

プローブデータを用いた右折交通流に対する交通順応制御の検討

岩岡 浩一郎* 弘津 雄三 (パナソニック システムネットワークス株式会社)
 鶴澤 政幸 (千葉県警察本部)

A Study on Traffic Adaptive Signal Control Using Probe Data for Right-turn Traffic Demand

Koichiro Iwaoka*, Yuzo Hirotsu, (Panasonic System Networks Co, Ltd.)

Masayuki Uzawa, (Chiba Prefectural Police Headquarter)

It is widely thought that actuated control is effective for right-turn traffic demand. However, in the near-saturation condition, actuated control can't determine signal timings for right-turn traffic from the point of view of totally optimal control for all approaches at an intersection. In this paper, we propose the new adaptive signal control method for right-turn traffic in near-saturation condition. In order to examine the effectiveness of our proposed method, we conduct simulation experiments on an actual intersection.

キーワード : プローブデータ, MODERATO 制御, 右折交通需要, 交差点分岐率
 (probe data, MODERATO, right-turn traffic demand, turning ratio at intersections)

1. はじめに

わが国において交通管制システムにて活用されている信号制御方式を分類すると図1のようになる^{(1),(2)}。そのなかでも、右折需要の多い流入路に対しては交通感応制御に分類されるギャップ感応制御が最も効果的であると考えられており、適用事例も非常に多い。しかし、ギャップ感応制御では当該流入路以外の交通状況を考慮した判定ができないため、交差点需要率が高い場合はギャップ感応制御では交差点全体を考慮した制御パラメータの決定ができない。一方、交差点全体を考慮した制御パラメータの決定は交通順応制御により実施されるが、2000年以降プログラム形成制御に分類される MODERATO 制御が全国に展開されている。この方式は信号現示毎の交通量および待ち行列台数を入力とするが、右折需要の多い交差点流入路において右折専用車線上の車両感知器よりも上流に待ち行列が延伸した場合、その行列には全ての方向に進む車両が含まれることになり右折の交通需要を把握できない。このため、右折現示を MODERATO 制御でのパラメータ算出対象とすることができない。本稿では、方向別の交通量など交通流動が把握できるというプローブデータの特長に着目した^{(3),(4)}。まず、プローブデータから方向別交通量を把握し、これから交差点分岐率を算出する。次にこの分岐率を流入路全体の需要に乗ずることで方向別の交通需要を推計し、この推計した右折交通需要を用いることで右折現示を MODERATO 制御の対象とすることができる。交差点全体の需要率が高

く、右折需要が多く右折専用車線を越えて待ち行列が延伸している箇所を千葉県内より選び、交通流シミュレーションにて提案手法の有効性を確認する。

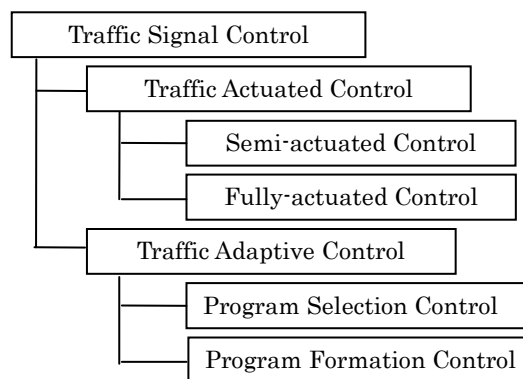


図1 信号制御方式の分類
 Fig. 1. Control Method Types.

2. 現行制御方式と課題

〈2・1〉 現行制御方式 交通管制システムの全国展開が図られた1970年代においては、制御パラメータをマクロに決定する交通順応制御としてはプログラム選択制御が主流であった。プログラム選択制御は交通流動を類型化し、それぞれに適した制御パラメータをあらかじめ設計しておく。車両感知器情報(交通量, 占有率)から生成される交

通指標をもとに類型化した交通流動の中から合致するものを選び出し、制御パラメータを決定するものである。しかし、交通状況の経年変化に対する制御設計見直しが必要であることや類型化できない状況への対応ができない等の課題も長年の運用を通じて明らかになった。

このような課題に対応するため、プログラム形成制御の開発が実施されてきたが、2000年頃より MODERATO (Management by Origin-Destination by Related Adaptation for Traffic Optimization) という方式の普及推進が全国で行われている。これは車両感知器から交通需要を推計し、交差点流入路ごとに負荷率と呼ばれる指標を算出。この指標値からサイクル長やスプリットを導出するものである。図2に示すような一般的な四枝交差点および2現示の計算例を示す。

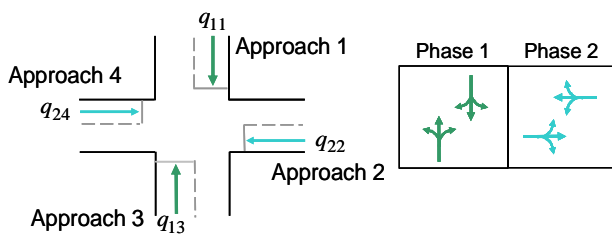


図2 一般的な交差点および信号現示
Fig. 2. Typical Intersection and Signal Phases.

