

交通容量拡大を意図した信号制御の一考察*

A Study on Signal Controls to Increase Traffic Capacity*

本間正勝**・鹿島茂***

By Masakatsu HOMMA**・Sigeru KASHIMA***

1. 研究の背景と目的

国内外各種の交通容量マニュアルに記載^{例えば 1),2)}されているように、信号交差点における交通容量の決定には、車線構成などの道路状況と共に、そこでの信号制御状況が密接な関わりを持っている。そのため、これまでも交差点信号の運用改善の実施により交差点容量の拡大に貢献してきたところである。

しかし、既に幾度となく信号運用の改善策が施された交差点については、現状での信号制御の改善方法による、さらなる容量拡大の余地は小さなものとなっているのが実情である。

そこで、本研究では、諸外国の信号制御を参考に、我が国では一般的に運用されていない信号現示方式をも視野に入れ、交通容量拡大を意図したより効率的な信号制御について検討することを目的とする。

なお、検討に際して、信号現示方式の選定には安全性の観点からの判断が重要視される実情を踏まえ、円滑性のみならず安全性についても考慮することとする。

2. 研究の方法

(1) 模擬交差点の設定

現在、実際に問題となっているボトルネック交差点の中から信号制御の変更により容量拡大が図られる可能性のあるパターン化された模擬交差点を対象に行う。本研究では、図1に示すように、東西方向が主道路で南北方向が従道路となる交差点において

主道路西方向からの右折と従道路南方向からの左折の屈折需要が若干多いボトルネック交差点を対象とする。ボトルネック交差点の中で、この種の交差点は、しばしば実際に見られる典型的な現象の1つである。この模擬交差点を対象に信号制御変更の観点から、交通容量拡大の可能性について検討し、その検討結果を交通流再現シミュレーションを用いて評価する。

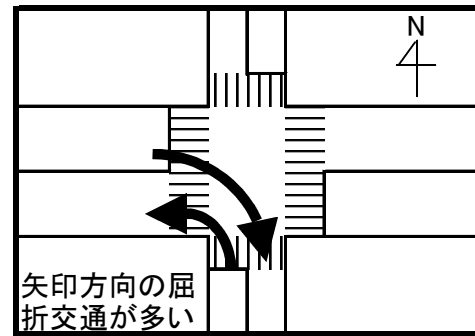


図1 パターン化した対象模擬交差点

(2) 交通流再現シミュレーション

本研究で用いた交通流再現のシミュレーションモデルの概要は表1の通りである。なお、交差点容量の拡大の検討にシミュレーションを用いた理由は、単なる数値上の容量値としてではなく、より現実的な検討を可能にするため実際の交差点捌け台数を評価指標として取り上げる意図がある。

表1 使用シミュレーションモデルの概要

名称等	NETSIM 日本版 Ver.4
販売元	株式会社フェニックスリサーチ(日本)
開発元	McTrans、FHWA(米国)
概要	車両1台1台をスキャニングタイム1秒ごとに再現するマイクロシミュレーションモデルであり、米国において最もポピュラーな交通流再現シミュレーターのひとつである。 使用した日本版は、計算部は米国版を用いており、入力・表示部は我が国の右側通行に変更したものである。

*キーワード：交通容量，信号制御

**正員，工修，科学警察研究所交通部交通規制研究室
(千葉県柏市柏の葉 6-3-1，
TEL:04-7135-8001, FAX:04-7133-9187)

***正員，工博，中央大学理工学部土木工学科
(東京都文京区春日 1-13-27，
TEL:03-3817-1817, FAX:03-3817-1803)

(3) 各パラメータの設定

模擬交差点の車線構成及び各流入部の右折・左折・直進率は図2に示す設定とした。各流入部に至る上流部での発生交通量は、大型車混入率を15%とし、各流入部からの交差点通過台数を上回るように適時設定した。すなわち、各流入部とも上流部まで延伸した待ち行列車両が1サイクルで捌ききれず、車両の捌け残りが毎サイクル発生する状況となるよう設定されている。

また、初期の信号現示の構成及び各現示のスプリット値は図3に示すとおり、主道路側スプリットが75%、従道路側スプリットが25%、サイクル長が150秒となるよう設定した。なお、以後の検討により現示構成が変化しても容易に比較できるよう、サイクル長は150秒の固定値とし、従道路側現示については変更を行わず、スプリット値も25%の固定値とした。2現示目の主道路双方向の右折矢現示については、需要の多い西方向からの右折車が右折レーンを超えて滞留し、直進・左折車両に影響を与えてしまう現象をできるだけ回避できるようにスプリット配分を設定した。その他シミュレーションの設定値は、基本的にデフォルト値を用いている。

