

光 電 式 カ ー ブ リ ー ダ

Photoelectric Curve Reader

三 浦 武 雄*
Takeo Miura

横 沢 典 男**
Norio Yokozawa

福 本 智 典***
Tomonori Hukumoto

酒 井 好 行***
Yoshiyuki Sakai

桜 井 利 雄***
Toshio Sakurai

内 容 梗 概

アナログ計算機の入力装置として開発した光電式カーブリーダは、記録紙上に描かれた関数形を電圧波信号に変換する装置であり、従来から用いられてきたこの種装置に比べて、記録できるデータの長さに制限がないことが特長である。

本装置は、高層建築物の地震応答を解析する場合の地震波関数の発生、自動車の動特性解析に用いられる道路条件関数の発生、その他、一般の時間関数の発生を目的として製作された。本装置の原理およびその使用例について説明する。

1. 緒 言

アナログ計算機を用いて理工学系の諸問題の解析、あるいは一般物理系のシミュレーションを行なう場合、入力となる各種外乱信号を導入する入力装置として、従来から手動追図装置、発生関数の長さに制限のある各種関数発生器などが用いられてきた。すなわち、

- (1) 記録紙に記録されたデータを手動で追図し、関数の変化を電圧信号に変換する方法。
- (2) サーボ機構を用いてデータを自動追従させる方法。
- (3) 写真伝送などに用いられる、高速回転するドラムに関数を記録した用紙をまきつけ、この関数を電磁的、静電的、あるいは光学的に検出し電圧信号に変換する方法。
- (4) 汎用折線近似形任意関数発生器を用いる方法。

などである。

以上のうち(1)、(2)の方法は応答速度に限度があり、関数の早い変化に対する忠実なデータの変換が望めない。(3)の方法では応答速度の制限のほかに発生しうるデータの量に制限があり、特にドラムを高速回転することに問題がある。(4)はデータを折線近似するため急激な変化をする関数形の入力装置としては不向きであり、発生できる関数形に大きな制限がある。

本装置はこれらの欠点を改良した新しい走査方式による光電式カーブリーダであり、以下にその動作原理使用例について説明する。

第1図に本装置の外観を示す。

2. 動 作 原 理

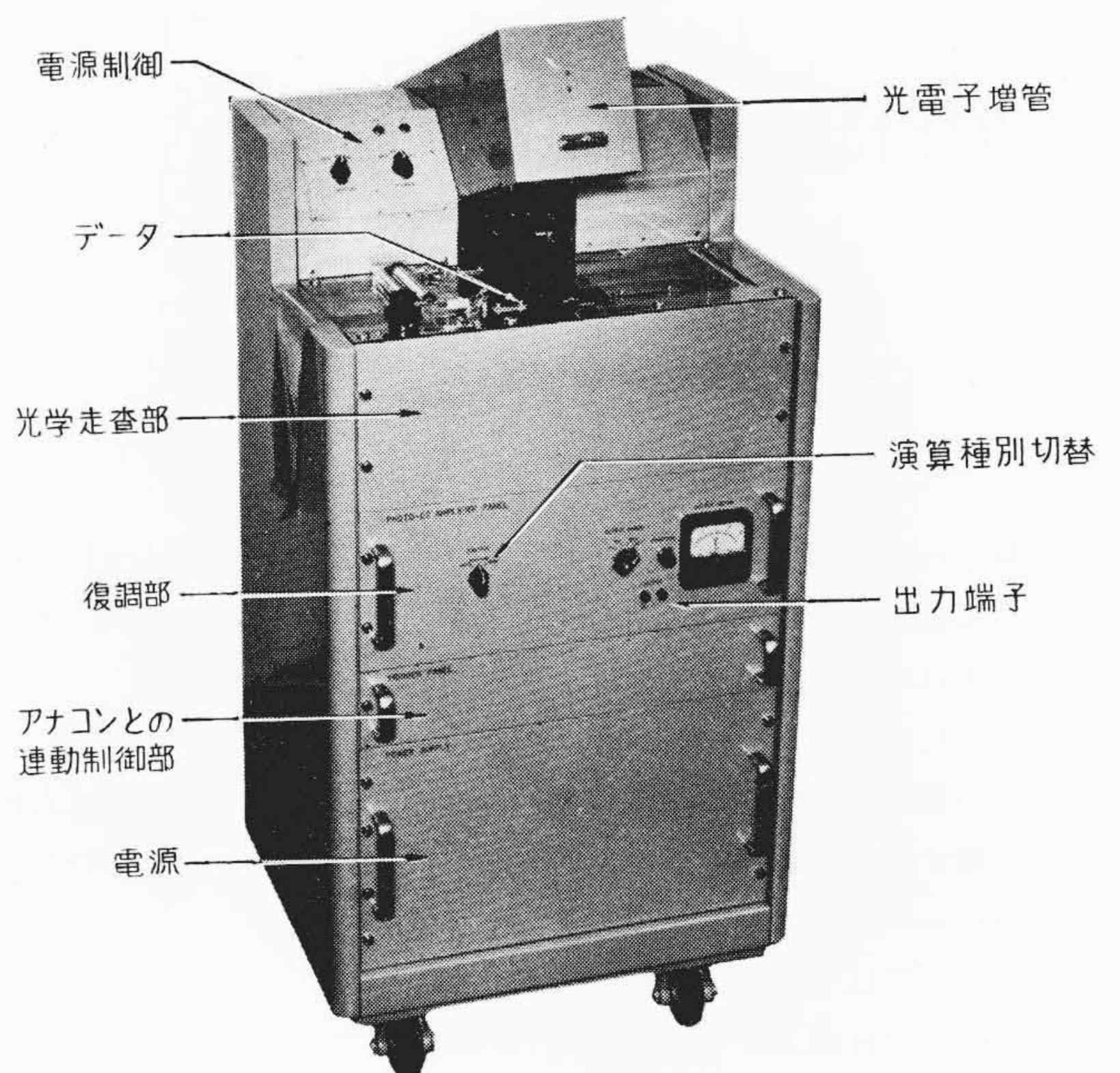
本装置の動作は、光学走査部と復調部に大別することができる。光学走査部では光学走査、データ印加、および光電変換の機能を持ち、これらは構造的に一体となっている。これらの動作系統を第2図に示す。記録紙に描かれたアナログ波形のデータは光学走査により、光学的なパルスによる時分割変調波に変換される。この光学パルス信号を光電変換器により電圧信号に変換する。このパルス時分割変調波は復調部で復調され、目的とするアナログ電圧信号を得ることができる。

