

## IFAC CTS 2006 の報告

清水 光\*, 小林正明\*, 藤井温子\*\*, 川久保和雄\*

\*福山大学, \*\*弓削商船高等専門学校

**あらまし** 本年 IFAC CTS の国際シンポジウムがオランダのデルフト市で開催された。ここで発表された研究内容は、交通システム制御に関するもので交通流の円滑化や安全化に深くかかわっている。本稿では、この国際シンポジウムに過去 2 度出席した一参加者の立場から、目標や関係分野、特徴などについて紹介させていただく。この国際シンポジウムは 1970 年からほぼ定期的で開催されており、ITS の基礎研究発表の国際的な場として重要な役割を果たしているものと考えられる。

**キーワード** 交通流、交通制御システム、信号制御システム、大規模制御システム、動的経路誘導システム

### Report of IFAC CTS2006

Hikaru Shimizu\* Masa-aki Kobayashi\* Haruko Fujii\*\* and Kazuo Kawakubo\*

\* Fukuyama University

\*\* Yuge National College of Maritime Technology

**Abstract** The IFAC CTS Symposium has held in Netherlands this year. The presented papers have related with the traffic smoothness and safety. The goal, fields and features of this symposium are introduced from the view point of an attendee. The IFAC CTS symposium is seemed to play an important role in order to give bases for ITS.

**Keywords:** traffic flow, traffic control system, signal control system, large scale control system, dynamic route guidance system

#### 1. はじめに

本年、8 月 29 日から 31 日までの 3 日間、オランダの Delft University of Technology で IFAC CTS2006 の国際シンポジウムが開催された。ここで、IFAC とは、International Federation of Automatic Control の略称で国際自動制御連盟と和訳される。また、CTS とは、Control in Transportation Systems の略称で交通

システム制御と和訳される。この国際シンポジウムは、3 年毎に開催され、2003 年 8 月には東京の成蹊大学で開催された。

本稿では、この国際シンポジウムに過去 2 度出席した一参加者の立場から、IFAC CTS の目標や対象範囲、ITS との関係などについて紹介させていただく。

## 2. IFAC CTS について

制御理論とその原理を陸上や海上、航空などの交通分野へ応用することは重要である。この国際シンポジウムの目標は、理論と実際、また、研究と人間共同社会との間に有効な架け橋を創造することである。また、関係する工学分野として、交通工学や制御工学、情報工学、システム工学、オペレーションズ・リサーチ、センサ工学、電気・電子工学などが挙げられる。過去の開催地は表 1 に示されるようにヨーロッパが最も多い。

## 3. CTS2003

この国際シンポジウムでは 78 件の研究発表があり、発表セッション名を列挙すると以下のようになる。交通安全(3)、交通流(3)、車の制御(3)、交通管理(2)、信号制御、経路誘導、公共交通、センサ、鉄道、海上交通、航空交通のセッションから構成された。

私たちは、Congestion Control System in Urban Road Networks というテーマで発表した<sup>1)</sup>。

### 3.1 発表論文の概要

本論文では、交通需要のサイクル長単位の時間変動に対応して 2 方向交通ネットワークの渋滞長をオンラインで制御する信号制御システムと信号制御アルゴリズムについて提案する。最初に、信号交差点の車線単位、サイクル長単位で成立する交通量収支に基づいて、渋滞長の信号制御システムを離散形時変非線形ダイナミックシステムで表現し、フィードバック制御を用いて構成する。次に、渋滞長の総和に関する評価関数が最小化されるように 3 つの信号制御パラメータを段階的に、かつ統一的に探索するネットワーク制御アルゴリズムについて提案する。最後に、広島県福山市内交通ネットワークを対象に、提案した信号制御システ

ムとネットワーク制御アルゴリズムのシミュレーションを実行した。現実の交通ネットワークで現在使用されているパターン選択法による信号制御の結果と、シミュレーションによる信号制御の結果を比較し考察した結果、提案した渋滞長の信号制御システムと信号制御アルゴリズムがより有効に働くことを確かめた。

