

日本国有鉄道新幹線博多総合車両基地向け

全般検査用総合回路試験装置

Automatic Inspection System for the Overhaul of Shinkansen Electric Cars

日本国有鉄道は、新幹線車両の安全と正常な運行を確保するため、約2年ごとに車両の解体精密検査(全般検査)を行なっている。全般検査用総合回路試験装置は全般検査により整備を行なった車両の総合試験の自動化、高精度化を図るものである。

総合回路試験は、新幹線の運転制御に関するすべての機能をユニット単位の車両及び編成列車について確認する試験であり、試験項目は複雑多岐にわたっている。本装置は制御用電子計算機HIDIC 150を中心とし、4箇所の試験場端末機器から成りそれぞれの端末で車両を同時に試験が行なえるようにハードウェア、ソフトウェアを構成したほか、試験手順を十分検討した結果、試験工程の短縮と試験精度の向上を実現することができた。

石井一淑* *Ishii Kazuyoshi*
 中村良吉* *Nakamura Ryôkichi*
 鈴木俊宏** *Suzuki Toshihiro*
 栗山顕一郎** *Kuriyama Kenichirô*
 池田絃宇** *Ikeda Kôu*
 吉本克彦** *Yoshimoto Katsuhiko*
 大隅良夫*** *Ôsumi Yoshio*

1 緒言

日本国有鉄道(以下、国鉄と略す)新幹線は、昭和39年10月東京～新大阪間の開業後岡山開業を経て、昭和50年3月には東京～博多間の営業運転が開始された。この間、高速・大量輸送交通機関としての安定性及び安全性が立証され、また開業以来の延べ利用乗客数は昭和51年5月には10億人に達した。

このように優れた実績を記録することができた背景の一つには、膨大な数の車両に払われた点検、保守に対する努力がある。従来、新幹線車両の保守点検は、東京、大阪運転所、及び浜松工場で行なわれてきたが、博多開業に伴う車両の増備に対処し合わせて地理的な配慮から、新たに博多近郊に車両基地が建設された。この博多総合車両基地は、従来の運転所と工場の両方の機能を持ち車両保守の近代化と合理化を図るため、各種の新鋭設備が投入されている。その一環として、全般検査の最終工程である出場検査を受け持ち、車両の性能試験の精度向上と工程短縮などを目的とする全般検査用総合回路試験装置が国鉄と日立製作所の共同開発により完成したのでその概要を紹介する。

2 新幹線車両とその定期検査

2.1 新幹線車両の概要

新幹線車両は、昭和38年に第1次車180両が製作されて以来、昭和50年に第20次車が完成し、全車両数は2,240両に達した。これら各次車の車両は、基本的な仕様及び性能に関しては一貫して同一に製作されており、取扱い、保守を容易にしているが細部に関しては改良、変更が行なわれて、少しずつ異なっている。これら改良、変更のうち、車両の自動試験に関係する事項は、博多開業用増備車として製作された第16次車以降の車両に実施された総合回路試験の自動化対策である。すなわち、第16次車以降の車両は試験の自動化に必要な制御線、測定線をすべて各車両に1個ずつ新設された試験用接続栓に集中したほか、先頭車には運転台機器試験用接続栓、各車両のブレーキ制御装置に各種空気圧力測定用のクイックカップラの新設などを実施したものである。この結果、試験の

準備作業が簡単となり、準備時間の短縮と制御線、測定線の誤接続の防止が可能となった。

新幹線列車は全電動車による16両固定編成であり、これらを運転制御の面から分類すると、主として低圧機器をぎ装したM(制御電動)車と高圧機器をぎ装したM'(電動)車、運転台付のMc⁽¹⁾(先頭)車の3種類となる。M車とM'車はそれぞれ1両ずつ組み合わされて車両の最小機能単位を構成し、これを「ユニット」と呼ぶ。

2.2 新幹線車両の定期検査

新幹線車両は次に示す各種の定期検査を行なっている。

- (1) 仕業検査 48時間ごと
- (2) 交番検査 3万km走行ごと(1箇月ごと)
- (3) 台車検査 30万km走行ごと(12箇月ごと)
- (4) 全般検査 90万km走行ごと(30箇月ごと)

(1)~(3)の各検査は、点検を主体とする在姿検査、(4)は車両全体を解体して修理、調整を行なう精密検査である。図1に全般検査全体の概略工程を示す。今回完成した全般検査用総合回路試験装置は、全般検査の最終工程である出場検査の自動化を図る装置である。