通行権を現示 i にて付与されている流入路 j の負荷率 ρ_{ij} は、流入路 j における交通量 q_{ij} および待ち行列台数 E_{ij} と流入路 j における飽和交通流率 s_{ij} を用いて、式(1)から算出される。

$$\rho_{ij} = \frac{q_{ij} + E_{ij}}{s_{ij}} \dots\dots\dots (1)$$

現示 i の負荷率 ρ_i および交差点全体の負荷率 ρ は、式(2)、式(3)よりそれぞれ算出される。

$$\rho_i = \max_j(\rho_{ij}) \dots\dots\dots (2)$$

$$\rho = \rho_1 + \rho_2 \dots\dots\dots (3)$$

サイクル長 C および現示 i のスプリット λ_i は、式(4)および式(5)より導出される。

$$C = \frac{a_1 \cdot L + a_2}{1 - a_3 \cdot \rho} \dots\dots\dots (4)$$

$$\lambda_i = \frac{\rho_i}{\rho} \dots\dots\dots (5)$$

ここで、 L は損失時間を、 a_1 、 a_2 および a_3 は係数である。

交通順応制御で決定された制御パラメータは一定の時間間隔でしか更新されないため、交通需要がランダムに変動する場合は表示時間の過不足が発生し、車両の滞留や無駄時間を発生させてしまう。このような需要変動に対しては、信号制御機に接続された車両感知器の情報にもとづいてサイクル毎の交通変動に対応して表示時間を変更する制御が適用される。これが端末感応制御と総称されている方式である。右折交通に対してはギャップ感応制御と呼ばれる方式が多く適用されて効果をあげている。具体的には、車両

感知がなくとも保証される最小の青時間秒数経過後、車両感知のたびに一定の秒数だけ延長していく方式である⁽²⁾。

〈2・2〉 現行制御における課題 右折需要の多い交差点流入路において右折レーン上の車両感知器よりも上流に待ち行列が延伸した場合、その行列には全ての方向に進む車両が含まれることになり右折の交通需要を把握できない。このため、右折現示を MODERATO 制御でのパラメータ算出対象とすることができず、ギャップ感応制御によるミクロ的な青時間調整でしか対応できていないケースが多い。しかし、ギャップ感応制御では当該流入路以外の負荷を加味した判定ができないため、交差点全体を考慮した制御効果の実現は難しい。

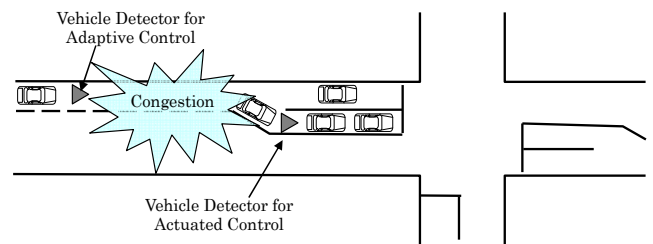


図3 右折レーンでの滞留状況
Fig. 3. Congestion at Right-turn Lane.

3. 提案制御方式

図3に示すような状況において交差点全体を考慮した制御パラメータを生成するため、方向別の交通量など交通流動が把握できるというプローブデータの特長に着目した。まず、プローブデータから方向別交通量を把握し、これから交差点分岐率を算出する。この分岐率を流入路全体の需要に乗ずることで方向別の交通需要を推計し、この推計した右折交通需要を用いることで右折現示を MODERATO 制御の対象とすることができる。図4および式(6)、式(7)に右折分岐率 TR_r および右折需要 D_r の推計手順を示す。

$$TR_r = \frac{Q_r}{Q_r + Q_{ls}} \dots\dots\dots (6)$$

$$D_r = Q_{all} \cdot TR_r \dots\dots\dots (7)$$

ここで、 Q_{all} は車両感知器計測される交通量を、 Q_r および Q_{ls} はそれぞれプローブデータから算出される右折交通量と直進左折交通量を示す。

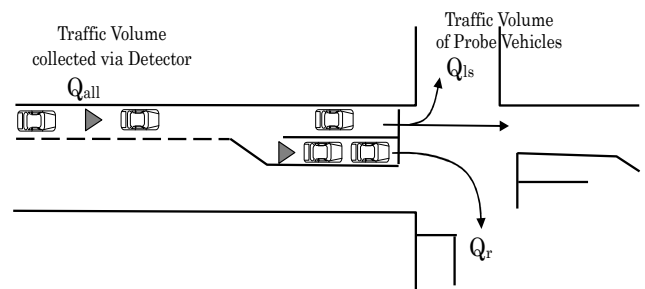


図4 右折需要推計
Fig. 4. Estimation of Right-turn Demand.

