

信号制御の最適化を目指した交通管制システム

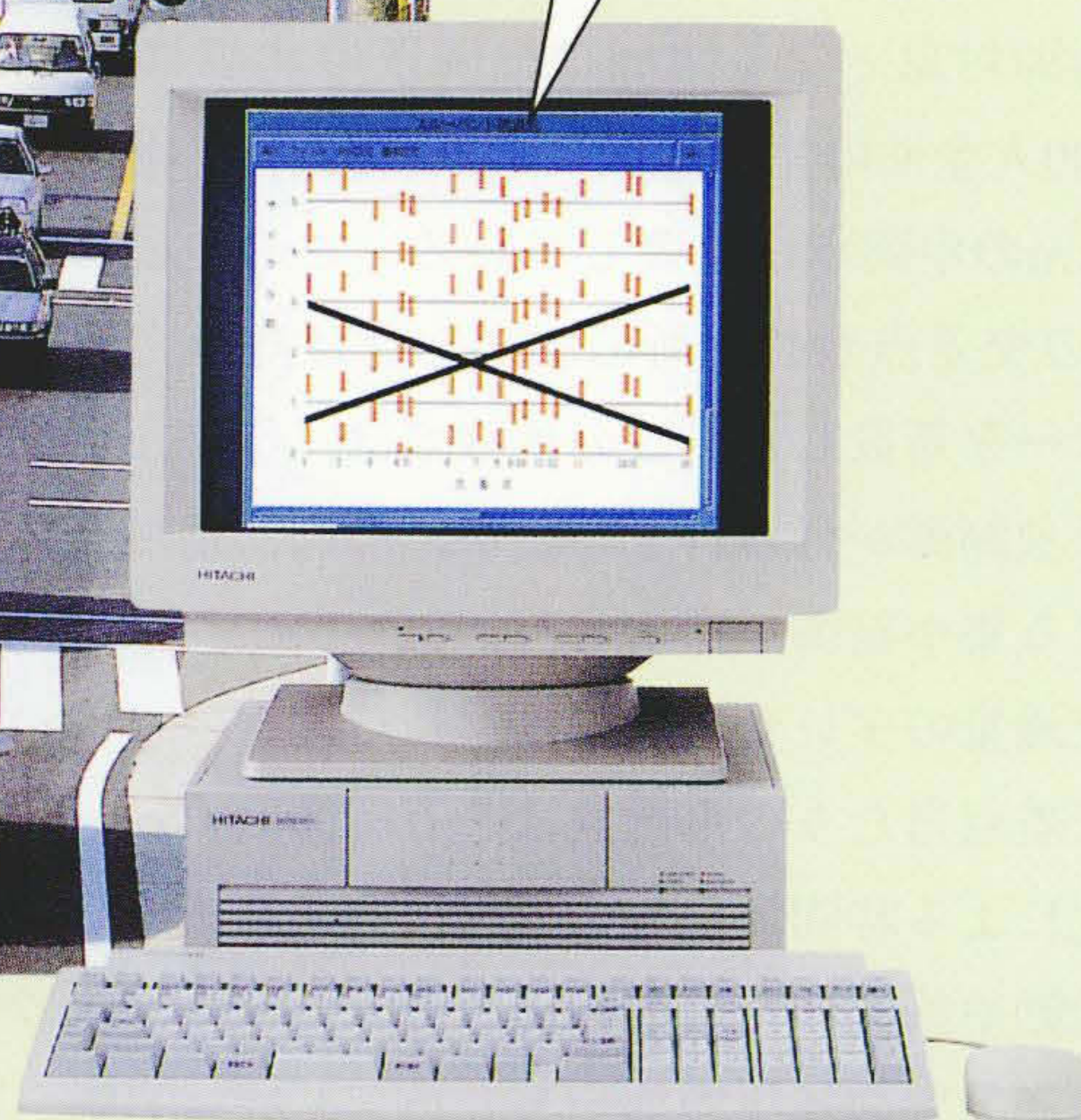
Traffic Management System for Optimizing Traffic Signals Control

