

鉄道における管理と運用業務の自動化

Automation of Management and Control for Railways

鉄道業務は複雑であり、しかも鉄道は常に安全性やサービスの向上を要求されるので、従来はその業務処理に多くの人手を要してきた。そのため、現在鉄道企業は人件費の高騰に悩まされており、自動化技術の導入による労働生産性の向上は鉄道企業に課せられた大きな課題となっている。その自動化システムの効果を十分に引き出すためには、鉄道の特質を踏まえたトータルシステムとしての検討が必要である。札幌市交通局、帝都高速度交通営団などに導入されたコンピュータを中心とする制御システムは、このようなトータルシステムの好例である。今後とも、この種自動化システムは各鉄道に採用され、鉄道企業の近代化と効率向上に貢献して行くであろう。

竹村伸一* *Takemura Shinichi*
 刈谷志津郎* *Kariya Shizuo*
 新庄文人** *Shinjō Fumito*
 石田周二*** *Ishida Shūji*

1 緒言

我が国の交通体系の中で、鉄道は極めて重要な責務を負っている。特に旅客輸送の輸送機関別輸送人キロの分担率は、昭和50年度運輸白書の全国統計によれば、昭和45年、鉄道が自動車を下回ったが、以後は相きつ抗し、両者とも50%弱を分担し合って現在に至っている。最近ではむしろ鉄道のシェア増加が目立ち、自動車との差は極めて少なくなりつつある。一方、大都市での鉄道の地歩は逆に自動車よりも高く、旅客輸送人員の約55%を鉄道が分担し、しかも年々、絶対量が増加している。

このように重要な責務を担っているにもかかわらず、鉄道企業が経営的に苦しい立場におかれているのも周知の事実である。これは運賃値上が簡単には認められないという社会情勢などによるもので、公営鉄道の経常収支率は、約60%にまで低下していることが先の運輸白書に示されている。また営業費用に占める人件費率も高くなっており、約70%程度に達する例も報じられている¹⁾。

近年広く行なわれつつある鉄道の管理・運用業務へのコンピュータなどを含む自動化技術の導入は、このような状態を改善しつつ更に輸送力の増強を実現しようとするものである。すなわち、高度な業務に労働力を重点的に振り向け、車両や路線などの諸施設を有効に活用し、輸送システムとしての効率向上、利用客へのサービス向上、システムの安全度向上などを実現しようとするものである。しかし、鉄道業務は各種業務が複雑に絡み合ったもので、それが業務形態を労働集約形にしている要因となっているので、自動化技術の導入はそれほど簡単ではない。以下、鉄道業務の特長を更に具体的に示し、その自動化の技術の動向について述べる。

2 鉄道業務の特長

鉄道企業は、車両、路線などの諸施設を有効に機能発揮させて、輸送というサービスを利用客に提供し、これによって収入を得るものであるということが出来る。したがって、その業務は車両、路線などの機材設備の運用、制御に関する業務と、出改札などの利用客に直接関連する営業関係の業務が主体となり、これにその他営業上必要な業務が加わって構成されていると見る事ができよう。図1は、それらについて

