

広島市内国道2号線の信号制御特性

藤井 温子*・清水 光**

Signal Control Characteristics along the Route 2 in Hiroshima City

Haruko Fujii* and Hikaru Shimizu**

Abstract

This paper studies the signal control characteristics at two major signalized intersections along the Route 2 in Hiroshima city to develop the signal control system of traffic arterials in Hiroshima city. The traffic flow dynamics is described by a nonlinear time-varying discrete dynamic system. The time-varying characteristics of volumes are studied at two major signalized intersections. The relationship between the signal control parameters and the volume is considered based on the measurement data.

Keywords : traffic flow dynamics, traffic analysis, signal control characteristics

キーワード : 交通流ダイナミクス, 交通解析, 信号制御特性

1. はじめに

自動車交通の特長は、ドア・ツ・ドアの輸送や時間の制約がない、快適な車内、高速走行などが挙げられる。また、近年の経済の発展や生活水準の向上、道路の整備、自動車の技術革新、女性ドライバーの増加などに伴って、我が国の自動車保有台数は増加の一途をたどり、2002年には約7,730万台に達している¹⁾。その結果、都市地域の主要道路を中心に朝夕のラッシュ時に交通量が増加し、交通渋滞が日常的に発生している。

交通渋滞の発生により、旅行時間や燃料消費、大気汚染などが増加し、交通事故の一因になっていると言われている。社会的にマイナス要因となる交通渋滞を解消、または軽減する対策として、道路の整備²⁾や交差点の改良、交通規制、信号制御^{3)~5)}、動的経路誘導^{6), 7)}、交通需要管理^{8), 9)}などが挙げられる。

これらの中で、信号制御システムは流入交通量や待ち車列長の変動に応じて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)を制御し、渋滞長の総和を最小にするシステムである。ここで、3つの信号制御パラメータは以下のように定義される¹⁰⁾。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ズレを相対オフセットという。

本稿では、広島市内幹線道路の信号制御システムを開発、設計するために、広島市内国道2号線の2つの主要信号交差点における交通特性と信号制御特性について車線単位、サイクル長単位で解析する。最初に、車線単位、サイクル長単位の交通量収支に基づき交通流を非線形ダイナミックシステムで記述する。つぎに、広島市役所前信号交差点と国泰寺信号交差点において、交差形状や交通量の時間変動特性について解析する。最後に、2つの主要信号交差点におけるサイクル長と青信号スプリットの制御特性と交通量の関係について考察する。

2. 交通流ダイナミクス

二方向交通幹線道路の流入路の各車線において、ある時間 ΔT (ここではサイクル長)で交通量収支の成立することが交通量の測定データに基づいて検証できる。交通量収支は次式で記述される(図1参照)。

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

$$\begin{cases} x_o(j, m, k) = \xi(j, m, k) \cdot c_x(j, m, k) \\ x_e(j, m, k) \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

ここで、 j は信号交差点の位置、 m は車の流入路($m=1$ は東行き、 $m=2$ は南行き、 $m=3$ は北行き、 $m=4$ は西行き)、 $k=k \cdot \Delta T$ ($k=1, 2, \dots, k_p$)は時刻をそれぞれ表す。また、 $x_e(j, m, k)$ 、 $x_i(j, m, k)$ 、 $x_o(j, m, k)$ はそれぞれ超過流入交通量、流入

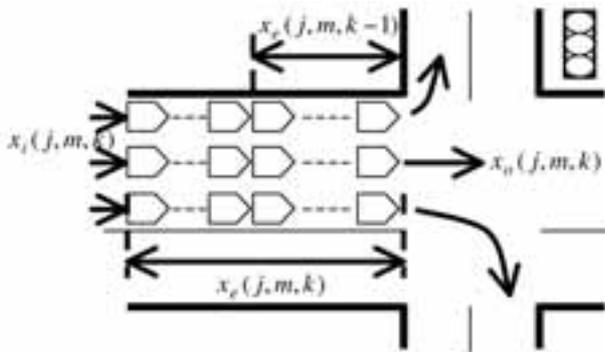


図1 各流入路の交通量収支

交通量, 捌け交通量を表し, $C_x(j, m, k)$ は各流入路の交通処理量, $\xi(j, m, k)$ はある交通量のもとで $x_o(j, m, k)$ を $C_x(j, m, k)$ で除した比率で捌け率と呼ぶ。捌け交通量をある交通流のもとで3つの信号制御パラメータで制御できると仮定して, 制御入力 $u(j, m, k)$ で置き換えると, 渋滞長の信号制御システムは以下の非線形ダイナミックシステムで記述される。

