

プローブカーデータと VICS データの融合による旅行時間推定に関する研究*

Travel Time Estimation by Combining Probe-Vehicle Data and VICS Data*

王立暁**・姜美蘭***・山本俊行****・森川高行*****

By Lixiao WANG **・Meilan JIANG***・Toshiyuki Yamamoto****・Taka MORIKAWA*****

1. はじめに

道路交通渋滞による損失額は毎年12兆円に上り、国民1人あたりの損失時間は年間約42時間と試算されている¹⁾。そのため、渋滞の解消や道路環境の改善が大きな課題となっている²⁾。しかし、大規模な道路整備を期待することが困難な現在においては、既存道路の効率的利用を図ることが進むべき方向だと思われる。このような背景から、近年動的経路誘導システム (DRGS: Dynamic Route Guidance System) による旅行時間情報の提供に対するニーズが高まっている。動的経路誘導システムを用いることで、交通集中による無駄な交通渋滞を解消し、既存の道路インフラを有効に活用することが期待されている。一方、交通情報利用者にとって交通情報サービスがより有効なものとなるためには、情報提供されるエリア (サービスエリア) の広さと提供交通情報の精度が特に重要である³⁾。より交通情報を提供するエリアが広く、より信頼性の高いサービスを実現するためには、広域の将来交通状況を予測する技術の確立が必要となる。

しかしながら、今日一般に提供されている旅行時間情報は現在の交通状況を基に算出されており、渋滞状況が変化する時間帯では運転者が事前に受け取った情報と実際に体験する旅行時間が異なるという問題を抱えている。また、主要幹線道路を中心とした一部の道路区間でしか情報提供されておらず、情報提供されるエリアは十分といえる状況ではない³⁾。

現在一般的に提供されている旅行時間情報は、道路上に設置された車両感知器などによって収集されるVICS情報である。VICSでは定常的にデータが得られているが、車両センサーの整備が必ずしも十分でない⁴⁾ため、限られた道路区間でしか情報を入手できない。Yamane *et al.*⁵⁾は限られた道路区間の情報を用いて、連続する道路区間や並行する道路区間など、情報が提供されていない近接道路区間の旅行時間を推定する手法を構築している。

一方、近年では道路ネットワーク上を実際に走行する

車両をセンサーとして利用するプローブカーシステムが新しい交通情報収集システムとして注目を浴びている。プローブカーシステムは、走行車両の時刻・経度緯度情報から直接旅行時間や渋滞などの情報を推定している。そのため、車両の実走行時間を収集しており、より正確な交通情報が得られる。また、より多くのプローブカーを利用することにより、空間的により広範囲に渡る交通情報が入手できる。その一方で、プローブカーシステムでは時間的にVICSのように定常的なデータは得られないという問題点がある。

このようにプローブカーデータとVICS データはお互いに補完できる特徴を持っており、両データを融合することによって、より広範囲でより精度の高い交通情報の提供が可能になると考えられる。中村・王⁶⁾は、都市高速道路を対象として車両感知器とプローブカーデータの融合方法を提案し、その有効性を検証している。本研究では、都市内の一般道路網を対象とした動的経路誘導システムにおいて旅行時間を提供するために、プローブカーデータとVICS データの融合手法を提案する。はじめに、両データの特徴を比較した上で融合関数を求め、融合後のデータを用いて旅行時間を推定し、推定結果の精度に関する検証を行う。

2. データの概要

(1) プローブカーデータ

本研究で使用したプローブカーデータは、名古屋都市圏において行われた「インターネットITSプロジェクト」の実証実験により取得されたデータである。この実験は、名古屋都市圏において約1,500台のタクシーをプローブカーとして行われた。プローブカーで取得されたデータは日時、経度・緯度、走行速度、進行方向、加速度、ST (車両停止時)・SS (車両発進時) フラグ、実車・空車フラグなどである。通常、プローブカーデータの走行位置はデータ送信イベント発生時の点座標軌跡として与えられ、車両の走行経路を連続的に捉えるためには、車両位置や走行速度等を用い、道路ネットワークにマッチングする必要がある。本研究で用いたデータは、三輪ら⁷⁾が開発したシステムによりプローブカーデータを(財)日本デジタル道路地図協会のデジタル道路地図 (DRM) 上

*キーワード: プローブデータ, VICS データ, 旅行時間推定

**学生員, 工修, 名古屋大学環境学研究所

(名古屋市中千種区不老町, TEL052-789-3729, FAX052-789-3565)

