

10 分間平均風向計*

守田康太郎** · 河野 幸男*** · 矢島 幸雄****
 広田 巖***** · 岸 秀雄***** · 秋山 泰三*****

1. はしがき

気象観測法では、風速は前10分間の平均を観測し、風向は前1分間の風向の傾向を観測することがきめられているが、

(1) 風のベクトルを取る場合は、風速と風向の測定時間を揃える必要がある。

(2) 観測値をデジタル化する場合、変動幅のひろい風向の値を一つの観測値で代表させるためには、どうしても平均値をとる必要がある。

(3) 変動する風向計の動きの記録から平均値をとるのはわずらわしい。

上記のような理由もあって、観測の自動化の趨勢にともない、風向観測の平均化が試みられて来たり。もっとも、受風部におくれを持たせるベークレー型風向計^①やダンパーを入れる方法もあるが、これは、風向計の動特性が変わってくる。今回、南極観測再開に際し、自動気象観測印字装置を作ることになり、風向・風速の感部は、従来と同じものを用い、瞬間値の記録とは別に、前10分間の平均値を連続記録し、毎正時には、その値をタイプライターで印字する装置が作られた。平均風速計は、これまでも数種類作られているが、10分間平均風向連続記録装置としては、おそらく我が国ではじめてのものなので、その概要について報告する。

2. 平均化演算の原理

瞬間風向を、N-S成分、E-W成分、すなわち、 \sin と \cos の出力に分けて演算を行なうもので、いま、風向が1分間変わらないと仮定し、(実際の装置では、角度変化を連続的な電圧変化として積算記憶するので、時々刻々風向は変化しても差支えない) 過去10分のうち、最初の

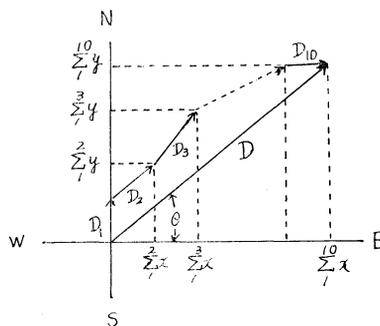
1分間は風向 D_1 、次の1分間は風向 D_2 、以下順に D_3 、 D_4 、…… D_{10} の風が吹いたとし、その合成風向を D とすると、平均風向としては、この合成の向き θ を求めればよいわけである。

$$\theta = \tan^{-1} \frac{y_1 + y_2 + \dots + y_{10}}{x_1 + x_2 + \dots + x_{10}}$$

ただし、 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_{10}$ はそれぞれ風向 D_1, D_2, \dots, D_{10} の E-W 成分

y_1, y_2, \dots, y_{10} はそれぞれ風向 D_1, D_2, \dots, D_{10} の N-S 成分

上式に示すように演算方法は、風向の N-S, E-W 成分を加え合わせ、最後に極座標変換する。



第1図 平均風向演算図

3. 動作説明 (第2図参照)

受風感部は、気象官署で瞬間風向風速計として現用されている風車型風向風速計と同型のものを用い、その動きをセルセンサーボ^②(次項で説明)通して、正弦関数巻のスライド抵抗器^③につたえる。スライド抵抗器には、角度を90度づらした2個の摺動子を取り付けられているので、ここに電圧(10mV)をかけておくと、摺動子の位置により、すなわち、風向 θ に応じて $\sin \theta$ (E-W成分)、 $\cos \theta$ (N-S成分)が、第3図のように電圧値として取り出すことができる。