3. 現状での信号制御方策の検討及び考察

(1) 先出し左折矢の導入

通常、図2のような信号交差点においては、図3に示す現示で運用されることが多い。この現示は、東西・南北の双方向青丸表示となる最も基本的な2現示に、東西・南北の双方向右折矢の現示が加わった4現示の構成となっている。この現示構成はシンプルで、できるだけ信号現示は単純なものとする現示選択の基本原則からすれば、何ら問題はなく一般的に選定される現示であろう。

この現示をもとにした最も簡単な容量拡大対策として、図4に示したように、南方向からの左折需要を捌くため2現示目に左折矢(図4の①)を加える方策が考えられる。

この種の改善策は、大半が特段の問題を引き起こすことなく運用されているが、しばしば2現示目の南方向からの左折矢と3現示目の青丸現示(図4の②)が、現示間に全赤を設定するものの、現示

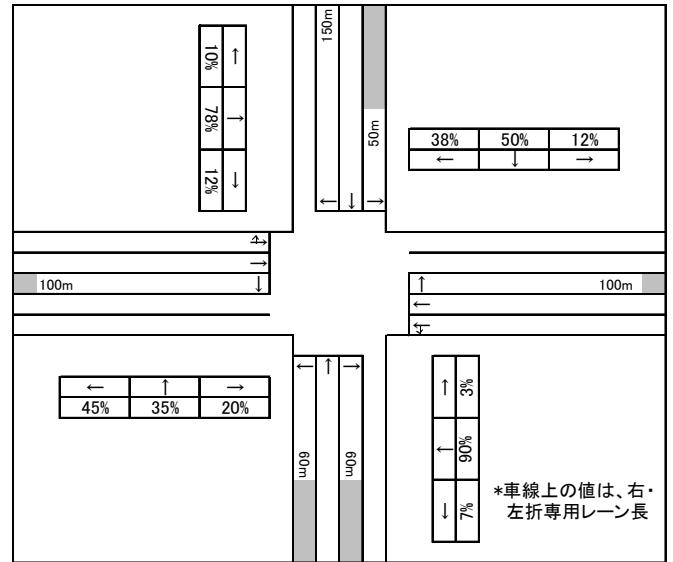


図2 模擬交差点の設定状況

	1φ	2φ	3φ	4φ
流れ図				
SP	57%	18%	17%	8%

図3 初期の設定信号現示及びスプリット配分

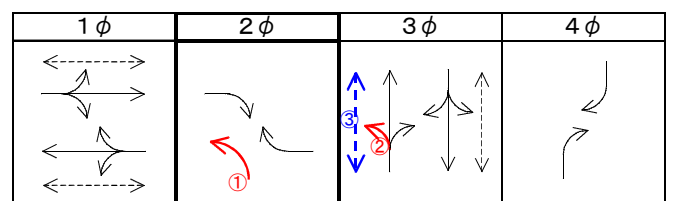


図4 南方向からの先出し左折の付加現示

の変わり目も車両の流れが途切れず、連続流となってしまう現象がみられる。これにより、南方向からの左折車と3現示目開始時の歩行者(図4の③)の間で錯綜現象が起きてしまうことがあり、安全上好ましい現示とは言い難い面がある。事実、筆者は重大事故の発生により、円滑化対策のために設けられた2現示目の南方向からの左折矢表示(図4の①)を取りやめる安全面での対策の必要性に直面し、実施せざるを得なかった事例を体験している。この先出し左折を導入したまま安全性の問題を明確に解決するには、問題となる歩行者横断をやめる(図4の横断歩道及び歩行者信号の廃止)か、歩行者現示を別出しにするしかない。以上の理由から、図3の現示を保持した現状での信号制御方策では、先出し左折の導入は簡単には行えないのが実情である。

(2) 後出し時差の導入

初期の現示でもう一つの問題点は、我が国の場合、右折矢は青丸信号表示の後に出す、「後出し」を基本としているため、「西方向からの右折 東方向からの右折」(図5)であっても、需要の多い西方向からの右折を捌くため「双方向右折矢」を延々と出し続けるしかない点である。これは、東方向からの右折矢表示に着目すると無駄青が発生していることを意味している。

