



プローブ情報の活用による信号制御高度化

Improvement of Traffic Signal Control Using Probe Data

長島 靖*
Yasushi Nagashima

服部 理
Osamu Hattori

小林 雅文
Masafumi Kobayashi

従来、安全、快適な交通流の実現を目指して交通信号制御（以降、信号制御）が行われてきた。近年、これらに加えて地球温暖化防止を目的としたCO₂排出量削減も新たな課題となっている。これらを実現する交通状況に応じた信号制御には、多くの感知器が必要で、高額な設置コストが課題となっている。この問題の解決を検討するに当たり、我々は走行車両がGPS等により自ら収集した走行軌跡情報であるプローブ情報に注目した。プローブ情報を活用して渋滞長のような連続的な空間交通情報（空間データ）を取得し信号制御を行うシステムを開発し、一般社団法人UTMS協会^{*1}におけるシミュレーション実験により信号制御効果の検証実験を行い、感知器削減の可能性を示した。

Originally, traffic control has been aimed at the safety and comfortableness of transportation. Recently, there has been a growing demand for reducing CO₂ emissions by intelligently controlling traffic signals depending on traffic conditions. However, this requires many detectors and high installation costs. To address this problem, we have focused on the probe data collected by vehicles through GPS or other devices. We have developed a signal control system that calculates consecutive spatial traffic information (spatial data), such as queue length, based on the probe data. In the simulation experiments conducted by the UTMS Society of Japan, we demonstrated this system and presented the possibility of reducing the number of detectors.

キーワード：交通信号制御、プローブ

1. 緒 言

これまで、安全、快適な交通流の実現を目指して交通信号制御（以降、信号制御）が行われてきた。近年、これらに加えて地球温暖化防止を目的としたCO₂排出量削減も新たな課題となっている。これらを実現する交通状況に応じた信号制御や車両への適切な交通情報提供のためには、随時正確な交通状況を把握することが求められる。しかし、車両感知器のような定点観測では車両の存在を離散的に検知することしかできず道路全体の交通状況の変化を計測することはできないという問題がある。この問題への対策として、道路にできるだけ密に感知器を設置することが考えられるが、設置コストが高額になることが問題となる。これらの問題を解決するため、我々はプローブ情報を活用して渋滞長のような連続的な空間交通情報（空間データ）を取得することにした。そして、プローブ情報を活用した信号制御システムの検証をシミュレーション実験によって行ってきた。

システムの開発が進んでいる。従来の光ビーコンプローブでは通信容量が小さく少ないサンプル点の情報しか収集することができないことが課題であった。しかし、現在光ビーコンが更新時期を迎えており、新たに導入される光ビーコンでは大幅に通信容量が増大することになっており、6秒毎のサンプル点の収集が可能となった。われわれのシステムでは、車両の位置情報を取得すべきタイミングをイベントとして定義している（表1）。車両の停止、急減速に対応する停止イベント、急減速イベントを定義することで、交通状況の把握に重要なこれらの現象の発生を正確に収集することができるようにしている。また、6秒毎の走行軌跡の収集は、前回のイベント発生から一定時間走行したことを示す一定時間走行イベントを定義することにより実現している。停止イベントは車両の停止、発進時に発生すると定義されており、この間一定時間走行イベントは発生しないとすることで収集データの増大を抑制している。

2. プローブ情報について

プローブ情報とは通信ネットワークを通じて収集される車両の走行軌跡の情報である。日本では、VICS^{*2}情報の提供に使用する光ビーコン送受信機（以降、光ビーコン）が主要な道路に整備されている。光ビーコンは相互通信機能を有しているため、これを通じてプローブ情報を収集する

表1 プローブ情報の概要

イベント	収集データ(共通)	属性情報
一定時間走行	時刻	—
停止	緯度、経度	—
急減速	道路種別（一般道、高速道）	減速度

3. システム構成

3-1 概要

我々のシステムの構成を図1に示す。プローブ情報は、専用車載機を備えた車両（以降プローブ車両）から、路上の設置された光ビーコンに対して近赤外線通信によって送信され、さらに交通管制センターで収集される。また、光ビーコンの車両感知機能や、超音波車両感知器によって通過車両の情報が収集され、交通管制センターに送られる。交通管制センターでは、収集されたプローブ情報や感知器情報から渋滞長などの空間データが生成され、これを元に信号制御プログラムが信号灯色の切替えタイミングである信号制御指令を生成する。信号制御指令は交通管制センターから路上の各信号制御機に送信され、これに基づいて信号灯色の切替えが行われる。

