

高度交通管制システム

宇佐美 勤*

一般道路における交通管制システムは、現在、全国の170都市に設置され、都市交通の基盤として、交通の安全と円滑の確保および交通公害の抑制等に大きな役割を果たしている。本稿は、交通管制システムの基本機能とシステムの導入効果および、新しいシステムとして光ビーコン活用システムと防災システムについてまとめたものである。

Integrated Traffic Control Systems

Tsutomu USAMI*

Traffic control systems have been installed in 170 cities throughout Japan and play a major role as the cornerstone of urban transport in maintaining traffic safety and free-flowing movement and reducing traffic pollution. This publication summarizes the basic functions of traffic control systems, the effects of introducing them and discusses the introduction of systems using beacons and disaster prevention systems.

1. はじめに

1966年、日本で初めてコンピュータを用いて交通制御を行う東京銀座広域信号制御システムが稼動した。1971年には第1次交通安全施設等整備事業五箇年計が開始し、全国の主要都市に交通管制システムが導入されるようになり、2000年3月現在、170都市（本部センターの他サブセンター等を含む）に設置されている。同システムでは、全国の信号機17万3千基のうち約35%が13万基の車両感知器の情報に基づいて制御されるとともに、3千基の交通情報板や2万基の光ビーコンを通じて交通情報が提供されている。

本稿では、交通管制システムの基本機能と導入効

果および、新しいシステムとして、光ビーコン活用システムと防災システムについて述べる。

2. 交通管制システムの基本機能

交通管制システムは各都道府県警察の本部センターを中心に整備されており、基本的な機能構成は、Fig.1に示すとおりである。

情報収集は、各種車両感知器の情報から交通量や渋滞長等の交通情報を算出する機能であり、信号制御や情報提供のベースとなる。信号制御は、交通情報に基づいて最適な信号制御パラメータを決定し、信号機を制御する機能であり、情報提供は、渋滞や事故等の交通情報を各種のメディアを通じてドライバーに提供する機能である。また、運用管理は、交通情報データベースおよびヒューマンインターフェースの機能から成る。

最新の交通管制システムにおける各機能について以下に詳述する。

* 住友電気工業(株)システム事業部主幹
Senior Assistant General Manager, Systems &
Electronics Division, Sumitomo Electric Industries, Ltd.
原稿受理 2000年7月20日

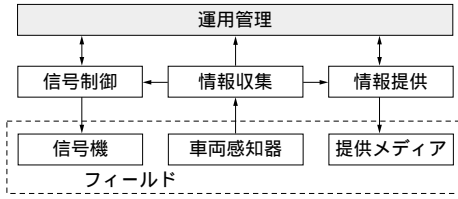


Fig.1 交通管制システムの機能構成

2 - 1 情報収集

1) 車両感知器の配置

主要道路が交差し、渋滞のボトルネックとなる重要交差点流入部における標準的な車両感知器の配置例をFig.2に示す。

交通量・飽和交通流率を計測するための感知器が停止線から150m（または30m）の位置で全車線に設置される。右折ペイには停止線から30mの位置に設置され、上記計測の他、右折感応制御に用いられる。また、渋滞長や旅行時間を推定するための感知器は、停止線から150m、300m、500mの位置、および以降、上流の重要交差点までの間で、市街部では250m間隔、郊外部では500m間隔に設置される。

車両感知器のタイプとして、従来から超音波式が多く用いられてきたが、最近では、光ビーコン（近赤外線式）や画像型も多数導入されている。

光ビーコンは、車両の存在感知機能の他、後述の車両（車載機）との双方向通信機能を有している。また、画像型車両感知器は、複数車線における車両存在感知の他、速度・車種・待行列長等の計測機能を備えている。