このアナログ出力は、記録紙に描かれたアナログデータと相似な時間関数となり、時間軸の倍率は記録紙送り速度の切り替えで行なわれる。以下光学走査部、復調部について動作を説明する。

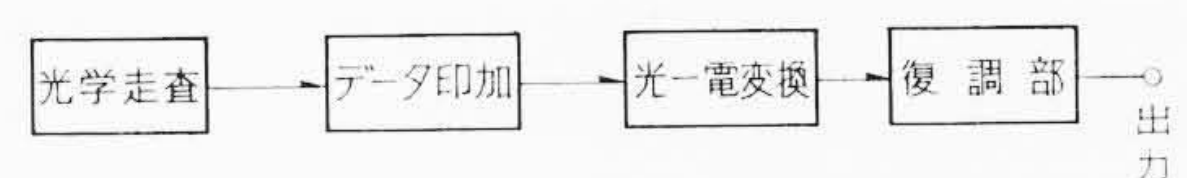
* 日立製作所中央研究所 工博

** 日立製作所中央研究所

***昭和電子株式会社



第1図 光電式カーブリーダ外観図



第2図 カーブリーダ説明図

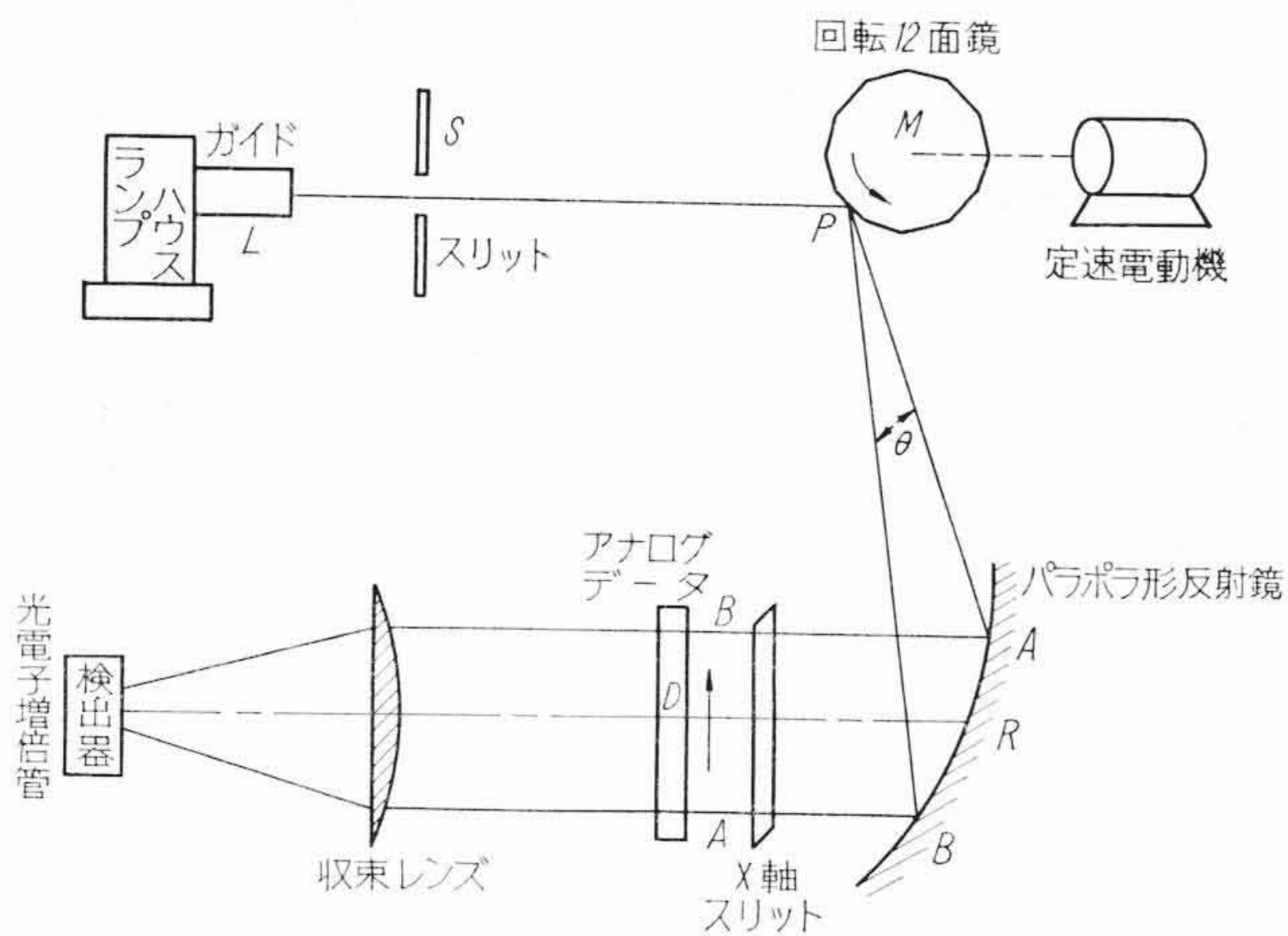
2.1 光学走査部

第3図は光学走査部の説明図である。ランプハウスLの光源には映写用ランプを使用し、ガイドを通して走査光源用の平行光線とし、スリットSを通して走査光点の一方の幅を決める(四角形の光点で走査するためこれの一边を決める)。Sを通過した光源は、スリット幅で決められた短ざく形平行光源となって回転多面鏡Mで反射する。この多面鏡を定速回転させると、P点からの反射光線は多面鏡の各面でそれぞれ角 θ の範囲で走査することになる。この走査光線をP点に焦点をもつ曲面鏡Rで反射させ、記録紙D上を $\vec{AB}$ 方向に走査させる。この走査はMの回転でくり返すことになる。今この走査周期を ΔT とすると(1)式で表わされる。