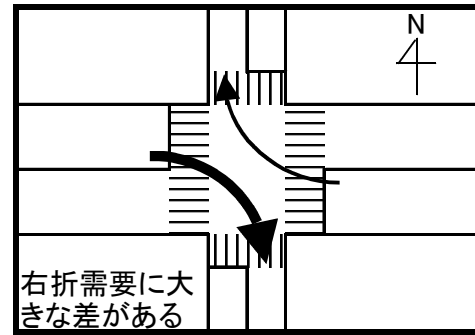


図5 双方向の右折需要の状況

この問題の改善には、双方向の右折矢は需要が少ない側にあわせ必要最小限にとどめ、時差現示を組み込む対策が考えられる。右折矢の後出しにあわせて時差現示を組み込むと図6のようになる。一見、合理的な現示構成で何ら問題はないように見受けられるが、実は、東方向からの右折車が1現示終了時の黄・赤信号表示のクリアランスを利用して右折する(図6の①)と、時差延長された現示にて交差点を通過する対向直進車(図6の②)との間で錯綜事象が発生してしまう問題がある。これは、いわゆる「危険な時差現示」を生成してしまい、致命的な安全上の問題⁴⁾を生じることになる。以上の理由から、図3の現示を保持した現状での信号制御方策では、後出し時差の導入は簡単には行えないのが実情である。結局のところ、現状での信号制御方策の範囲では、様々な改善策は試みるものの、多くの安全性の問題に直面し、手詰まり感があることは否めない。

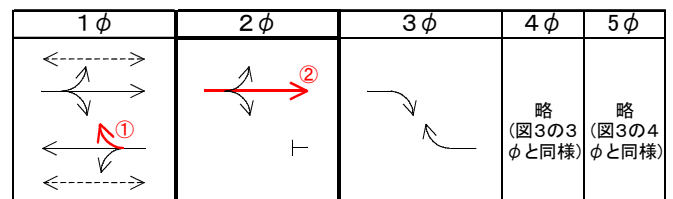


図6 西方向からの後出し時差の付加現示

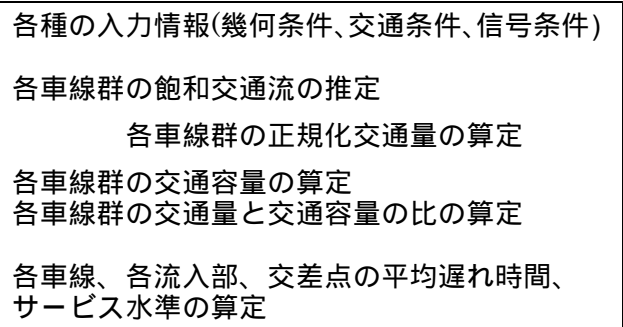


図7 HCMの交差点容量の算定手順

4. 我が国では一般的に行われていない信号制御方策の検討及び考察

(1) 米国のHCM2000からみた信号制御

HCM2000¹⁾では、交差点容量の算定手順は、図7のフローに示すように、車線群(Lane groups)を単位とした検討に基づいて行われる。

そのため、信号制御についても、車線群ごとの検討、ただし、実際には信号は流線ごとの制御となるので、交通流線(Traffic movement)ごとの制御の検討が必要となってくる。この交通流線ごとの制御には米国では最新のデュアルリング制御方式にて対応が可能である。米国では元来、左折(日本の右折)矢は先出しも後出しも両方可能であるが、この制御方式では、双方向の左折(日本の右折)矢は、先出しを

ベースとしている。このことについてHCMでは、左折(日本の右折)フェーズがそれぞれの方向からの需要を満たした後に独立に終了することにより、最大の柔軟性が提供されているとしている。

(2) 先出し右折の危険性

我が国において右折の先出しが一般的に用いられないのは、その制御が危険であると考えられているからである。危険とされる現象は、青丸灯器のみによって先出し時差が実施された場合、図8の1現示目の先出し時差の現示終了時に先出し側の右折車には現示の終了が全く分からないため、先出し側の右折車(図8の①)と次現示の対向直進車(図8の②)とが錯綜してしまう事象が発生することである。確かに、青丸灯器のみの先出し時差は時差終了時が不明確なため危険である。古くは、矢印灯器がさほど多く用いられていなかった等の理由により、現に

