

# 道路交通の管制技術について

星 埜 和

## 1. はじめに

通商産業省で工業技術院が中心となって、大型プロジェクトの1つとして取り上げた「自動車総合管制技術」の研究開発は、6年の歳月と70億円余の巨費を投じて進められ、一応の成果を収めて幕を閉じたことは、すでにご承知の方も多いと思われる。

このプロジェクトは、他の多くのプロジェクトと異なり、自動車を中心とした道路交通システムの制御・管制をテーマとするものであるため、自然科学の分野だけでなく、直接的には運転者としての人間を要因としてかかえこんでいるとともに、背景には広く生活の場としての都市と深くかかわっており、これらと切り離して論ずることはまったく意味をなさない特異性をもつ点をまず理解しなければならない。

研究開発の成果がいかにもすぐれたものであっても、自動車の運転者群ひいては社会の構成員たちに好んで受け入れられないならば、すべては絵に画いた餅に終わってしまう。

自動車総合管制技術の研究開発計画の後段において、東京都内の一地区を対象としたパイロットシステムを建設、運用することによって、システム実用化の第1歩を踏み出したとはいえ、なお前途には多くの難関が横たわっている。その多くは

人的社会的性格を帯びたものということができよう。

パイロットシステムは、交通管理の当事者である警察庁と建設省によって引きつがれ、さらに実用化の推進をはかるとともに、現行の交通管制システムとの結合によりいっそう高度なシステムへと向上発展させるよう努められつつある。

また一方において、いくつかの地方都市へのシステム導入の具体的な条件についても引きつづいて調査が行なわれている。

正直に言って、自動車総合管制技術の研究開発は現代における都市交通問題解決の1つの可能性を追究したに過ぎないといえよう。

本小論では、道路交通システムの特性について概略の説明を加え、都市とのかかわり合いを明らかにし、交通管制技術の発達に触れ、そのなかで自動車総合管制技術の研究開発の意義と経過ならびに問題点を述べようとするものである。

## 2. 道路交通システムの特性

世の中にはいろいろな交通手段が開発され、たがいに競合したり補完したりしながら、多様化した交通需要を満たしている。そのなかで道路を通路とする交通手段は人類とともにあり、最も古い歴史を有しかつ今日でも最も基本的なものであることはいうまでもない。人類が陸上に住み直立歩行による移動能力を備えるようになってから数百万年を経たといわれるが、その間に道路を通路と

する交通手段は家畜の利用、車の発明、馬車から自動車へと発展し多様化してきた。他面において造船技術と航海術の発達は水運の便を加え、舟運は古代から現代に至る重要な輸送手段として利用され、とくに貨物の輸送に大きく役立ってきた。古代から今日まで大都市がおおむね大河川の沿岸や河口に発達をみたのも故なしとしないであろう。

19世紀に入って鉄道が、20世紀に入って航空が交通システムを根本から変革し、都市の盛衰・規模の大きさにもはかり知れない影響を及ぼしたが、なお歩行を中心とする道路交通システムがその基本をなし、他の交通手段はすべてその補助的役割を果しているに過ぎないという厳然とした実態を正しく認識すべきであろう。

人類は直立歩行のお蔭で発達した頭脳と両手を使って種々の道具を創作し、旧石器・新石器の時代から金属器時代へと進み、農器具と農地造成技術の発達によって、余剰食料の増産が可能となり、都市形成の基盤が確立されるに至ったといわれている。都市が多くの人をかかえ、生産と消費の機能を維持してゆくためには、食料のみでなく大量の原料や資源、製品や廃棄物の搬入搬出を人の移動が常時滞りなく行なわれるための交通システムが完備していなければならなかった。

古代都市をはじめとして、中世から現代に至る世界中の都市は、その成立から発展段階をその時代時代の交通手段に依存し規制を受けてきたことは歴史上の多くの事実が物語っている。

