

札幌地下鉄トータルシステム*

米 沢 和 夫**

1. 緒 言

当市は 46 年 12 月冬季札幌オリンピック大会を契機に南北線約 13 km (14 駅) を開業し、次いで 51 年 6 月東西線約 10 km (11 駅) を開業した。更に現在南北線約 2 km を 53 年 3 月開業さすべく鋭意努力中である。又東西線についても約 8 km 延長の免許認可申請中でもある。中都市として、膨大な建設費を抱え込み、かつ労働集約型の地下鉄経営は、当初から大きな問題点となった。そのため、作業分析を進め、可能な限り省力化を図ることが命題であった。それが自動化であり、電算機の導入であり、更にそれをシステム化し、総合的にまとめることの有利性の発想に繋がっていわゆるトータルシステム化することとなった。なお、これについても計画的、段階的に導入することとなった。以下現段階における各サブシステムの内容について、特に意を用いた運行管理、自動運転、情報伝送等を主として触れることとしたい。図-1 (次頁参照) にトータルシステム全体図を示した。

2. 各サブシステムの内容

2.1 運行管理システム

本稿については将来 1 人乗務を想定して、自動列車運転を実施している東西線について述べることにする。

本システム化の目的は、次の 2 点である。

a. 地上 (運行管理用電算機) と車上 (自動列車運転装置) との間で、運行情報の授受を行い、列車運行の群管理機能を大幅に増強すること。

b. 将来の 1 人乗務の布石とする。

又、本システムの主なる特長は次の通りである。

(1) ハード及びソフトの信頼性向上を図った。即ちハードについては中央処理装置及び主要周辺

機器について 2 重系とし、一方ソフトについては重要なプログラムについては合理性チェックを行う他、プログラムも群に分割し、ある群の機能のトラブルが他に影響を与えないようにした。

- (2) 運転整理機能としてはダイヤ乱れ時、列車を群と考え、等時隔運転制御することとし、自動回復機能を持たしている。
- (3) ソフトの変更、並びにそのデバッグ期間短縮の対策としてシミュレーション機能を持っている。
- (4) カラーディスプレイ 2 台を用い指令員と中央処理装置とのコミュニケーションを密にすることを図った。
- (5) 将来の路線延長による拡張性を十分考慮している。

2.1.1 機 能

本システムの機能は、次の通りである。

(1) 列車追跡、運行表示

制御対象内の CTC 情報から、列車追跡テーブルを作成して、列車移動に伴う処理を行う。また追跡している列車の内容を、指令室の CTC 盤に、表示出力する。

(2) ダイヤ編集と修正

基本ダイヤとして、平日、日祭、特別の 3 種あり、これら基本ダイヤのうち当日使用するダイヤを選択し、一部変更修正を加え実施ダイヤとする。

(3) 進路制御

種々の進路制御を実施する上での諸条件が満たされたことを確認した上で、CTC 装置に対して該当信号機の出力を行う。

(4) 案内放送、案内表示制御

ホーム案内、車内案内 (1 人乗務時実施) の放送指示制御を行うとともに、各駅ホームの案内表示装置に対して、行先、列車の種類を表示制御する。

(5) 計算機と指令員との情報交換

* Computer Total System for Sapporo Subway by Kazuo YONEZAWA (Sapporo Municipal Transportation Bureau)

