直線の傾きと道路属性

次に目的変数である切片 $112A$ と傾き $113B$ と複数の説明変数である道路属性情報①～⑦との関係を分析する前に、各説明変数単独での目的変数に対する関係を、名義尺度変数である情報項目①～⑤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て数量化I類[8]を用いて、また比尺度変数である情報項目⑥⑦については単回帰分析にて分析した。分析結果を図2.8～図2.14に示す。

名義尺度変数	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

図 2.8 渋滞度-旅行時間変換係数と道路種別コード

名義尺度変数	回帰係数 (切片 A)	回帰係数 (傾き B)
Q_2 : 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

図 2.9 渋滞度-旅行時間変換係数とリンク種別コード

名義尺度変数	回帰係数 (切片 A)	回帰係数 (傾き B)
Q_3 : 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

図 2.10 渋滞度-旅行時間変換係数と幅員区分コード

名義尺度変数	回帰係数 (切片 A)	回帰係数 (傾き B)
Q_4 : 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

図 2.11 渋滞度-旅行時間変換係数と車線数コード

名義尺度変数	回帰係数 (切片 A)	回帰係数 (傾き B)
Q_5 : 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

図 2.12 渋滞度-旅行時間変換係数と規制速度コード

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

図 2.13 渋滞度-旅行時間変換係数と 12 時間交通量

比尺度変数	回帰係数 (切片 A)	回帰係数 (傾き B)
P_2 : 旅行速度ピーク時 (0.1km/h)		
定数項	1.381219	0.047088
係数	-0.00086	1.138E-06
決定係数	0.095783	2.23E-05

図 2.14 渋滞度-旅行時間変換係数と旅行速度ピーク時

これらによれば、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 (渋滞していない) 時の正規化旅行時間) と傾き B (渋滞の度合いが正規化旅行時間に与える影響の大きさ) に対して、切片 A については①道路種別、⑤規制速度コード、⑥12 時間交通量、⑦旅行速度ピーク時の 4 つの道路属性との間にある程度有意な相関が、また傾き B については①道路種別、⑤規制速度コード、⑥12 時間交通量の 3 つの道路属性との間に、ある程度有意な相関が見出せることが分かる。

3. 渋滞度からの旅行時間の推計

本章では、前章で述べた各道路リンクの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相関関係を利用して、旅行時間が提供されていない道路リンクの旅行時間を、その渋滞状況から推計する手法について説明する。

[STEP1] : 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 I とし、渋滞度 $J^{(1)}_t$ を説明変数とし、正規化旅行時間 $NT^{(1)}_t$ を目的変数とする回帰直線 (式(3)) を求める。

$$NT^{(1)}_t = A^{(1)} + B^{(1)} * J^{(1)}_t \quad (I = 1 \sim 26,720) \quad (3)$$

[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 $A^{(11)}$, 傾き $B^{(11)}$ の標本集合のうち, 切片 $A^{(11)}$ の異常値を除いた道路リンク集合 $I11$, および傾き $B^{(11)}$ の異常値を除いた道路リンク集合 $I12$, を選別する。

選別された道路リンクの集合 $I11$, $I12$ について, 回帰直線の切片 $A^{(11)}$ と当該道路リンクの属性情報を対応つけた標本データ (図 2.6), および回帰直線の傾き $B^{(11)}$ と当該道路リンクの属性情報を対応つけた標本データ (図 2.7) 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⁽⁵⁾にある道路属性情報などが利用できる (本報告では DRM データを利用した)。

[STEP3]: 渋滞度-正規化旅行時間回帰直線の係数の回帰式の算出

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。

今, 道路属性の n 個の比尺度の情報項目の内 i 番目の情報を P_i , m 個の名義尺度の情報項目の内 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, 図 2.6 および図 2.7 の標本データは図 3.1 および図 3.2 の様に整理することができる。

VICS Link 識別子 $I11$	目的変数	説明変数												
	回帰直線切片 $A^{(11)}$	道路種別コード Q1						規制速度コード Q2					12 時間交通量 P1	旅行速度ビーク時 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 損他の道路 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	$I1A$	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
...
$I11$	$I11A$	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0		

図 3.1 渋滞度-旅行時間回帰直線の切片と道路属性 (名義尺度変数をダミー変数化)

VICS Link 識別子 $I11$	目的変数	説明変数												
	回帰直線傾き $B^{(11)}$	道路種別コード Q1						規制速度コード Q2					12 時間交通量 P1	旅行速度ビーク時 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 損他の道路 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	$I1B$	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
...
$I12$	$I12B$	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0		

図 3.2 渋滞度-旅行時間回帰直線の傾きと道路属性 (名義尺度変数をダミー変数化)

