

# 信号交差点における 捌け交通量の変動特性に関する解析

清水 光\* 小林 正明\*\* 馬屋原 功太郎\*\*\*

An Analysis for Varying Characteristics of Outgoing Volumes at Signalized Intersections

Hikaru SHIMIZU\*, Masa-aki KOBAYASHI\*\* and Koutaro Umayahara\*\*\*

## ABSTRACT

This paper studies an analysis for varying characteristics of outgoing volumes at signalized intersections on an arterial. The volume balance is held for each lane at each signalized intersection of arterials for a certain duration. The congestion mechanism which plays an essential role to control congestion lengths is described quantitatively based on the volume balance. The outgoing volume is an important element of the volume balance. Varying characteristics of the outgoing volume are analyzed using the ratio of the outgoing volume to the capacity at two oversaturated signalized intersections on an arterial in Fukuyama city.

キーワード：交通量収支，交通容量，捌け交通量，交通流

Keywords: volume balance, capacity, outgoing volume, traffic flow

## 1. はじめに

近年、経済の発展や生活水準の向上、道路の整備、車の技術革新などに伴って、わが国の自動車保有台数は図1に示されるように年増加率約1.0%の割合で直線的に増加してきた<sup>1)</sup>。その結果、交通量が増加し、朝夕のラッシュ時には主要道路を中心に交通渋滞が日常的に発生する一因になっている。現在、交通流の円滑化を計るために信号制御システム<sup>2),3),4)</sup>や動的経路誘導システム<sup>5),6)</sup>、これら二つを組み合わせた交通流制御システムなどについて研究開発が進められている。信号交差点の車線毎の或る時間区間 $\Delta T$ における交通量収支は、上記システムの待ち車列のダイナミクスを記述するための、また、交通渋滞のメカニズムを定量的に記述するための基礎式となる。

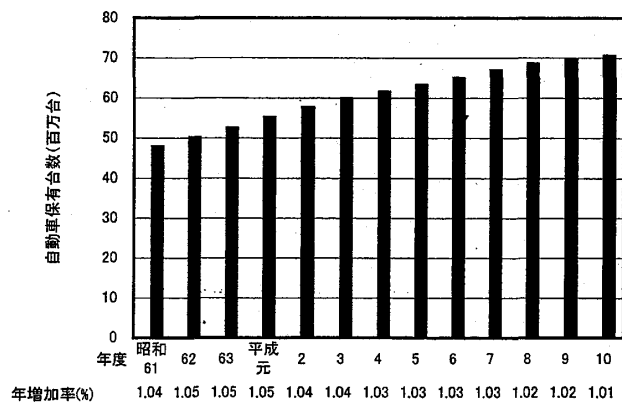


図1 自動車保有台数と年増加率

本論文では、交通量収支に欠かせない捌け交通量の変動特性をサイクル長単位で解析する。ここで、サイクル長は、信号表示によって与えられる現示が

\*情報処理工学科 \*\*機械工学科 \*\*\*大学院工学研究科情報処理工学専攻

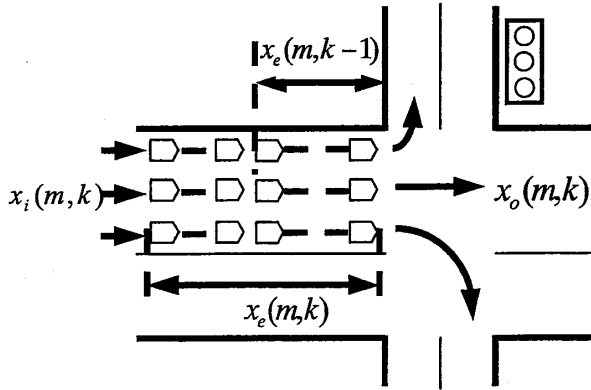


図2 信号交差点の交通量収支

一巡する間の所要時間と定義される<sup>7)</sup>。最初に、信号交差点の交通処理能力を表す交通容量についてサイクル長単位で解析する。つぎに、研究対象に選んだ福山市内交通ネットワークにおいて、信号制御の観点から重要な役割を果たす二つの過飽和信号交差点の捌け交通量をビデオカメラを用いてサイクル長単位で測定する。最後に、各信号交差点において交通容量に対する捌け交通量の比率を算定し、位置や車線、時間、交通流に関する変動特性について考察する。