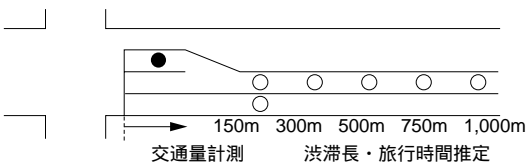


Fig.2 車両感知器の配置例

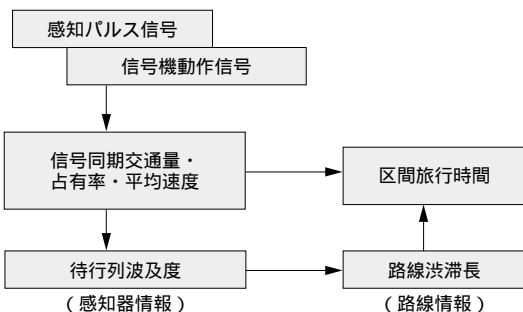


Fig.3 主要交通情報の処理

2) 交通情報の処理方法

車両感知器の感知パルス信号と信号機動作信号に基づいて、Fig.3に示すように、感知器単体の情報から路線に関する情報が2.5分毎に算出される。以下に各情報の処理方法について述べる。

(1)信号同期交通量・占有率・平均速度

ある時間内で、感知パルスの数を計測することにより交通量が求められ、また感知パルス幅を累積することにより占有率が求められる。

一定時間間隔でこの集計を行った場合、信号サイクルと非同期であるため得られるデータに変動が生じることになる。そこで、感知器位置の下流側（または上流側）信号機のサイクルと同期して感知パルスを集計し、最新の2～3サイクルのデータから単位時間交通量および占有率を算出している。

即ち、単位時間交通量は、 $(n \text{ サイクルの交通量} / n \text{ サイクルの総時間}) \times \text{単位時間}$ で求められる。

平均速度は、交通量と占有率の比に実効車長（感知領域 + 平均車長）を掛けて求められる。大型車混入率により平均車長が変動することから、車種の計測により補正することが可能である。

(2)待行列波及度

待行列波及度は感知器位置に待行列が波及している度合を示す指標である。平均速度のランダムな変動に対応するため、3個の速度閾値により0から1までの連続量として算出される。

(3)路線渋滞長

主要道路上の渋滞区間をより正確に判定するため、路線にある感知器の待行列波及度を基に、一つの連続した渋滞区間を算出している（Fig.4）。

(4)区間旅行時間

旅行時間は、主要区間（主要道路ネットワークにおいて、二つの道路の交差点と他の隣接する交差点との区間）毎に算出される。

渋滞区間の旅行時間は、交通流量が均一な小区間毎に区間内の存在台数と交通流量の比（小区間の旅行時間）を求め、これを渋滞区間の小区間で足し合わせるにより求められる。その基本方式を次式に示す（Fig.5）。

$$T = \sum Li \cdot Ki / Qi$$

T：渋滞区間の旅行時間

Li：小区間iの距離

Ki：小区間iの平均交通密度、 $Ki = km - aQi$

km：ジャム密度（停止時の交通密度）

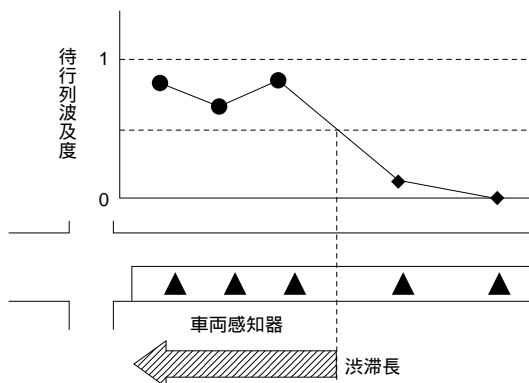


Fig.4 路線渋滞長の推定

a : 交通流量と交通密度の相関係数

Q_i : 小区間 i の交通流量

非渋滞区間の旅行時間については、シミュレーション等によって予め設定した旅行速度から算出される。

2-2 信号制御

信号制御は、2.5分毎に動作するマクロ制御機能と1秒毎に動作するミクロ制御機能から成る。

前者は、管制システムの中央装置上で動作し、感知器情報および渋滞情報に基づいて信号パラメータ(スプリット・サイクル長・オフセット)を決定する機能であり、以下に詳述する。

後者は、信号制御機上で動作し、交差点近傍の感知器情報に基づいて青信号時間を微調整する機能である。代表的な機能として右折感应制御、ジレンマ感应制御がある。

1) スプリット

重要交差点のスプリットは、交通処理能力に最も影響力のあるパラメータであり、近飽和状態において渋滞の発生を極力遅延させるためには、適切な青信号時間の配分が最重要である。

