

高速軌道試験車マヤ 34

Design of New Track Inspection Car Type MAYA 34

中 村 一 郎* 大 谷 厳 太 郎**
Ichirô Nakamura Itsutarô Ôtani

犬 童 考 一** 尾 塚 博 之***
Kôichi Inudô Hiroyuki Osako

要 旨

軌道試験車は軌道の状態を測定記録していく車両で、この目的のために台車は3台車方式をとり軌道の狂い、車両の振動加速度を電気量に変換して測定室に搭載された測定機器で演算記録される。車体は上下左右の外力に対して測定誤差を生じないように十分な剛性を持った構造で、車端には貨物車、旅客車との連結を迅速に行なうことができるように両用式の連結器を備えている。電源はディーゼルエンジン発電機を搭載することによって自給するとともに、測定室には冷房装置、乗務員のための成績整理室、寝室、洗面所を備えた構造となっている。

1. 緒 言

日本国有鉄道においては、軌道状態の保守強化の目的から高速軌道試験車マヤ 34 の製作が計画され、日立製作所がその製作にあたることとなり、国鉄車両設計事務所との共同設計をすすめていたが、昭和40年に2両納入した。この車両は貨物車、旅客車に連結して軌道の狂い、車両の動揺に関する諸データを高速で検出し記録演算することができるようになっており、このために車体剛性の向上、3台車方式による測定、異種車両との連結、記録演算装置の搭載、測定室に空気調和用冷房装置の設置、ディーゼル発電機を搭載することによって電力の自給自足、乗務員に対する寝台設備などについて十分な検討が行なわれた。以下これらについて述べることにする。

2. 車両の一般仕様

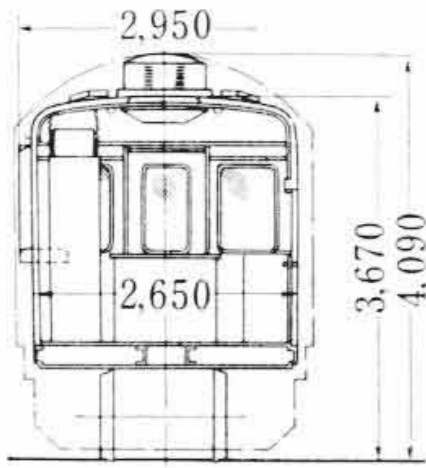
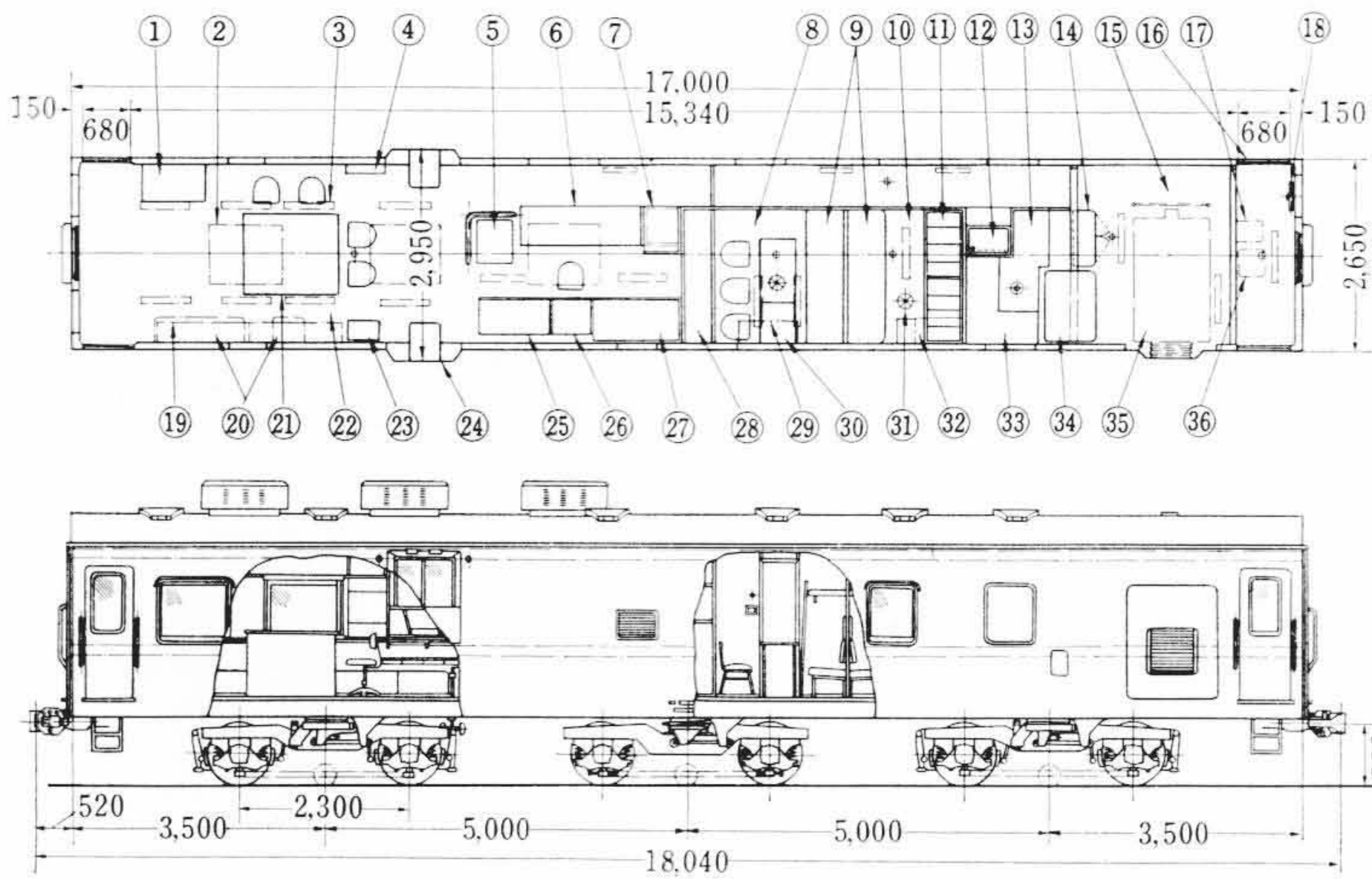
軌道試験車は図1に示すように左側より測定室、成績整理室、寝室、流し、物置、電源室、車掌室からなっており、測定室には記録台、ジャイロ装置、増幅装置、演算装置、データ処理装置、作業台が置かれており、測定室のほぼ中央の左右に見張窓が設けられ、こ

より料ポスト表示を読み取ることができるようになっている。この部屋には測定用の機器が置かれているために空気調和が行なわれており夏は屋根上に設けられた3個のユニットクーラによって冷房され、冬は床上に設けられた電気暖房器によって暖房が行なわれている。

成績整理室には室内の中央に折たたみ可能なテーブルと腰掛が置かれており乗務員のデータ整理の部屋として使用され、夜間は隣の寝室で寝ることができるようになっている。

電源室には 35 HP ディーゼルエンジンおよび 20 kVA 発電機を搭載し、変圧器、整流装置によって測定装置、ユニットクーラ、電気暖房器、灯回路などの電力を自給自足している。夜間停車中は外部電源の取り入れが可能なせん受が設けてある。

