

交通信号制御の高度化のための交通流検出新技術の活用性について¹

Applicability of emerging technologies for traffic flow detection to traffic signal control

鈴木 弘司²・中村 英樹³・彦坂 崇夫⁴

By Koji SUZUKI²・Hideki NAKAMURA³・Takao HIKOSAKA⁴

1.はじめに

近年、交通流検出技術は大きく進歩しており、従来、計測が困難であった交通状態量の直接計測が可能となりつつある。例えば、VICS 光ビーコンや mobile 端末を搭載した車両(プローブカー)により収集されるフローティングカーデータを用いることで、リンク旅行時間や OD の把握も可能である。また、画像処理技術を適用することで、2 地点間の旅行時間が計測できることはもとより、行列長の計測も技術的には可能な段階にある。しかしながら、これらの方法で計測された交通状態量を活用した交通信号制御アルゴリズムの開発、およびそのために必要な効果的な機器構成や配置などに関する研究が遅れている状況にある。

そこで、本稿では、交通状況の変化に対してきめ細かな対応が可能な効果的な信号制御アルゴリズムを開発するための前提条件として、交通流検出デバイスの特性の違いを考慮した遅れの算定方法およびその精度について検討する。

2.交通信号制御の現状と本研究の視点

交通信号制御のための交通状況の検出から評価に至る流れを、図.1 に示すような 4 つのステップから構成されるとして整理する。

(1) 検出(Detection)

従来、超音波式車両感知器を用いて、交通量およ

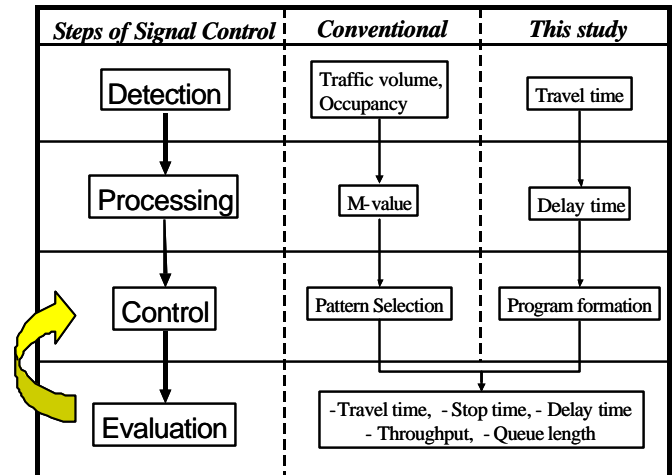


図.1 交通信号制御のための検出から評価までの流れ

び占有率を検出しているが、現在では、既述のようにリンク旅行時間や OD の把握、さらには行列長の計測も技術的に可能となっている。ここでは、旅行時間に着目する。

(2) 処理(Processing)

現在、車両感知器により検出された交通量、占有率の加重和である M 値に基づいて交通状況を「推定」しているが、効果的な制御のために最も重要な指標は「遅れ」である。そこで、本稿では、検出される旅行時間から遅れを算定する。また、既往の車両感知器より遅れを推定する手法についての検討も行う。が、これについての詳細は 4 章にて述べる。

(3) 制御(Control)

わが国の交通信号制御では、時刻や曜日により変動する交通需要に対応するために、サイクル長、スプリットの複数パターンをあらかじめ定めておき、時刻に応じ指定されたプログラムを選択する方式の定周期制御および交通状況に応じて一定時間間隔で制御パラメータのパターンを選択する交通応答制御が適用されている。

1 キーワード：信号制御，交通流検出，ITS

2 学生会員 修士 名古屋大学大学院 地圏環境工学専攻 博士課程後期課程

3 正会員 工学博士 名古屋大学大学院助教授 工学研究科 地圏環境工学専攻

4 学生会員 名古屋大学大学院 土木工学専攻 博士課程前期課程

(〒464-8603 名古屋市千種区不老町 TEL.052-789-3828, FAX.052-789-3837)

パターン選択に際して、上記の M 値を交通状態の判定に用いて制御を行っているが、これにより遅れが最小化されるという保証はない。さらには、これらの制御パラメータは、事前に設定された、限られたパターンの中から選択しているにすぎないため、想定したパターン以外の交通需要に対しては当然無力である。また、これらの制御パターンは、一度設定するとその更新に莫大な労力とコストを要することとなるため、交通状況の経時変化に応じた柔軟な対応がなかなかできない状況にある。