## 2. 交通量収支

交通ネットワークの信号交差点の各流入路において、或る時間区間 $\Delta T$ に対して以下の交通量収支が各車線単位で成立する(図2参照)。

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

$$x_o(m, k) < c_x(m, k) \quad (2)$$

上式で、 $m$ は信号交差点での車の流入路、 $k = k \Delta T$ は時刻をそれぞれ表す。 $x_e(m, k)$ 、 $x_i(m, k)$ 、 $x_o(m, k)$ は、時刻 $k = k \Delta T$ における超過流入交通量、流入交通量、捌け交通量をそれぞれ表す。また、捌け交通量 $x_o(m, k)$ は定義より交通容量 $c_x(m, k)$ より小さい。交通容量に対する捌け交通量の比率 $\xi(m, k)$ を用いて、捌け交通量は以下の式で表される。

$$\begin{cases} x_o(m, k) = \xi(m, k) \cdot c_x(m, k) \\ 0 \leq \xi(m, k) < 1 \end{cases} \quad (3)$$

渋滞長制御で基本的役割を果たす渋滞メカニズムは、(1)式の交通量収支に基づいて定量的に記述される。

i) 各信号交差点における渋滞は、超過流入交通量 $x_e(m, k)$ が零より大きくなる時発生する。すなわち、

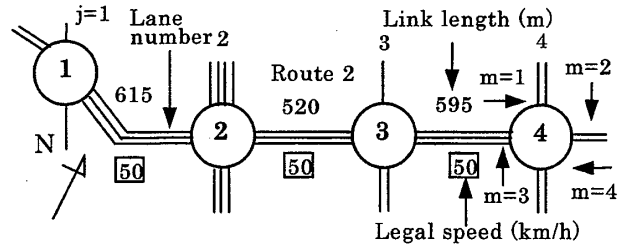


図3 福山市内幹線道路

$$\begin{aligned} x_e(m, k-1) &= 0 \quad \text{and} \\ x_i(m, k) &> x_o(m, k) \end{aligned} \quad (4)$$

ii) 渋滞は、超過流入交通量 $x_e(m, k)$ が零以下になる時消滅する。すなわち、

$$\begin{aligned} x_e(m, k-1) &> 0 \quad \text{and} \\ x_e(m, k-1) + x_i(m, k) &\leq x_o(m, k) \end{aligned} \quad (5)$$

iii) 渋滞は、超過流入交通量 $x_e(m, k)$ が正値を保つ間継続する。すなわち、

$$\begin{aligned} x_e(m, k-1) &> 0 \quad \text{and} \\ x_e(m, k-1) + x_i(m, k) &> x_o(m, k) \end{aligned} \quad (6)$$

## 3. 交通容量の解析

道路の交通容量は、実際の道路、交通及び信号制御条件のもとで、与えられた一定時間内に、車線または車道のある断面もしくは一様な区間を通過することが期待できる車両の最大数と定義される<sup>8)</sup>。

信号交差点の各流入路の交通容量は、車線別に以下のように解析される。

$$c_{xl}(m, k) = s_l n_l(m) \cdot r_l(m, k) \cdot r_b(m, k) \quad (7)$$

$$c_{xs}(m, k) = s_s n_s(m) \cdot r_l(m, k) \quad (8)$$

$$\begin{aligned} c_{xsl}(m, k) &= s_s n_{sl}(m) \cdot r_l(m, k) \\ &\quad \cdot r_l(m, k) \cdot r_b(m, k) \end{aligned} \quad (9)$$

$$c_{xr}(m, k) = s_r n_r(m) \cdot r_l(m, k) \quad (10)$$

$c_{xl}(m, k)$ 、 $c_{xs}(m, k)$ 、 $c_{xsl}(m, k)$ 、 $c_{xr}(m, k)$ は左折、直進、直進・左折、右折の各車線の交通容量を表す。つぎに、 $r_l(m, k)$ 、 $r_b(m, k)$ 、 $r_r(m, k)$ は大型車混入率、バス運行頻度、左折率に関する補正率を表す。 $s_l$ 、 $s_s$ 、 $s_r$ は左折、直進、右折車線の飽和交通量を表し、 $n_l(m)$ 、 $n_s(m)$ 、 $n_{sl}(m)$ 、 $n_r(m)$ は各車線数を表す。