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

渋滞長 $y_c(j, m, k)$ は状態変数 $x_e(j, m, k)$ に変換係数 $l_m(j, m, k)$ を乗じて求められる。なお, 変換係数 $l_m(j, m, k)$ は図13に示される待ち車列の平均車頭間隔に相当し, 車種構成によって変動する。

3. 信号交差点の交通特性

交通量収支を構成する流入交通量や捌け交通量, 超過流入交通量を, 図2と図3で示される広島市役所前信号交差点と国泰寺信号交差点において, サイクル長単位, 車線単位で2004年3月から2005年9月までの夕方のラッシュ時に測定した。

広島市役所前信号交差点の交差形状は十字交差で, 東西方向に国道2号線が通り, 南行き流入路で国道54号線の終点となる最も重要な信号交差点といえる。東行き流入路は左折1車線, 直進3車線, 右折2車線の合計6車線から構成されている。それに対して西行き流入路では直進と左折を1車線にまとめ, 合計5車線から構成されている。また, 国道54号線からの流入路である南行き流入路は左折1車線, 直進2車線, 右折1車線の合計4車線から構成されている。それに対して北行き流入路では直進と左折を1車線にまとめ, 合計3車線から構成されている。この信号交差点では, 主要幹線道路である国道2号線と国道54号線の交通接続を円滑にするために, 該当流入路に左折車線と右折車線がそれぞれ設けられている。

次に, 国泰寺信号交差点は, 国道2号線と交差道路が鋭角で交差している。そのために導流島が設けられて左折交通の円滑化が図られ, 国道2号線からの右折が禁止されている。東行き流入路は左折1車線, 直進3車線から構成されているのに対して, 西行き流入路は直進1車線が直左車線に置き換えられている。また, 南行き流入