***正員, 博(工), トヨタコミュニケーションシステム

****正員, 博(工), 名古屋大学工学研究所

*****正員, Ph.D, 名古屋大学環境学研究所

にマッチングして得られた車両走行情報である。



(a) プローブカーデータカバーエリア

黒線：プローブカーデータ，灰色線：DRM リンク



(b) VICS 旅行時間情報提供リンクカバーエリア

黒線：VICS データ，灰色線：DRM リンク

図-1 プローブカーデータと VICS データのカバーエリア

(2) VICSデータ

本研究で使用したVICSデータは道路上に設置された車両感知器によって収集されている旅行時間情報である。VICS旅行時間情報はVICSリンク毎に取得され、5分間隔で更新されている。一般的に1本のVICSリンクは複数のDRMリンクで構成される。

(3) 両データの特徴比較

プローブカーデータは、車両感知器の設置の有無に関わらず情報を採取でき、細街路のデータ収集も可能であり、より空間的に広範囲の情報取得が可能である。これに対して、VICSデータは全ての道路をカバーしておらず、VICSリンクでも情報提供されていないリンクがかなり

存在する。そのため、より詳細なリンク上の旅行時間情報が取得可能なプローブカーデータとの融合により、旅行時間情報提供エリアのカバー率の向上が見込める。

図-1で、名古屋市周辺25個の2次メッシュのエリアにおいて、2002年11月1ヶ月間のデータを用いてVICSとプローブカーデータのカバーエリアを比較している。図-1(a)はプローブカーデータのカバーエリアで、図-1(b)はVICSデータのカバーエリアである。図-1からプローブカーデータのカバーエリアがVICSデータのカバーエリアよりかなり広いことが直感的に分かる。名古屋市周辺25個の2次メッシュ範囲の道路ネットワークにおいてプローブカーデータとVICSデータの組み合わせにより県道以上の道路約1/3をカバーすることができる。ただし、プローブカーデータについては、月に1回以上データが取得出来たリンクはカバーできたものとしている。

プローブカーデータとVICSデータでカバーするリンク数とリンク延長の比較を表-1に示す。表-1から見るとVICSリンクとして定義されているDRMリンクは46,228本存在し、そのうち実際に旅行時間情報が提供されているDRMリンクは6,909本である。つまり、VICS定義されているDRMリンク中の僅か15%だけが旅行時間情報を持っている。表-1からプローブカーデータの延長カバー率の50.9%がVICS旅行時間データ提供リンクの延長カバー率の6.2%と比べ8倍に大きくなっていることが分かる。

一方、プローブカーデータは定常的にデータを取得することができず、時間帯毎のサンプル数にばらつきが大きく、VICSデータは感知器でデータを取得するため、定常的に取得されるデータにより時間帯による欠損を補完することが可能である。よって、両データを融合することにより、より広範囲でより精度の高い旅行時間情報の提供が可能となると考えられる。

表-1 プローブカーデータと VICS データのカバー率*

		DRM リン ク数	リンク 延 長 (km)	延 長 カ バ ー 率
VICS 旅行 時間データ	VICS 定義リンク	46228		
	データ提供リンク	6909	1008	6.2%
プローブ データ	1 回/月以上データ 取得リンク	54292	9006	50.9%
基本道路 DRM v1500		85773	17692	

*名古屋市周辺25個2次メッシュ、2002年11月1ヶ月分

P-DRGSコンソーシアム⁸⁾では、動的経路誘導システムによる旅行時間を提供するため、名古屋市実証実験のプローブカーデータで5分毎の時間帯別リンク所要時間のタイムテーブルを構築した。しかし、プローブカーデータの欠損が多いため、VICSデータによる補完が必要とされた。そこで、本研究でプローブカーデータとVICSデータの比較分析を行い、両データの融合手法を提案する。

3. プローブカーデータと VICS データの比較分析

(1) プローブカーデータとVICSデータの時間帯変動分析

ここでは、プローブカーデータとVICSデータの平日平均旅行時間を用いて時間帯による変動を比較する。VICSデータについては、2002年11月1ヶ月間のデータを用いて各VICSリンク毎に5分単位で平日の平均旅行時間を集計した。プローブカーデータについては、VICSデータと比較するため、同じく2002年11月の平日に取得されたプローブカーデータを用いて、VICSリンク毎に5分単位で旅行時間を算出した。ここでプローブカーデータの旅行時間は、マップマッチングされた各車両の時空間情報からDRMリンク毎にその通過旅行時間のサンプル平均値を取って、リンク平均速度を算出し、その上でVICSリンク別に調和平均を取っている。また、プローブカーデータの欠損がある時間帯については移動平均で欠損値を埋めることにした。

ることにした。

広小路通は名古屋市内の東西方向に重要な幹線道路であり、一日のうちに交通流の変化が激しく動的交通情報提供の価値は高い。また、都心繁華街を通過しておりプローブカーデータのサンプル数が多く取得できる。さらに、殆どのリンクがVICSデータ提供リンクであり、プローブカーデータとVICSデータの比較に用いるデータが十分取得できる。ここでは、図-2に示した分析対象ルート広小路通に着目し、広小路通の上りと下り各4本ずつのVICSリンクを対象とした分析を行う。