リアルタイム制御において、近飽和状態に対応するために、流入流量に待ち行列量を加えた量を対象とする必要があり、これを負荷交通量と呼ぶ。負荷率は、飽和交通流率に対する負荷交通量の割合として定義され、各流入路上の各交通流線の負荷率は次式で表現される。

$$= (Q_n + r \cdot k \cdot E) / s$$

Q_n : 流入流量 [台 / 2.5分]

E : 待行列量 [台]

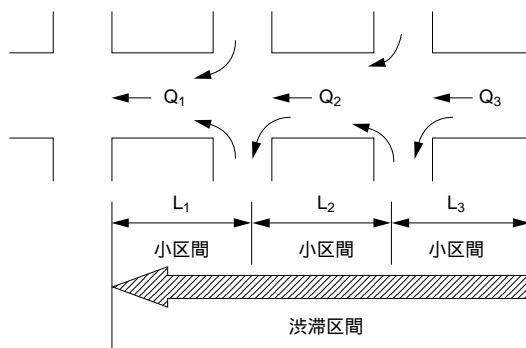


Fig.5 旅行時間算出の小区間

s : 飽和交通流率 [台 / 2.5分]

k : E の使用率 ($0 < k < 1$); 原理的には1を設定し交通状況に応じて調整

r : 先詰まり時の E の減少率 ($0 < r < 1$); 原理的には0を設定

各現示のスプリットは、基本的に次式に示すように、各交通流線の負荷率に基づいて算出される。

$$g_i = \text{Max} (g_{i1}, g_{i2})$$

$$g_i = Q_i / s_i$$

g_j : 現示 i における流入路上の流線 j の負荷率

s_i : 現示 i の負荷率

g_i : 現示 i のスプリット

この制御方式の特徴は次のとおりである。

- ・ 流線負荷率には待行列台数が含まれているため、非飽和状態から近飽和状態への一貫した制御が可能である。
- ・ スプリットを直接計算することにより、多現示交差点への適用が可能である。
- ・ 過飽和状態において、主従道路の旅行時間の制御が可能である。
- ・ ある流線の負荷率は、先詰まりが検出されたとき、係数 r によって低下するため、競合する現示のスプリットが増加し、交差点の総流出交通量を増加させることができる。

2) サイクル長

系統制御におけるサイクル長の制御目標は、非飽和状態では、路線全体での遅れ・停止の最小化および安全な交通流の形成であり、過飽和状態では、重要交差点での交通処理能力の最大化である。

これをリアルタイムに実現させるための理論的な

算出方式は、まだ確立されていない。

重要交差点のサイクル長は、負荷率に基づいて、次式で算出される。

$$C = (a_1 \cdot L + a_2) / (1 - a_3 \cdot \quad)$$

L : 損失時間

: 交差点負荷率 (=)

a_1, a_2, a_3 : 係数

ここで通常時には、 $a_1 = 1.5, a_2 = 0, a_3 = 1.0$ として過大なサイクル長にならないようにしている。

3) オフセット

非飽和時のオフセットは、サイクル長との関係および上り・下り交通需要から決定されるものである。

現状では、上り・下り方向の交通量とサイクル長によるパターン選択方式、または、リアルタイムシミュレーションによるオフセット自動生成方式が採用されている。

過飽和状態において、渋滞内の上流側交差点で、交差側からの流入交通量をオフセットにより制御することが可能である。また、対向方向が非渋滞であればその方向を優先することにより、遅れ・停止の最小化をはかることができる。このような渋滞時の制御は、渋滞の検出とリンクごとのオフセット選択で実現されている。

2 - 3 情報提供

情報提供は、交通流の自律的な分散による渋滞の緩和や運転者の心理状態の改善等を目的としており、渋滞、旅行時間、事故、工事、交通規制等の交通情報が自動的(5分毎)に編集・加工され、交通情報板や光ビーコン・車載機等の各種メディアを通じてドライバーに提供される。

主な自動編集機能は次のとおりである。

- ・渋滞とその原因となる事故・工事等の事象とを、位置関係から関連付ける。
- ・近接する複数の渋滞事象を一つの事象に統合する。
- ・メディア毎に優先度の高い事象を選択し、図形、文字、音声等に変換する。