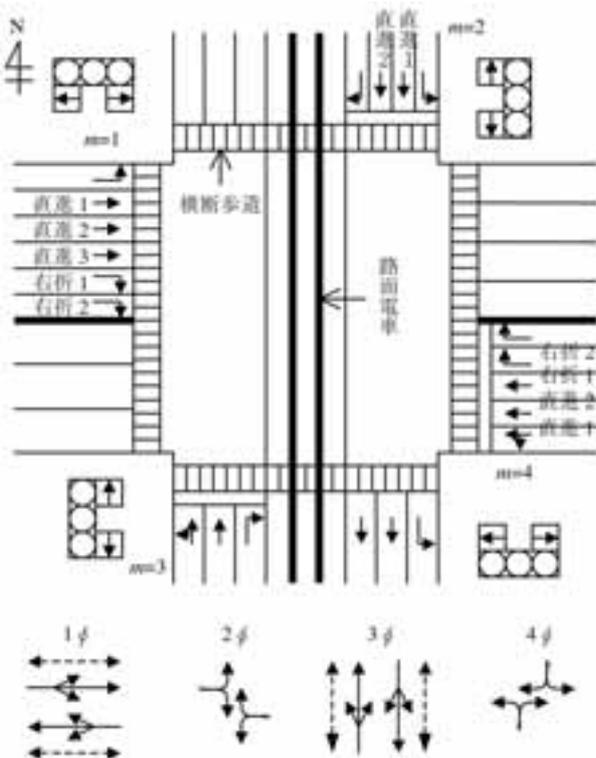


図2 広島市役所前信号交差点

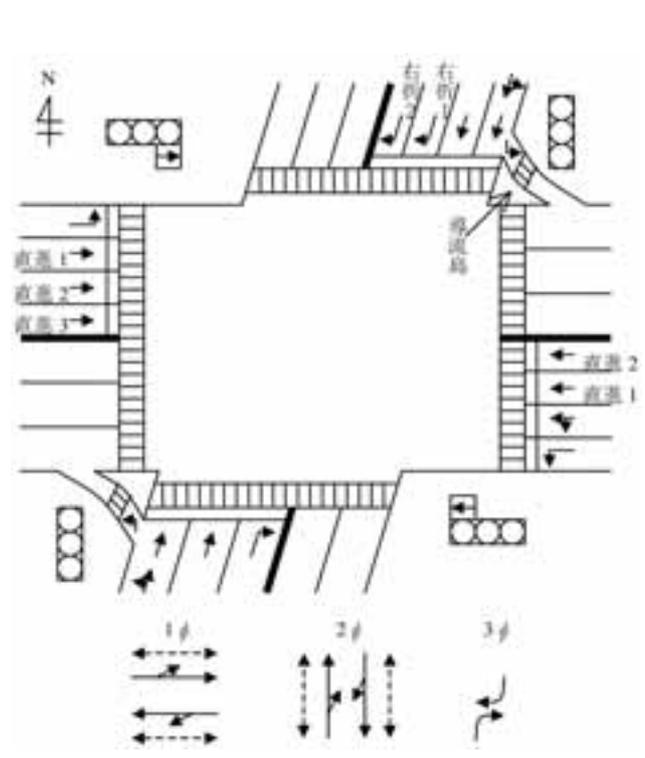


図3 国泰寺信号交差点

路は直左1車線, 直進1車線, 右折2車線から構成されているのに対し, 北行き流入路は右折が1車線減少している。各信号交差点の流入路の車線構成は, 自動車の進行方向別交通量を考慮して決定されるべきである。

広島市役所前信号交差点の $m=1$ と $m=4$ の流入交通量は図4と図6に示されるように, 直進交通量が右折と左折の交通量の約3~4倍と多い。 $m=1$ では右折1の流入交通量が17時42分に急激に増加し, 図5に示されるように渋滞が発生している。また, $m=4$ では図7に示されるように右折1が最大4台で, わずかに渋滞が発生している。

$m=2$ は国道54号線が国道2号線に接続される流入路であり, 図8に示されるように直進と右折の交通量がやや多く, 左折交通量は平均14台/サイクル長で, 各方向別交通量の差は小さい。それに対し, 超過流入交通量は, 図9に示されるように右折車線で比較的大きな値を示している。次に, $m=3$ の流入路は図10に示されるように直進車線の流入交通量が最も多く, ついで直左, 右折車線の順となっている。それに対し, 図11に示されるように超過流入交通量は直左車線で最大12台/サイクル長に達し, 直進車線では比較的小きな値を示している。