以上の各車線の交通容量に青信号スプリットをかけて信号交差点の各流入路に対する交通容量が求まる。左折、直進、右折車線から構成される流入路の交通容量は、各車線の青信号スプリット $r_{gl}(m, k)$ 、

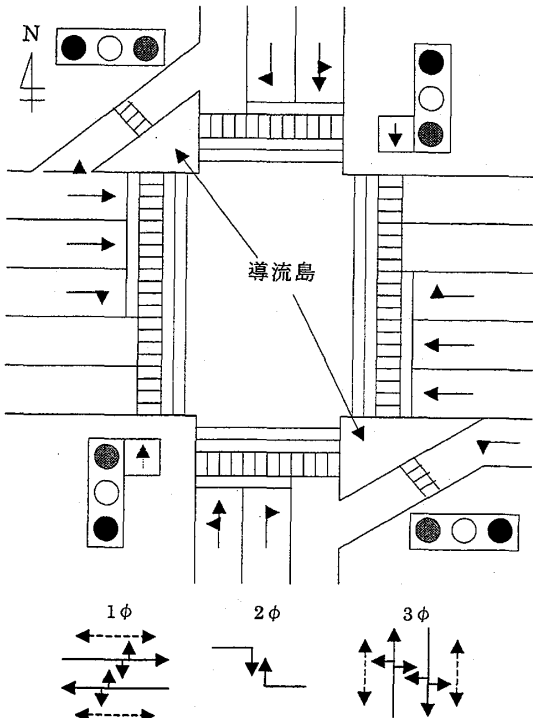


図4 西桜町1丁目信号交差点の道路形状と現示

$r_{gs}(m,k)$ ,  $r_{gr}(m,k)$ をかけて以下のように求まる.

$$c_x(m,k) = r_{gl}(m,k) \cdot c_{xl}(m,k) + r_{gs}(m,k) \cdot c_{xs}(m,k) + r_{gr}(m,k) \cdot c_{xr}(m,k) \quad (11)$$

以上のことから、各流入路の交通容量は或る交通条件のもとで車線数と青信号スプリットに比例する。なお、信号交差点の交通容量の詳しい解析については文献<sup>9)</sup>を参照されたい。

#### 4. 捌け交通量の測定

捌け交通量は、実際の道路条件（流入路の形状、幅員、勾配等）、交通条件（車種構成、右左折車混入率、バス停の位置、駐車車両、など）、信号制御条件のもとで、一定時間に流入路の停止線を通る車両台数を表す。

ここでは、福山市内国道2号線上の過飽和信号交差点である西桜町1丁目信号交差点（図3のj=1）と府中分かれ信号交差点（図3のj=4）を対象に捌け交通量を測定した。交通量がピークとなる午前と午後のラッシュ時の7:00~9:00と17:00~19:00（府中分かれ信号交差点においては17:00~18:47まで）について、信号交差点全体が見える場所にビデオカメラを設置して測定した。国道2号線の東行き交通に対して、西桜町1丁目信号交差点で2車線から3車線に増加し、府中分かれ信号交差点では逆に3車線から2車線に減少する。この車線数の変化によって、二つの信号交差点を境に交通容量が大きく変動し、

