

交通容量の拡大を意図した信号現示に関する研究*

Study of Signal Phases Intended to Increase Traffic Capacity*

本間正勝**・鹿島茂***

By Masakatsu HONMA**・Sigeru KASHIMA***

1. 研究の背景と目的

国内外の各種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、車線構成や付加車線長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、交差点容量を上回る交通需要がある過飽和交差点の円滑性改善には、道路の改良もしくは信号制御の改善が不可欠である。信号による改善面では、これまで主に交通管理者が交差点信号の運用改善を実施すること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、過去に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を特に現示面から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現示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、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。この種の交差点は、現実の道路ネットワークの中でしばしば実際にみられる典型的なボトルネック交差点の1つである。

この模擬交差点を対象に信号現示変更の観点から、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。

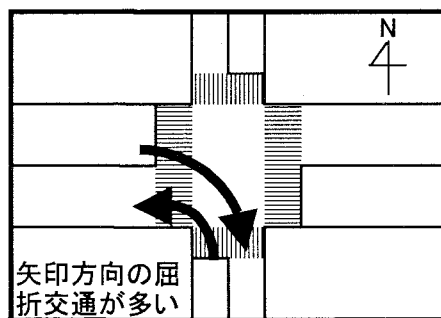


図1 パターン化した対象模擬交差点

(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シミュレーションモデルの概要を表1に示す。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、実際に交差点で運用されている感應制御をシミュレーションで再現することと、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	T S I S ver.5.1
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秒ごとに再現するミ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。 一般道路を再現する NETSIM と高速道路を再現する FRESIM が統合されたシミュレーションモデルで、本稿では、一般道路部の NETSIM を用いている。

*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) 各パラメーターの設定

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0%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70%、従道路側スプリットが30%、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、スプリット値も主道路側70%、従道路側30%の設定値で統一した。(実際には、感応制御による補正状況により、これらの値は変動するので、ここで示した設定値は初めに指定、配分される目標値を意味している。)

2現示目の主道路双方方向の右折矢現示については、この種の交差点では主道路の右折滞留車両が直進・左折車に影響を与える現象を回避する右折感応制御が運用される実態を踏まえ、需要の多い西方向からの右折レーン上に右折車を感応する感知器を設置した。この感知器を用いて右折感応制御をシミュレーション上で再現する。感応による双方方向が右折青矢印の時間変動は2現示の基本スプリット値20%で配分された青時間に対し短縮側5秒、延長側5秒の計10秒幅で行われる設定とした。感知器の設定は3秒のギャップ感応、単位延長3秒とした。感応制御による延長・短縮の補正は次サイクルの1現示目で行う設定とした。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

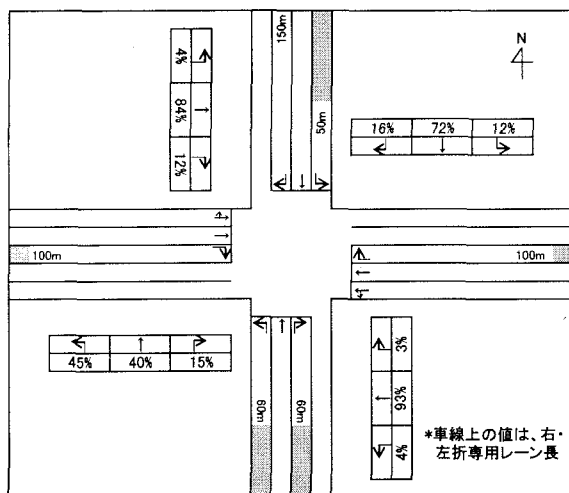


図2 模擬交差点の設定状況

	1φ	2φ	3φ	4φ
流れ図				
SP	50%	20%	20%	10%

図3 初期の設定信号現示及びスプリット配分

	1φ	2φ	3φ	4φ
流れ図				

図4 南方向からの先出し左折の付加現示

策が考えられる。

この改善策は、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現示目の青丸現示との間(図4の①～②)で、現示間に全赤を設定するものの、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。この現象により、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)との間で錯綜事故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)を廃止す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③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(図3)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、「西方向からの右折需要>東方向からの右折需要」(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」の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信号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。

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。我が国では時差現示は後出しが一般的なため、後出しの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³⁾を生じることになる。

また、そもそもここで意図する時差現示の導入対策は双方向の右折矢を需要が少ない側にあわせることであるが、必要最小限としたい双方向の右折矢は主道路側最終現示の3現示目(図6)の配置となってしまうことから、少ない側の右折需要がなくなり次第、現示を打ち切る感應制御の導入に不向きである。