て主要と思われるものを挙げ、分類、整理したものである。

図1によって、鉄道の諸業務が複雑に関連し合っていることを具体的に見てみよう。

列車の運行・制御に直接関連する諸業務間に深い相関があるのは当然であるが、これは車両の運用計画、ひいては車両

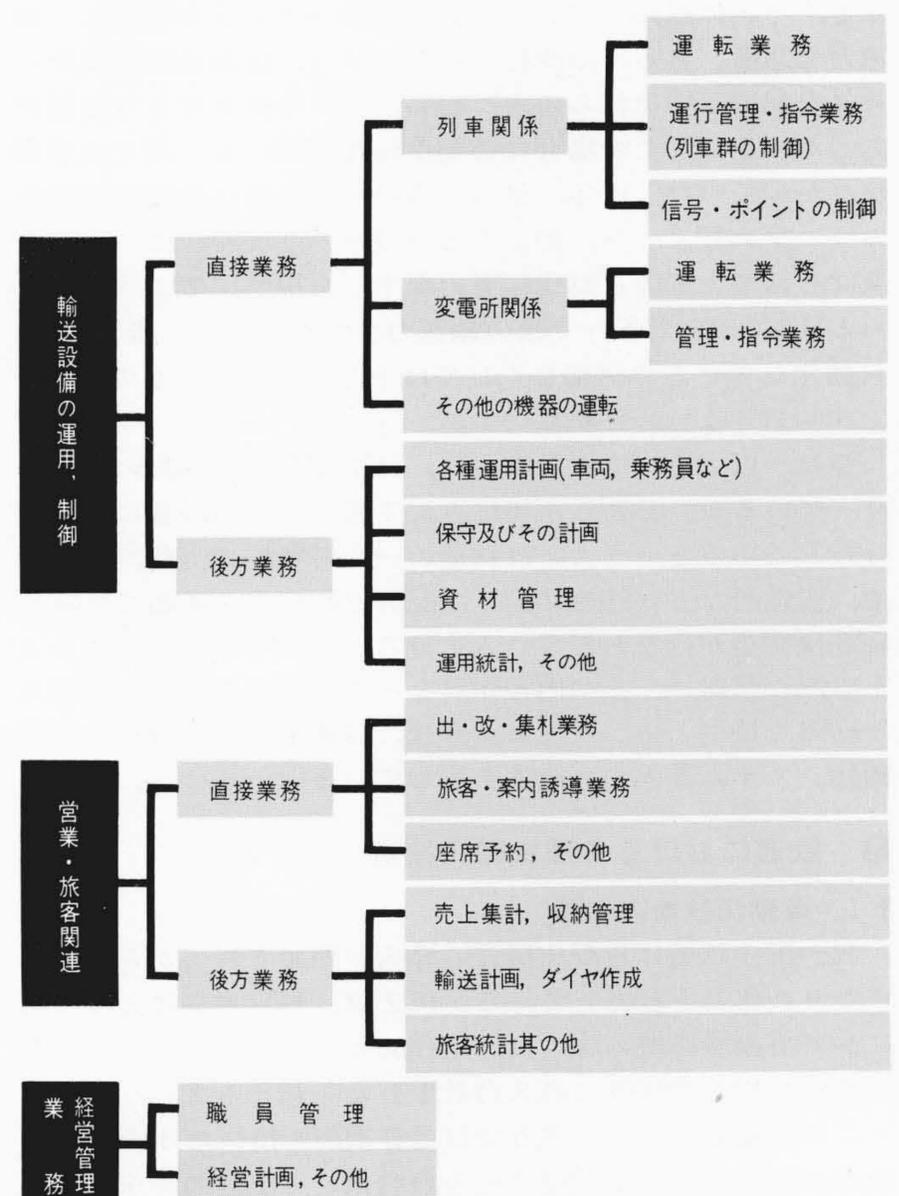


図1 鉄道業務の内容 鉄道業務は相互に密接な関係を持った諸業務から成り立っている。

* 日立製作所システム技術本部 ** 日立製作所機電事業本部 *** 日立製作所水戸工場

の保守計画に関する業務とも密接な関係があり、乗務員の運用とも切り離して考えることができない。旅客の誘導案内も、列車の運行状況に応じて行なわれるものであり、輸送計画、ダイヤなども車両、乗務員の運用と合わせて考えねばならず、また、ダイヤは実運行に乱れが生じたとき、容易に列車の整理が行なえるようになっていなければならない。

このように、各業務が相互に密接な関係を持ち合っただけでシステムが構成されているのが鉄道の大きな特長で、各業務の横の関連を問題なく処理しながら本来の目的を達成するために、多くの人手を要せざるを得なかったといえよう。仮に各要素業務をサブシステムとすると、そのサブシステム間で交換される情報量が非常に多いということにもなる。自動化システムの導入に当たっては、これらの面を詳細に検討する必要がある。他の関連業務への影響を十分考えずに、各業務別に単一的な自動化機械を導入しただけでは、十分に目的を実現できないおそれがあり、総合的なシステムの検討と、効率的な情報システムの導入が必要である。

