

都市道路網の動的交通情報を用いたリンク旅行時間の推定  
 An Estimation of Link Travel Time Using Dynamic Traffic Information  
 of Urban Road Networks

清水 光†  
 Hikaru Shimizu

森藤 義之‡  
 Yoshiyuki Moritou

小林 正明†  
 Masa-aki Kobayashi

### 1. はじめに

近年、我が国において、経済の発展や生活水準の向上、道路網の整備、車の技術革新、オンライン信号制御などにより自動車交通が発展してきた。自動車交通は、ドア・ツ・ドアの輸送や時間の制約がない、高速走行などの長を有し、年間旅客、ならびに貨物総輸送量は全ての交通機関の中で最も多い[1]。

一方、交通量の増加に伴い、都市道路網の幹線道路を中心に朝夕のラッシュ時に交通渋滞が発生している。交通渋滞の発生は、旅行時間や燃料消費、環境負荷の増加を招くとともに、交通事故の一要因にもなっている。

これまで交通渋滞を解消、または、軽減する対策として、道路の整備や交通規制、信号制御、動的経路誘導などが実施されてきた。これらの対策の中で、動的経路誘導は、ドライバーに出発地から目的地までの推奨経路を表示することにより、道路網の交通流を適正に配分し、交通渋滞の解消や軽減をもたらす効果がある。また、信号交差点の捌け交通量を制御する信号制御においてサイクル長や青信号時間に上限値が存在するが、混雑している信号交差点への流入交通量を抑制し、それらの限界を補完する働きがある。

動的経路誘導に関して、これまで幾つかの旅行時間推定法が提案されてきた。一つは、静的旅行時間推定法で、旅行時間に関する確率密度関数を3母数逆ガウス分布で表現し、その母数を混雑度や信号交差点密度に関して推定している[2]。また、旅行速度モデルを停止時間モデルと走行速度モデルより求めている。停止時間は信号交差点密度に関する線形回帰式を用いて定式化し、走行速度は指定速度や市街化率、交通量に関する線形回帰式を用いて定式化している[3]。他の一つは動的旅行時間推定法で、光ビーコンと車の間で計測旅行時間や推奨経路、予測旅行時間を送受信する対話型動的経路誘導システムが開発されている[4]。

本稿では、都市道路網のリンク旅行時間をリアルタイムで推定することを目的に、最初に、信号交差点の各流入路において車線単位、サイクル長単位で成立する交通量収支に基づき、超過流入交通量の変動特性を離散形時変非線形ダイナミックシステムで表現する。つぎに、信号交差点における交通流ダイナミクスや信号制御パラメータ、車の進行方向を考慮に入れて、車線単位、サイクル長単位でリンク旅行時間を推定する方法について提案する。リンク旅行時間の測定は、比較的容易で一般性のある試験車走行法を用いて行なう。最後に、一つの都市道路網の2つの経路を対象に、提案したリンク旅行時間の推定法に従ってシミュレーションを実行し、リンク旅

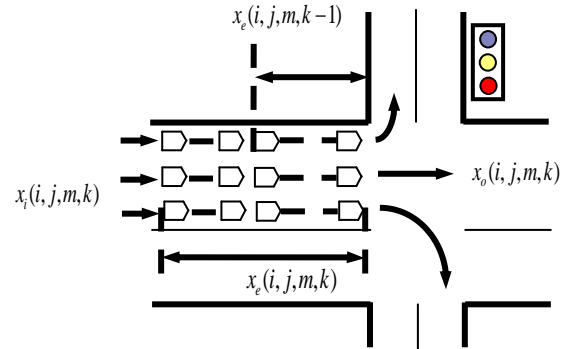


図1 各流入路の交通量収支

行時間の推定精度について考察する。

### 2. 交通流ダイナミクスの解析

交通量は、月や曜日、時間、上り下りの方向などによって変動することが知られている[5]。ここでは、最初に、リンク旅行時間をリアルタイムで解析する観点から、信号交差点の流入路において車線単位、サイクル長単位で成立する交通量収支について記述する。

$$x_e(i, j, m, k) = x_e(i, j, m, k-1) + x_i(i, j, m, k) - x_o(i, j, m, k) \quad (1)$$