この電圧は、電子積算計^④^⑤(次項で説明)に導かれ、各成分ごとに風向に応じたパルスに変換される。そのパルスの数を1個の回転リレー(次項で説明)に1分

* Mean Wind Direction Recorder

** Yasutaro Morita 気象庁南極事務室

*** Yukio Kawano 大阪管区気象台

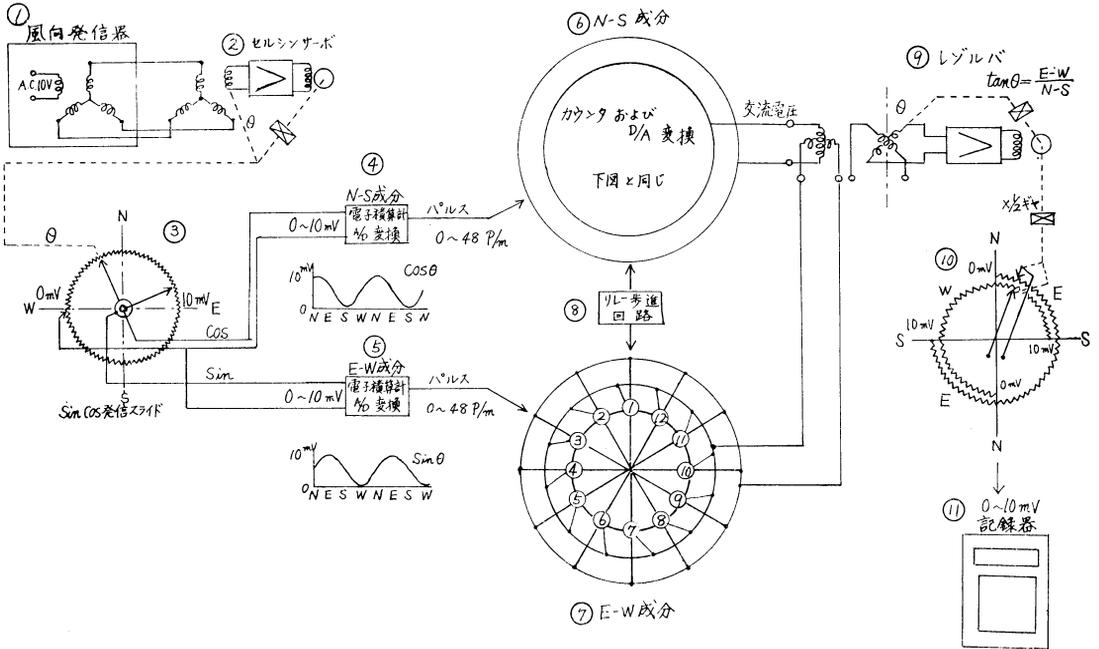
**** Yukio Yajima 気象庁測器課

***** Iwao Hirota 横河電機製作所

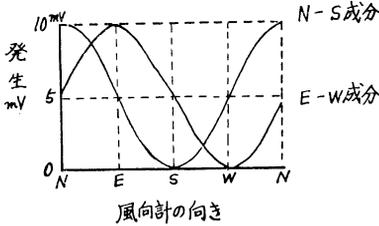
***** Hideo Kishi 横河電機製作所

***** Taizo Akiyama 気象庁測器課

—1966年5月25日受理—



第 2 図 平均風向演算原理図



第 3 図 風向と電圧との関係

間ずつ、10分間に合計10個の回転リレーに、風向に応じたパルス数を計数保持し、この計数値の合計 ($\sum \sin \theta$, $\sum \cos \theta$) に比例した交流電圧に再び変換し、シンクロレゾルバ⑨ (次項で説明) に供給して、N-S成分、E-W成分の極座標変換を行ない、平均風向が角度位置として与えられる。シンクロレゾルバの回転子は、平均風向発信のスライド抵抗⑩に連結されているのでその位置に相当する電圧 (0~10mV) を記録器⑪に伝送するので、10分間の1分毎移動平均値を記録する。

計数記憶素子としての回転リレーの動作を説明すると、12個のリレーは、第4図のような接続になっている。No. 1 から No. 12 までの回転リレーのうち、歩進回路のリレー (r_3) が働くと、4つの接点が同時に ON となり、No. 1 の回転リレーが、現在1分間の風向に対応したパルス数を計数しておくとすると、No. 3 から No. 12

