

高精度化をめざした旅行時間推定方法に関する研究*

Study on the Method of Estimating Accurate Travel Time*

山根憲一郎**・横田孝義***・伏木匠***
By Ken'ichiro Yamane**・Takayoshi Yokota**・Takumi Fushiki**

1. はじめに

近年益々増加する道路交通に対して、我が国でもITS(Intelligent Transport Systems)において、各種道路交通システムを高度化する動きが見られる。

1)2)

その中でも交通の安全性・円滑性をめざした情報提供システム及び信号制御システムは最も基本的かつ重要であると考えられている。前者はドライバーに対してリアルタイムに渋滞情報や旅行時間情報などの交通情報を提供し、後者は交通状況に応じて最適な信号運用を行なうことによって安全かつ円滑な交通の実現をめざしたものである。

これらのシステムを実現するには、リアルタイムに旅行時間を推定することによって交通状況を把握することが必要となる。

通常、旅行時間を推定するには多くの路上センサによる計測データを必要とするが、地方の道路や都市圏の非幹線道路など多くの道路においては路上センサは十分に整備されていないのが現状である。

そこで本研究では、数種類ある路上センサのうち、最も数多く設置され、かつ常にデータを計測できる超音波感知器などの存在型車両感知器(以下、単に感知器と呼ぶ)のデータを用いて、設置数が十分でない地方の道路においても簡単かつ高精度に旅行時間を推定する方法について検討した。

2. 課題

従来の旅行時間推定方式では、砂時計モデル³⁾のように設置感知器密度の高さを要求するものが多く、地方をはじめ多くの道路において適用するのが困難であった。

また、最近では車載ナビゲーション装置から光ビーコンに赤外線を用いて計測旅行時間をアップリンクする技術が実現されている⁴⁾が、現状の車載ナビゲーション装置普及率においては安定した旅行時間算出は困難である。

そこで、比較的に数多く設置されかつ常にデータを計測できる感知器のデータを用いることにより、車載ナビゲーション装置の普及率によらず、また設置数が十分でない地方の道路においても高精度に旅行時間を推定することが重要な課題である。

また、一般道では高速道と異なり交差点信号機が設置されることが多く、この信号機による待ち時間を旅行時間推定の際に考慮することによってさらに推定精度を向上することも課題である。

3. 旅行時間推定方式

(1)概要

本研究では、旅行時間を推定する対象区間として予めデータベース化された道路区間の最小区切り単位である「リンク」を基本単位としている。リンクとは、主要交差点等を端点とした方向付きの道路区間のことであり、前述の道路交通システムにおいて基礎となるデータである。

旅行時間推定方式として、感知器の設置密度にかかわらず精度よく推定できることと、かつ処理の高速性を考慮し、線形モデルを用いることにした。

そこで、事前走行によって得た実測旅行時間データを教師データとして、実測旅行時間と感知器から

*キーワード：ITS、交通情報、交通管理

**正員、(株)日立製作所日立研究所

(茨城県日立市大みか町7-1-1、
TEL:0294-52-5111、FAX:0294-52-7629)

*** (株)日立製作所日立研究所

(茨城県日立市大みか町7-1-1、
TEL:0294-52-5111、FAX:0294-52-7629)

得られるデータとリンク長から推定する推定旅行時間との誤差を少なくするように速度を補正する補正係数等を最適に求める手法を採用することとした。

以下、旅行時間を推定する手法について具体的に説明する。

まず、感知器から得られる5分間交通量 Q 及び占有率 K から次式によって5分間平均速度 v を求めることができる。

$$v = Lc \cdot Q / K \quad \dots\dots (3.1)$$

ここに、 Lc は平均車長である。

旅行時間推定値は、補正速度とリンク長及び交差点信号機による遅れ等を表現するパラメータ（以下、交差点遅れと呼ぶ）から算出される。

評価関数 E を推定旅行時間と実測旅行時間との二乗誤差と定義し、この E を最小化するような補正係数及び交差点遅れを最適解として算出する。（このことを以下、チューニングと呼ぶ。）

一旦チューニングすれば、その結果得られる補正係数と交差点遅れを用いてリアルタイム感知器データのみから旅行時間をリアルタイムに推定することができる。

(2)実フィールドにおけるチューニング

実フィールドにおいて旅行時間推定を行なうリンク数は少なくない。その規模やインフラ整備状況によって次の2つのチューニング方法が考えられる。

a)オフラインチューニング

まず、対象とするリンクを数回実車走行することによって複数の実測旅行時間を記録・データ化し、また、走行した時間帯の感知器データは管理元である交通管制センターから入手しデータ化しておく。