1) 交通情報板

道路上に設置され、渋滞・事故等の最重要事象を文字または図形で表示するもので、表示方式として電光式・LED式等がある。

2) 路側通信

1620KHzのラジオ電波を用いて路側アンテナ設置地点周辺の道路に交通情報を流すもので、複数経路

の渋滞状況およびその原因等、多くの情報を提供することができる。路側アンテナは、道路に沿って約2kmの区間に設置される。放送するメッセージは、事象の優先度に応じて一定時間(2分程度)内に収まるよう編集され、自動的に音声に合成される。

3) 自動応答電話・FAX

管制システム内に設置された特定の電話を通じて、ユーザから地域や情報種別の指定を受け、電話応答の場合は音声により、FAX応答の場合は地図や表により交通情報が提供される。

4) 光ビーコン・車載機

光ビーコンは、車載機に対して、車両の進行方向で半円形(半径10km)の範囲にある交通情報を送信する。

車載機には、文字表示型(15文字2段の表示)、簡易図形表示型(デフォルメ道路区間上での渋滞・旅行時間の表示)および地図表示型(地図上での渋滞情報・事象規制情報等の表示)の3タイプがある。光ビーコンは、車載機のタイプに応じた情報を送信するとともに、車載機が計測したビーコン間の旅行時間を受信した場合には、リンク旅行時間情報も送信する。

2 - 4 運用管理

運用管理は、本部センターの他、サブセンターを含めて各都道府県全域のシステムを統括管理するためのもので、交通情報データベースおよびヒューマンインターフェイスの各機能が構成されている。

1) 交通情報データベース

渋滞・旅行時間等の交通情報の他、信号制御や情報提供の結果およびシステム(端末機器・中央装置)の動作状況等が蓄積される。

この他、都市全体(または地域・路線)の交通状況をマクロに把握するための交通管理指標が、日・月・年の期間別(時間帯別)に算出される。交通需要を示す指標として走行台キロ(台・km)、サービスレベルを示す指標として渋滞長時間(km・時間)総旅行時間(台・時間)等があり、主要区間の距離、断面交通量、渋滞長、旅行時間を基に求められる。

これらの指標は、主として地域間の比較や長期的な交通管理の他、制御改善等交通対策実施後の定量的評価等に用いられる。

2) ヒューマンインターフェイス

交通情報データベースに蓄積された各種の情報は、交通状況表示板や管制卓等のヒューマンインターフェイスを通じて管制官に提供される。一方、管制官

Table 1 集中制御化による効果(1992~1996年度)

評価項目	事前	事後	改善量	改善率
旅行時間(秒/km)	139.6	115.3	24.3	17%
旅行時間(秒/基)	49.4	41.1	8.3	17%
事故件数(件/基・年)	2.95	2.45	0.50	17%
死傷者数(人/基・年)	3.62	3.10	0.52	14%

注) 評価項目の単位は、路線1km当たり、または信号機1基当たり。
評価対象の信号機数は、旅行時間で2,463基、事故件数で2,145基。

Table 2 ジレンマ感応制御の事故減少効果(1992~1996年度)

区分	事前	事後	減少量	
人対車両	28	4	24	
車両相互	出会い頭	76	30	46
	右折時	40	24	16
	追突	120	94	26
	その他	58	38	20
車両単独	10	6	4	
合計	332	196	136	

注) 評価対象の信号機は63基。表内の数値は年間の事故件数(件)。

は、管制卓から情報提供のための事故・工事等の事象入力、一時的な交通規制等に対応した信号制御や情報提供の介入および、交通対策立案のための各種シミュレーション等を行うことができる。