そこで、上記の状況を改善するために、遅れを随時直接計測し、これらを最小化するようにパラメータのチューニングを自律的に行うことのできる高知能型信号制御アルゴリズムの開発を目指す。

(4) 評価(Evaluation)

信号制御の評価尺度として、旅行時間、停止時間、遅れ時間、捌け量、待ち行列長があげられるが¹⁾、本稿では遅れ時間に着目する。

3.交通検出デバイス特性の違いを考慮した A-D 図を用いた遅れの算定法

到着・発進累加図(Cumulative Arrival-Departure flow diagram, 以下 A-D 図)を用いることで 1 流入部における総遅れは算出可能である²⁾。本研究ではその考え方に基きスプリット・オフセットの変更を行うことで複数交差点における遅れの最小化を行う。

その信号制御パラメータの変更を行うためには、まず遅れの計量、すなわち A-D 図の作成を行う必要がある。そこで本章では、交通検出デバイスの特性の違いに着目した遅れの算定方法の検討を行う。

なお、本稿では、(1)超音波式車両感知器、(2)AVI、(3)光ビーコン、(4)プローブカーの 4 種類の検出デバイスを取り扱う。(1)については、下記の仮定のもとに遅れを推定し、(2)、(3)、(4)については、旅行時間を計測することから遅れを算定する。

(1) 超音波式車両感知器

リンク流出入部に超音波式車両感知器を設置した場合におけるリンク旅行時間の推定を図.2 に示す流れで行い、遅れを算定する。

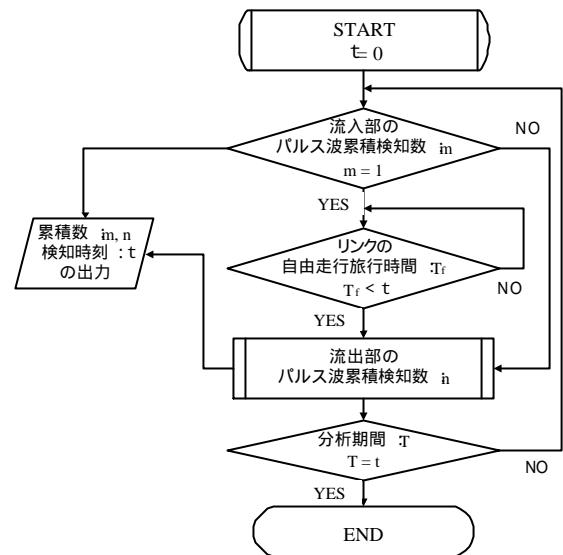


図.2 車両感知器を用いた旅行時間推定の流れ

分析開始時刻 $t = 0$ から、まずリンク流入部におけるパルス波の検知を開始し、リンク流入時刻およびリンク流入累積台数を記録していく。リンク流出部のパルス波の検知については、分析開始時刻においてリンク内に存在していた車両を除くために、分析開始から最初の流入部における検知のあった時刻から自由走行時間(T_f)経過後まで、リンク流出部での検知は行わないものとする。それ以降は、流入部と同様に、リンク流出時刻およびリンク流出累積台数を記録していく。ここから得られるデータを用いて A-D 図の推定を行う。この際、車両の流出入は FIFO(first-in first-out)の仮定に基づいて、上流の車両感知器により得られるパルス波より 1 台目の車両の到着時刻を把握し、下流の車両感知器により得られる 1 台目の車両のパルス波とのマッチングを行うことで、リンク旅行時間を計量する。

本稿で検討している旅行時間の推定方法では、流入、流出交通量の累積量の差から A-D 図を推定しているが、リンクへの交差点以外の流出入、車両の追い越し等の影響により、FIFO の仮定が満たされない状況では、誤差が生じる。また、分析開始時刻での交通状況が近飽和であった場合では、捌け残りの影響を排除できずパルス波のマッチングを FIFO の仮定で行うことが不可能となる。

上記のような問題に対して、本稿では、リンクへの交差点以外からの流出入は考えないものとする。また、例えば分析開始時刻を深夜の交通量が閑散とした時刻にすることで対処可能である。また、片倉