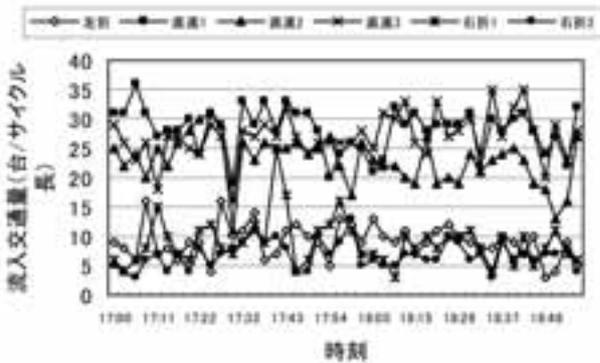


図4 広島市役所前信号交差点における東行き方向($m=1$)の流入交通量

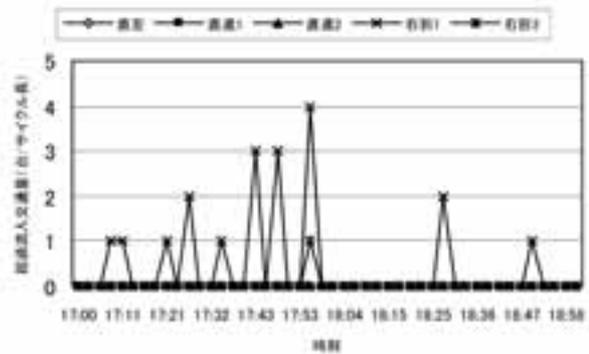


図7 広島市役所前信号交差点における西行き方向($m=4$)の超過流入交通量

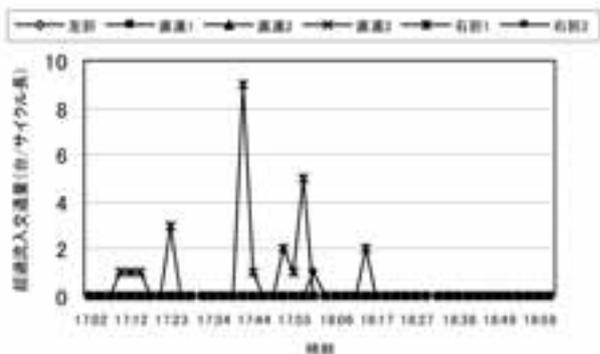


図5 広島市役所前信号交差点における東行き方向($m=1$)の超過流入交通量

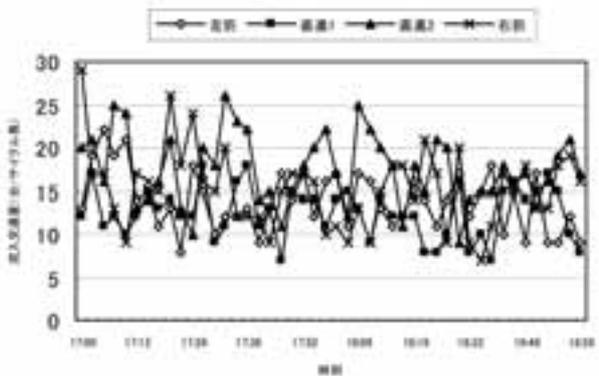


図8 広島市役所前信号交差点における南行き方向($m=2$)の流入交通量

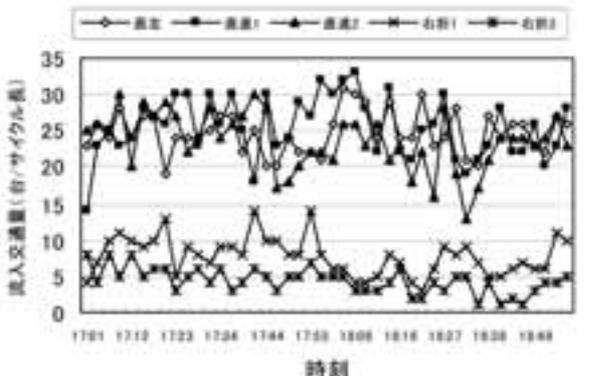


図6 広島市役所前信号交差点における西行き方向($m=4$)の流入交通量

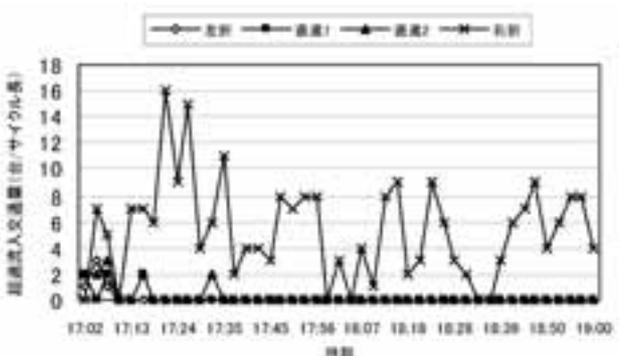


図9 広島市役所前信号交差点における南行き方向($m=2$)の超過流入交通量

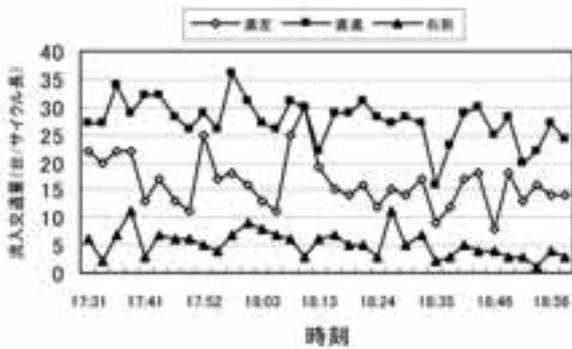


図10 広島市役所前信号交差点における北行き方向 ($m=3$) の流入交通量

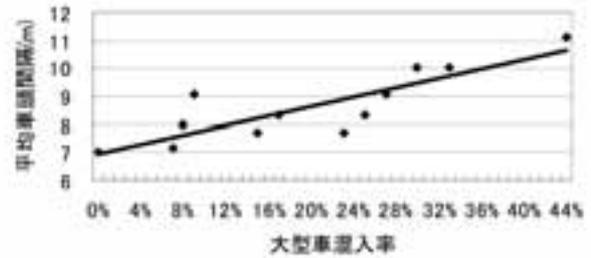