対象としたVICSリンクのプローブカーデータとVICSデータによるタイムテーブルを図-3に示す。図-3より、7:00~20:00ではプローブカーデータとVICSデータの変動が類似している。一方、他の時間帯では両データに大きな差が生じていることが分かる。特に、20:00~7:00では、VICSデータがほぼ一定の旅行速度を示しているのに

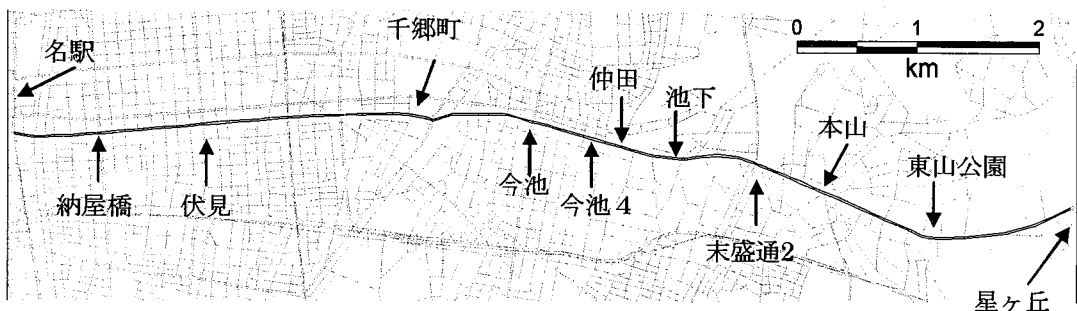


図-2 分析対象ルート：広小路通

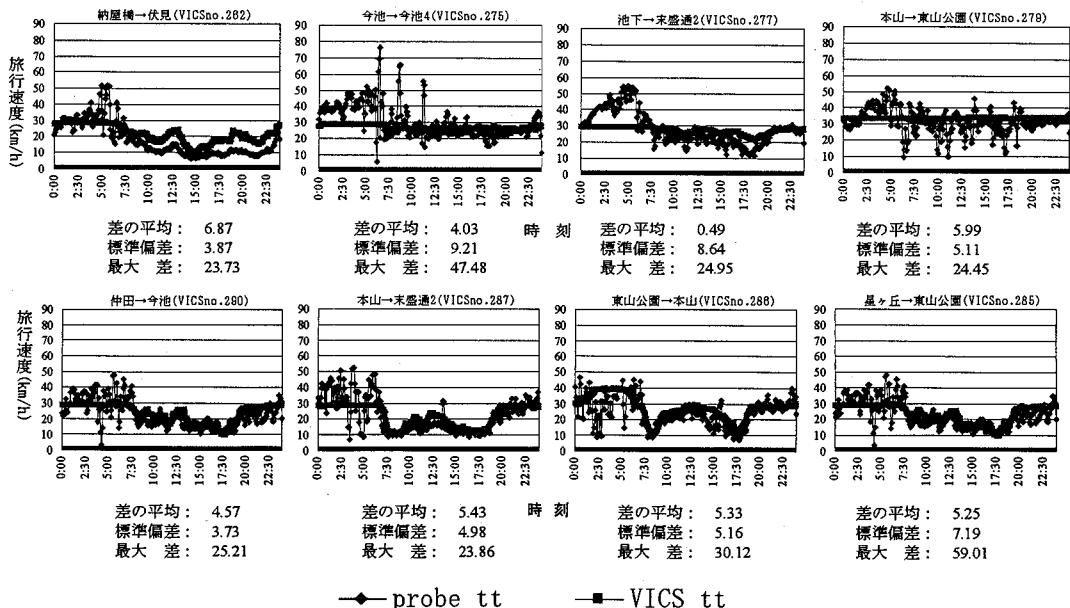


図-3 プローブカーデータと VICS データの旅行時間テーブル

対して、プローブカーデータは変動が大きい。VICSデータがほぼ一定の値を示しているのは、提供する旅行速度に上限値の制約があるためであり、実際には上限値より旅行速度が速いことが予想される。一方、プローブカーデータで大きな変動が見られる原因としては、サンプル数が少ないことや交通混雑の少ない時間帯であるためドライバーによって旅行時間に大きなばらつきが存在することが考えられる。

