

電車自動運転装置

Automatic Train Controller

和田俊介* 飛永勝年*
Shunsuke Wada Katsutoshi Tobinaga
湯浅政男* 竹村伸一**
Masao Yuasa Shin'ichi Takemura

内容梗概

近年アメリカ、フランス、ソ連などで列車の自動運転装置の試作が行われ、わが国でも、電車の定位置停止や自動速度制限装置の試作研究がなされている。わが社では新しい着想により名古屋市交通局のご指導を受け地下鉄自動運転装置の試作を行ったので、その機能および性能、地上設備および車上電子機器につき、具体的に説明した。

1. 緒言

わが国では諸外国に比べて、電車を利用する交通人口密度がきわめて高く、かつ一般に増加の傾向にあるため、輸送力向上を望まれる区間が少なくない。現在輸送力限度に達し、新線建設費 300 億円といわれる某線路は、現在 3 分間隔運転であるが、これを 2 分間隔程度にできればその経済効果はきわめて大きい。

そこで電車群と電車の自動制御による電車密度の向上、表定速度向上を行うことによる輸送力増加の研究がとりあげられ、本装置はその 1 ステップとして次の目的と効果を期待し、名古屋市交通局のご指導のもとに試作した電車自動運転装置である。

- (1) 熟練度軽減と乗務員減少
- (2) 運転精度向上による多少の表定速度向上
- (3) 安全度向上

地下鉄は地上線路にくらべて踏切そのほかの外部障害が少なく、特急、急行、準急のない一番やりやすい線路である。

本装置の原理については、車両特集号に説明したので、以下にこの装置の大部分を占める電子制御装置と地上設備につき具体的に説明する。

2. 構成と機能

2.1 構成

1 列車を前後両方向に自動運転するために必要な電子制御装置一式の構成は次のようになっている。

- (1) 本体 (第 1 図): 1 台
- (2) 地上子検知器: 1 台
- (3) 操作監視盤 (第 2, 3 図): 2 台
- (4) 定電圧電源: 1 台
- (5) ケーブルその他: 1 式

