

都市交通公害対策の調査研究

Studies on Prevention of Urban Traffic Hazard

越 正毅*・高羽禎雄**・大野進一***・河村達雄**

Masaki KOSHI, Sadao TAKABA, Shin'ichi OHNO and Tatsuo KAWAMURA

1. 序 論

現代の大都市は、その都市機能の維持に必要な移動伝達的手段として自動車交通に多くを依存している。この結果として交通渋滞、交通事故、交通騒音や排気ガスによる大気汚染などの交通公害が重大な社会問題化しつつあることは誰もが認識するところである。

本研究はこれらの交通公害を除去するための対策を調査・検討することを目的として、野外実験ならびにシミュレーションに基づく交通制御の理論の開発と、実測を基礎とする交通騒音の調査・解析とを中心的課題として採り上げ、さらにひろく都市の平常時における機能低下に密接な関わりをもつ振動・騒音公害の除去、電力系統の障害除去の問題を包含して移動伝達・地上環境の諸システムの最適化をはかるものである。

本研究は交通工学、電気工学、電子工学、機械工学、建築学などの広い分野の工学者が本所において日頃推進している研究を基盤としたもので、たとえば交通騒音公害の防除に関しても、個々の自動車の騒音のレベルと指向性の分析に始まって道路や建築物の構造から定まる妨害の程度を求め、騒音除去の対策としては自動車、建築物のそれぞれの立場から、また交通制御や道路設計などの手法を利用することにより多角的に取組むなど、研究グループの能力と特徴をいかした形で研究がすすめられる。

図1は本研究グループの遂行する個々の研究テーマの研究目的ならびに研究手法の点での関連について、複合形の3角形を用いて示したものである。

いうまでもなく、災害・公害の防除にあたってはその現状を把握することが第1に行なわれねばならない。交通事故や交通渋滞の実態調査、工場設備・建設工事などの振動、騒音源としての自動車の諸特性など各種の振動・騒音の計測と実態調査、市街地における交通騒音の実態調査、電力系統における事故原因の究明と障害発生率・

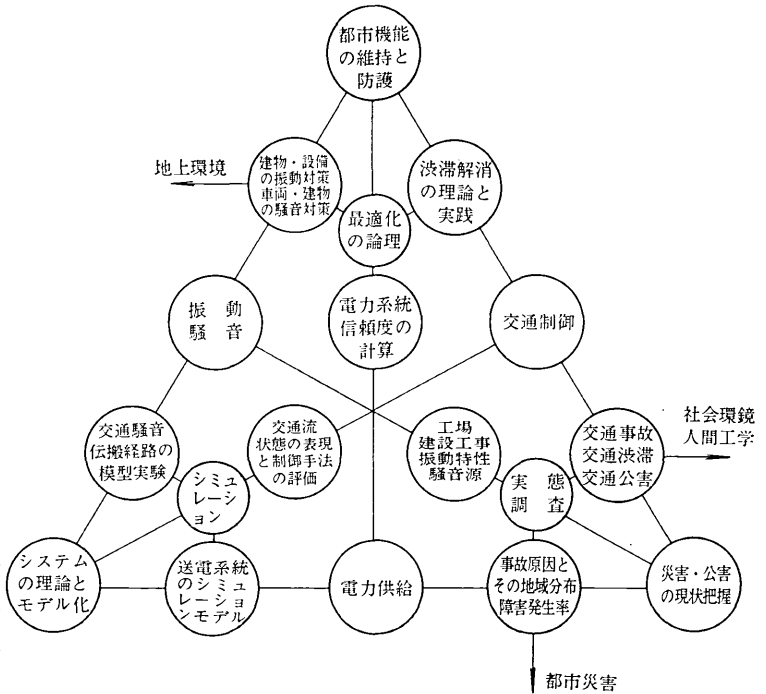


図1 第2グループの研究目的・分野・手法

地域分布などの実態調査が、この目的のために行なわれる。

第2に、これらの例にみられるように、災害・公害の発生原因がまちまちでその発生頻度や時間分布・地域分布が異なり、その影響の波及の過程と最終的な影響の程度が複雑にからみ合っているシステムの解明には、その発生源、伝搬経路、被害をこうむるもののそれぞれについての理論的解明とモデル化を基礎としたシステム特性の把握が必要となる。このためにはソフトウェア、ハードウェア、模型など種々の形式によるシミュレーションが重要であり、交通流のシミュレーション、交通騒音の伝搬経路の模型実験、鉄塔モデルをふくむ送電システムのシミュレーションなどが手法上、技術上の相互協力の下に実行される。

第3に、これらの現状把握と理論的解明を基礎として、都市機能の維持と防護のための最適化の論理の開発が行なわれる。具体的には、交通渋滞の解消を目的とした電算機制御の方式の開発とその検証のための野外実験、建築物・工場設備の振動対策、車両・道路構造・建築構造の騒音対策と責任分担、電力系統の絶縁信頼度の算出と

* 東京大学生産技術研究所 第5部, ** 第3部, *** 第2部

絶縁協調設計などの諸問題に対する最適化の論理を、都市機能の維持防護を評価基準とする工学的最適化の手法に基づいて発展させる。

この際にはまた、地上環境、社会環境などここに包含される以外の要素を考慮する必要があるとともに、工学以外の諸学が評価基準の決定や最適化の手法に大きな貢献をはたしうすることも、見過してはならないところである。

2. 交通信号制御手法に関する実験的研究

(1) 本研究の意義および背景

日常の都市内道路交通のネックの大部分は信号交差点にあり、交通渋滞の発生はもちろん、停止や遅れ、加減速による排気、騒音なども信号交差点に起因することが多い。交通信号機の制御を最適化することによって、これらの損失や公害を最小にする余地があることは十分想像できることであり、この研究がねらいとする所もまさにこの点にある。