(2) プローブカーデータとVICSデータの相関分析

前述の8リンクのうち4リンクにおけるプローブカーデータとVICSデータの平日平均旅行速度の相関分析の結果を図-4に示す。また、プローブカーデータをVICSデータで回帰した時の各リンクの自由度修正済決定係数 R^2 を表-3に示す。図-4より、VICS旅行速度が30km/hや40km/hの旅行速度上限値の時、プローブカー旅行速度は60km/h～100km/hの場合もある。これらのデータは、プローブカーが夜間のような自由交通流において規制速度以上の速度で走ることもあることを示すと考えられる。また、表-2よりプローブカーとVICSデータの相関結果において自由度修正済決定係数が最小値0.000274 (VICSNo279)、最大値0.249 (VICSNo286) とかなり低いことが分かる。

図-5に示すように、相関分析で示したプローブカー旅行速度とVICS旅行速度の散布図ではプローブカー旅行速度とVICS旅行速度にいくつかの相違が見られる：①の部分ではプローブカー旅行速度はVICS旅行速度より速く、その原因としてはVICSデータのタイムラグの影響及びVICSデータ上限値の影響が考えられる。②の部分ではVICS旅行速度の上限値が提供されている時間帯ではプローブカーデータのばらつきが大きいことが分かる。そ

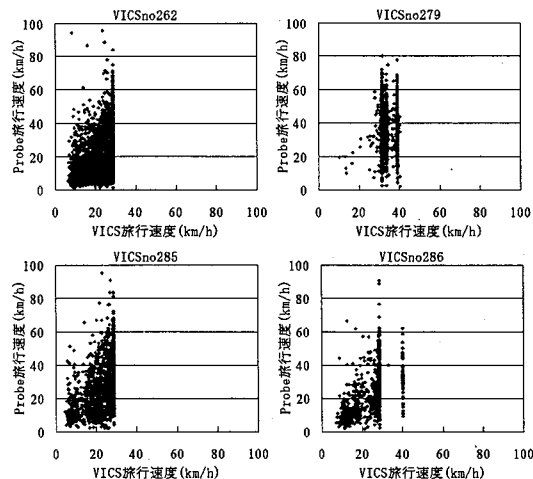


図-4 プローブカー旅行速度と VICS 旅行速度の分布

表-2 プローブカー旅行速度と VICS 旅行速度の相関

VICSNo	回帰式	修正決定係数
262	$Y = 0.952X - 0.954$	0.189
279	$Y = 0.110X + 32.3$	0.000274
285	$Y = 1.03X + 4.41$	0.209
286	$Y = 1.01X + 0.0918$	0.249

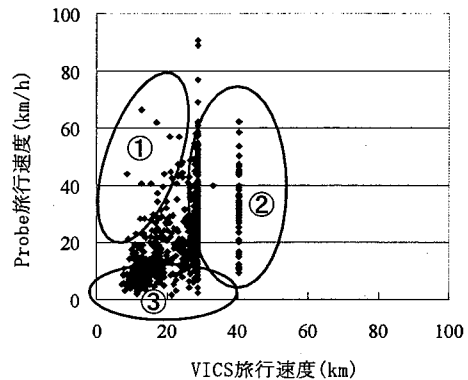


図-5 プローブカー旅行速度と VICS 旅行速度の分布

の原因としては自由交通流の場合、プローブカーデータのサンプル数の影響や車両毎の行動の違いなどが考えられる。③の部分ではプローブカー旅行速度はVICS旅行速度より遅く、その原因としては、プローブカーデータのサンプル数の影響が考えられる。以下でこれらの要素の影響について分析する。

(3) プローブカーデータとVICSデータの旅行速度差の原因分析

VICSデータを取得する感知器は直進車線にのみ設置される場合が多いため、以下の分析においてはプローブカーデータについては直進する車両から得られるデータのみ分析対象とした。

a) VICSデータのタイムラグの影響

VICSデータは収集から提供までタイムラグがあることが知られており、各データの相関を低下させていると考えられる。ここでは分析対象区間のうち西向き の 4 つのVICSリンク (285, 286, 287, 290) を分析対象とする。各VICSリンクに対してVICSデータのタイムラグを0分、5分、10分としてデータを調整し、プローブカー旅行速度とVICS旅行速度の相関分析を行った。結果を表-3に示す。4つのリンクにおける両データの相関はいずれもタイムラグを5分調整した場合に、一番高い値を示している。

b) VICSデータ上限値の影響

VICS情報では、VICSリンク毎に上限値が設定されており、上限値より高い速度が感知されている場合、上限値を収集されるデータとして出力している。それに対して、プローブカーデータは実際の走行速度であるため、VICS旅行時間情報の上限値以上の情報も提供している。

表-3 タイムラグ調整時の修正決定係数

VICSno	調整なし	5分調整	10分調整
285	0.261	0.260	0.237
286	0.602	0.657	0.632
287	0.415	0.495	0.415
290	0.166	0.222	0.215