2.3 博多総合車両基地における全般検査工程と設備能力

博多総合車両基地の全般検査用設備は、16両編成の新幹線車両の全般検査を正味10日間で行なうように計画されており、全般検査の最終工程である出場検査を行なう本総合回路試験装置は、1日当たり最大6両(3ユニット)の試験が可能のようにハードウェア、ソフトウェア上の考慮を払って計画した。

3 本総合回路試験装置の機能

本装置は、各試験場でそれぞれ単独に試験の同時処理が可能な機能を持ち、なおかつ、中央、固定及び移動操作盤を配置することにより、マンマシンインタフェースについても十分考慮した設計となっている。

また、試験の実施に際しては、試験条件の設定が自動的に行なわれるので、能率が向上するとともに均一的な判定基準

* 日本国有鉄道工作局 ** 日立製作所水戸工場 *** 日立製作所機電事業本部

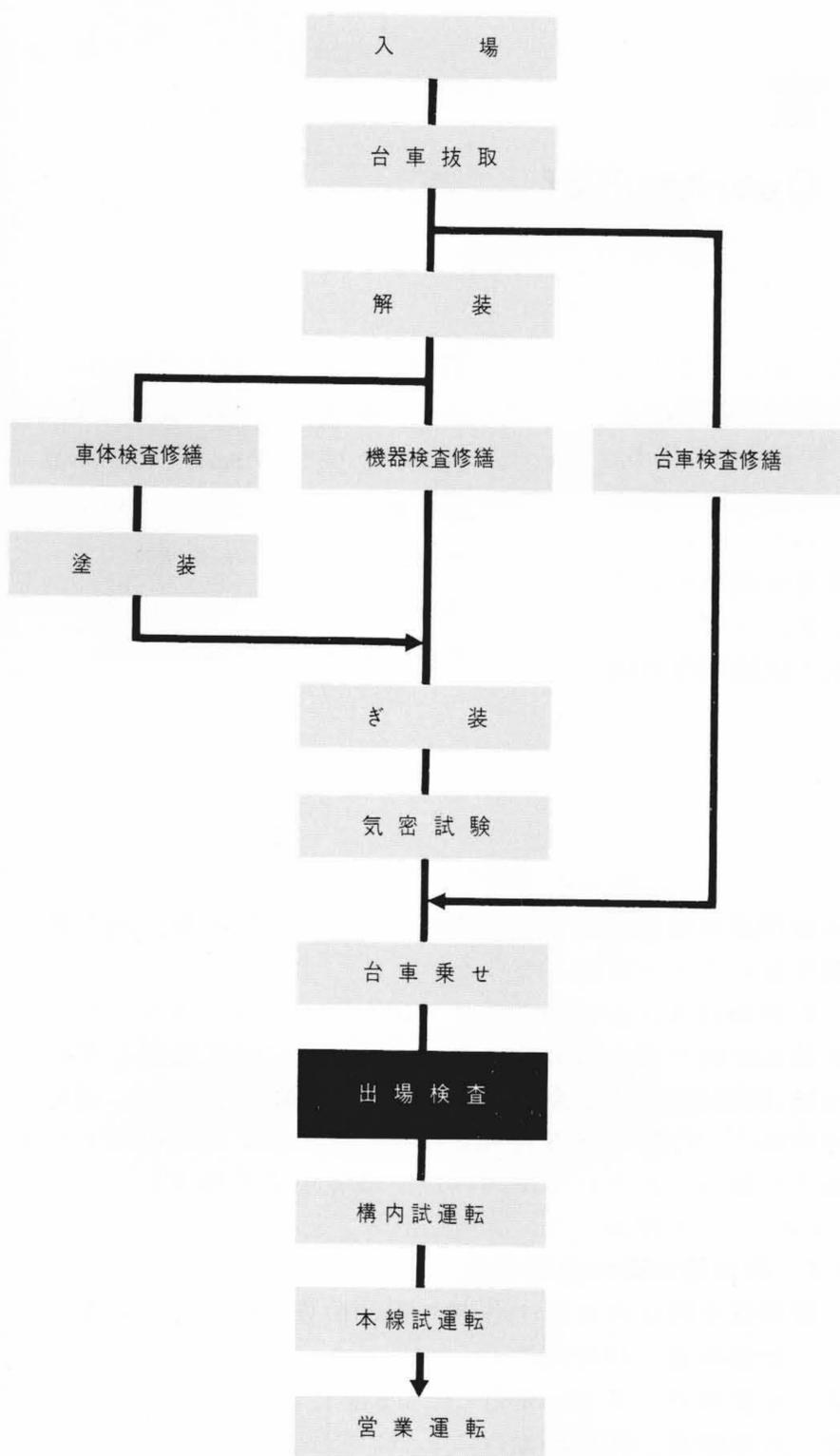


図1 全般検査の全体流れ図 総合回路試験装置は、全般検査の最終工程である出場検査を自動化する装置である。

による試験結果の標準化、高精度化などの効果を挙げることができた。

なお、試験は、できるだけ自動化を図っているが、適宜、目視判定を加え、取扱いやすさと信頼性の確保を実現している。

次に試験項目、試験方法などについて述べる。

3.1 試験場(ステーション)の配置

全般検査の整備が終わった車両は、ユニットに連結され第1ユニットから順に3又は2ユニットずつ同時に出場検査線に入れる。このため、出場検査線にはユニット試験を3ユニット同時に行なうための試験場(ステーション)を入口寄りに3箇所設け、これらを各々A、B、Cステーションと名付けた。第1群の車両は、ユニット試験が終わると出場検査線のいちばん奥へ押し込まれ、A、B、C各ステーションでは次のユニット群の試験が行なわれる。これと併行して奥へ入れた先頭車を含む第1ユニットは、自動列車制御装置(Automatic Train Control 以下、ATCと略す)の試験を行なうため、出場検査線のいちばん奥にDステーションを設けてある。このほか、第8ユニットのATC試験はAステーションで、編成試験はAステーション及びDステーションを使用して行なう

ようにするなど、全般検査全体の工程に適合した合理的な試験場配置となっている。図2にこれら試験場の配置と主な構成機器を示す。

3.2 試験項目

出場検査は、前述のようにユニット試験と編成試験とに大別される。ユニット試験は出場検査の中心となる試験であり、次のように分けることができる。

(1) 電気試験

列車の運転制御に直接関係する電気機器及びこれらの組合せ動作試験

(2) 空気試験

主として空気ブレーキに関する機器の動作試験

(3) ATC試験

ATC、地点検知装置(1号車だけ)、列車番号装置(16号車だけ)の動作試験

一方、編成試験はユニット試験に合格した各車両が編成に組成された後、先頭車運転台からの指令に従ってすべて正しく動作することを確認する試験であり、架線から電力を供給して車両のすべての機器を生かして行なう最終試験である。

これらの試験は、更に対象機器、回路別に中項目試験に分けられ、その主な試験内容を表1に示す。試験は通常、中項目試験ごとに定められた一定の順序で自動的に進行してゆくが、特定の試験だけを行なう場合には、この中項目単位での試験が可能である。中項目試験は、更に一連の小項目試験から成り、これらは一つの試験条件とそれに対する試験結果に対応している。すべての試験には小項目ごとに4けたの一貫番号を付け、これによって試験の進行状況の把握が容易にできるように考慮した。