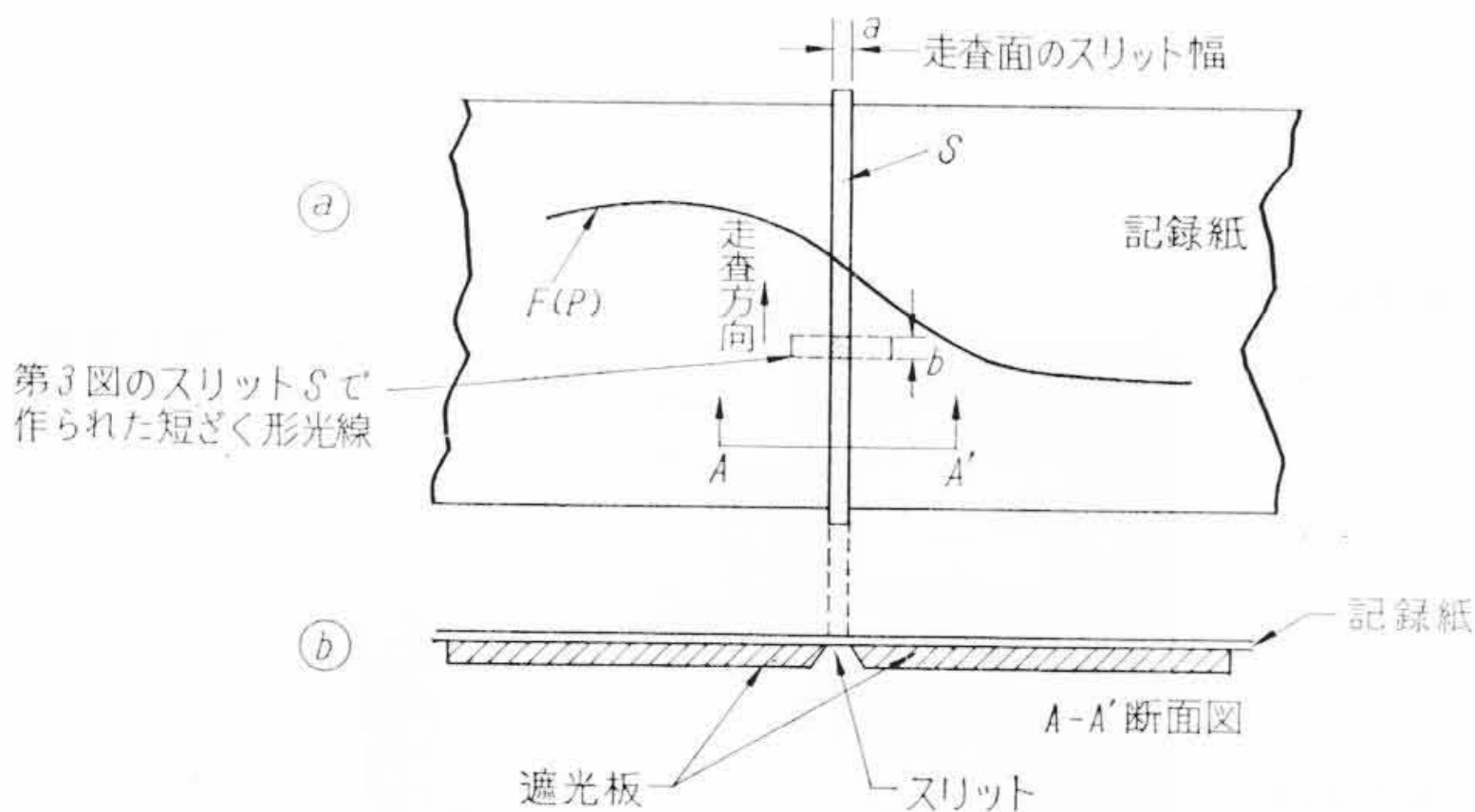
$$\Delta T = \frac{1}{AN} \dots\dots\dots (1)$$

ただし A: 多面鏡の面数

N: 多面鏡回転数 (回/秒)



第3図 光学走査部説明図



第4図 記録紙面における光点走査の様様

記録されたデータの早い変化分を忠実に再現するには、 ΔT を小さくして分解能を向上する必要がある。これは(1)式より A 、 N を大きくすればよい。

N については

(1)機械的強度、(2)機械的寿命、(3)振動に対して各部の相対位置が経年変化するおそれがあるなどの点から、本装置では約 500 rpm とした。

A については

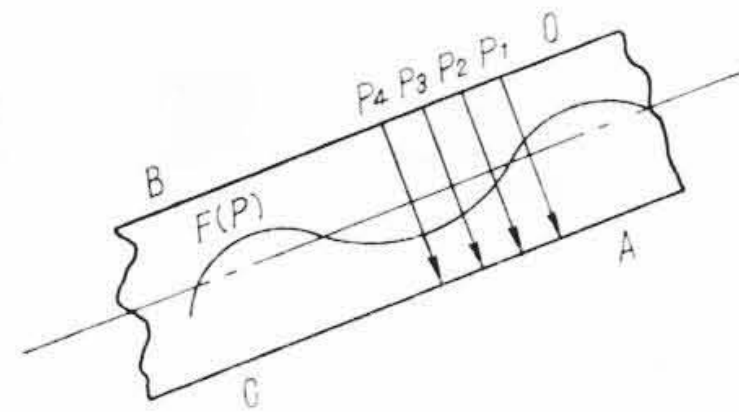
(1)工作技術上からの制限、(2) A を小さくすることにより有効走査角が小さくなり、装置が大形となる。以上より本装置では $A=12$ とした。