ただし、VICSデータの上限値はリンク毎に異なる。本研究ではVICSデータの上限値に対して用いる処理手法として、VICSリンク毎に1時間以上連続的に変動していない時のデータの値を上限値と見なし上限値削除処理を行う。すなわち、VICSデータのうち、変動していない部分のデータを削除する。表-5に上限値処理前後の相関分析の結果を比較する。尚、いずれのリンクに対してもタイムラグを5分調整した後のデータを用いて分析を行った。その結果、4つのリンクの内、2つのリンク(285, 286)で上限値処理後高い相関を示し、他の2つのリンク(287, 290)で低い相関を示している。この原因としては、VICSリンクにより異なるデータの処理手法が用いられているためと考えられる。

表-4 上限値削除前後の修正決定係数

VICSno	タイムラグ5分調整	タイムラグ5分調整後に上限値削除
285	0.260	0.304
286	0.657	0.716
287	0.497	0.375
290	0.222	0.207

c) 時間帯による影響

更に上記のリンクのタイムラグ5分調整と上限値処理後のデータについて、プローブカーデータとVICSデータが類似する時間帯の昼間7:00~20:00の旅行速度の相関分析を行った。修正決定係数を表-5に示す。表より、混雑時間帯のプローブカーデータとVICSデータの相関は全時間帯での相関より高い。これより、自由交通流となる時間帯でプローブカーデータのばらつきが大きいことが両データの相関に影響を与えることが分かる。

表-5 時間帯毎の修正決定係数

VICSno	全時間帯	7:00~20:00
285	0.304	0.346
286	0.716	0.713
287	0.375	0.406
290	0.207	0.233

(4) プローブカーデータのばらつきに関する分析

a) VICS旅行速度による異分散性

図-3よりVICS旅行速度が大きくなるほどプローブカー旅行速度の分散が大きくなることが分かる。そのため以下の式によってVICS旅行速度に対する異分散分析を行う。

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + \varepsilon_i, \varepsilon_i \sim N(\mu, \sigma^2) \quad (1a)$$

$$\sigma^2 = \sigma^2 X_i^2 \quad (1b)$$

ここで、 Y_i はプローブカー旅行速度、 X_i はVICS旅行速度、 α β はパラメータ、 ε_i は誤差項、 σ^2 は分散である。

b) プローブカーデータのサンプル数による異分散性

図-3で夜間の混雑しない時間帯と昼間の混雑する時間帯を比較してみると、夜間の方がプローブカーデータのばらつきが大きい。夜間はプローブサンプル数が少ないため、サンプル数が少なくなるほどプローブカー旅行速度のばらつきが大きくなることが考えられる。そのため以下の式のようにプローブカーデータサンプル数に対する異分散分析を行う。すなわち、式(1a)に対して、

$$\sigma^2 = \sigma^2 / n_i \quad (2)$$

ここで、 n_i はプローブカーデータのサンプル数である。

表-6は星ヶ丘から東山公園交差点に至るVICSリンク(VICSno285)での分析結果である。この結果を見ると、二つの異分散性についての分析結果はいずれも一般回帰分析より標準誤差が減少し、係数の値に増加傾向が見られ、プローブカー旅行速度とVICS旅行速度の相関が改善されていることが分かる。ただし、その他のリンクでも同様の分析を行った結果、異分散性を考慮することで相関が常に向上するとは限らないことが分かった。どのような場合に異分散性を考慮すべきかについて更なる分析が必要であり、今後の課題としたい。

表-6 異分散分析結果

		一般回帰	プローブサンプル数による異分散	VICS旅行速度による異分散
定数項	推定値	11.2	9.92	6.75
	t値	6.9	6.1	8.6
係数	推定値	0.736	0.786	0.933
	t値	11.0	11.7	20.8
標準偏差		9.45	9.85	0.406
サンプル数		357	357	357
修正決定係数		0.251	0.367	0.169

4. 旅行時間推定手法

(1) タイムテーブルの構築

名古屋都市圏において行われたプローブカータクシー実証実験は、2002年から長期間に渡る蓄積データを持っている。本研究では、2002年1月~3月、2002年10月~2003年3月の9ヶ月間のプローブカーデータを用いて、曜日別に5分単位で各リンクの蓄積プローブカー旅行時間データを集計し、タイムテーブルを構築した。このようなタイムテーブルを用いて、曜日、出発時刻、また各リンクの流入時刻によって変動する旅行時間推定を実現し、動的な旅行時間推定を行う。ただし、このようなタイムテーブルは時間粒度が細かく、長期間のデータを用いても