** 札幌市交通局高速電車部

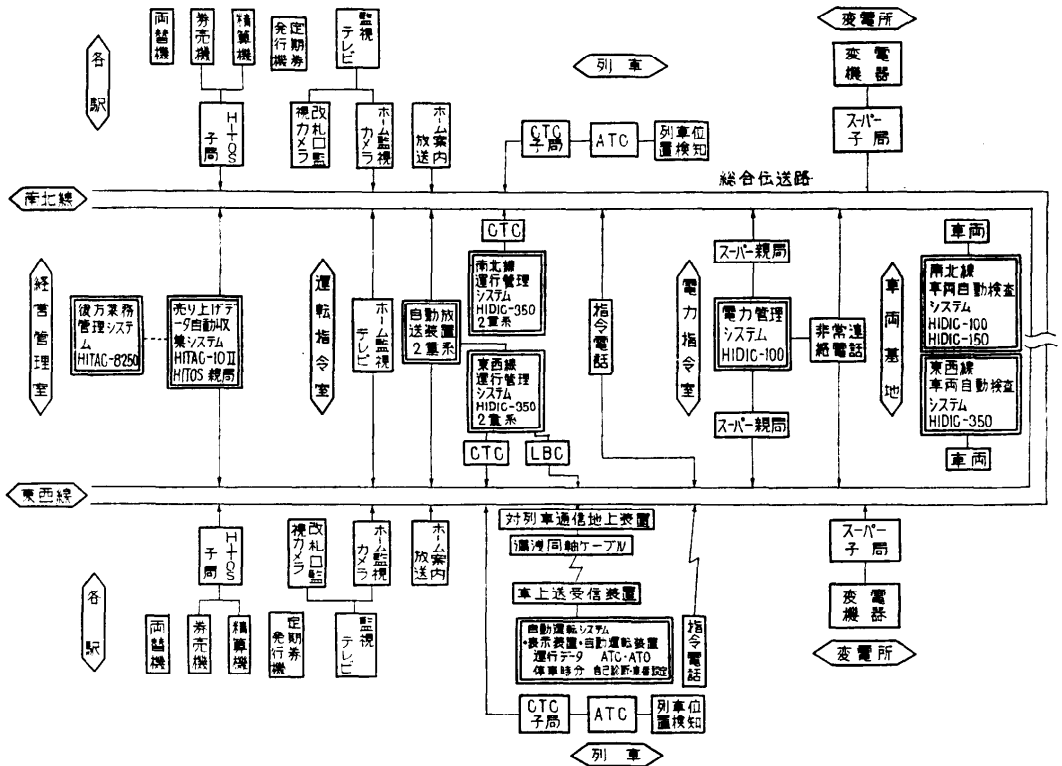


図-1 トータルシステム全体構成

いわゆる、マンマシンコミュニケーションは、指令員の前にある情報入出力装置としての操作盤と、プロセッサカラーディスプレイにより行う。

(6) 各記録の作成

運行、運転、車両走行、信号故障等の記録を自動的にタイプアウトする。

(7) データ収集とデータ再出

プログラム異常発生原因究明を容易にするため、その検討に必要な事項を収集し、それを出力する。

(8) シミュレート機能

列車をソフト的に走らせ、運行管理を等価的に試験するものである。

2.1.2 機器構成

制御用コンピュータ(コア 32kW, ドラム 384kW)の2重系を採用し、更に、システム構成に当っては、機器の信頼性、機能の高度化、マンマシンコミュニケーション等の配慮の許に計画され、システムが正確かつ能率的に行える様配慮している。

2.2 自動列車制御 (ATO) システム

本システムは、単に個々の列車制御のみならず、将

来の1人乗務を考慮したシステムとなっている。車上には、マイクロコンピュータを内蔵した自動運転装置を搭載しておりATO機能は、全てソフト処理している。更に、乗り心地についても種々改善を図っている。また停止精度も±30cmには約96%、±50cm以内には全て停止している。

図-2(次頁参照)に、本システムブロック図を示す。本システムの目的は、次の通りである。

- (1) 運転手による1人乗務が最終目的である。
- (2) 運転手の技術差が無く画一的で乗心地を良くする。
- (3) 運行管理、列車自動運転各システムとの情報授受により高能率運転を行う。
- (4) 運転時隔の短縮と等時隔運転を行う。
- (5) 諸機器の多重系化により信頼度は高く、駅では必ず停止するため、デッドマン対策も兼ね得る。