多面鏡 M の反射点 P から記録紙までの距離は 50 cm であり、記録紙の有効走査距離は中心より ± 5 cm である。したがって走査角 θ は約 6 度となり、反射鏡 R が平面鏡の場合は回転走査による走査速度の非直線性は tangent 誤差を含むことになるが $\theta \approx 6^\circ$ であるため、直線からのずれは 0.3% 以内である。反射鏡 R が曲面の場合はこの非直線性を相殺する方向に動作するため、回転走査によるひずみは無視してよい。

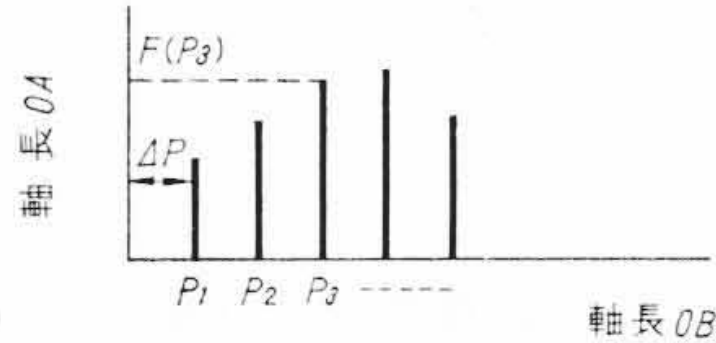
一方記録紙の有効走査幅は 10 cm であり、これが 200 V に相当するため、0.5 mm が 1 V に対応する。したがって関数を描く線の太さ、あるいは関数を描く位置のずれが誤差を支配すると考えてよい。位置、線径などに注意して描図すれば、直線性として $\pm 1\%$ 程度の誤差におさえられる(第 10 図参照)。

反射鏡 R よりの短冊形走査光は、記録紙の面を AB 方向に走査することになるが、走査面を第 4 図のようなスリット S を通した光線で走査すればスリットの通過光は点となり光点走査を行なうことができる。

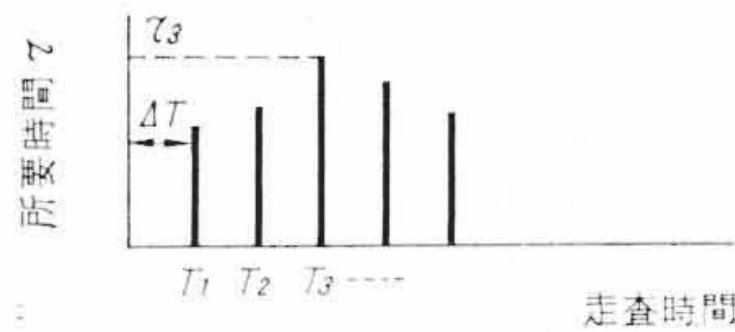
データの分解能は光点の大きさに逆比例して向上するが、一方データの検出を行なう光学検出器の感度は、光点の大きさに比例するため、極度に小さくできない。またデータの描図にあたっては細い