測定車輪は軌道の左右の狂いを直接検出するために各台車のバネ下に取り付けられ測定車輪、車体との相対変位を変換腕を介して台わく下に設けられた変換器によって電圧変位に変えられ、測定室内の演算増幅装置で演算増幅され記録台上のトレーシングペーパーに波形が記録される。図2、3は高速軌道試験車の外観および測定室を示したものである。なお車両の主要諸元は次のとおりである。



- ① 作業台下部工具箱
- ② ユニットクーラ
- ③ 天井蛍光灯
- ④ 電灯配電盤
- ⑤ ジャイロ装置
- ⑥ データ処理装置
- ⑦ タイプライタ上部たな
- ⑧ 成績整理室
- ⑨ 二段寝台
- ⑩ 寝室
- ⑪ ロッカー
- ⑫ 流し
- ⑬ 物置
- ⑭ 配電盤
- ⑮ 電源室
- ⑯ 落し窓付開戸
- ⑰ 折たたみテーブル
- ⑱ 手ブレーキ
- ⑲ 荷物だな
- ⑳ 折たたみ腰掛
- ㉑ 記録台
- ㉒ 測定室
- ㉓ 机
- ㉔ 見張窓
- ㉕ 増幅装置
- ㉖ 演算装置
- ㉗ 電源装置
- ㉘ 戸だな
- ㉙ 荷物だな
- ㉚ 固定テーブル
- ㉛ 扇風機
- ㉜ 折たたみテーブル
- ㉝ たな
- ㉞ 燃料タンク
- ㉟ ディーゼル発電機
- ㊱ 折たたみ腰掛

図1 高速軌道試験車

* 日本国有鉄道技術研究所
** 日立製作所笠戸工場
*** 日立製作所神奈川工場

定 員		ブ レ ー キ 装 置		電磁直通空気ブレーキ
座 席 数		電源機関	形式×個数	AV 空気ブレーキ
		発 電 機	形式×個数	4PK-9A×1
自 重	46 t	冷房装置	形式×個数	PAG8A×1
換算両数	積			AU12×3
	空			
台 車 形 式	TR202			

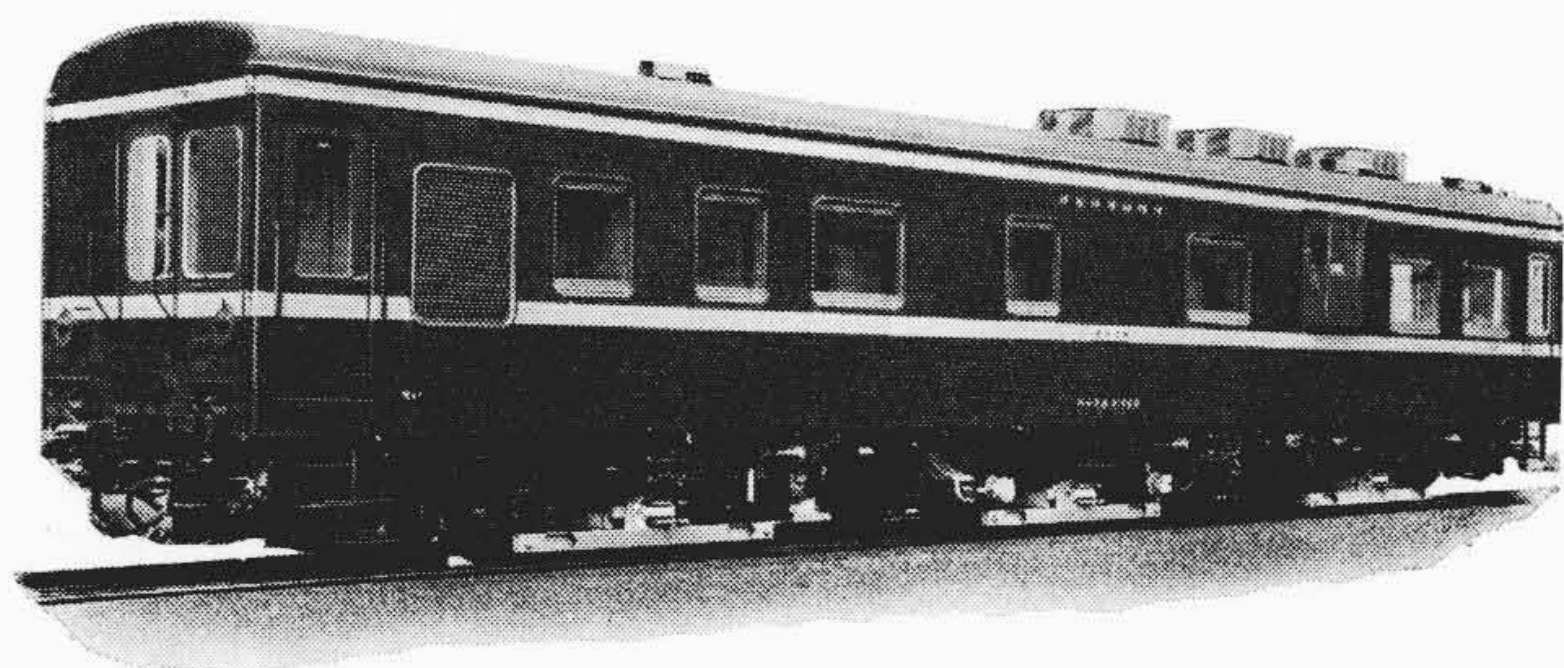


図2 高速軌道試験車



図3 測定室

形 式	マヤ 34
自 重	46 t
車長×車幅×車高(最大)	18,040×2,950×4,090 mm
台車形式	両端 TR 202 (空気バネ)
	中央 — (コイルバネ)
ブレーキ装置	電磁直通空気ブレーキ・AV空気 ブレーキおよび手ブレーキ付
連結器	両用自動連結器
電源用ディーゼル機関	1台
形 式	4PK-9A
出 力	35 HP (1,800 rpmにおいて)
電源交流発電機	1台