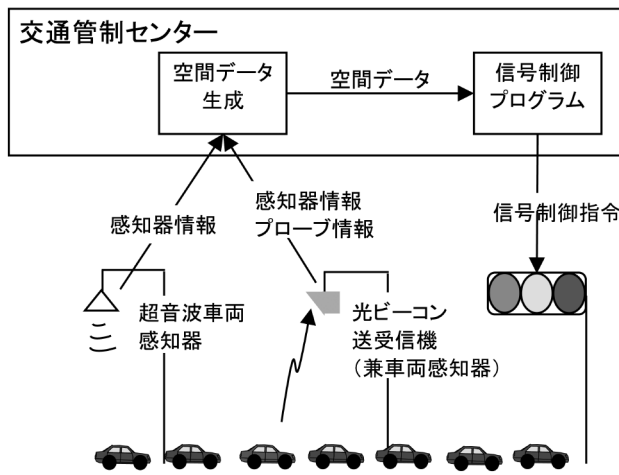


図1 システム構成

3-2 光ビーコン

光ビーコンは本システムのキーデバイスである。光ビーコンは車線直上に設置され近赤外線（ $850 \pm 50\text{nm}$ ）を用いてプローブ車両との間で双方向通信を行う（図2）。車両

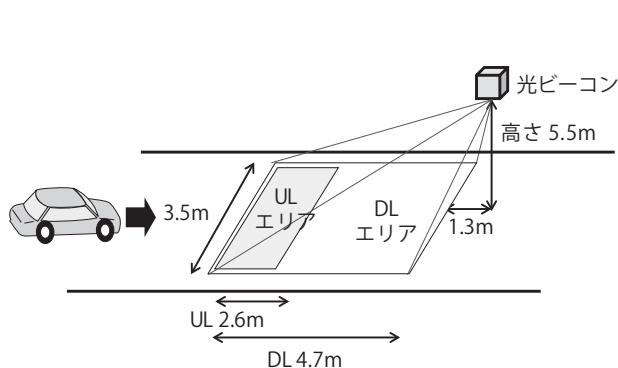


図2 光ビーコン

からのアップリンク（UL）でプローブ情報を収集すると同時に、プローブ情報等を利用して交通管制センターで作成した交通情報（渋滞、旅行時間等）をダウンリンク（DL）により車両に送信する。また、車両感知器機能を有しており、プローブ車両以外の車両の通過についても把握することができる。

4. プローブ情報を活用した信号制御

4-1 信号制御方式

日本では信号制御方式としてMODERATO⁽¹⁾が一般的に使用されている。本稿のシステムでも、MODERATOを使用している。MODERATOでは、交差点への流入交通量と信号待ち行列長から計算される負荷率という量に基づいて、信号青時間を決定する。信号待ち行列長を考慮しているので、渋滞が発生している交差点流入路により多くの青時間を割り当てることができる。これによって、交差点への流入交通量増加時に発生する渋滞の延伸抑制、早期解消が期待できる。本稿のシステムは、プローブ情報を活用することで、信号待ち行列長の推定精度を向上させ、これによってMODERATOの信号制御性能の向上を図る。

4-2 待ち行列長推定

プローブ車両については走行軌跡の情報が得られるため、プローブ車両が停止した位置、時刻を取得することができる。そのため、プローブ車両の停止位置まで信号待ち行列が到達していることは知ることができる。しかし、プローブ車両の後方に信号待ち行列が延伸している場合は、プローブ情報からは検知することができない。そこで、感知器情報を組み合わせて使うことでプローブ車両後方の信号待ち行列の推定を行っている（図3）。プローブ車両の後ろに停止した車両があった場合、それらの車両はプローブ車両のすぐ後ろに続いて走行すると考えられる。この関係を利用し、プローブ情報と感知器情報からプローブ車両の後続車両の走行軌跡を推定し、プローブ車両の後方に延伸している信号待ち行列長を推定している。本方式は、プ