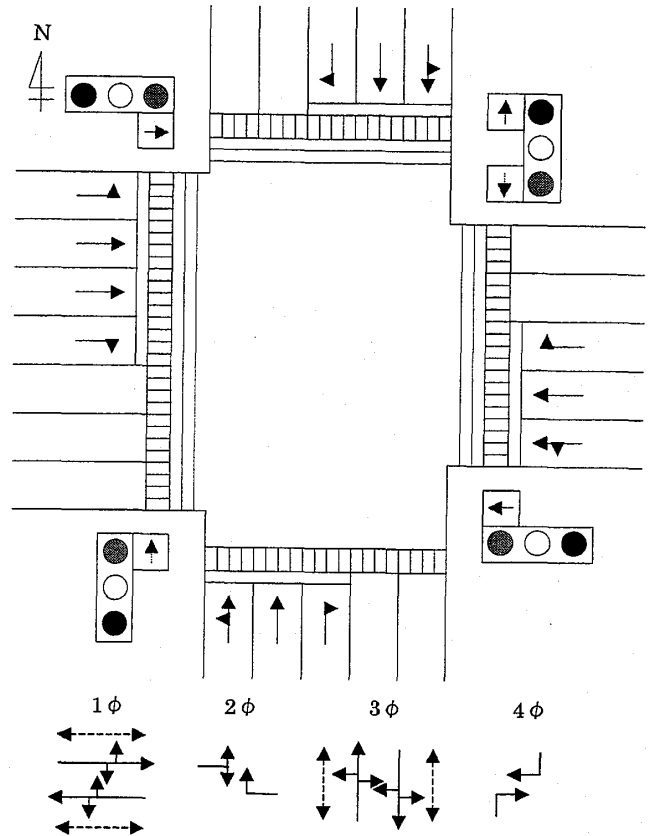


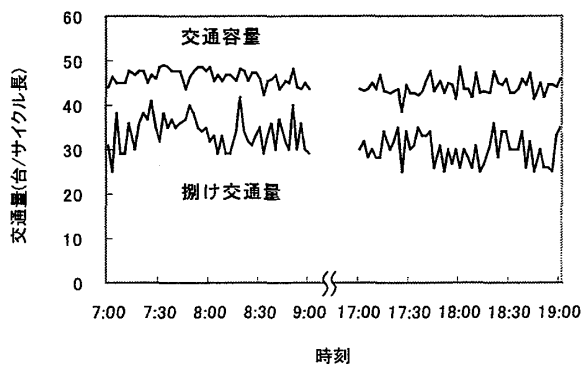
図5 府中分かれ信号交差点の道路形状と現示

渋滞長の信号制御の観点から重要な信号交差点となる。

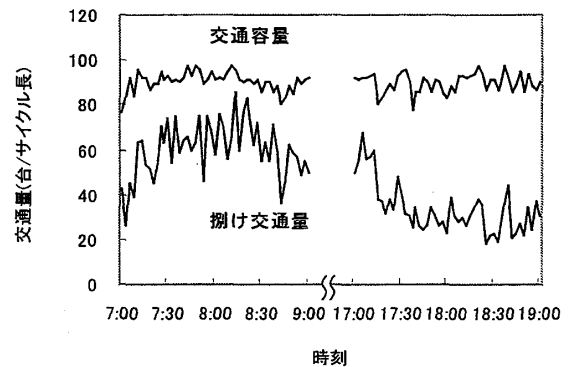
西桜町1丁目信号交差点の平成11年度現在における道路形状と現示を図4に示す。東西方向の国道2号線では、右折車線と導流島が設けられ右左折の交通流の円滑化を図っている。この信号交差点では東西方向の国道2号線のみならず南北方向の右折交通量も多く、全ての流入路に右折車線が設けられている。現示は3現示で、国道2号線の右折車線に対し第2現示2φで専用現示を設けている。破線の矢印は歩行者の現示を示す。つぎに、府中分かれ信号交差点の平成7年度現在における道路形状と現示を図5に示す。現示は4現示で、第2現示2φで東行き交通に対して右折と左折の現示を同時に表示している。

