

オートバイを含む交通流に対する最適な交差点運用法*

A Study of Optimum Management Mixed Traffic Flow with Motorcycles at Signal Intersections*

塩見康博**・吉井稔雄***・北村隆一****

By Yasuhiro SHIOMI**・Toshio YOSHII***・Ryuichi KITAMURA****

1. はじめに

東南アジアにおける多くの都市では、交通流に占めるオートバイの割合が大きく、オートバイが都市交通手段として重要な役割を果たしている。しかしながら、交通流に占めるその位置付けは明らかにされていないことから、現状の道路運用や交通制御は、四輪車を対象として実施されている。このため、オートバイが混入する交通流に対応した効率的な道路運用・交通制御を施すためには、オートバイの挙動及び、オートバイの混入が他の交通流に与える影響を把握することが求められる。

そこで、本研究では、オートバイを含む交通流を対象に、信号交差点における交通容量の推計方法を考案する。具体的には、四輪車に対するオートバイの走行位置に着目して、交差点運用形態を3つに分類し、各交差点運用形態別にオートバイの混入率から交差点容量を推計する方法を構築する。さらに、3種類の運用形態の交通容量を比較し、オートバイ混入率に対応する効率的な交差点運用形態について考察を加える。

2. 交差点運用形態とオートバイの影響

本研究では、交差点運用形態を、最も標準的な運用形態（交差点運用形態A，図1），停止線にオートバイ専用の信号待ちエリアが設置されている交差点（交差点運用形態B，図2），オートバイ専用レーンが存在する交差点（交差点運用形態C，図

3）の3種類に分類する。また、先行研究¹⁾により、オートバイの混入が交通流に与える影響に関して、以下の知見を獲得済みである。

）車線幅員が充分にある場合に、乗用車との関係でオートバイの走行位置を「車間」と「車線間」に分類したとき、「車線間」を走行するオートバイが交通流に与える影響は無視できる程度である。

）オートバイ専用の信号待ちエリアにて信号待ちをするオートバイに関して、全てのオートバイが停止線を通るのに要する時間は、発進損失を差し引くと、その台数と比例関係にある。

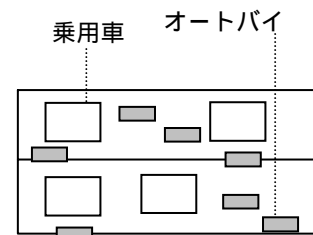


図1 交差点運用形態A

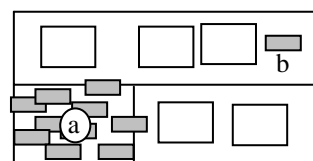


図2 交差点運用形態B

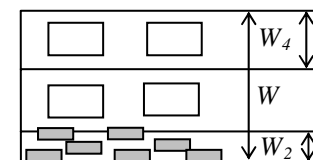


図3 交差点運用形態C

*キーワード：オートバイ、信号交差点、交通容量

**学生員、京都大学大学院都市社会システム専攻

(E-mail: shiomi@term.kuciv.kyoto-u.ac.jp)

***正員、工博、京都大学大学院都市社会システム専攻

(E-mail: yoshii@term.kuciv.kyoto-u.ac.jp)

****正員、工博、京都大学大学院都市社会システム専攻

(E-mail: rkitamura@term.kuciv.kyoto-u.ac.jp)

3. 可能交通容量の算出

可能交通容量を算出するに当たっては理想的な交通状況を想定する。また、交通流はオートバイと乗用車の直進車のみで構成されるものとし、交通容

量を低下させる要因としては、オートバイの混入のみを考慮する。

(1)交差点運用形態A

運用形態Aの交差点(図1)では、すべてのオートバイが四輪車と混在して走行するものとする。この際、先の先行研究による知見(1)より車線間を走行するオートバイは交通流に影響を与えないとすると、有効青1時間あたりの四輪車の可能交通容量 $Q_A[pcu/lane/h]$ は、(1)式にて表すことができる。

$$Q_A = \frac{3600 \cdot (1 - P_B)}{t_S \cdot (1 - P_B) + t_B \cdot P_B \cdot (1 - r_{side})} \quad (1)$$