2.2.1 概要

運行管理システムから送られて来る駅停車時分をATO装置内で減算し、一方出発のための諸条件が満

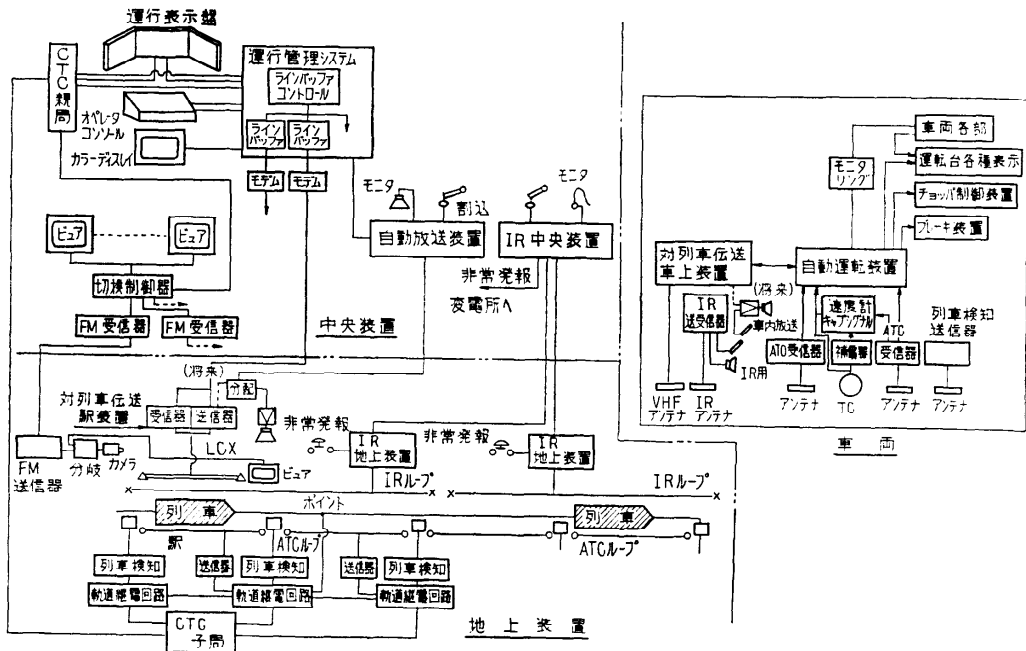


図-2 システムブロック図

足し、出発成立の標示灯が点灯した時、運転手が出発押鈕を押せば、後は自動的に制御し、次駅の予め定められている位置に停車するものである。

2.2.2 機能

(1) 速度制限

地上装置 (ATC) から与えられる速度制限信号を基に、実列車速度を制限速度以下に制御する。

(2) 駅間走行

出発押鈕後、ATC 信号と運行管理側より決定される走行パターン (後述する) の目標速度を基準として、列車速度を目標速度に追従するように力行、惰行ブレーキ等の指令を出し駅間走行を自動的に行う。

(3) 定位置停車

駅停車時は定められた位置に停止させるため、地上子を検知すると、停止パターン曲線を発生させ、これ等パターン基準速度に合わせるよう駅間走行と同じ方式で制御するものである。

(4) 後退検知

列車の後退を検知し、速やかに非常ブレーキをかけるものである。

(5) 運行パターン修飾

運行管理システムでは計画ダイヤとの遅れあるいは進みを演算し、その結果を情報伝送システムを介して、

本装置に入力し、これにより運行パターンを自動的に決定するものである。運行パターンは、F、N、S の3種ある。

(6) 車内自動放送 (前述の通り)

(7) 駅停止残時分表示

運行管理システムから伝送される停止残時分を、扉開後本装置で減算し、運転席に停車時分を表示する。

以上、(5)、(6)、(7)は1人乗務対策で、乗務員を運行とホーム監視に専念させるためのものである。なお事故時データ収集の保管、出力機能も有しており、事故発生時の列車運転諸条件を本装置内に自動的にメモリ、これを入庫後、自動試験機を介して、タイプアウトする。この機能は事故発生時の乗務員の注意力、記憶力等を軽減させる他、基地での保守合理化を図るためのものである。

2.2.3 機器構成

マイクロコンピュータ内蔵の自動運転装置を中核とし、外部機器との入出力レベル変換器、地上からの信号の受信機などから構成されている。(図-2 参照)

2.3 情報伝送システム

本システムの目的は前述の如く運行管理と自動列車運転各システムを有機的に結合し、より良い運営即ち前者にあっては列車の群管理、後者にあっては1人乗

務を行うため、地上→車上、車上→地上間に情報を無線伝送するものである。

2.3.1 概要

本システムは、各駅周辺に布設した漏洩同軸ケーブルを伝送路に用い、布設長は、列車走行速度、伝送量、伝送時間などから約600mとしている。また、無線の波数は、東行、西行各1波とし、その周波数は、トンネル内電波伝搬特性から150MHzを採用した。伝送情報の信頼性向上のため1回の伝送時に、同一情報(32bit)を3連送し、更に、伝送エラーが発生した場合は、3連送を再度2回繰り返し伝送する。伝送速度は、200ボーである。

2.3.2 機能

現在行っている伝送項目は次の通りである。

(1) 車上→地上

- ① 列車番号：返送データの確認、列車検知に使用。
- ② 車両編成番号：車両の稼働実績調査に使用。
- ③ モニタリング情報：機器動作状況データで保守用。

(2) 地上→車上

- ① 運行種別：運行パターン=F, N, S,
- ② 駅停車時分：抑止を含む列車駅停止時分。
- ③ 車内自動放送：車掌が担当している放送内容。

2.3.3 機器構成

図-3 にその概要を示した。

2.4 自動放送、集中監視システム

中央に一括した装置を置き、駅務の省力化と運転指令業務補助を目的としたものである。

(1) 自動放送装置

運行管理側の指令により、自動放送装置内のミニコン(8kW)が磁気ドラム内の音声信号を選択し、編集合成して文章化する文章編集方式で、各ホームへの同時多重放送を可能としている。また、将来の1人乗務のための車内放送機能も勿論有している。図-4のブロック図の如く、本装置は待機2重系となっている。