(a) 記録紙に描かれた $F(P)$ 関数

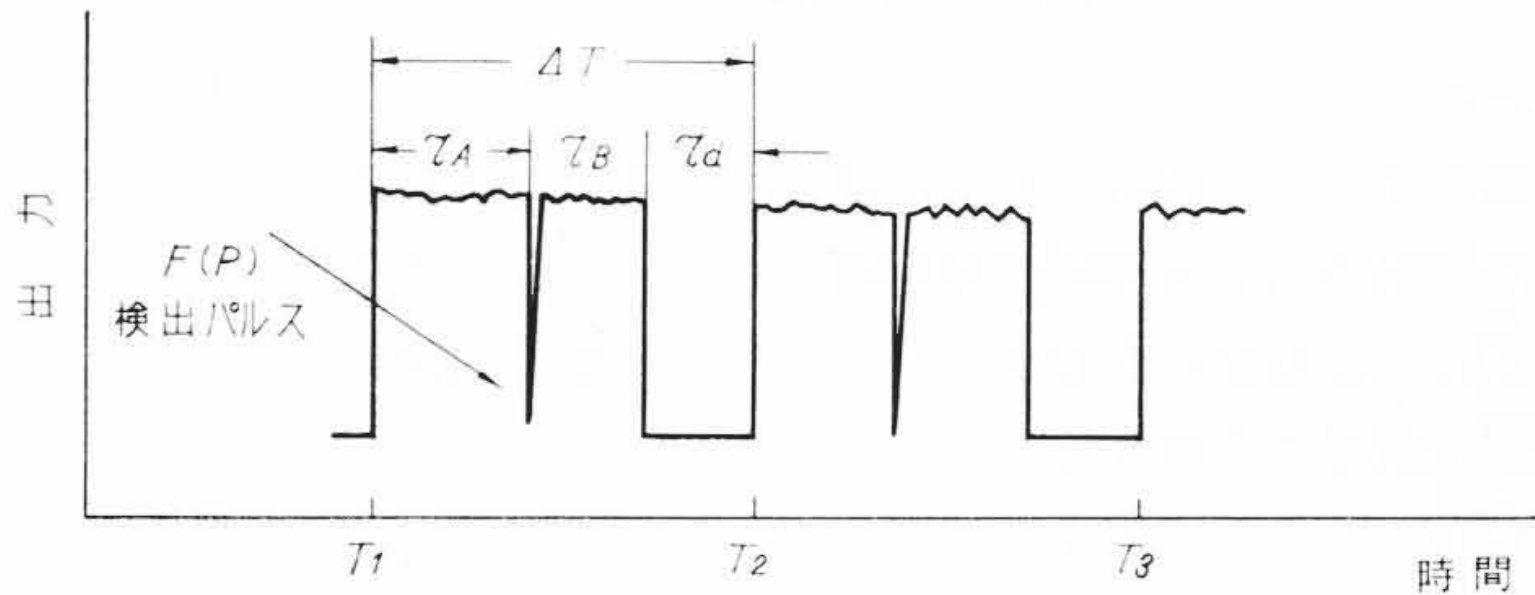


(b) 記録紙上の走査光軌跡



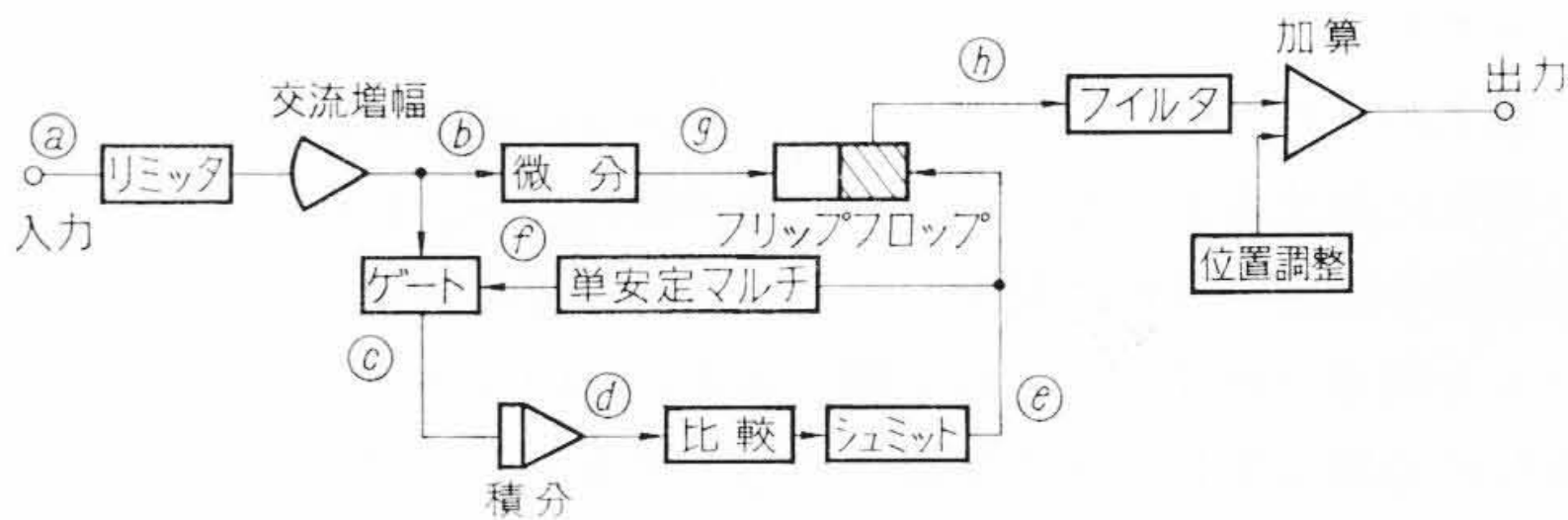
(c) $F(P)$ 図形を時間幅に変換

第5図 時間幅変換過程説明図



- τ_A : 基準線から関数点までの時間
- τ_B : 関数点から第 5 図(c)の AC までの時間
- τ_d : 多面鏡の反射面の切り替え時光点の二重露出を防ぐ死時間

第6図 光電子増倍管出力波形



第7図 復調部ブロック線図

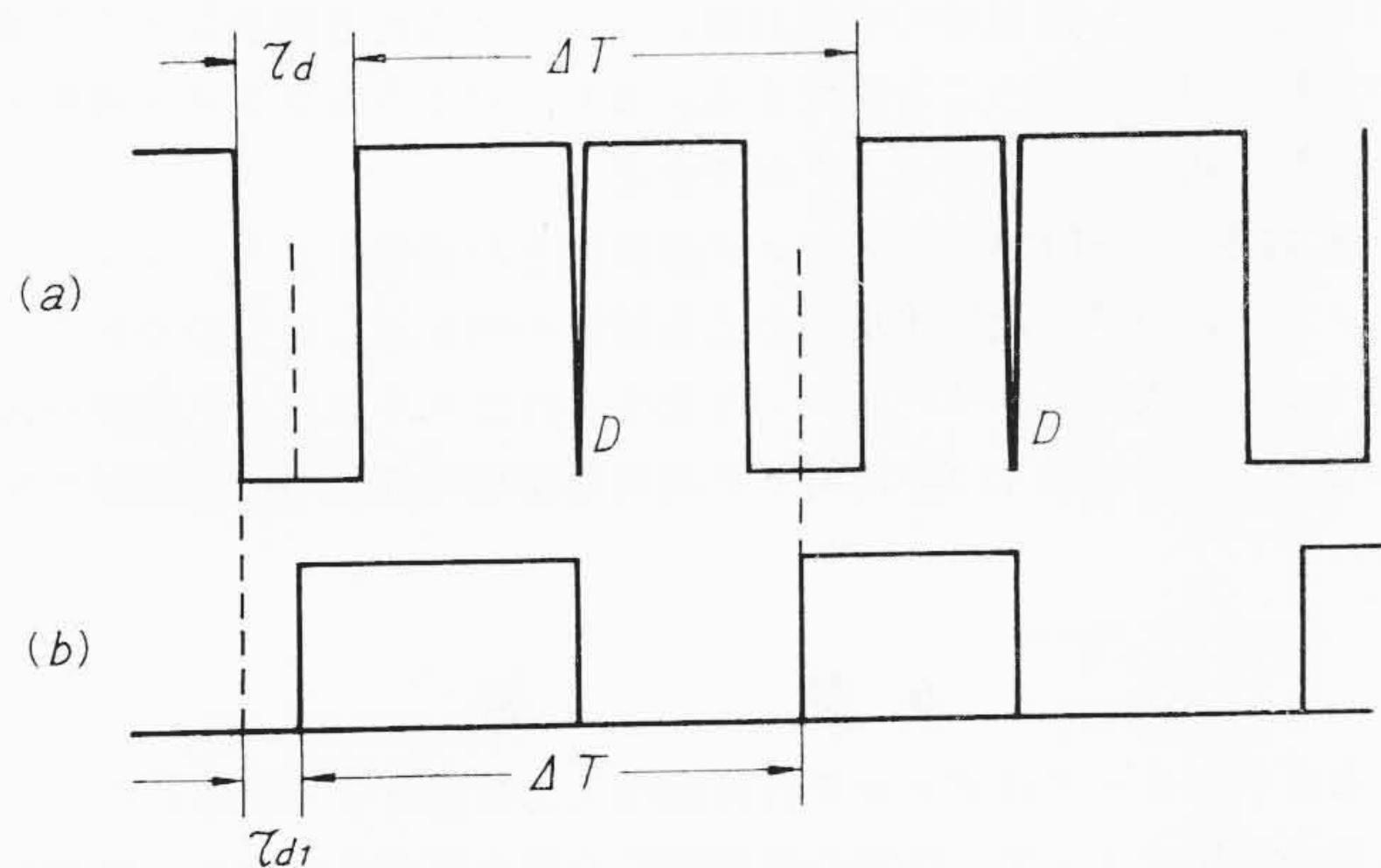
線で描図すると、記録紙の透過度のむらにより S/N が低下するなどの諸条件より本装置では 0.3×0.5 mm の光点とした。