欠損時間帯が存在している。本研究ではVICSデータを利用して、VICS情報があるリンクの欠損値を補完する手法を検討する。

(2) VICSデータによる欠損値補完手法

分析対象として、名古屋市周辺25個の2次メッシュ範囲以内で、プローブカーデータとVICSデータの両方とも存在するVICSリンクを道路種別及び車線数別に抽出した。そして、VICSリンク毎にプローブカー旅行時間データを集計し、プローブカーデータとVICSデータの異常値を削除した上で、VICSデータの5分タイムラグ調整・上限値削除等を行った後、プローブカーデータとVICSデータの相関関数を求めた。道路種別の分類として、DRMの道路種別から、高速道路、都市高速道路、国道、主要道に分類した。車線数については、高速道路と都市高速道路については特に車線数を分けず、国道と主要道については2車線と4車線以上を分類した。国道と主要道について道路種別及び車線数別によるプローブカーとVICS旅行速度の相関を図-7に示し、それらの相関を表-6に示す。ただし、異分散性についての前節の分析結果の一般性については更なる分析が必要であり、ここでの分析では誤差の異分散性を考慮していない。異分散性を考慮した融合関数の特定は今後の課題である。

一方、高速道路と都市高速については、プローブカー旅行速度とVICS旅行速度の相関が非常に低くなった。これは、VICSデータは規制速度（分析されたリンクでは40km/hと50km/hと60km/hである）でデータが制限されているのに比べ、プローブカーデータは規制速度以上を示していることが多く、高速道路と都市高速の場合、VICSの旅行時間データを利用することが望ましいと考えられる。国道と主要道においては、修正決定係数の最小値は

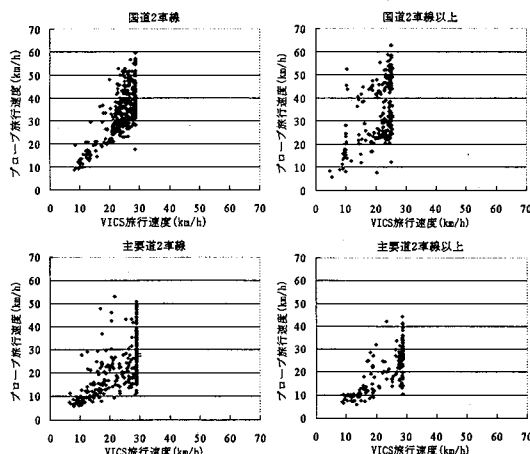


図-6 道路種別及び車線数別のプローブカー旅行速度とVICS旅行速度の分布

表-7 道路種別及び車線数別のプローブカー旅行速度とVICS旅行速度の相関

リンク種別	回帰式	修正決定係数
国道2車線	$Y = 1.55X - 2.89$	0.543
国道4車線以上	$Y = 1.25X + 7.07$	0.227
主要道2車線	$Y = 0.824X + 3.55$	0.294
主要道4車線以上	$Y = 1.05X - 3.97$	0.602

0.227、最大値は0.602であり、道路種別及び車線数別による相関関係の差が見られる。

本研究ではこれらの関数を用いてVICS旅行時間を補正して、プローブカーデータのタイムテーブルの欠損値を補完し、補完後のタイムテーブルを用いて旅行時間を推定する。

5. 旅行時間推定の精度検証

(1) 精度検証に用いるタイムテーブルの概要

VICSによるプローブカーデータの欠損値を補完する精度を検証するため、3つのタイムテーブル（プローブカー旅行時間データのみのタイムテーブル、VICS旅行時間データのみのタイムテーブル、VICS旅行時間データでプローブカー旅行時間データを補完したタイムテーブル）の旅行時間推定精度を比較する。3つのタイムテーブルの概要は以下の通りである：

- ① プローブカー旅行時間データのみのタイムテーブル（以下：PTT）：プローブカー実験期間の9ヶ月のプローブカーデータを用いてタイムテーブルを構築し、タイムテーブル自身の値を用いて欠損補完を行う。この場合、欠損時刻から前後で一番近い時刻の値で欠損値を埋めている。
- ② VICSデータのみのタイムテーブル（以下：VTT）：プローブカーデータと同じく9ヶ月間のデータを用いて、同じように曜日別5分間隔のVICSタイムテーブルを構築した。VICSデータは機器により定期的にデータを取得しているため、非VICSリンク以外では欠損値はない。非VICSリンクについては、本研究では隣接するVICSリンク（上流VICSリンク）の旅行速度データを用いて欠損を埋めている。
- ③ VICSデータでプローブカーデータを補完したタイムテーブル（以下：PVTT）：表-7に示した回帰式を用いて、同リンク・時間帯のVICSデータでプローブカータイムテーブルの欠損を埋める。

(2) 精度検証に用いるトリップの概要

旅行時間推定の精度検証には、名古屋市一州町交差点から名駅篠瀬通交差点までの区間と一社東から東新町までの2つの区間を用いた。両区間の概要を表-8に示す。これらの区間におけるプローブタクシーの蓄積トリップと

