

歩車分離式信号による交差点の交通処理能力の変化に関する分析*

*An Analysis of the Traffic Capacity at the Intersection by Pedestrian-Vehicle Separated Traffic Signal Control**

小川 圭一**・川居 卓也***

*By Keiichi OGAWA and Takuya KAWAI****

1. はじめに

信号交差点における自動車と歩行者・自転車との交通事故を防止する対策の1つに、歩車分離式信号の導入が挙げられる。歩車分離式信号は2002年から全国で本格的に導入が開始された信号制御方式である。車両と歩行者の通行時間を分離することによって歩行者・自転車の安全性の向上に繋がると考えられ、今後も導入が期待されるものである。

一般的には、歩車分離式信号の導入は歩行者専用の青時間を設定したり、車両の青時間を進行方向別に設定したりすることから、1方向あたりの車両の青時間が減少することになる。このため、交差点の交通処理能力が低下し、自動車交通量の多い交差点においては新たな交通渋滞の発生に繋がる可能性がある。このため歩車分離式信号の導入にあたっては交通渋滞に対する影響についても検討をおこなう必要がある。

しかしながら、歩車分離式信号の導入が必ずしも交差点の交通処理能力の低下に結び付くわけではない。例えば、右左折車の交通量が多く、横断歩行者による右左折車の滞留によって交通渋滞が発生している交差点においては、歩車分離式信号の導入によって右左折車と歩行者の青時間を分離することにより、右左折車が横断歩行者によって滞留することがなくなるため、むしろ交通処理能力の向上に繋がることが考えられる。

このように歩車分離式信号の導入による交差点の交通処理能力の変化は、導入する交差点の自動車交通量、歩行者交通量や、右左折車の混入率などによって異なると考えられる。そこで本研究では、交差点の交通条件に応じた歩車分離式信号の導入による影響を分析するため、交差点を通過する自動車、歩行者の挙動をもとに、交差点の交通処理能力を算定するシミュレーションモデルを

構築する。これにより、交通処理能力の面から歩車分離式信号の導入が期待できる交差点の交通条件について明らかにすることを目的とする。

2. 歩車分離式信号

近年、歩行者・自転車の安全性を重視する施策が多くみられるようになり、交差点における自動車と歩行者・自転車との交通事故を防止する対策の1つとして、歩車分離式信号の導入がおこなわれるようになっている。

近年、日本で導入されている歩車分離式信号には、以下の4種の制御方式がある。

・スクランブル方式

すべての方向の車両を停止させている間にすべての方向からの歩行者を横断させる方式で、斜め方向の横断を認めるものである。

・歩行者専用現示方式

すべての方向の車両を停止させている間にすべての方向からの歩行者を横断させる方式で、斜め方向の横断を認めないものである。スクランブル方式との違いは、歩行者の斜め横断を認めるか否かである。

・右左折車両分離方式

歩行者を横断させるときに同一方向に進行する車両の右左折をさせない方式である。採用にあたっては右折専用および左折専用の通行帯が必要になる。

・右折車両分離方式

歩行者を横断させるときに同一方向に進行する車両の右折をさせない方式である。採用にあたっては右折専用の通行帯が必要になる。

交差点の交通条件によって適切な制御方式は異なると考えられるが、本研究ではこのうち歩行者専用現示方式を対象として分析をおこなうこととする。

3. 交差点シミュレーションモデルの構築

(1) シミュレーションモデルの概要

本研究では、歩車分離式信号の導入の有無による交差点の交通処理能力の比較をおこなうため、交差点を通過する車両と歩行者の挙動を表現し、車両の総待ち時間と

* キーワード：交通安全，交通制御，交通容量，歩車分離式信号

** 正会員，博（工学），立命館大学理工学部都市システム工学科
〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1
TEL: 077-561-5033, FAX: 077-561-2667
E-mail: kogawa@se.ritsumei.ac.jp