車上装置として以上のほかに

- (1) 電気ブレーキ力自動調節装置: 1 台
- (2) 車両制御器一部改造: 1 式

が必要である。

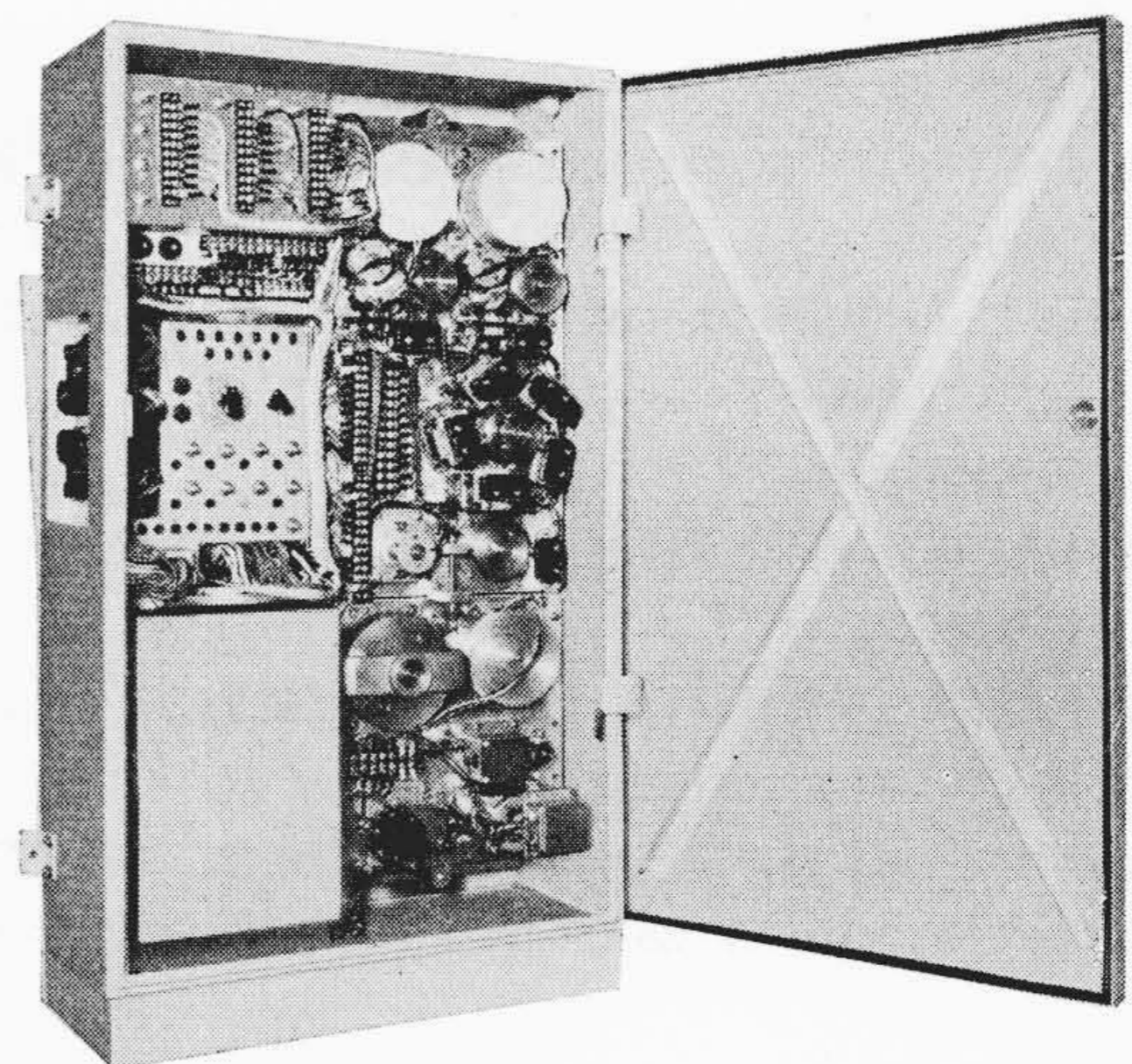
地上設備としては、各信号機ごとに

- (1) 共振回路: 3 個