(2) 総合監視システム

各駅ホームの模様をテレビカメラで撮影し、中央の運転指令室に伝送しているものである。映像信号伝送は、4チャンネル多重伝送方式を採用している。また、

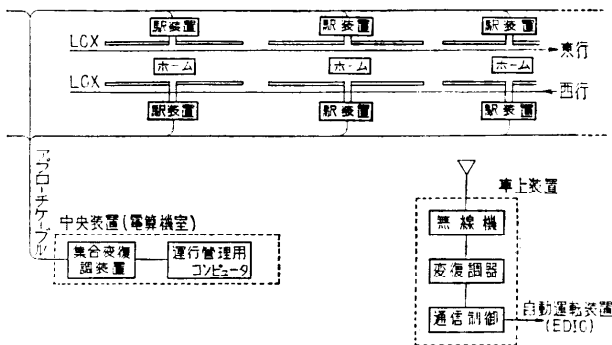


図-3 情報伝送システム構成図

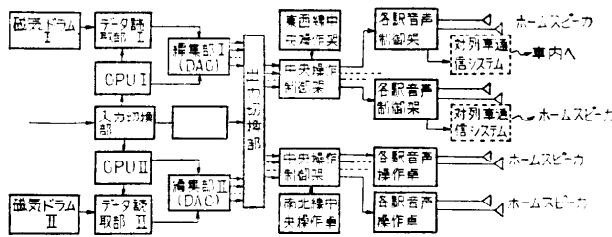


図-4 自動案内放送システムブロック図

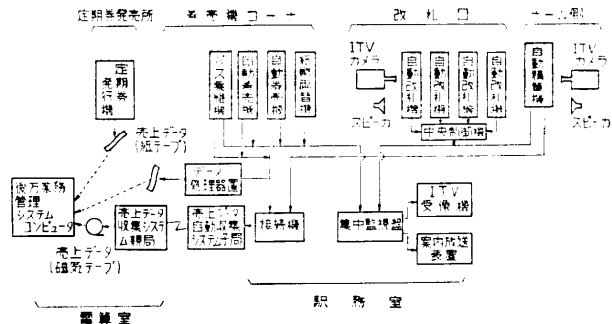


図-5 駅業務自動化システム構成図

各駅務室には、駅ゲートの状況を監視するためのカメラモニターが設置されている。

上記以外に本システムの各駅の伝送回線を利用して、各駅装置の動作確認及び故障通報のシステムが組み込まれていて、これ等情報は中央操作卓に表示される他、別途設置されているシステムモニタリング装置に送られ各機器の動作状況、故障情報等が毎日タイプアウトされるようになってきている。

2.5 駅業務自動化システム

出改札業務を自動化し、大幅に駅務員の省力化を図ることを目的としたものである。本システムは、図-5に示すように、自動券売機、精算機、定期券発行機、出改札機などから構成され、更に、駅務室には、集中

監視盤があり、各機器の監視と遠隔制御を行っている。
次に、各機器の特徴を記す。

(1) 券売機

発券だけでなく、磁気情報のエンコードも自動的に行う。また、バスとの乗継専用券売機がある。

(2) 定期券発行機

発行窓口機2台ごとに、1台の制御機で制御しており、払戻し処理も自動的に行える。

(3) 精算機

不足料金を自動的に計算するとともに金額を表示し、その金額を投入すると、精算券と釣銭を出力する。

(4) 出改札機

ゲート制御部と磁気コードの判定部を駅務室に集中した中央制御方式である。

2.6 後方業務管理システム

料金集計、経理業務及び車両保守資材管理業務などの合理化を目的としたものである。図-6に業務処理概要を示す。

(1) 料金集計

各駅の券売機、精算機からの売上げデータを、乗降人員の多い駅はオンラインで中央へ自動収集し、中央のミニコンで一次処理した後、磁気テープを介し本システムで電算機処理する。一方、乗降人員の少ない駅