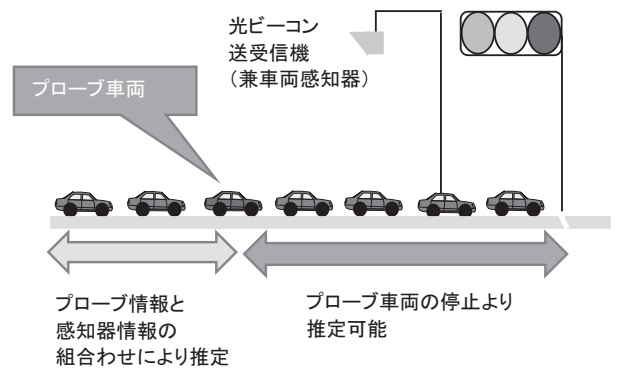


図3 渋滞長推定説明図

プローブ情報は自車両の走行についての空間的な情報は全て得られるが他の車両についての情報は取得できない、感知器情報は全ての通過車両に関する情報が得られるが感知器設置地点のピンポイントの情報しか得られない、といったそれぞれの情報を組み合わせて利用することにより補い合うように機能させているのが特徴である。

5. シミュレーション

システムの効果を検証するため、シミュレーション実験を行った。交通流シミュレータはVISSIM⁽²⁾を使用した。シミュレーションシステムの構成を図4に示す。交通流シミュレータが出力する全車両の走行軌跡情報から、どの車両がプローブ車両かを決定し、走行軌跡情報からプローブ情報を作成するプローブ情報生成シミュレータによって擬似的にプローブ情報を生成している。プローブ情報と感知器情報を交通流制御システムに入力し、算出された信号制御指令によって、交通流シミュレータ内の信号機を動作させる。

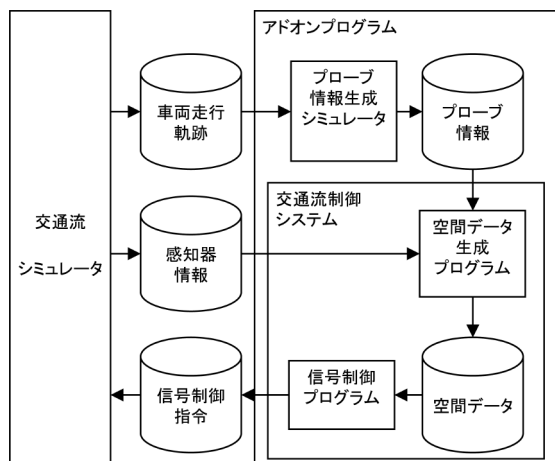


図4 シミュレーションシステム構成

6. 評価条件

実在の交差点の中から渋滞が多発している交差点を選定し、シミュレーション対象とした。感知器の設置条件として、現状の感知器配置である複数感知器条件と、各流入路に1つずつ感知器を配した単独感知器条件の2つを用意した(図5)。

複数感知器条件は、プローブ情報の活用による信号制御効果改善の可能性を見極めること、単独感知器条件は感知器の代替としてのプローブ情報活用の可能性を見極めることを狙いとしている。

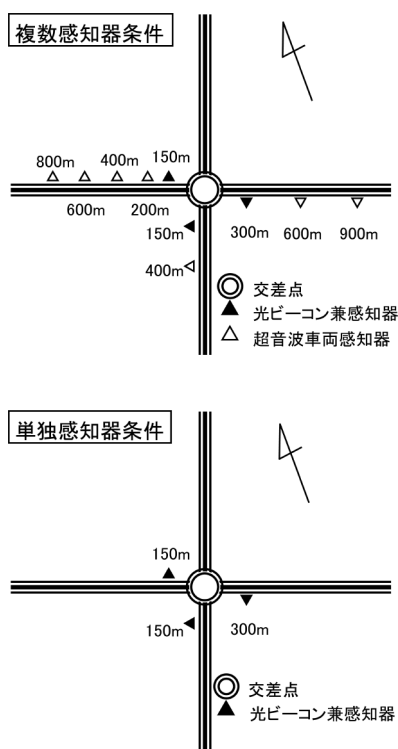


図5 交差点感知器設置条件

プローブ情報は専用車載機を搭載している車両からのみ収集できるため、専用車載機の搭載率(以降プローブ車両率)は信号制御性能に大きく影響すると考えられる。この影響を調べるため、それぞれの感知器条件でプローブ車両率を0%から20%まで変化させて評価を行った。

評価指標は、緒言で述べた課題を意識してCO₂排出量とした。対象交差点の現状の感知器設置(各流入路に複数設置)でプローブ車両率が0%の条件(つまり現状と同等)を基準条件とし、これを基準に制御効果を評価している。

7. 結果

図6は複数感知器条件、図7は単独感知器条件で、それぞれプローブ車両率を変化させて行ったシミュレーションでのCO₂排出量を示したグラフである。横軸がプローブ車両率、縦軸がCO₂排出量を表している。CO₂排出量は基準条件(複数感知器条件、プローブ0%)の排出量を100%とした相対値で表示している。