- (2) リレーボックス: 1 個
- (3) ケーブル配線: 1 式

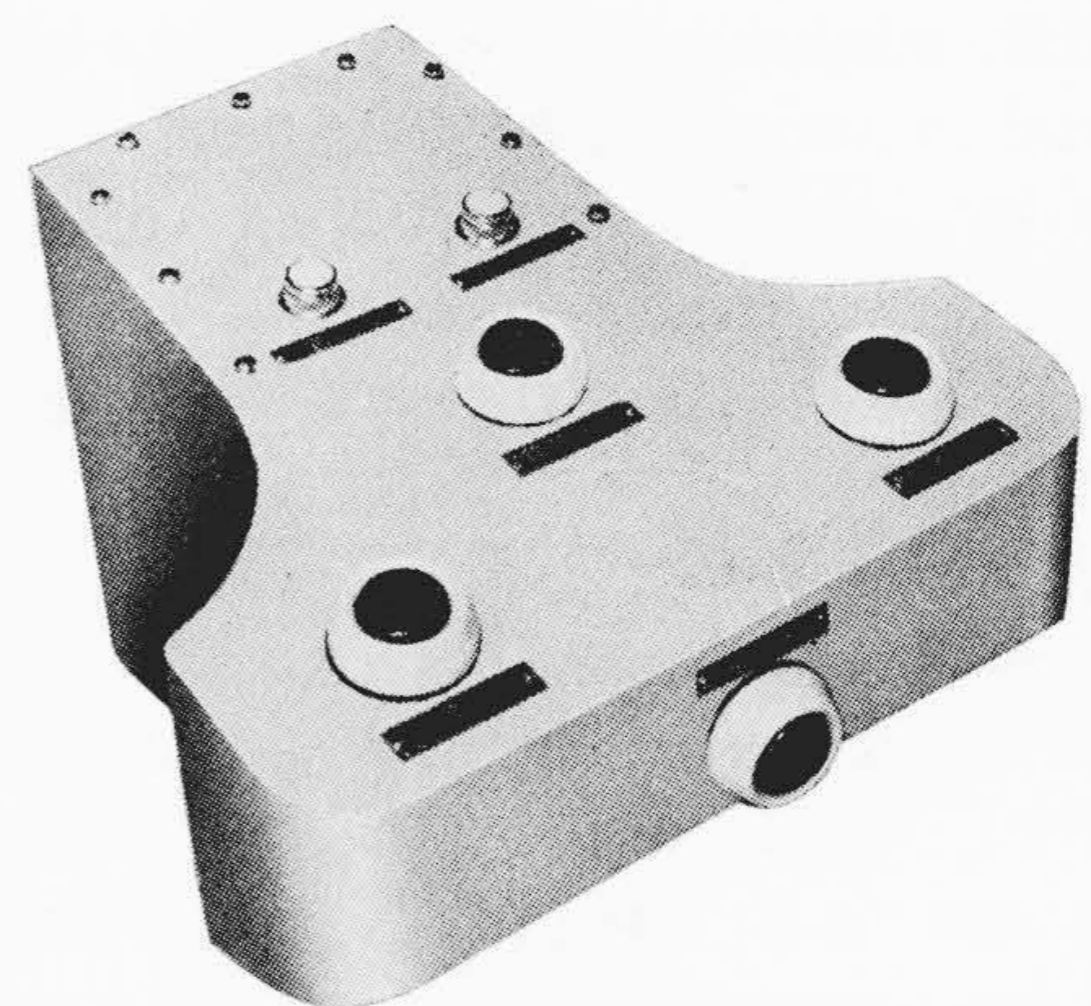
が必要である。線路工事などによる臨時速度制限箇所には、速度制限用と解除用に各 2 個の共振回路が必要である。