3.3 試験方法

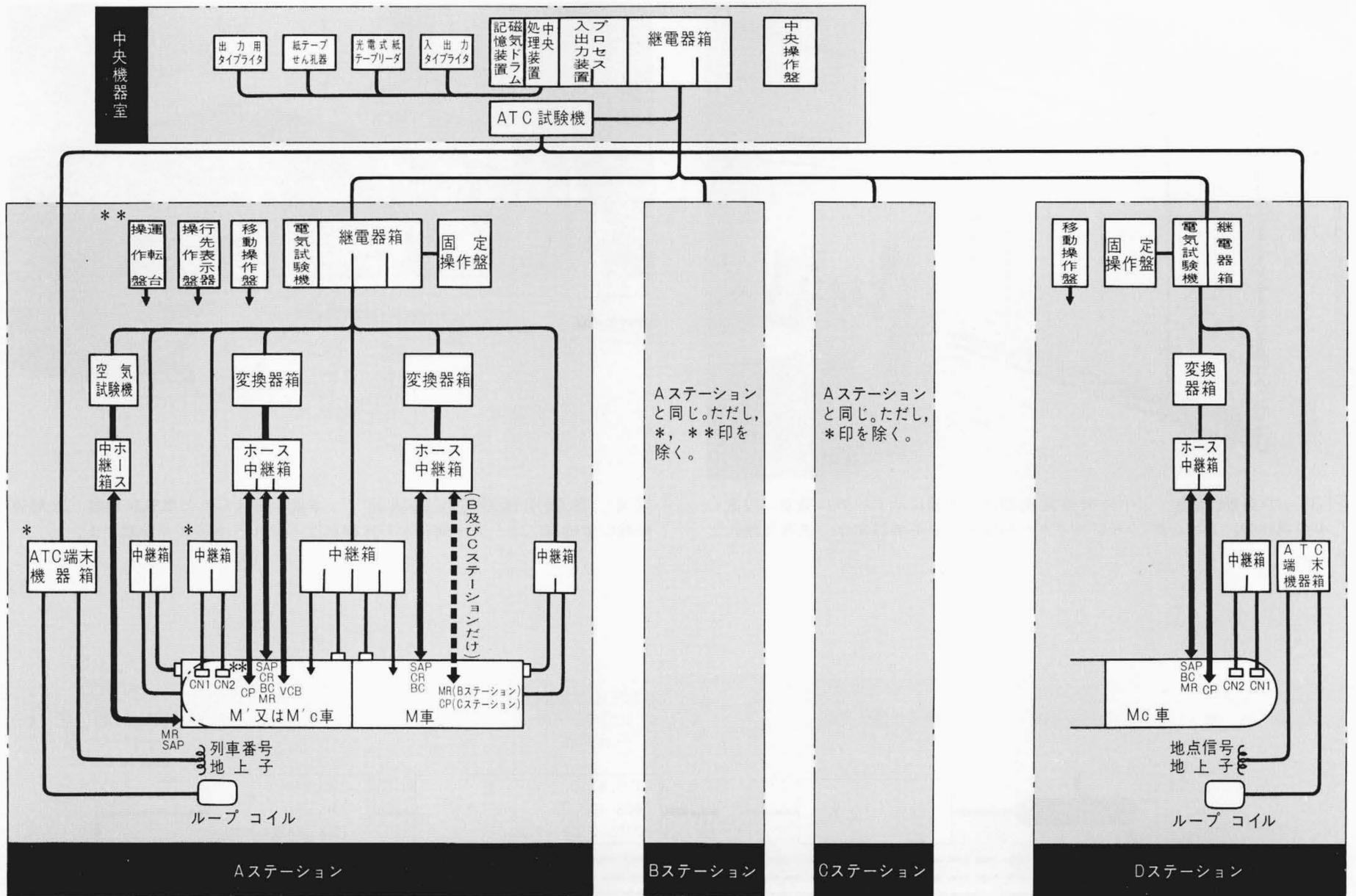
博多総合車両基地での総合回路試験装置は、出場検査線に沿って設置されたA～D各ステーション用端末機器と中央機器室に設置された中央機器で構成される。中央機器室とステーション間は最大500m離れているため、各ステーションで行なう試験はそれぞれのステーション内だけの操作で可能とした。すなわち、中央機器室は通常は無人とし、試験開始及び終了時の装置の点検を兼ねた電源の入切と各ステーションに共通な日付、時刻、対象列車の編成番号などを中央操作盤で設定すること、タイプライタで打ち出した試験報告書を収容する場合だけ検査員が立ち入るものとした。図3に中央機器室を示す。

各ステーションでは、定位置に停止した車両と電気試験用接続栓、空気試験用接続栓、車両用外部電源の接続などを行なう。図4にこれら試験用接続線の現車への接続状況を示す。

次に各ステーションでは、試験対象車両の条件、すなわちユニットNo.、製作次車、改造の有無などを表わす車両条件及び開始する試験項目番号を固定操作盤で設定すれば試験準備は終了する。

なおこれら試験準備に要する時間は、約15分程度であり非常に簡単に行なうことができる。

試験準備が終わると、検査員はハンディタイプの移動操作盤だけを使用して車両わきで試験の進行を管理する。図5に試験の一例として、中項目番号1790のしゃ断器試験の一部を示す。同図に示すように、試験は車両を制御するための指令出力、これに対する機器の動作結果の入力とその合格・不合格の判定の三つの基本的な機能の組み合わせによって進行する。合否の判定は、本例では試験器による自動判定と機器の動作状態を検査員が判定して入力する目視判定の両方が合格



注：CN1, 2=(運転台機器)試験用接続栓 SAP=直通管空気圧 CR=制御空気だめ空気圧 BC=ブレーキ シリンダ空気圧
MR=元空気だめ空気圧 CP=制御管空気圧 VCB=真空しゃ断器操作空気圧

