

車両用自動試験装置

Overall Automatic Testing Device for Electric Coach

車両用自動試験装置は、日本国有鉄道、帝都高速度交通営団、札幌市交通局及び車両メーカーの工場に導入され実用されている。ここでは、最近の車両用自動試験装置の傾向と事例について述べた。今後、ますます高性能化されていく車両の安全と信頼性を確保する保守業務は経験と熟練が一段と要求される傾向にあり、この重要な保守業務の合理化に寄与する自動試験装置も、マンマシンシステムの改良、自動故障診断機能の拡充、検査データによる予防保全などのテーマが残されており、今後なおいっそうのレベルアップを図っていく必要がある。

武井謙二* Takei Kenji
樋口 徹* Higuchi Tôru
鈴木俊宏* Suzuki Toshihiro
岡田博司** Okada Hiroshi

1 緒 言

最近の技術革新の中で鉄道車両技術も著しく進歩してきた。したがって、これを保守する検査業務もエレクトロニクス化され、複雑な制御装置を搭載した車両の安全性、信頼性の確保を図るため、検査内容も従来とは質の異なった高度なものが必要となってきた。また一方、保守作業の合理化や保守の質の向上のためからも、小人数での完全検査が行なえる自動試験装置が要求されている。

車両の保守作業の合理化の努力は、以前からも続けられているが、多くのものは簡単な検査装置を用いているものが多く、人間が操作し、結果も人間が判定するために熟練と経験を必要とする。このため、非能率的で、検査漏れや判定に対する個人差などもでてくるため、最近の新しい車両の性能、機能を確実に検査し、安全性や信頼性の確保、乗客へのサービス確保を図るのが難しくなっている。このようなことを背景に、計算機を中枢とした自動試験装置は、機器あるいは装置の単体の検査を行なうものから、電車全体の総合的な自動検査を実施するものまで種々開発され実用化されている。

総合的な自動試験装置も、日本国有鉄道の新幹線浜松工場のもの、札幌市交通局南北線のもの、帝都高速度交通営団綾瀬基地のものなども数年の稼動実績をもっている。最近では、車両設計の最初の段階から、自動試験装置の導入を前提に進められており、測定用端子や空気管など、必要な箇所には車側や車端に接続用コネクタが設けられている。また、試験効率の向上の面から、マンマシンシステムの改善が著しく、自動操作盤にカラーディスプレイを組み込み、試験結果を検査員に対して、分かりやすくスピーディな情報として伝達する方式などが採用されている。以下、総合自動試験装置の最近の傾向と、その事例について述べる。

2 車両用自動試験装置の技術動向

従来の試験機は、車両用機器単独の専用のもので多く、それらは、操作及び計測も人手で行なう単純なものから、ある程度の自動計測や試験結果のレポートを打ち出すといった高度のものまである。本稿で述べる試験装置は、中枢に計算機をもち、自動的に計測や合否の判定を行ない、また試験結果のレポートも自動作成する規模のものを対象にしている。

2.1 自動試験装置に要求される機能

自動試験装置としては、次の基本的な機能が要求される。

- (1) あらかじめ記憶されている順序に従って、継続的に試験を進めていく機能
- (2) 試験結果の合格、不合格を判定する機能
- (3) 人による判定結果を取り入れる機能
- (4) 試験結果のレポート自動作成機能

最近では、このほかに次の機能が要求されている。

- (5) 不合格結果に対する処置についてのトラブルシューティング機能
 - (6) 過去の試験結果や、来歴についてのデータ記憶機能
- このことは、単に自動的に検査をし合格、不合格を判定するだけではなく、一步進んで検査員に不合格の処置について、熟練検査員並みのアドバイスを試験機が行なうもので、将来の自動診断へとつながる方向を示している。また、過去の試験データや来歴の情報を記憶しておくことにより、摩耗故障や突発故障についての情報を、試験中に検査員に提供するもので、検査員の判断を確かにすることと、データの統計的な解析により予防保全へとつながっていくことを示している。今後は、更に高度な機能として次のことが要求されている。
- (7) 走行中の車両のモニタリング情報を解析し、事故対策や事故原因を究明する機能
 - (8) 列車自動運転装置(Automatic Train Operation: 以下、ATOと略す)などは実走行試験の代わりにシミュレーションにより模擬走行を行なわせ、運転機能のチェックや保安装置の安全性のチェックを行なう機能
 - (9) 摩耗や変色、異音、き裂などのパターン認識による自動計測機能

2.2 自動試験装置の試験内容

試験内容及び試験のレベルは、試験の目的によって異なる。試験の目的によって整理してみると次のようである。

- (1) 全般検査(オーバホールの後に行なう検査)

車体から機器を取り外し、配線から配管、機器についてもオーバホールを行なった後であるため、入念に検査する必要がある。この場合、配線関係、配管関係の試験に重点が置かれる。次いで機器の動作試験が行なわれる。試験の順序としては、編成状態ではなくユニットの状態で最初に詳細な試験を行ない、これに合格したユニットを結合し、編成状態で、引通し導通試験や主要機器の動作試験、列車自動制御装置(Automatic Train Control: 以下、ATCと略す)試験などを

* 日立製作所水戸工場 ** 日立製作所機電事業本部

行なう。編成試験では運転台まわりの機器(主幹制御器やスイッチ類、マンスバルブなど運転士が操作するもの)の実操作により確認するのも重要である。

(2) 定期検査後の試験

一般に一箇月検査など定期検査の際には、その前日まで電車としては完全に走行していた場合が多いので、試験内容としては、配線や配管の異常の有無、主要機器の動作確認、保安装置(ATC)の機能確認、マージンチェックといったものが主要なものである。この場合には、各装置の基本的な機能が正常か否かをチェックするもので、編成状態で行なわれる。したがって、異常がなければ自動的に試験を進めていく方式を採っているものが多い。検査レベルも故障部位を大きな単位で判別するものが多く、例えばプリント板単位や、トランジスタや集積回路(IC)の故障レベルまで摘出するような試験は通常は実施されていない。

(3) 事故車の検査

前述の定期検査時の試験と異なって、事故時の検査については、検査レベルも高くする必要がある。したがって、測定端子も機器によっては、定期検査時の測定端子のほかに専用コネクタで引き出すとか、試験内容も細部の故障部位が分かるようになっている。現状では、自動試験装置だけで故障部位まで検出できるものは少なく、特殊なシンクロスコープとかテストなどを用い、人手により検出するものが多い。