ただし、各変数はそれぞれ以下の通りである。

- P_B : オートバイ混入率
(= オートバイ台数 / オートバイ+四輪車台数)
- t_S : 飽和交通流における乗用車間の車頭時間(s)
- t_B : オートバイの混入による車頭時間の増加分(s/台)
- r_{side} : すべてのオートバイのうち、「車線間」を走行するオートバイの割合(以降、「オートバイの車線間走行率」と呼ぶ)

なお、 t_S 、 t_B 、 r_{side} は車線幅員によって決定される交差点固有の定数とする。

(2)交差点運用形態B

運用形態Bの交差点(図2)を走行するオートバイは、オートバイ専用信号待ちエリアにて信号待ち後に発進するオートバイ(図2中a)と、四輪車と混在して走行するオートバイ(図2中b)とに分類される。信号待ち後に発進するオートバイは、その発進に要する時間分だけ、後続の乗用車の発進を遅らせることになる。これより、 n 車線で構成され、その内の1車線にオートバイ専用信号待ちエリアが設置されている交差点について考えると、有効青1時間あたりの四輪車の可能交通容量 $Q_B[pcu/lane/h]$ は、(2)式で表現される。

$$Q_B = \frac{3600 \cdot (1 - P_B)}{t_S \cdot (1 - P_B) + t_B \cdot P_{BF}} \cdot \left(1 - \frac{l_B}{n \cdot C \cdot g}\right) \quad (2)$$

ただし、

- l_B : 信号待ちエリアのあるレーンで、青開始後、最初の四輪車が停止線を横切るまでの時間(s)
- C : サイクル長(s)
- g : 対象アプローチに通行権が与えられる現示のスプリット
- P_{BF} : 車間を走行するオートバイの全車両に対する割合

ここで l_B について考える。

赤信号時に信号待ち行列に加わるオートバイがオートバイ信号待ちエリアに滞留するものと考えられるが、四輪車の車列などの影響により、これらのオートバイのすべてが信号待ちエリアにて待機できるわけではない。そこで、赤信号時に信号待ち行列に加わるオートバイの一部が信号待ちエリアに到達して待機するものとし、その割合を k とする。このとき、各サイクルにおいて信号待ちエリアから発進するオートバイの台数 N_{BW} は(3)式のように表せる。

$$N_{BW} = k \cdot (1 - g) \cdot \frac{P_B}{1 - P_B} \cdot \frac{C \cdot g}{3600} \cdot Q_B \quad (3)$$

また、先行研究による知見(2)より、オートバイの台数 N_{BW} を用いて、 l_B は(4)式のように表現出来る。ここで、 α 、 β は幅員等によって決定される交差点固有の定数である。

$$l_B = \alpha \cdot N_{BW} + \beta \quad (4)$$

一方、車間を走行するオートバイの全車両に対する割合 P_{BF} は、

$$P_{BF} = (1 - r_{side}) \{1 - k \cdot (1 - g)\} \cdot P_B \quad (5)$$

となる。

以上より、交差点交通容量はオートバイ混入率、信号サイクル長、及びスプリットの関数として表現することができる。

(3)交差点運用形態C

運用形態Cの交差点(図3)では、オートバイ混入率に応じて適切なオートバイ専用レーンの幅員(W_2)が決定されるものとする。そのため、オートバイ混入率が大きくなれば、オートバイ専用レーンに割り当てるべき幅員も大きくなるので、四輪車の車線幅員(W_4)が狭くなり、通過可能な四輪車台数は減少することになる。道路の幅員を W 、四輪車走行車線数を n 、幅員1mあたりの飽和交通流におけるオートバイの平均車頭時間を t_B (秒/台・m)、四輪車の車頭時間を t_S (秒/台)とすると、オートバイ専用レーンを通過可能なオートバイ台数と四輪車走行車線を通過可能な四輪車台数との比率がそれぞれの走行台数の比率に等しくなったときが最適な運用方法であり、このとき、オートバイ専用レーンの幅員は(6)式によって示される。