$$x_o(i, j, m, k) = \xi(i, j, m, k) \cdot \psi_x(i, j, m, k) \quad (2)$$

上式で、 $i$ と $j$ は都市道路網における信号交差点の位置、 $m$ は信号交差点での車の流入路、 $k=k\Delta T(k=1,2,\dots,k_p)$ は時刻をそれぞれ表す。ここで、 $\Delta T$ はサンプリング周期を表し、サイクル長に等しい。 $x_e(i,j,m,k)$ 、 $x_i(i,j,m,k)$ 、 $x_o(i,j,m,k)$ は、超過流入交通量、流入交通量、捌け交通量をそれぞれ表す(図1参照)。また、 $\psi_x(i,j,m,k)$ は各流入路の交通処理量、 $\xi(i,j,m,k)$ はある交通流のもとで $x_o(i,j,m,k)$ を $\psi_x(i,j,m,k)$ で除した比率で捌け率とよぶことにする。流入交通量 $x_i(i,j,m,k)$ は、交通需要や交通条件(大型車混入率、左折率、路線バスの運行頻度など)、信号制御条件などの変動の影響を受けて一般に不規則に変動する。

信号交差点の各流入路に対する交通容量は、一般に、実際の道路条件、交通条件のもとで、与えられた一定の時間内に、車線または車道の一断面もしくは一様な区間を車両が通過することができる最大数を、1時間当たりに換算して定義される[6]。交通容量は道路要因や交通要因の影響を考慮に入れ補正して求められる。各車線の交通容量に青信号スプリットを掛けて信号交差点の各流入路に対する交通処理量が求められる。

つぎに、各信号交差点の車線単位の交通量収支に基づいて、都市道路網における渋滞長の信号制御システムは、

† 福山大学

‡ 株式会社パーマンコーポレーション

捌け交通量のある交通流のもとで3つの信号制御パラメータ(サイクル長, 青信号スプリット, オフセット)で制御できると仮定し, 制御入力  $u(i,j,m,k)$  で置き換えると次式のように表される[7].

$$\begin{cases} x_e(i,j,m,k) = x_e(i,j,m,k-1) + x_i(i,j,m,k) \\ \quad - u(i,j,m,k) \\ y_c(i,j,m,k) = l_m(i,j,m,k) \cdot x_e(i,j,m,k) \end{cases} \quad (3)$$

ここで, 制御入力  $u(i,j,m,k)$  は, 交通処理量  $\psi_x(i,j,m,k)$  に上限値が存在することにより飽和特性を有する. 渋滞長  $y_c(i,j,m,k)$  は状態変数  $x_e(i,j,m,k)$  に変換係数  $l_m(i,j,m,k)$  を乗じて求められる. この変換係数  $l_m(i,j,m,k)$  は待ち車列の平均車頭間隔に相当する. また, 3つの信号制御パラメータは以下のように定義される. サイクル長は信号表示によって与えられる現示が一巡する間の所要時間. 青信号スプリットはサイクル長に対する青信号時間の比率. また, オフセットは基準時点から各信号機の青信号開始時点のズレを絶対オフセット, 隣接信号機間の青信号開始時点のずれを相対オフセットという.

### 3. リンク旅行時間の推定

リンクは交差点間の道路の部分と定義され, 道路網はリンクの集合で構成される. ドライバの出発地(Origin)から目的地(Destination)までのOD旅行時間は, 車の走行経路に沿ったリンク旅行時間の総和より求められる. リンク旅行時間は, リンク単位の走行時間と停止時間の和より求められる. 各リンクの走行時間と停止時間の平均値は, 交通流ダイナミクスやオフセット制御の有無, 下流側信号交差点での車の進行方向により異なるので, 図2に示すような場合分けに基づいて推定する[8]. 都市道路網の各リンクの渋滞長は信号により適切に制御されていると仮定する. また, 信号交差点の流入路の各車線における待ち車列台数, 並びに待ち車列長は, (3)式の信号制御システムの記述を用いて求められると仮定する.

#### 3.1 渋滞無し・オフセット制御有りの場合

オフセット制御により車は下流側信号交差点を青信号で通過し, 3つの場合分けの中で最も円滑に走行できる.

##### i) 下流側信号交差点を直進

・走行時間

リンク走行時間  $t_{nm}$  のみとなる.

$$T_r(i,j,m,k) = t_{nm} \quad (4)$$

ここで, リンク走行時間  $t_{nm}$  はリンク距離  $d$  や待ち車列長  $y_l$ , リンク走行速度  $v$  を用いて次式で求める.

$$t_{nm}(i,j,m,k) = (d - y_l) / v \quad (5)$$

ここで, 式を簡潔に表現するために右辺の変数については  $i, j, m, k$  の添字を省略した(以下の式においても同様に省略する). また, リンク旅行時間の推定に用いる変数の意味と単位について表1に示す.