#### 5. 捌け交通量の変動特性解析

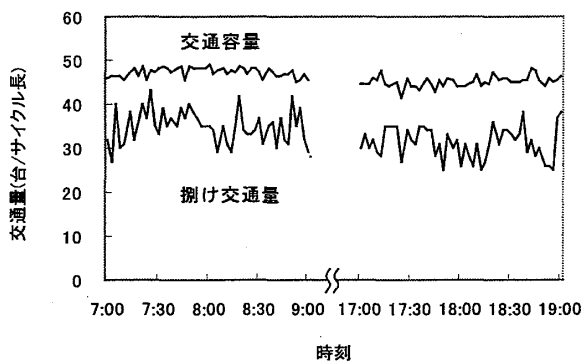
信号交差点の各流入路における捌け交通量の変動特性についてサイクル長単位で解析する。ここでは、福山市内国道2号線上の2つの過飽和信号交差点を対象に、最初に車線単位の交通容量の変動特性について解析し、つぎに、捌け交通量の変動特性について解析する。使用した観測データは、西桜町1丁目信号交差点が平成11年11月16日（火）、府中分かれ信号交差点が平成7年12月6日（水）のものであ



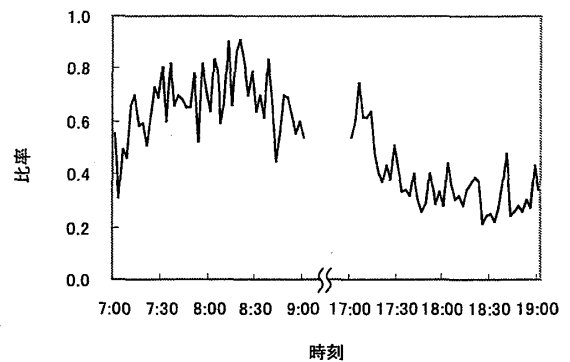
(a)直左車線の交通容量と捌け交通量



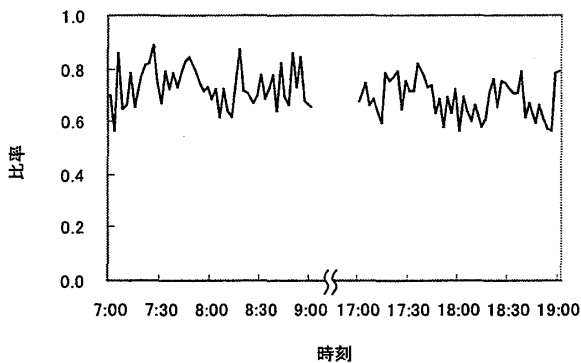
(a)直進車線の交通容量と捌け交通量



(b)直進車線の交通容量と捌け交通量



(b)直進車線の交通容量に対する捌け交通量の比率



(c)直左+直進車線の交通容量に対する捌け交通量の比率

図6 西桜町1丁目信号交差点の東行き流入路における捌け交通量の変動特性

る。

### 5. 1 西桜町1丁目

西桜町1丁目信号交差点の東行き流入路における直進・左折車線と直進車線の交通容量と捌け交通量、並びに、交通容量に対する捌け交通量の比率 $\xi(m,k)$ について解析した結果を図6(a), (b), (c)に示す。サイクル長は150秒一定である。交通容量は41(台/サイクル長)から49(台/サイクル長)の範囲で不規則に変動するのに対し、捌け交通量は25(台/サイクル長)

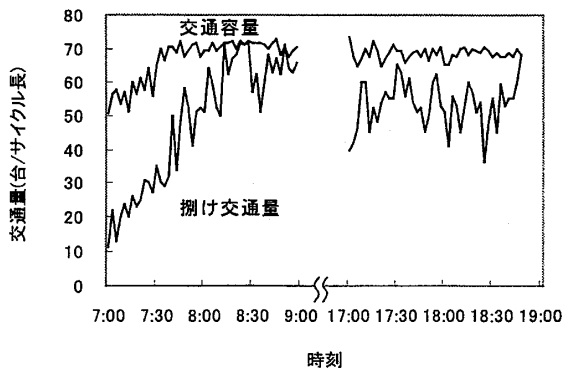
図7 西桜町1丁目信号交差点の西行き流入路における捌け交通量の変動特性

から42(台/サイクル長)の広範囲で不規則に変動する。2つの車線をまとめた交通容量に対する捌け交通量の比率 $\xi(m,k)$ は、0.54から0.90の範囲で捌け交通量に類似して不規則に変動する。つぎに、西行き流入路の2つの直進車線の捌け交通量の変動特性について図7(a), (b)に示す。解析より、夕方の17時15分以降において比率 $\xi(m,k)$ の値が大きく減少し、交通の流れが著しく低下し、渋滞が発生していることを表している。