図2 総合回路試験装置全体構成 本装置は、中央機器室機器と出場検査線機器で構成され、後者はユニット試験、ATC試験を行なう四つのステーションから成る。

表1 主な試験内容 試験は電気、空気、ATC及び編成試験に大別され、それぞれ多数の中項目試験から成り、その合計数は約120に達する。

電気試験			空気試験			ATC試験			編成試験		
番号	試験内容	中項目数	番号	試験内容	中項目数	番号	試験内容	中項目数	番号	試験内容	中項目数
1	引通し線導通試験	4	1	補助空気圧縮機試験	4	1	速度発電機試験	1	1	架線加圧前試験	1
2	特別高圧機器試験	3	2	主空気圧縮機試験	2	2	受信器、制御器組合せ試験 (シーケンス試験)	4	2	補機動作試験	1
3	タップ切換器試験	6	3	ATCブレーキ試験	4	3	受信器誘起電圧試験	1	3	タップ切換器試験	2
4	力行ブレーキ転換器試験	1	4	純直通ブレーキ試験	1	4	受信器減極特性試験	1	4	力行ブレーキ転換器試験	2
5	しゃ断器試験	6	5	単車ブレーキ試験	2	5	受信器最小動作試験	1	5	しゃ断器試験	4
6	主制御器試験	3	6	緊急ブレーキ試験	2	6	地点検知試験(1号車)	1	6	主制御器試験	4
7	抵抗値測定	4	7	直通管気圧スイッチ試験	1	7	列車番号装置試験(16号車)	1	7	戸閉試験	2
8	戸閉回路試験	1	8	空気漏洩試験	1				8	戸閉保安回路試験	3
9	行先表示器試験	1	9	滑走検知試験	2				9	運転台表示灯試験	3
10	主幹制御器試験	3	10	固着検知試験	3				10	ATCパイロット電源切換 試験	1
11	ブレーキ弁試験	3	11	滑走防護試験	1				11	行先表示器試験	1
12	戸閉保安回路試験	1	12	ハンドル ブレーキ試験	1				12	インバータ切換試験	2
13	インバータ試験	2	13	元圧気圧スイッチ試験	1				13	ATCブレーキ試験	2
14	押しスイッチ試験	2	14	その他	3				14	緊急ブレーキ試験	2
15	その他	4							15	ハンドル ブレーキ試験	2
									16	純直通ブレーキ試験	2
									17	その他	6