佐野 豊 Yutaka Sano 井上健士 Takeshi Inoue
横田孝義 Takayoshi Yokota 古川聡一 Sôichi Furukawa



福岡県宗像地区の国道3号線

目標
交通量 ↑
停止回数 ↓
旅行時間 ↓
のシミュレーション結果



オフセット最適化支援システム

宗像交通管制ミニセンターの制御対象路線と定数設計ツール

交通需要の増大に対応して、路線系統の信号制御定数を最適に設計する手法を適用している。

近年、交通信号制御の分野では、自動車交通需要の増大や交通管制エリアの拡大に伴い、交通の円滑性を確保するのはもちろんのこと、安全性のいっそうの向上を実現する交通管制システムが求められている。

福岡県警察本部では、福岡県宗像地区の信号制御拠点として、交通管制システムの今後の標準伝送方式であるU形伝送規格を用いた宗像交通管制ミニセンターを整備し、1997年4月から運用を開始した。

日立製作所は、U形伝送に対応したU型信号制御下位装置を開発、納入し、宗像交通管制ミニセンター整備を取りまとめた。また、システムに組み込む信号制御定数

の設計に際しては、多角的な評価基準を定量化し、多数の定数組合せの中から高速に最適化する信号制御定数設計手法と支援ツール(オフセット最適化支援システム)を開発、適用し、きめ細かな制御定数パターン群を用意した。一方、システムユーザーに対しても、信号制御状況の確認・設定が容易なユーザーインターフェースを開発した。

このアプローチは、ミニセンターでの制御性向上だけでなく、今後の本部センター運用の核に位置づけられるものとする。

1. はじめに

福岡県警察本部では、交通需要の増大や、交通状況の急変・季節変動・経年変動にも対応するため、平成8年度に宗像地区に新しい伝送規格であるU形伝送を用いた交通管制ミニセンターを整備した。

今回、日立製作所は、新しい伝送規格であるU形伝送に対応したU型信号制御下位装置を開発し、信号制御方式には、少数の感知器で得られる交通データで制御定数を選択するテーブル選択方式を実装している。

ここでは、日立製作所が納入した宗像交通管制ミニセンターの概要と技術トピックスについて述べる。

2. システムの概要

2.1 制御対象路線の概要

制御対象となる地域は福岡県の北部にある人口7万2,000人余りの宗像地区にあり、福岡市と北九州市から約30 kmの中間点に位置している。この地域に、東西約15 kmの交差点数47か所の制御を受け持つ交通管制ミニセンターを新設した。この地域では、従来、各交差点ごとの単独制御が行われていたが、今回、地域全体を系統制御する集中制御を採用した。

交通量の多い交差点では、12時間(7:00~19:00)で1交差点当たりの車両数は2万5,000台ほどあるため、系統化による時間便益への効果は非常に大きい。この路線は通勤や物流のための幹線であり、ベッドタウン化による交通需要の経年増加が著しい。また、沿線に宗像大社、宮地嶽神社があるために新年には多くの初詣(もうで)客の集中がある。一方、夏季には海水浴客の集中や、天候不良による九州自動車道の交通規制時の代替道路としての国道3号線の交通需要の急激な増大など、季節変動も大きい。そのため、これらの各要因に対処できる、きめ細かな信号制御が必要とされていた。

2.2 宗像管制ミニセンターシステム構成の概要

上記の交通状況を考慮して今回導入したシステムの概要を以下に述べる。

システム構成を図1に示す。この宗像交通管制ミニセンターは、宗像警察署の敷地内に設立されている。交通管制ミニセンター内には交通信号制御のための演算処理と、通信処理を行うU型信号制御下位装置を設置し、日本電信電話株式会社の専用線を介して47か所の交差点の信号制御機を制御している。また、信号制御機の回線を経由して28基の車両感知器情報を収集しており、制御定数