*** 正会員，修（工学），国土交通省

最大待ち時間、最大滞留長などを算定するシミュレーションモデルを構築する。

ここでは本研究で構築する交差点シミュレーションモデルの概要について示す。ここでは一般的な交差点として、図-1 のような 4 車線道路が交差する交差点を想定し、各流入部に右折専用車線が付加された 4 枝の仮想交差点を想定する。

交差点シミュレーションモデルの構築にあたっては、交差点を通過する車両の挙動、横断歩行者の挙動をサブモデルとし、横断歩行者による車両の通過台数への影響を考慮する。交通処理能力の比較をおこなうため、車両の挙動については交差点通過時における走行速度や車頭時間、歩行者挙動については横断歩道を占有する時間が重要となる。モデルの構築にあたっては、観測調査により得られた車両および歩行者の挙動に関する実測値を用いる。また、車両および歩行者の到着はランダムであると仮定し、ポアソン分布にしたがうものとする。なお、自転車や二輪車の混入による影響は、本研究のシミュレーションモデルでは考慮していない。

これにより、交差点の方向別の自動車交通量、右左折率、歩行者交通量と、信号サイクル長を設定した場合の、車両の総待ち時間と最大待ち時間、最大滞留長などを算定することができる。

(2) 車両挙動のサブモデル

車両挙動のサブモデルは交差点流入部の車線ごとに構築する。各車線とも、車両の通過については交差点流入部の停止線を基準に考え、車両の一部が停止線に到着した時点と、その車両が交差点を通過した時点と考える。

また、走行する車両の挙動として、自由走行と追従走行の 2 種を考える。自由走行の場合、車両はそれぞれ設定した自由走行速度で走行するものとする。自由走行速度の分布は後述の観測値にもとづき設定する。追従走行の場合、車両は前方の車両の速度にあわせて走行し、交差点付近での追い越しは考えないものとする。

また、横断歩行者による交通処理能力への影響を考慮するため、右左折車については進行方向の横断歩道に歩行者が存在する場合には横断歩道手前で停止し、横断歩行者がいない時間帯のみに横断歩道を通過するものとする。このため、後述の歩行者挙動の設定にもとづき、青時間中に横断歩行者のいない時間帯のみを右左折車の通過可能時間とし、この時間帯のみ交差点を通過できるものとする。また、右折車については横断歩行者のみでなく、対向車の影響についても同様に考慮している。

(3) 歩行者挙動のサブモデル

歩行者挙動については、横断歩道の範囲内の場所から自由に横断を開始する。歩行者は横断を開始した場所か

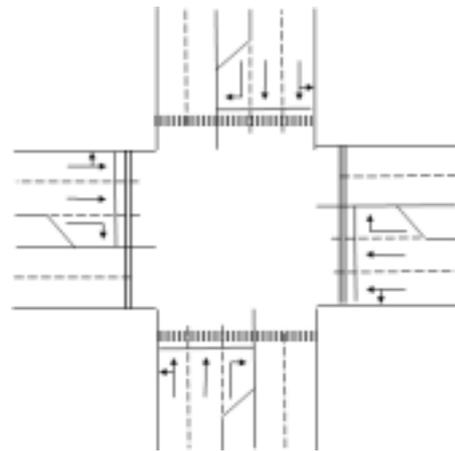


図-1 仮想交差点の構成

ら最短の距離で横断すると仮定し、後述の観測値にもとづき設定した歩行速度で横断をおこなう。これにより、青時間中に歩行者が横断歩道を占有する時間を算定することによって、車両の通過台数への影響を考慮する。

なお、横断歩道を同時に並列で横断できる人数には限りがあるので、横断待ちの歩行者が一定の人数を超えると、信号の切り替わりと同時に横断を開始できない歩行者が存在することになる。このため、歩行者の横断間隔を設定することにより、滞留した歩行者がすべて同時に横断を開始するのではなく、前方の歩行者に続いて横断する現象を表現できるようにしている。