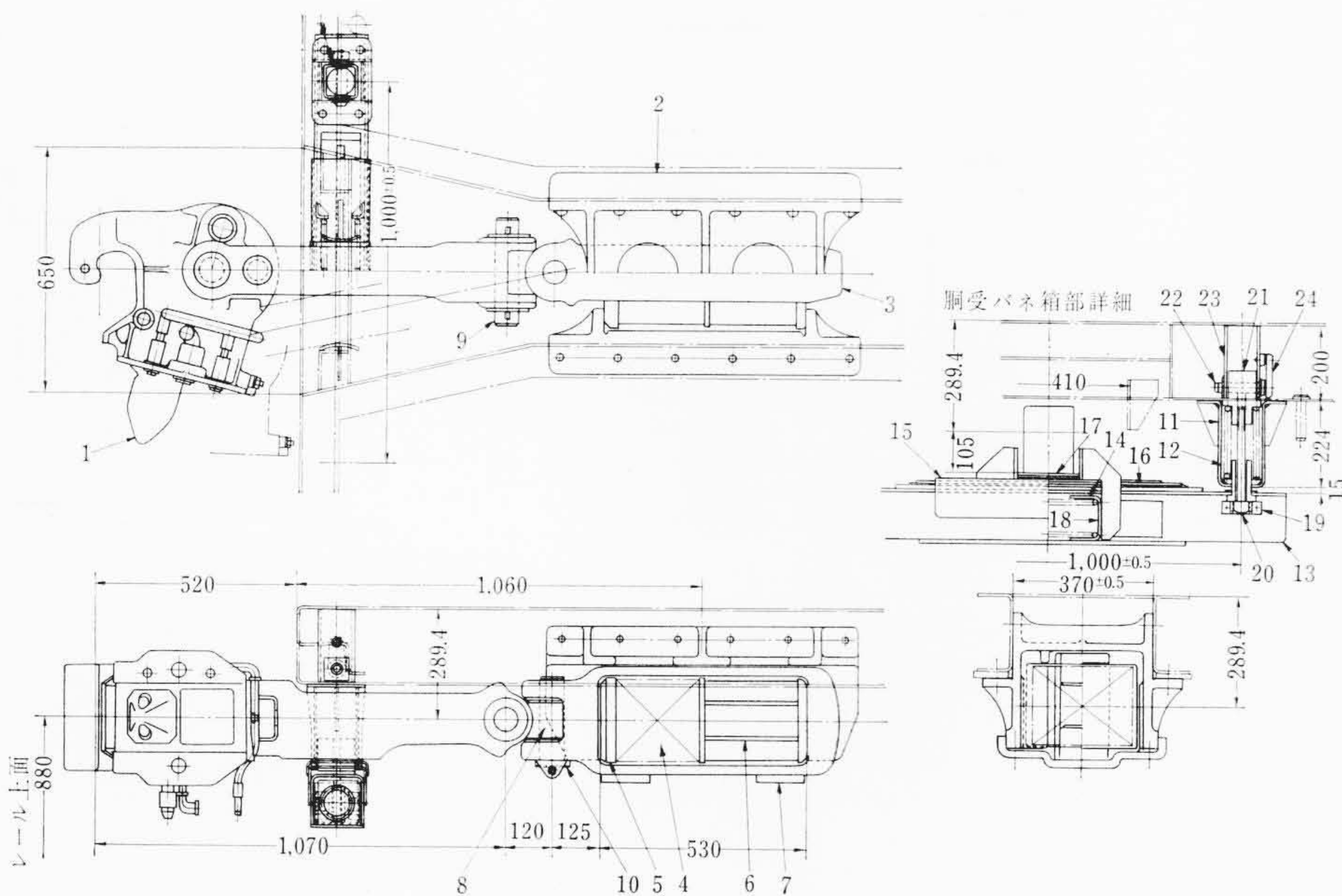


図4 連結装置

形 式	PAG-8
容 量	20 kVA, 3 φ, 60 c/s, 440V
ユニットクーラ	3台
形 式	AU12
標準冷房能力	4,000 kcal/h
暖房装置	電気暖房器

3. 鋼体の強度、剛性

各台車のバネ下に設けられた測定車輪から軌道の狂いが測定されるが、その基準になるものは鋼体である。したがって測定の精度を保つために一定限度以上の剛性が必要で、このため鋼体各部に使用される部材の大きさは外板 2.3mm, 車端側中ばり, まくらばり 9mm, まくらばり間中ばり, 横ばり 6mm と普通鋼体にくらべて大きなものが用いられた。そして強度、剛性の確認のため次の試験が行われた。

3.1 垂直荷重試験

26 t の等分布荷重を床上に負荷した場合と、このような状態でさらに中央まくらばり部に中央台車負担荷重に相当する 5 t の押上げ力を負荷した場合について行なわれた。試験の結果運用荷重に換算した最大応力は窓隅部に -6.0kg/cm^2 , 枕ばり部に 5.1kg/cm^2 であり、側構車体中央部の最大たわみは前者が 0.5mm で後者が 0.11mm であった。

これは測定装置の精度から許容される走行時の車体たわみ $\pm 0.25\text{mm}$ 以下に対して前者は上下振動加速度 $\pm 0.2\text{g}$ で $\pm 0.115\text{mm}$, 後者は中央台車の合成バネ常数よりレールの高低差が $\pm 10\text{mm}$ あると仮定した状態で $\pm 0.025\text{mm}$ となり強度、剛性ともに十分であることが証明された。

3.2 横曲げ荷重試験

車体の左右振動, 車両が曲線通過する際に中央台車の左右しゅう動部の摩擦によって生ずる車体の横方向の負荷に耐えるために中央まくらばり部に 4t の横荷重が負荷された。応力は非常に小さく, 前後位まくらばりを基準にした中央まくら部の最大たわみは 0.42mm で, 車体の左右振動加速度を $\pm 0.2\text{g}$ としたとき $\pm 0.144\text{mm}$, 曲線通過時の中央台車負担荷重によって生ずる横荷重を 1.5 t と仮定したとき $\pm 0.158\text{mm}$ となりいずれも許容値 $\pm 0.25\text{mm}$ の中にはいっている。

記号	名 称	一両分所要数
1	連結器	2
2	伴板守	2
3	わく	2
4	緩衝器	2
5	伴板	2
6	間座	2
7	下わく受	4
8	わく継手	2
9	ピン	2
10	ピン	2
11	胴受バネ箱	4
12	胴受バネ	4
13	胴受バネ	2
14	復心バネ	2
15	すべりグツ	2
16	すり板	2
17	すり板	2
18	バネ受	4
19	回り止め	4
20	釣ボルト	4
21	バネ座	4
22	ピン	4
23	案内筒	4
24	ピン押え	4

3.3 ねじり試験

車体が側受支持であるため、曲線のカント進入時側受で車体が強制的にねじられることを考え前後まくらばり間に4.2t-mのねじりモーメントを負荷し、十分なねじり剛性を有していることを確認した。