今日世界には40億人を超える人口が住み、その過半は大小さまざまな都市に集中している。都市機能を維持するための交通輸送手段は、都市ごとに異なっているが、道路交通システムにまったく依存しない都市は考えられない。自動車が今世紀の初めに実用化の第1歩を踏みだしてから、近代的道路の建設と相まって、陸上交通手段の主役として活躍し、全世界の自動車保有台数は3億台を突破してなおふえつづける勢いを示している。

古代の大都市はせいぜい人口が数十万どまりで城壁で囲まれた市街地はいちじりしく過密で環境汚染がはなはだしかったとされており、馬車と舟運を中心とした中世ヨーロッパの都市は最大人口100万どまりで、火災や悪疫の流行にしばしば壊滅的な打撃をうけた。鉄道時代に入って都市規模が一気に拡大して人口数百万人に達する大都市も生まれたが、戦後東京をはじめとして、ニューヨーク、ロンドン、パリのような人口1000万人を擁する超巨大都市が発達するに至った背景には自動車による道路交通システムの整備があずかって力があつたとしてよいであろう。

都市の発達に伴って、市街地内の道路交通システムを計画的に整備し、交通の運用を制御管理することによっていっそうの発展を促がし、環境の保全、汚染の防止を図ることも古くから試みられてきた。

遺跡として発掘される古代都市において整然とした街路網がつくられており、西暦紀元前後すでにローマ帝国の首都ローマでは馬車による騒音公害が市民を悩まし、厳重な交通の規制も行なわれていたことがわかっている。

自動車の発達によって人類が受けた恩恵ははかり知れないものがあり、都市の発達にも貢献したが、反面において都市市民の生活を脅かす環境の破壊・汚染をいちじりしく増大させるに至った。

都市内と都市間を問わず、道路交通システムが内包する欠陥は事故の危険と流れの停滞による損失であることはいうまでもない。交通を制御し管理することの目的はまさにこの2大欠陥を軽減できれば除去することにあるといえる。これらは道路交通システムの内部に存在する欠陥であるが、近年はシステム周辺部に及ぼす騒音・振動・排出ガスなどによる環境汚染が加わって、これに対処する必要が生じてきた。

古代においてすでに、都市や国家を防衛し、通問・通信の安全を図るため、道路交通システムは時の権力者によっていろいろな形で管理されてい

た。手形を発行したり城壁や関所を設けて旅行者や積荷を検問監視することが行なわれた。このようにもともと道路交通システムの管理・運営は、管理者サイドの必要から交通取締りの色彩がきわめて強いものであったといえよう。わが国でも現行の道路交通法は前身が道路交通取締り法とよばれていたことは記憶にとどめている方もあろう。

今日的な道路交通管理業務は、過去と比べてずっと道路利用者サイドに傾斜してサービスの色彩が濃いものとなっていることは確かであるが、なお管理者サイドに立った発想と施策は相かわらず根強いものがあるという批判も聞かれる。

道路交通システムの管理には管理者サイドに立つ公の面と利用者サイドに立つ私の面の2面性があることは否定できない。ある1つの施策や技術の導入が、両面ともに受け入れやすい時は容易に実現できる最も理想的な場合であるが、どちらかの側において受け入れがたい条件が存在するときは実現が困難であり、調整に時間を必要とすることになる。

安全と円滑を主たる目的とする道路交通システムの管理は、本来的には管理者サイドを利用者サイドの利害が一致を見るはずであるが、現実はずしもそう簡単ではない。

### 3. 道路管理技術の発達

道路交通システム管理の第1歩は、定められた道路利用上のルールを利用者に情報として提供し守ってもらう、ときには強制することから始まる。この種の情報提供は、主として路側や頭上の交通標識と路面標示によって行なわれている。速度をはじめとする各種の制限・規制の類がこれに当る。これらの情報提供は空間と時間に対して不変で固定的でありいわば静的な管理方法といえることができる。これに対して時間によって変わる情報を提供するため可変標識ないしは可変情報板といわれるものが用いられるようになってきた。渋滞や事故の発生、異常気象に関する情報提供がこ