最近では事故原因の究明の手助けとして、実際運転中の諸データをモニタして記憶する車両も現われており、このデータを自動試験で解析する機能をもたせ、これにより、事故原因を早期に発見する手段もとられている。

2.3 自動試験装置のマンマシンシステム

自動試験といっても、すべてが自動的に進められていくものではなく、不合格が発生した場合には、このまま試験を続けていくか、再度試験を繰り返して行なうかなどの検査員の

判断が入る。一般には、試験用の操作盤には試験条件の設定、車番、日付けなどの設定機能と試験項目の設定、試験結果の表示又はタイプライタ出力指令機能が設けられている。操作誤りをなくするため、試験準備など矢印の順番に操作スイッチを押していけば、誤りなく操作ができるものや、操作盤面に車両のユニットの画を示し、これに試験データを表示するなどして、簡単に試験状況が分かるようくふうされたものもある(図1)。最近ではカラーディスプレイを用いて、試験中に必要な情報を検査員に対話形式で与える方法も実用化されている。特に、7色の表示を上手に用いて、一見して状況が分かるようにくふうされている。このカラーディスプレイ装置は高速で多量の情報を表示できるので、今後の検査の効率向上にはなくてはならないものである。

操作盤としては、固定形のもののほかに、移動可搬形のものもあり、特に被試験機器の近くで動作を確認し、可否の判定を入力したり、試験項目や結果の表示、試験の進行を制御するために用いられる。小形で軽量であることが必要であるが、今後はワイヤレス方式になっていくものと思われる。

中央の検査員と被試験機器の近くにいる現場検査員との連絡用には、従来、インターホン方式及びトークバック方式や有線による通話装置が用いられているが、無線によるヘルメット装着通話装置も使用された例がある。更に試験の進行に伴ってあらかじめ定められたルールに従って放送される自動放送装置も採用されていく傾向にあり、これもカラーディスプレイと並んで、試験効率の向上に役立つものと考えられる。

2.4 自動検査から自動診断へ

検査方法が自動化されると、その次は不合格の結果についての対策の幾つかを検査員にアドバイスする、すなわち自動診断が行なわれるようになる。不合格の原因は、複雑な条件が絡み合っているものや、単純な調整により解決する程度のものまで種々ある。まず第一ステップとして事故原因をトラブルシューティングし、不具合結果に対する幾つかの原因を示し、その個々について検査員にチェックしてもらい、しだいに真の原因の究明と、処置についての結論を得るよう導いていくことから始まる。次の第二ステップとしては、営業運転中のモニタリング情報や、過去の来歴や検査記録などからも、診断のための情報を提供できるようにし、速やかな対策と再発防止の処置、あるいは予防保全へとつながっていくことになろう。前述したように、カラーディスプレイを用いて、このトラブルシューティング情報を出しているシステムが実用化されている。今後の方向としては、過去のデータから統計的手法を利用し、ワイブルチャートやLog-Logカーブの自動作成や、過去のデータの自動検索なども行なわれるようになっていくものと思われる。

3 国鉄新幹線電車 全般検査用総合回路試験装置

3.1 概要

新幹線電車は列車の安全と正常な運行を確保するため、仕業検査、交番検査、台車検査、全般検査など各種の定期検査を行なうよう定められているが、このたび日立製作所が博多総合車両基地に納入据付けした総合回路試験装置は、全般検査を行なった後の電車の性能を総合的に確認するための出場検査を自動化し、試験工程の短縮と試験精度の向上、試験報告書の自動作成などを図ることを目的としている。