交通流の状態	オフセット制御の有無	下流側信号交差点での車の進行方向
渋滞無し	制御有り	直進 右折 左折
	制御無し	直進 右折 左折
渋滞有り		直進 右折 左折

図2 リンク旅行時間の推定に関する場合分け

表1 変数の意味と単位

変数	意味	単位
$T_r$	リンク走行時間	(s)
$T_s$	リンク停止時間	(s)
$P_s$	交差点停止割合	
$t_{cs}, t_{cr}, t_{cl}$	直進・右折・左折待ち車列捌け時間	(s)
$t_g, t_y, t_r$	青・黄・赤信号時間	(s)
$C_y$	サイクル長	(s)
$P_g, P_y, P_r$	青・黄・赤信号の確率	
$x_s, x_r, x_l$	直進・右折・左折車線の待ち車列台数	(台)
$\psi_s, \psi_r, \psi_l$	直進・右折・左折車線の交通処理量	(台/s)
$t_{dr}, t_{dl}$	直進青現示から右折・左折青現示までの遅れ時間	(s)
$t_s$	発進遅れ	(s)
$a_r, a_l$	直進青現示で進入し下流側信号交差点を右折・左折できない確率	

・停止時間

オフセット制御有りの場合でも全ての車が下流側信号交差点で停止することなく通過できるわけではない. 黄信号で交差点に到着した場合の停止時間と赤信号で到着した場合の停止時間の和に交差点停止割合  $P_s$  を掛け, 次式で求める.

$$T_s(i,j,m,k) = P_s \{ P_y (t_y / 2 + t_r + t_s) + P_r (t_r / 2 + t_s) \} \quad (6)$$

ここで, 係数の 1/2 は平均値を表す.

##### ii) 下流側信号交差点を右折

・走行時間

リンク走行時間  $t_{nm}$  に右折待ち車列捌け時間  $t_{cr}$  を加え, 次式で求める.

$$T_r(i,j,m,k) = t_{nm} + t_{cr} \quad (7)$$

ここで, 右折待ち車列捌け時間  $t_{cr}$  は, 右折車線の待ち車列台数  $x_r$  と右折車線の交通処理量  $\psi_r$  を用いて次式で求める.

$$t_{cr}(i,j,m,k) = x_r / 2\psi_r \quad (8)$$

- ・停止時間

対向直進交通量が多い場合、直進青現示から右折青現示までの遅れ時間  $t_{dr}$  の 1/2 と発進遅れ  $t_s$  を加え、次式で求める。

$$T_s(i, j, m, k) = t_{dr} / 2 + t_s \quad (9)$$

- iii) 下流側信号交差点を左折

- ・走行時間

下流側信号交差点を右折する場合と同様な考えで、リンク走行時間  $t_{nm}$  に左折待ち車列捌け時間  $t_{cl}$  を加え、次式で求める。

$$T_r(i, j, m, k) = t_{nm} + t_{cl} \quad (10)$$

ここで、左折待ち車列捌け時間  $t_{cl}$  は次式で求める。

$$t_{cl}(i, j, m, k) = x_l / 2\psi_l \quad (11)$$

- ・停止時間

横断歩行者が多い場合、直進青現示から左折青現示までの遅れ時間  $t_{dl}$  の 1/2 と発進遅れ  $t_s$  を加え、以下のように表すことができる。

$$T_s(i, j, m, k) = t_{dl} / 2 + t_s \quad (12)$$

### 3.2 渋滞無し・オフセット制御無しの場合

車は下流側信号交差点で青・黄・赤のいずれかの信号に遭遇する。青信号で交差点に到着した場合はそのまま通過できるが、黄または赤信号で到着した場合は一度停止し、次の青信号で交差点を通過できる。

- i) 下流側信号交差点を直進

- ・走行時間

黄または赤信号で交差点に到着した場合は、リンク走行時間  $t_{nm}$  に直進待ち車列捌け時間  $t_{cs}$  を加え、以下のように表すことができる。

$$\begin{aligned} T_r(i, j, m, k) &= P_g \cdot t_{nm} \\ &+ P_y(t_{nm} + t_{cs}) \\ &+ P_r(t_{nm} + t_{cs}) \end{aligned} \quad (13)$$