れに当り、やや動的な管理を志向している。

道路交通システム中の結節点でありボトルネックとなる交差点の交通管理は大半が信号制御に依存している。信号機の機能は初期において定周期で同じパターンをくりかえしながら単独で作動するものから、最近では交通状況に感応して表示を変更できるものまであり、また信号機群を路線沿いにあるいは地域内でまとめて制御し、交通状況に即応できる機能を有するものまで実用されており、信号制御技術もまた静的から動的へと進歩しつつあるといえよう。

信号機群の機能を通して交通を制御管理するシステムは急速に発達し、全国の主要都市に道路交通管制センターとして普及しているが、その際交通流の実態すなわち交通量・密度・速度などの情報を刻々検出・伝送・解析する機能と、これにもとづいて個々の信号機に表示内容の指令を伝達する機能をもつことが必要となる。ここで得た交通情報は信号制御に用いられるだけでなく、時には径路案内や径路誘導をねらいとした情報提供にも利用されている。

地上の普通一般に見られる道路交通システムでは信号機群を通じての交通管理が可能であるが、信号機のない高速道路などではそれができないので、入手した交通情報は電光情報板などを通じて利用者に伝達される。首都高速道路で見られるような、どこどこ事故発生、〇〇方面渋滞×kmといった表示がこれである。これらの情報提供は時間的にも空間的にもかなり動的な機能をもつものといえよう。

道路利用者の立場からみでの情報提供サービスは、時々刻々移動する空間において個人ごとに異なる情報需要に応えうるものであることが望ましい最終的な姿であるといえよう。

### 4. 管制技術としての径路誘導

自動車総合管制技術の研究開発目標には、車上の自動車運転者と地上機器との間に個別相互通信

システムを組むことによって、いつでもどこでも個別に要求される交通情報を提供できるという動的な情報提供の理想に1歩でも近づきたいという願いが込められているといえよう。

このような個別相互通信システムの技術にはさまざまな方式がありうる。たとえば車内に電話機を取付けて通話する方式はすでに実用化の域に達しているといわれるが、このような方式がいったん実用化されるとその応用範囲は急速に拡大されるものと推測される。

自動車総合管制技術においては、当面の目標として、

- (1) 最適経路への誘導
- (2) 経路情報の車外表示
- (3) 公共車、緊急車の優先走行
- (4) 安全運転に役立つ情報の車内表示
- (5) 緊急時の情報伝達

の5機能を備えたシステムを開発する方針をとってきたが、将来システムの拡張として、車両運行管理、自動料金徴収、自動速度調整、犯罪捜査のような機能を付加することはさほど難しくないとと思われる。

研究開発の最大の眼目である最適経路への誘導、略して経路誘導、の機能は、運転者が車載機に目的地のコードをセットすれば、路上機器を通じて管制センターに伝えられ、センターからの指示に従って車載機に図形表示される経路により順次途中の交差点を経て目的地まで誘導される、というものである。

旅行者（ここで旅行といっても長途長期のものばかりでなく日常の買物のための外出までを含めた概念で、普通トリップといわれ、適訳が見当たらないので仮りに旅行という語をあてておく）がある地点を定めて目的地として出発する際にどこを通過してゆくかをあらかじめ心に決めておくのが通常であろう。いくつかの経路があり、それぞれ代替が可能な場合に選択の基準は個々人によって、また旅行の目的によってまちまちである。乗物に

対する好き嫌いとか、安全感といったもののほか、普通は費用とか時間が選択の尺度として用いられることが多いであろう。自動車総合管制技術では最適経路の判定基準として旅行時間をとっている。

いくつかの経路のなかから1つの経路を選び出すとき判断のもとになる情報として、かつて行ったことのある土地であればその時の経験が役立つであろうし、まったく初めてであれば、地図を頼りにするとか友人に聞くとかあるいは交通情報センターに問合せるとかそのほか数多くの情報蒐集手段がありうるだろう。