(4) 車両挙動の観測調査

車両挙動のサブモデルに必要なパラメータについては、滋賀県草津市内にある矢橋中央交差点を対象として観測調査をおこなった。

対象交差点は南北方向に片側 2 車線（交差点流入部は 3 車線）の道路、東西方向に片側 1 車線（交差点流入部は 2 車線）の道路が交わる交差点である。南北方向には見通しの良い直線が続く区間であり、信号制御方式は南北方向に右折専用現示が備わっている 3 現示である。また、規制速度はいずれも 50km/h である。

矢橋中央交差点において、ビデオカメラを用いて車両の挙動を観測した。調査は 2007 年 11 月 12 日（月）8:00~10:00 および 11:00~13:00 の計 4 時間にわたっておこない、交差点を各方向に通過する車両の走行速度、車頭時間、右左折車の通過・停止の判断などについて観測をおこなった。

(5) 歩行者挙動の観測調査

一方、歩行者挙動のサブモデルに必要なパラメータについては、滋賀県草津市内にある南草津駅前交差点を対象として観測調査をおこなった。

対象交差点は JR 琵琶湖線（東海道線）南草津駅前であり、歩行者交通量が非常に多い交差点である。

車両挙動の調査と同様に、ビデオカメラを用いて歩行者の挙動を観測した。調査は2007年12月21日(金)13:00~16:00の3時間にわたっておこない、歩行者の歩行速度、歩行間隔などについて観測をおこなった。

4. 交通条件による交通処理能力の比較

(1) 左折率による比較

上述の交差点シミュレーションモデルを用いて、方向別の自動車交通量、右左折率、歩行者交通量と、信号サイクル長を設定した場合の、車両の総待ち時間と最大待ち時間、最大滞留長などを算定する。本章ではこのうち、左折車の影響について算定結果を示す。

本節ではまず、サイクル長、自動車交通量、歩行者交通量を固定した場合の、左折率の違いによる交通処理能力の算定結果を示す。なお、シミュレーションは1時間分の計算をおこなった。

算定結果の例として、サイクル長を150秒、自動車交通量を900台/h、歩行者交通量を200人/hと固定した場合の、左折率の変化による車線別の平均待ち時間の算定結果を図-2に、1サイクルで交差点を通過できなかった車両台数の算定結果を図-3に示す。

これをみると、左折率が80%以上になると走行車線(第1車線)の待ち時間が増大しており、1サイクルで交差点を通過できない車両が発生している様子が見られる。

(2) 歩行者交通量による比較

つぎに、サイクル長、自動車交通量、左折率を固定した場合の、歩行者交通量の違いによる交通処理能力の算定結果を示す。なお、シミュレーションは前節と同様に1時間分の計算をおこなった。

算定結果の例として、サイクル長を180秒、自動車交通量を800台/h、左折率を40%と固定した場合の、歩行者交通量の変化による車線別の平均待ち時間の算定結果を図-4に、1サイクルで交差点を通過できなかった車両台数の算定結果を図-5に示す。また、同じ条件で歩車分離式信号を導入した場合の算定結果もあわせて示す。

これをみると、歩行者交通量が400人/h以上になると走行車線(第1車線)の待ち時間が増大し、600人/h以上になると1サイクルで交差点を通過できない車両が発生している様子が見られる。歩車分離式信号を導入した場合の待ち時間はこれより小さくなっており、1サイクルで交差点を通過できない車両も発生していないことから、歩行者交通量が400人/h以上の場合には歩車分離式信号の導入が有効であることがわかる。

(3) 歩車分離式信号の適用条件

前節のような平均待ち時間の算定を自動車交通量、右

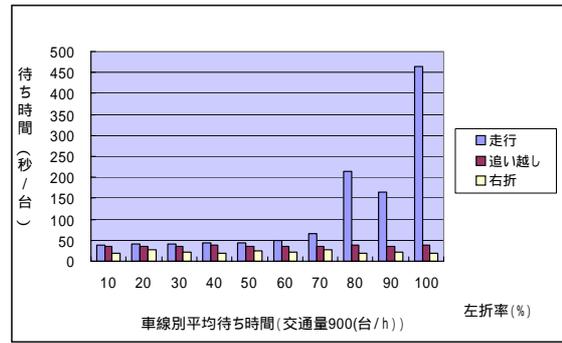


図-2 平均待ち時間の算定結果

(サイクル長150秒、自動車交通量900台/h、歩行者交通量200人/h)