信号機・感知器等の端末機器はすべて道路ネットワークにマッピングされており、地図を介した情報の入出力が可能である。

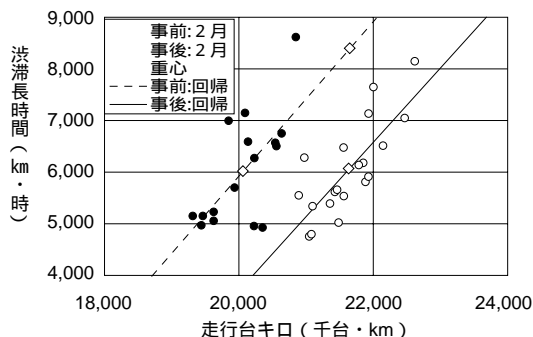
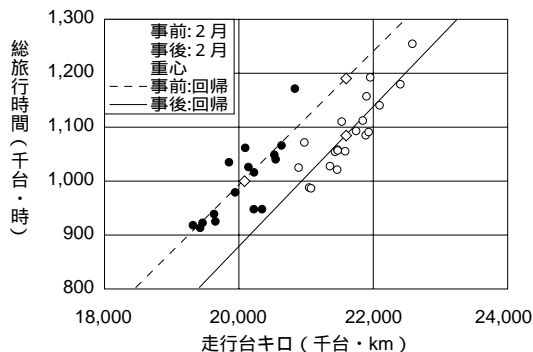
3. 交通管制システムの導入効果

3-1 全国での導入効果

1991年以降毎年、交通安全施設の効果として、交通流の円滑化および交通事故の減少について、評価が行われてきた。

種々の交通安全施設のうち、集中制御化(交通管制システムによる信号制御化)の効果はTable 1に示すように、旅行時間が17%の短縮、事故件数が17%の減少であった。これによる信号機1基当たりの年間便益は、円滑化の便益が56.5百万円、事故減少の便益が1.7百万円となる。また、旅行時間の短縮による二酸化炭素排出量の削減効果は、9.3トンカーボン/基・年と算定される。

また、Table 2は、交通事故の減少を直接の目的としたジレンマ感応制御^{*1}の効果を示したものであり、事故件数が41%減少した。これによる信号機1基当たりの年間便益は7.7百万円となる。



注) 図中の一つのプロットは平日1日(7~19時の12時間)のデータを示す。事前は16日間、事後は20日間。

Fig.6 警視庁新交通管制システムの導入効果

ジレンマ感応制御は、当初、追突事故および出会い頭事故の減少を主目的としたものであるが、それ以外の事故についても減少していることがわかる。これは、同制御の実施により、赤信号で交差点に進入する車両が減少したことによる効果であると言える。

3-2 東京での導入効果

1995年2月、警視庁新交通管制システムが完成し運用を開始した。同システムの中で、2章で述べた新しい信号制御システムが開発され、東京都区内の約300重要交差点に適用された。このとき、都区内全域の主要道路(総延長1,515km、平均約2車線)

*1 ジレンマ感応制御は、主として交通開散時において、黄信号直後の追突事故の危険性、および全赤信号で交差点内に進入することによる出会い頭事故の危険性を減少させることを目的としており、ジレンマゾーンまたはオプションゾーンに車両が存在しない時点で青信号を打切る制御方式である。これらのゾーンは黄信号開始時の車両走行位置、車両速度および黄信号時間から決まるものであり、ジレンマゾーンとは、黄信号が終了する時点までに停止線を越えることも、無理なく停止線で停止することもできない領域をいい、一方オプションゾーンとは、上記の両方とも可能な領域をいう。

Table 3 警視庁新交通管制システムの導入効果

交通指標	事前 (1994年)	事後 (1995年)	効果 (%)
走行台キロ(1,000台・km)	(21,619)	21,619	
総旅行時間(1,000台・時)	1,194	1,086	9.1
渋滞長時間(km・時)	8,423	6,066	28.0

を対象とし、期間は実施前を1994年2月、実施後を1995年2月の平日(7~19時)として評価が行われた。

Fig.6は、交通需要を示す指標としての走行台キロとサービスレベルを示す指標としての渋滞長時間および総旅行時間との関係を示したものである。同図から、事後では事前に比べて、走行台キロが増加したにもかかわらず、渋滞長時間、総旅行時間ともに増加していないことがわかる。Table 3は同一の走行台キロ(事後の平均)に対する交通指標を示したものであり、システム導入の効果として渋滞長時間が28%、総旅行時間が9%減少し、年間1,000億円以上の経済便益が得られた。

4. 新しいシステム

4-1 光ビーコン活用システム

光ビーコンは、一般道路における交通管理のキーインフラとして1992年度以降導入が開始され、2000年3月現在、全国で2万基が設置されている。光ビーコンから車両(車載機)への交通情報提供は既に各都市で実用化されており、ここでは、それ以外の光ビーコンを活用したシステムについて述べる。