代替路の数が少なく情報が安定しており選択の条件も単純であるといった場合は、経路は比較的容易に決定され、その結果も満足すべきものであることが多いであろう。

しかしながら、代替路の数が多くかつ複雑しており、それぞれの経路の混み具合や環境条件がかなり頻繁に変化し変動しているような場合には、的確な情報の入手は難しくなり、経路の選択はあまいとなり、予期に反することが多くなる。

とくに、事故が発生したときや地震や異常気象による災害が発生したときのような予測できない突発的な交通障害がおきた場合には、的確な情報の欠如あるいは誤った情報の流布によって混乱に陥り時には2次的な災害を招くおそれがある。最近東名高速道路の日本坂トンネル内でおこった火災事故の被害はなお記憶に新しいところである。

都市の規模が巨大化し、道路網が細かい網目を組み、規制・制限・禁止などの複雑な交通制御が行なわれるようになっている道路交通システムを有効に利用しようとするれば、それだけの確かな交通状況の把握と情報提供のできる高度な管制システムが必要となる。日常的な渋滞や交通事故に対処するための交通情報提供や経路案内に加えて、将来必ずおこるに違いない非常事態に備えて、道路交通システムの管理体制を整えておくことは決して無駄な投資とはならないであろう。

径路誘導のシステムが個々の道路利用者に便益を提供できると同時に、道路交通システムの高度有効利用によって効率が上がり、交通の安全と円滑に役立つばかりでなく、公害の軽減、環境の改善にも貢献できるなど交通管理者にとっても絶大な効果を期待することができ、関連した種々の試算も行なわれている。

## 5. 道路交通システム改善の動き

大小さまざまな現代都市がかかえる共通した交通についての悩みを解く試みは、広くかつ深く多方面にわたって進められているにもかかわらず、まだ十分な効果をあげるに至らないばかりか、さらに深刻になる恐れさえなしとはしない。

かつて都市交通において主導的な役割を果たしていた路面電車は今日いくつかの地方的中小都市で健在を誇っているものもあるが、赤字に悩み廃止の運命をたどったものが多い。大都市では地下鉄網がこれに代って道路交通システムの過重な負担を肩代りしていることは大きな救いとなっている。もともと路面電車といい地下鉄という、路面または路下の空間を利用するもので道路交通システムの一環、一変形として補助的役割を果たしていると見なすべきものであろう。そのほか大量輸送手段として路線バスがあるが、サービスの面で難点があり、客足が遠のき、赤字に悩むものが多い。中小都市の多くは路線バス、タクシー、自家用車以外に頼るべきものがないため、その悩みは大都市に劣らず深刻である。

路面電車に代ってかつ地下鉄よりも建設費が安く経営上も有利な新しい交通システムを開発する努力も盛んに行なわれているが、まだ実現に至ったものは無きに等しい。既成の都市は既成の交通システムと有機的に結合しており、新システムの導入には生理的な拒否反応に近いものがあることを考えおかなければならない。したがってニュー・タウンのような新都市への導入をまず試みるのが筋であろう。

道路交通システムの改善策として、自動車交通の増大に対応して通路施設である道路を新設し改築し舗装するといった道路の建設整備に長い年月と巨額の投資が行なわれてきた。世界各国に共通した現象であるが、道路の建設はまず都市間の幹線道路で始められ、都市内の道路はあとまわしにされた。取り残された都市内の道路網の整備は今後の課題であるが、種々の制約条件から道路施設面での抜本的な改造は難しいと見られている。したがって交通の運用面での整備改善に対する期待がいつそう大きくなってきた。

信号機群を通じての交通管制は世界中の主な都市においてすでに採用され多大の効果を発揮している。自動車総合管制システム（英訳して CACS という）と同類あるいは関連のあるシステムのうち主なものをいくつかあげてみよう。