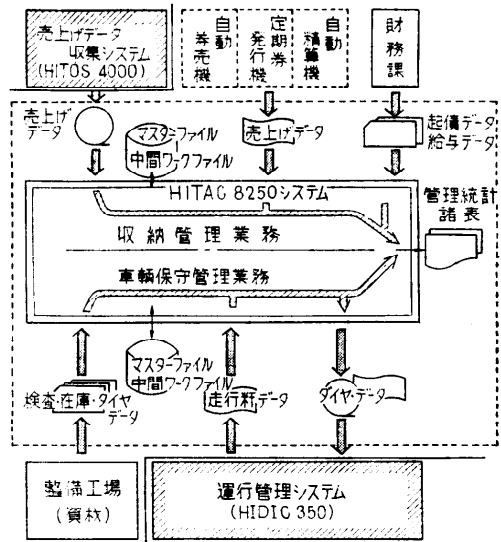


図-6 後方業務管理システム業務処理概要

および定期券発行機からのデータは、発売機に直結している紙テープに収録され、この紙テープを本システムの電算機で処理し、各種報告書の作成を行う。

(2) 車両保守

車両保守部門からのデータ、すなわち資材購入・払

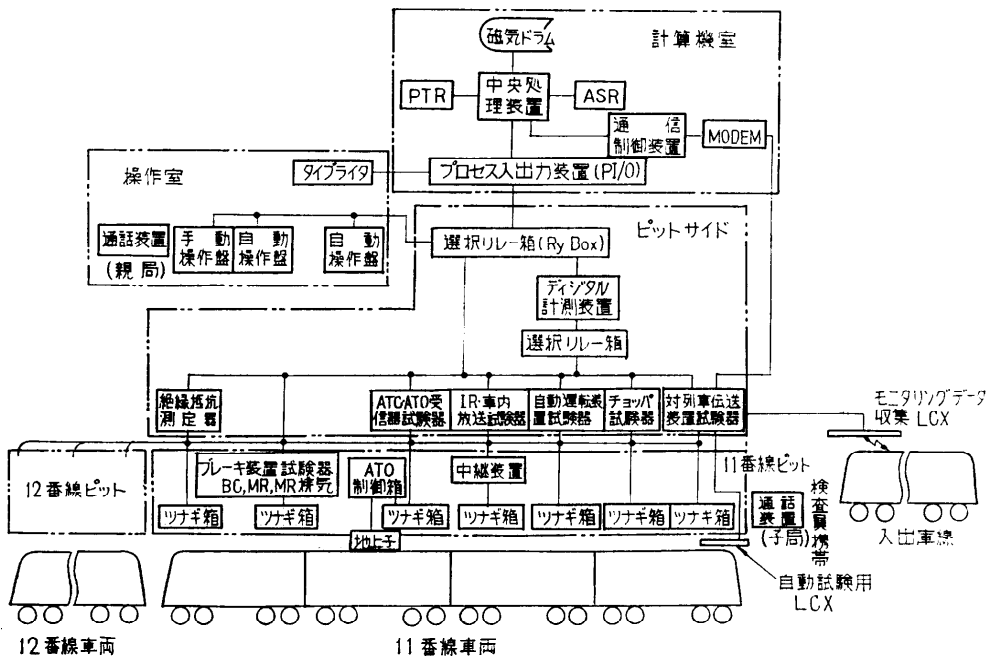


図-7 自動検査システム構成図

出し伝票、タイヤの購入、変換、廃棄などをカードで入力し、在庫状況、使用実績を管理する資料を作成する。一方、運行管理システムから紙テープにより走行キロデータが送られてき、これを基に各車号別などの走行実績資料を作成する。

2.7 車両自動検査システム

検査の正確（個人差、ミス等の解消）と作業能率の向上と併せて省力化を目的としたものである。対象は法で定められている、月検、重要部、全般の検査である。機能及び特長について略記すると次の通りである。

(1) 総合検査及び単体検査

車両を実際に走行させないで、出発から停止まで模擬的に走行させ、各機器の動作現象について、連続的に測定し、測定値からその良否を判定する。刻々の状況はカラーディスプレイに表示され、結果がタイプアウトされることも勿論である。

(2) トラブルシュート機能

制御器、ブレーキ、ATO、ATC、インバーター等の主要装置については、故障時機器を搭載したままの状態、装置の交換部品単位で不良箇所を検出表示する。

(3) モニタリング機能（前記の通り）

(4) シミュレート機能

特に ATO 機能について正規の機能を持っているか、また、各条件を与えてのランカーブ、停止機能等をシミュレートすることができる。

(5) 操作が正確容易に行えるよう種々の配慮をしている。

なお、図-7(前頁参照)にシステム構成図を示した。

3. む す び

上記以外として一般的に実施されている電力管理システムがあり、また以上の如きサブシステム間のオンライン化に伴い、情報伝送網の一元化を図り使用効率の向上や機能の向上のための総合伝送路がある。

以上当市地下鉄で実施されている概要を略記した次第で、今後ともシステムの拡充と改良を行い、より良いものにしたいと思っている。最後に諸先輩の御指導をお願いするとともに、本システムの構想から製作に当り、メーカーの精力的な協力で深く感謝するものである。
(昭和 52 年 6 月 7 日受付)