* 日立製作所戸塚工場

** 日立製作所水戸工場



第 1 図 電子制御装置本体

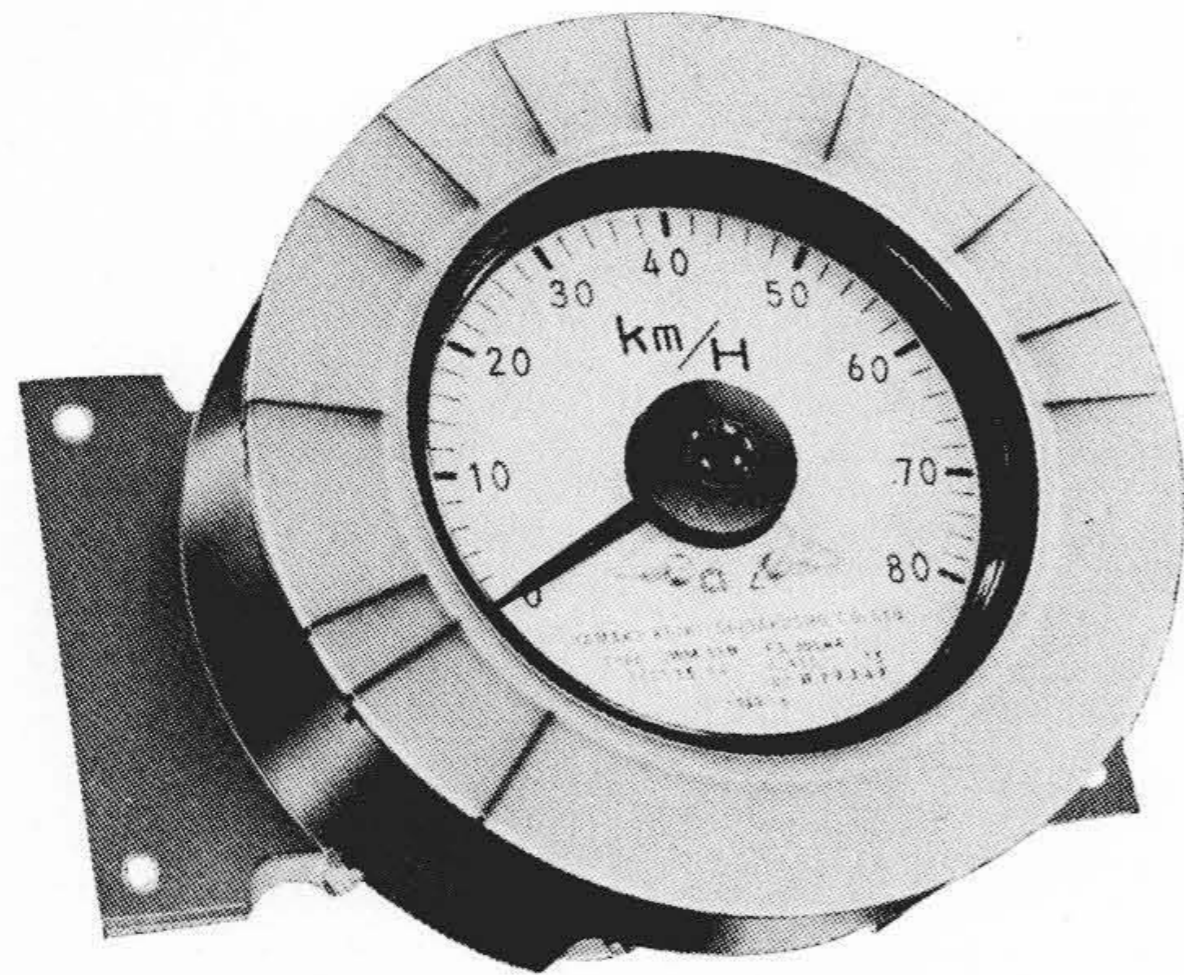


第 2 図 操作盤

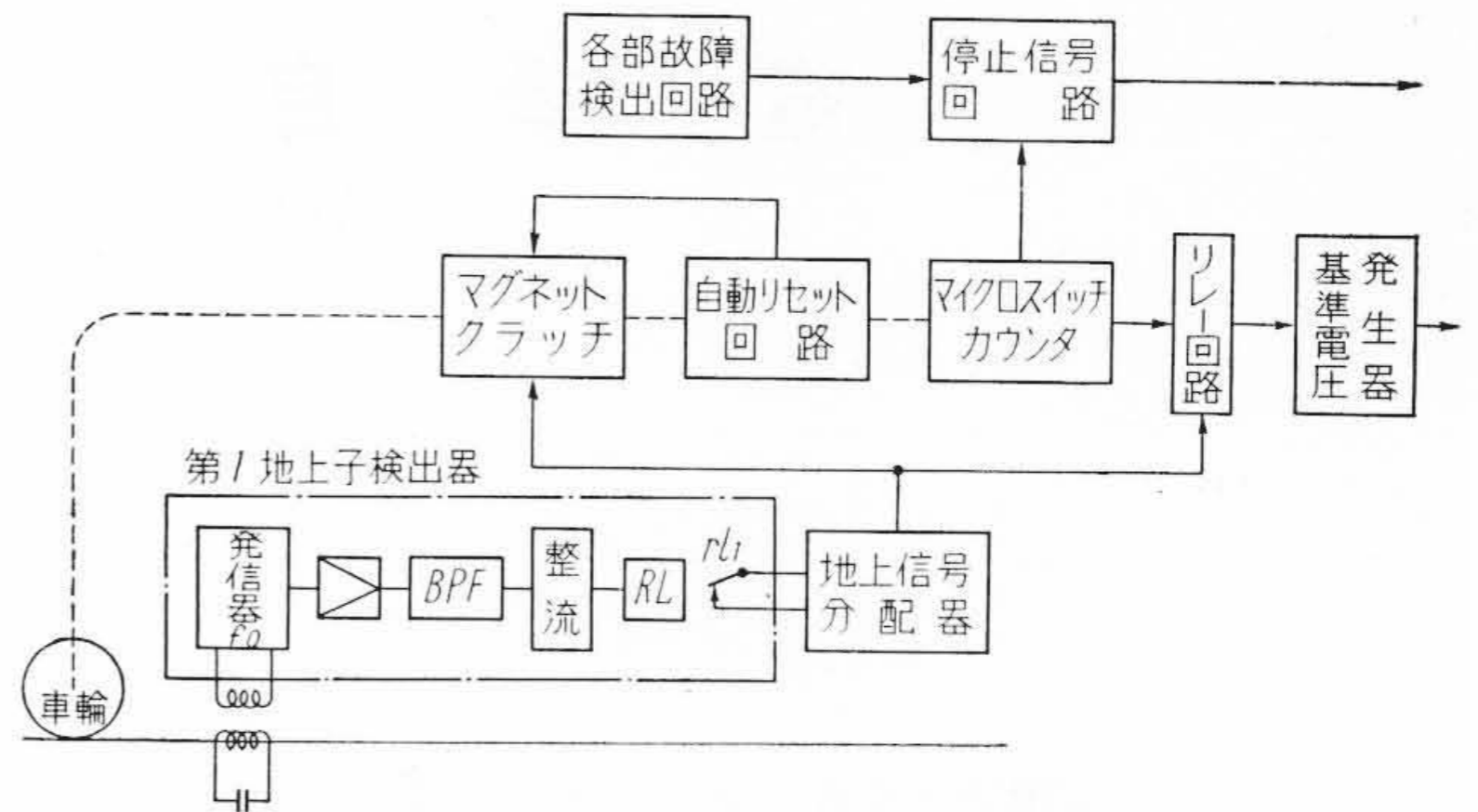
2.2 機能と特長

緒言にのべたような効果をもつために、本装置がもつ機能と特長を簡単に記せば次のようになっている。

- (1) 出発押ボタンを押すだけで次駅定位置まで運転曲線のとおり正確に自動運転される。
- (2) 地上信号現示に自動的に従う。
- (3) 特に長寿命部品を使い、万一故障の際は警報を発して安全側に動作するよう考慮した。
- (4) 線路に関係なくユニバーサルなもので、所要の地上設備をすれば、同一機能を出す。
- (5) 従来のマスコンを所定の位置においた場合のみ、自動運転



第3図 速度監視盤



第4図 地上信号受信回路

機能をもち簡単に手動に切替えて従来通り手動運転できる。

2.3 操作監視

運転士の操作は簡単で、次のことを行えばよい。

2.3.1 準備操作

自動運転開始に当り、手動自動切替えスイッチを自動に倒し、マスコンのリバースハンドルを No.1 の位置におき、本装置の電源をいれる。この操作により第2図の「正常」と「停止準備完了」ランプが点灯し準備完了を示す。