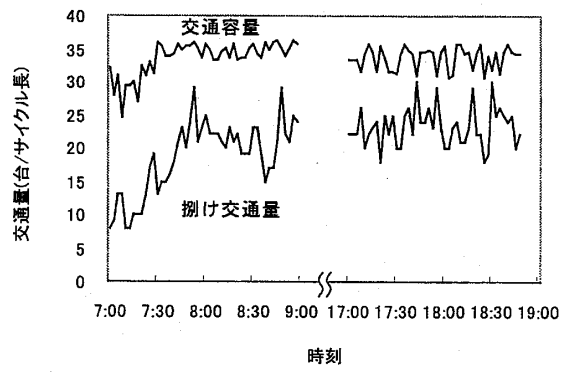
つぎに、南北方向流入路の直進・左折車線の解析結果は以下ようになる。南行き方向流入路の直進・左折車線において、捌け交通量が交通容量に近い値を示すことが午前のラッシュ時に相当あり、比率 $\xi(m,k)$ の値から渋滞が発生していると推測できるサイクルが夕方のラッシュ時に相当存在する。つぎに、北行き方向流入路の直進・左折車線では、交通容量に余裕があり渋滞は発生していないと推測される。

東西南北全ての流入路の右折車線では、交通容量に余裕があり、渋滞は発生していないと推測される。

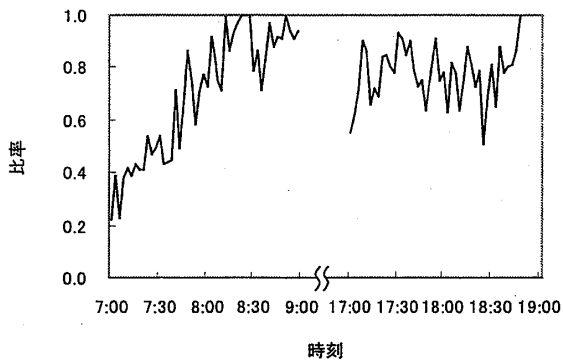
### 5. 2 府中分かれ



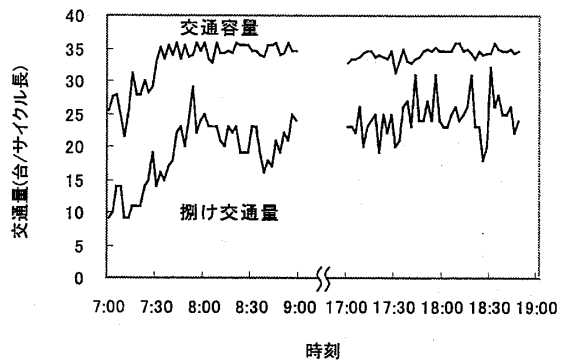
(a)直進車線の交通容量と捌け交通量



(a)直左車線の交通容量と捌け交通量



(b)直進車線の交通容量に対する捌け交通量の比率



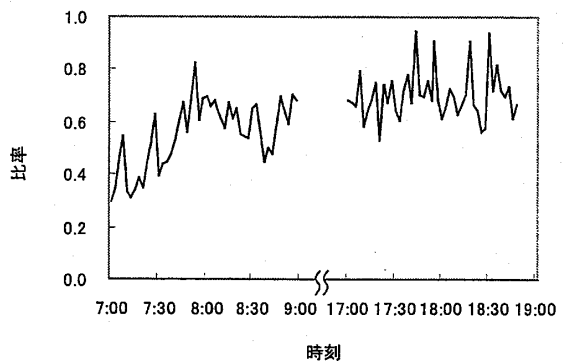
(b)直進車線の交通容量と捌け交通量

図 8 府中分かれ信号交差点の東行き流入路における捌け交通量の変動特性

府中分かれ信号交差点の東行き流入路における2つの直進車線の捌け交通量の変動特性について図8(a), (b)に示す。サイクル長は150秒一定である。交通容量は青信号スプリットの制御の影響を受けて7時30分以降において増加している。つぎに、西行き流入路における直進・左折車線と直進車線に対する捌け交通量の変動特性について図9(a), (b), (c)に示す。交通容量は青信号スプリットの制御の影響で7時30分以降において増加し、比率 $\xi(m,k)$ の値は8時40分付近で低下している。

つぎに、南北方向流入路の直進と直進・左折車線の解析結果は以下のようなになる。南行き方向流入路の直進と直進・左折車線において、比率 $\xi(m,k)$ の値は午前のラッシュ時に相当大きいものに対して、夕方のラッシュ時には低下し、渋滞が発生していると推測できるサイクルが数多く存在する。また、北行き方向流入路の直進と直進・左折車線でも、南行き方向流入路に類似した変動傾向がみられる。夕方のラッシュ時には、直進・左折車線で渋滞が発生していると推測できるサイクルがいくつか存在する。

東西方向の流入路の右折車線では、交通容量に余



(c)直左+直進車線の交通容量に対する捌け交通量の比率

図 9 府中分かれ信号交差点の西行き流入路における捌け交通量の変動特性

裕がある。それに対し、南行き方向流入路の右折車線では、比率 $\xi(m,k)$ の値から朝夕のラッシュ時に相当多くのサイクルで渋滞が発生していると推測される。

## 6. おわりに

ここでは、信号交差点の交通流ダイナミクスの基礎式となる交通量収支の一つの構成要素となる捌け交通量の変動特性についてサイクル長単位で解析し