実車走行トリップによる区間旅行時間をタイムテーブルにより推定し、実車走行によって観測した実際の旅行時間と比較した。

表-8 旅行時間推定精度検証区間の概要

対象区間	一州町→名駅	一社東→東新町
起点	一州町交差点	一社東交差点
終点	箕瀬通交差点	東新町交差点
旅行距離(m)	9322	8345
基本道路DRMリンク	87	96
VICSありDRMリンク	75	75

対象とするトリップは実験車による実走行のトリップ及びプローブカーデータ収集期間中に対象区間を一気に全て通過したプローブカーによるトリップの2種類である。一州町の交差点から名駅付近の箕瀬通交差点までのトリップは、2004年9月13日(平日)に実験車にて実車走行した5トリップと、2002年3月・12月及び2003年3月の休日にプローブタクシーが走行した6トリップである。一社東から東新町までのトリップは2004年10月の上旬と中旬の平休日に実車走行した13トリップであり、合計24トリップである。これらのトリップは朝・夕方の混雑時間帯及び混雑しない時間帯のそれぞれの時間帯を出発時刻とする。

(3) 精度検証の結果

本研究では、旅行時間推定の精度検証にMAPE (Mean Absolute Percentage Error)評価指標を用いる。MAPEを用いることによって、各リンクの推定値と実際値の平均誤差率を求めることができる。MAPEは以下の式で与えられる。

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|x_i - T_i|}{T_i} \quad (3)$$

ここで、 x_i は各リンクの推定値、 T_i は各リンクの実測値、 n はリンク数である。

名古屋市一州町交差点から名駅箕瀬通交差点までの区間における実車走行による5トリップのうちの1トリップの推定結果の比較を表-9に示す。ここでの結果からは、リンク上の誤差の平均値はVITのタイムテーブルで推定した結果が一番大きく、PITで推定した結果が一番小さいことが分かる。この結果はVITで推定した当トリップにおける総旅行時間推定誤差が一番大きいことと一致している。また、PVITのリンク誤差の平均値はPITで推定したリンク誤差に近いことが分かる。

24トリップについて各々のトリップの旅行時間実測値と上記3つのタイムテーブルによる推定値を図-7に示す。図より、各トリップについて各タイムテーブルでの推定値と実測値の差が分かる。PVITでの推定した結果はPITで推定した結果とほぼ同じであり、VITで推定した結果

表-9 一州町→箕瀬通区間における推定誤差評価例

	旅行時間	MAPE	リンク旅行時間最大差
実車走行	1882.25	-	-
PTT 推定	1431.58	41.03	125.18
PVIT 推定	1307.52	47.33	126.27
VIT 推定	1207.35	51.32	156.90

は実測値と一番離れていることが分かる。また、実測値の旅行時間が通常より著しく長い場合(異常渋滞時)、いずれのテーブルも誤差が大きい。これは、異常渋滞が起きた場合はいずれのテーブルもうまく予測できていないことを示し、異常渋滞時の正確な旅行時間予測をするためにはリアルタイム情報が重要であることを表す。VITはほとんどの場合に旅行時間を過小推計していることも分かる。これは、VICS旅行時間データが感知器で計算される地点速度をもとに推定しており、実際の区間旅行時間を計測しているものではないことであるため、渋滞を過小推計したものと考えられる。

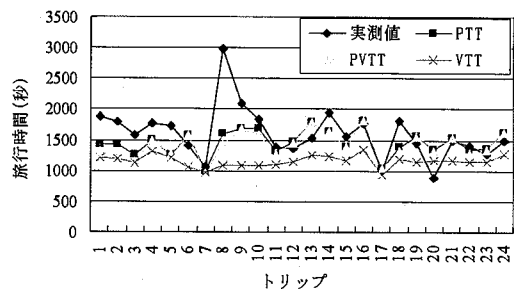


図-7 24トリップ実測値と各タイムテーブルで推定結果比較

表-10は24トリップの精度検証の結果をまとめたものである。これらの結果を見ると、3つのタイムテーブルにおいて、誤差の平均値はVITが一番大きく、VICSデータの信頼性がプローブカーデータより低いことを示している。また、プローブカーデータ自身の値で補完した方がVICSデータを用いた場合より平均的に誤差が若干小さいことを示している。これは、VICSデータに関してもっと精度が高い補正関数を検討する必要があると考えられる。尚、リンク旅行時間の誤差の最大値はVITを用いた場合で発生している。また、プローブカーデータのタイムテーブルPTTは誤差20%以内の割合と10%以内の割合の両方において、VICSタイムテーブル(VIT)よりはるかに高い割合を示している。また、プローブカーデータとVICSデータを融合したタイムテーブル(PVIT)の誤差は10%以内と20%以内のトリップ率がいずれもPTTの場合よりやや低い結果となった。ただし、その差はわずかであり、いずれの補完を用いた場合も同程度の精度を提供していると捉えることが出来る。