2.3.2 正常運転操作

操作盤第2図の「出発」押ボタンを押す。

2.3.3 特殊運転操作

赤信号未解除の状態では徐行したい場合には第2図操作盤の“V-15”押ボタンを押すことにより V-15 にセットして走行できる。停止制動中に、赤信号が黄信号になった場合には、“V-35”押ボタンを押すことにより V-35 にセットし直して V-35 で走行できる。

2.3.4 速度監視

第3図に示すとおり、実測速度指示計の周囲に着色板を配列し、その照示範囲が運転基準速度範囲を示す。照示色が地上信号現示と同一色になっておれば電子制御装置の基準速度は正常である。ただし、V-65”の場合のみ、地上信号現示より低位のYG色部分まで照示するが、これは基準速度範囲が広いためである。指針の振れと上記照示範囲を比較することにより実測速度の正否をチェックできる。

2.3.5 装置異常時の操作

本装置は特に高信頼度の部品より構成されており、さらにもし故障の際には“正常”ランプが消えてブザーが鳴り、自動停止するよう設計をしたつもりであるが、試作段階において安全性を100%完全に保障できるとは断言しにくいので、電車運転の安全確保のために運転士の監視が必要である。運転士は電車運行が異常になればただちに手動に切替えて、手動運転しなければならない。故障表示ブザーは手動運転に切替えることにより切れる。