ここで、直進待ち車列捌け時間  $t_{cs}$  は次式で求められる。

$$t_{cs}(i, j, m, k) = x_s / 2\psi_s \quad (14)$$

- ・停止時間

青信号で交差点に到着した場合の停止時間は 0 であり、黄または赤信号で交差点に到着した場合は、各々の停止時間をそれぞれ加え、以下のように表すことができる。

$$\begin{aligned} T_s(i, j, m, k) &= P_y(t_y / 2 + t_r + t_s) \\ &+ P_r(t_r / 2 + t_s) \end{aligned} \quad (15)$$

- ii) 下流側信号交差点を右折

- ・走行時間

リンク走行時間  $t_{nm}$  は右折待ち車列捌け時間  $t_{cr}$  を加え、以下のように表すことができる。直進青現示で交差点に到着する場合の内、対向直進車や横断歩行者などにより右折できない場合は右折待ち車列捌け時間  $t_{cr}$  が加わる。

$$\begin{aligned} T_r(i, j, m, k) &= P_g(t_{nm} + \alpha_r \cdot t_{cr}) \\ &+ P_y(t_{nm} + t_{cr}) \\ &+ P_r(t_{nm} + t_{cr}) \end{aligned} \quad (16)$$

- ・停止時間

直進青現示で交差点に到着する場合は、走行通過できる場合と停止する場合の期待値の和より求める。

$$\begin{aligned} T_s(i, j, m, k) &= P_g \left\{ \alpha_r(t_g / 2 + t_y + t_r + t_{dr} + t_s) \right. \\ &\quad \left. + t_g(1 - \alpha_r) / 2 \right\} \\ &+ P_y(t_y / 2 + t_r + t_{dr} + t_s) \\ &+ P_r(t_r / 2 + t_{dr} + t_s) \end{aligned} \quad (17)$$

- iii) 下流側信号交差点を左折

- ・走行時間

下流側信号交差点を右折する場合と同様な考えで、リンク走行時間  $t_{nm}$  に左折待ち車列捌け時間  $t_{cl}$  を加え、以下のように表すことができる。

$$\begin{aligned} T_r(i, j, m, k) &= P_g(t_{nm} + \alpha_l \cdot t_{cl}) \\ &+ P_y(t_{nm} + t_{cl}) \\ &+ P_r(t_{nm} + t_{cl}) \end{aligned} \quad (18)$$

- ・停止時間

下流側信号交差点を右折する場合と同様な考えで、以下のように表すことができる。

$$\begin{aligned} T_s(i, j, m, k) &= P_g \left\{ \alpha_l(t_g / 2 + t_y + t_r + t_{dl} + t_s) \right. \\ &\quad \left. + t_g(1 - \alpha_l) / 2 \right\} \\ &+ P_y(t_y / 2 + t_r + t_{dl} + t_s) \\ &+ P_r(t_r / 2 + t_{dl} + t_s) \end{aligned} \quad (19)$$

以上の推定から、渋滞無し・オフセット制御無しの場合、リンクの走行時間と停止時間は 3.1 の場合に比べていづれも長くなっている。

### 3.3 渋滞有りの場合

ここでは、信号制御が適切に行われ、信号交差点に青信号で到着した場合、その青信号を1回見送り、次の青信号で通過できると仮定する。

#### i) 下流側信号交差点を直進

##### ・走行時間

青・黄・赤のどの信号で交差点に到着した場合でも、リンク走行時間  $t_{nm}$  に直進待ち車列捌け時間  $t_{cs}$  を加え、以下のように求められる。

$$\begin{aligned} T_r(i, j, m, k) = & P_g(t_{nm} + t_{cs}) \\ & + P_y(t_{nm} + t_{cs}) \\ & + P_r(t_{nm} + t_{cs}) \end{aligned} \quad (20)$$

上式を整理して、

$$T_r(i, j, m, k) = t_{nm} + t_{cs} \quad (21)$$

##### ・停止時間

青・黄・赤の各信号で交差点に到着した場合の停止時間をそれぞれ加え、以下のように求められる。

$$\begin{aligned} T_s(i, j, m, k) = & P_g(t_g/2 + t_y + t_r + t_s) \\ & + P_y(t_y/2 + t_r + t_s) \\ & + P_r(t_r/2 + t_s) \end{aligned} \quad (22)$$

#### ii) 下流側信号交差点を右折

##### ・走行時間

青・黄・赤のどの信号で交差点に到着した場合でもリンク走行時間  $t_{nm}$  に右折待ち車列捌け時間  $t_{cr}$  を加え、以下のように求められる。

$$\begin{aligned} T_r(i, j, m, k) = & P_g(t_{nm} + t_{cr}) \\ & + P_y(t_{nm} + t_{cr}) \\ & + P_r(t_{nm} + t_{cr}) \end{aligned} \quad (23)$$