CACS の先駆をなすものに、米国の ERGS があつた。このシステムは電子技術を応用して径路誘導を行なおうとするものでまさに CACS の先輩に当たるわけで、着手も数年先んじていたが、優先度と経費が主な理由で中止されてしまった。その復活版としてスペリー・ランド社が委託を受けて進めている IVRG は ERGS にとらわれず、より広げられた構想にもとづいているといわれる。ニューヨーク州はニューヨーク市東部のロング・アイランドを対象とした総合交通管制システム IMIS を計画しており、ワシントン DC ではバス優先機能を含む信号制御システムを導入し UTCS とよんでいる。西海岸のロサンゼルス市は市域が広く道路交通だけに依存する巨大都市であるが、都心部まで達している大規模な高速道路網システムの総合交通管制センター LFSCC を建設運営しており、わが国の首都高速や阪神高速の交通管制センターと同様な役割を果たしている。

ヨーロッパでは、国によって事情が異なっており、CACS に近いシステムはドイツのシーメンス社が開発した径路誘導システムとブラウ・ブント社が開発中の ALI システムがあり、前者は実

験段階を終わって実用化の機会をねらっており、後者はルール地方での実用化実験を経て将来は全ドイツに拡大する構想をもっているといわれる。ヨーロッパの特殊事情として、道路交通が国境を越えて国際的規模で行なわれているため、新交通システムの導入に当って十分配慮の必要があり、実現を遅らせる原因にもなっているといわれる。フランスは径路誘導を含む総合的な交通管制システムの開発には消極的であり、理由の1つとしてプライバシーの侵害を恐れているともいわれている。イギリスは国民性を反映してか新しいシステムを開発するより既存のシステムを改善し機能の向上を図るという発想が強いように見受けられ、道路研究所 (TRRL) では片方向通信方式による AWARE、音声を媒介とする RITA の開発が進められており、また都市内道路を利用する自動車から賦課金を徴収するシステムとしてロード・プライシング (Road Pricing) システムの開発に取り組んでいる。

## 6. 自動車総合管制技術と課題

わが国の自動車総合管制技術の研究開発は、世界的にも先端をゆく画期的なものといえるが、それだけ研究開発途上の困難も大きく、今後の課題も少なからず残されている。

パイロットシステムの実験は、多くの欠陥を発見し是正し問題点を解決するのに役立って、担当者の自信を深める効果がいちじるしかったと認められる。

この技術の背景にあるものは何といたっても電子工学と電子技術の発達による通信方式の進歩である。電子機器の性能、耐候耐振性や信頼性保守性は研究開発の間にもいちじるしい向上を示した。

管制システムの基本構成は、中央処理装置と端末の路上機を含む地上機器と車載機から成り、両者間の相互通信方式として、ループ・アンテナ、ミリ波、フェライトコイル、ミニコンピュータ、高集積度マイクロコンピュータなどが研究開発の

対象とされた。車載機の液晶表示も実用に耐えるものがつくられた。

システム設計および交通制御方式として、トータル・システム、基本アルゴリズム、サブシステム、処理プログラム、コンピュータネットワーク、ハイアラキ構成、径路選択、交通予測アルゴリズムなどについて研究開発が行なわれた。

自動車総合管制システムの研究開発成果は、トータル・システムとしての実用化にはなお時間を要するとしても、個々の開発技術は多方面に応用され、広汎な波及効果をもつことが予測できる。

システムの構成、機構、普及の戦略など残された今後の課題はORの分野にとってもきわめて興味深いものであろう。

## 参 考

### 文中主な略語の解説

- CACS: Comprehensive Automobile Control System 自動車総合管制システム
- ERGS: Electronic Route Guidance System アメリカで着手やがて中止された径路誘導システム
- IVRG: In Vehicle Route Guidance System スペリー・ランド社で研究中のシステム
- IMIS: Integrated Motorist Information System ニューヨーク州で開発中のシステム
- UTCS: Urban Traffic Control System ワシントンDCで採用しているシステム
- ALI: Autofahrer-Leit-und-Information System (Driver's Guidance and Information System) 西ドイツで開発しているシステム
- AWARE: Advanced Warning Equipment イギリスの TRRL で開発している装置
- RITA: Route Information Transmitted Aurally イギリスの TRRL で開発しているシステム
- TRRL: Transport and Road Research Laboratory イギリス道路運輸研究所
- LFSCC: Los Angeles Area Freeway Surveillance and Control Center ロサンゼルス地区高速道路監視管制センター