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、多くの問題に直面し、図3に示すような初期の現示のまま運用が続けられることが多い。

4. 我が国では一般的に行われていない信号現示方式の検討及び考察

(1) 米国のHCM2000からみた信号制御

HCM2000³⁾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。

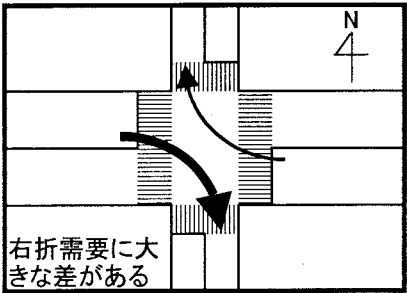


図5 双方向の右折需要の状況

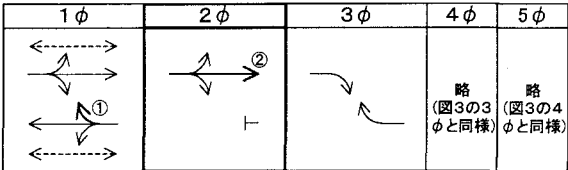


図6 西方向からの後出し時差の付加現示

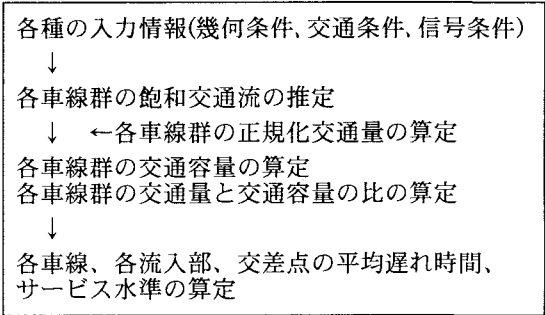


図7 HCMの交差点容量の算定手順

そのため、信号制御についても車線群ごとの検討が必要になってくる。ただし、実際には、信号は流線ごとの制御となるため、交通流線(Traffic movement)ごとの制御の検討が必要となる。この交通流線ごとの制御には米国では図8に示す最新のデュアルリング制御方式³⁾⁴⁾にて対応が可能である。このデュアルリング制御方式は、交通需要に柔軟に対応して最適な、現示構成を生成(運用一例を図9に示す)できるメリットがある。米国では元来、左折矢(日本の右折矢)は先出しも後出しも両方可能であるが、デュアルリング制御方式では、双方向の左折矢(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 HCM2000 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。

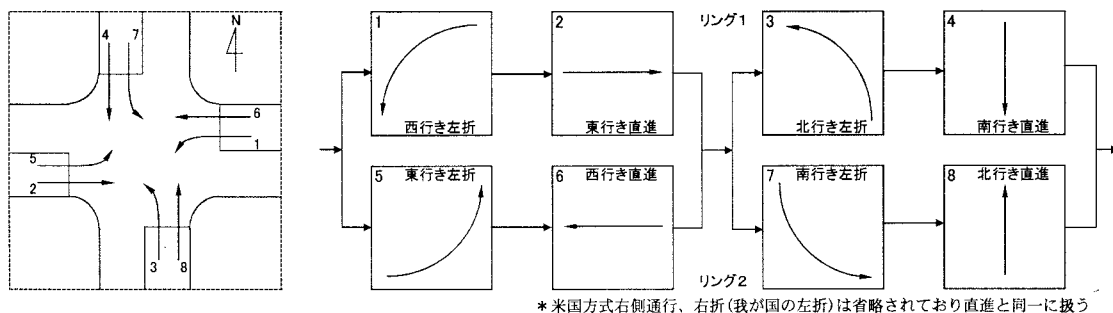
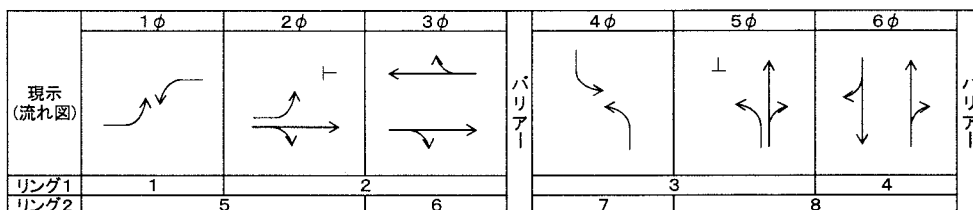