上式を整理して、

$$T_r(i, j, m, k) = t_{nm} + t_{cr} \quad (24)$$

##### ・停止時間

青・黄・赤の各信号で交差点に到着した場合の停止時間をそれぞれ加え、以下のように求められる。

$$\begin{aligned} T_s(i, j, m, k) = & P_g(t_g/2 + t_y + t_r + t_{dr} + t_s) \\ & + P_y(t_y/2 + t_r + t_{dr} + t_s) \\ & + P_r(t_r/2 + t_{dr} + t_s) \end{aligned} \quad (25)$$

#### iii) 下流側信号交差点を左折

##### ・走行時間

下流側信号交差点を右折する場合と同様な考えで、以下のように求められる。

$$T_r(i, j, m, k) = t_{nm} + t_{cl} \quad (26)$$

##### ・停止時間

下流側信号交差点を右折する場合と同様な考えで、以下のように求められる。

$$\begin{aligned} T_s(i, j, m, k) = & P_g(t_g/2 + t_y + t_r + t_{dl} + t_s) \\ & + P_y(t_y/2 + t_r + t_{dl} + t_s) \\ & + P_r(t_r/2 + t_{dl} + t_s) \end{aligned} \quad (27)$$

以上の推定から、渋滞有りの場合、リンクの走行時間と停止時間は3.2の場合に比べていずれも長くなり、3つの場合分けの中で最も長くなっている。

### 3.4 OD旅行時間の推定

都市道路網の或る出発地から目的地までのOD旅行時間  $T_{OD}(k)$  は、3.1から3.3までのリンク旅行時間の推定に基づき、その走行経路に沿ったリンク旅行時間の総和より次式で求められる。

$$T_{OD}(k) = \sum_i \sum_j \sum_m \{T_r(i, j, m, k) + T_s(i, j, m, k)\} \quad (28)$$

OD旅行時間  $T_{OD}(k)$  は、動的経路誘導システムの経路探索問題において、動作指標となる関数である。

### 4. リンク旅行時間の測定

リンク旅行時間の測定には、試験車走行法やプローブカーによる方法などがある。ここでは、比較的容易で、多くの動的交通情報が入手でき、最も広く用いられている試験車走行法を用いた[9]。この方法は、あらかじめ定めた道路区間を試験車で繰り返し走行し、旅行時間や停止時間を測るもので、平均テストとフローティングテストの2つの方法がある。ここでは、正確で一般性がある平均テストを用いた。

平均テストは、運転者が全交通の平均速度に近いと判断する速度で走行する方法である。測定者は、試験車が測定区間の起点を横切ったとき、ストップウォッチを起動させ、指定経路に従って走行し、途中チェック地点(信号交差点)通過の時間や停止時間、終了時刻をそのつど読み取り、図3に示す現地測定用紙に記入する。このとき遅れ(停止や徐行)の位置及び原因、状況を合わせて記録する。この繰り返し作業が一定の回数に達したら測定を終了する。その後、現地測定用紙のデータを基に図4に示す旅行時間表を作成する。

リンク旅行時間の測定対象となる福山市内道路網における車線数やリンク長、法定速度、信号交差点の位置を図5に示す。信号交差点(2,1)、(2,3)、(2,4)の流入





## 5.2 リンク旅行時間の推定誤差

3章で提案したリンク旅行時間の推定誤差  $E_L(i, j, m, k)$  は、シミュレーションによるリンク旅行時間の推定値  $\hat{T}_L(i, j, m, k)$  と試験車走行法で得られたリンク旅行時間の測定値  $T_L(i, j, m, k)$  を用いて次式の百分率相対誤差で定義する。

$$E_L(i, j, m, k) = \frac{\hat{T}_L(i, j, m, k) - T_L(i, j, m, k)}{T_L(i, j, m, k)} \times 100 \quad [\%] \quad (29)$$

### 5.2.1 経路1

経路1の非ラッシュ時とラッシュ時におけるリンク旅行時間の推定誤差の平均値と標準偏差を10回の測定より求めるとそれぞれ図8と図9のようになる。最初に、推定誤差の平均値は、非ラッシュ時に小さく、ラッシュ時に2つの信号交差点で大きくなっている。これらの理由として、信号交差点(2,1)では、赤信号停止時間の平均値が124.8秒となり、シミュレーションで仮定した平均値より50秒程度大きくなったことが推定誤差の要因となっている。また、信号交差点(3,4)では、赤信号停止時間の平均値が31.6秒となり、シミュレーションで仮定した平均値より9秒程度小さくなったことが推定誤差の要因となっている。つぎに、推定誤差の標準偏差は、非ラッシュ時とラッシュ時共に3つの信号交差点で大きくなっている。これらの理由として、信号交差点(2,1)と(3,4)では、車が従道路から主道路に進入する時、赤信号停止時間の変動の大きいことが挙げられる。また、信号交差点(2,3)では、国道2号線を右折するのに要する時間の変動の大きいことが挙げられる。