4. シミュレーション実験

前述した交通状況の交差点を取り上げ、シミュレーション実験対象とする。図5に交差点の概要を示す。



図5 対象交差点付近の状況
Fig. 5. Experimental Area.

対象となる若松二丁目交差点は、船橋市と千葉市を結ぶ国道357号上にあり、幹線である国道357号だけでなく花輪ICからの流動等から交差点全体の需要が大きい。図6に渋滞発生状況を示す。



図6 渋滞発生状況
Fig. 6. Congestion Condition at Experimental Area.

対象交差点の信号現示構成および車線構成を図7および図8にそれぞれ示す。

1φ	2φ	3φ	4φ	5φ
←---→ ↑---↓ ←---→ ←---→	↔	↘↙	↑↓	↘↙

図7 信号現示構成
Fig. 7. Signal Phase Diagrams at Wakamatsu-2-chome Intersection.

実験では、まず現況を交通流シミュレーション上に構築した後、提案制御方式のシミュレーションを実施する。評価項目は、交差点全体の遅れ時間、停止回数、CO₂排出量と

する。プローブ車両の全体交通量に占める割合（プローブ車両普及率）は、1%、3%、5%、7%、10%、15%で実施する。なお、使用する交通流シミュレーションは、ミクロな車両や車線の取扱いが可能なシミュレーションモデルを実装した交通流シミュレーションシステム AVENUE (an Advanced & Visual Evaluator for road Networks in Urban arEas)とした⁽⁵⁾。

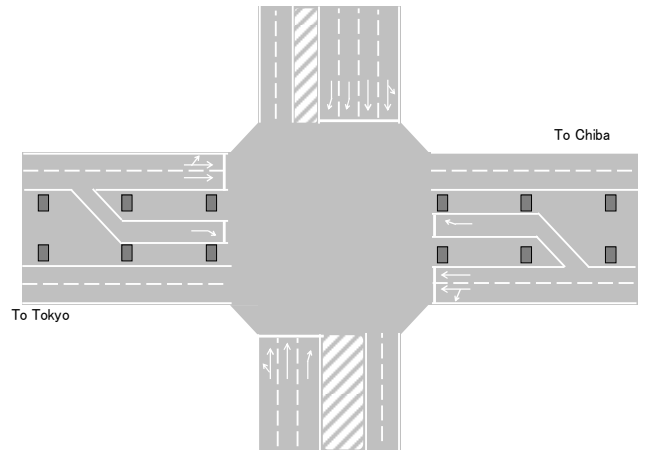


図8 車線構成
Fig. 8. Lane Structure at Wakamatsu-2-chome Intersection.

〈4.1〉 現況再現 交通管制システムデータを活用して平日11:00から14:00の交通状況を交通流シミュレーションに設定し、現況再現を行った。なお、現状においてはプログラム選択制御とギャップ感応制御を併用して制御している。



図9 交通量検証地点一覧
Fig. 9. Location for Reproducibility Verification.

図9に示す地点における交通量をシミュレーション内で計測される交通量と比較することで再現性を検証した。図10に示すように概ね相関係数0.85以上を実現できており、十