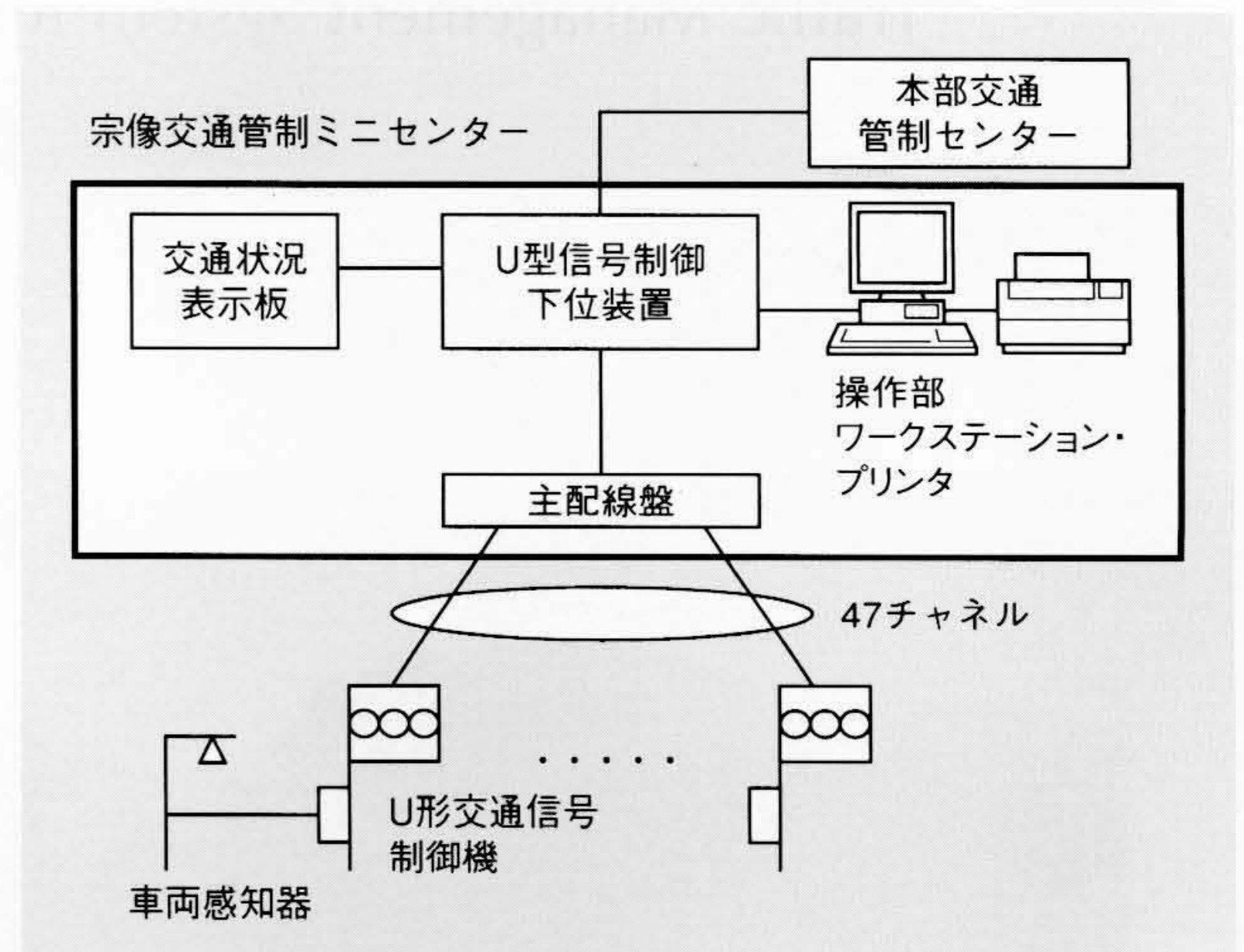


図1 宗像交通管制ミニセンターのシステム構成

28基の感知器の情報を基に47か所の交差点の制御定数を決定し、制御監視を行う。交通状況表示板で概略動作状況を、操作部ワークステーション上で詳細制御状況をそれぞれモニタできる。

を選択するうえで必要な5分間交通量・占有率を得ている。

今回の対象地域は車両感知器の比較的少ない管制エリアであるため、さまざまな交通状況ケースに対してあらかじめオフラインで設計しておいた制御定数パターンの中から、感知器情報に応じてリアルタイムに選択する「パターン選択方式」を採用している。このため、きめ細かい制御にはあらかじめ多くのパターンを評価設定しておく必要がある。

また、約25 km離れた福岡県警察本部交通管制センター(福岡市)と専用線で接続しており、制御実績・交通量実績を送信するとともに、本部センターからは信号定数の介入設定が可能である。