### 5.2.2 経路2

経路2の非ラッシュ時とラッシュ時におけるリンク旅行時間の推定誤差の平均値と標準偏差を10回の測定より求めるとそれぞれ図10と図11のようになる。最初に、推定誤差の平均値は、非ラッシュ時とラッシュ時共に信号交差点(2,3)で大きくなっている。この理由として、非ラッシュ時の信号交差点(2,3)では、赤信号停止時間の平均値が78.5秒となり、シミュレーションで仮定した平均値より30秒程度大きくなったことが推定誤差の要因となっている。また、ラッシュ時の信号交差点(2,3)では、非ラッシュ時とは逆に10秒以下の短時間の赤信号停止の多かったことが誤差の要因となっている。つぎに、推定誤差の標準偏差は、非ラッシュ時とラッシュ時共に2つの信号交差点で大きくなっている。これらの理由として、信号交差点(2,3)では、車が従道路から主道路に進入する時、赤信号停止時間の変動の大きいことが挙げられる。また、信号交差点(2,1)では、国道2号線を右折するのに要する時間の変動の大きいことが挙げられる。

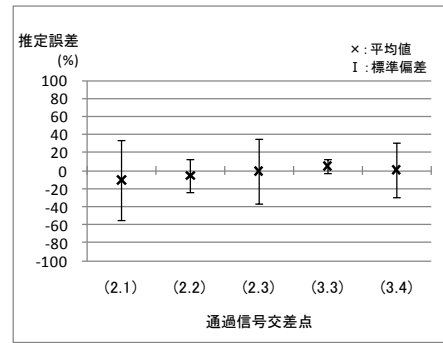


図8 経路1の非ラッシュ時における各リンク旅行時間の推定誤差の平均値と標準偏差

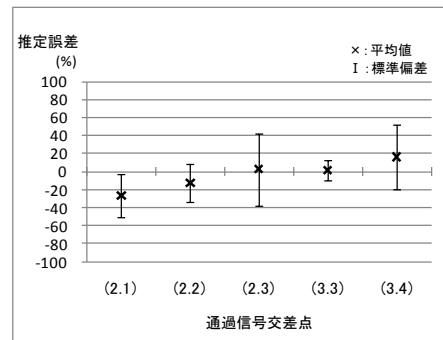


図9 経路1のラッシュ時における各リンク旅行時間の推定誤差の平均値と標準偏差

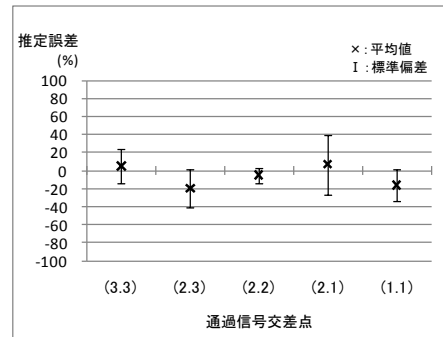


図10 経路2の非ラッシュ時における各リンク旅行時間の推定誤差の平均値と標準偏差

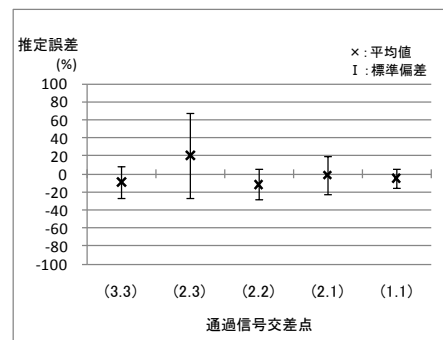


図11 経路2のラッシュ時における各リンク旅行時間の推定誤差の平均値と標準偏差

### 5.3 OD 旅行時間の推定誤差

最初に、経路2のODに関する走行時間、停止時間、旅行時間の推定誤差を10回の測定回数毎に非ラッシュ時とラッシュ時について示すと、それぞれ図12と図13のようになる。走行時間は、試験車走行法で求めた走行速度を用いて推定しているため、非ラッシュ時とラッシュ時のいずれの時間帯においても推定精度が良い。それに対し、停止時間は、5.2.2で説明したように信号交差点(2,3)における赤信号停止時間の変動が大きいため、推定誤差が大きくなっている。走行時間と停止時間の和より求めた旅行時間は、非ラッシュ時とラッシュ時でそれぞれ1回ずつ-20%を超えただけで、現在提供されているOD旅行時間の推定精度を考慮に入れると比較的精度よく推定されていると考えられる。