複数感知器条件では、僅かずつではあるがプローブ車両率の増加に従ってCO₂排出量は着実に減少していることが分かる。単独感知器条件では、プローブ0%の場合に基準条件に対してCO₂排出量が大幅に増加するものの、プローブ車両率の増加でCO₂排出量は急激に減少し、プローブ車両率3%以上でCO₂排出量が基準条件と同等かそれ以下となる。

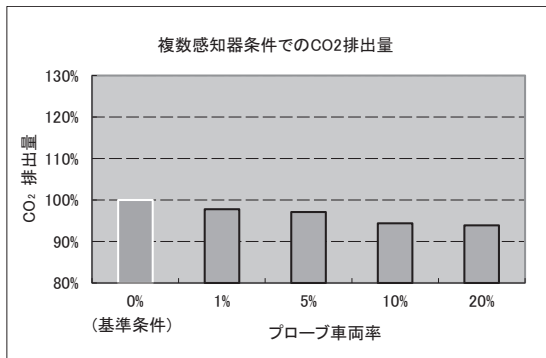


図6 複数感知器条件でのシミュレーション結果

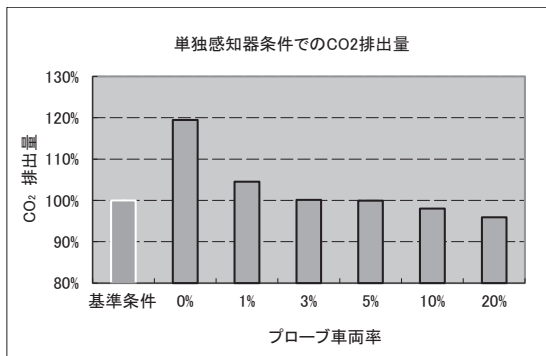


図7 単独感知器条件でのシミュレーション結果

8. 考 察

複数感知器条件において、プローブ車両率の増加により、CO₂排出量が減少している。このことは、すでに密に感知器が設置された交差点においてもプローブ情報の活用によって、渋滞長をより正確に計測できるようになり、信号制御効果を向上できる可能性を示唆している。また、単独感知器条件では、プローブ0%で感知器数の減少により延伸した渋滞を捕らえることができなくなり、CO₂排出量が大幅に増加していると考えられる。しかし、プローブ車両率が3%程度まで増加すると、プローブ情報による渋滞長推定の効果で信号制御効果が改善し、基準条件と同等のCO₂排出量となっていると考えられる。以上のことは、一定程度の専用車載機の普及が達成されれば、プローブ情報の活用により、現在感知器を複数設置することで得られている信号制御効果が、感知機能を備えた光ビーコンを1つだけ設置することで得られる可能性を示唆している。

9. 結 言

プローブ情報を信号制御に活用することで、より少ない感知器でより高性能の信号制御を実現できる可能性を、シミュレーションにより示すことができた。これが実現でき

れば、インフラ設置コストの軽減とCO₂排出量の削減という一見相矛盾する課題を解決できることになる。今後、シミュレーションだけでなく実フィールドによる検証なども行い、システムの実用化に向けて努力していきたい。

10. 謝 辞

本検証実験にあたり、一般社団法人UTMS協会の皆様に貴重なご意見を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

用語集

※1 UTMS協会

高度情報通信技術を活用した新交通管理システム (UTMS : Universal Traffic Management Systems) に関する調査、研究及び開発並びにその成果の普及を行う一般社団法人。

※2 VICS

Vehicle Information and Communication System : 一般財団法人道路交通情報通信システムセンターにより提供される渋滞や交通規制などの道路交通情報をリアルタイムに送信し、カーナビゲーションなどの車載機に文字・図形で表示する情報通信システム。

参 考 文 献

- (1) H. Sakakibara, T. Usami, et al., "MODERATO (Management by Origin-Destination Related Adaptation for Traffic Optimization)", The 6th World Congress on ITS '99 Toronto
- (2) VISSIM
<http://www.ptv-vision.com/en-uk/products/vision-traffic-suite/ptv-vissim/>
- (3) Koshi M et al, Research of Effect of CO₂ Reduction by Improvement and Advance of Traffic Flow Control (in Japanese), Institute of Highway Economics, Tokyo, Japan (2007)

執 筆 者

長島 靖* : インフォコミュニケーション・社会システム研究開発センター



服部 理 : インフォコミュニケーション・社会システム研究開発センター 主査



小林 雅文 : システム事業部 主幹



*主執筆