3.2 総合回路試験装置の構成と特徴

本装置は出場検査項目のうち、ユニット試験、ATC試験及び編成試験を自動化することを目的としている。その全体

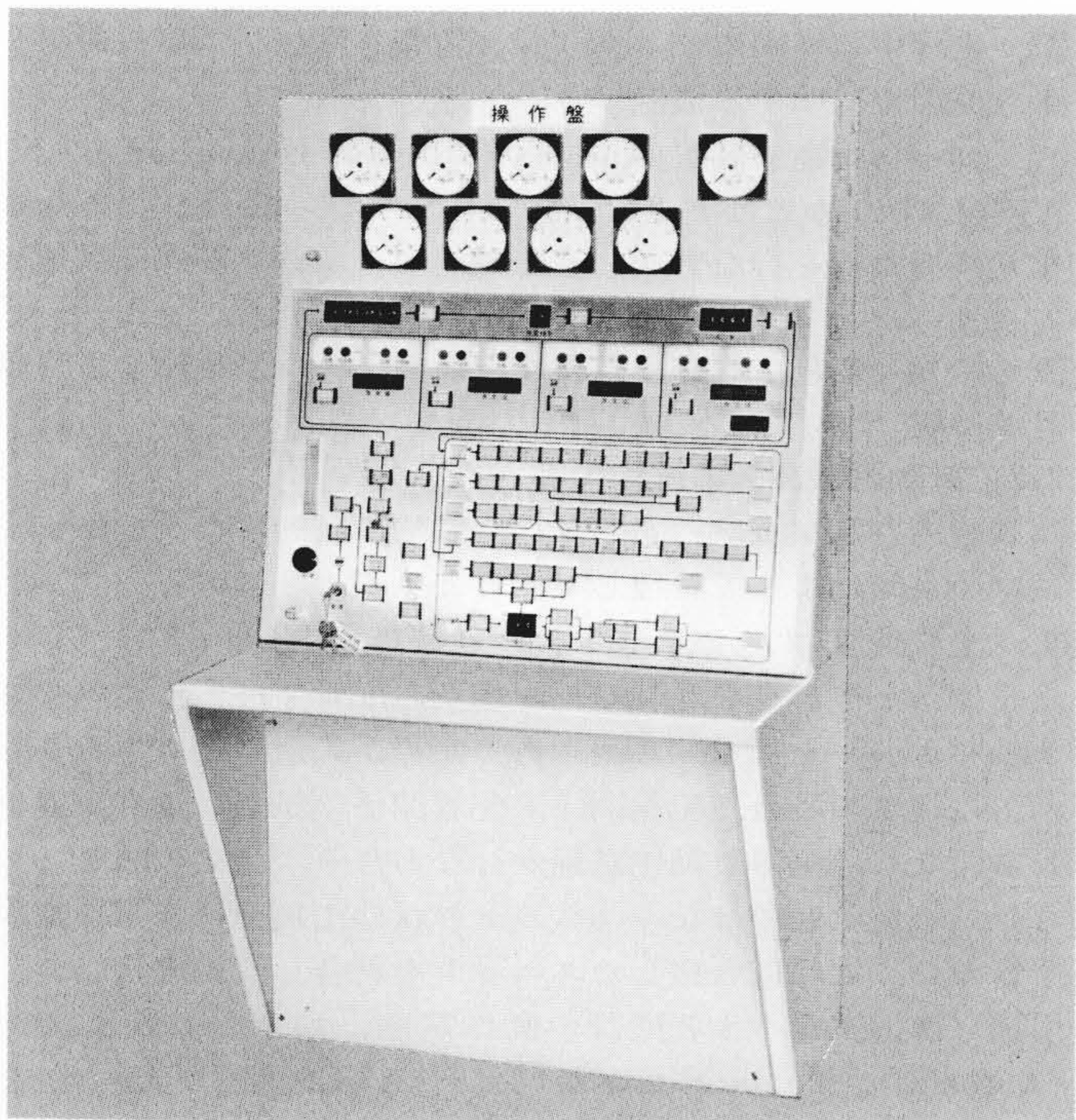


図1 自動試験操作盤(札幌市交通局南北線高速電車) 試験対象電車を表示し、試験が行なわれている場所、内容が一目で分かるようにしてある。試験項目もすべて文字で表わし、従来のコード方式を改めてある。

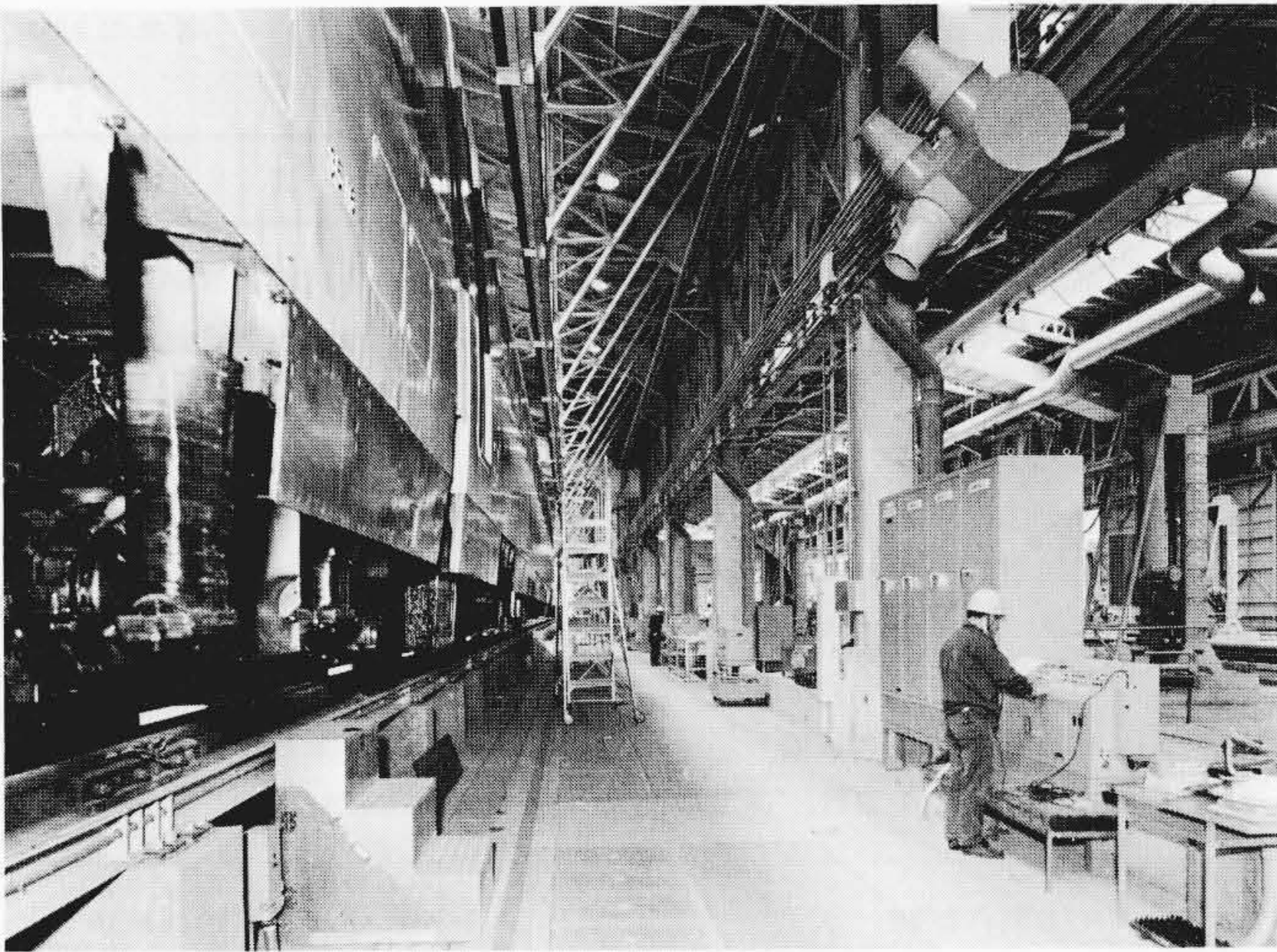


図2 総合試験中の新幹線電車 各ステーションごとに試験操作盤、電気試験機、及び空気試験機が設置されている。

構成を図3に示す。装置は中央機器室関係機器と検査線に沿って設置された現場機器で構成し、後者は更にA、B、C、Dステーションと名付ける4箇所の検査線機器が設置されている。Aステーションでは、ユニット試験、16号車のATC試験と編成試験を行ない、B、Cステーションではユニット試験

験、Dステーションでは1号車のATC試験と編成試験が行なえるような機器構成としている。中央機器室には、試験全体の制御を行なうHIDIC 150中央処理装置、磁気ドラム補助記憶装置、中央操作盤、試験レポート作成用ロギングタイプライタ、ATC試験用中央機器などを設置している。