図8 デュアルリング制御方式



*リンク1とリンク2の番号は図8のフェーズ番号を意味する

図9 デュアルリング制御方式の運用一例

(2) 先出し右折現示の危険性

我が国において先出し右折現示が一般的に用いられないのは、その制御が危険⁹⁾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10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1現示目の終了が分からないため、先出し側の右折車(図10の①~②)と次現示の対向直進車(図10の③)との間で錯綜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。古くは矢印信号灯器が現在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、青信号のみの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11)ことはごく一般的なこととなっており、当初懸念していた問題の危険性は回避できていると考えられる。現在もなお、危険性を問題視するのであれば、我が国では先出し右折現示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・後発の時差板を設置することにより周知徹底し、先出し時差によって右折を先出ししている交差点は実際に存在しており、それらの交差点が特に危険であるとする資料はみあたらない。

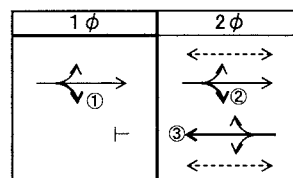


図10 青丸信号による先出し時差

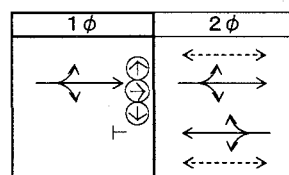


図11 矢印信号併用による先出し時差

こうした点について諸外国に目を向けてみると、先出しも後出しも利用されてきた米国においては、現在約80%が先出し左折(我が国の右折)現示で運用⁹⁾されており、これら先出し現示が危険であるとする認識はなされていない。また我が国同様、後出し右折現示が主流である英国においても、特に我が国のような先出し現示の利用制限はなく、必要に応じて先出し現示は運用されている。しかも、我が国の運用実態に近い英国で先出しと後出しの安全性の違いについて検討した研究⁷⁾によると、右折の先出し現示のほうが後出し現示よりもむしろ安全性が高い結果が示されている。

(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右折矢と時差現示の先出しを含む新たな現示構成を設ける改善案1(図12)を提案する。

改善案1では、主道路側の西方向からの右折と東方向からの右折それぞれに右折感應制御を導入した。感應による右折青矢印の時間変動は、それぞれ最小秒数が5秒、最大秒数は1現示と2現示の基本スプリット値20%で配分された青時間にに対し+5秒の設定とした。感知器の設定は3秒のギャップ感應、単位延長3秒とした。これら感應制御による延長・短縮の補正は同一サイクルの3現示目で行う設定とした。

改善案1により、西方向からの右折矢現示にあわせて同時に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現示の導入が、むしろ安全性に寄与する結果となったことは注目すべきことである。

また、より連続性、安全性を考慮した主道路・従道路共に右折の先出しとし、右折と直進・左折を分離した改善案2(図13)についても提案する。この改善案2も主道路それぞれの方向の右折に改善案1と同様の感應制御を設定した。

	1φ	2φ	3φ	4φ	5φ
流れ図					
SP	20%	50%	20%	10%	

図12 改善案1の現示

	1φ	2φ	3φ	4φ	5φ
流れ図					
SP	20%	50%	10%	20%	

図13 改善案2の現示

(4) 改善前後の検討結果

改善前の初期の現示(図3)、改善後の改善案1(図12)と改善案2(図13)の現示をシミュレーションを用いて交通流の再現を行った。その結果、交差点通過交通量は図14に示す値となった。