都市内交通における損失、公害の問題は広く多岐にわたるものであるのはもちろんであり、これの解決策としては無公害輸送機関網の開発実用化といったものから自動車の利用規制まで数多くの方法が考えられる。この研究の目的とする街路交通信号の最適化とは、与件として与えられる任意の道路網と交通量とのもて上記の損失や公害を最小にするような制御手法を探索しようとすることであり、どのような街路交通水準の場合にも共通な一般の問題を取り扱うことを意味している。

都市内道路交通制御の問題としては、このほかに都市内高速道路の交通制御の問題があるが、これには街路信号制御とはかなり異質な問題が含まれるので本研究では触れないことにする。しかし、街路との接点であるランプ取付部の問題に関しては、それらの多くが信号制御されているという点からいって、本研究の成果をほとんど

直接的に適用することができるであろう。

交通信号機の最適制御を目的として電子計算機による集中制御が初めて実用化されたのは 1966 年(トロント市)に過ぎずその歴史はきわめて浅いが、現在では実用システム、実験システム、を合わせれば世界中で 10 をこえる都市において大小さまざまな電子計算機—交通信号機群システムが運用されている。これらのシステムは、ハードウェアとしては一部の要素(特に車両感知器)を除いてはほぼ満足できる水準にあるが、ソフトウェア、ないしは制御手法に関してはいまだに未開発の部分が多く残されており、ハードウェアの持つ能力を十分に利用できないということができる。このような背景に立って、本研究は電子計算機による街路交通信号機群の集中制御手法に関して、従来蓄積された理論的な研究を実験的に検証、改善すること、および理論的には取り扱にくいという理由のために従来放置されていた諸問題を実験的に究明することを目的としている。また、最適性の基準としては、従来取り上げられてきた遅れ時間や停止回数に加えて、排気および騒音を新たに加えて取り扱いたいと考えている。

交通信号の制御パラメーターは、サイクル(灯色シーケンスの 1 周期長)、スプリット(青時間の配分)、オフセット(青時間開始時刻のずれ、あるいは位相差)の 3 つであり、本研究においてもこの 3 つの制御パラメーターの最適値を求める(あるいは最適値を求めるアルゴリズムを求める)ということによって交通信号制御の最適化問題を取り扱おうとしている。

(2) 研究施設の概要

研究施設は、実際の街路信号交差点 5 箇所の交通信号を、研究室に設置する電子計算機によって自由に制御できるようなハードウェア一式である。機器構成を図 2 および表 1 に、制御対象となる現場交差点群の見取り図を図 3 に示す。制御対象は、生研に近いこと、適当な交差点間隔を持っていること、実験期間中大きな道路工事が予想されないこと、騒音測定のための適当なビルがあり、また対象道路以外の大きな騒音源が近くにないこと、適当な交通量を持っていることなどの条件を満たし、かつ警視庁の電子計算機制御の対象外となるように選ばれたものである。写真 1 は研究室に設けられた中央装置である。

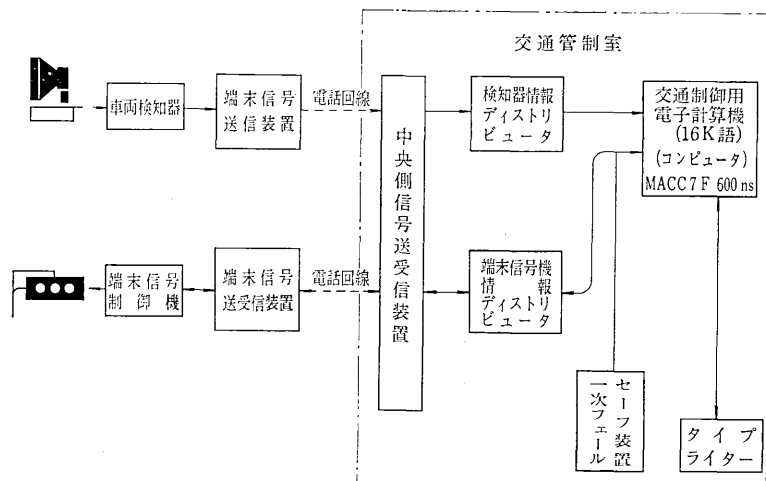


図2 機器構成

車両感知器 25 個は 5 個の単末信号機に対比して、実用システムでの割合いからすると多過ぎる感じががあるが様々な制御手法を実験的に適用するためと、制御結果としての交通

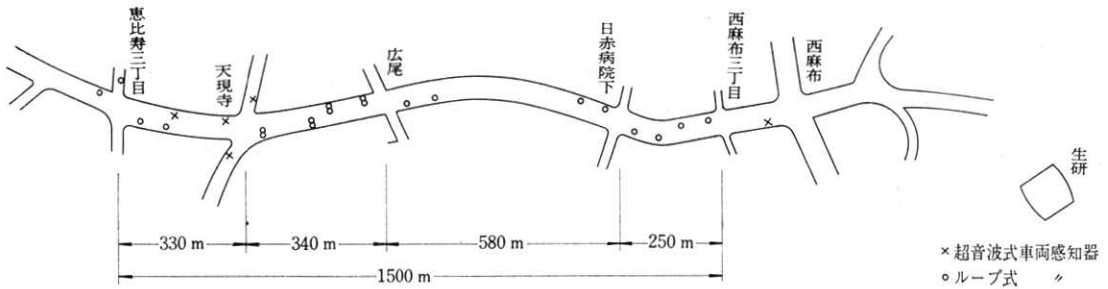


図3 現場交差点見取図

表1 機器構成

中央装置	交通制御用電子計算機 16 kW	1 台
	入出力制御装置 (PIO)	1 式
	指令送出, 確認および感知受信装置	1 式
	タイプライター	1 台
端末装置	端末信号制御機	5 台
	端末信号送受信装置	5 個
	車両感知器 (超音波式)	5 台
	車両感知器 (ループ式)	20 台