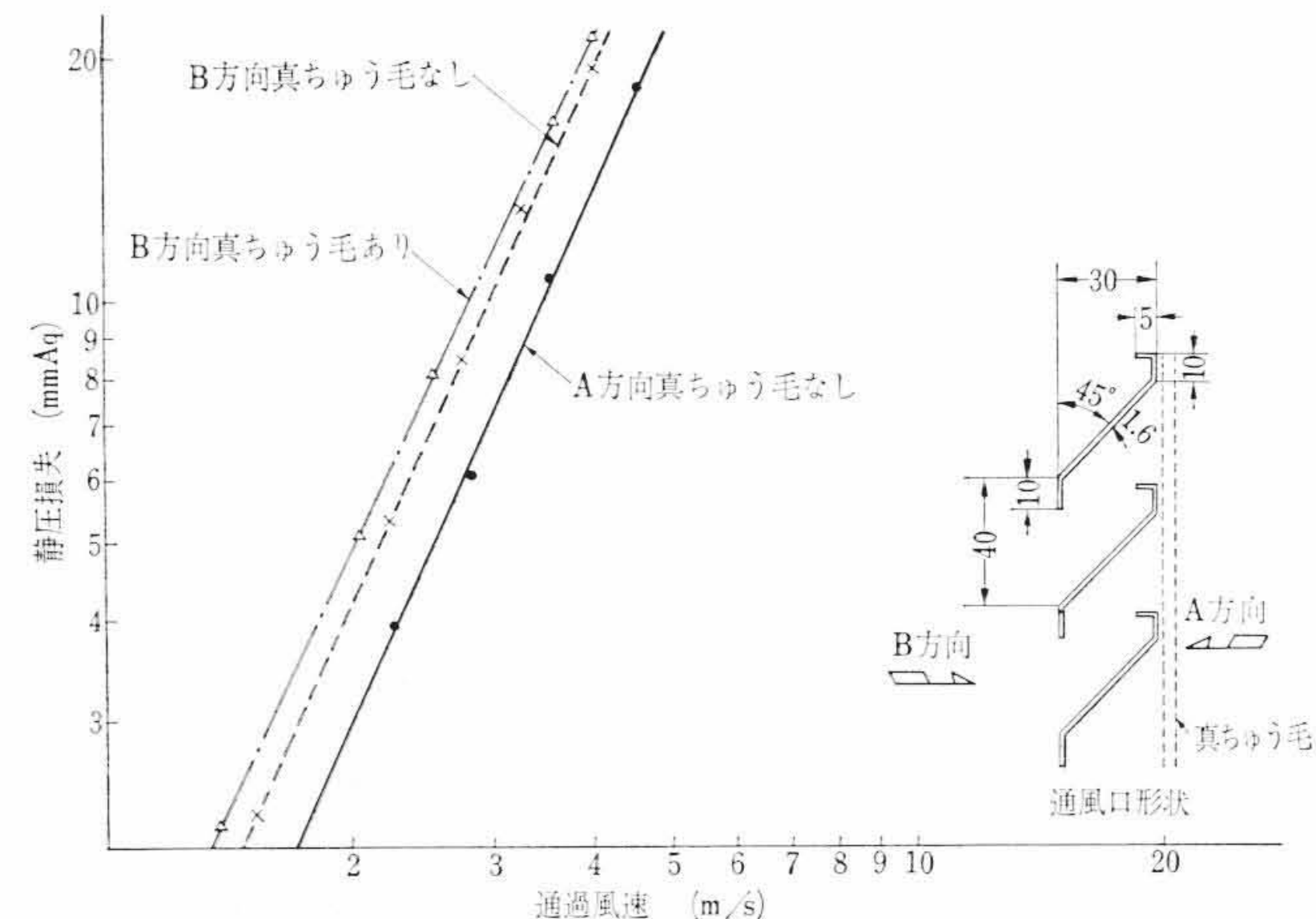


図5 通風の通風特性

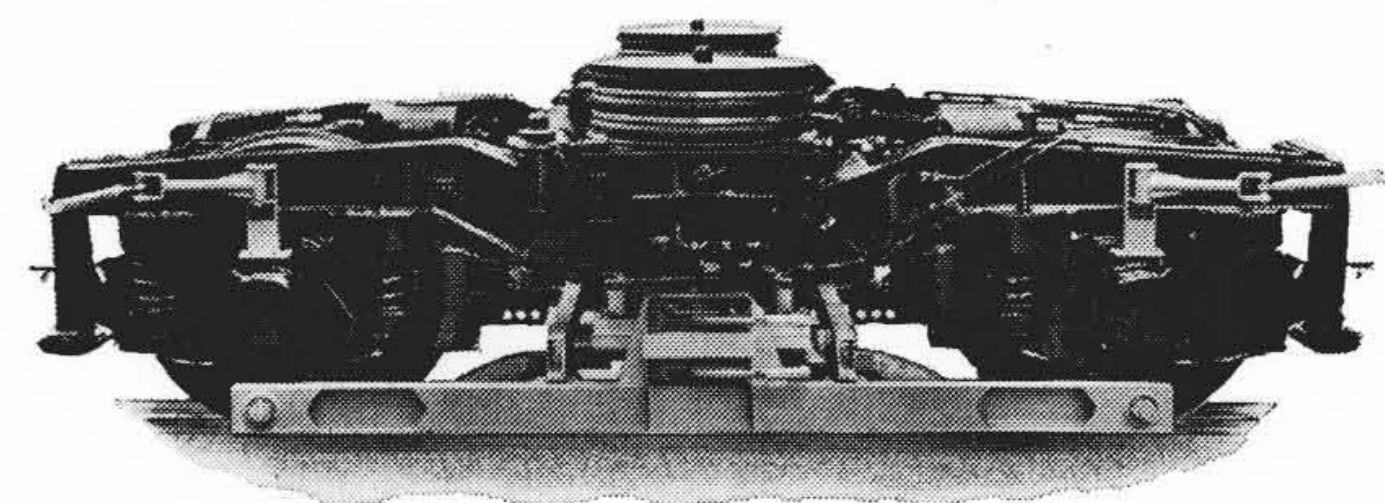


図6 両端台車

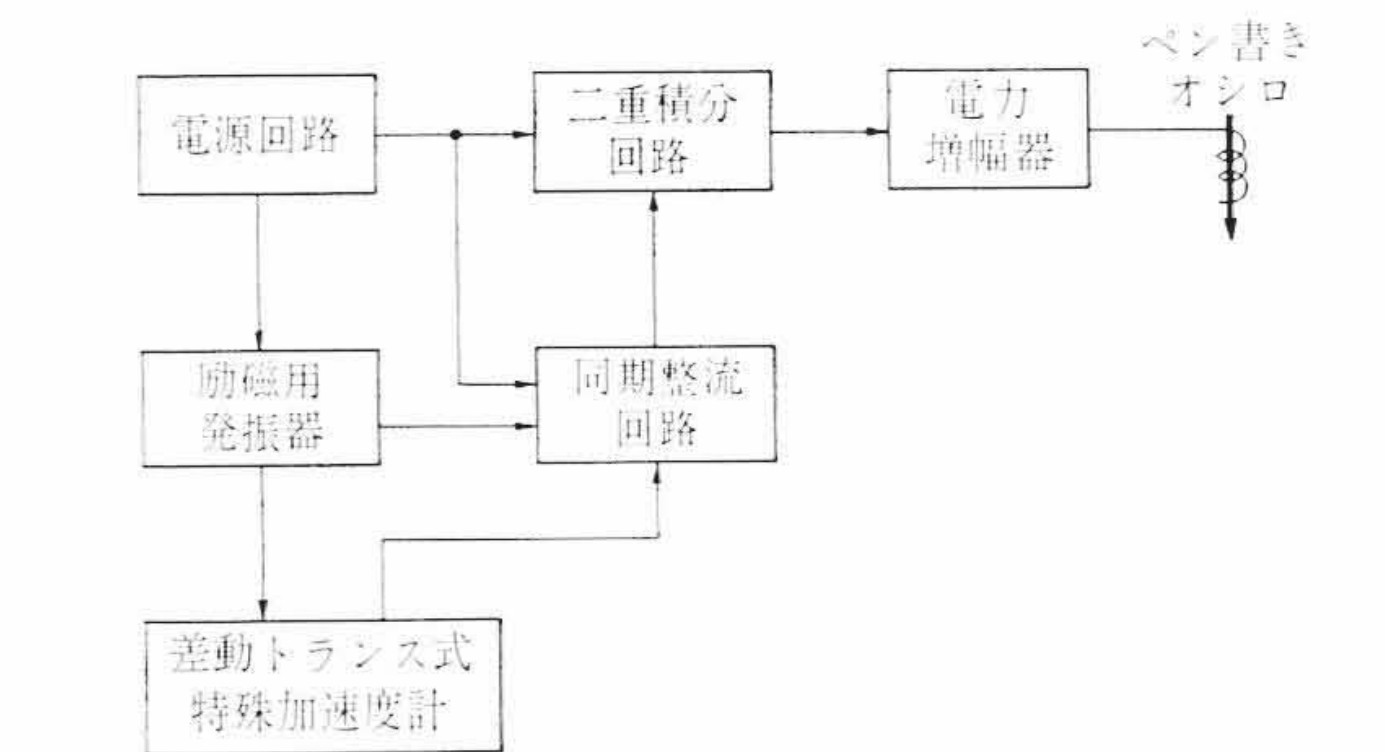


図8 絶対高低回路ブロック図

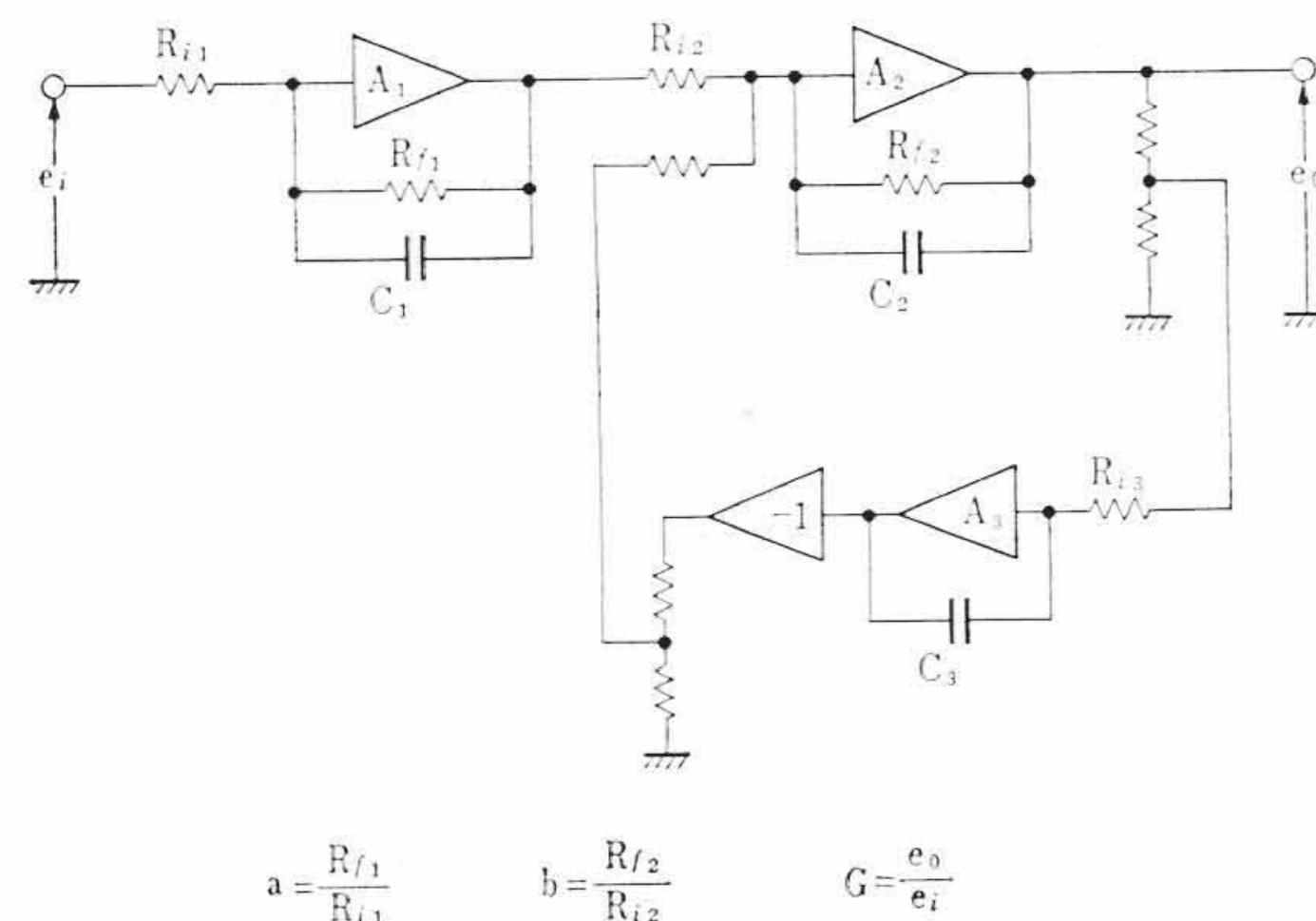


図9 二重積分器回路図

3.4 曲げおよびねじり固有振動試験

鋼体に曲げおよびねじり振動を与えて得られたひずみ変動波形より固有振動数を求めると曲げ固有振動数は鋼体のみのとき24c/s, 26t 負荷時で11c/s, ねじり固有振動数は5c/sであった。

4. 貨物車および旅客車との連結

この車両は貨物車、旅客車に連結して使用されるために並形自動連結器、密着式自動連結器、電車密着連結器のいずれとも連結が可能であるように並形と密着の二つのコンターを持った両用連結器を備え、それぞれ90度回転して使用される。図4は両用連結器の構造を示したものである。空気ホースの連結は密着連結器どうし的时候は問題ないが、その他の場合暖房ホース、ジャンパ連結器とともに車両が曲線を通過するときに相互に干渉を起こさないよう実物模型を作製して十分な検討が行なわれた。

5. ディーゼル発電機および機関室の検討

ディーゼル機関は縦形予燃焼室式で4気筒35HP、発電機は20kVA、440Vで機関室に設置されている。ディーゼル機関の給気およびラジエータの冷却は、機関室内側構窓部に設けたよろい式羽根板をつけた通風口より給気して行なわれ、その内方にはゴミよけのため真ちゅう毛入りのフィルタがある。図5は通風の形状およびその通風特性を示したものである。排気は送風機によって反対