1) 公共車両優先システム(PTPS^{*2})

本システムは、バス等公共車両の優先通行を図ることを目的としており、光ビーコンがバス(車載機)から専用IDを受信したとき、下流側の信号機群でバスが極力無停止で走行できるような制御(青信号の延長または赤信号の短縮)が行われる。この他、本システムには、バス専用レーン上の違法走行車両への警告、バス内での目的地までの旅行時間等の表示、およびバス事業者によるバスの運行状況管理等の機能がある。

* 2 Public Transportation Priority Systems

* 3 Dynamic Route Guidance Systems

* 4 Mobile Operation Control Systems

* 5 Fast Emergency Vehicle Preemption Systems

* 6 Pedestrian Information and Communication Systems

* 7 Driving Safety Support Systems

本システムは、札幌市などに導入され、今後、各都市での導入が予定されている。なお、札幌市の国道36号(5.7km区間)での導入結果として、朝ピーク時間帯において、バスの旅行時間が6.1%短縮、信号待ち時間が20.1%短縮の効果を得られている。

2) 動的経路誘導システム(DRGS^{*3})

本システムは、個々の車両に対して目的地までの最適な経路を提供することにより、交通流の分散による渋滞の減少を目的としたものである。

交通情報に基づいた経路の算出を車両側で行うタイプとシステム側で行うタイプがあるが、ここでは後者について述べることにし、その機能の概要は次のとおりである。

- ・交通管制システムは、光ビーコン毎に提供対象範囲内にあるすべての目的地までの最短時間経路と予測旅行時間を5分毎に算出し、光ビーコンに送信する。

- ・光ビーコンは、車両(車載機)から目的地を受信したとき、車両に対して経路と旅行時間を提供する。1996~1997年度に、東京都内において三次にわたるDRGSの実証実験が行われた。第三次実験では、6組の起終点(平均距離約18km)に対して、6車両グループ(1車両グループは、DRGS車両、タクシー、一般車両の3台)によって1起終点当たり18回のグループ走行が行われた。平均旅行時間で比較すると、一般車両の63.67分、タクシーの58.75分に対して、DRGS車両では56.63分で、それぞれ7.04分(11.1%)、2.12分(3.6%)の短縮となり、DRGSの効果が確認された。

3) その他のシステム

光ビーコンを用いた、以下の各システムについて実証実験が行われ、その有効性が確認されている。

車両運行管理システム(MOCS^{*4})

タクシー・トラック等業務用車両の走行位置などを運行管理者に提供することにより、効率的な車両の運行による交通の円滑化を図る。

緊急車両支援情報通信システム(FAST^{*5})

パトカー等緊急車両の優先信号制御や同車両への経路誘導情報等の伝送により、緊急走行に関わる交通事故の減少とリスボンスタイムの短縮を図る。

歩行者等支援情報通信システム(PICS^{*6})

歩行者(高齢者・視覚障害者等)に対する信号機状態の音声提供や青信号の延長等により、歩行者事故の低減を図る。

安全運転支援システム(DSSS^{*7})

車両に信号機状態等の安全走行に関する情報を提供し、交通事故の低減を図る。

この他、交通需要マネジメントの一手法であるロードプライシングが大都市に導入されるとしたときの、光ビーコンの活用について検討が進められている。

4 - 2 防災システム

東京では、大震災発生時に、環状七号線の内側と一部地域および緊急交通路において、緊急通行車両以外の車両通行禁止規制が行われ、その後被害の状況に応じて規制範囲の拡大または縮小が行われる。これらの規制は、人命救助活動や二次災害の防止活動等を行うため、緊急交通路を確保することを目的としている。

防災システムは、これら諸活動を支援することを目的とし、1998年に警視庁交通管制システムに導入された。本システムは、情報収集、信号制御、防災データベース（管制卓）の各機能で構成されており、概要は以下のとおりである。