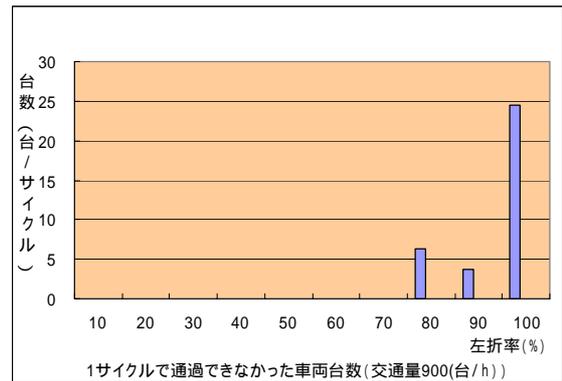


図-3 1サイクルで交差点を通過できなかった車両台数

(サイクル長150秒、自動車交通量900台/h、歩行者交通量200人/h)

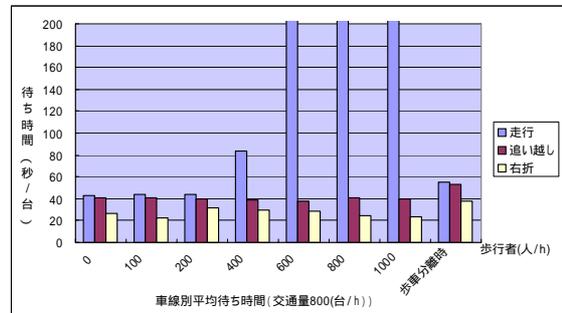


図-4 平均待ち時間の算定結果

(サイクル長180秒、自動車交通量800台/h、左折率40%)

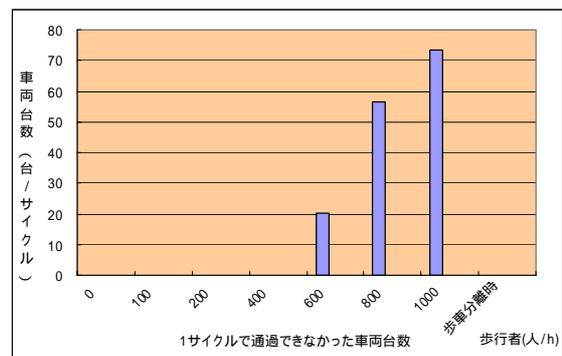


図-5 1サイクルで交差点を通過できなかった車両台数

(サイクル長180秒、自動車交通量800台/h、左折率40%)

左折率、歩行者交通量を変化させておこない、歩車分離式信号が適用できる交通条件について整理する。このうち、左折車の交通処理能力に対する影響について算定結果をまとめると、図-6～図-8 のようになる。

同じ信号制御方式であっても信号サイクル長によって平均待ち時間が異なるため、歩車分離式信号と非歩車分離式信号の各々について、サイクル長が 120 秒、150 秒、180 秒の場合の平均待ち時間をそれぞれ算定し、3 種の中で最小の平均待ち時間となるサイクル長を選定する。その上で、選定された歩車分離式信号と非歩車分離式信号の最小の平均待ち時間を比較する。図-6～図-8 では算定結果を以下の 3 種に分類して表示している。

- ・歩車分離式信号の方が平均待ち時間が 5 秒以上小さい場合（図中■印）。
- ・歩車分離式信号と非歩車分離式信号の待ち時間の差が 5 秒以内の場合（図中■印）。
- ・歩車分離式信号の方が平均待ち時間が 5 秒以上大きい場合（図中■印）。