3. システムの特徴

3.1 操作部ワークステーションの設置

U型信号制御下位装置の操作部には、信号定数の設定・確認などをグラフィカルに容易に行えるように、小型・高性能ワークステーションを採用している。

この操作部ワークステーションでは、電子化地図を表示し、地図上で信号制御機の制御状況、制御実績、交通量データのグラフ表示などが行えるようにした。また、制御定数テーブルの確認・変更をオンラインで行うこともできる。操作部の外観を図2に示す。

この操作部ワークステーションにより、ミニセンターでも本部センターと同等以上の管制機能を実現している。

3.2 信号制御定数設計ツールの導入

サイクル(青黄赤の一巡時間)、スプリット(青時間の配



図2 操作ワークステーション

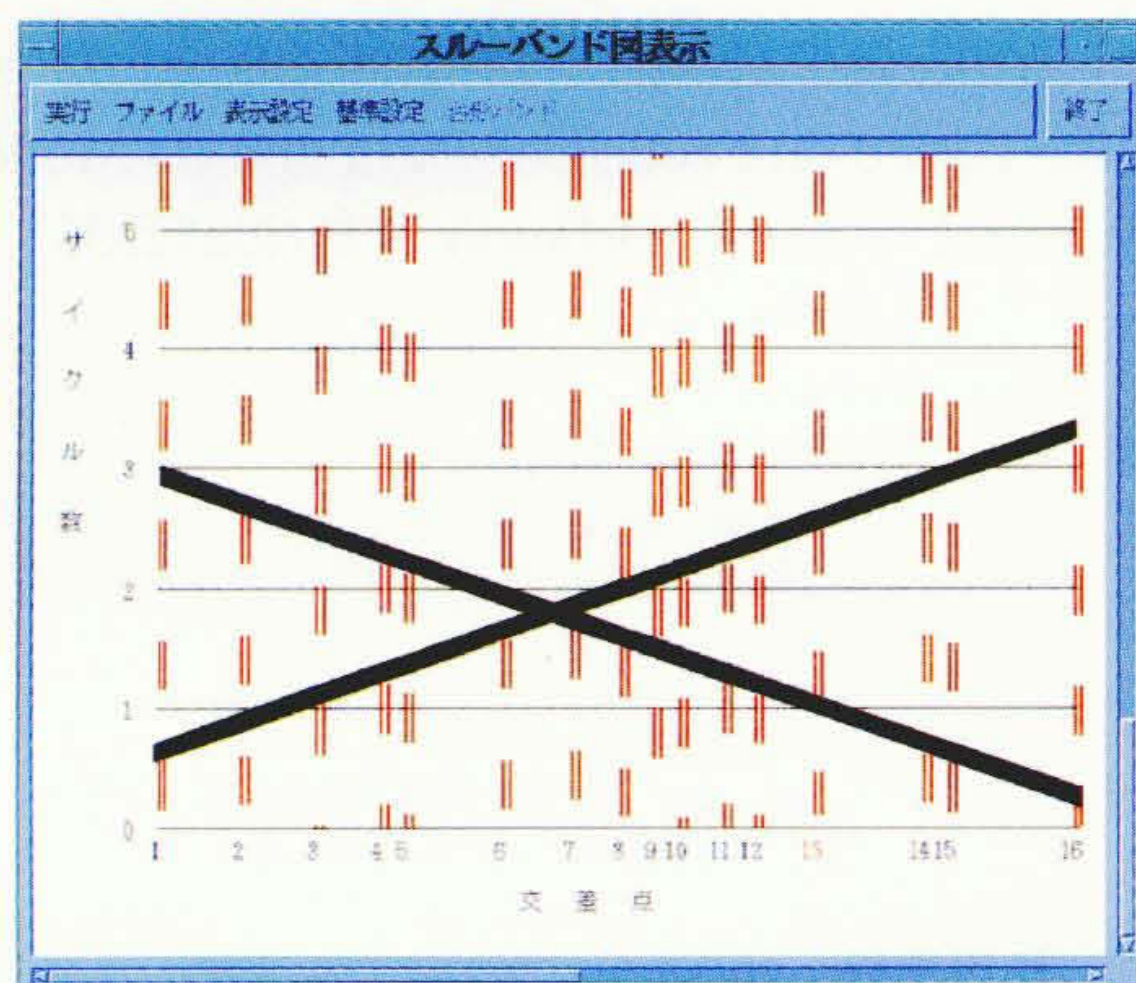
地図上の該当交差点を選択することにより、監視と設定が可能である。

分)およびオフセット(青時間開始の隣接交差点とのずれ時間)から成る信号制御定数は、このミニセンター導入を機に全面見直しを行い、47か所の交差点の信号制御定数の設計を行った。