現象を計測解析するためとに最小限必要な数である。

中央制御機はいわゆるミニコンであり、サイクルタイム 600 ns, コアメモリー 16 kW の規模である。これについても、実用システムでの釣り合いからすれば、トップヘビーであるが、実験的研究にはこれでもコアネックになりがちであろうと予想している。

伝送方式、フェイルセーフ機能、単端器の仕様等については、現在東京都において警視庁が行なっている広域制御の仕様とまったく同じである。

フェイルセーフ機能は2段階構成となっており、それぞれ1次フェイルセーフ、2次フェイルセーフと呼ばれている。1次フェイルセーフは電子計算機ダウンの際に固定パターン系統制御が行なえるようにしたものであり、制御パラメーターは中央(研究室内)機器に設定することができる。昼間用夜間用の2パターンまで選択可能である。この機能は、計算機ダウンの際のみでなく、データ解析やシミュレーションのために計算機をオフラインに使用する際にも利用することができる。2次フェイルセーフは端末信号制御機のみで単独にも活動できるようになっている機能で、中央機器と伝送系とがダウンしても各交差点における信号の灯色シーケンスだけは確保できるようになっている。制御パラメーターは各端末(現場)に設定される。

(3) 研究内容

1) 最適化の基準

交通信号による遅れ時間あるいは停止回数(または台数)は在来から最適化の基準として取り上げられており、信号制御に際してもオンライン計測やオンライン最適化の方法もすでに提案ないしは実用化されている。

本研究ではこれらに加えて排気と騒音とを最適化基準

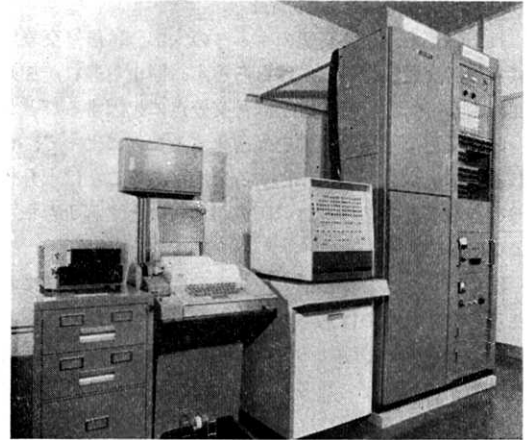


写真1

に加えようとしているのであるが、これらをオンライン計測によって信号制御に組み入れることは技術的に容易とは考えられない。そこで、本研究では次のような方法によってこれらを最適化基準として取り入れることを考えている。

- a. 車両の動作状態(定速クルージング、アイドリング、加速、減速など)と排気(量、成分)および騒音(大きさ、周波数)との関係を車種、環境条件(風、建物等)ごとに別途調査して置く。騒音については振動・騒音グループの成果を期待する。
- b. 交通信号制御システムでは、車両の動作状態を直接、間接にオンライン計測し、上記 a. で与えられているオフラインデータを利用して間接的に排気および騒音についての最適化をはかる。

2) オフセットの最適化

遅れあるいは停止台数のオフセットに関する微係数をオンライン計測し、これを利用してフィードバックによるオフセットのオンライン形成制御を行なう方法についてはすでに報告してあり¹⁾、そのうち、遅れを目的関数とする制御は東京広域信号制御システムの一部において実用化され²⁾、そのパフォーマンスもある程度確かめられている³⁾。また、オフセットのパターン選択制御を行なう際のオフセット計算法についても、すでに報告してある⁴⁾⁵⁾。

一般にオフセットのパタン選択制御はパタン作成のための交通調査のわずらわしさ、交通状況の変化によるパタンの陳腐化とアップディングの必要性、パタン切替時の交通の混乱といった問題から免れることができないので本質的にこのような問題のないオンライン形成制御の方が制御効果の点では望ましいと考えられる。しかし一方、フィードバックによるオンライン形成制御は CPU タイムと車両感知器数との点でこれをすべてのリンクに適用するのは事実上困難なことが多い。

このような事情を背景にして、本研究においてはオフセットの最適化に関して、次のような内容の研究を行いたいと考えている。

a. オフセットのオンライン形成制御の細部検討

前述のように、すでに実用化された方法ではあるが、徴係数の計測サンプリングタイム、スレッシュホールド、オフセット値の1回当り移動量といったパラメータの値についてはまだ理論的にも実験的にも十分検討されていない。現在は一応の経験的な値を用いて実用化しており、かなり満足すべき成果を得ているが、しかしいずれは一般論として検討しなければならない。

b. オフセットのパタン選択制御とオンライン形成制御との定量的な効果比較

交通信号制御の効果は、交通流の時間的、空間的な傾向変動や偶然変動によって大きく支配されることが多いので、実験的に確かめることが有効である。いろいろなオフセット制御を実施してその時の交通現象を測定して評価する。

c. オフセットのオンライン形成法のオフセットパタンのアップディングへ応用する方法の開発

たとえばオンライン形成におけるサンプリングタイムを長くとることによって CPU タイムをあまり大きく占めずに多くのリンクに適用できるならば、車両感知器さえあれば、パタン選択に用いられるオフセットパタンをアップデートすることができる。オフセットパタンのアップディングがこのような方法で自動化されるならば、オフセットのパタン選択制御の実用性は大幅に改善されることになる。