一方、鉄道では輸送の安全確保は何にもまして要請されるものであり、また基幹輸送機関としてシステムの乱れの発生を極力少なくし、乱れが生じたときにも、その波及を防止し、正常状態へ早く復帰させることが要求される。また、一般大衆が容易に利用できるように、各種のサービスを提供することが必要である。これらの、いわば社会的に必要な条件を満たすために、鉄道業務が多くの人手を要してきたことも見のがせない事実であろう。例えば、列車運行上に乱れが生じたとき、それに対処してシステムの運用パターンを変更し、輸送力を回復、あるいは維持するためには、従来は要所要所に人員を配置してそれらの人々が共同して作業を行なう必要があった。そしてこの場合に必要な情報交換にも、多くの手間がかかっていた。近年、鉄道の自動化が急速に進みつつあるのは、コンピュータ、通信などの技術の進展が、このような条件を踏まえての自動化に有力な手段を提供するようになったと見ることができ、今後の輸送力の増強を考えた場合には、自動化システムの活用なくしては十分な安全確保ができないとすら言えよう。

なお、以上述べてきたように、鉄道業務は多種類の内容を持っているが、それらが実行される場が、鉄道路線に沿って分布しているということは鉄道の一つの特長で、駅、車両基地、変電所などが路線に沿って配置され拠点を連ねて多層的に各種業務が行なわれていると見ることができ、鉄道システム内の情報は、その内容が異なっても共通の発信、受信点と経路を持つということは、今後、各種業務を複合化した自動化システム導入の可能性を示しているといえよう。

3 鉄道における各種自動化技術

3.1 自動化技術の発展

我が国の鉄道に自動化機器の導入が開始されてから、既にかんりの年月を経過している。例えば、利用者側にとって目につく自動券売機の導入は、昭和30年代に入って本格的に開始され、現在では既に導入台数1万台を超えるという。

この自動券売機も、現在では券売機能を持つだけでなく、後述のように、営業関連の総合自動化システムの端末として高度化されつつあるが、導入当初は単一券種を販売するだけのものではあった。このように鉄道業務の自動化が、単純機能を持った自動化機械の導入に始まったのは当然のことである。しかし、前述したように各業務が複雑に絡み合っているのが鉄道業務の特長であり、また、そのような業務形態の中で、

各種の情報授受が大きなウェイトを占めていることから、導入効果を向上していく過程で、コンピュータと通信の技術を取り入れたシステム化の方向に向かわざるを得ない²⁾。また多数の自動化端末、機器が導入された状態では、保守や運用のために機器群の群制御といったシステム化が必要になる。先の単純な自動化機械の導入を自動化の第一期とすれば、このようなシステム化をその第二期と見ることができ、

輸送設備に関する管理、制御の業務面でも各種の自動化機器が開発されたが、飛躍的にコンピュータを中心としたシステム化時代に突入した。列車の運行管理システムは、新幹線コムトラック^{3),4)}、大阪市交通局1号線(御堂筋線)⁵⁾、後述の札幌市交通局地下鉄、帝都高速度交通営団有楽町線など、国鉄、民鉄の各路線で広く採用されつつある⁶⁾。このようなコンピュータシステムの導入は、単に省力化に効果を挙げているだけでなく、従来の方法では不可能であった列車運行乱れの早期発見と、対策の早期着手、システムの合理的運用など鉄道全体の効率向上にも大いに役立っている。変電所などの電力系統の計算機制御も京阪電気鉄道株式会社、札幌市交通局⁷⁾、帝都高速度交通営団などで採用されている。