つぎに、出発地から各通過信号交差点までのリンク旅行時間の累積値とOD旅行時間の推定誤差について考察する。経路2の非ラッシュ時とラッシュ時について推定値と測定値を比較するとそれぞれ図14と図15のようになる。いずれの時間帯においても、通過する信号交差点の数が増えるにしたがって推定値と測定値の差が少しずつ増加している。最終的にOD旅行時間の推定誤差は、非ラッシュ時で-11.33%、ラッシュ時で-7.91%となっている。これらの数値は、現在稼働しているOD旅行時間サービスの推定誤差を考慮に入れるとほぼ満足できるものと考えられる。

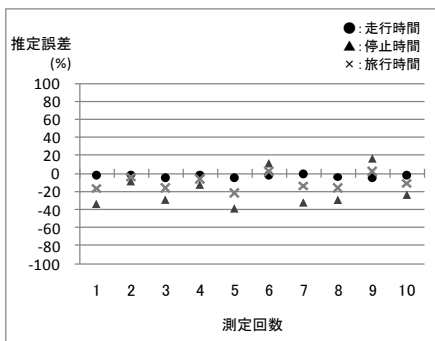


図12 経路2の非ラッシュ時におけるODに関する走行時間、停止時間、旅行時間の推定誤差

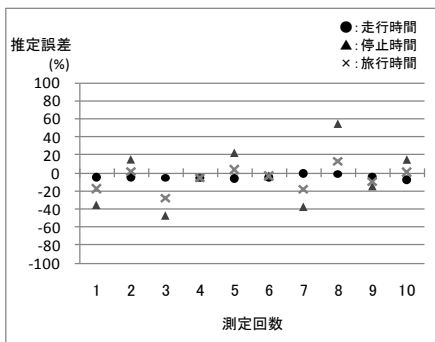


図13 経路2のラッシュ時におけるODに関する走行時間、停止時間、旅行時間の推定誤差

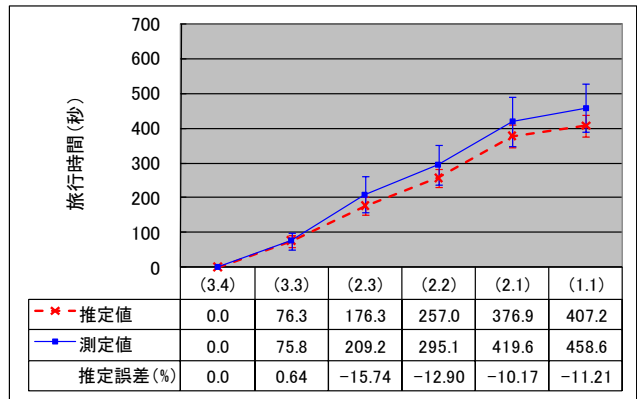


図14 経路2の非ラッシュ時におけるリンク旅行時間の累積値とOD旅行時間に関する平均値と標準偏差

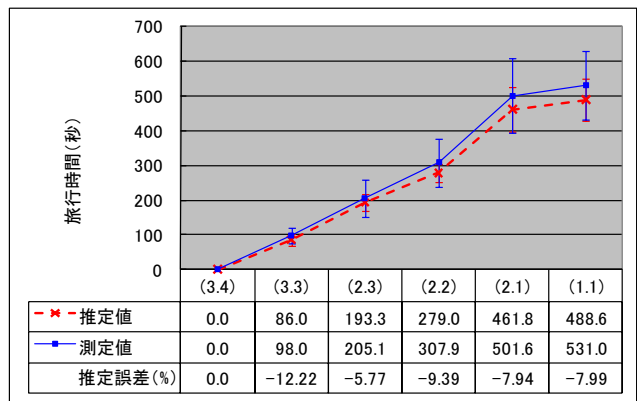


図15 経路2のラッシュ時におけるリンク旅行時間の累積値とOD旅行時間に関する平均値と標準偏差

### 5.4 推定誤差の考察

5.2に示したシミュレーションによる推定値と試験車走行法による測定値の比較から以下のことが分かった。走行時間は測定値から得られた平均走行速度を用いているので、各経路の各時間帯において精度良く求めることができる。一方で、停止時間は信号交差点到着時の信号表示のタイミングや、国道2号線を右折するのに要する時間、従道路から主道路に進入する信号交差点での赤信号停止時間の変動などによる影響を受け、推定誤差が大きく変動する。また、赤信号表示による停止時間が仮定した平均値より一方に片寄るため推定誤差が大きくなるものと考えられる。以上のリンク旅行時間とOD旅行時間の推定誤差の要因分析の結果より、ドライバにOD旅行時間を提供する場合には平均値と標準偏差を併せて表示することが適当であると考えられる。