3) スプリットの制御

スプリットの制御に関して現在もっとも欠けているのは、交通容量を最大にするような（つまりさばき台数を最大にするような）制御手法である。このような制御は、渋滞発生の防止、渋滞発生時間の短縮あるいは渋滞長の短縮のためにもっとも必要であるにもかかわらず、これまでほとんど研究されていない。本研究では、これまでに蓄積してきたシミュレーションの結果などに基いてすでに持っている一、二の案を実行して見ることから始めて、交通容量特性の良いスプリット制御アルゴリズム

を開発したいと考えている。

4) サイクルの制御

サイクル長の制御についてはこれまでの実用システムの運用の上では実際上あまり大きな問題があるとは考えていないが、本研究ではまったく新しい問題として、次の2点を取り上げて研究したいと考えている。

a. オフセットとの組み合わせとしての最適サイクル長制御の方法の開発

オフセットとサイクルとは互いに独立して最適値があるのではなく、本来その両者の組み合わせとしての最適値があるはずのものである。オフラインでオフセットパタンを計算する際にはこの最適組み合わせを求めるためのいくつかの方法がありうるが、オンライン形成でオフセット制御する場合に対しては、まだアルゴリズムが開発されていない。

b. システムの境界において、そのシステムに属さない隣接信号機とソフト的にシステムを取る方法の開発

システムの境界に当るリンクがシステム制御できないことによる不都合は往々にして生ずるので、ハード的には切り離されている隣接の信号のサイクルと位相とを交通現象から計測し、これと同じサイクルをシステム全体に適用し、同時に適切なオフセットを算出することができることが望まれる。

5) マンマシンコミュニケーションによるアップディング、最適化

信号制御システムには多数の定数、パラメータ値が設定される。これらを適正に設定するためには膨大な交通調査が必要であり、また仮にシステム運用開始時点において適正な値を設定しても、時日とともに交通状況が変化するためにいずれ陳腐化してしまう。制御パラメータ自体については、オンライン形成制御の方法によって自動的なアップディングが可能であるが、しかしこのときにも車両感知器定数（たとえばある流入路のある感知器はその流入路の交通の何パーセントをサンプルしているかなど）を別途アップデートしなければならない。

これに関する研究はこれまでほとんど行なわれたことはなく、本研究においても現時点ではまだ具体的な案を持つ段階には至っていない。しかし今後広域的な交通信号制御システムの運用が一般化するにつれて運用上きわめて重大な要素になると推定されるので、本研究においてもかなり重点を置いて行きたいと考えている。

概念的には、人間が目による観察あるいはきわめて簡便小規模な調査（たとえばストップウォッチとマニュアルカウンタを用いて15分程度で行なえるような調査）から得られる定性的あるいは定量的なデータをあるフォーマットで入力することによって、必要なアップデートが自動的に行なわれるようなアルゴリズムを開発することが必要であろうと考えられる。（越 正毅）

3. 交通流シミュレーションに基づく 交通制御方策の研究

(1) 研究の目的および意義

東京をはじめとする日本の多くの都市においては、都市内道路交通は現在すでに過密状態にあるといっても過言ではない。このような状況の下で交通公害の防除に関して適当な措置をとる一方、自動車交通への依存度の高い交通需要を基本的に満足させるような交通制御方策をとることは、都市機能の維持のために必要欠くべからざることである。このような制御方策としては、交通信号機の制御手法として従来行なわれていなかった新しい手法を用いるとともに、広域的な流入規制、迂回規制のようなさらに根本的な制御手段をとる必要があると予想される。また、地震、火災その他の災害時においては、道路網の運用状態も交通需要も平常時とまったく異なるものとなるために、特別の交通制御方策をとることにより、可能な限りにおいて都市機能を維持し、あるいはそのすみやかな回復をはかることが必要とされる。

本研究の目的は、本所における自動車交通流のハイブリッド・シミュレーション・システム開発の実績をいかして、交通流シミュレーションの手段を用いて上記のような状況の下での交通制御の最適手法を探索し、開発することである。

流入規制、迂回規制などのような新しい制御方策を実施した場合の制御効果の予測は、従来の交通制御の経験から類推したり、交通状況の実測結果をもとに理論的な演繹を行ったりするだけでは必ずしも十分な結果が得られない。また、極度の渋滞状態や災害時の混乱状態については、再現性のある実測結果を得ること自体がかなりの困難を伴う。本研究ではシミュレーションの特質をいかして、このような場合についての定量的な解析結果を、各種のパラメータに対して系統的に求めることによって、広範囲な制御手法の開発に役立てることが期待される。

また、本計画において開発される交通流シミュレータは、数十交差点をふくむ面状道路網のシミュレーションを比較的短時間に実行しうる性能を有しているので、同時に遂行される5交差点線状道路の野外実験に対して、より広範囲の街路を対象とした制御方策の研究、あるいは高速道路を対象とした制御方策の研究など野外実験ではカバーできない範囲の研究項目を担当することによって、相互にその至らざる所を相補することができる。

(2) 交通流シミュレーション・システムの概要

本所ではさきに、専用の演算装置と汎用電子計算機とを結合したハイブリッド・シミュレーション・システムによって自動車交通流のシミュレーションを行なう方法を提案し、昭和44~45年度において写真2に示すような交通流シミュレータを試作して、これを本所設置の電