鉄道は、常に安全性、サービス及び輸送力の向上が要求され、これらの実現のためにも従来は多くの人手を要してきた。自動化システムの導入によって業務の改善が進められても、これらの特性が低下することは許されない。これらは、自動化技術導入の第二期に相当するシステム化によって大いに改善されるが、鉄道全体としては、各サブシステム間のリンクを更に検討する必要がある。例えば、車両の運行制御が自動化されても、利用客に対する案内誘導のシステムがこれにフォローしなければサービスの低下を招き、またそれが阻害となって鉄道の輸送効率低下を招く。このような関係は鉄道業務の特質上随所に見られ、真に有効な自動化システムの導入は、鉄道業務全体を対象として検討、決定されなければならない。このような総合的自動化システムが、札幌市交通局及び帝都高速度交通営団の鉄道トータルシステムである。

国外においてもサンフランシスコ、ワシントンなどの新設都市鉄道や、その他各地で計画中のものに同様な考え方が採用されており、我が国における前記地下鉄のトータルシステムの成果と合わせて、鉄道業務自動化への歴史は新しい第三期に入ったといえよう。

3.2 鉄道業務総合自動化システム(鉄道トータルシステム)の実施例

札幌市は、近年その市勢の発展に目覚ましいものがあり、昭和47年の冬季オリンピック開催を契機に新しい都市内高速電車路線(地下鉄)が建設され、昭和46年12月、第一期工事として南北線(12.6km, 14駅)が開業した。本路線の建設に当たって、同市交通局は徹底した自動化計画を立て、トータルシステム的な検討を種々実施して、図2に示すような、四つのコンピュータシステムを軸とする第一次のトータルシステムを導入した⁸⁾。本システムは其の後順調に稼動し、予期の効果を挙げることができた。

本システムの導入効果は大きく、各種原単位当たりの従業員数は従来鉄道に比べ大幅に減少しているが、表1は、このうち駅業務要員の省力化効果を示したものである⁹⁾。この大幅な人員減は、自動券売機、自動出改札機の全面的採用と合わせて、運行管理システムによって制御されるプラットフォーム乗客への自動案内放送システム、券売機類の売上データを紙テープに打ち出し、これをコンピュータで処理する収納業務自動化システムなどの導入によって実現されたものである。



注：CTC＝列車集中制御装置

図2 札幌市交通局高速電車第一次トータルシステム 我が国で初めてのトータルシステムとして導入された第一次システムは四つのサブシステムより構成され、注目すべき効果を挙げた。

表1 札幌市交通局南北線の駅業務要員数 札幌市交通局高速鉄道南北線では約50%の駅業務要員の省力化に成功した。

項目	自動化システム非導入時の計画人員	開業時の人員(自動化システム導入)	差
管理	57	34	-23
駅務	330	124	-206
定期券発行	10	20	+10
保守	20	22	+2
合計	417	200	-217

札幌市交通局は、更に昭和51年6月、新たに東西線(10.6km, 11駅)を開業することになったが、この路線建設に際して、第一次のトータルシステムの成果を充実し、省力化の徹底、全体システムの運用管理能力の強化及びシステム信頼度の向上を図るため、第二次トータルシステムを導入することになった。本システムは第一次システムをその中に包括し、第一次システムの機能強化をも図るものである。図3に第二次トータルシステムの概略構成を示す。

第二次システムは南北線開業時点で導入された第一次システムに比べ、それを構成するサブシステムレベルでも、例えば、後方業務処理用コンピュータの上位機種への変更、電力管理システムの制御範囲の両路線への拡大など、種々の機能拡充が図られたが、そのほか次のような新しい技術が採用された。

第一は、列車乗務員の業務量軽減を目指したシステム構成をとったことで、車両に自動運転装置が搭載されるとともに、運行管理システムのコンピュータとオンラインで接続して、駅停車時分や、次駅間の走行速度レベルの指令を車両に与える。プラットホームの自動放送と合わせて、将来は車内の案内放送をも自動化させる予定である。これらを運行管理システム側から見ると、自動運転装置は地上コンピュータにオンラインで結合した自動化端末として動作するため、人手によってきた従来の管理体系では実現できなかった、より高度の列車群管理が可能となった。