図13 大型車混入率と平均車頭間隔の関係

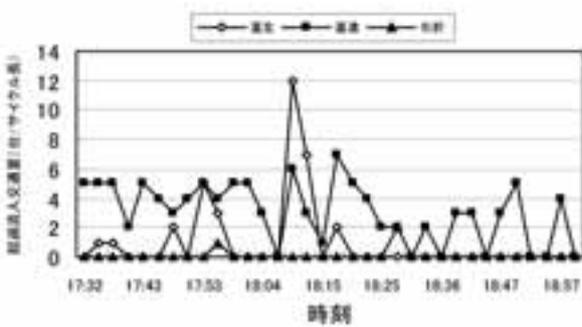


図11 広島市役所前信号交差点における北行き方向 ($m=3$) の超過流入交通量

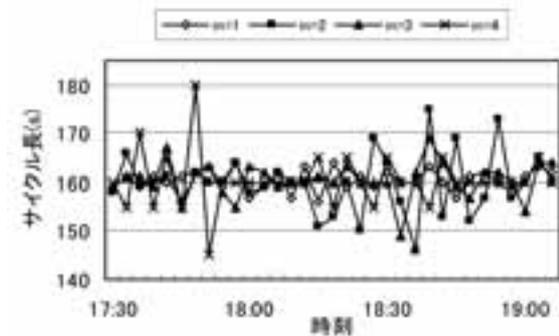


図14 広島市役所前信号交差点のサイクル長

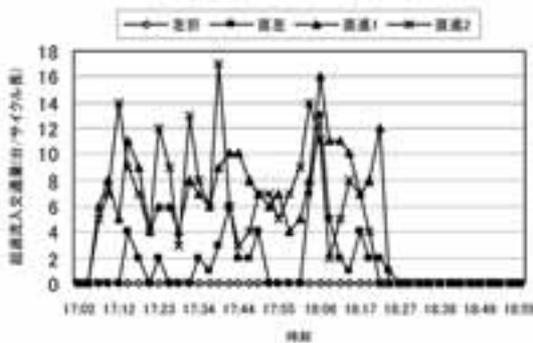


図12 国泰寺信号交差点における西行き方向 ($m=4$) の超過流入交通量

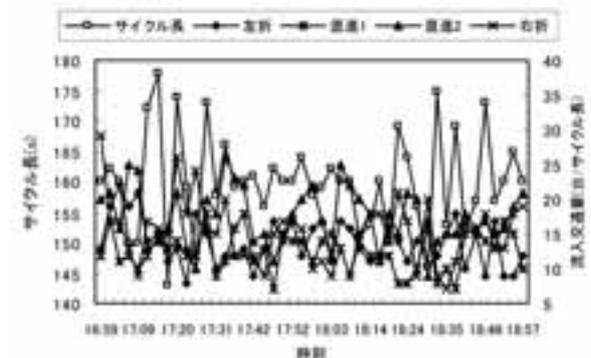


図15 広島市役所前信号交差点における南行き方向 ($m=2$) におけるサイクル長と流入交通量の関係

国泰寺信号交差点の $m=1$ から $m=3$ の流入路においては、渋滞は殆ど発生していない。 $m=4$ の流入路は、図12に示されるように、直進1及び直進2の車線において超過流入交通量が最大で17台と多く、18時22分頃まで渋滞が頻繁に発生していることが分かる。また、この信号交差点の $m=1$ の流入路で大型車混入率 $x(\%)$ と待ち車列の平均車頭間隔 $l(m)$ の関係を線形近似で求めると、 $l_m=0.0835x+6.8839$ となった。