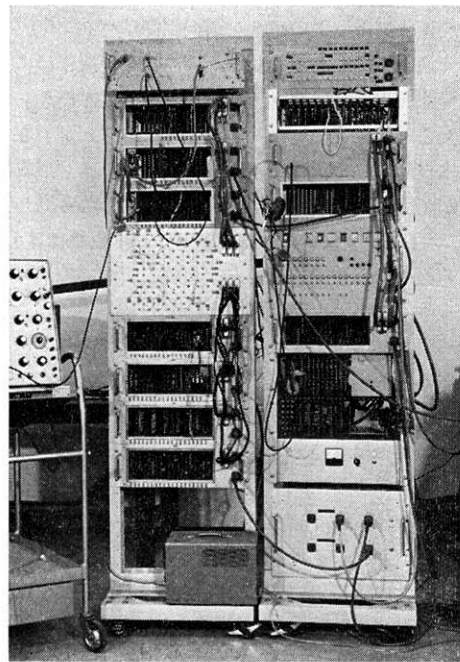


写真2 既設の交通流シミュレータ (右は制御装置架, 左は模擬装置架で9交差点の道路を模擬できる)

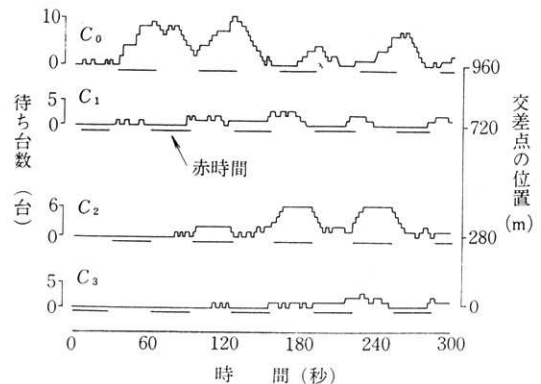


図4 4交差点線状道路における各交差点待行列の変動 (流入交通量 675 台/時, 発進交通量 1,800 台/青時間, サイクル 64 秒, スプリット 0.5)

子計算機 FACOM 270-30 と結合するシステムを完成させた⁶⁾⁻⁹⁾。

このシステムは最大9個の信号機交差点をふくむ任意形状の道路網について、個々の車両のふるまいを、単純化された形ではあるが、微視的に模擬しうるものであって、最高速度では実時間の約1/800の時間でシミュレーションを実行できる。図4はこのシステムによるシミュレーション結果の1例として、4交差点線状道路における交差点待行列の消長を求めたものである。

本計画ではこの成果を基盤として、さらに模擬しうる道路網の規模を拡大する一方、個々の車両のふるまいをより精密なモデルで表現できるよう大幅な改良を加えた新システムの開発をすすめる。

新設システムでは道路は5mを単位とする区間に分割

され、各区間における車両の存在、車種、目的地、現在の速度などが8ビットの情報で示され、実時間の1秒を単位として各車両の加速度、速度、位置などが算出され、上記の情報が更新される。

複数車線の道路における車線変更、交差点の手前または交差点内（右折車の場合）における待ち行列の形成、渋滞に基づく交差点の閉塞なども模擬可能となる。また、交通現象のもつ各種の変動を表現するために、車両の流入、走行、右左折、発進、歩行者による障害などの諸現象の生起は乱数によって決定される。

観測可能なデータとしては、道路上の特定地点における通過車両の台数および平均速度、特定の道路リンク上に存在する全車両の台数および平均速度、待行列長、渋滞の有無などを選択することができる。

表2は新設システムの設計仕様のうちの主要パラメータを示したものである。

表2 新設の交通流シミュレータのおもな設計仕様

道路網規模	
車線数	2~8
最大交差点数	64~16*
最大道路数	112~24*
最大流入口数	32~16*
データ検出ユニット数	256
道路総延長	25 km~6.25 km
交通流定数	
車種	2種
目的地	4~64**種
流入交通量	0~3,600 台/時
走行速度	0~67.5km/時
右左折率	0/16~16/16
システム定数	
実時間対シミュレーション時間比	33.3
制御用ミニコンピュータコア容量	4K語 16B
道路リンク用ICメモリ容量	8K語 8B
短リンク・データ用コア容量	4K語 16B
命令格納用磁気ドラム容量	64K語 16B

* 8車線道路の場合

** 個々の車両に速度データを記憶しない場合

(3) 研究項目および方法

本研究において実施を予定している研究項目および方法はつぎのとおりである。

1) 交通流シミュレーション・システムの開発

前節で述べた構想に基づく交通流シミュレータを設計・試作するとともにシミュレーションのためのソフトウェアを開発する。交通流モデルの設定ならびにシミュレーション結果の妥当性の検証には、ヘリコプターあるいは高層ビルからの写真撮影、ビデオレコーダによる記録などの交通状況調査、交通管制の野外実験などから得られるデータが活用される。(昭和46, 47年度)

2) 面状街路網における渋滞解消方策の検討

交通信号機のオフセット制御などについて、これまでに得られている成果^{10)~12)}をシミュレーションによって検証することにより、シミュレーション・システムの効

用と適用範囲の検討を行なう。さらに進んで交通量の最適配分¹³⁾、渋滞の発生や波及の防止、解消の促進などを目的として、信号機制御とともに経路指定、流入規制、迂回指示などの新しい制御方策を実施したときの交通流の状態を模擬し、総旅行時間などを定量的評価基準として、最適制御方策の選択や最適パラメータの決定を行なう。(昭和46, 47年度)

3) 高速道路における交通制御方策の検討

たとえば東京などのようにすでに過密状態に対した高速道路交通を対象として、流入ランプの閉鎖あるいは流入量の調整、合流点における信号機制御などの制御方策をとる場合に、その立案、決定の定量的根拠を与えるためのシミュレーションを行なう。このため流入ランプにおける流入交通量の変動やその制御条件、合流点における流れのませ合わせに関するパラメータ、ボトルネックの交通容量などを与えて待行列長の変動、旅行時間の増加などを算出する。(昭和47年度)