以上により得られた光点で記録紙面を走査すれば、紙上のデータを記録した場所で光点はさえぎられ、透過光検出器にはこの瞬間パルスが得られる。このパルスは基準点から関数値までの距離に比例する時刻に現われ、規定された 1 走査周期を単位とした時分割変調波となる。第 5 図に変換過程を示す。

第 5 図(c)の $F(P)$ は記録紙に描かれた関数である。今光点を $\vec{OA}$ 方向に周期 ΔT で走査し、記録紙が $\vec{OB}$ 方向に定速度で送られると光点の ΔT 時刻ごとの軌跡は、 $P_1, P_2, P_3, \dots$ の線で表わされる。(b)、(c)図は $F(P)$ と $P_1, P_2, P_3, \dots$ が交差した位置、および時間を $\vec{OB}$ 線上を基準として示したものである。第 6 図は検出器の出力信号波形を示したものである。

2.2 復 調 部

第 7 図に復調部のブロック線図を示す。検出器の出力は、電圧も小さく相当の雑音成分を含んでいるため、増幅、整形し第 8 図(c)の波形とする。(a)の波形からアナログ量を得るには一般に幅変調波に直し、後平滑する方法が用いられる。まず(a)の信号をくり返し周期が



第8図 光電気変調波対応図

走査周期 ΔT に等しい幅変調波⑥に変換する必要がある。本装置の場合⑧の信号波形には、多面鏡の反射面切り替え時の光点二重露出を防止する死時間 τ_d が存在するため、この τ_d 時間中の任意の時間 τ_{d1} でフリップフロップを動作させ、次の関数検出信号パルス D でこれらを反転させれば⑥のような幅変調波が得られる。この τ_{d1} の値は、各くり返しで一定でなければならない。

この τ_{d1} の検出は、死時間信号 τ_d を積分し、その値が定められたレベルに達したとき比較器を動作させれば容易に検出できる。

また第7図の各部の動作波形を第9図に示す。以下各部の動作を説明する。

第9図⑥の信号は、ゲート回路を経て積分器に加えられる。積分器の出力は幅の狭い検出パルス D に対しては応答せず、幅の広い τ_d に対してのみ積分出力④が得られる。この出力を比較器に加えて、第8図⑧の τ_{d1} の時間に比較器が動作するように比較器レベルを選定し、比較出力でシュミット回路を動作させて⑨のように比較時の波形を整形する。

この⑨の信号でフリップフロップをセットすれば、第8図⑥の τ_{d1} の点を設定したことになる。一方第9図⑥の微分波形⑧を上記のフリップフロップの反対側に加え、関数検出パルスでリセットする。この動作は走査ごとによりくり返され、フリップフロップの出力として⑩が得られる。この信号を平滑すればアナログ出力⑪が得られる。なお動作の安定を期するため、⑨の信号を単安定マルチを通して⑩の信号を作り、これをゲート回路に加えて積分器の入力を遮断し、これにより走査中における外乱による誤動作が防止できる。本装置により得られた変換特性の誤差を第10図に示す。