注：この欄の番号10～14は、先頭車ユニットにだけ実施する。注：この欄の番号12及び13は、先頭車ユニットにだけ実施する。



図3 中央機器室 中央機器室機器は、本図に示す以外に隣室に設置した中央操作盤、ロギングタイプライタから成る。中央機器室は、通常は無人である。

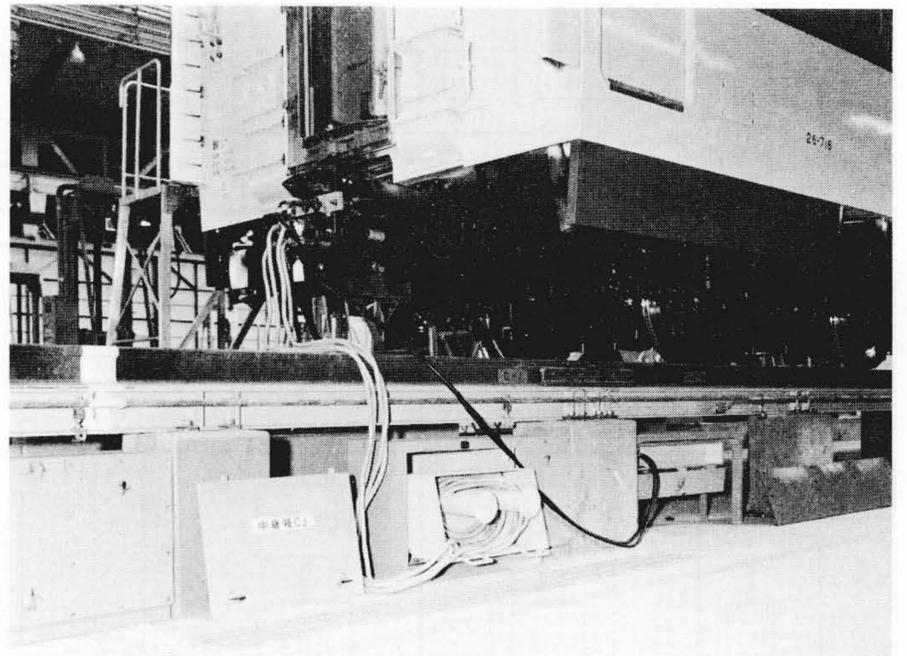
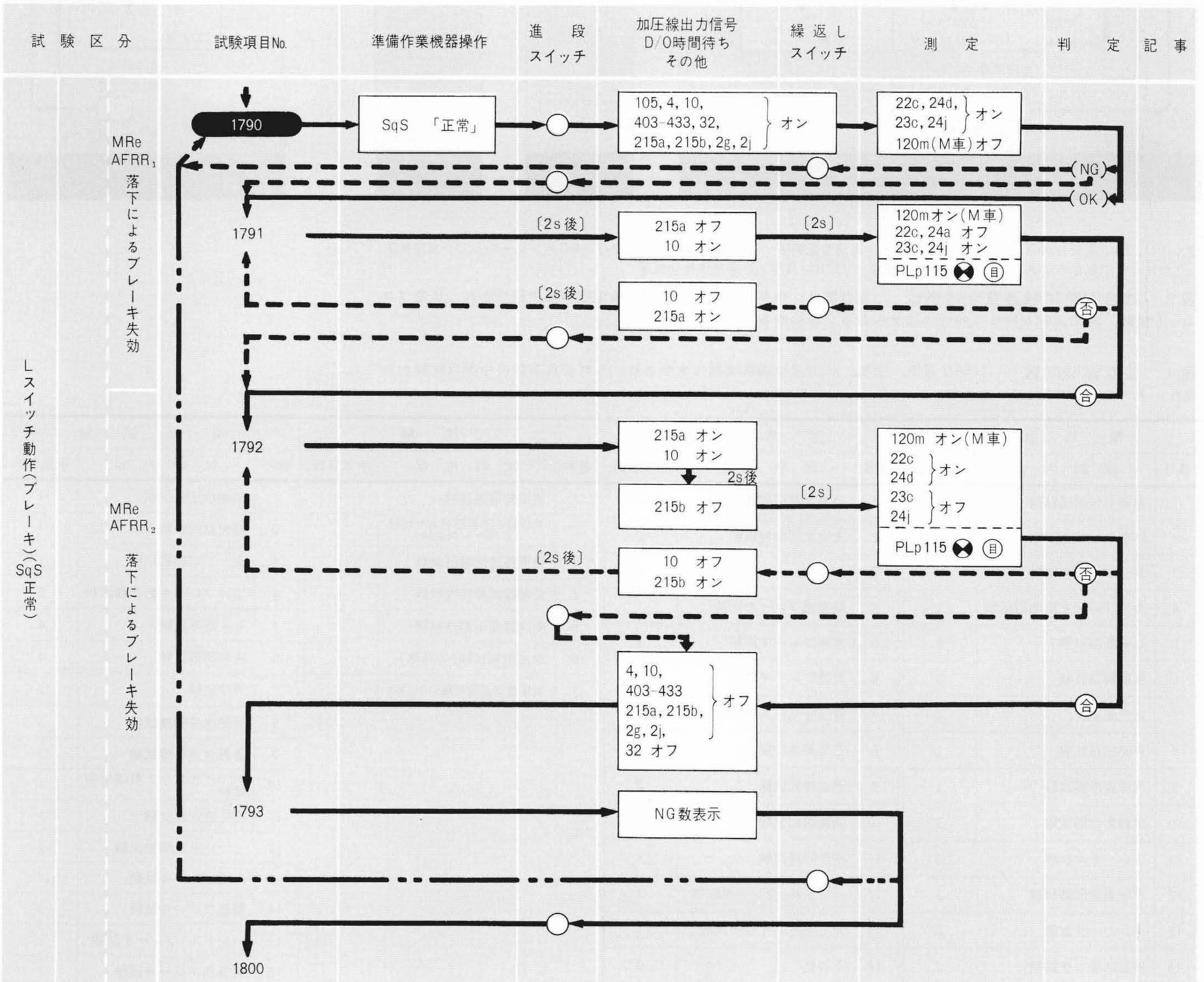


図4 試験用接続栓接続状況 車端に設けられた電気連結器、密着連結器に中継箱、ホース中継箱から試験用ケーブル、ホースを接続する。



注:MRe AFRR_{1,2}=主抵抗器(送風機)風速補助継電器1,2 SqS=空ノッチ スイッチ NG=不合格 PLp=表示燈 (目)=目視判定 (●)=表示燈点燈

図5 試験実行の流れ図例 固定操作盤で試験項目1790を設定すれば、後は移動操作盤で所定のスイッチを扱うことにより再実行、強制進段など、試験の進行を管理することができる。



図6 移動操作盤 試験を行なうとき、車両の床下や出入台にある配電盤の間を自由に持ち歩けるよう極力小形軽量化を図った。概略寸法は、幅210×高さ120×奥行250(mm)であり、重量は約3.5kgである。

とした場合に正常と判断する。試験の結果が不合格の場合には、小項目ごとに繰返し実行、又は強制進段のいずれかの指示を与えるが、合格の場合には自動的に次の項目に進段する。図6に示すように、移動操作盤には4けたの試験項目番号、3けたの測定値の表示、目視判定要求、不合格表示燈、目視判定結果入力、進段繰返し入力ボタンなど、試験の進行を管理するために必要な機能をすべて備えている。