4) 交通流状態に基づく交通公害の解析と評価

交通騒音、排気ガスなどの交通公害の減少を評価基準としてとりあげるために、交通流シミュレーションを行なうとともに、個々の車両が騒音、排気ガスなどに関与する程度を、それらの走行状態に基づいた係数を乗じて算出し、全体としての交通公害の程度を求めることにより、これらを軽減するための交通管制方式の検討に役立つ。上記の係数の算出や結果の妥当性の検討には振動騒音班と共同して行なう野外実験の結果を活用する。(昭和47年度)

5) 非常時における交通流じょう乱の解析と評価

地震、火災などの災害、交通事故、交通需要の突発的増大など平常時と異なる交通状態における交通流のじょう乱の程度を把握することによって、安全対策、救急活動などの適正な方策を検討する手段を提供する。このため個々の車両、あるいは救急車などの特定の車両について、目的地あるいは目的とする方向を設定するとともに、道路網中の指定された個所をしゃ断し、あるいは交通容量を低下させてシミュレーションを行なう。(昭和48年度)

6) 都市機能維持のための交通管制の論理の提唱

以上の結果を総合して、交通公害ならびに交通需要の両側面からみた都市機能の維持、あるいは都市機能の低下に対するすみやかな回復を目的とした交通管制の論理を提唱する。いうまでもなく、これは第2グループの他の研究との密接な連携の下で行なわれる。(昭和48年度) (高羽 禎雄)

4. 都市における騒音・振動の防除に関する研究

(1) 研究の目的および意義

騒音と振動は感覚的に容易に把握できる公害であり、

地方公共団体に寄せられる苦情の件数において第1位を占めている。これを原因について見ると、騒音については、NHKの調査によれば、最近では交通騒音が工場騒音・工事騒音以上に日常生活に大きな影響を及ぼしているということである。このような時に当り、都市における公害・災害の防除に関する研究の一部として、騒音・振動の問題が取上げられたことは、時宜を得たものといえることができる。

さて、生活環境を静かなものとするためには、騒音・振動の原因を除去してしまうか、またはその伝搬を防止するかのいずれかの方法をとることになる。原因が除去できるならば、それにこしたことはない。交通騒音についていえば、音の小さい自動車・電車・飛行機などを作ることができれば、それが最善の対策である。そしてそのための努力は各方面で行なわれている。しかし音源で始末をするといっても、それには多分限度があり、近い将来に画期的に静かな交通機関が実現するとは思えない。そこで、静かな生活環境の実現を望むならば、騒音・振動の本質に則した何らかの防音・防振措置を取らなければならないことになる。

こういう事情を背景として、本研究は、騒音については、都市交通に基づく騒音の実態を把握し、これを防止するための道路構造および建築構造の指針を得ることを目的とするものであり、振動については、振動公害の測定方法を検討し、実態を調査し、防止と規制のための指針を得ることを目的とするものである。

(2) 研究計画

はじめに本研究の主な項目を示せば、つぎのようなものである。

- 1) 騒音
 - 1) 交通騒音源に関する基礎調査
 - 2) 交通騒音の伝搬に関する模型実験
 - 3) 市街地における交通騒音の実態調査
- 2) 振動
 - 1) 公害振動の測定方法の検討
 - 2) 交通その他の原因による振動公害の実態調査

つぎに上記の各項目について少し説明してみよう。

まず交通騒音源に関する基礎調査について述べると、これは、自動車騒音の方向性、走行状態と騒音との関係など、交通騒音に対して防音対策を施す上で必要な、交通騒音源の基本的な性質を調べようとするものである。

たとえば、自動車の騒音が水平方向には少なく、上の方向には多く放射されるものだとすれば、高架道路に遮音壁を設ける場合、余程高い壁にする必要がある。また自動車騒音のテストについては、走行中心線から側方 7.5m、地上 1.2m のところで騒音を測定するように現在決められているが、騒音が上の方向に多く放射されるものであれば、道路沿いの建物の上の階の受ける騒音

を現在の方法による測定値を基礎に計算したのでは、実際よりも低い予測をすることになる。騒音の方向性の調査は、道路をまたいでアーチ状にマイクを配置したり、道路脇に高さ方向にマイクを配置したりすることによって行なわれる。また水平面内での方向性も同様な方法で調べることができる。

自動車の走行状態と発生する騒音との関係を把握しておくことも大切なことである。たとえば新しく計画する道路を騒音の面から検討しようという場合、予想される交通量、走行状況などをもとにして、道路から発生する騒音の大きさを推定する必要がある。これについては経験式も与えられているが、多くの自動車について走行状態と騒音の関係が求められていなければ、道路付近の騒音の大きさを理論的に計算することができる。いま簡単な例を示すと、自動車が幅 d の直線道路を単位面積当り D 台の密度で通過し、自動車の音響パワーレベルの平均が PWL 、騒音が無指向性であるとすれば、道路端から側方 l_1 、地上 h のところの音圧レベル SPL は

$$SPL = PWL + 10 \log D + 10 \log \left\{ \frac{(l_2 + \sqrt{l_2^2 + h^2})}{(l_1 + \sqrt{l_1^2 + h^2})} \right\} - 3 \quad [\text{dB}] \quad \text{ただし } l_2 = l_1 + d$$

で与えられる。ここで PWL の測定は騒音の方向性の調査と同時に実施できる。また D は交通量から求められる。上式に自動車騒音の方向性、道路形状や地形から決まる伝搬の方向性と反射、などに対する補正を加えれば、騒音の音圧レベルが計算できることになる。指示騒音計の A 特性で測定した騒音レベルを音圧レベルから求めるためには、騒音の周波数成分に応じた補正をすればよい。