分現況再現ができていると考えられる。

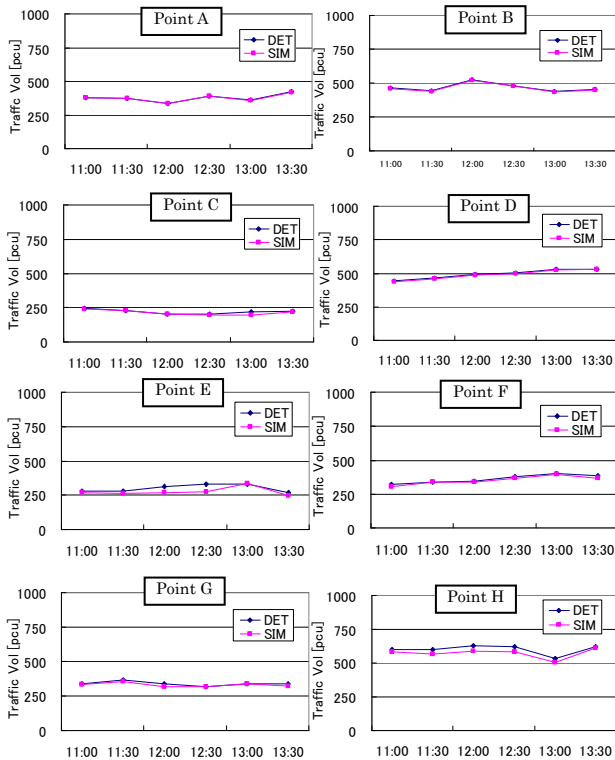


図 10 再現性検証結果
Fig. 10. Comparison between Simulation and Measured Traffic Volume.

〈4.2〉 提案制御シミュレーション 信号制御方式の効果を検証する際、制御パラメータが交通を整流し、その交通流動が制御パラメータの入力となる車両感知器情報を形成するというフィードバックを実現することが重要である。

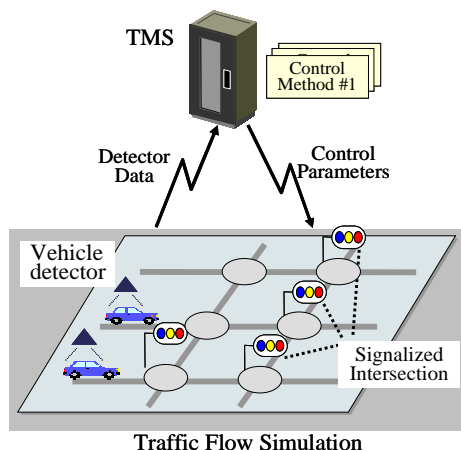


図 11 実験システム概要
Fig. 11. Signal Control Experimental System.

本実験で用いた交通流シミュレーションは、車両感知器や信号制御機の動作をエミュレーションすることが可能であり、具備された交通管制システムとの接続インターフェイ

スを用いることで、図 11 に示す実験システムを構築した上で提案制御によるシミュレーションを実施した^{(5),(6)}。遅れ時間、停止回数、CO₂ 排出量に関して現況と比較した低減率をそれぞれ図 12、図 13、図 14 に示す。各普及率ともに、シミュレーション試行を 5 回実施した平均値を示す。

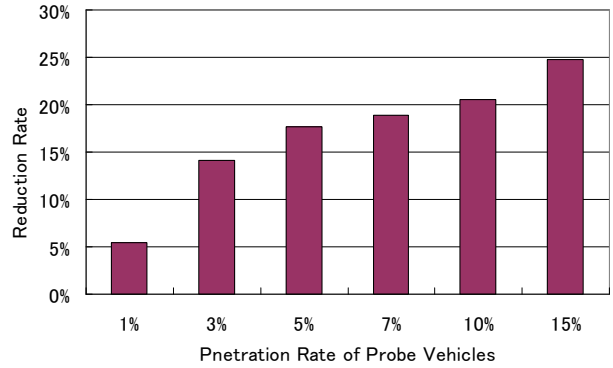


図 12 総遅れ時間低減率
Fig. 12. Reduction Ratio of Total Delay Time.

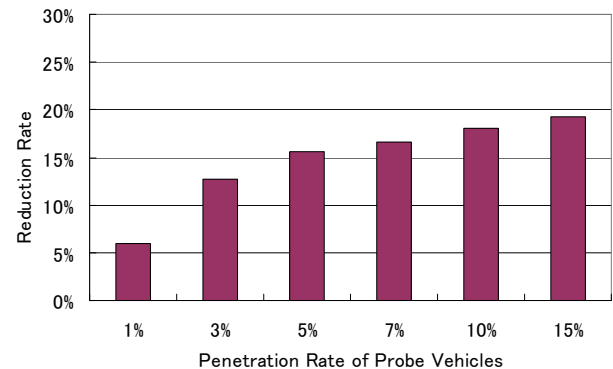


図 13 停止回数低減率
Fig. 13. Reduction Ratio of Stop Times.

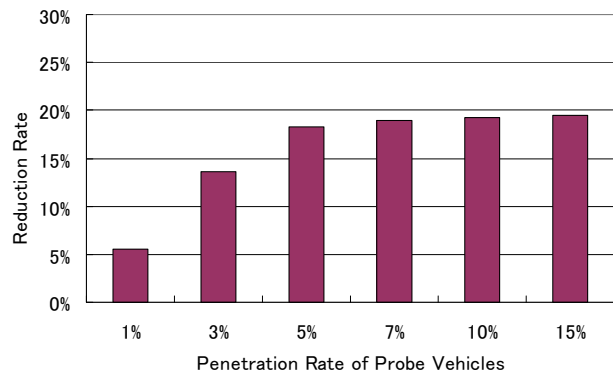


図 14 CO₂ 排出量低減率
Fig. 14. Reduction Ratio of CO₂ Emissions.