本装置の主な特徴は次のとおりである。

- (1) 3ユニットの電車のユニット試験と1号車のATC試験の合計4ユニットの試験を同時に行なうため、出場検査の工程短縮が可能となった。
- (2) 各現場ステーションでは、互いに他のステーションと無関係に独立して試験を進行できるようハードウェア、ソフトウェアを構成しているので試験の能率が向上する。
- (3) 試験の実行と制御は、すべて各ステーション内の固定、移動操作盤で行なうことができ、中央機器室は通常無人扱いとする。
- (4) 試験対象電車の相違、例えば製作年次、食堂車、グリーン車などの車両種別、改造施工の有無などによる試験内容、判定基準値の変更などは固定操作盤から簡単な操作でこれらの条件を入力することにより自動的に行なわれる。
- (5) 試験項目には4けたの項目番号を付け、これを中央、固定、移動各操作盤に表示し進行状況の把握と試験項目の選択が容易にできるようにした。表1に主な試験項目の一覧を示す。
- (6) 試験の進行は、項目番号順にすべて自動的に行なわれる

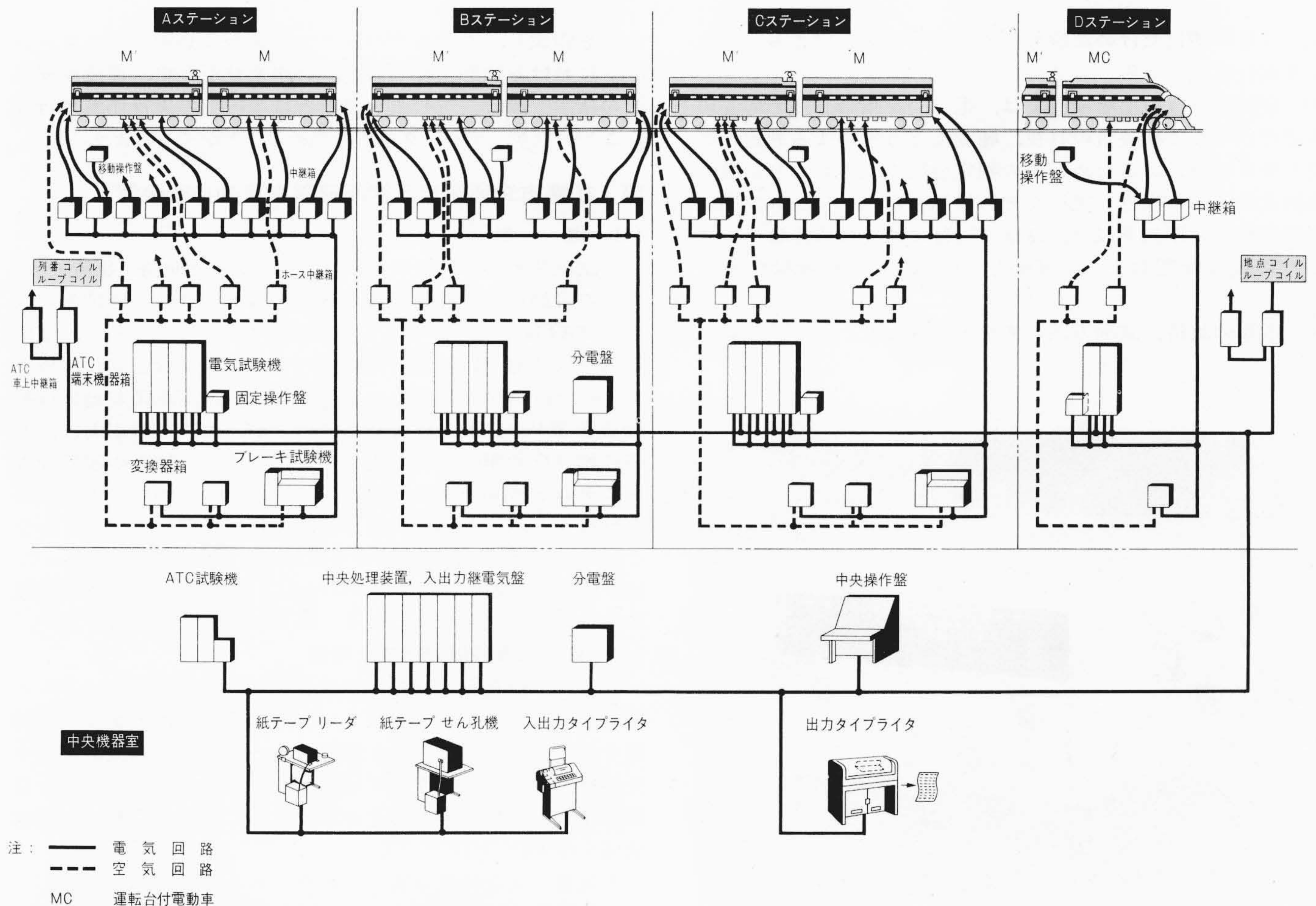


図3 総合回路試験装置全体構成図(新幹線電車) 出場検査線に沿ってA、B、C、Dの4試験ステーションを設け、2両一組みの電車のユニット試験をA、B、Cステーションで、編成試験とATC試験をA、Dステーションで行なう。

表1 主な試験項目表(国鉄新幹線電車) 各試験項目には、4けたの項目番号を付け、これを操作盤に表示させている。

No.	試験項目	
1. 電気試験	(1)引通し線導通試験	(6)抵抗器抵抗値測定
	(2)屋根上機器動作試験	(7)インバータ動作試験
	(3)タップ切換器動作試験	(8)戸閉め動作試験
	(4)しゃ断器動作試験	(9)運転台立上り試験
	(5)主制御器動作試験	(10)行先表示器動作試験
2. 空気試験	(1)空気圧縮機動作試験	(6)緊急ブレーキ動作試験
	(2)ATCブレーキ動作試験	(7)気圧スイッチ動作試験
	(3)ハンドルブレーキ動作試験	(8)単車ブレーキ動作試験
	(4)純直通ブレーキ動作試験	(9)空気漏れ試験
	(5)電気ブレーキ動作試験	(10)滑走固着動作試験
3. ATC試験	(1)ATCシーケンス試験	(4)列車番号読取試験
	(2)ATC最小動作試験	(5)速度計動作試験
	(3)地点検知動作試験	
4. 編成試験	(1)加圧前屋根上機器動作試験	(5)運転台切換試験
	(2)M'車動作試験	(6)戸閉め動作試験
	(3)M車動作試験	(7)行先表示器動作試験
	(4)三次回路動作試験	(8)ブレーキ動作試験

注：M'車＝パンタグラフ付電動車 M車＝電動車

が、任意の項目だけの試験もその項目番号を設定することにより実行可能である。

(7) 全般検査後の出場検査では、電氣的な指令とその応答の確認だけでなく検査員の目視、聴覚など五感による判定が必要となる試験もあるため、この判定結果を入力したり試験の強制進段、又は繰返し実行などの指示を入力するために小形、軽量の移動操作盤を設け、試験の進行に必要な操作はすべてこの移動操作盤によって可能とした。図4に移動操作盤を示す。