各項目ごとの試験結果は、磁気ドラム記憶装置内の各ステーション別のデータエリアに記憶され、すべての試験が終わったステーションでは、報告書要求操作を行なうと自動的にデータを編集し、所定の様式の報告書がタイプアウトされて試験を終了する。

4 システム構成

4.1 ハードウェア構成

本装置のハードウェアは、図2に示したように中央機器室及び試験場端末機器群から成る。このうち、主な機器の概略仕様を表2に示す。図7は1ステーションを構成する主な機器のうち電気試験機及び継電器箱、固定操作盤を示すものである。

ハードウェアシステムの主な特徴は次に述べるとおりである。

(1) 電気ノイズによる誤動作や機器の破損がないよう耐ノイズ性を高めて信頼性を向上した。出場検査線に隣接して仕業交番検査線が6線設けられており、架線には通常AC.25kVが印加されている。また仕業交番検査を行なうときには、パンタグラフの上下、しゃ断器の入切が頻繁に行なわれるため、強力なノイズの発生が予想された。これに対処するため、中央機器室と各ステーション間の制御指令、測定データなどはデジタル電圧計による測定結果も含めてすべて接点信号で伝送している。また空気圧/電圧変換器の出力など、特に低レベルアナログ信号は、各ステーションごとに設けたデジタル電圧計にシールド線を用いて最短距離で入力し、接点信号に変換している。また、ここに使用しているデジタル電圧計は、特に耐ノイズ性を強化した特殊仕様としている。

(2) 4箇所試験場での試験を同時に行なえるようにし、試験時間を短縮した。試験の最繁時には、A、B、Cの各ステ

表2 機器の概略仕様 本装置を構成する機器の概略仕様を示す。

機器名称	形式	数量	機能・仕様
中央処理装置	H-150	1	HIDIC 150 記憶容量16K語
磁気ドラム記憶装置	H-7541	1	記憶容量 96K語
プロセス入出力装置	H-7500	1式	デジタル入力1,024点、デジタル出力1,792点、ニクシー出力9点、外部割込32点
継電器箱		1式	中央処理装置、プロセス入出力装置と車検場機器、ATC試験機間の中継を行なう。
中央操作盤		1	試験開始時、日付・時刻・編成番号等の設定に用いる。
万能入出力タイプライタ	H-7013	1	ASR-33
光電式紙テープリーダー	H-7015	1	—
紙テープせん孔機	H-7866	1	—
出力用タイプライタ	H-7863	1	IBM735
ATC試験機		1式	ATC関係の試験装置
分電盤		1	1kVA AVR付
電気試験機及び継電器箱		3式	電気回路関係の試験装置 (A-Cステーション用)
同上		1式	電気回路関係の試験装置 (Dステーション用)
固定操作盤		3	試験条件の設定及び表示する自動部と手動試験時使用する手動部 (A-Cステーション用)
固定操作盤		1	上記自動部のみ (Dステーション用)
中継箱		30	被試験電車に対し試験装置との間の電氣的接続を行なう。
移動操作盤		4	主試験者が携帯し、試験の進行及び目視判定の入力などに使う (各ステーション1台)。
運転台操作盤		2	運転台機器の調整に使用する。
行先表示器手動操作盤		3	行先表示器の調整に使用する。
空気試験機		3	空気ブレーキ関係の試験装置、手動試験時にも使用する。
変換器箱		7	空気ブレーキ回路の空気圧を電氣量に変換する。
ホース中継箱		16	被試験電車に対し、試験装置との間の空気配管の接続を行なう。
ATC端末機器箱		2	—
ATC車上接続箱		2	—
ATCコイル類		1式	ATC試験のためのループコイル、地上子など。
分電盤		1	15kVA AVR付

注：AVR=自動電圧調整器

ーションでのユニット試験、及びDステーションでのATC試験が同時に行なわれる。このため、基本的には試験場端末機器は、各ステーションごとに完全に独立させたほか、空気圧測定など測定対象が安定するのに時間がかかる測定には変換器、増幅器を測定回路ごとに用意した。

(3) 全般検査後の車両の出場検査に適した操作性を持つハードウェア構成とした。各ステーションごとに機器は完全に独



図7 試験現場端末機器 1ステーション分の電気試験機及び継電器箱、固定操作盤を示す。固定操作盤では初期試験条件を設定中である。

立しており、互いに他のステーションの試験進行状況に関係なく試験を行なうことができる。また試験中は、中央機器室は無人とし試験はすべて各ステーションの移動操作盤を使用して制御される。移動操作盤は、検査員が車両の床下や出入台にある配電盤などの間を容易に持ち歩くことができるよう小形軽量化を図った。このほか、固定操作盤、空気試験機には手動操作部を設けて自動試験を行なう前の車両の調整、ならし運転などが行なえるようにした。