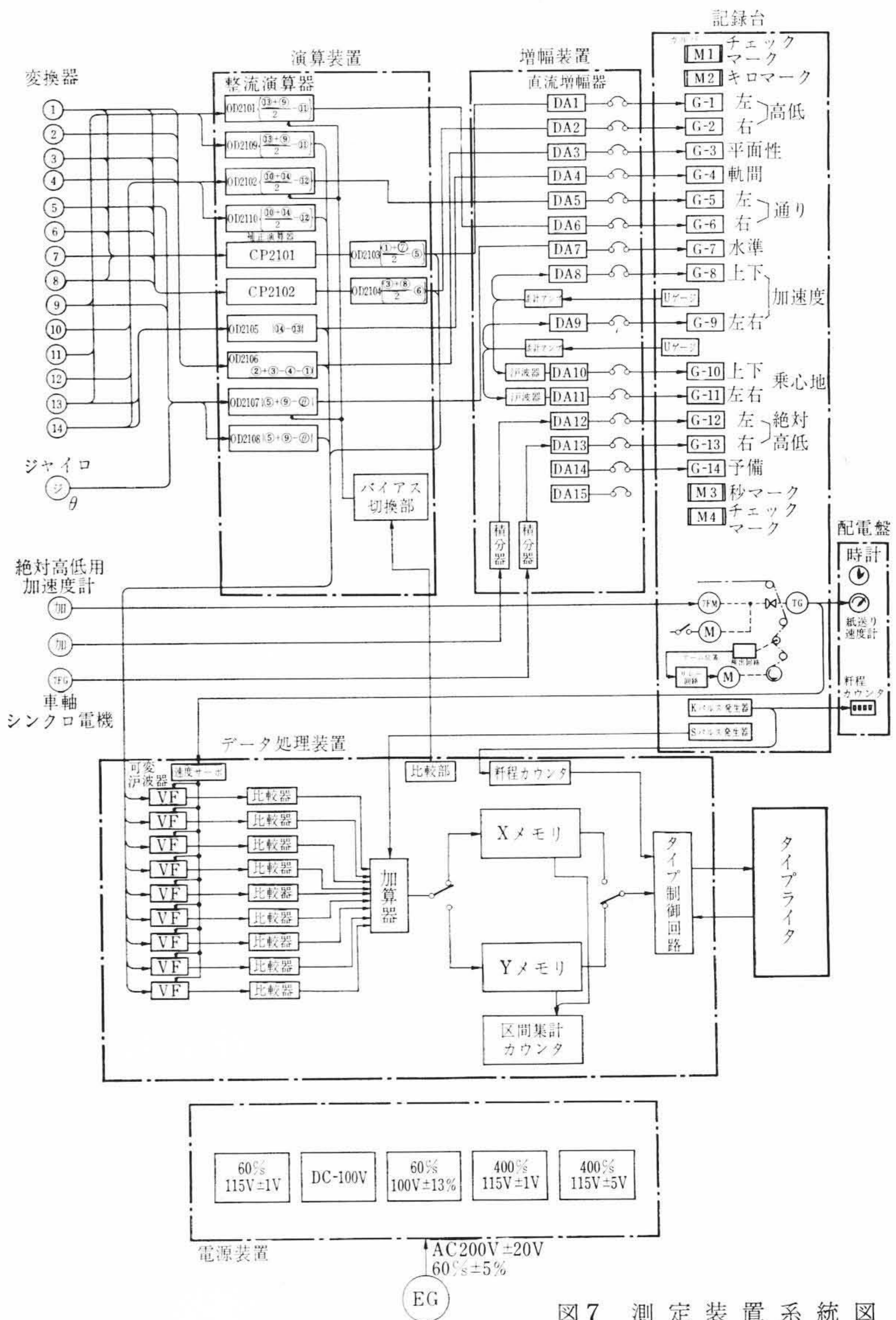


図7 測定装置系統図

側の機関取出とびらに設けた排気口より排出される構造になっており、送風機の特性はエンジン給気、ラジエータ冷却に必要な空気量約 5,000 m³/h、そのときの圧力損失約 40 mmAq を確保するに十分のように設計されている。

機関室と廊下、寝室間の仕切壁、開戸は遮音効果を十分にした構造になっており走行中寝室および測定室内で側窓を閉じたとき、指示騒音計によって測定した車内騒音は約 75 フォンであった。なお機関室内は約 100 フォンを越える値を示していた。

6. 台 車 (TR 202)

台車は、空気バネの横剛性により振動性能を向上し、保守を容易にするためと、台車わく横ばり下面に測定装置を取り付けるために、スペース上の制約から揺れまくらつりを廃した構造となっており、まくらバネには、ペローズ形傾斜板式空気バネを採用し、軸バネは、金属コイルバネのウイングバネ方式としてある。台車わく、まくらばりなどは、溶接組立構造となっている。

中央測定台車は、ほぼ両端台車の構造と同じものとなっているが、曲線通過によって生ずる車体偏奇量だけ台車を横移動させる必要があるため、まくらばりと上心皿との間で、左右に 200 mm のしゅう動ができる構造となっている。このほか、まくらバネには金属コイルバネを使用し、ブレーキ装置を装着していない点が異なっている。図 6 は両端台車を示したものである。

主 要 諸 元

軌 間	1,067 mm
固 定 軸 距	2,300 mm
車 輪 径	857 mm
軸受中心距離	1,584 mm
空気バネ取付面高さ(空車時)	1,062 mm
心 皿 高 さ(空車時)	715.5 mm
最 大 長 さ	3,820 mm
最 大 幅	2,611 mm
台 車 重 量	
両端台車 (TR 202)	5,526 kg (測定装置付)
中央測定台車	4,655 kg (測定装置付)

各台車には、それぞれ測定検出装置を取り付け走行中の 3 台車相互の偏位関係を検出して後述の測定を行なうようになっている。3 台車に対する心皿荷重の配分は、空車時、両端台車で 10.14 t、中央測定台車で 5 t となっている。

7. 測 定 装 置

7.1 構 成

測定装置の主構成品は次に示すとおりである。

電 源 装 置	H-71A	1 台
演 算 装 置	H-72A	1 台
増 幅 装 置	H-73A	1 台
記 録 台	H-74A	1 台
データ処理装置	H-75A	1 台
ジャイロ装置	H-76A	1 台
変 換 器	H-77A	14 台
タイプライタ	H-133A	1 台

7.2 測 定 項 目

測定装置での測定項目は次の 13 項目である。

(1) 通	り	右および左
(2) 高	低	右および左
(3) 軌	間	
(4) 水	準	

(5) 平	面	性
(6) 車	両動揺	加速度 上下および左右
(7) 絶	対	高 低 右および左
(8) 乗	心	地 上下および左右

ただし、データ処理項目は(1)～(6)の 9 項目と、キロ程および総サンプル数の合計 11 項目を処理する。

7.3 測定系統の説明

測定装置の測定方式および検出要素については、本誌上にすでに発表されているので^{(1)~(3)}本文では測定系統の概略の説明と、未発表の絶対高低回路および乗心地について述べる。

図 7 は本測定装置の系統図である。検出器 ①～⑭は、変位量を電圧に変換するもので、シンクロ電機を使用している。ジャイロは絶対水平面と車体との傾斜角を検出するためのものである。検出器およびジャイロからの信号は演算装置内の整流演算器(OD)で所定軌道狂い量の演算式にしたがって演算が行なわれ、かつ位相弁別回路および整流回路を通して直流信号に変換される。OD 出力は約 2.3V/20 mm である。増幅装置ではこの直流信号を電力増幅し、記録台に設置されているガルバノメータを駆動しトレーシングペーパーに記録する。記録台では車軸回転をシンクロ電機で検出し、その信号で紙送りを行なわせているので、つねに走行距離に比例した記録ができる。また手動入力により距離修正も可能となっている。一方 OD の出力は増幅装置に送られると同時に、データ処理装置にも送られる。データ処理装置では軌道狂い量の限界値を設定し、限界値以上の信号を 500 m につき 1,600 個のパルスでサンプルし、それを計数記憶して 500 m ごと (1 km ごとにも切換可能である) に記憶内容を読み出しタイプライタで印字する。