2.4 性能

2.5 に述べる使用条件のもとで次の性能を目標に試作した。

2.4.1 運転速度プログラムおよび信号現示

車両特集号に紹介したように運転曲線のとおり自動運転するために必要な12種類の命令を各地上信号機ごとに連動した地上子およびこれ以外の固定地上子にもたせ、地上子位置で新しい速度基準を受信し、この基準を次の地上子位置まで保持するとともに実速度がこの基準により決められた上下限速度の間になるよう車両制御器を連続制御する。信号制限の場合には上記12種類の命令の中でその信号機に連動した地上子が信号現示に対応した命令を出すゆえ、車上装置はこの命令の基準速度を選び、速度制御を自

動的に行う。

2.4.3 速度曲線

現用電車はノッチおよびブレーキの接断による速度制御でありかつノッチとブレーキの接断回数をいたずらに多くできないゆえ、車重変化に伴い標準速度曲線と多少異なった曲線になる。

2.4.4 定位置停止

最も理想的と考えられる制動曲線を追尾して自動的に制動制御を行い、大体ホーム定位置に停止する。

2.5 使用条件

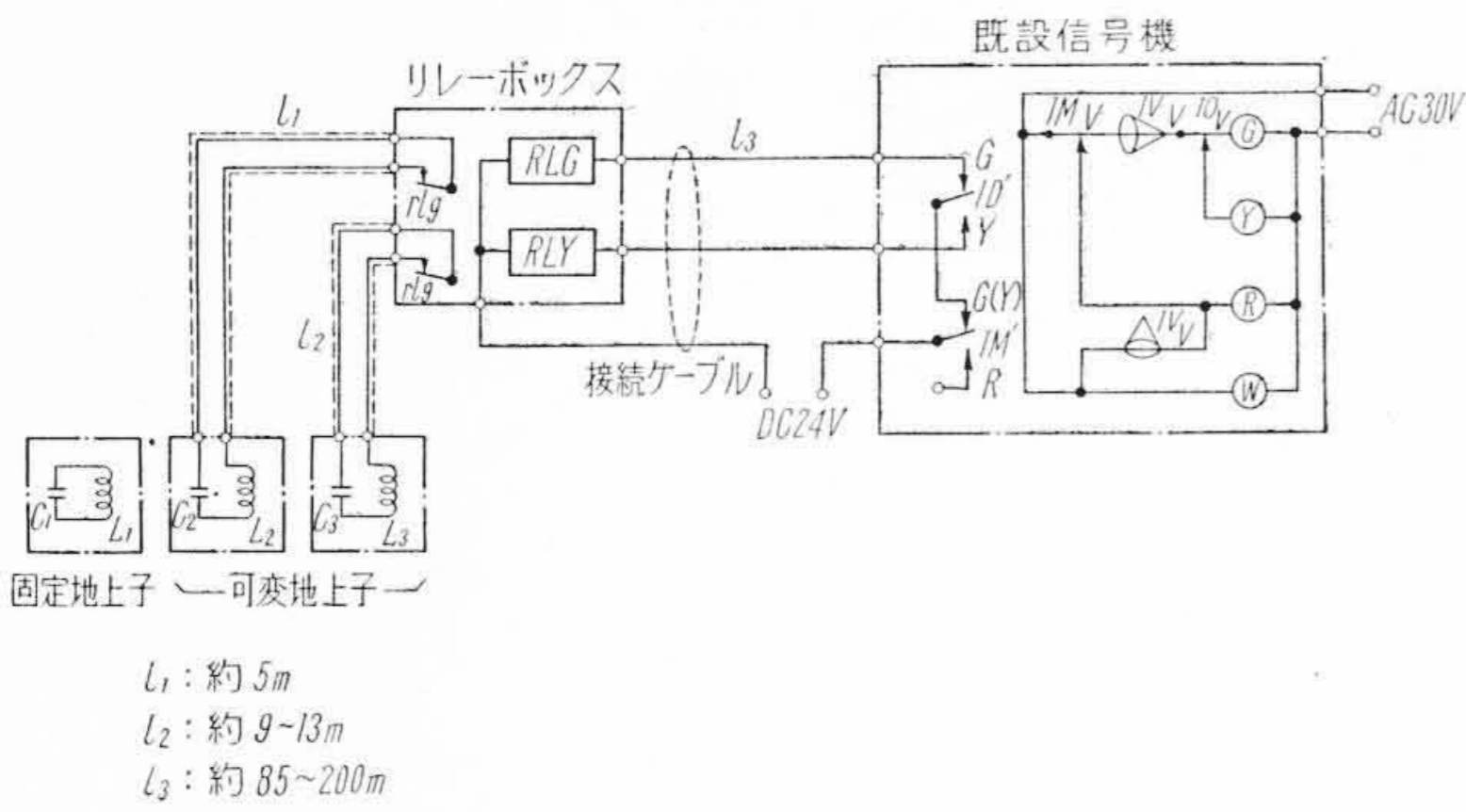
本装置の使用条件は下記のとおりである。(自動運転に関係ない事項は省略)