改善案1では西方向からの小計交通量が2000(台/

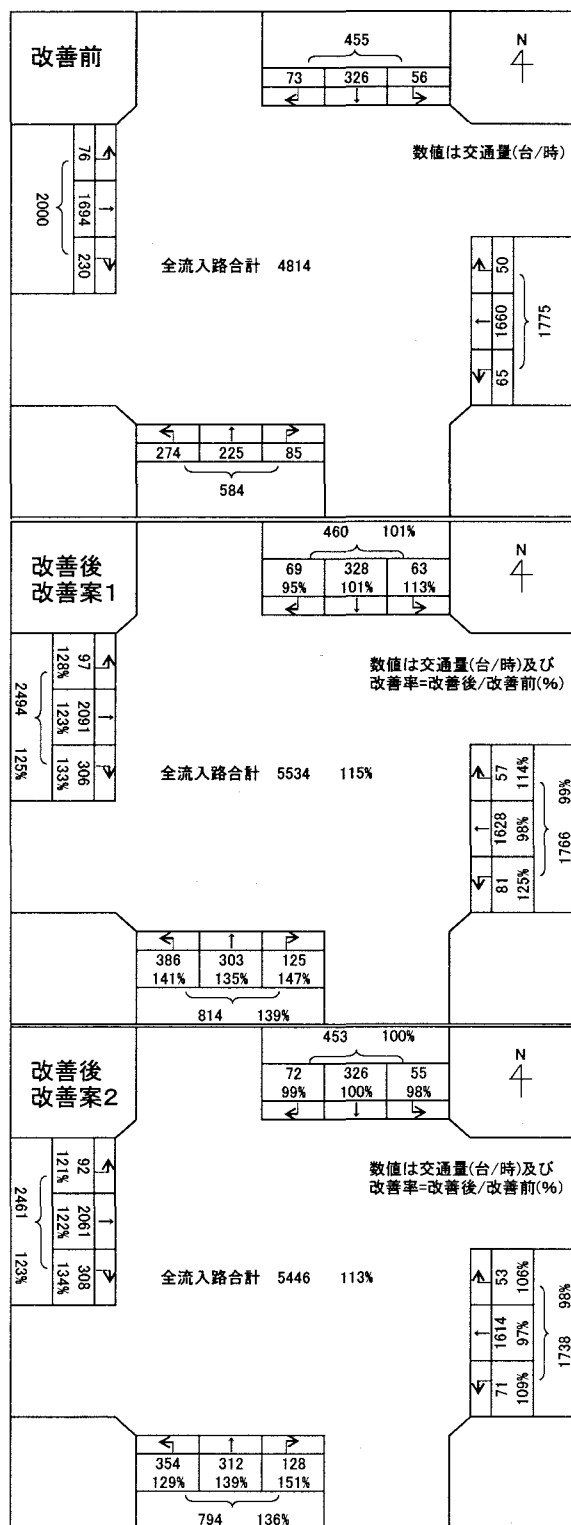


図14 改善策前後の交通量及び改善率

時)から約 2500(台/時)へ約 25 %増、南方向からの小計交通量は約 600(台/時)から約 800(台/時)へ約 40 %増と、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 700(台/時)増加し、率にして約 15 %捌け率が向上する効果があることが示された。改善案2についても、改善案1に比べ若干捌け台数は落ちるものの同様な改善効果が得られた。

この種の交差点では、西方向及び南方向からの交通需要が現示飽和度の決定要因となることが多いため、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。

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。

現示選択の基本原則はなるべく単純でわかりやすい現示構成とすることであり、いたずらに複雑な信号現示を作成すべきではない。しかし、我が国では、先進的な信号制御を行っている諸外国の柔軟な現示運用と比して、この原則にとらわれすぎて柔軟な現

示運用が必要なボトルネック交差点においても相変わらず単純な信号現示で運用がなされてしまっている傾向がある。

交差点容量の向上改善が図られないボトルネック交差点が引き起こす渋滞は、交通公害の問題や渋滞部での高い事故率^{8),9)}の誘因となることをも考慮して、既存の対策手法にとらわれすぎることなく、本稿で検討した先出し右折現示を用いるなど、より柔軟な信号現示の運用の導入を考えていく必要がある。

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). 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
- 4). 本間正勝, 鹿田成則: HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2000: 信号交差点 - 信号時間設定 -, 交通工学, Vol.37, No.5, pp.74-82, 2002
- 5). 交通信号の手引き, (社)交通工学研究会, 1994
- 6). Evaluation of Traffic Signal Displays for Protected-Permitted Left Turn Control, Agency Survey Report, Working Paper 2, NCHRP Project 3-54, p.19, 1999
- 7). R. D. Hall, Accidents at four-arm single carriageway urban traffic signals, TRRL Contractor Report 65, 1986
- 8). Avishai Ceder and Moshe Livneh, Relationships between road accidents and hourly traffic flow - I, Accid. Anal. & Prev, Vol.14, No.1, pp.19-34, 1982
- 9). 彦坂崇夫, 中村英樹: 高速道路単路部における交通状況と事故率との関連に関する統計的分析, 第 21 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.173-176, 2001

交通容量の拡大を意図した信号現示に関する研究*

本間正勝**・鹿島茂***

本研究は、我が国で一般的に運用されていない新たな信号現示も視野に入れ、交通容量拡大を意図したより効率的な信号現示について検討することを目的とする。研究の方法は、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、信号現示の改良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交通流再現シミュレーションを用いて信号現示の検討を行った。その結果、新たな信号現示の導入により、既存の改善では不可能であった交通容量拡大の可能性について明らかにした。

Study of Signal Phases Intended to Increase Traffic Capacity*

By Masakatsu HONMA**・Sigeru KASHIMA***

The purpose of this study is to investigate efficient signal phases to increase traffic capacity by examining new signal phases which generally are not operated in our country. To investigate this, I focused on a particular type of bottleneck intersection with a high proportion of turnout traffic. I investigated signal phases by using a traffic simulation. This showed that, through the introduction of new signal phases, there is the possibility of increasing traffic capacity.