(8) 電車の改造、試験方法の変更などにより、新しいプログ

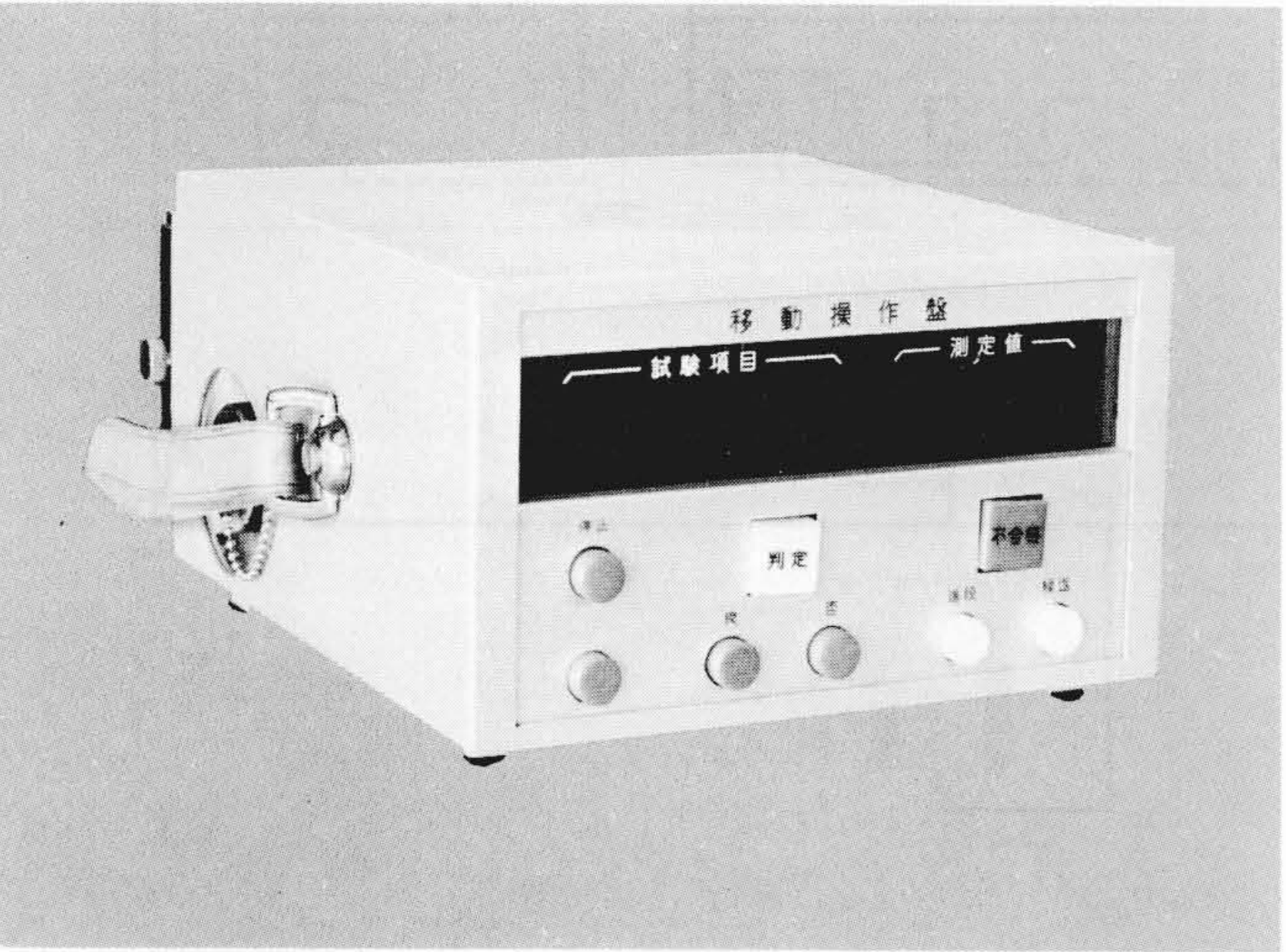


図4 移動操作盤 電車内や床下などに持ち歩きながら、試験を実行していくもので、発光ダイオードによる数字表示をするなど小形、軽量化を図った〔寸法：高さ120×横210×奥行250(mm)〕。

表2 主要試験項目(札幌市交通局東西線高速電車) 高度な制御機器を対象に、試験を重点化して行なっている。

No.	主要試験項目	
1. 線路関係装置	(1)高圧回路絶縁抵抗試験	(3)引通し線導通試験
	(2)低圧回路絶縁抵抗試験	(4)運転室機器導通試験
2. 空気関係試験	(1)空気圧縮機動作試験	(5)回生補そくブレーキ試験
	(2)ガバナ、安全弁の調圧試験	(6)緩解不良試験
	(3)常用ブレーキ、非常ブレーキ試験	(7)空気漏れ試験
	(4)緊急ブレーキ試験	
3. 関係制御装置	(1)動作シーケンス試験	(3)保護装置動作試験
	(2)チョッパ、周波数、通流率測定	(4)特殊運転試験
4. 係ATC関係	(1)ATC動作試験	(3)列車検知装置動作試験
	(2)最小動作レベル測定	(4)送信レベル測定
5. 自動運転装置	(1)速度照査試験	(4)定位置停止機能試験
	(2)定速運転機能試験	(5)情報伝送試験
	(3)多数決論理試験	(6)保守モニタ確認試験
6. 装置関係	(1)送・受信試験	(3)誘導無線装置試験
	(2)運行番号検出試験	(4)通信制御動作試験
7. 関係機器	(1)戸閉め動作試験	
	(2)車両放送試験	

ラムを作成し、これをデバッグする場合に必要な各ステーションにおける初期条件の設定、合格及び不合格、進段や繰返しの指示、進行状況のモニタなどはすべて中央操作盤で行なうことができ、デバッグ効率を高めることができるようにした。