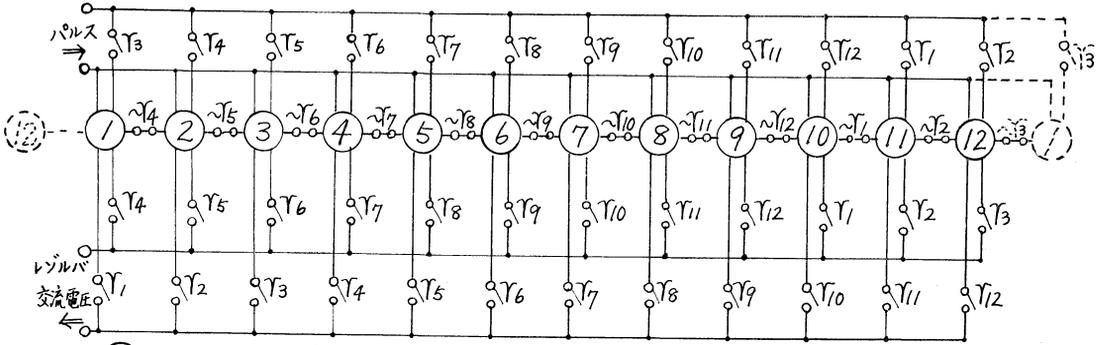
までの10個の回転リレーは、それぞれ10分前から1分前までの各1分間のパルスを計数したまゝ保持していて、10個の回転リレーの計数の和が、10分間の平均値として、交流電圧でレゾルバに伝えられる。残りの1個 No. 2は、リセットされて、0に戻って次の1分間の計数動作に備えて待機している。現在1分の計数が終ると、親時計より1分毎の信号によって歩進回路が働いて、歩進リレー (r_4) が動作し、No. 1は、計数動作を No. 2にゆずり、No. 3 がリセットされ、No. 4~No. 12~No. 1の10個が、直列に接続され、この計数値が、2分目の10分間平均値となる。

次の1分間は、No. 3が計数し、No. 4がリセットされ、No. 5~No. 12~No. 2が合計される。このように、親時計よりの1分毎の信号によって、12個の回転リレーの接続を1個ずつずらして行く動作を繰返して、1分間毎に10分間平均値を演算する。第5図は、回転リレーの時間的接続状況を示すものである。