た. その結果,

①交通容量は, 交通条件や信号制御条件の変動の影響を受けて不規則に変動する.

②捌け交通量は, 交通条件や信号制御条件, 交通需要の変動の影響を受けて広範囲で不規則に変動する. とくに, 渋滞時には大きく低下する.

今後の課題として, 交通容量に対する捌け交通量の比率 $\xi(m,k)$ の値は, 標準化された値で交通流(自由流, 渋滞流)を判別するのに役立つのかどうか交通量収支に基づき研究を進めることが考えられる.

#### 参考文献

- 1) 交通工学統計: 交通工学, vol.35, No.5, pp.93, 2000.
- 2) R. D. Bretherton, "SCOOT: Current Developments", Proc. of the 2nd World Congress on Intelligent Transport Systems, Yokohama, pp.364-368, 1995.
- 3) H. Sakakibara, T. Usami, S. Itakura and T. Tajima, "MODERATO (Management by Origin-DEstination Related Adaptation for Traffic Optimization)", Proc. of IEEE/IEEJ/JSAI International Conference on Intelligent Transportation Systems, Tokyo, pp.38-43, 1999.
- 4) H. Shimizu and H. Mashiba, "Signal Control of Two-Way Traffic Arterials", Proc. of the 39th SICE Annual Conference, International Session Papers, Iizuka, 313C-4 (CD-ROM), 2000.
- 5) 上川, 梅津: 車載ナビゲーションシステムの経路探索技術, 計測と制御, 第36巻, 第11号, pp790-792, 1997.
- 6) H. Shimizu, M. Kobayashi and Y. Yonezawa, "Dynamic Route Search of the Shortest Mean Travel Time", Proc. of 4th International Symposium on Advanced Vehicle Control 1998, Nagoya, pp.567-572, 1998.
- 7) 交通工学用語辞典, 技術書院, 1984.
- 8) 藤田: 交通現象と交通容量, 交通工学研究会編, 1987.
- 9) 斉藤: 各種交通条件が信号交差点の交通容量に及ぼす影響, 科学警察研究所報告, 交通編, 21巻, 1号, pp.1-12, 1980.