4 札幌市交通局東西線高速電車自動検査装置

4.1 概要

本試験装置は1箇月検査、1年検査、3年検査、臨時検査、車上の自動運転装置に集録されているモニタリング情報の収集及びATOシミュレーション機能をもっているもので、東西線西車両基地の11番線と12番線の2本の検査線を同時に検査する総合自動検査装置である。既に南北線南車両基地に自動検査装置¹⁾が設置され稼動しているが、東西線の車両は南北線に比べ自動運転装置を車上に備え、これと地上の運行管理システムとの間を情報伝送装置で結び、効率的な列車の制御を行なうといった高度な列車制御方式を採用していることなどから、高性能な制御機器が多数搭載されている。したがって、試験内容も機器の単体試験のほかに、幾つかの機器を同時試験する総合試験を含んでいる。表2に主要試験項目を示す。

4.2 自動検査装置の構成と特徴

装置は、11番線、12番線の検査線ピットに各種ケーブルと空気のつなぎ箱が設置されている。機器室にはチョッパ試験器をはじめ各種の試験器と選択リレー箱が、計算機室には中央処理装置など、操作室にはカラーディスプレイをもった自動操作盤と手動操作盤などが設置されている。図5に全体構成図を示す。

本装置の主な特徴は次のとおりである。

- (1) 11番線及び12番線の2本の検車線をタイムシェアリングで同時検査ができる。
- (2) 試験は操作室に設けられた自動操作盤(図6)により、集

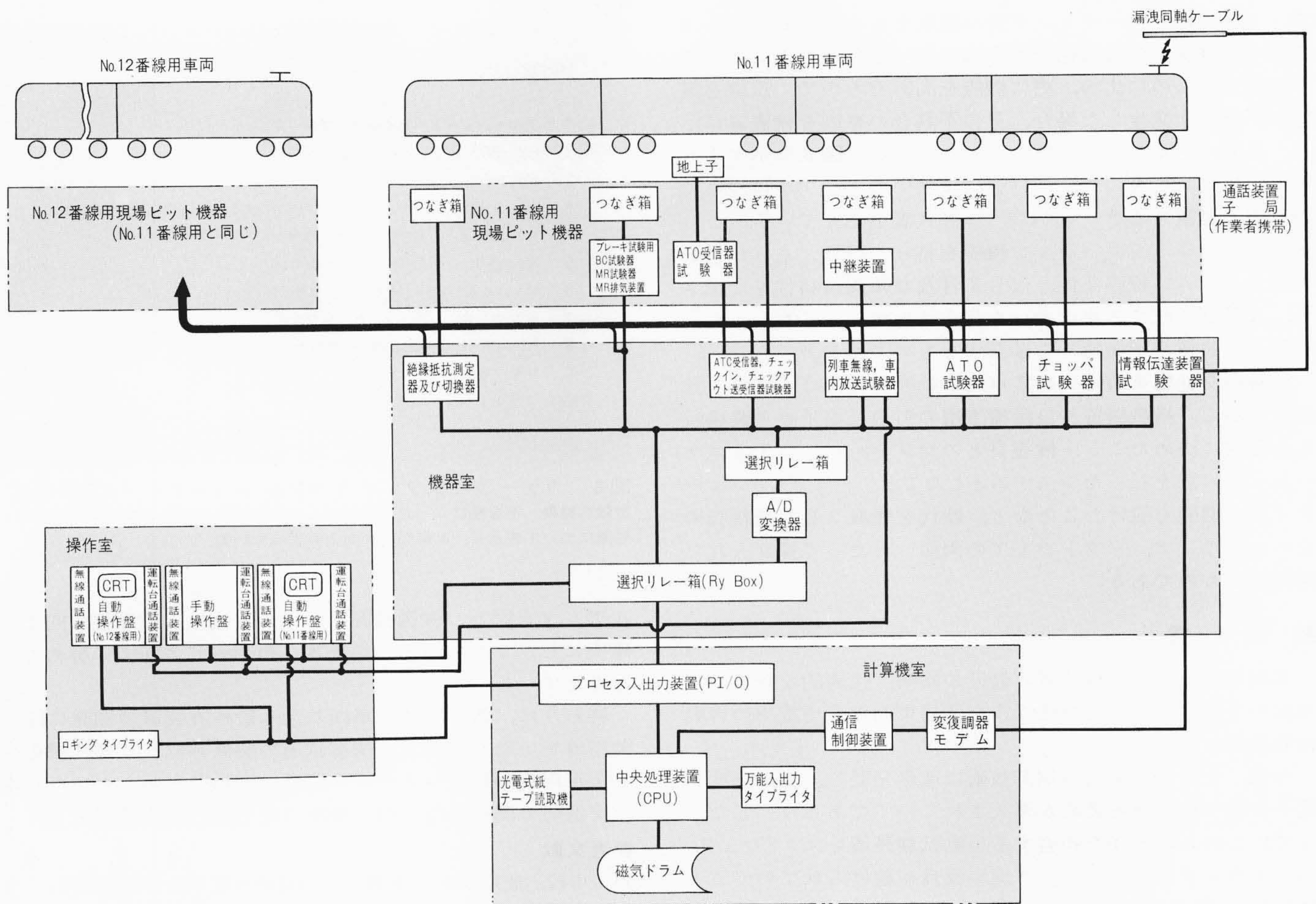


図5 自動検査装置全体構成図(札幌市交通局高速電車) 電車からの引出しケーブル、空気管も計画的に取り付けられ、試験準備が容易に行なえる。

- 中の試験の実行や監視、報告書の作成などができる。
- (3) カラー ディスプレイにより、必要な情報が迅速に得られる(試験データ、入力条件、試験No.など)。
- (4) 機器を幾つか組み合わせた総合試験機能をもっている。これは、図7に示す例のように、試験の状況及び結果が、カラー ディスプレイ上に表示され、各機器の機能が同時にチェ

- ックできる。
- (5) 東西線の高速電車は、新造計画の時点から自動検査を前提として進められていたもので、車上の引出しカップラや空気引出し部が集約化され、地上の機器と簡単に接続できる。
- (6) ATOに集録されたモニタリング情報をこの検査装置に情報伝送装置を介して出力できる。