4. 各部の説明

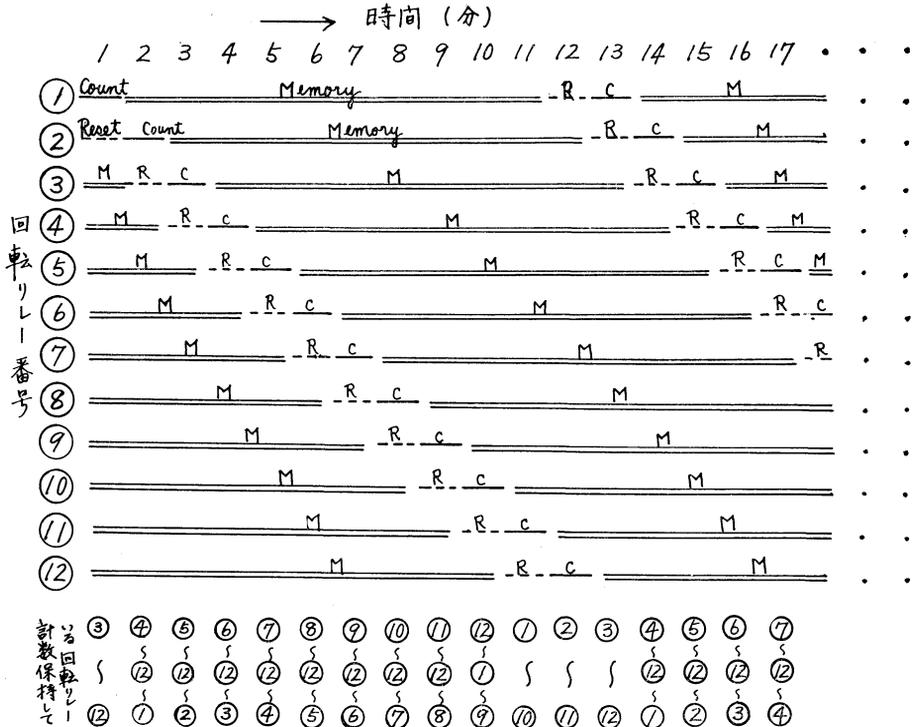
(1) セルシンサーボ

発信のセルシンモータと受信のセンモータの相対位置の差 ($\theta_i - \theta_0$) の角度に比例する差電圧をサーボ増幅器で増幅し、サーボモータ、速度発電機を回転させ、差電圧が零になるように、受信のセルシンモータを回転さ

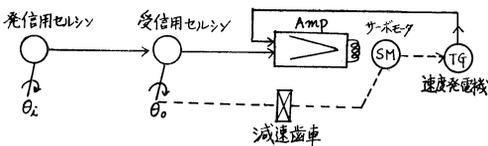


⑮ 回転リレー γ_n リレー接点 (作動時に回路をcloseする)
 $\sim \gamma_n$ リレー接点 (作動時に回路をopenする)
 同一番号の接点4個は、同時に作動する。

第4図 回転リレー接続図



第5図 10分間平均値演算タイムチャート

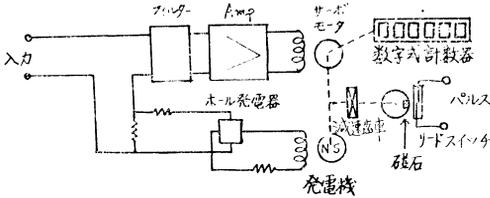


第6図 セルシンサーボの構成

せて、セルシンを平衡状態にする。また、速度発電機の出電圧をフィードバックすることによって、サーボ系の動作を安定させる。

(2) 電子積算計

信号電圧を、連続比例積算するもので、第7図に示すように、入力電圧(0~10mV D.C)は、チョッパーを



第 7 図 電子積算計原理説明図

経て交流増幅され、サーボモータを駆動する。サーボモータの回転軸は、速度発電機にも連続されていて、そこで発生される誘起電圧によってホール発電器に電流が流れ、回転に比例してホール発電器に電圧が生ずる。

この電圧を、帰還電圧としてフィードバックすることによってサーボモータの回転は、入力電圧に正確に比例するように制御される。サーボモータは、回転式数字積算計に連結され、機械的に積算値を表示する。さらに、この回転は、減速歯車を経て、永久磁石のついたカムに伝えられ、カムの回転ごとにリードスイッチを動作させて、入力のあった時間と電圧に応じたパルスが発生する。

入力	0~10mV D.C.
正確さ	0.5%
演算式	$\int E_i dt$
入力抵抗	1M Ω 以上
指示	6桁 数字式
パルス発生	48P/min/10mV

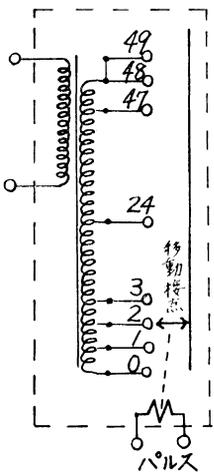
(3) 回転リレー

円弧状に並んだ50個の接点に、1パルスに1接点ずつ、マグネットの動作によって、円中心を軸とした接触片が

回転動作しながら接触して、パルスの数を計数する。リセットの場合は、自己歩進回路によって、1信号で零位に戻るようになっていて、電話交換機の部品として長い実績のあるものである。

この接点の各端子に、トランスの二次側の各タップを第8図のよう接続しておき、1分間毎のパルス数を計数し、そのまま保持していれば、これが記憶値として、交流電圧で、レゾルバの入力として取り出すことができる。