ら³⁾は、1 サイクルごとに待ち行列長を把握することで、誤差の軽減が可能であることを示している。

(2) AVI

各リンク流入部に AVI カメラを設置する。これより、全車両のリンク流入・流出時刻をそれぞれ把握することで、A-D 図の作成が可能である。図.3 のように、まず、通過時刻順に描いた累加図が発進累加図となる。到着累加図は、流出時刻から遅れ時間分(旅行時間 - 自由走行旅行時間)だけ時間を前にずらしてプロットすることにより得られる²⁾。

(3) 光ビーコン

光ビーコンを各リンク流入部に設置すると、上述の AVI と同様にして、A-D 図の作成は可能である。大森ら⁴⁾は、実測旅行時間と光ビーコンのアップリンクデータから算定した旅行時間との比較より、両者の相関が非常に高いことを示し、光ビーコンのアップリンクデータの有用性を示している。

しかしながら、AVI の場合と異なり、現状では VICS 搭載車両の普及率が低く、取得可能なサンプル数の問題から遅れの精度に問題が生じる可能性がある。そのため、この方法で遅れを計量し、信号制御に反映させる場合には、オフラインでのデータの蓄積が必要となる。

(4) プローブカー

プローブカーを用いることで、旅行時間を直接計測し、遅れの計量が可能であるが、VICS の場合と同様に、混入率の違いによる取得データの精度の問題があり、データの蓄積方法を検討する必要がある。

吉田ら⁵⁾は、オフラインでの信号最適化を行うために必要なプローブカーのデータ量を求め、プローブカーの混入率とデータ収集期間の関係について交通流シミュレーションを用いて検討している。

(5) まとめ

上述の方法により、遅れを推定・計量の可能性が示されたものの、デバイス毎に課題がある。

例えば、超音波式車両感知器では、FIFO の仮定により、交通状況によっては結果が大きく異なる可能性がある。一方、AVI では、総遅れを直接計量可能

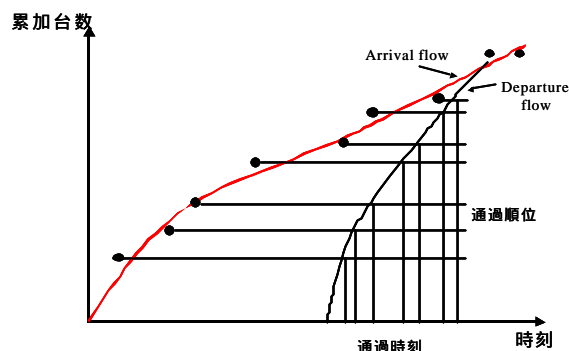


図.3 AVI を用いた遅れ時間算出の概念図²⁾

であるものの、現段階では、AVI 設置数は少なく、機器を設置するためにはコストの面で問題がある。また、光ビーコン・プローブカーについては、搭載率・混入率により、得られる遅れがどの程度変動するか把握する必要がある。

そこで、次に、各交通検出デバイスによる遅れの精度の検討を行うためのケーススタディを行う。

4. 各種交通検出デバイスによる遅れ計測精度の検討

本章では、TSS 社の微視的交通流シミュレータ AIMSUN2 ver.4.0⁶⁾を用いて、各交通検出方法により計測される遅れを算出し、それぞれの精度の比較を行う。

(1) ケーススタディの設定条件

今回、超音波式車両感知器、AVI、プローブカーの混入率 3% のケースを想定し、遅れの比較検討を行う。なお、遅れの真値は AVI により得られる全車両の到着・発進時刻から算出された遅れと考える。

AVI および車両感知器は、図.4 のように停止線近傍に設置し、分析対象は 1 リンクのみとする。また、交差点 a において、入力交通量は南北方向 : 0, 東行 : Q_{in} とし、右左折率は 0 とする。交差点 b においては全方向等量の流入交通量 Q_{in} を設定し、右左折率はいずれも 5% とした。

なお、交通量と遅れの精度の関係を検討するために、本稿ではリンク流入交通量 Q_{in} : 500, 1000, 1500, 2000 [veh/h/lane] の 4 パターンを想定している。

(2) シミュレーション結果の比較

図.4 における分析対象リンクに着目し、遅れの真

値と各デバイスにより得られた遅れとの絶対誤差率 e_a を算出する。交差点 b の停止線における現示の飽和度 q/S と絶対誤差率 e_a の関係を図.5 に示す。ここで、 q [台/時] は、車両感知器より得られるリンク停止線からの流出交通量であり、また、 S (4,560[台/青一時間]) は飽和交通流率である。