- (1) 周囲の空気：温湿度 $-5\sim 35^{\circ}\text{C}$, $40\sim 90\%$, SO_2 のように電気接点面をおかすガスなし、じんあい多し
- (2) 線路条件： こう配 $< \pm 33\%$, 曲率半径 $> 125\text{m}$, 線路上に油、砂なし
- (3) 振動： 運転台 50 c/s 以下で 0.3 g 以下, 車軸 50 c/s 以下で 30 g 以下
- (4) 車内電源： DC 36 V AC 100 V 120 c/s
- (5) 雑音および妨害波： 衝撃性雑音が少なくない。155 kc と 190 kc の誘導無線がある。
- (6) 車輪径： $762\text{ mm} \pm \frac{10}{42}\text{ mm}$
- (7) 車重： $21.6\text{ t} \sim 36.6\text{ t}$
- (8) 時速 65 km/h 以下で各列車の運転曲線は同一。
- (9) 信号現示は5現示で制限速度は： G： 65 km/h , YG： 55 km/h , Y： 40 km/h , YY： 25 km/h , RY： 15 km/h , R： 停止
- (10) 20時間連続使用される。

3. 電子制御装置

3.1 地上信号の受信

車両特集号に述べたとおり、12種類の命令は、地上子間の距離に対応しているゆえ、2個の地上子間の距離を検出すればよい。第4図において、第1地上子検出器は、周知の車内警報C形とまったく同一原理のもので、地上共振回路上に発振コイルがきたときにリレー RL_1 の接点 rl_1 が時速 100 km/h のときに 10 msec 以上落下する。これにより地上信号分配器はマグネットクラッチを動作せしめ、車輪回転をマイクロスイッチカウンタに伝達し、マイクロスイッチを No.1 より順次カウントする。第2地上子を検知すると、地上信号分配器より直流パルスが出て、その瞬間にカウントされていたマイクロスイッチに対応するリレーを自己保持し、そのリレー接点で4個の基準電圧を選択する。すなわち第1地上子と第2地上子間の距離がマイクロスイッチカウンタのカウント数に変換されて、1個の命令を判読し、4個の速度基準(車両特集号参照)を選択した訳である。一方マイクロスイッチカウンタはさらにカウントを続け、ちょ



第 8 図 自動閉塞信号機と地上子との関係図

本体(大きさ約(高)1,000×約(幅)550×約(奥行)300),と自動電圧調整器(約(高)560×約(幅)550×約(奥行)300),クリスタル発振器(約(高)180×約(幅)250×約(奥行)200),操作盤(約(高)200×約(幅)250×約(奥行)265),特殊速度計(約(高)100×約(幅)150×約(奥行)135),などである。