表-10 旅行時間推定結果

	PIT	PVTT	VTT
平均誤差率	15.37%	16.97%	26.53%
最小誤差率	2.62%	2.62%	6.67%
最大誤差率	50.37%	52.32%	63.41%
誤差率 20%以内の比率	75%	71%	29%
誤差率 10%以内の比率	46%	42%	13%

6. まとめ

本研究では、名古屋都市圏で行われたプローブカー実証実験のデータを用いて、VICSデータとの比較分析を行い、両データには差が存在することを明らかにした。その原因としてはVICSデータの上限值とタイムラグ、交通状況及びプローブカーのサンプル数の影響が考えられる。これらの影響要因を考慮することにより、両データの相関を高められることが分かった。本研究では、曜日別時間帯別のリンクタイムテーブルを構築し、より精度が高い旅行時間推定を試みた。タイムテーブルの欠損値に対しては、VICS旅行時間を補正して補完する手法を提案し、旅行時間推定の精度検証を行った。その結果、プローブカーデータとVICSデータの融合によって、現在一般に提供されるVICS旅行時間情報より高い精度をもたらすことを示した。また、プローブカーデータだけのタイムテーブルが高い精度を持っていることより、プローブカーデータの信頼度が高いことが分かった。

今後の課題としては、VICSデータに対して、よりよい補正関数を求めることと、非VICSリンクの欠損値の補完手法の構築などがあげられる。

謝辞: 本論文はIP-DRGSコンソーシアムでの開発成果の一部である。分析に際してはコンソーシアムメンバーから多くのご意見をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 倉沢鉄也: ITS高度道路交通システム, 東洋経済新報社, 2000.
- 2) 木村昌司: 動的交通予測の動向と課題, 交通工学, Vol. 36, No. 3, pp. 4-5, 2001.
- 3) 山根憲一郎, 横田孝義, 伏木匠: 広域交通情報サービス向け旅行時間推定法, 電子情報通信学会論文誌, D-I, Vol. J87-D-I, No. 3, pp. 329-338, 2004.
- 4) 警察庁交通局交通規制課, 国土交通省道路局ITS推進室: トラフィック・インフォメーション・コンソーシアム中間取りまとめ, 交通工学, Vol. 37, No. 2, pp. 55-65, 2002.
- 5) Yamane, K., Endo, Y., Fujiwara, J. and Kumagai, M.: Estimation of statistical traffic data for navigation system, International Journal of ITS Research, Vol. 2, pp. 1-9, 2004.
- 6) 中村英樹・王鋭: 車両感知器とプローブカーデータを組み合わせた旅行時間推定手法の実証分析, 第2回ITSシンポジウムProceedings, pp. 283-288, 2003.
- 7) 三輪富生, 境隆晃, 森川高行: プローブカーデータを用いた経路特定手法と旅行時間推定に関する研究, 第2回ITSシンポジウムProceedings, pp. 277-282, 2003.
- 8) <http://www.p-drugs.com>

プローブカーデータと VICS データの融合による旅行時間推定に関する研究*

王立暁**・姜美蘭***・山本俊行****・森川高行*****

広範囲、高精度な動的経路誘導システムの構築を目的とした VICS 交通情報とプローブカーシステムの融合手法を提案した。はじめに、1ヶ月間のデータを用いたプローブカー旅行時間データと VICS 旅行時間データの比較分析を行ない、両データの差を生じる影響要因を分析した。分析に基づき VICS に対する補正関数を構築した。次に、9ヶ月間蓄積されたプローブカーデータを用いて曜日別時間帯別のリンクタイムテーブルを構築し、VICS 旅行時間データでタイムテーブルの欠損値を補完した。実際の車両走行結果を用いて作成したタイムテーブルを検証した結果、VICS 旅行時間情報より高い精度の旅行時間予測が可能であることを明らかにした。

Travel Time Estimation by Combining Probe-Vehicle Data and VICS Data*

By Lixiao WANG**・Meilan JIANG***・Toshiyuki Yamamoto****・Taka MORIKAWA*****

An algorithm to combine VICS data and probe-vehicle data is proposed to construct a dynamic route guidance system with a high accuracy and wide coverage area. Factors causing the discrepancy between probe data and VICS data are examined at first by the time tables accumulating one month data. Based on the results, the functions to correct VICS data is developed. Link time tables for each day and time slice are constructed next by accumulating probe-vehicle data collected through nine months, and missing values are filled by VICS data. The results of the experiments comparing the time tables and practice vehicle runs suggest that developed time table can improve accuracy in travel time estimation compared with VICS data.