$$\frac{t_B}{W_2} : \frac{t_S}{n} = \frac{1}{P_B} : \frac{1}{1-P_B} \quad (6)$$

ただし、各車線幅員は(7)式を満たす必要がある。

$$W_2 + n \cdot W_4 = W \quad (7)$$

また、四輪車の車頭時間 t_S はその車線幅員に依存して決定されるが、これを既存文献²⁾を用いて(8)式にて表現する。

$$t_S = f(W_4) = \frac{t_S'}{0.24W_4 + 0.22} \quad (8)$$

ただし、 t_S' は飽和交通流下での四輪車の車頭時間の基本値を表す。

これより、オートバイ混入率が決定されれば、それぞれの幅員が決定され、四輪車の車頭時間も求まり、有効青1時間あたりの四輪車の可能交通容量 Q_C [pcu/lane/h]は(9)式にて示される。

$$Q_C = \frac{3600}{t_S} = \frac{3600}{f(W_4)} \quad (9)$$

4. 交差点運用形態別の交通容量比較

本章では、先に分類した3つの交差点運用方法について、各運用方法を施した場合の交通容量とオートバイ混入率との関係を定量的に把握することで、各運用方法に適したオートバイ混入率のレベルについて考察を加える。

(1) 交差点調査概要

先に構築した推計式の各パラメータの値を設定するために、以下にて交通流の観測を行った。観測アプローチの選定にあたっては、1)近飽和状態であること、2)下流からの先詰まり現象がないことを条件とした。その上で、交差点運用形態Aを持つ交差点としてチェンマイ市内中心部交差点(Chaoen Muang Rd & Chaoen Rat Rd)の東アプローチを対象に平成15年9月20日(土)の11時15分~12時に渡り調査を行った。次に、交差点運用形態Bをもつアプローチとして、バンコク市内中心部交差点(Rama I Rd & Phaya Thai Rd)の東アプローチ(アプローチa)と北アプローチ(アプローチb)を対象に平成15年9月16日(火)の7時~9時、11時~13時、15時~18時の計7時間、観測を行った。また、交差点運用形態Cを持つアプローチとして、

チェンマイ市外周道路上交差点(Chaoen Muang Rd & Super Highway)の東アプローチを対象に平成15年9月20日(土)の17時~18時に渡り観測を行った。