つぎに交通騒音の伝搬に関する模型実験について説明しよう。模型を使用する音響実験は建築音響の分野で開発された技術であり、オーディトリウム設計の時、部屋の形の検討、壁や天井の材料と施工法の選択のために現在広く行なわれているものである。模型の尺度は $1/10 \sim 1/50$ 位が使用される。模型実験においては、相似則を満足させるために各種の工夫が必要である。仮りに $1/50$ の模型を使うとすると、音の伝搬上重要な回折現象を正しく模擬するため、波長を $1/50$ にする必要があり、周波数は 50 倍となる。つまり超音波実験を行なうことになる。また模型材料も相似則を満足させるものを選ばなければならない。

この模型音響実験技術を、本研究では、交通騒音の伝搬、特に道路沿いの建物の影響、高速道路の切土・盛土の効果、高架道路の遮音壁の効果など、回折理論による音の伝搬の計算のむずかしいものに利用しようというものである。以前実施した工場騒音の場合を例にとって、実験の方法を説明してみよう。写真3は、ある鋳物工場の $1/40$ 模型を無響室に入れ、工場騒音が付近の民家に及ぼす影響を検討したものである。外壁のスレートは模型で

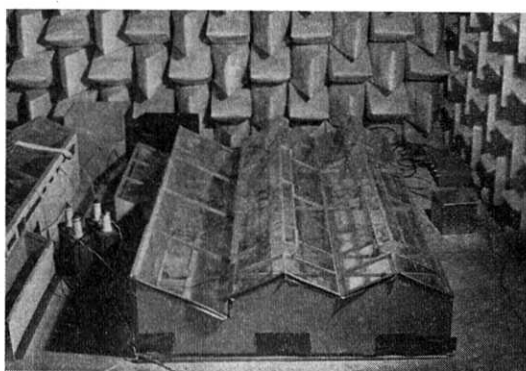


写真 3

は面積密度がスレートの約 1/40 の 0.02 mm 厚の塩化ビニールを用い、またキューポラに材料を入れる音は直流高压放電の音で模擬している。まず工場付近と川をへだてた民家付近とについて、キューポラの近くの点との音圧レベルの差を求めたところ、いずれも実物と模型について、実物の 125 Hz~1 kHz (模型では 5 kHz~40 kHz) の範囲で誤差 ± 2 dB 以下で一致し、現実によく合った模型となっていることがわかった。そこで工場の外壁の一部を気泡コンクリート 10 cm 厚に変える防音対策を考え、模型では 3 mm 厚の合板を使って実験し、川向うの民家で 10 dB 近くの騒音の減少が期待できることがわかったというわけである。

模型実験はまた回折理論に基づく騒音の伝搬の理論的取扱いの検討のためにも利用できる。

市街地における交通騒音の実態調査は、道路の交通状況と発生する騒音との関係、道路からの騒音の伝搬の状態などを調べるものであり、上に述べた二つの項目の研究を基礎とする実物実験の性格を有するものである。

本研究においては、さらに交通騒音を受ける建物の防音対策の研究、および交通騒音の評価方法の比較検討を行なうことも計画している。

つぎに振動については、公害振動の検出方法の比較検討というところから始めなければならない。公害振動の調査研究に当っては、地面の振動を測定する必要があるが、この際いくつかの理由により測定結果が地面の本来の振動を表わしていないというおそれがある。まず地面は弾性や塑性を有するものであるから、地面の上に検出器を置くことによって地面の振動の状況に変化を生じる可能性がある。仮りに検出器の影響が無視し得るものであるとしても、検出器の設置方法によっては、検出器が地面の振動に追従していないおそれもある。つまり測定結果が信頼できるものであるためには、検出方法についての十分な検討を経ていることが必要なのである。

測定方法について検討を行なった後に、公害振動の実態調査を行なうことを計画している。ここでは交通その他の原因による公害振動の伝搬状況について調べたいと

考えている。これをいまいし詳しくいうと、地盤内の伝搬と建物内の伝搬の問題に分けられる。建物内の振動伝搬は一つには振動公害の規制の面から問題になるものである。現在は地面の振動で規制が行なわれているが、これは建物により振動伝達率に大きな差があるからである。建物内の伝搬はまた地下鉄からの振動の伝搬と関連して問題となるであろう。

以上本研究が計画しているところを簡単に説明した。

(大野 進一)

5. 電力供給システムの信頼度に関する研究

(1) 研究の目的

超高压大電力系統はわが国における大都市へのエネルギー輸送の根幹としてきわめて重要な意義を有するものであり、その事故が都市における機能の維持に与える影響はきわめて大きいものがある。したがってこのような電力系統の信頼性を保証することは、きわめて重要である。電力系統における事故の原因としてまず取り上げなければならないのは雷、台風などの自然災害による絶縁破壊、系統の開閉操作に起因する異常電圧による事故等があげられる。これらの事故に関する解析とその防止対策は都市におけるエネルギー問題を考慮する上にきわめて重要な意義を有するものと考えられる。本研究はこのような点に着目して行なうものである。

本研究は取り扱う内容が第 2 グループにおける他の研究と相互に密接な関連を有しており、また研究の手法の上からもかなりの共通点がみられる。すなわち電力系統における事故発生の原因としての自然条件などの地域的、時間的の統計分布、これに起因する絶縁破壊事故の発生頻度に関する解析、事故率を考慮に入れたネットワークの構成など他の研究分野との類似点も多いと考えられる。

本研究は昭和 47 年度より実施を予定しており、現在までに主として研究の基礎となるデータの集積と予備的検討を行なった。これらの点について以下に述べる。

(2) 研究の計画

電力系統における事故の原因として考え得る因子としては次の三種類があげられる。

- (a) 自然雷
- (b) 開閉サージ
- (c) 絶縁物の自然および人工汚損に基づく絶縁耐力の低下

本研究においては、これらの三つの要因のうち、特に事故発生の頻度が高い自然雷と自然および人為的に絶縁物の表面に付着した塩、塵埃によるがいしなどの絶縁耐力の低下の二つを取り上げ、これらに起因するフラッシュオーバー事故について検討を加え、絶縁に関する電力系統の信頼度の算定とその向上対策について検討を行なうことを計画している。