いずれの項目についても、普及率 1% から低減効果があることが分かった。普及率 3% 以降では効果は 10% 以上となり、普及率 10% で概ね 20% 近い値となった。推計した右折分岐率と実測右折分岐率の比較および右折に関するスプリットの現況再現との差を図 15 および図 16 に示す。

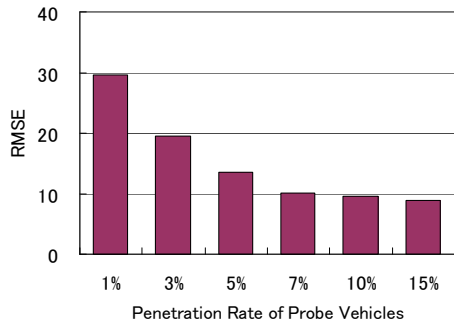


図 15 右折分岐率の推計値と計測値の比較
Fig. 15. Comparison of Right-turn ratio between estimated and measured value.

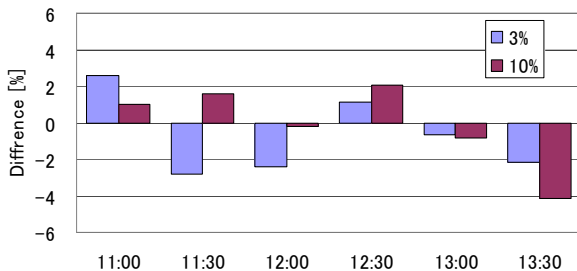


図 16 幹線側右折に関するスプリット値比較
Fig. 16. Difference of Split for Right-turn Traffic on Major Road between Proposed and Existing Methods.

プローブ車両普及率が 5%を超えると分岐率推計精度が大幅に向上するため、生成される制御パラメータが交通状況の変化により適合したものになったと考えられる。

5. おわりに

右折需要が多く右折レーンから車両が溢れ上流に待ち行列が延伸するような交差点に対して、プローブデータ、車両感知器情報から右折交通量を推定し、右折専用現示を MODERATO 制御の対象とする制御手法を提案した。千葉県内より該当する交差点を選定して交通流シミュレーションで評価した。プローブ車両普及率 3%程度から遅れ時間、停止回数、CO₂ 排出量に関して現況と比較して 10%以上の削減効果があることが分かった。今後は、交通管制システムへの実装を目指して、さらなる交通流シミュレーション実験を重ねて制御手法の有効性を確認していく。

本研究にあたり、警察庁交通局交通規制課ならびに一般社団法人 UTMS 協会の皆様に貴重な助言を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

文 献

- (1) (財)日本交通管理技術協会編：「交通管理システムの技術と実際」、オーム社、pp.2-19 (2002)
- (2) (社)交通工学研究会編：「改訂 交通信号の手引き」、(社)交通工学研究会 (2006)

- (3) S. Adachi, S. Niikura and T. Tajima, "Research of Compression Method of Probe Data - A Lossy Compression Algorithm for Probe Data - ", The Paper of Technical Meeting on ITS, IEE Japan, ITS-05-10, pp.13-18 (2005) (in Japanese)
足立晋哉, 新倉 聡, 田島昭幸：「プローブデータの圧縮方式の研究 - プローブデータのロッキー圧縮アルゴリズム -」, 電気学会研究会資料, ITS 研究会, ITS-05-10, pp.13-18 (2005)
- (4) T. Oda, S. Niikura, K. Iwaoka and K. Kamata, "Application of probe data collected via infrared beacons to traffic management", Proceedings of the 17th World Congress on ITS, CD-ROM (2010)
- (5) R. Horiguchi, M. Kuwahara, H. Akahane and M. Katakura, "Development of Traffic Flow Simulator for Urban Road Networks: AVENUE", Proc. of 13th Symposium of Traffic Engineering, JSTE, pp. 33-36, 1993(in Japanese)
都市街路網の交通シミュレーター-AVENUE-の開発, 第 13 回交通工学研究発表会論文集, (社)交通工学研究会, pp33-36 (1993)
- (6) (社)交通工学研究会編：「交通シミュレーション適用のススメ」, (社)交通工学研究会 (2004)