次に、チューニングプログラムを実行して前記補正係数を得る。

そして、得られた補正係数をデータベース化し、交通管制センターのオンラインシステムにインストールすると、旅行時間推定プログラムによって使用されオンラインで感知器データを処理してリアルタイムに旅行時間推定値を算出することができる。

この方法では、実車走行と多くのデータ化の作業量が多くなるため、比較的小規模なフィールドを対象とすべきである。

b)オンラインチューニング

光ビーコンが整備され車載ナビゲーション装置によって旅行時間が実測されるようなリンクにおいては、実測旅行時間が交通管制センターで収集される。オンラインチューニングはこのことを利用した方法である。

基本的には、オフラインチューニングにおける実測旅行時間収集とチューニング作業を自動化したものである。

車載ナビゲーション装置からの実測旅行時間データを同時帯の感知器データとともにデータ蓄積し、前述のチューニングプログラムを実行して補正係数を求め、得られた補正係数をデータベース化し、交通管制センターのオンラインシステムにインストールすると、旅行時間推定プログラムによって使用されオンラインで感知器データを処理してリアルタイムに旅行時間推定値を算出する、という一連の処理を全て交通管制センター内の計算機で自動的に実行できる。

この方法では、一度システムを構築してしまえば旅行時間推定までの作業を全て自動的に行なえるので、フィールド規模の大小を問わないという利点がある。

また、定期的にオンラインチューニングを行なうことによって、道路ネットワークの変化や積雪等による路面の変化による交通状況の変化に対しても、その都度対処することが可能で、状況変化による推定精度の低下を抑えることができる。

以上のようにすれば、感知器がそれほど密に設置されていなくても比較的精度よく旅行時間推定を行なうことができ、さらにその旅行時間情報をドライバーに対してリアルタイムに提供する情報提供システムを構築することができる。

4. 旅行時間推定方式の評価

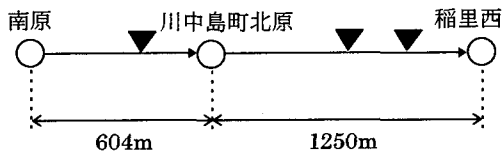
旅行時間推定方式の精度評価として、一地方都市である長野市において評価実験を行った。なお、長野市は1998年2月に冬季オリンピック大会が開催され、その交通管理対策として高度道路システムが整備された。²⁾ そのため、大都市圏には及ばないも

のの地方都市として初めて路上センサが本格整備された近未来における地方モデル都市ともいべき環境であり、本方式の評価に適している。

評価対象とした区間は、長野市を南北に縦断する旧国道 18 号の南原→稲里西の約 1.85km である。当区間は片側一車線の幹線道路であり、2 本のリンクから成る。

感知器の整備状況等は図－1 に示す通りである。図において○は交差点、▼は感知器であり、交差点間を結ぶ矢印はリンクを示している。

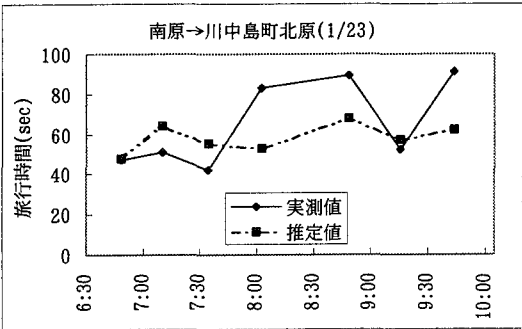
まず、2 本のリンクそれぞれに対して 1998 年 1 月 21 日（水）に 8 回の実車走行による実測旅行時間データを計測・データ化して前述のオフラインチューニングを行い補正係数を得た。チューニングの結果は表－1 に示す通りである。