本年度は予備的研究として、電力系統においてフラッシュオーバー事故に影響を及ぼす自然条件について、従来から筆者が行なってきた研究の取りまとめを行ない、それらの結果について種々検討を加えた。

電力系統におけるフラッシュオーバー事故ならびにその防止対策に関する解析を行なうためには、まずその原因となる自然条件についての地域的、時間的分布を把握する必要がある。たとえば自然雷による事故率の算定と耐雷設計に当っては、その発生に関する地域分布を必要とする。また汚損条件下における電力系統の特性に関する解析を行なうためには、その最も苛酷な条件と考えられる台風下の気象条件を把握する必要がある。前者については筆者は長年にわたり雷放電カウンタによる対地放電数分布に関する測定ならびにその計数値と雷害事故率との相関についての研究を行なってきたが、その研究をさらに進め、信頼できるデータの集積につとめたい。台風条件下におけるフラッシュオーバー電圧の低下に著しい影響を及ぼす一つの測定例を図5に示す¹⁴⁾¹⁵⁾。すなわちがいし表面温度と周囲気温との間の温度差はそのフラッシュ

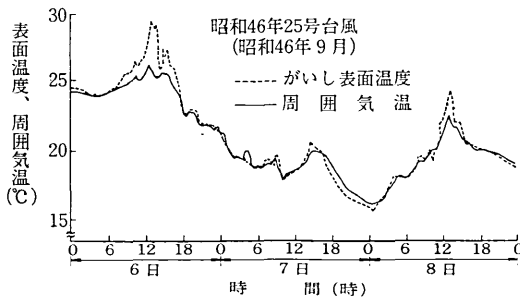


図5 台風時におけるがいしの表面温度および周囲気温の変化

オーバー電圧に大きい影響を及ぼし、台風などの最も苛酷な条件下においては数 10% の絶縁耐力の低下をもたらすことがあり、耐汚損設計上考慮しなければならない重要な点の一つである。

気象条件とフラッシュオーバー事故とを結びつけるためには系統における絶縁物のフラッシュオーバー機構に関する検討を行なう必要がある。たとえば雷による絶縁破壊現象を糾明するためには、電力回路における雷サージ電圧の伝搬、絶縁物の雷インパルス電圧によるフラッシュオーバーの電圧—時間特性ならびに確率分布、台風汚損時におけるがいしのフラッシュオーバー機構等についての研究ならびにデータの集積を行なう必要がある。

これらのデータに基づいて昭和 47, 48 両年度にわたって電子計算機あるいはシミュレータを利用してフラッシュオーバー事故の解析を行ない、都市に電力を輸送する大電力系統の事故を防止せしめる回路構成などについて新しい知見をもとめることを目標として研究を行なう計画である。

(3) 結 言

上述のように本研究においては都市に電力エネルギーを輸送する巨大電力系統における合理的な絶縁設計を行なうことによりその信頼度の向上をはかることを目的として研究を進めたいと考えている。

(河村 達雄)

(1972年1月17日受理)

文 献

- 1) 越 正毅: 「広域交通制御における信号オフセットのプログラム形成のひとつの方法」生産研究 20, 3 (43年3月)
- 2) 星 埜 越. 松永. 有蘭. 木戸: 「東京都市部広域信号制御システムの概要」交通工学 VOL. 5, No. 3(45年5月)
- 3) M. KOSHI: 「ON-LINE FEEDBACK CONTROL OF OFFSETS FOR AREA CONTROL OF TRAFFIC」The Fifth International Symposium on the Theory of Traffic Flow and Transportation, Calif. 1971. 6.
- 4) 越 正毅: 「交通信号の路線系統化について」道路, 昭和41年5月
- 5) 越 正毅: 「交通信号の系統制御オフセットパタンの一解法」土木学会論文集第 147 号 (昭 42: 11)
- 6) 森脇義雄. 高羽植雄. 谷 忠勝: 道路網模擬装置とオンライン・データ処理による交通流模擬の一方式, 昭和 45 年電気四学会連合大会論文集, 2891, 1970.
- 7) 森脇, 高羽, 谷: 循環形記憶装置を用いる車両走行状態模擬の一方式, 生産研究, 22.8, 1970.
- 8) 森脇, 高羽, 谷: 道路網模擬装置と電子計算機による交通流シミュレーションの一方式, 電子通信学会・電子計算機研究会資料, EC 70-36, 1971.
- 9) Y. Moriwaki, S. Takaba and T. Tani: Analysis of Traffic Flow by Means of Hybrid Simulation—A New Technique of On-Line Computing—, Convention Record of TOKYO 1971 AICA Symposium, I-1, 1971 .
- 10) 猪瀬博. 藤崎博也. 浜田 喬: 巨視的交通流モデルに基づく道路交通制御の理論. 電気学会誌. 87.8, p. 947, 1967.
- 11) 浜田: 都市道路網における信号機の区域制御方式, 昭和45年電気四学会連合大会論文集, 2890, 1970.
- 12) 浜田: 系統的信号制御におけるオフセットパターン変更の一方式, 電子通信学会・電子計算機研究会資料, EC 70-35, 1971.
- 13) 浜田. 安川清一: 交通流最適配分の一方式, 昭和 46 年電気学会全国大会論文集, 1492, 1971.
- 14) 河村. 伊坂. 大平. 森田: 生産研究 23, 254 (1971.6)
- 15) 河村. 伊坂. 大平: 昭和 47 年電気学会全国大会 940 (1972. 3)