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とともに提供されている道路リンク $I11, I12$ における, 渋滞度-正規化旅行時間回帰直線の切片 $A^{(11)}$ および傾き $B^{(11)}$ は, それぞれ式(4)および式(5)のように表される。

$$A^{(11)} = \alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i * P_i^{(11)} + \sum_j \left\{ \sum_{k=1}^j \gamma_{jk} * Q_{jk}^{(11)} \right\} \quad \dots(4)$$

$$B^{(11)} = \beta_b \alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i * P_i^{(11)} + \sum_j \left\{ \sum_{k=1}^j \gamma_{jk} * Q_{jk}^{(11)} \right\} \quad \dots(5)$$

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[7]や、AIC(赤池の情報量基準 Akaike's Information Criterion) [8]を最小にするもの、あるいは芳賀・竹内・奥野の基準[9]を最大にするもの等があるが、本稿では 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 VICS 道路リンクの集合を $I2$ として、 $I2$ の道路属性情報、即ち $I2$ の比尺度属性情報を $P_i^{(I2)}$ 、名義尺度属性情報をダミー変数化した情報を $Q_{jk}^{(I2)}$ として、図 3.1 および図 3.2 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 $I2$ の渋滞度-正規化旅行時間回帰直線の係数(切片 $A^{(I2)}$ および傾き $B^{(I2)}$) を次式(6)(7)により算出する。

$$A^{(I2)} = \alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i * P_i^{(I2)} + \sum_j^m \left\{ \sum_{k=1}^{s_j} \gamma_{jk} * Q_{jk}^{(I2)} \right\} \quad \dots(6)$$

$$B^{(I2)} = \beta_0 * \alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i * P_i^{(I2)} + \sum_j^m \left\{ \sum_{k=1}^{s_j} \gamma_{jk} * Q_{jk}^{(I2)} \right\} \quad \dots(7)$$

[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 $I2$ の渋滞度を $J^{(I2)}_t$ 、正規化旅行時間を $NT^{(I2)}_t$ とすると、前述の手順で求めた $A^{(I2)}$ 、 $B^{(I2)}$ から式(8)より $NT^{(I2)}_t$ が求め、

$$NT^{(I2)}_t = A^{(I2)} + B^{(I2)} * J^{(I2)}_t \quad (8)$$

これにリンク長 $L^{(I2)}$ を乗ずることで旅行時間 $T^{(I2)}$ を求める(式(9))。

$$T^{(I2)} = L^{(I2)} * NT^{(I2)}_t \quad (9)$$

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できる。

4. 評価

本章では、前章で述べた渋滞度から算出した旅行時間の推計値が、実際の旅行時間に対してどのような性質を持っているかを、長期予測用の旅行時間予測データベースの構築という観点から評価する。

これまで述べてきた旅行時間の推計手法においては、個々の道路リンクの渋滞度を旅行時間に変換する変換係数の値を如何に適切に求めるかが重要である。

そこで本節では、以下の3種類の変換係数から推計した旅行時間を基に、その一日の時間帯および曜日毎

の統計平均値を、旅行時間の長期予測用データベースとして作成し、これを実測旅行時間の時間帯・曜日毎の統計平均値と比較する。3種類の変換係数は次の通りである。

- ①重回帰分析変換係数：
第3章で求めた変換係数
- ②リンク固有変換係数：
2.2節で求めた当該道路リンク固有の変換係数
- ③平均値共通変換係数：
2.2節で求めた道路リンク固有の変換係数の、道路リンクの集合 $I12$ についての平均値(全道路共通)

なお統計平均を求める学習期間は2005年10月1日~2006年9月30日までの一年間とし、調査対象道路として東京都一般道の2リンク(Link1, Link2)を選定した。2つの道路リンクの属性情報を図4.1に示す。

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)
旅行速度ピーク時	318(0.1km/h)	210(0.1km/h)

図 4.1 道路リンクとその属性

上記の2つの道路リンクについて、実測旅行時間の時間帯および曜日(月,火...金,土,休日(日曜日および祝祭日))毎の統計平均値を「予測0」とし、前述の①~③の各変換係数により算出した旅行時間の推計値について、その時間帯・曜日毎の統計平均値を取ったものをそれぞれ「予測1」「予測2」「予測3」とし、2006年10月6日(金)~10月8日(日)の3日間の実測旅行時間および実測渋滞度と合わせてプロットした様子を図4.2および図4.3に示す。

これら2つの道路リンクのいずれにおいても、実測旅行時間の統計平均値である「予測0」の値の変化に対して、渋滞度からの推計旅行時間の統計平均値である「予測1」「予測2」「予測3」のいずれもが極めて類似した変化を示しているのが分かる。特に道路リンク固有の渋滞度-旅行時間変換係数によって算出した旅行時間推計値の「予測2」では、図4.2, 図4.3のいずれの場合も、実測旅行時間の統計平均値とほぼ同じ値を示している。

また「予測1」「予測3」については「予測0」とのズレをみると Link1(図4.2)では概ね

$$「予測0」 < 「予測1」 < 「予測3」$$

であり、Link2(図4.3)では概ね

$$「予測0」 > 「予測1」 > 「予測3」$$

であり、道路属性からの重回帰分析によって算出した変換係数を用いた「予測1」の方が、全ての道路リン

ク 112 に共通の変換係数を用いた「予測3」よりも、実測旅行時間から算出した「予測0」のより良い近似になっているのが分かる。

(※図 2.8,図 2.12,図 2.13,図 2.14 によれば渋滞度-旅行時間変換数の内、切片の値は規制速度コード,12 時間交通量,旅行速度ピーク時が大きくなればなるほど