4. 地上設備

車両特集号に紹介した地上プログラム方式による地上設備を実例につき紹介する。

4.1 地上子と信号機の関係

第 8 図は既設の固定閉塞信号設備と地上子の関係を示す図である。信号機と地上子の距離は、信号機の位置で信号現示の制限速度以下にするために必要なブレーキ距離であって、線路条件により著しく異なる。車内警報 C 形と異なり可変地上子と既設信号機との間に中継用リレーボックスを設置する理由は、

- (1) 信号機用接点は、微弱電圧に対して接触不良になりやすく誤動作の可能性が大きいので、リードリレーを用いた。
- (2) 地上子と地上子開閉用接点間の距離 L_1 と L_2 は短くかつ場所に関係なく一定のほうが好ましい。特に L_1 と L_2 が 100m 以上になるとケーブルの分布常数を無視できないためでリレーボックスは地下鉄側面のように振動のない場所に、地上子は 2 本のレール

の間を設置する。じんあいが多いのでいずれも密閉構造にした。また L_1 および L_2 相当部分は特に短絡のおそれのないものを選び外傷を防止できるような工事方法に留意した。

4.2 地上子

現在国鉄で使用されている C 形車内警報装置用の地上子とほとんど同一のもので、端子を短絡して固定地上子とし、接点までのケーブル長さを 5 m と 13m の 2 種類作って可変地上子とした。また共振周波数は 130 kc と 120 kc の 2 種類作り前者を走行速度命令用に、後者を定点停止用に使用した。構造寸法は第 2, 3 図。

4.3 特長

鉄道信号の進歩により信号現示を車内に伝達する方法として、各地上信号機に AM 変調送信機を連動して軌道回路に送信する装置が実用されているが、これに比べて本試作の方式の特長は

- (1) 地上設備が簡単安価である。
- (2) 保守が容易である。
- (3) 部品点数がきわめて少なくかつ長寿命高信頼度であるから故障がほとんどないと思われる。
- (4) 地上子間の距離を変えて設置するだけで簡単に命令の種類を増加できる。
- (5) 地上子が盗難に会うと信号伝送能力を消失するから、地上子の設置方法そのほかにつきさらに検討をする必要がある。

5. 結 言

電車の自動運転としては、わが国はじめてであり、かつ外国の詳細報を入手できない現状で研究試作したので、方式はもちろんのこと、回路機器の細部について新しい着想が少なくない。しかし自動運転の安全性確保と装置信頼度の向上、ぎ装方法と構造の関係および原価低減について今後さらにくふう検討しなければならない。脱稿に当り本装置の研究が鉄道技術研究所の電車定位置停止装置の研究成果に負うところが少なくなく、かつ名古屋市交通局の関係者より種々ご指導ご鞭撻を賜り、また社内各方面の協力を得たことを記し厚く謝意を表す。

Vol. 43 日 立 評 論 No. 3 目 次

シリコン整流器小特集

- ◎シリコン整流素子について
 - ◎最近の化学用シリコン整流装置
 - ◎電気鉄道用シリコン整流器
 - ◎制御極付シリコン整流器
- #### 普通論文
- ◎距離継電器からみた送電線のインピーダンス
 - ◎交流電気車用整流器制御方式
 - ◎B 列全判 8 色グラビヤ輪転機
 - ◎B 列全判 8 色グラビヤ輪転機用制御装置

- ◎トランジスタ式遠隔測定装置
- ◎シャジダイナモメータ
- ◎高速圧縮機における弁の運動
- ◎A C - 3 形集線装置
- ◎バルプマイカの二、三の特性
- ◎ケーブル鉛被結晶粒度の検討
- ◎高炭素・高バナジウム高速度鋼の切削耐久力におよぼす W と Mo の影響
- ◎3 C B D 形(引出形)日立低圧気中遮断器の保守点検について

発行所 日立評論社 東京都千代田区丸ノ内1丁目4番地 振替口座東京 71824 番
 取次店 株式会社オーム社書店 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 振替口座東京 20018 番