### 3.2 発表論文のまとめ

本論文では、2 方向交通ネットワークにおける渋滞長の信号制御システムと信号制御アルゴリズムを確定的制御システムの観点から提案した。交通ネットワークの渋滞長制御では、幹線道路の場合と異なってオフセットに閉路に関する制約条件が付き、信号制御アルゴリズムも階層的でより複雑になる。また、信号交差点数が多くなり、シミュレーションに必要なパラメータも多くなる。以上の条件のもとで、信号制御パラメータや渋滞長に関するシミュレーション値と現実のパターン選択法による測定値を比較した結果、提案した渋滞長の信号制御システムとネットワーク制御アルゴリズムが現実の交通ネットワークにおいてより有効に働くことを確かめた。主な研究結果は以下のようによまとめられる。

- (i) 各信号交差点における渋滞長の信号制御システムを、サイクル長単位の交通量収支

表 1 過去の開催地

1970	1st Symposium, Versailles, France
1974	2nd Symposium, Monte Carlo, Monaco
1976	3rd Symposium, Columbus, Ohio, USA
1983	4th Symposium, Baden, Baden, Germany
1986	5th Symposium, Vienna, Austria
1989	6th Symposium, Paris, France
1994	7th Symposium, Tianjin, China
1997	8th Symposium, Chania, Greece
2000	9th Symposium, Braunschweig, Germany
2003	10th Symposium, Tokyo, Japan
2006	11th Symposium, Delft, Netherlands

に基づいて離散形時変非線形ダイナミックシステムで記述し、フィードバック制御を用いて構成した。

- (ii) オフセットの閉路に関する制約条件のもとで、2方向交通ネットワークの渋滞長の総和に関する評価関数が最小化されるように、3つの信号制御パラメータを段階的、かつ統一的に探索するネットワーク制御アルゴリズムについて提案する。
- (iii) 広島県福山市内の交通ネットワークにおけるシミュレーション結果とパターン選択法による信号制御の測定値の比較より、提案した渋滞長の信号制御システムとネットワーク制御アルゴリズムは、2方向交通ネットワークの渋滞長制御に有効であると考えられる。

今後の課題として以下の点が考えられる。本論文で用いた渋滞長信号制御システムのパラメータ  $\xi(i, j, m, k)$  と  $l_m(i, j, m, k)$  は交通流や車種別混入率によってそれぞれ変動する。また、車線単位の流入交通量や捌け交通量、リンク走行速度の測定には車両感知器が必要である。今後、より規模の大きい交通ネットワークへの応用を試みるとともに、3つの信号制御パラメータ探索演算の高速化についても研究を進めていく必要があると思われる。

#### 4. GTS2006

本年オランダで開催された国際シンポジウムでは、22カ国から約130名の参加者があり、112件の研究発表があった。発表セッション名を列挙すると、フリーウェイ制御・モデリング(5)、信号制御(4)、ネットワーク制御・モデリング(3)、交通管理(2)、車の制御(2)、鉄道制御(2)、交通とロジスティクス、海上交通制御、航空交通制御、その他となる。ヨーロッパでは、日本に比べて、フリーウェイの交通制御や信号

制御などに関する研究が活発に行われているという印象を強く持った。

私たちは、Control of Traffic Flow Dynamics in Urban Road Networks というテーマで発表した<sup>2)</sup>。

