

# 光ビーコンで収集されるアップリンク情報の活用法について (予測旅行時間の精度向上)

Utilization of the Up-link Data from Beacons  
(Improvement in Accuracy of the Predicted Travel Time)

榊原 肇\*・桑原 雅夫\*・宇佐美 勤\*\*・横井 昭\*\*\*

Hajime SAKAKIBARA, Masao KUWAHARA, Tsutomu USAMI and Akira YOKOI

## 1 はじめに

目的地までの経路選択を支援する装置として、カーナビゲーションシステムが近年急速に普及しつつある。1996年に運用を開始したVICSシステムでは、車載機は既に走行した経路の旅行時間をアップリンク情報として光ビーコンに送信し、光ビーコンは進行方向周辺の渋滞状況などを車載機に送信する。ドライバーにとって重要な情報として、目的地までの最適経路およびそこに到着するまでの旅行時間が挙げられるが、これらを計算するための基となる各リンクの旅行時間情報は、路上に設置された各種車両感知器によって、推定あるいは計測されている。今後、カーナビゲーションなどの経路選択を支援するシステムが更に普及することによって、交通を管理する側と利用する側の双方にとって、より有意義な情報が得られるようになることが期待されるが、これらの普及を促進するためにも、旅行時間推定・予測手法の精度向上に関する研究が急務であると考えられる。

本研究は、アップリンク情報を活用して予測旅行時間の精度を向上させることを目的とし、第1段階として旅行時間の推定精度の現状について検証した。

## 2 旅行時間の定義

現在、交通管制システムでは、実測旅行時間、推定旅行時間及び予測旅行時間の3種類のデータが計測されている。それぞれの関係を図1に示すと共に、各旅行時間データの定義を以下に記述する。

### 2.1 実測旅行時間

旅行時間計測装置にて計測された、区間の旅行時間 (f) である。車載機から光ビーコンに送信される旅行時間情報

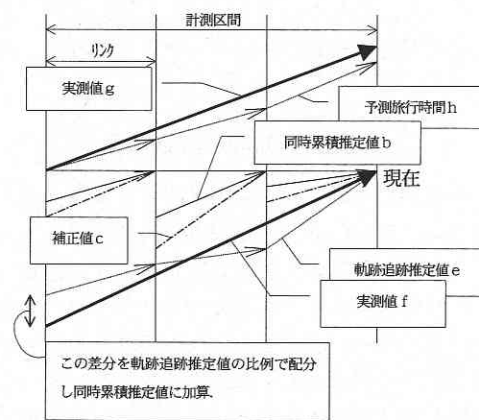


図1 旅行時間データの関係

(アップリンク情報) もこれに当たる。これらの旅行時間は車両到着時点で、実績値として知ることのできる値で、これから出発する車両の旅行時間とは異なる。

### 2.2 推定旅行時間

存在形車両感知器から得られる交通量・速度等の地点交通情報を用いて推定される値で、現在の交通状況から計算されたものを同時累積推定値 (b)、車両走行軌跡に沿って計算されたものを軌跡追跡推定値 (e) と言う。

### 2.3 予測旅行時間

これから出発する車両が、ある区間を通過するのに必要な旅行時間 (g) の予測値 (h) を、推定旅行時間 (b・e) と過去の統計値等から予測する。

### 2.4 推定旅行時間の補正機能

軌跡追跡推定値 (e) と、旅行時間計測装置で計測される実測旅行時間 (f) は同一の走行軌跡に沿った旅行時間であり、両者の差分を用いて同時累積推定値 (b) を補正 (c) する機能である。リンク i の補正值 (ci) は式1にて計算される。但し fi は各リンクの e の比から計算する。

$$c_i = b_i - (e_i - f_i) \dots\dots\dots (1)$$

\*東京大学生産技術研究所 第5部  
\*\*住友電気工業株  
\*\*\*警視庁交通管制課

研 究 速 報

3 検 証 項 目

3.1 推定旅行時間の精度検証 (e と f の比較)

現在, 存在型車両感知器から得られている推定旅行時間について検証する. ここでは旅行時間計測装置で計測された実測旅行時間と, 軌跡追跡推定旅行時間の比較を行った. 両者の比較を行うことによって現在の推定旅行時間の精度を検証することができる.

3.2 アップリンク旅行時間の活用法について

カーナビゲーションの普及に伴って, 今後データ数の増加が期待されるアップリンク旅行時間の活用法について検討する. ここでは実測旅行時間と, アップリンク旅行時間の比較を行った. 両者のデータが近似していれば, アップリンク旅行時間を実測旅行時間データとして利用することが出来る.