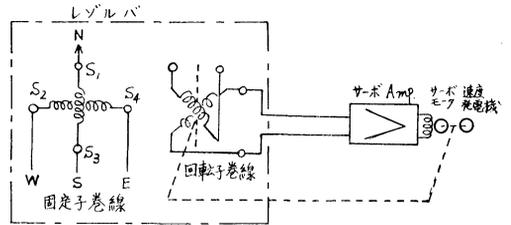
1個のリレーの接点数は、



第 8 図 回転リレー 接続図

50個なので、10個合計すれば、フルカウントの電圧の1/500の分解能で、レゾルバに電圧を伝送することができる。

(4) シンクロレゾルバ



第 9 図 シンクロレゾルバ説明図

第9図のように、回転子と固定子とものコイルの巻線が空間的に直交していて、回転子の二つのコイルに加えた電圧比に応じて、回転子の一つのコイルに誘起された電圧を増幅して、サーボモータを回転させ、歯車を介して、釣合いの状態なる角度位置まで回転子を変位させる。

すなわち、固定子のコイル端子 $S_1, S_3 \sum_1^{12} \sin \theta$ (N-S成分), $S_2, S_4 \sum_1^{12} \cos \theta$ (E-W成分)の10分間の積算値に相当する交流電圧を与えてやると、回転子は、 θ だけ角度変位して釣合い、二つの入力電圧の比に応じて演算動作を行うものである。

(5) 記録器

記録器は、標準の電子平衡型の記録器を用い、風向目盛は、540°方式で、N-E-S-W-N-E-Sとなっていて、ペン(示針)が、自記紙の両端のいずれかに行くと目盛にして360°分シフトして、同方位を記録する。

入力電圧	0~10mV D.C.
方式	電位差計
記録	1点ペン書(両端警報接点付)
精度	全目盛巾の0.3%
自記紙速度	15,30mm/h(パルスモータ送り、折りたたみ式)

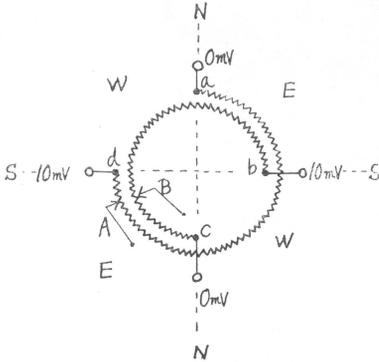
(6) 記録方式

回転運動する風向を、自記紙上に展開して記録するためにいくつかの方法が考えられたが³⁾、代表的なものとしては、風車型風向風速計(コーシンペン)^{注2)}の180°シフト方式と、農業気象観測装置や総合気候観測装置に用いられている。平型カムによる540°方式(ネグレッチ方式とも云われている)がある。

本装置では、電子平衡型の0~10mV計に、540°方式の記録をさせるために次のような方法をとった。二連のスライド抵抗を用い、風向の変化(レゾルバの回転位置)

を、歯車で回転を半分に落し、スライド抵抗のブラシに伝え、どちらか一つのスライド抵抗を撰択して、その位置に相当する電圧を、記録器に伝送して風向を記録する。

二つのスライド抵抗の電圧のかけ方が、第10図のように180度ずれている。(ブラシの回転は半分にギヤダウンされているので、風向にすると360度相当する。)



第 10 図 風向伝送スライド抵抗

記録器の目盛の両端には、接点があって、ペン(示度)が両端のいずれかに行つた時(伝送電圧が、0mV か 10mV になった時)接点が働いて、スライド抵抗の接続が、きりかえられ、ブラシの位置は、そのままでも、伝送電圧は、風向で360度分変り、ペン(示度)は、360度シフトして、中央部の同方位に移って記録する。(第10図で、a, b, c, d は、切りかえ点を示す)