小さくなり,また傾きは規制速度コード,12 時間交通量が大きくなればなるほど小さくなる傾向にある。第3章で述べた方法により算出した Link1,Link2 の各変換係数は,Link1 では全ての道路 112 の平均よりも小さく,Link2 では平均よりも大きいことが分かっている。)

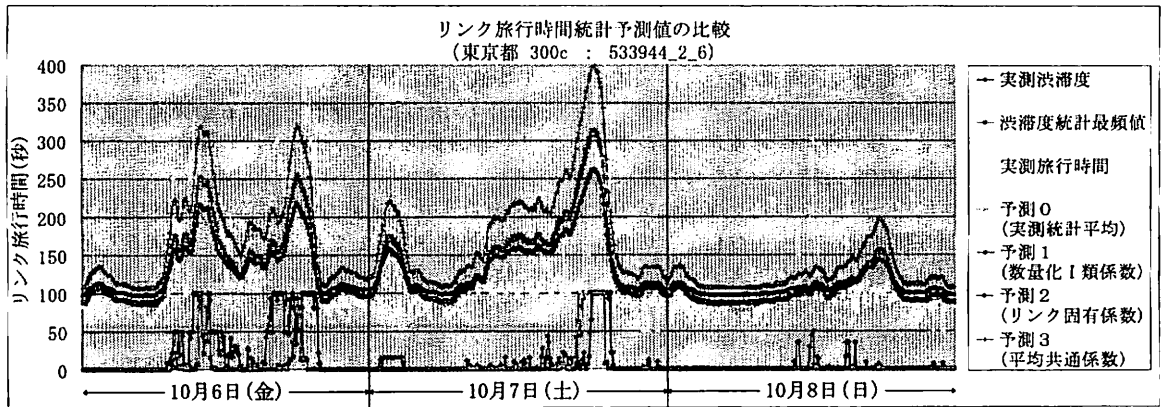


図 4.2 道路リンク(533944_2_6)のリンク旅行時間の予測値の比較

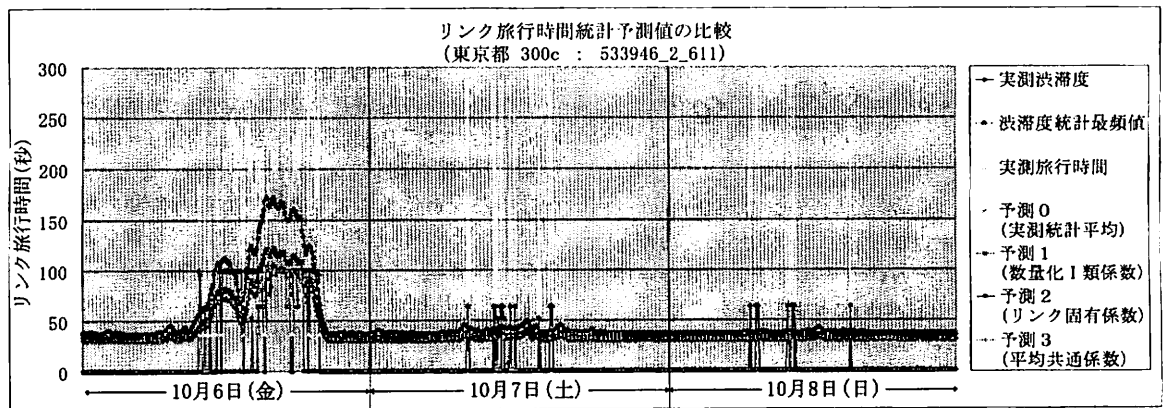


図 4.3 道路リンク(533946_2_611)のリンク旅行時間の予測値の比較

5. おわりに

VICS 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,その道路の渋滞情報と属性情報から精度良く推計する方法を提案した。渋滞度から算出した推計旅行時間の時間帯・曜日毎の統計平均値が,実測旅行時間の統計平均値,即ち長期予測用の旅行時間予測データベースの代用として優れた性質を持っていることを明らかにした。

文 献

- [1]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」(2002)情報処理学会論文誌,Vol.43, No.12
- [2]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」(2006)情報処理学会論文誌,Vol.47, No.7

- [3] <http://www.premium-club.jp/technology/index.html>
- [4] http://g-book.com/pc/whats_G-BOOK_mX/technology/probe.asp
- [5] http://www.vics.or.jp/vics/pdf/vics_pamph.pdf
- [6] <http://www.drm.jp/>
- [7]上田 太一郎, 荻田 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」(2003) 秀和システム*
- [8]赤池弘次「情報量基準とは何か」(1976) 数理科学 No.153 サイエンス社
- [9]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」(1973)品質 Vol.6 No.2 日本品質学会