(4) 万一操作誤りやプログラム誤りがあっても、車両や試験装置を損傷しないようハードウェアのインタロックを十分取り、安全性を高めた。例えば、引通し導通試験と動作試験用の電源の切換回路、車両の異なった回路の電圧などを切り換えてデジタル電圧計に入力する回路などにはツリー回路を採用するなど、十分な安全対策を施した。

(5) 車両の改造などにより新しい試験プログラムを作った場合のデバッグが容易にできるようにした。中央操作盤にはプログラムデバッグ用に移動操作盤の機能を持ったスイッチ盤を設けた。これらは通常は使用しないので、中央操作盤の内部に収納してある。

4.2 ソフトウェア構成

本装置のソフトウェアを構成する主なプログラムの種類と概略容量を表3に示す。このうち、操作盤関係と試験関係プログラムが今回新たに作成した主なプログラムである。

ソフトウェアシステムの主な特徴は次のとおりである。

(1) 最大4箇所の試験場での試験が同時に行なえるようくふうした。各ステーションで互いに無関係に試験を行なうには、それぞれの操作盤及び試験用プログラムが同時に動作できるようにする必要があるため、コアメモリ内に各ステーション専用のワークエリアを設けた。

(2) 車両条件の違いによる試験方法及びプログラムの選択が容易に行なえるようにした。中間車ユニットのユニット試験はA～Cのどのステーションでも行なうことができる必要がある。このため、車両のユニットNo.、車両条件などによるプログラムの選択、判定条件の修正などは、あらかじめ試験開始前に固定操作盤で入力された試験条件を参照して自動的に行なう。

(3) 多数の試験項目の中から、中項目試験単位に任意の試験

表3 ソフトウェア構成 本装置のソフトウェアを構成する主なプログラムを示す。

プログラム種別	内 容 (タスク名)	タスク個数	プログラム容量
システム関係プログラム	プロセス モニタ システム (PMSII) エラー アラーム プログラム (EAP) マン マシン コミュニケーション プログラム(MCS1, 2) スタート プログラム他	4	20K語
復電・異常処理プログラム	復電処理, イニシャライズ 停電監視, I/O異常, 異常リセット, スタート メッセージ出力	8	2 K語
操作盤関係プログラム	始業設定, 試験場所設定, 条件設定, 読込処理, モニタ表示, 設定値処理, 移動操作盤入力処理	27	8 K語
試験関係プログラム	試験管理タスク, 停止処理 電気試験プログラム群 空気試験プログラム群 ATC試験プログラム群 編成試験プログラム群	8	55K語
レポート関係プログラム	レポート編集タスク(RPGP) ASR出力処理, LTW出力処理, アラーム情報出力, 報告書出力	5	6 K語
ユーティリティプログラム	全点DI処理, 全点DO処理, MDデータ出力, テープ内容チェック, コア ドラム ダンプ	5	2 K語
合 計		57	93K語

注: LTW=出力用タイプライタ
DI = デジタル入力

DO=デジタル出力
MD=磁気ドラム記憶装置

を実行できる。試験項目は中項目数でも約120項目あり、それぞれにプログラム番号を付けて管理することは困難なため、これらをサブルーチン化して試験管理プログラムによって制御する方式とした。

(4) プログラムの作成が容易である。各試験は制御指令の出力と結果の入力及び判定といった類似機能の組合せの繰返しが多いため、これらの機能をサブルーチン化して必要に応じて組み合わせ、一連のプログラムが作れるようにした。これにより車両や試験方法の変更に伴う新しいプログラムの追加が容易にできる。

(5) プログラムのメンテナンスが容易である。車両は性能向上のため、回路の追加、変更が比較的多く、これに伴い試験方法や判定基準などを変更する必要がある場合が多い。これに対処するため、将来変更の可能性がある制御用出力や結果入力、判定基準データなどはプログラムの外に集中してテーブル化した。

5 結 言

新幹線博多総合車両基地での全般検査は、昭和51年1月から開始された。その最終工程である出場検査を自動化・高精度化するために導入された総合回路試験装置も、現車による試験・調整を経て本稼動に入り、2月12日には第1編成目の全般検査が完成し、その後も順調に計画どおりの機能を發揮している。

本装置は、日本国有鉄道下関工事局福岡工事事務所、博多総合車両基地、浜松工場をはじめ関係各位の御指導、御協力を得て完成したものであり、ここに深謝の意を表わす次第である。