5. あとがき

平均値演算のために、回転リレーやリレー歩進回路を用いずに、コアメモリーや半導体回路を用いた。いわゆ

る、ソリッド方式の装置も、製作に際して考えられたのであるが、無線施設や他の観測器械が同居して、電磁的にノイズの多い上に、接地の不完全な南極昭和基地の特殊事情や、保守の点も考え、加えるに、製作期間も短いので、ノイズには弱く、実績のない半導体回路は、今回は見送り、使用部品は実績のあるものを選び、あえて、リレーを用いた陳腐な方式を採用した。

今後、製作されるものは、今回製作されたように、1分毎の移動平均でなく、連続10分間の平均装置が製作されるものと思う。

写真1、写真2は、瞬間風向と10分間平均風向の同時刻における記録を示し、写真3、4、5は、装置の一部を示すものである。この方法によれば、風の真のベクトル平均値を求めることも可能である。

(文責 秋山泰三)

参 考 文 献

- 1) 下島昭吾, 西山 宏: 1959, 測候時報, 26(4), 142~151. 横山 丘: 1959, 測候時報, 26(8), 376~381. 鎌本博夫, 小関桂三郎: 1960, 測候時報, 27(5), 166~170. 気象測器製作所: 1963 測候時報, 30 (10~12), 253~263. 測器要報: 1960, 第5輯, 8~9, 1964, 第8輯, 33~34. 測器技術資料: 1958, 第319号, 1959, 第406号, 第430号, 1960, 第514号, 1963, 第3819号.
- 2) 測器要報: 1961, 第6輯, 4. 測器技術資料: 1959, 第404号.
- 3) 測器要報: 1961, 第6輯, 7~8, 1963, 第8輯, 1~2. 測器技術資料: 1959, 第431号, 1960, 第500号, 1961, 第3610号, 1962, 第3712号, 1963 第3819号, 第3820号.