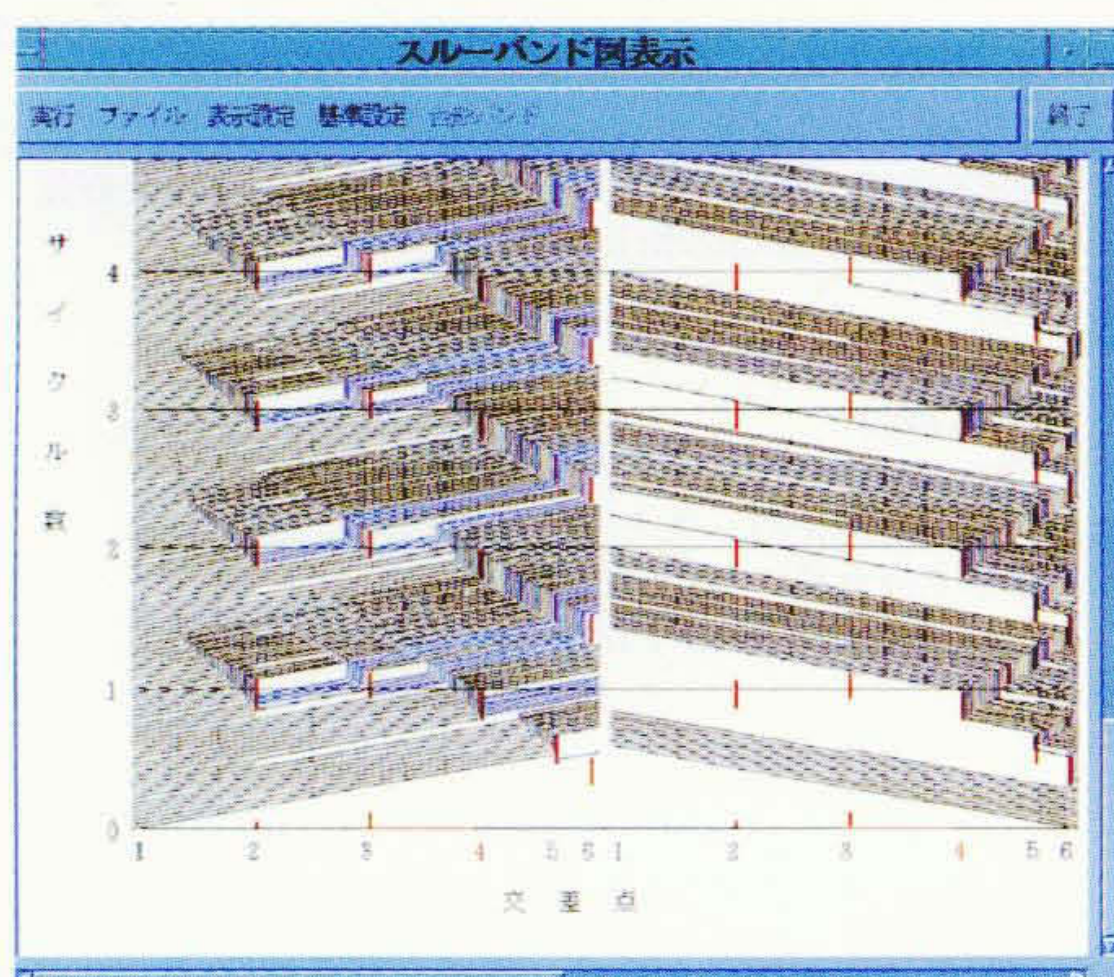
広域の系統制御では、特にオフセットの制御が系統効果に大きく影響し、秒単位の設計が要求される。この設計ツールとして、日立製作所が独自に開発したオフセット最適化支援システム〔図3(a)参照〕を適用した。

交差点数が多くなるほど取り得るオフセットの組合せは膨大となるが、オフセット最適化支援システムでは、最適化手法としてGA(遺伝アルゴリズム)を使用して、膨大な組合せの中から最適なオフセットを自動抽出することが可能である。