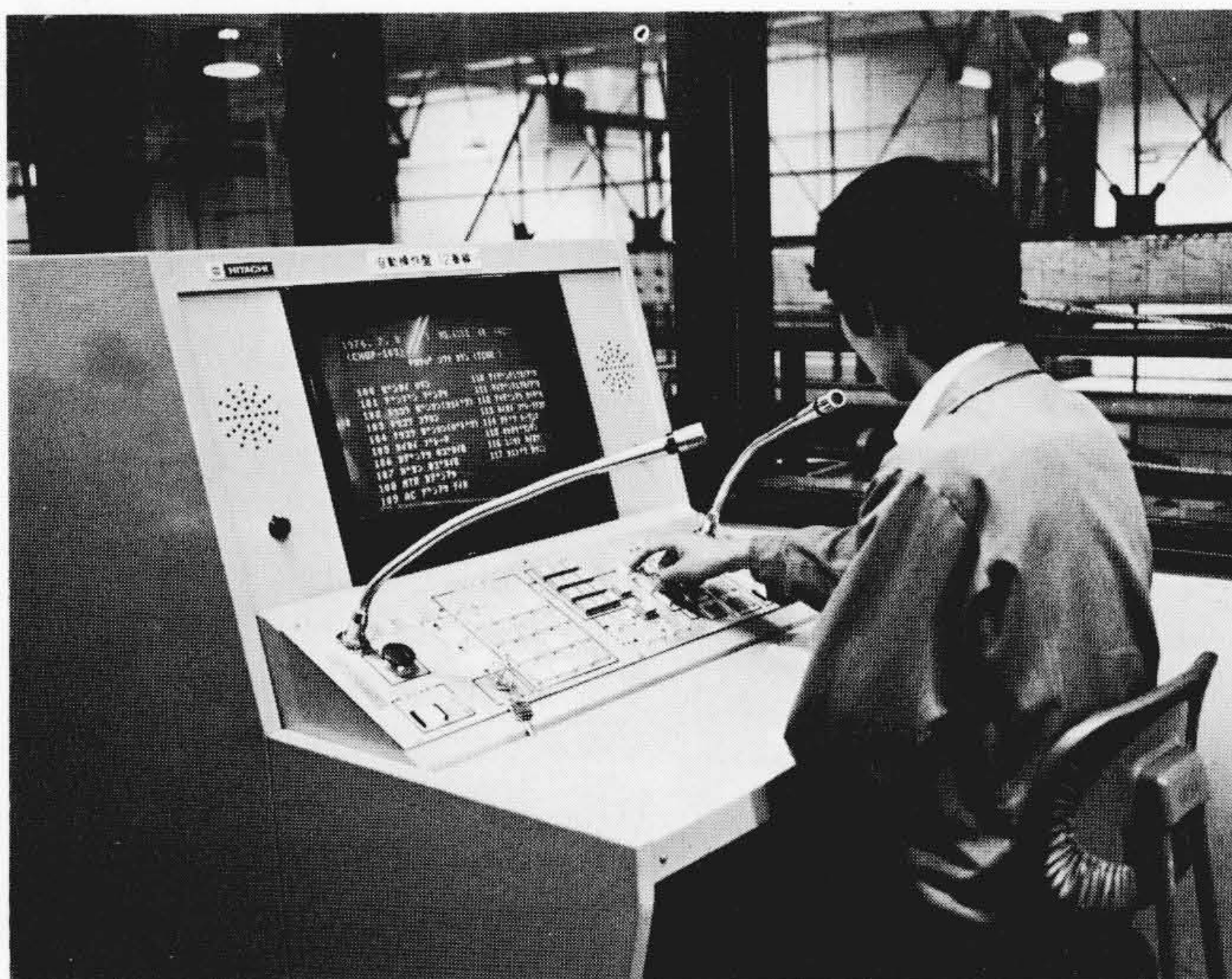


図6 自動試験操作盤(札幌市交通局東西線高速電車) カラー ディスプレイを備え、マンマシンシステムを合理的にした最新の操作盤である。

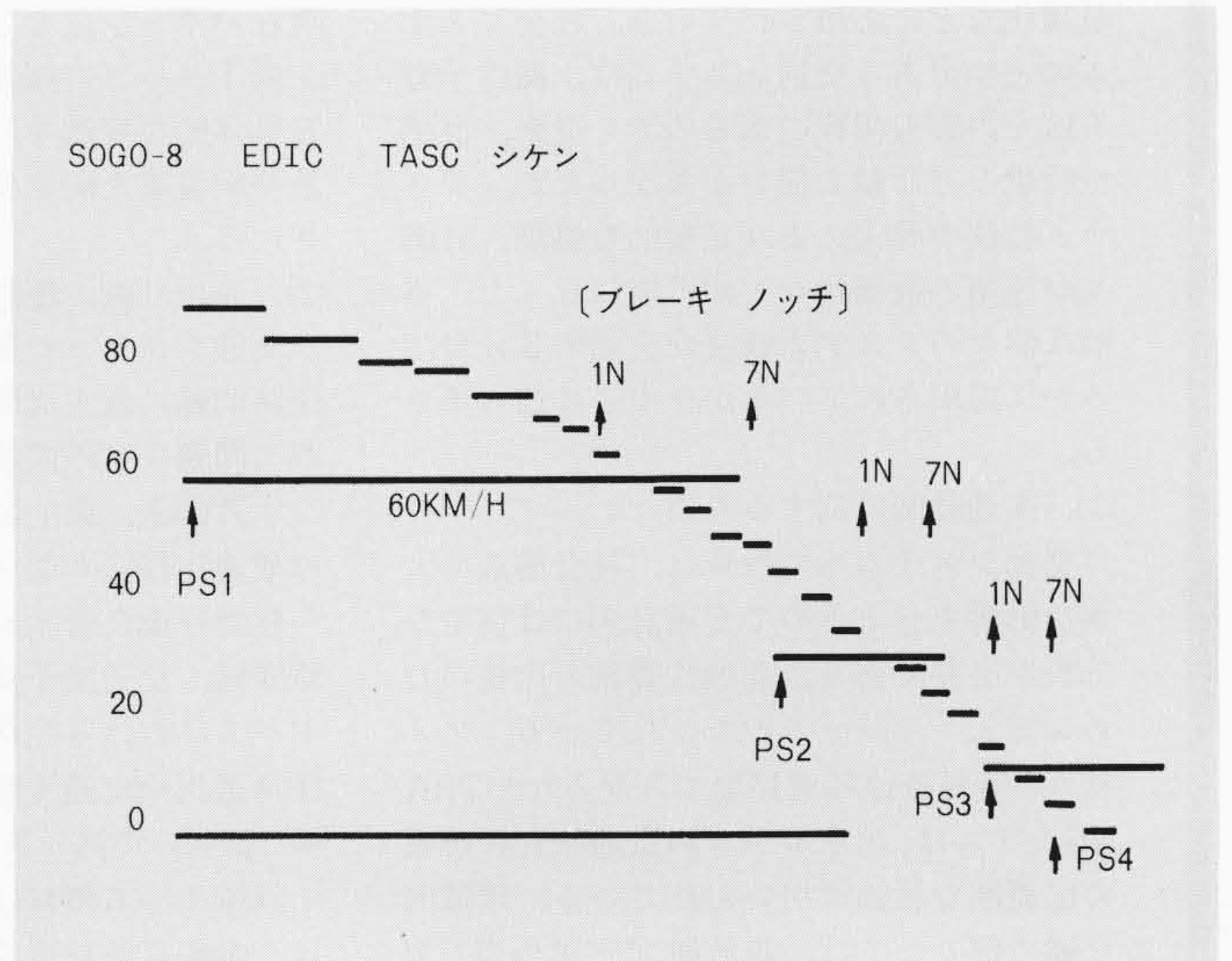


図7 総合試験のカラー ディスプレイの表示例 自動運転装置の試験データと各機器の動作を示すもので、定位置停止機能が連続的に確認できる。

(7) トラブル シューティング表示機能をもっている。これは従来の試験機が単に合格か不合格かだけを判定したレベルのものであったのに比べ、更に機能を高めたもので、試験を実行し不合格が発生した場合、その不具合の原因を検査員に示し、処置や対策の情報を与えるものである。図8に示すように、回生ブレーキのチョッパ制御試験中のトラブルについて原因と処置をカラー ディスプレイに表示させている。

(8) ATOシミュレーション機能をもっている。これは自動検査システムに線路条件、信号条件及び車両の特性を記憶させ、ATO運転での車両走行を静止状態でシミュレートし、自動運転装置の制御特性を確認するものである。

札幌市交通局東西線高速電車用自動検査装置は、電車の計画段階から、搭載機器や自動検査用の引出し端子のぎ装場所も合理的に決めたこと、検査員とのマン マシン コミュニケーションに意を払ったシステムとしたこと、トラブル シューティング機能を設けたことなど、時代を先取りした最新技術をハードウェア、ソフトウェアの両面にわたって採り入れた画期的なものである。

5 結 言

車両用総合自動試験装置の最近の傾向、代表的な新幹線電車の全般検査装置及び札幌市交通局東西線高速電車の自動検査装置について述べた。

今後、ますます車両の制御技術は進歩発展し、更に高度な電子装置や自動運転装置が導入されていくであろう。したがって、これらの保守を担当する自動試験装置もソフトウェア、ハードウェア両面にわたって進歩改良が続けられていくことになる。特に、マン マシン関係、予防保全についてはレベ

[CHOP-115]

トラブル シューティング カイセイ ブレーキ

1 RY BP1, BP2 ドウサ カクニン

2 MVコイル PB1(B), PB2(B) チョウサ

3 セレンSE33 ドウツウ チョウサゴ タイマー TR2TD コウカン

4 セレンSE8 ドウツウ チョウサ

5 RY OPR, OPR1 ドウサ カクニン

6 MVコイル HB1, HB2 チョウサ

7 テンカンキ リセットSW ソウサ

8 RY OPR1, OPR2, OVAR ドウサ カクニン

9 リセットSW ソウサ

10 プリントパン OBF-2 コウカン

図8 カラー ディスプレイ トラブル シューティング表示例
試験の結果、不合格になったものに対して、試験員のリクエストにより原因と処置について表示し、試験効率の向上を図っている。

ルアップを図り、輸送機関としての安全性と信頼性の向上を確実にし、よりいっそうの乗客へのサービス向上に努めたいと考えている。