第二は、システム機能の向上に伴って、データ伝送系、通信系の多用化、性能強化が図られた点である。運行管理システムと車上の自動運転システムとの結合には、漏洩同軸ケーブルを用いたVHF無線を採用した。また券売機の売上データも、発売枚数の多い主要駅のものは、テレメータ系によりオンライン収集が行なわれる。

図4に東西線運転指令室を、図5に電力指令室の内部を示す。札幌市交通局のトータルシステムは、対象路線が新設であることもあって、すべてのサブシステムの導入、建設が同一時期に行なわれたが、個々のサブシステムを順次導入しつつ、最終的にはトータルシステムの完成を目指す方法も当然考えられる。既設路線にあっては、このような導入方式がむしろ一般的であって、帝都高速度交通営団における自動化システムの導入は、この好例である。

表2は帝都高速度交通営団に現在導入されている諸システムとその導入時期を示すものである。最初に事務用計算機を中心とする後方業務管理システムが導入され、次いで有楽町線の運行管理システム、電力管理システムが順次導入されて

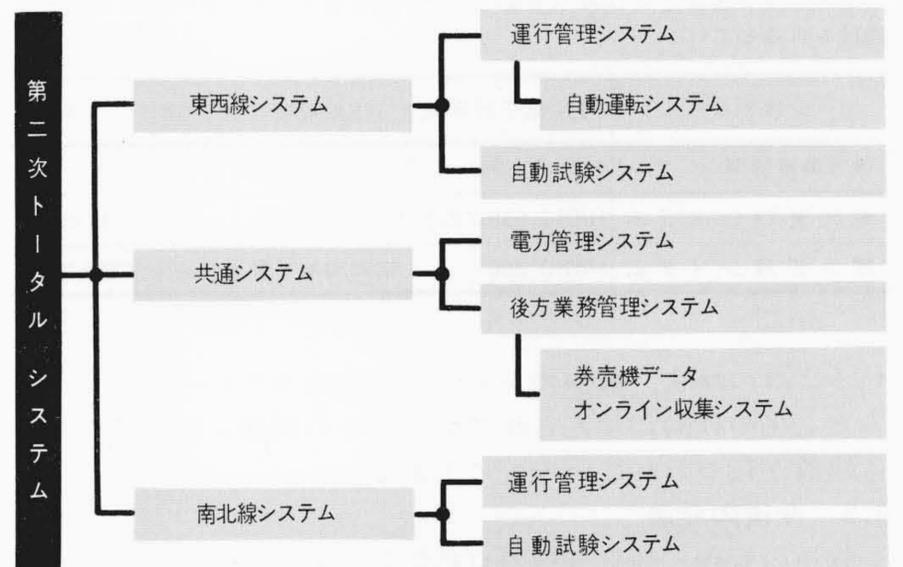


図3 札幌市交通局高速電車第二次トータルシステム 第二次システムは個々のサブシステムの機能向上を図ったほか、自動運転システム、券売機データオンライン収集システムを新しく組み込んだ。