3. 記録紙

本装置に用いる記録紙に対しては次のような要求事項があげられる。

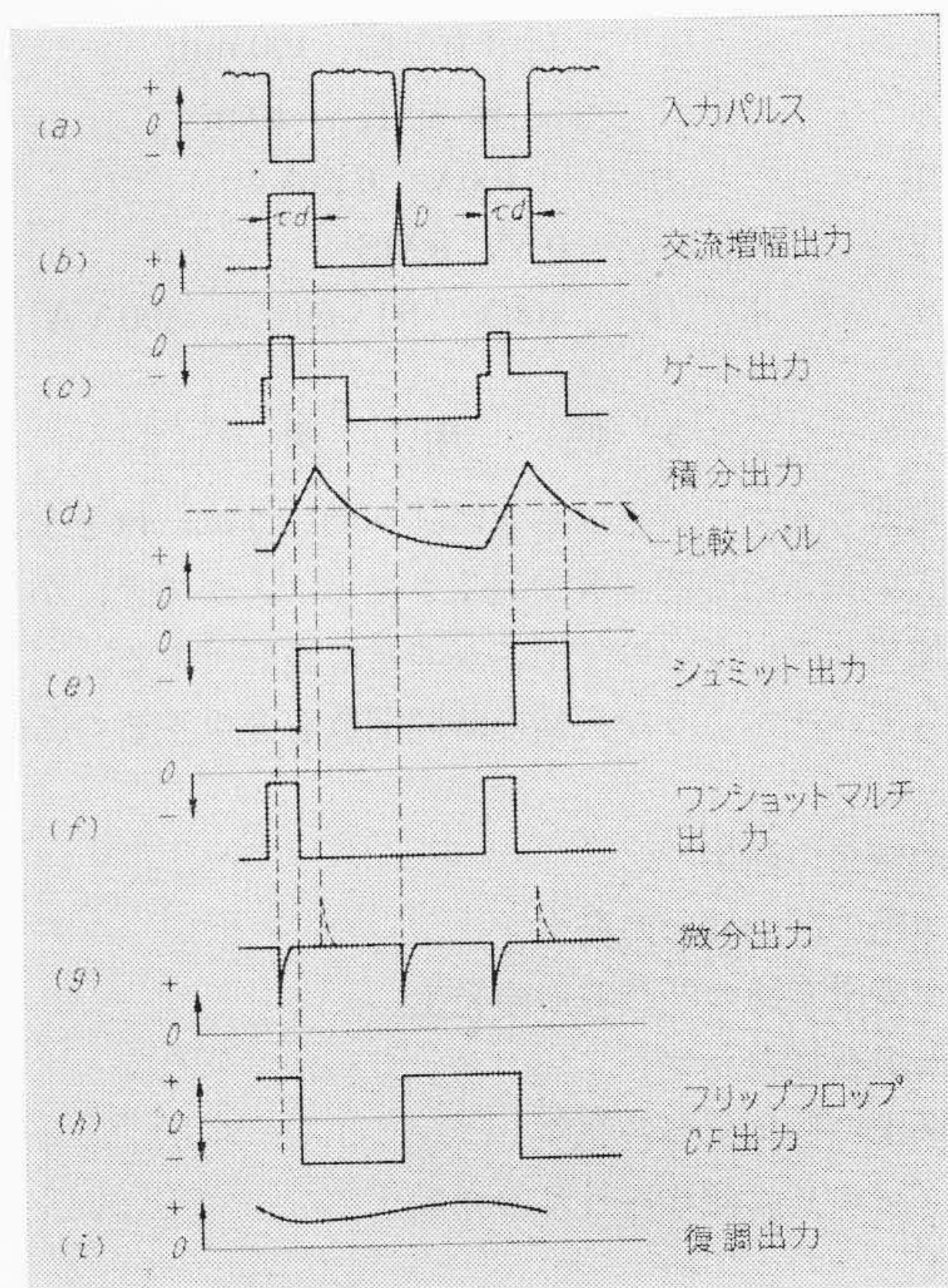
- (1) 記録紙が長いデータ記録に十分なこと。
- (2) 透過光量の損失が少なく、紙質にむらのないこと。
- (3) くり返し使用に耐えること。
- (4) データの記録が容易なこと。
- (5) 入手が容易なこと。