7.4 主 要 性 能

測定装置の主要性能は次のとおりである。

(1) 測 定 最 高 速 度	120 km/h
(2) 周 波 数 特 性	0~50 c/s まで ±2% 以内 50 を越えて 70 c/s まで ±10% 以内
(3) 静 的 誤 差	
(イ) 通 り, 高 低, 軌 間, 水 準, 平 面 性	0.3 mm 以下
(ロ) 車 両 動 揺 加 速 度	±5% 以内
(ハ) 絶 対 高 低	5% 以下
(ニ) 乗 心 地	10% 以下
(4) 記 録 倍 率	
(イ) 通 り, 高 低, 軌 間, 水 準, 対 絶 高 低	1/2
(ロ) 平 面 性	1/1
(ハ) 車 両 動 揺 加 速 度	0.1 G を 10 mm
(ニ) 乗 心 地	乗心地系数 1 を 5 mm
(5) 記 録 範 囲	±20 mm ただし水準および通りには零復帰回路が設けられているので実測寸法で ±160 mm まで測定可能である。
(6) 記録チャンネル数	14
(7) マ ー ク	(イ) 秒 マ ー ク 1 (ロ) キロマーク 2 (ハ) 外部マーク 1
(8) 記録紙送り速度	0.25 m, 0.5 m, 1 m, 2 m/km
(9) データ処理装置	
(イ) サンプルング間隔	走行 500 m につき, 1,600 個
(ロ) 基準値変動除去	10~120 km/h

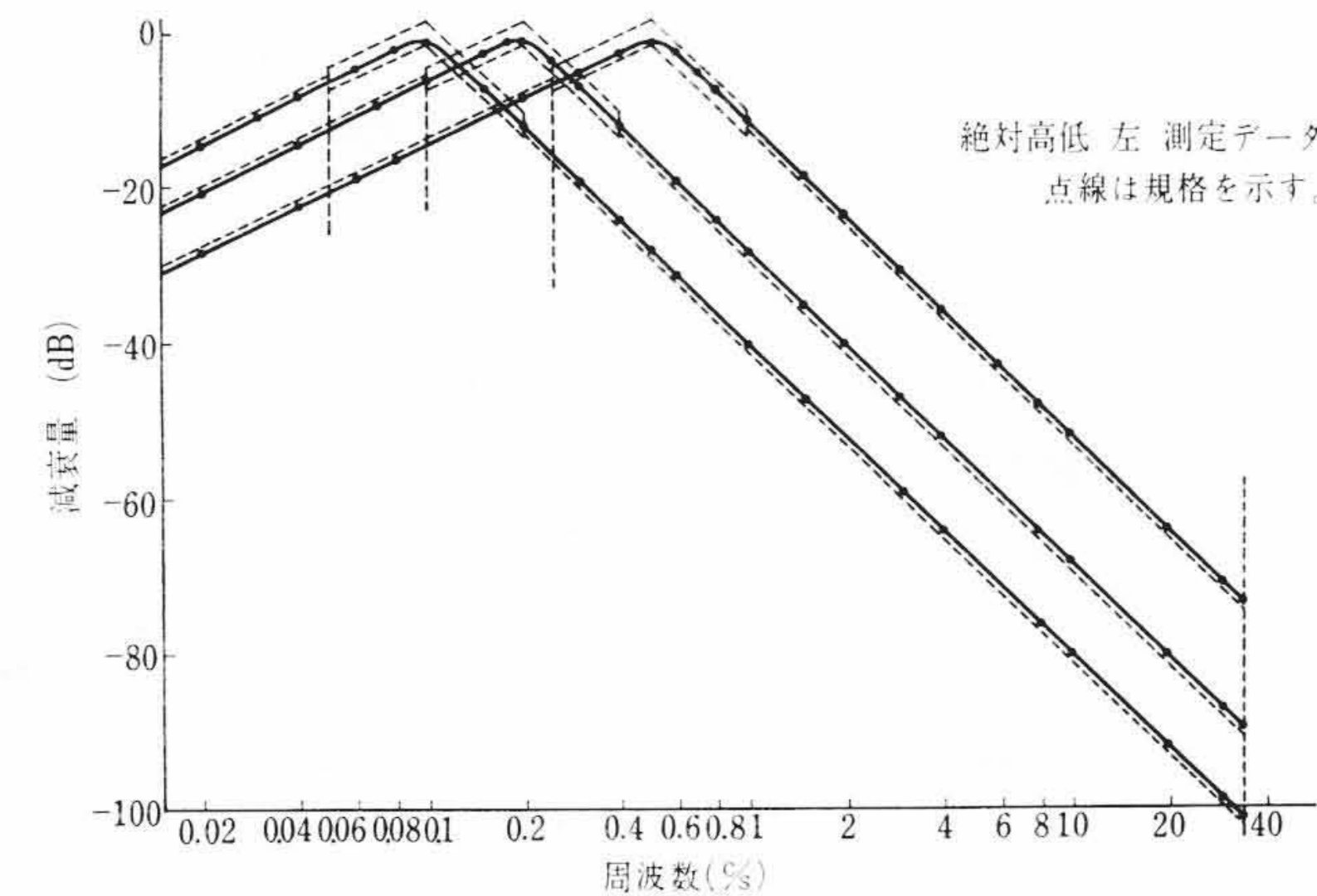


図 10 二重積分特性

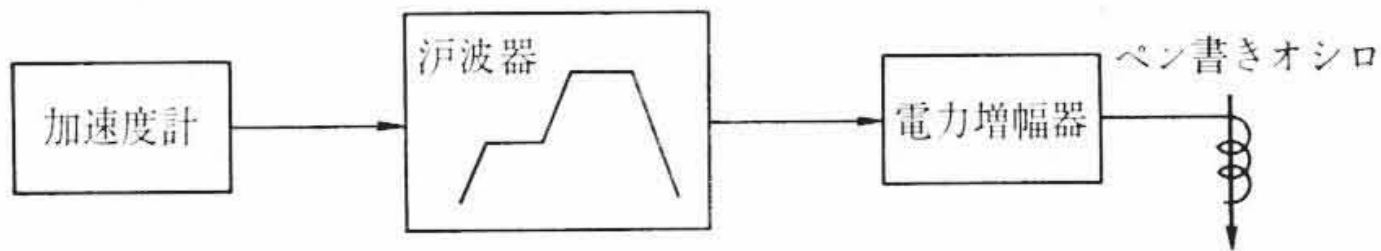


図 11 乗心地回路ブロック図

- (ハ) 限界値設定範囲 0～5mm または 0～0.1 G
- (ニ) カウンタ容量 2進4ビット(または5ビット)
 +10進2ビット
 ただし総サンプル数のみ10進数部
 は3ビット
- (ホ) 印 字 10進数部のみを印字する。