図4 札幌市交通局東西線運転指令室 運転指令員は平常時、駅モニター、テレビジョン、運行監視盤などにより列車運行を確認すればよい。

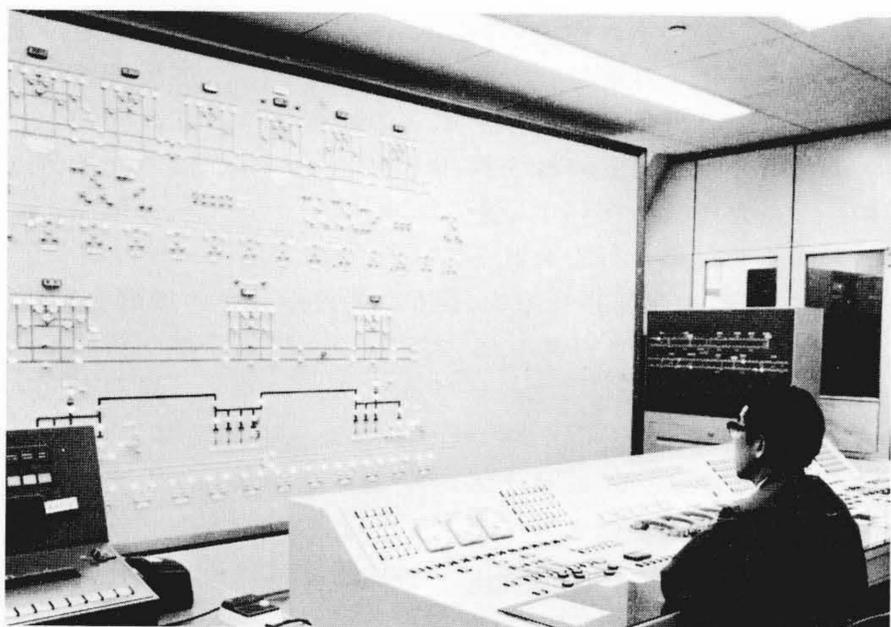


図5 札幌市交通局電力指令室 コンピュータが変電所を制御している様子が表示盤の上に示される。

表2 帝都高速度交通営団に導入されている計算機システム
帝都高速度交通営団では順次自動化システムを導入して、トータルシステム建設を目指している。

システム名	使用電子計算機	稼動時期	備考
後方業務管理システム	HITAC 8350	昭和48年1月	—
運行管理システム	HIDIC 350二重系	昭和49年10月	有楽町線用
電力管理システム	HIDIC 350	昭和50年6月	将来全変電所制御

いる。この場合、最初のシステム導入時点でトータルシステムとしての検討が加えられており、その構想に従ってシステム建設が行なわれているものである。

3.3 今後の発展

鉄道の管理、制御業務の自動化は、要素業務に対応した単能的自動化機械の導入から始まって、現在、トータルシステム的な総合自動化システムの導入にまで発展してきた。この経過は、鉄道業務の形態から見て必然的なものであったと見ることができる。しかし、個々のサブシステムを固めて、これを連結してトータルシステムを構成する方法がとられてきたので、結果的にかなり冗長度の多いシステム構成となっている。

2.で述べたように、鉄道はその業務拠点が路線上に展開し、業務に必要な情報は路線と同一の経路を行き来する。したがって、路線に沿って設けられた情報伝送系の共通利用によって、設備のコストパフォーマンスの向上が期待できる。海外では既に運行管理用、電力管理用などの情報伝送系が統合される方向にある。

またコンピュータも、サブシステム別に別個のものを使用するシステム構成がとられてきた。今後の大きな課題は、各サブシステム機能の融合化、複合化を図り、コンピュータや情報伝送系を含む導入システムのハードウェア構成を単純化し、システムの信頼性を上げ、またシステムのコストパフォーマンスを上げていくことにある。

一方、最近の電子技術の進歩は更に目覚ましく、制御面へのマイクロプロセッサの実用も可能となってきた。これらを踏まえて、今後のトータルシステムのイメージを、概念的に示したものが図6である。路線規模その他の条件もあり、すべてが同一パターンで実施されるべきものではないが、今後、逐次、技術的検討が加えられていくであろう。