4 推定旅行時間の計測方式

旅行時間を計測するリンクを小区間に分割し, それぞれの小区間毎に, 存在型車両感知器得られる交通量・速度などの地点交通情報を用いて旅行時間を推定する. 推定方式として, 小区間の長さを計測速度で割って旅行時間を計算する速度計測方式や, 小区間内の存在台数を単位時間当りの交通量で割って旅行速度を計算する砂時計モデルなどがある. 本分析では, 砂時計モデルにて計算された推定旅行時間データを用いた.

4.1 砂時計モデルによる旅行時間の推定

砂時計モデルでは, 小区間内を渋滞部と非渋滞部に分けてそれぞれの旅行時間を計算し, これらを合計する.

4.1.1 渋滞部旅行時間

砂時計の原理に基づき, 存在台数を交通量で割って旅行時間を計算する. 渋滞部の存在台数は計測することが出来ないため, 渋滞部の密度は (計測可能な) 交通量の一次関数  $[km - a \cdot Q]$  であると仮定して, 式 2 から求める.

$$T J_i = (km - a \cdot Q_i) \times J_i / Q_i \dots\dots\dots (2)$$

ここに

- i : 主要区間の小区間並び番号
- TJ<sub>i</sub> : 小区間 i の渋滞部旅行時間
- Q<sub>i</sub> : 小区間 i の交通量
- J<sub>i</sub> : 小区間 i の渋滞長
- km : ジャム密度 (設定値)
- a : 密度勾配

式 2 で, ジャム密度 Km は最大の密度を意味し, 一定区間内で赤時間に停止した台数をその区間長で割ることによ

って求められる. a は式 3 で計算される.

$$a = km / s - 1 / v \dots\dots\dots (3)$$

ここに

- s : 飽和交通流率 (設定値)
- v : 巡航速度 (設定値)

4.1.2 非渋滞部旅行時間

小区間 i の非渋滞部旅行時間は非渋滞部の区間長を設定値である非渋滞部旅行速度で割って求める. Tai は式 4 で計算される.

$$T a_i = (L_i - \Sigma J_i) / V a \dots\dots\dots (4)$$

ここに

- Ta<sub>i</sub> : 小区間 i 内の非渋滞部旅行時間
- L<sub>i</sub> : 小区間 i の区間長
- Va : 非渋滞部旅行速度 (設定値)

5 分析対象区間の選択とデータ収集

道路上において, 旅行時間計測装置の設置位置と旅行時間を推定する区間の端点は必ずしも一致しない. 従って両者の一致度が高い路線を交通管制エリア内から 36 区間選択した. 距離は最も短い区間で 695 m, 長い区間で 6685 m であった.

平成 9 年 9 月 18 日と 10 月 16 日の 2 日間を対象として 2 項で定義した各種の旅行時間情報を収集した.

6 分析結果

6.1 軌跡追跡推定旅行時間と実測旅行時間の比較

軌跡追跡推定旅行時間と実測旅行時間を比較した. 両者を比較する際, 距離が短く旅行時間の小さい区間は, RMS (自乗平均誤差量) が比較的小さくても % RMS (自

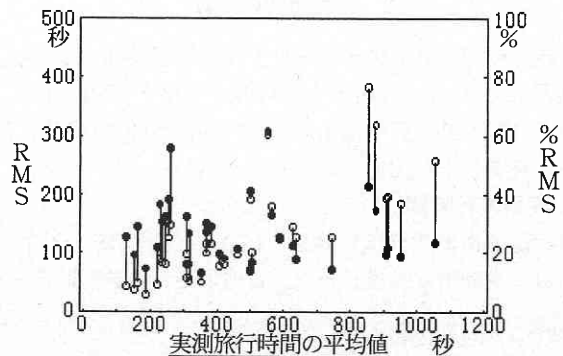


図 2 推定値と実測値の差 (10 月)

乗平均誤差率) は大きくなる。従って、ここでは RMS と % RMS の両者を考え合わせて評価した。実測旅行時間の平均値に対する % RMS [●] と RMS [○] の関係を図 2 に示す。

RMS が概ね 120 秒 (信号 1 サイクル程度) 以下又は、% RMS が 20 % 以下の区間を誤差の小さい区間と見なした場合、誤差の小さい区間とそうでない区間の構成は、表 1 に示すとおりである。誤差の小さい区間の例を図 3 に示す。また、誤差の大きい区間については、(6.2), (6.3) にて原因の分析ならびに補正機能の検証を行う。