7.5 絶対高低回路および乗心地回路

7.5.1 絶対高低回路⁽⁴⁾

路盤の状態などにより軌道上に車両が乗っている場合と、乗っていない場合とでは軌道の状況が違ってくる。車両が通過した場合軌道がどのような形状になっているか調査することは車両の安全および乗心地などに重要なことである。そこで車軸に特殊加速度計を取り付け、それから得られる軌道狂いに追従する加速度信号を2回積分して変位量を取り出している。この変位量を絶対高低と呼び、図8に絶対高低回路のブロック図を示す。励磁用発振器で3kc/sの搬送波を発振させ加速度計に送る。加速度計で搬送波を加速度の大きさにより変調し、被変調波は同期整流回路で位相弁別され、かつ直流信号に変換される。そして二重積分回路で加速度を変位に直した後電力増幅で増幅、ペン書オシロで記録される。図9に二重積分回路図、図10に二重積分特性の実測値を示す。図9において $a=10$ 、 $b=10$ 、 $G=350\sim500$ とすることにより実測値が示すように所要の性能を得ることができた。

7.5.2 乗心地回路

車に乗った場合、人間が感ずる乗心地のよさとか、悪さとかい

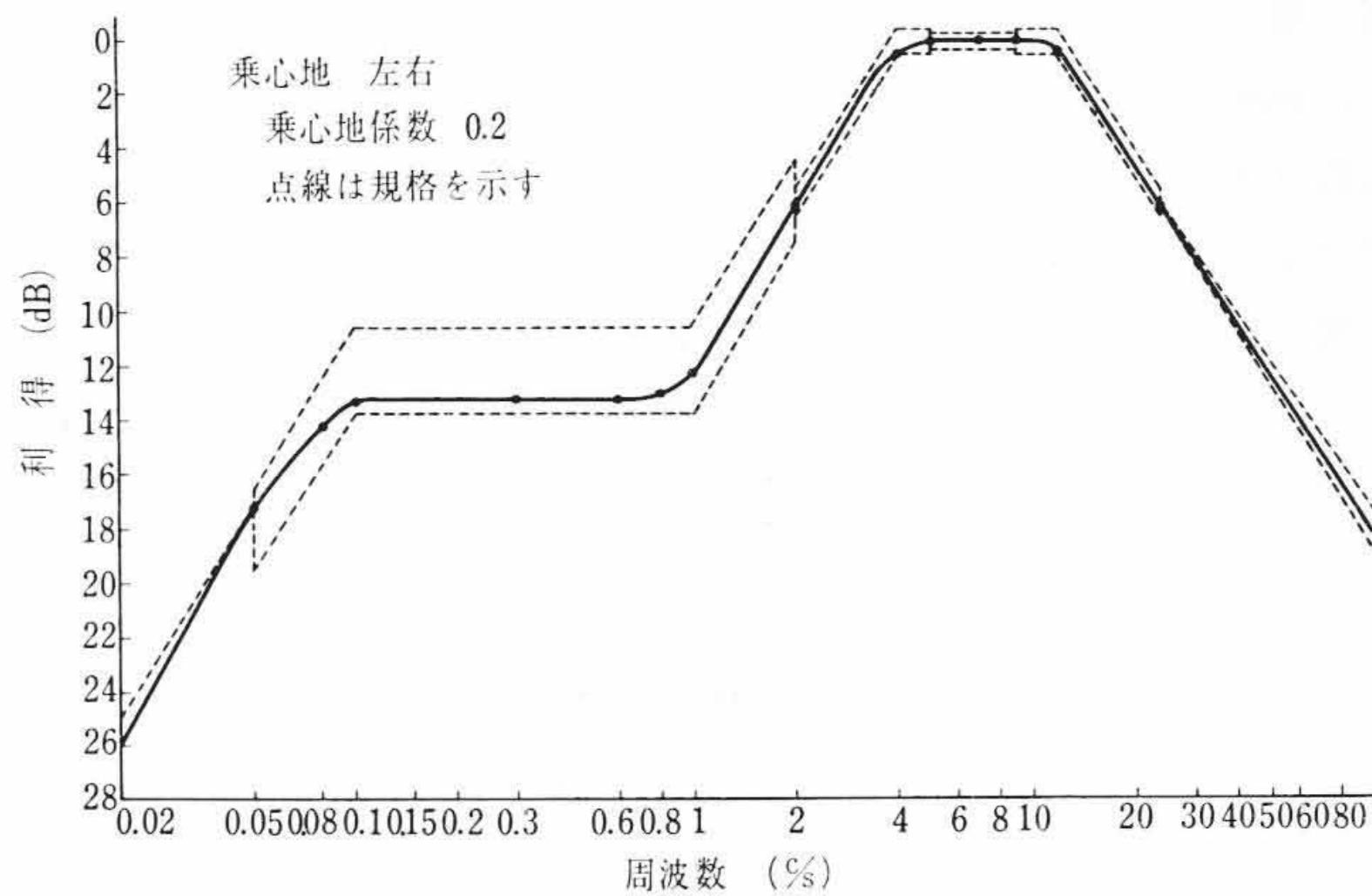


図 12 乗心地濾波器特性

ったものは、温度、湿度、周囲条件、振動などかすかすの要素が関連している。したがって乗心地の厳密な定義は非常にむずかしいが、この試験車では車両振動が人間に与える影響のみを取り出し、人体実験にもとづいて人間の振動に対する感度に近い特性を濾波器で構成した。図11はそのブロック図である。振動を線歪形式の加速度計で取り出し、濾波器で人間の感度に近くなるように各周波数成分ごとに重みをつけ、出力は電力増幅器を通してペン書きオシロで記録される。濾波器の部分の実測値を図12に示す。この特性からもわかるように遮断特性は急しゅんなので能動素子を使用したアクティブフィルタで所要の性能を得ることができた。

8. 結 言

この車両の製作にあたって車体、台車の設計上問題にした事項、測定系統の概要ならびに絶対高低回路および乗心地について述べたが、軌道の状況がどのようなになっているかを高速で測定することは的確な保線による車両の安全運転、乗客の乗心地の向上など非常に重要なことである。現在さらに41年度分として3両を日本国有鉄道納めとして製作中であるが、すでに納入済みの車両と合わせて前述の目的のために十分な威力を発揮するものと信じている。

終わりにこの設計を進めるに当たって種々ご教示を賜わった日本国有鉄道車両設計事務所のかたがたに厚くお礼申し上げる。

参 考 文 献

- (1) 中村, 牧田, 中田, 早川: Hitachi Review, S. I. No. 8 (昭39-6)
- (2) 中村, 尾塔, 山田, 酒井: 日立評論 47, 712 (昭40-4)
- (3) 中村, 尾塔, 酒井: 日立評論 48, 710 (昭41-6)
- (4) 佐藤, 相沢: 「軌道狂いの波形記録装置」東海道新幹線の研究 第5冊 p.221 (昭39-4)
- (5) 穂坂: 応用力学 4巻25号 (昭26-12)