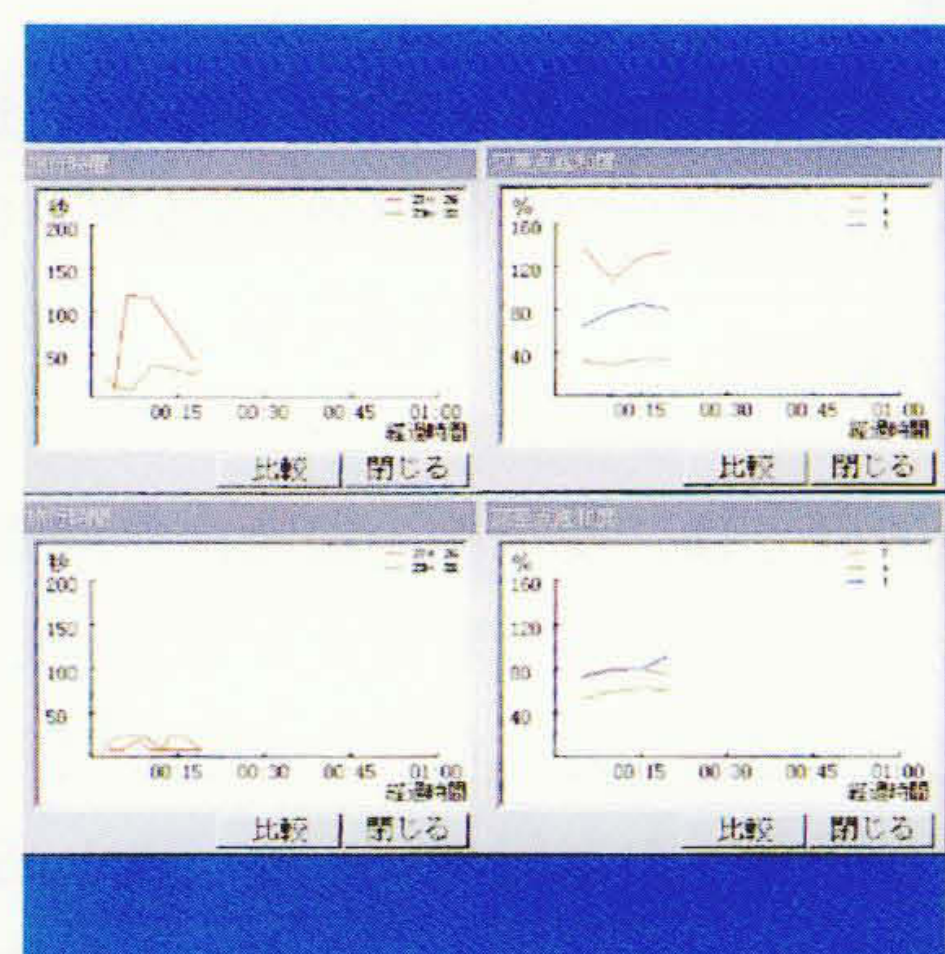
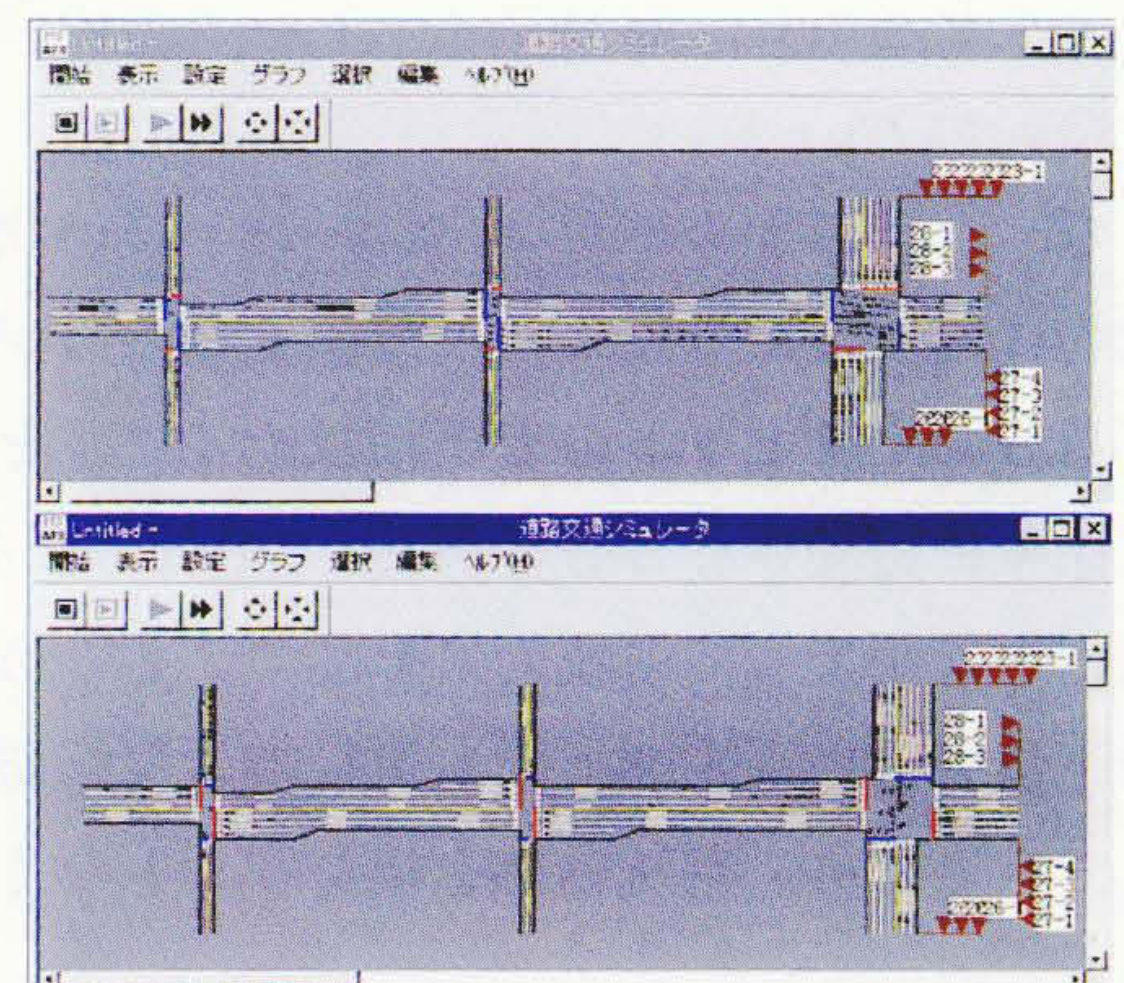
また、最適化評価指標として、一般的な路線旅行時間、停止回数のほかに、青→赤信号の切換時に車群を分断することを無くす「車群分断抑止効果」と、高速で走行する車両を信号で停止させる「高速走行抑止効果」を定量化して、円滑性とともに安全性を配慮した評価指標も取り込んでいる。