これらの算定結果から、歩行者交通量が 100 人/h 以下の場合には、歩車分離式信号を導入しても交通処理能力は向上しないことがわかる。一方、歩行者交通量が 200 人/h を超えると、自動車交通量と左折率が大きい場合、歩車分離式信号の導入が交通処理能力の向上に繋がることになる。当然のことながら歩行者交通量が大きい場合ほど、歩車分離式信号の方が交通処理能力が大きいという結果となった。しかしながら、左折率が 10% 以下の場合には歩車分離式信号を導入しない方が交通処理能力が大きくなっている。これは左折率が小さい場合、横断歩行者によって停止する左折車が少なく、後続の車両の通過に影響しないためと考えられる。

5. おわりに

本研究では交差点シミュレーションモデルを構築することにより、歩車分離式信号の導入による交差点の交通処理能力の比較検討をおこなった。その結果、歩車分離式信号の導入によって交通処理能力の向上に繋がる交通条件としては、歩行者交通量が 200 人/h 以上、車両の左折率が 10% 以上であることなどがわかった。これらにより、歩車分離式信号の導入に適した自動車交通量、右左折率、歩行者交通量の範囲があることがわかった。

今後の課題としては、本研究では交差点の交通量を 4 方向ともに同一と仮定したため、今後は方向によって交通量が異なる交差点についても検討する必要があると考えられる。また、本研究では歩行者専用現示方式のみを対象として検討をおこなったが、他の信号制御方式についても検討をおこない、交差点の交通条件に応じた最適な信号制御方式について明確にする必要がある。

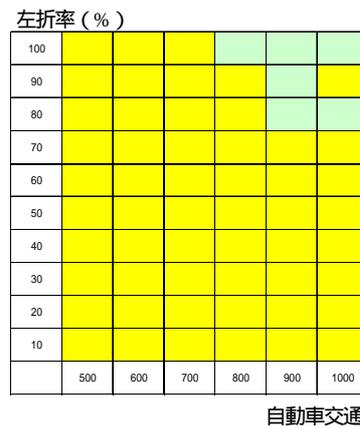


図-6 平均待ち時間の比較（歩行者交通量 100 人/h）

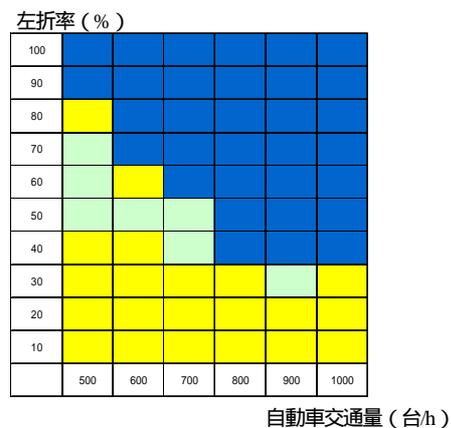


図-7 平均待ち時間の比較（歩行者交通量 400 人/h）

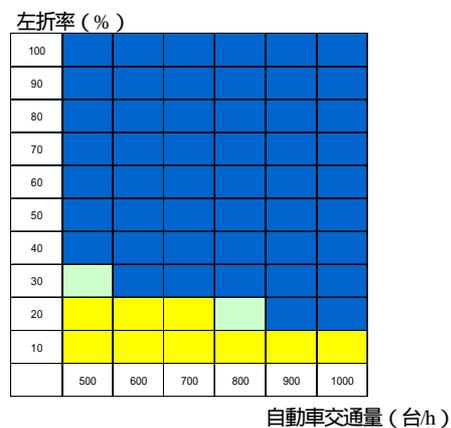


図-8 平均待ち時間の比較（歩行者交通量 1,000 人/h）

参考文献

- 1) 滝口将司, 井ノ口弘昭: 歩車分離式信号サイクルの交通流への影響分析と適正周期・スプリットの算出, 平成 17 年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集, CD-ROM, 第 部門, -62, 2005.
- 2) 阿部浩幸, 高田邦道: 歩車分離式信号の効果に関する研究, 第 25 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.9-12, 2005.