試験車走行法によるリンク旅行時間の測定に関する問題点として、待ち車列台数と発進遅れの関係の測定が挙げられる。赤信号により信号交差点で停止した場合、前方に大型車が混入している場合や待ち車列台数が多い場合に、待ち車列台数や発進遅れを正確に測定することが困難になることがあった。この問題については、試験車に同乗する測定者を増やし交通状況をより正確に測定す

ることや、測定回数を増やすことで改善することができるものと考えられる。

シミュレーションによるリンク旅行時間の推定に関する問題点として、今回、対象とする信号交差点を主要信号交差点に限定していることが挙げられる。実際の福山市内道路網では、信号交差点(2,1)と(2,2)の間に2つの信号交差点が存在する(経路1のシミュレーションでは、簡単化の観点から、信号交差点(2,1a)と(2,1b)の影響を信号交差点(2,2)に含めて扱っている)。したがって、すべての信号交差点を対象にリンク旅行時間をよりきめ細かく推定することにより推定精度を向上させることができるものと考えられる。

## 6. まとめ

都市道路網における右左折を含む任意の走行経路のリンク旅行時間を推定する手法について提案した。最初に、信号交差点における交通流ダイナミクスや信号制御パラメータ、車の進行方向を考慮に入れ、都市道路網のリンク旅行時間を車線単位、サイクル長単位で推定する方法について提案した。つぎに、比較的容易で多くの動的交通情報が得られる試験車走行法を用いて、研究の対象となる広島県福山市内道路網でラッシュ前とラッシュ時のリンク旅行時間をそれぞれ測定した。最後に、都市道路網の道路解析や交通解析、信号制御解析のデータを用い、3章で提案したリンク旅行時間の推定法にしたがってシミュレーションを行った。シミュレーション結果を要約する以下ようになる。

- ① 走行時間は、測定値から得られた平均走行速度を用いているので精度良く推定することができる。
- ② 停止時間は、信号交差点到着時の信号表示タイミングや右左折できるまでの停止時間の変動の影響を受けるため推定誤差に散らばりを生じる。また、赤信号表示による停止時間が仮定した平均値より一方に片寄る場合は推定誤差が大きくなる。
- ③ 走行経路のリンク旅行時間の総和より求めたOD旅行時間は、停止時間における推定誤差の影響を受けるが、現在提供されているOD旅行時間の推定誤差を考慮するとほぼ満足できるものと思われる。

今後の課題として以下のことが挙げられる。

- ① リンク旅行時間の測定精度を向上させるために、試験車走行法による測定回数を増やす。
- ② 車の下流側信号交差点到着時の信号表示タイミングと、交通流ダイナミクスや信号制御パラメータとの関係について考察する。

## 参考文献

- [1] 国土交通省, “国土交通白書”, ぎょうせい(2008).
- [2] 岩瀬 晃盛, 浦野 隆, “都市内道路における旅行速度(時間)の推定手法”, 交通工学, Vol.18, No.1 (1983).
- [3] 阿部 幸康, 荻野 治雄, “北海道における信号交差点のある2車線道路の旅行速度”, 交通工学, Vol.21, No.5 (1986).
- [4] 天目 健二, 山口 盛兄, “道路網の動的経路誘導システム”, 計測と制御, Vol.14, No.3 (2002).
- [5] 池之上 慶一郎, “交通量の変動”, 技術書院(1972).

- [6] 社団法人 交通工学研究会(訳), “道路の交通容量”, コロナ社(1987).
- [7] 石川, 清水, 傍田, 小林, “交通ネットワークの渋滞長制御”, 情報処理学会論文誌, Vol.45, No.4 (2004).
- [8] 小林, 清水, “交通流の円滑性の解析”, 計測と制御, Vol.41, No.3 (2002).
- [9] 塙 克郎 他, “交通調査マニュアル”, 鹿島出版会(1976).