1) 情報収集

防災システム固有の情報として、道路上の静止画像情報および震度情報が収集されている。

画像情報は、交通量等計測用の画像型車両感知器で扱う静止画像を圧縮したものであり、定期または非定期に中央システムに送信される。1画像の情報量は1/10圧縮で約8kbyte、伝送時間は9600bpsの回線で約10秒である。画像感知器は、15～60秒間隔で中央システムに画像を送信するとともに、0.2～2秒間隔で画像を蓄積する。この容量は2,000枚で、常に最新の画像に更新されており、中央からの指令時またはインシデント検出時に中央システムに送信される。Fig.7に1/10圧縮で収集した静止画像の例を示す。

震度情報（震度レベル、加速度、SI値等）は地震



Fig.7 1/10圧縮の静止画像例

発生時に、都内の代表地点に設置された地震計から中央システムに送信される他、東京ガス(株)からも送信される。

2) 信号制御

環状七号線をはじめとする環状道路上の主な交差点には防災信号機が設置されている。この信号機は、災害時において都心部に車両を流入させない信号表示企画（流入抑止ステータス）や流入抑制ステータスを内蔵し、中央からの指令によってステータスを切替えることができる。更に、これらの信号機には自動起動式発動発電機が設置され、商用電源の供給が停止した場合でも信号機の稼働を可能としている。

また、主要な交差点には無線装置が設置され、有線の専用回線が異常のとき、無線系によって中央からの信号制御が継続可能である。

3) 防災データベース

防災データベースには災害に関する種々の情報が蓄積され、防災管制卓から地図をベースとしたアクセスが可能であり主な機能を以下に示す。

- ・震度情報、静止画像情報および信号機等端末機器の動作状況の照会
- ・震度情報に基づく被害予測シミュレーション
- ・道路状況（損壊状況、交通規制等）、火災状況、公共輸送機関の運行状況および、病院・避難施設等の利用状況等の入力・照会
- ・流入抑止ステータス等信号制御への介入

5. おわりに

交通管制システムは都市交通の基盤として、交通流の円滑化と交通事故の減少に大きな役割を果たしてきた。

交通流の円滑化に関して、既に述べた高度な信号制御システムがいくつかの都市に導入され、更なる渋滞の緩和に寄与している。今後、各都市への導入による全国的な渋滞の減少が期待される。また、信号制御や情報提供をより高度なものにするため、精度の高い交通情報の収集が必要である。このため、車両感知器の整備の他、光ビーコン対応車載機の早期普及が望まれる。車載機の搭載率は、現在、首都圏において1%程度であるが、これが3～5%になればリアルタイム（5分毎）の旅行時間計測が可能となり、旅行時間予測等の精度が飛躍的に向上することになる。更に車載機の普及が進むことにより、動的経路誘導システムや安全運転支援システムなどのシステムがより現実的なものとなるであろうし、

交通需要マネジメントに関する新しいシステム化の可能性も期待できる。

一方、交通事故の減少を直接の目的としたジレンマ感応制御について、その効果は既に実証されており、今後、事故が多発する交差点への全面的な導入が期待される。また、現在、事故の減少に関する種々のシステムについて、近い将来の実現に向けた検討が進められている。

参考文献

- 1) 警察庁交通局監修「警察によるITS」(財)日本交通管理技術協会 / (財)都市交通問題調査会、1998年
- 2) 吉田利博、川畑知三「警視庁“交通管制システム”の概要」『鉄道と電気技術』Vol.6、No.11、1995年
- 3) S.Miyata, M.Noda, and T.Usami:STREAM (Strategic Realtime Control for Megalopolis-Traffic) Advanced Traffic Control System of Tokyo Metropolitan Police Department, The Second World Congress on ITS 95 YOKOHAMA, 1995
- 4) T.Horiuchi, et al.: Traffic Information Service by the Tokyo Metropolitan Police Department, Third Annual World Congress on ITS, 1996
- 5) 山口盛兄、宇佐美勤他「旅行時間予測方式と実験」電気学会道路交通研究会、1992年
- 6) (財)日本交通管理技術協会「交通安全施設の効果に関する調査研究報告書()」1998年
- 7) M.Yamaguchi, T.Kitamura, et al.: The Interactive CDRG using Infrared Beacons, IEEE / IEEJ / JSAI International Conference on Intelligent Transportation Systems, 1999
- 8) 森田正敏、市野良一他「交通管制における防災システムの開発」『SEIテクニカルビュー』第153号、1998年