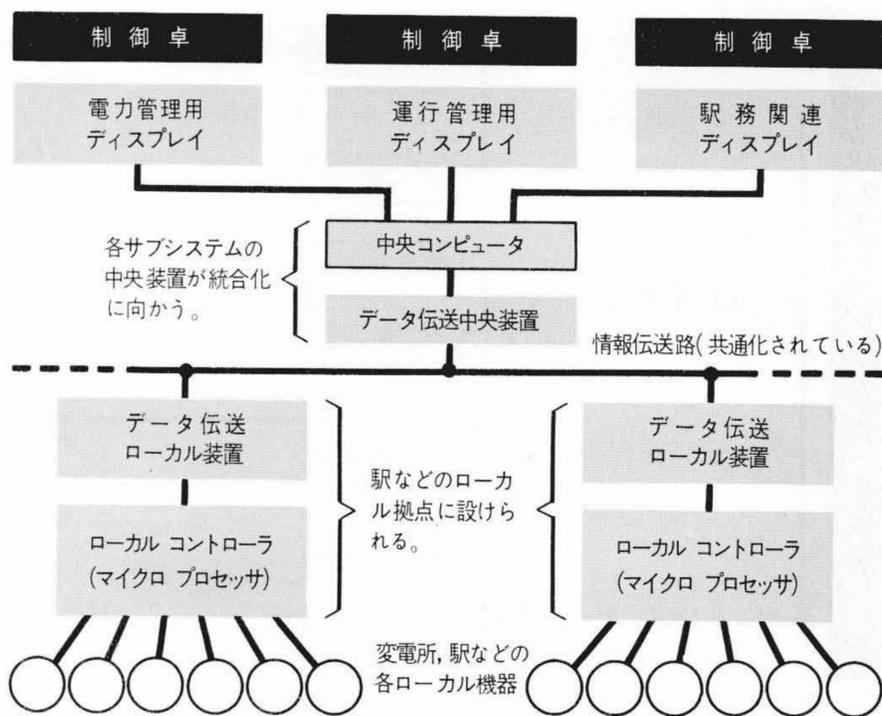


図6 自動化システムの統合 今後、電子技術の進歩により各サブシステムは順次統合され、信頼性、経済性の向上が図られていくであろう。

4 結 言

以上、鉄道における管理と制御の技術的動向について述べた。我が国における鉄道の責務はますます重大化する一方であり、そのために、車両、駅などの基幹設備の充実も大きな課題であるが、同時に本論の対象である運用、管理の近代化、効率向上も極めて大きな課題である。この課題を解決するために、我々はコンピュータ、通信の最新の技術をもとにシステムの検討を加え、総合的な自動化システムの導入を図ってきた。

鉄道に対しては、今後とも、輸送力の増加が要請されていくであろう。今後この要請にこたえていくためには、トータルシステム的思考に支えられた自動化システムの導入によって、十分な安全性、サービスレベルを確保しつつ、人手によっては実現できなかったレベルにまで、鉄道システムの効率を上げていく必要があると考える。この意味で、我々は本分野の技術開発に更に努力を重ねていきたい。今後とも日本国有鉄道、民営鉄道、その他の関係各位の御指導をお願いする次第である。

参考文献

- 1) 運輸省：運輸経済図説，昭和50年版，64 (1975)，運輸経済研究センター
- 2) 竹村：「鉄道業務へのコンピュータ導入」，日立評論，54，719 (昭47-8)
- 3) 岡本，今城ほか：「新幹線運転管理システムコムトラック (COMTRAC)」，日立評論，54，733 (昭47-8)
- 4) 杉原，松沼ほか：「博多新幹線運転管理システム (コムトラック)」，日立評論，57，343 (昭50-4)
- 5) 辺見，谷口ほか：「大阪市交通局地下鉄一号線自動列車運行制御システム (PTC)」，日立評論，55，695 (昭48-7)
- 6) 刈谷：「列車運行の群管理」，オートメーション，20，No.6，25 (昭50-6)
- 7) 内田，木下ほか：「電鉄変電所の総合管理システム」，日立評論，54，855 (昭47-10)
- 8) 米沢，刈谷：「札幌市交通局高速電車計算制御トータルシステム」，日立評論，54，742 (昭47-8)
- 9) 内田，外山ほか：「札幌市営高速鉄道南北線自動出改札システム実施報告」，鉄道サイバネ論文集，第9回，論文No.211，65 (昭47-11)