表 1 推定制度検証結果

推定誤差	小さい	大きい
9月18日	32区間	4区間
10月16日	30区間	6区間

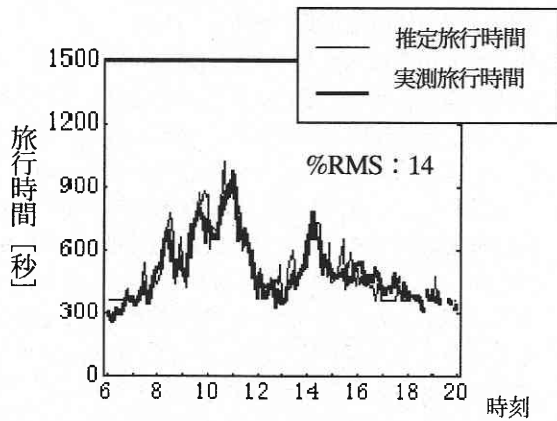


図 3 実測値と推定値の関係

## 6.2 推定誤差の大きい区間とその原因

### 6.2.1 推定誤差の大きい区間

先の分析で、旅行時間の推定誤差の大きい区間が、9月18日は4区間、10月16日は6区間であったが、これらの区間について状況を確認した結果、大きく以下の2種類の形態に分類された。

- A 一定の乖離がある。
- B 渋滞時に過大評価される。

### 6.2.2 原因分析

リンクの推定旅行時間は、推定旅行時間の計測方式で述べたとおり小区間ごとに計算された推定旅行時間を、時間を考慮しながら合計することで計算される。

推定誤差の大きい区間について、小区間単位の推定旅行時間を調べた。但し、小区間単位の実際旅行時間を知ることが困難であるため、ここでは道路上で、渋滞の先頭となる可能性のある交差点の位置や、上下流の感知器位置との関係などから原因を推定した。

#### (1) 一定の乖離がある場合

非渋滞時の旅行時間は、現地調査結果などを元に、予め設定された非渋滞部旅行速度と区間長から計算されている。乖離の幅は、非渋滞時と渋滞時ではほぼ同じであることから、非渋滞部旅行速度の設定値が経年変化などによって現状と一致しなくなっていることが原因と考えられる。

#### (2) 渋滞時に過大評価される場合

渋滞時に旅行時間が過大に評価される区間について、小区間毎に推定旅行速度 (単位距離当たりの旅行時間) の時刻推移を調べた。その結果これらの区間では、渋滞時に旅行速度が低めに計算される小区間が存在することが明らかとなった。今回の分析では、小区間単位の実際値が無いため、この値の真偽を特定することは出来ないが、道路の状況から判断して、前後の小区間と大きく旅行時間が異なることは考え難く、ここでの過大評価が誤差要因となっている可能性がある。

表 2 補正機能の検証結果 (%RMS)

補正前	46.56	39.23	31.61	68.07	34.21	32.59
補正後	24.73	27.42	7.89	40.00	26.17	25.06

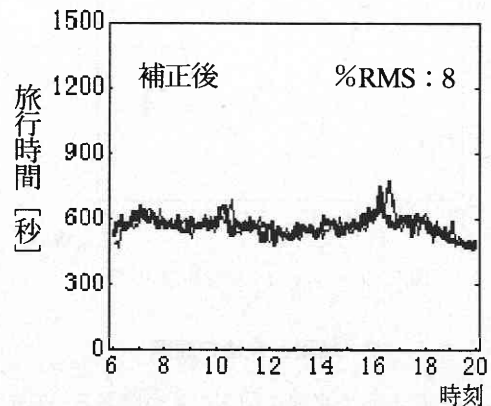
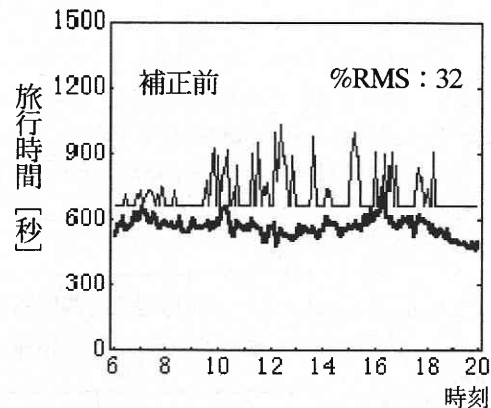


図 4 補正前後の推定値と実測値の比較

## 研 究 速 報

尚, 原因の詳細については, 現地確認なども含めて更に分析を行う必要がある。

## 6.3 推定旅行時間の補正機能

交通管制システムでは, 旅行時間計測装置などによって実測旅行時間が計測可能な区間について, 推定旅行時間の補正を行っている。表1に示した10月16日の推定誤差の大きい6区間について, 補正機能の効果を検証した。結果を表2に示すと共に, 補正前後の推定旅行時間比較結果の例を図4に示す。補正によって推定精度が改善されることが確認された。