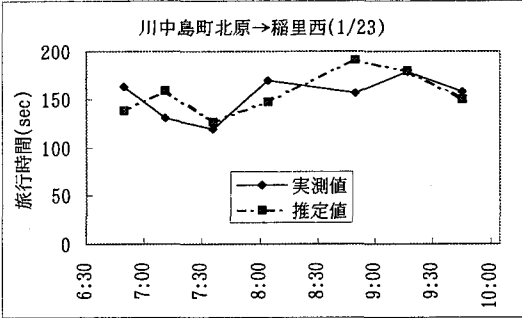
図－1 評価対象区間図

表－1 チューニング結果

	南原→川中島町北原	川中島町北原→稲里西
誤差の標準偏差	4 秒	17 秒
平均誤差／率	7 秒／13%	32 秒／21%
最大誤差	9 秒	58 秒



図－2 リンク旅行時間の比較（1）



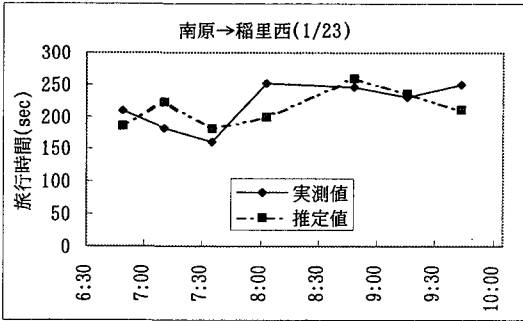
図－3 リンク旅行時間の比較（2）

その後、同年 1 月 23 日（金）において、得られた補正係数を用いて感知器データから推定した旅行時間（推定値）と同じく実車走行した結果（実測値）とを比較した。比較結果を図－2，図－3 に示す。

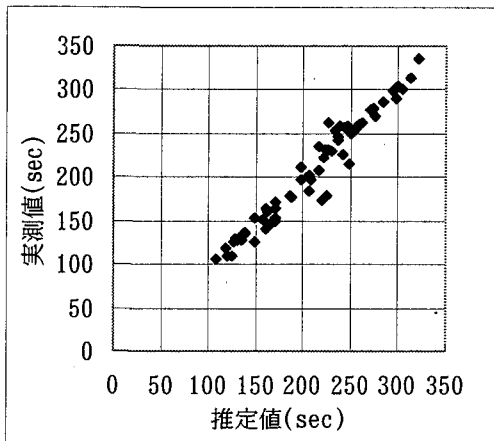
「南原→川中島町北原」のリンクでは、誤差の標準偏差 11 秒、平均誤差率 23%，最大誤差 30 秒であり、「川中島町北原→稲里西」のリンクでは、誤差の標準偏差 12 秒、平均誤差率 12%，最大誤差 34 秒であった。

交通管制センターでは、リンク単位でデータを管理するが、ドライバーに対して情報提供する場合には、例えば図－1 の例では「南原→稲里西」のように複数のリンクをまとめた区間単位になることがある。そこで、「南原→稲里西」を旅行時間提供区間と見立てて、区間旅行時間の実測値と推定値を比較した結果を図－4 に示す。なお、図－4 の旅行時間は内部リンクの旅行時間を単純和（同時刻和）によって算出されるものである。誤差の標準偏差 16 秒、平均誤差率 13%，最大誤差 51 秒となった。提供旅行時間の時間単位が通常 1 分単位であることを考えると十分実用性に耐えうるものとする。

チューニングに使用する実車走行データは、その手間から数日分程度が現実的であるが、オンラインチューニングシステムを構築すれば、より多くの教師データを得ることができるためより高い推定精度を得ることが可能になると考える。



図－４ 区間旅行時間の比較



図－５ 他区間における旅行時間の比較

表－２ 他区間における旅行時間精度評価結果

評価データ数	60
誤差の標準偏差	11 秒
平均誤差／率	10 秒／5%
最大誤差	47 秒
相関係数	0.97

また、長野市における他の数区間に関して、本方式による推定値と実測値の比較結果は図－５に示す通りであり、精度評価結果は表－２に示す通りであり、概ね良好な結果を得ることができた。

5. おわりに

本研究では、路上センサが十分でない地方の道路においても簡単に旅行時間を推定することができる方法を提案し、基礎実験によって推定精度が良好で

ある結果が得られたことから、この方法の有効性を示した。

なお、本研究で提案したオフラインチューニング方法は、長野県における情報提供システムの一部機能として実現されており、その性能については冬季オリンピック大会でも実証済みである。²⁾

また、オンラインチューニングシステムを構築すれば、次の点で非常に大きなメリットが望めることを述べた。

- ①大規模フィールドへの適用。
- ②推定精度のさらなる向上。
- ③道路ネットワークの変化や路面の変化による交通状況の変化に対する対処の容易性と推定精度の低下抑制。

今後の課題としては、実フィールドにおけるオンラインシステムの構築及び評価が挙げられる。

最後に、本研究を評価するにあたり多くの感知器データをいただいた長野県警察本部交通管制センターの方々に感謝の意を表します。

参考文献

- 1)(社)新交通管理システム協会：UTMS No.4, 1998年3月。
- 2)波塚：長野オリンピックに向けた交通管制システムの整備と運用，月刊交通 1998年5月号，東京法令出版，pp.37-61，1998。
- 3)(社)新交通管理システム協会：平成6年度 UTMS 推進協議会活動報告書，動的経路誘導システム分科会アルゴリズム作業班，pp.17-19，1995。