終わりに、新幹線博多車両基地全般検査装置の開発に際し御指導をいただいた日本国有鉄道の関係各位、及び札幌市高速電車用自動検査システムの開発に御指導をいただいた札幌市交通局の関係各位に対し深謝の意を表わす次第である。

参考文献

- 1) 中村、武井ほか：「札幌市交通局納め電車総合試験装置」、日立評論、55、373 (昭48-4)

論文抄録

交通分野におけるシステム技法の適用

日立製作所 竹村伸一

日本機械学会誌 78—680, 119 (昭50-7)

近時システム技術の急速な進歩に伴い、数多くの「システム技法」が開発されつつあり、予測、計画、シミュレーション、評価、最適化などに応用されている。社会システムの一つである交通システムは、関係分野も広く内容も複雑であるので、従来、直感や経験などに頼る部分が多かったが、システム技法の導入により定量的な処理、計画及び運用の最適化などが可能になった。本稿は個々のシステム技法が交通の3分野でいかに応用されているかを中心に述べている。

(1) 交通計画に関するもの

交通システムへの投資は、社会構造に大きな影響を与えるので交通計画には慎重な分析が必要であり、各種代替案の比較のためシミュレーションがなされている。アメリカの運輸省連邦道路局で開発されたTRANSモデルは、国家レベルの交通投資代替案の広範囲な評価に用いられている。地域内交通の例としては、筑波研究学園都市にお

けるケーススタディなどがある。

交通計画は政策的に定まる将来都市の諸指標から原単位法などで交通需要を推定し、現在パターン法などでこの交通需要をゾーン間トリップに振り分け、次にこの交通量を具体的な交通手段に割当て、最後に路線及び駅位置を決定するといった手順で実施される。

(2) 運用計画、運行制御に関するもの

交通システムの運用段階においては最短経路問題、最大流問題、最小費用流問題、割当問題などの問題に対し、線形計画法、二次計画法、動的計画法、分岐限定法などの最適化技法が適用される。

自動車総合管制システムにおける最短経路探索、交通流予測及び最適配分、デマンドバスにおける経路選択、CVSにおける経路選択や交通流配分などが揺らん期に入った新しい交通システムの重要課題である。

鉄道やバスにおける運行ダイヤの実施には、乗務員及び車両の巧妙な運用が必要で

あり、電車の乗務員運用計画、新幹線車両の運用計画、トラックの配車計画などが割当問題として定式化され、解かれている。

(3) システムの評価に関するもの

交通システムの評価に際しては、利用者、地域社会、輸送業者、製造業者など多くの観点から評価項目を抽出する必要がある。これらの評価項目は必ずしも定量的でないため、アンケート法、デルファイ法などの非計量的評価法での結果を一对比較法、クロスインパクトマトリクス法、ユーティリティ法などを用いた計量的整理が試みられ、ある種のものでは成功している。

今後開発される新しい交通システムについては、十分なテクノロジー アセスメントを行ない、単に速達性、便利性、採算性などの直接効果のみでなく、その副次的影響、波及効果、特に、負の効果や影響などについても十分な分析が必要である。