(2) 観測結果

a) 交差点運用形態A

交差点運用形態Aの交差点を観測した結果、表1に示すパラメータ値を獲得した。

表1 交差点運用形態Aの入力値

t_S	t_B	r_{side}
2.00	0.68	0.45

b) 交差点運用形態B

調査結果より得られた k の値(信号待ちエリアに到達するバイクの割合)を図4に示す。

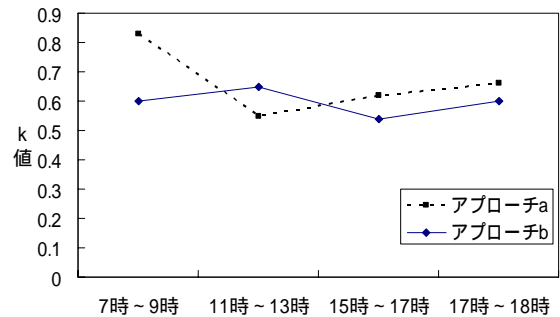


図4 信号待ちオートバイ台数のモデル

これより、アプローチaの7時~9時を例外として、ほぼ一定値を示すことが分かる。そこで、 k をオートバイ混入率や交通量によらない定数($k=0.6$)とする。

次に、信号待ちエリアから発進するオートバイ台数と t_B との関係を図5に示す。これより定数 α の値を決定する。

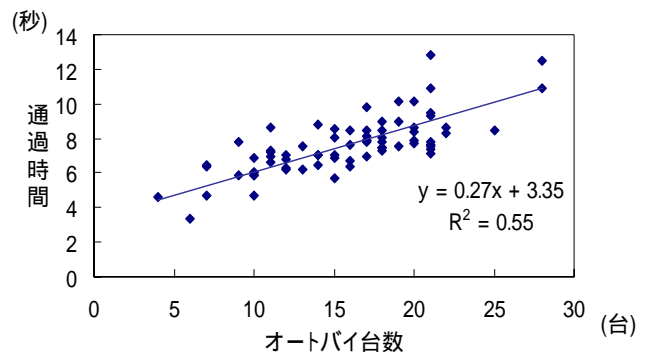


図5 信号待ちオートバイ台数と通過時間の関係

さらに、これらの結果に加えて、その他のパラメータ値について観測した結果をまとめて表2に示す。

表2 交差点運用形態Bの入力値

t_s	t_B	r_{side}	C
2.00	0.56	0.53	200
k			
0.60	0.27	3.4	

c) 交差点運用形態 C

交差点運用形態Cでは、幅員 1mあたりの飽和交通流におけるオートバイの平均車頭時間 t_B を計測し、0.20[秒/台/m]を得た。

(3)交通容量の比較

本節では、幅員 10.5m の道路を想定し、前節で獲得したパラメータ値を用いて交差点運用形態別に交通容量を比較する。なお、交差点運用形態 A 及び B は 3 車線により構成され、1 車線の幅員が 3.5 m であるものとし、交差点運用形態 C は 3 車線により構成されるが、オートバイの混入しない状況でもオートバイ走行車線として 1.5m の幅員を確保するものとする。

各運用形態について、オートバイ混入率と四輪車の交通容量の関係を図6に示す。なお、交差点運用形態 B では、スプリットの影響を受けるため、スプリット 0.2, 0.4, 0.6 の場合の交通容量を示す。

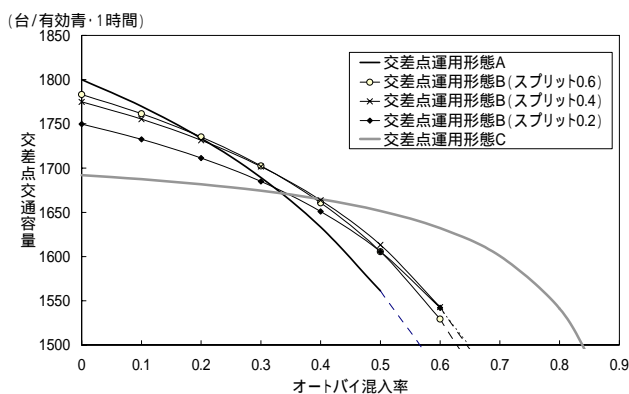


図6 オートバイ混入率と四輪車の交通流量

交差点運用形態 B では、スプリットが小さい場合には、スプリットの大きい場合と比べて、四輪車用停止線の後退による発進損失時間の増大という負の影響が大きくなる一方で、信号待ちエリアにオートバイを集めるという正の効果が大きくなると考えられる。そのため、オートバイ混入率の低い状況では、前者が卓越するためにスプリットの大きい方が

効率的な運用がなされるが、混入率が高くなると後者の影響が大きくなるためにスプリットの小さい方が効率的になると考えられ、図6からもその傾向が確認できる。

一方、交差点運用形態別に交通容量の比較を行うと、オートバイ混入率が低い場合には、交差点運用形態 B では信号待ちエリアの設置により停止線が後方にシフトすること、交差点運用形態 C では四輪車の走行する車線幅員が小さくなることを理由として、交差点運用形態 A (通常運用)と比較して交通容量が小さくなるのがわかる。対して、オートバイ混入率が高くなってくると交差点運用形態 B の効率が最も良くなり、さらに混入率が高くなると、専用レーンを確保する交差点運用形態 C が最も効率的であるという傾向が確認できる。また、交差点飽和度の関係で小さいスプリットを採用する場合には交差点運用形態 B は採用されず、オートバイ混入率の増大に伴い、交差点運用形態 A から交差点運用形態 C へと効率的な運用形態が変化することが分かる。

5.おわりに

本研究では、オートバイ混入率や需要交通量に対応して、最も効率的な交差点運用形態が変化することを明示した。

しかし、交差点容量を推定する段階で、交通流をオートバイと四輪車の直進車のみで構成されるものと仮定したが、実際の交通流を想定する上では大型車の混入や右左折車の混入が交通流に与える影響は無視できるものではない。さらに大型車や右左折車が混入することにより、オートバイの挙動にも影響を与えるものと考えられる。また、交差点特有の値とした車線間走行率などのパラメータに関しても、より正確に把握することが必要であると考えられる。

今後は、これらのことを踏まえ、より正確な交差点容量推計式を構築したい。

参考文献

- 1) 塩見康博, 吉井稔雄, 北村隆一; オートバイを含む交通流の容量解析, 平成 16 年度土木学会関西支部投稿中
- 2) (社)交通工学研究会; "交通工学ハンドブック", pp.202 ~ 205, 1984