そのような運用がなされ問題となったようである。

この事象を回避するため、過去の警察庁の通達によると、「矢印信号の併用を考えず」に、青信号のみによる青先出しの方式を避けることとされている。

しかし、現在、この種の制御で矢印信号を併用する(図9)ことはごく当然のこととなっており、当初懸念していた問題の危険性は薄らいでいると考えられる。現在もなお、危険性を問題視するのであれば、我が国では右折の先出しが一般的でないため、慣れの問題が生じる点であろう。しかし、この点についても例外的ではあるが、先発・後発の時差版を設置することにより周知徹底し、先出し時差を実施している交差点は実存しており、それらの交差点が特段危険であるとする資料はみあたらない。

(3) 先出し右折矢と先出し時差の導入

以上の点を考慮し、我が国では一般的ではない「先出し右折矢」と「先出し時差」の現示を含む新たな現示構成を設ける総合的な改善策(図10)を施した。

これにより、西方向からの右折矢現示にあわせて出される南方向からの左折矢による横断歩行者との錯綜問題(図4)は解消された。加えて、右折矢の先出しにあわせ時差を先出しにすることにより、後出し時差の錯綜問題(図6)も解消された。これらの点では先出し右折矢が、むしろ安全性に寄与する結果となっている。

(4) 改善前後の検討結果

改善前の初期の現示(図3)と改善後の現示(図10)をシミュレーションを用いて交通流を再現した結果、交差点通過交通量は表2に示す値となった。

改善により西方向からの小計交通量は約2200(台/時)から2400(台/時)へ約10%、南方向からの小計交通量は約500(台/時)から700(台/時)へ約38%と、いずれも大きな改善効果が得られた。このことにより、交差点全体の合計通過交通量も約400(台/時)増加し、率にして約8%捌け率が向上する効果があることが示された。

この種の交差点の多くは、西方向及び南方向の交通需要が現示飽和度の決定要因となるため、両方向の捌け台数が増えることは、交差点の容量拡大に確実に貢献する結果が得られたと言える。

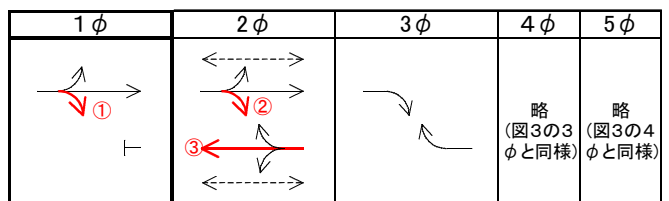


図8 青丸信号による先出し時差の付加現示

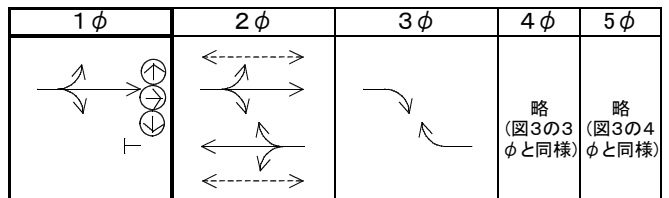


図9 矢印信号併用による先出し時差の付加現示

	1φ	2φ	3φ	4φ	5φ
流れ図				略 (図3の3φと同様)	略 (図3の4φと同様)
SP	8%	10%	57%	17%	8%

図10 総合的な改善後の現示

表2 改善策前後の交通量及び改善率

改善前の交通量(台/時)			改善後/改善前×100(%)		
218	294	65	106	99	95
206	577	58	114	101	102
1717	2196	5326	110	110	108
273	504	140	105	138	101
220	182	102	149	131	126
改善後の交通量(台/時)			表中数値は以下の値を示す		
234	290	62	↑	↓	↓
1889	583	59	→	小計	小計
287	694	141	↓	小計	小計
327	238	129	←	↑	↑

5. 結論

本研究は、諸外国の信号制御を参考に、我が国では一般的に運用されていない信号現示方式をも視野に入れ、交通容量拡大を意図したより効率的な信号制御について検討することを目的に行ったものである。その結果、新たな信号制御の導入により、既存の改善では不可能であった容量拡大の余地を生み出す可能性があることを明示した。

参考文献

- 1). Highway Capacity Manual 2000, Transportation Research Board, 2000.
- 2). 道路の交通容量, (社)交通工学研究会, 1987
- 3). 交通信号の手引き, (社)交通工学研究会
- 4). 本間正勝, 宮田晋: 時差式信号制御の安全性向上に関する研究, 土木計画学研究・論文集, No.19, pp.869-874, 2002