4. 信号交差点の信号制御特性

信号制御システムにおいて、流入交通量 $x_i(j, m, k)$ は車両感知器により時々刻々とサイクル長単位で測定され、捌け交通量 $x_o(j, m, k)$ は3つの信号制御パラメータを用いて制御される。ここでは、2つの主要信号交差点におけるサイクル長と青信号スプリットの制御特性について考察する。

広島市役所前信号交差点の4流入路のサイクル長について4日間測定した結果を図14に示す。サイクル長は

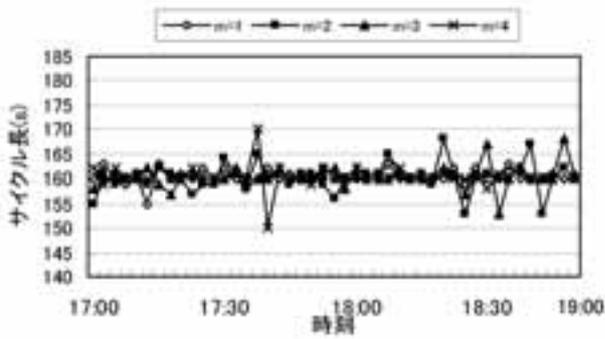


図16 国泰寺信号交差点のサイクル長

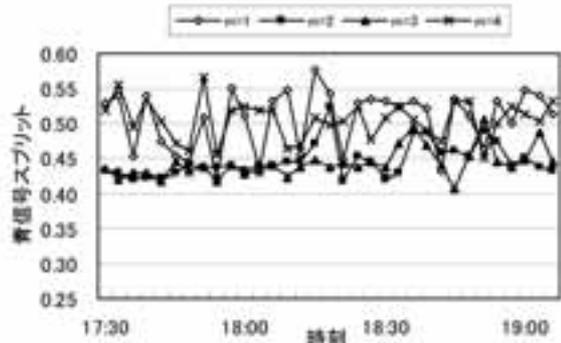


図18 広島市役所前信号交差点の青信号スプリット

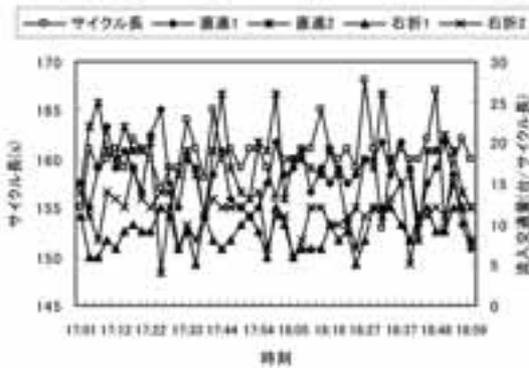


図17 国泰寺信号交差点の南行き方向 (m=2) におけるサイクル長と流入交通量の関係

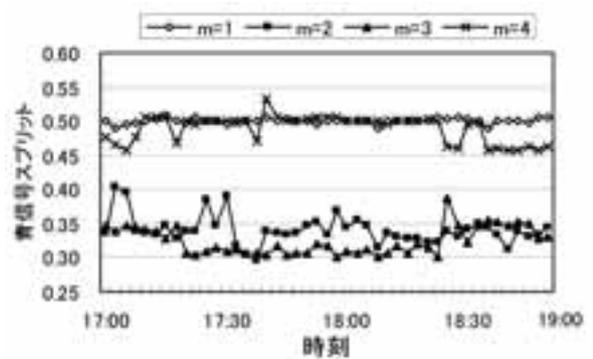


図19 国泰寺信号交差点の青信号スプリット

m=2とm=4で大きく変動しており、平均値は160秒となる。ここで、広島市役所前信号交差点のm=2における流入交通量とサイクル長の関係を図15に示す。この図より、交通量の変動とパラメータの制御との間に明確な対応関係のないことが分かる。広島市内国道2号線の3つの信号制御パラメータはパターン選択法により制御されており、サイクル長の変動は、この信号制御法に起因しているものと考えられる。