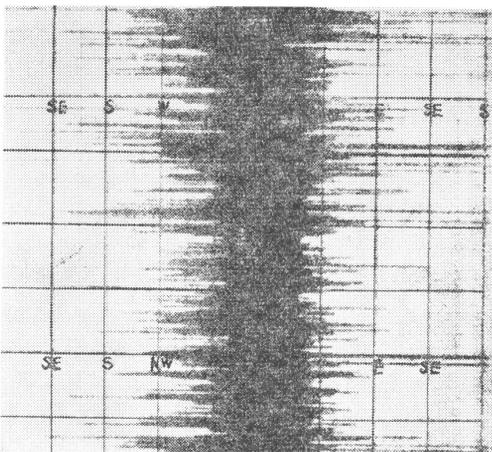


写真1 瞬間風向記録

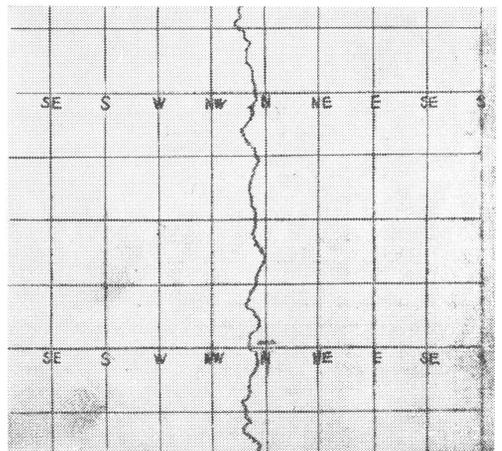


写真2 10分間平均風向記録

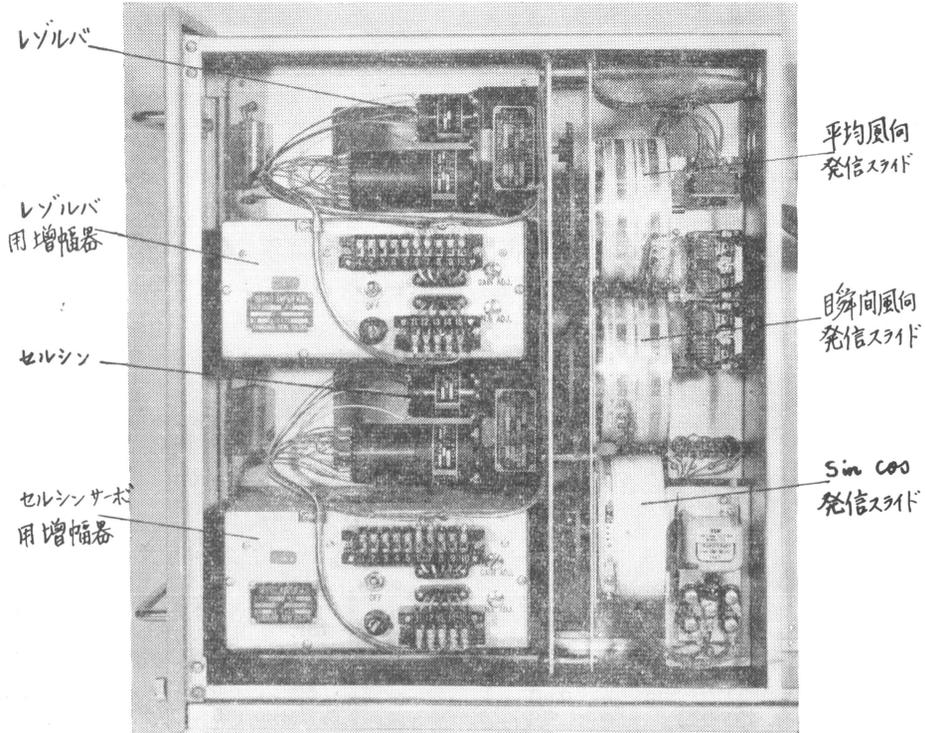


写真3 セルシンサーボ、レゾルバ、スライド抵抗

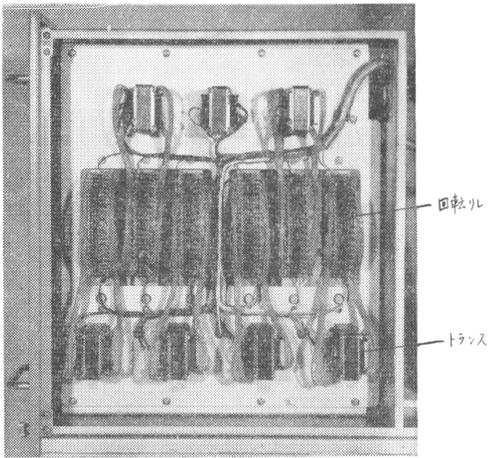


写真4 回転リレー結線状況

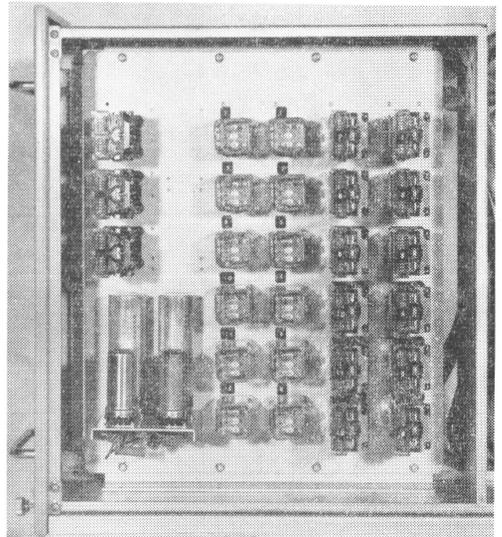


写真5 歩進回路リレー群

注 1) 電流の流れている半導体板に磁界を加えると電流と磁界に直角な方向に電圧を生ずる「ホール効果」を利用したもの

注 2) 風向目盛は、 $\begin{matrix} (N)-(W)-(S)-(E)-(N) \\ S-E-N-W-S \end{matrix}$ の二重目盛で、判別ペンを必要とする。