#### 4.1 発表論文の概要

本論文では、与えられた道路条件と交通条件のもとで、時々刻々と変動する交通ネットワークの交通量や待ち車列長をダイナミックシステムで表現し、交通流や制御対象にかかわらず一貫性を持って交通流を制御するシステム理論的手法について提案する。最初に、交通流を制御するシステムの構造を決定する道路解析、ならびに交通流の円滑性・安全性の解析の基礎となる交通解析について考察する。つぎに、各信号交差点における渋滞長の信号制御システムを車線単位、サイクル長単位の交通量収支に基づいて離散形時変非線形ダイナミックシステムで表現し、フィードバック制御を用いて構成する。交通ネットワークの渋滞長制御システムを大規模システムの3レベル階層制御を用いて、3つの信号制御パラメータの最適化問題として定式化する。最後に、交通ネットワークの交通流を制御するシステムとして、信号制御システムと動的経路誘導システムの構成や機能、有効性などをシミュレーションにより明らかにし、これら2つのシステムをオンラインリアルタイム接続した統合的交通流制御システムの構成や制御アルゴリズムを提案し、有効性について考察する。

#### 4.2 発表論文のまとめ

本論文では、交通ネットワークの交通流を円滑にするダイナミックシステムの制御についてシステム理論的観点から提案した。

システム理論的手法を用いて交通ネットワークの信号制御システムや動的経路誘導シス

テムが有効に機能することをシミュレーションにより確かめた。また、これら2つのシステムをオンラインリアルタイムで接続し、交通ネットワークの交通流の円滑化と安全化を総合的に、また効果的に計れるシステム構成と制御アルゴリズムの有効性について考察した。主な研究結果は以下のようにまとめられる。

- (i) 交通ネットワークの交通流ダイナミクスの基礎となる交通量収支において、捌け交通量の上限值を決定する交通処理量は、ある交通条件と信号制御条件のもとで車線構成や車線幅員、側方余裕、導流島、法定速度などの道路設計によって決定される。
- (ii) 交通ネットワークの静的、動的交通情報の解析は、交通ネットワークの交通流制御システムの解析やモデリング、シミュレーションにおいて基礎的役割を果たす。
- (iii) 提案した信号制御システムと信号制御アルゴリズムは、交通流や制御対象にかかわらず一貫性をもって有効に働くことを確認した。
- (iv) 交通ネットワークにおける交通流ダイナミクス制御の例として、信号制御システムと動的経路誘導システムの構成や機能、有効性などについてシミュレーションを用いて示した。また、これら2つのシステムをオンラインリアルタイム接続させた統合的交通流制御システムの構成と制御アルゴリズムの有効性について考察した。

以上の研究結果は、ITS（高度道路交通システム）の発展の一つの基礎になるものと考えられる。

今後の課題として以下の点が考えられる。動的経路誘導システムの平均 OD 旅行時間のシミュレーション精度をリアルタイムで正確に求めるために、サイクル長単位で旅行時間を測定する。また、現在すでに開発されている信号

制御システムと動的経路誘導システムの双方をオンラインリアルタイムで接続させ、統合的交通流制御アルゴリズムが現実の交通ネットワークにおいてどのように機能するかについてシミュレーションを用いて詳しく検討する。

## 5. まとめ

本稿では、IFAC CTS 国際シンポジウムの概要について紹介させていただいた。自動車が欠かせない交通機関である現代生活において、車社会の課題を解決し、理想に向かって研究を進めることは、交通制御システムや交通情報システムに携わる研究者にとって大きな励みとなっている。

ここで紹介させていただいた IFAC CTS 国際シンポジウムは、交通制御システムを中心とした ITS の基礎分野に関する国際的な研究発表の場となっている。このシンポジウムを一つの核として、交通情報システムもより高機能で有効なものに発展することが期待される。

## 参考文献

- 1) H. Ishikawa, H. Shimizu, Y. Sobata and M. Kobayashi, "Congestion Control System in Urban Road Networks," Preprints of the 10<sup>th</sup> IFAC Symposium on Control in Transportation Systems, Tokyo, pp.247-252, 2003.
- 2) H. Shimizu, M. Kobayashi, H. Fujii and H. Ishikawa, "Control of Traffic Flow Dynamics in Urban Road Networks," Preprints of the 11<sup>th</sup> IFAC Symposium on Control in Transportation Systems, Delft, CD-ROM, 2006.