注：補足説明
上り方向(右上り直線)、下り方向(右下り直線)車両の信号停止による折れ線をなくし、円滑な走行によって旅行時間の最小化や、通過交通量の増加を目指す。また、閑散時には高速走行の抑止も考慮する。



(a) オフセット最適化支援システムの画面例



(b) ミクロシミュレータの画面例

図3 オフセット最適化支援システムとミクロシミュレータの画面例

路線での車両の群動作と、交差点での個々の車両の挙動を模擬して信号制御定数を設計する。

また、交差点間隔が近接し、複数交差点を連携させる複雑な現示の交差点に関しては、上記の設計手法に加え、ミクロシミュレータを用いて現示(青・黄・赤・矢印の組み合わせ方)方法、秒数の設計を行った〔図3(b)参照〕。

3.3 きめ細かな信号制御定数テーブル

サイクルパターンは、各サブエリアごとに閑散、準定常、定常、混雑、渋滞の5段階、および介入3段階を設けて最大8段階とし、最大需要から最小需要まできめ細かく設定できる。

スプリットパターンは、閑散時以外はサイクルパターンごとに主道路と従道路側の需要バランスを5段階に分割し、各交差点ごとに最大36パターンを用意した。

オフセットパターンは、閑散時以外は上り・下り交通需要のバランスに応じ、上り優先、平等、下り優先の3段階を用意し、サブエリアごとに22パターンを用意した。

今回、これらのパターンを約1か月で設計した。このように交通の状態の細分化に対応したきめ細かい定数設計を短期間に行えたのは、前項で述べたオフセット最適化支援システムによるところが大きい。また、設計値の実システム評価には、車載GPSを使用した車両軌跡自動収集ツールを適用し、設計フィードバックの効率化を可能とした。