## 参 考 文 献

通産省大型工業技術開発 自動車総合管制技術  
研究概要報告書(昭和54年4月)

### 1. システム設計および交通制御方式

- 1) 利用調査・社会的評価(未来工学研)
- 2) トータル・システムの詳細設計および基本アルゴリズム(トヨタ自工)
- 3) コンピュータ・ネットワークおよびハイアラキ構成(日本電気)
- 4) 専用シミュレータによる径路選択および交通流予測アルゴリズム(日立)
- 5) 交通流の現状調査解析(立石電気)

### 2. 通信方式および地上機器

- 1) 機器の耐環境試験(機械技研)

- 2) 高集積マイクロコンピュータによる路上機器の試作(日立)

- 3) ループ・アンテナの試作・工作等および情報用路上機器の試作(住友電工)

- 4) 緊急情報システム方式および機器試作(三菱電気)

- 5) ミリ波方式による通信方式(日本電気)

- 6) フェライト・コイル方式による通信方式(松下通信工業)

- 7) ループ方式による通信方式およびミニ・コンピュータによる径路誘導用路上機器の試作(日本電装)

### 3. 車載機器

- 1) 車載機器の総合試作および装着法(日本電装)

- 2) 液晶による表示機器の試作(東芝)

### 4. パイロットシステム

- 1) パイロットシステムの実験(自総管技術研究組合)



## ●数理計画法●

●12月例会 12月13日(木), 新任友ビル, 出席者30名  
徳山博子氏(住友金属)による「鉄鋼業における数理計画の応用について」と題する講演があり, 現在同社で実際に用いられている各種の計画手法(スケジューリングを含む)について興味ある事例が報告された。つぎに茨木俊秀主査(京都大学)の「LP問題を多項式オーダーで解く新しいアルゴリズム」と題する講演では, 先日カナダの数理計画シンポジウムでも大きな話題となったKhachianのアルゴリズムの解説があり, 大いに出席者の興味をひいたようである。

●1月例会 1月11日(金), 京大会館, 出席者13名  
津田孝夫氏(京大)より「多変数関数の大域的最大を求める反復解法について」の講演があり, 乱数を用いて関数の最大値を見つける興味ある手法を説明された。引き続き, 田村坦之氏(阪大)より「数理計画と最適制御の境界領域について」と題する講演があり, 離散型最適制御問題を多段階LP問題として定式化し, それに分解

原理を適用して解を求める手法について解説された。

## ●実施理論●

●1月例会 1月19日(土), 15:00~17:00, 東京工業大学(大岡山キャンパス), 出席者16名

Schultz & Slevin (1975) の第11章, On Mutual Understanding and the Implementation Problem: A Philosophical Case Study of the Appolo Moon Scientists について, 三原委員の担当で講読会を行なった。この第11章は, Churchman & Schainblatt(1965)の示した mutual understanding の概念を操作化する試みとなっている。さらに, 山田委員より, 実施理論の bibliography に関する R. K. Wysochi (1979) の論文および D. Robey (1979) の論文の紹介があった。

なお, 分科会第1回会合を, 同日13:30~15:00に行なった。分科会の目的として, 「経営システムの効率化を, 情報技術, 主としてコンピュータによる情報システムの実施によって達成しようとするプロジェクトについて, その生成から完了ないし発展に至る過程をモデル化すること」を暫定的に設定し, プロジェクトの有効性の概念の解明, プロジェクトのもたらす変革のマネジメントのあり方といった課題を設定している。このためのベシック・モデルとして, Triad Model やOR実施の循環モデルが設定されている。この分科会の会合は, 毎月第1土曜日, 東京工業大学(長津田キャンパス)にて行なう予定である。