これより、プローブカー混入率 3% の場合では飽和度が低いレベルにおける誤差が大きく、飽和度が高くなると誤差率 10% 以下のある程度の精度を持つことがわかる。これは、交通量が少ない状態では、リンク旅行速度の分散が大きく、交通量が増加すると速度分散が小さくなるためであると考えられる。

一方、車両感知器では飽和度の増加に伴い、誤差率も増加する傾向が見られる。これは、飽和状態に近づくると右折交通による本線交通への影響が大きくなり、FIFO の条件が満たされない状況が生じたためであるといえる。

車両感知器とプローブカー 3% の比較より、絶対誤差率の観点では、飽和度が 0.4 程度までは車両感知器が優位であり、それ以上の飽和度ではプローブカー 3% の方が優位となることがわかる。

5. おわりに

本稿では交通状況の変化に対してきめ細かな対応が可能な効果的な信号制御アルゴリズムを開発するための前提条件として、交通流検出デバイスを用いて遅れを推定あるいは計量する方法を検討した。さらに、微視的交通流シミュレータを用いたケーススタディを通じて、各交通検出デバイスによる遅れを計量することで、交通量レベルに応じて、得られる遅れの精度が異なることを示し、各検出デバイスの適用範囲について明らかにした。

しかしながら、本稿では、1 リンクのみ着目して検出デバイスの違いによる遅れの精度の検討を行っており、当然、ネットワーク形状や機器配置や普及率、さらにはそれらの組み合わせにより、得られる結果が異なると考えられる。その点については現在検討中であり、発表時に報告する。

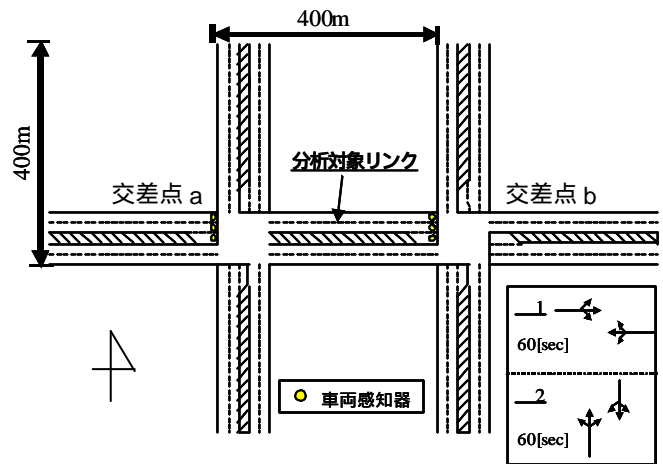


図.4 ケーススタディネットワーク

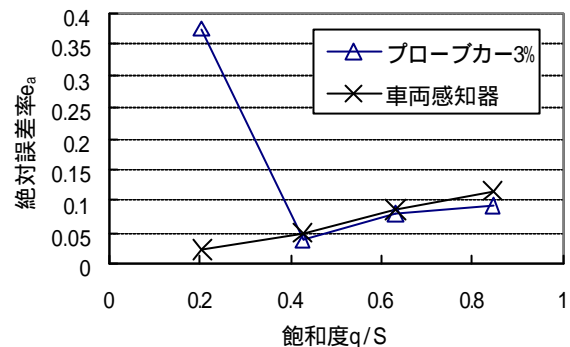


図.5 現示の飽和度と遅れの絶対誤差率の関係

<参考文献>

- 1) (社)交通工学研究会：交通信号の手引，1994.
- 2) 越 正毅・桑原雅夫・赤羽弘和・尾崎晴男・安井一彦・中村英樹・大口 敬・吉井稔雄・堀口良太・小根山裕之：ITS センシング技術を活用した交通信号制御アルゴリズム，第 25 回土木計画学研究発表会春大会，2002.
- 3) 片倉正彦・鹿田成則・矢口 明：交差点遅れ時間に基づくリンク旅行時間の推定，土木学会第 46 回年次学術講演会，1991
- 4) 大森洋介・荻野 弘・野田宏治・山崎基浩：車両感知器データによる旅行時間の推定，土木学会第 56 回年次学術講演会，pp.788～789，2001.
- 5) 吉田和樹・越 正毅・安井一彦：プローブカーを用いた交通信号のオフライン最適化に関する研究，第 21 回交通工学研究発表会論文報告集，pp.265～268，2001.
- 6) TSS-Transport Simulation Systems, AIMSUN2 ver.4.0 User's Manual, Spain, 2000.