ここで、上記のきめ細かいパターンを交通状況に応じて自動的に切り替える際に特に問題となるのが、オフセットである。オフセットの変更は数サイクルをかけて目標値に徐々に追従させる必要があり、追従方向を誤ると、追従動作中にかえって系統効果を乱すこともありうる。今回の下位装置にはオフセット追従時の反転防止論理を実装しているため、系統効果を損なうことなく制御が可能である。

3.4 導入効果

上記の手法による制御定数を適用し、導入後は停止回数で最大約20%、旅行時間で最大約12%の改善を得ている。

4. 今後の展望

今回の定数設計では、安全性・環境性の指標として、高速走行抑止効果と車群の分断防止を定量化し、オフセットの最適化を主眼とした。今後は、その他の最適化パラメータと評価指標への取組みにより、より高度な信号制御が実現できるものと考え、今後の方向性を以下に示す。

4.1 実交通量収集と最適化処理のオンライン化

感知器による交通データをリアルタイムに取り込み、

制御定数のオンライン最適化を行うことにより、ダイナミックな交通需要にいつでも適応した制御が可能となる。

4.2 信号現示の最適化

信号制御の最適化を一步進めるには、青・黄・赤・矢印の組み合わせ方(現示)や、交差点直前の複数車線のうち右折車線・左折車線をどのように割り当てるべきかを決定するといった運用設計が必要である。現在、このような交差点運用法を最適設計するツールを開発中である。このツールでは、交差点形状に応じて、ありうる現示パターンを自動生成することができ、その中で最適な現示と車線運用を評価することができる。

5. おわりに

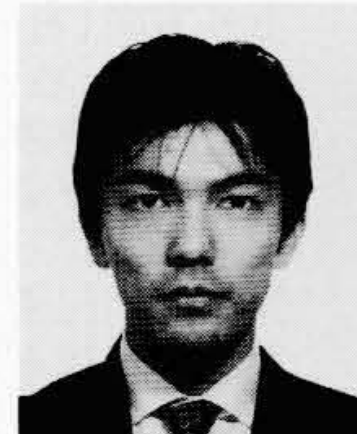
ここでは、福岡県警察宗像交通管制ミニセンターに開発、納入したU型信号制御下位装置と、ここに実装した制御定数のエンジニアリング技術について述べた。

この手法はミニセンター全般に適用が可能なアプローチであり、今後は大規模都市センターへ拡張していく考えである。

参考文献

- 1) Takayoshi Yokota, et al.: Traffic Signal Offset Optimization Based on Probe Car Data and Its Model, ITS 3rd World Congress, Orlando, Florida(1996)

執筆者紹介



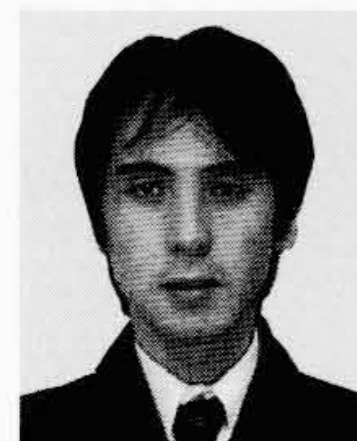
佐野 豊

1994年日立製作所入社、大みか工場 所属
現在、交通管制システム、交通情報提供システムの開発・設計に従事
電気学会会員
E-mail: sanoyuta@omika.hitachi.co.jp



横田孝義

1984年日立製作所入社、日立研究所 所属
現在、交通管制システム、情報提供システムなどの研究開発に従事
工学博士
IEEE会員、交通工学研究会会員、情報処理学会会員
E-mail: tyokota@hrl.hitachi.co.jp



井上健士

1991年日立製作所入社、日立研究所 所属
現在、交通管制システムの研究開発に従事
土木学会会員、電子情報通信学会会員
E-mail: tinoue@hrl.hitachi.co.jp



古川聡一

1993年日立製作所入社、システム事業部 公共システム部 所属
現在、警察交通管制システムの拡張活動およびシステム設計支援に従事
E-mail: furu_s@cm.head.hitachi.co.jp