次に、国泰寺信号交差点の4流入路のサイクル長について4日間測定した結果を図16に示す。サイクル長はm=2, 3, 4の流入路に対して変動しており、平均値は160秒となる。これらも図17に示されるように、交通量の変動に対応してサイクル長が制御された結果ではなく、パターン選択法の信号制御法に起因しているものと考えられる。

広島市役所前信号交差点の4流入路の直進青信号スプリットについて4日間測定した結果を図18に示す。国道2号線上のm=1とm=4の青信号スプリットの平均値が0.50であるのに対し、それに交差する国道54号線上のm=2及びm=3の青信号スプリットの平均値は0.45となり、これら2つの値の差は小さい。以上のことから、広島市役所前信号交差点は2つの主要幹線道路の交差する接続点であることが理解できる。

また、国泰寺信号交差点の4流入路の直進青信号スプ

リットについて4日間測定した結果を図19に示す。国道2号線上のm=1とm=4の青信号スプリットの平均値が0.50であるのに対し、m=2とm=3の青信号スプリットの平均値は0.33と小さい。図18の広島市役所前信号交差点の青信号スプリットに比べて交差道路の青信号スプリットが小さく、交差道路の流入交通量が影響していると考えられる。

5. まとめ

本稿では、広島市内国道2号線の2つの主要信号交差点において夕方のラッシュ時に交通調査を実施し、交通特性と信号制御特性について、車線単位、サイクル長単位で解析した。その結果、以下のことが明らかになった。

- (i) 2つの主要幹線道路が交差する信号交差点では、交通接続を円滑にするため、該当流入路に右折車線と左折車線がそれぞれ設けられている。また、流入路が鋭角で交差する場合は導流島が設けられて、左折交通の円滑化が図られている。
- (ii) 広島市役所前信号交差点では、国道2号線上の流入路で渋滞は殆ど発生していないが、それと交差する南行きと北行き流入路で渋滞が頻繁に発生している。また、国泰寺信号交差点では国道2号線上の西行き流入路でのみ渋滞が発生している。

(iii) サイクル長は、2つの信号交差点において平均160秒となっている。また、各流入路における青信号スプリットの比率は、流入交通量に応じて設定されなければならない。

今後、以上の特性解析に基づいて交通容量を算定し、交通渋滞のメカニズムを検証する予定である。そして、広島市内幹線道路の信号制御システムをシミュレーションにより設計する予定である。

参考文献

- 1) 交通工学統計, 交通工学, Vol.39, No.1, pp.84-85, 2004.
- 2) 鈴木道雄編著, 道路(II)－計画と幾何設計－, 技報堂出版, pp.53-78, 1980.
- 3) 宇佐美, 榊原, 道路網の信号制御システム, 計測と制御, Vol.41, No.3, pp.205-210, 2002.
- 4) 清水, 真柴, 傍田, 小林, 幹線道路の渋滞長制御, 情報処理学会論文誌, Vol.42, No.7, pp.1876-1884, 2001.
- 5) 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, pp.1154-1162, 2004.
- 6) 小林, 清水, 米澤, 難波, 交通ネットワークの動的経路探索アルゴリズム, 第17回交通工学研究発表会論文報告集, pp.169-172, 1997.
- 7) 天目, 山口, 道路網の動的経路誘導システム, 計測と制御, Vol.41, No.3, pp.211-216, 2002.
- 8) 東京都環境局自動車公害対策部, 東京都におけるロードプライシングの検討状況について, 交通工学, Vol.37, No.1, pp.41-48, 2002.
- 9) 本間正勝, ロンドンのロードプライシング, 交通工学, Vol.39, No.6, pp.74-81, 2004.
- 10) 交通工学用語辞典, 技術書院, 1984.