## 6.4 アップリンク旅行時間と旅行時間計測装置で計測される旅行時間の比較

今後, アップリンク旅行時間はカーナビゲーションの普及に伴ってデータの増加が期待される。アップリンクデータが旅行時間計測装置の計測値と同等のデータとして利用可能ならば, 旅行時間計測装置が設置されていない区間も, アップリンク旅行時間データにて補正が可能となる。そこで現在収集されているアップリンク旅行時間と旅行時間計測装置で計測される旅行時間を比較した。

旅行時間計測装置で計測される旅行時間とアップリンク旅行時間の推移図の例を図5に示す。両者は概ね一致しているが, 乖離のあるデータもあった。

これは, 旅行時間計測装置の値が複数データの平均値であるのに対し, アップリンク旅行時間は個々の車両の情報であることが原因である。車載機搭載車の増加によって, 将来アップリンク旅行時間のサンプル数が増えれば, これらの異常値を除去することが可能となるとと思われる。

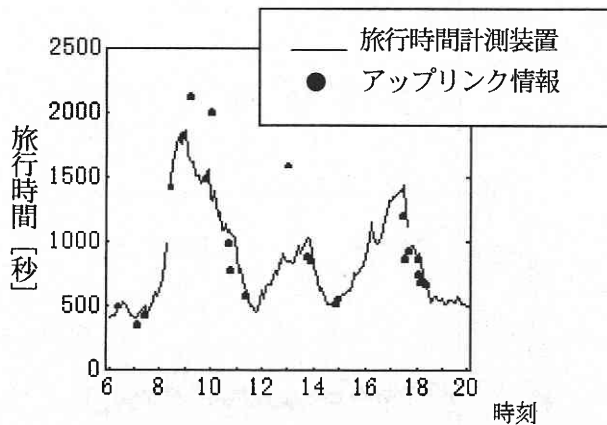


図5 アップリンク旅行時間の比較

## 7 結論と今後の課題

ドライバーにとって重要な情報の1つである, 目的地までの予測旅行時間の精度を向上させることを目的として,

今年度は, 交通管制システムにて計測されている推定旅行時間情報の精度検証を行った。

今回検証した推定旅行時間は, 現在の状況を表す情報であり, 旅行時間計測装置で得られる実測旅行時間との比較を行った結果, 36区間の検証区間のうち30区間は良好であった。しかし, 一部の感知器が不良である場合や, 予め与えられている係数値が現状と合わない場合などは, 推定旅行時間の精度が悪くなることが指摘された。精度の悪い区間においても, 旅行時間計測装置で計測される実測旅行時間を用いて補正を行うことで, ある程度精度の高い旅行時間情報に補正されるが, 現段階で実測旅行時間が得られない区間については補正が行われない。今後, アップリンク旅行時間を送信する機能を持った車載機が普及することによって, 主な道路では実測旅行時間の計測が可能となると考えられるが, 車載機の普及を促進するためにも, 下記項目について今後の検討が必要である。

- (1) 現在, 非渋滞部旅行速度(設定値)は区間単位で1つの値であるが, 交通状況が閑散か近飽和かの判定は, 超音波感知器などの地点計測感知器でも可能である。交通状況によって, 非渋滞時を幾つかのレベルに分類し, それぞれ異なる旅行速度値を用いて旅行時間を計算することで, 精度の向上が期待できる。また該当区間の実測旅行時間が直接得られなくても, 複数日分のアップリンク旅行時間データを蓄積して利用する方法や, 近傍の上下流で計測された実測値を参考値とするなどの工夫も考えられる。
- (2) 実測旅行時間の得られる区間については, 補正機能によってある程度精度の高い旅行時間情報に補正されることが確認されたが, 推定旅行時間の精度に問題のある区間を実測旅行時間情報から自動的に検出し, また原因を分析する仕組みを開発することで, 更に精度の高い推定旅行時間の計測が可能となる。
- (3) 今後, 推定旅行時間や実測旅行時間, その他の交通情報を活用して, ドライバーにとって最も重要な情報である, 予測旅行時間の精度を向上させる。

尚この内容は, 日本交通管理技術協会が平成9年度に行った, 次世代交通管制システムの調査研究委員会で得られた成果をまとめたものである。

(1998年6月9日受理)

## 参 考 文 献

- 1) 財団法人日本交通管理技術協会, 次世代交通管制システムの調査研究報告書, 1998.3.