以上の諸条件に対しほぼ満足するものが開発できた。

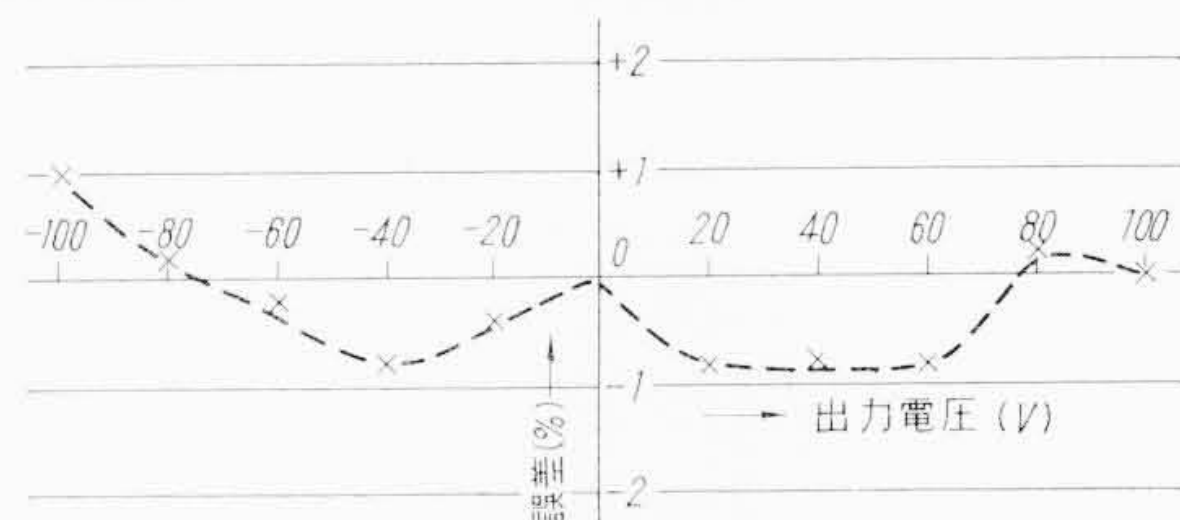
4. 性能

本装置の性能は次のとおりである。

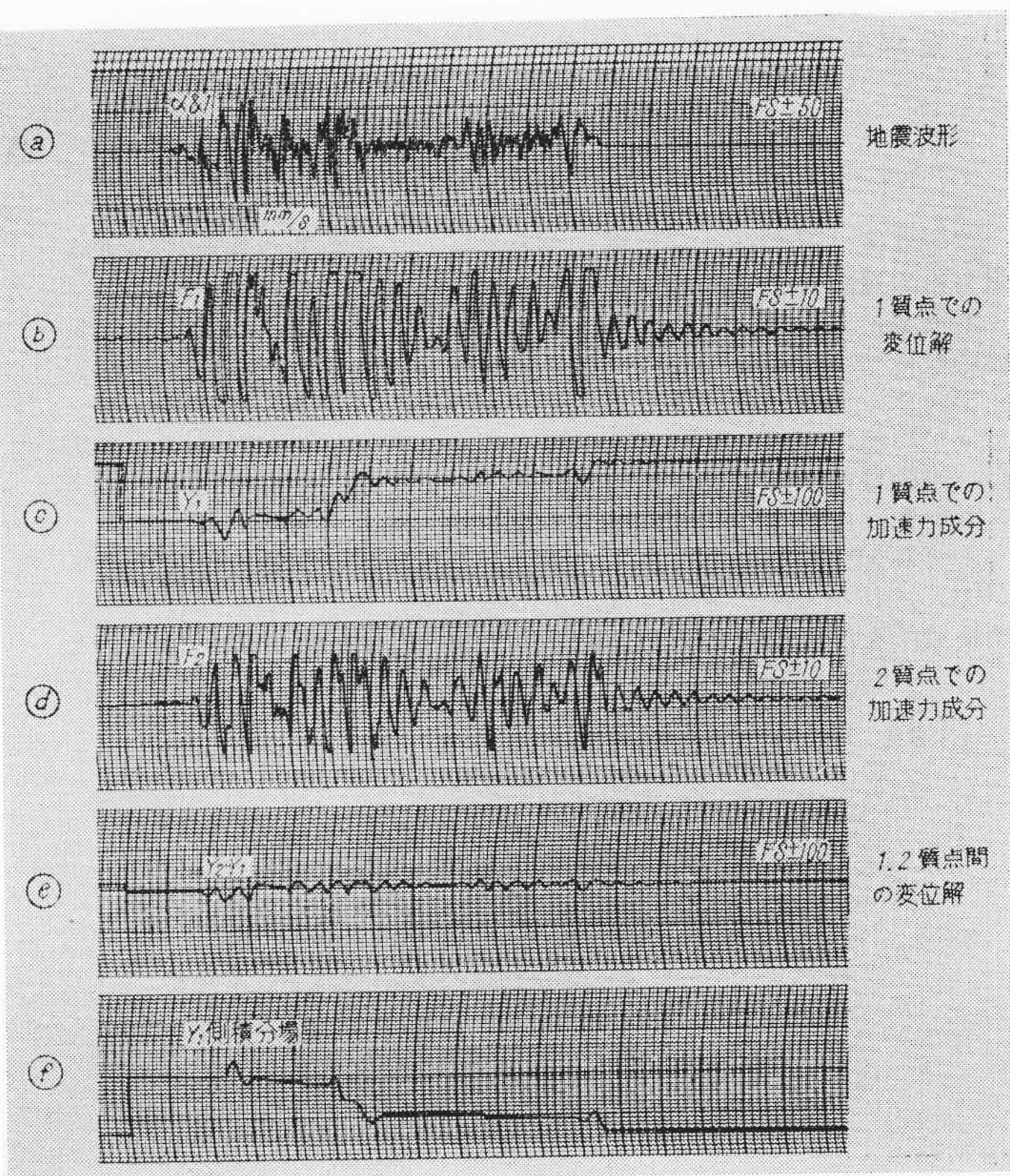
- (1) 変換直線性 最大値に対し $\pm 2\%$ 以下
- (2) 周波数特性 5 c/s の出力に対し -3 dB 以下
- (3) 記録紙送り速度 5, 10, 20, 25, 50, 100 mm/s の6段切替



第9図 復調各出力波形



第10図 直線性誤差



第11図 SERAC* 計算機連動による高層建築物計算例

- (4) サンプリング周期 約 100 点/s
- (5) 入力記録紙 記録紙幅 120 mm

信号有効幅 100 mm

記録紙長 10 m

(6) 出力 $\pm 100\text{V}$ 6 mA

(7) リップル成分 0.5V RMS

(8) 所要電力 100V 50~60 c/s 400 VA

5. 使用 例

この光電式カーブリーダーはさきに述べたように、ほとんど無制限といってよい長さの時間関数を発生させることができ、かつサーボ系などを使用していないので応答が非常に良好である。

したがって、次のような各種の時間関数を発生するのに好適である。

- (1) 地震波の発生
- (2) 道路の凹凸波形の発生
- (3) 空港滑走路の凹凸波形の発生
- (4) 波浪波形の発生
- (5) 風圧の変化波形の発生
- (6) プロセスに対する外乱の発生
- (7) そ の 他

本装置により発生された上記のような各種波形は、そのままアナログ計算機に印加して、地震波に対する構造物の応答解析、自動車

の乗心地計算、防波堤の強度計算、プロセスの応答解析などの各種の解析計算を行なうことができる。またこのようなランダム波形の周波数分析にも使用することができる。

第 11 図は「SERAC」* アナログ計算機との連動により、エルセントロ地震に対する高層建築物の応答解析の例を示したものである。①は本光電式カーブリーダーにより発生されたエルセントロ地震の波形である。②~⑥は①に対する高層建築物の各部の応答波形である。

6. 結 言

本カーブリーダーはアナログ計算機用入力装置として製作したが、本器の使用によって、任意の時間関数の発生が容易になり、複雑な入力信号に対する系の応答を解析するのに役だつと信ずる。今後の利用を期待したい。本装置は東洋レーヨン科学技術助成研究による強震応答解析委員会（設置場所東京大学）およびダイハツ工業株式会社に設置され、前者は建築物の応答解析に、後者は道路の凸凹関数の発生に使用されている。

終わりに臨んで本装置の性能向上に終始ご指導いただいた東京大学工学部、ダイハツ工業株式会社の各位に厚く感謝の意を表する。

* 強震応答解析計算機 (Strong Earthquake Response Analysis Computer の略)



新 案 の 紹 介



登録新案 第 527341 号

小 林 哲 郎・仲 野 善 一

空 気 遮 断 器

この考案は遮断部の分解組立を容易にして遮断器点検時の停電時間を極力短縮しようとするものである。

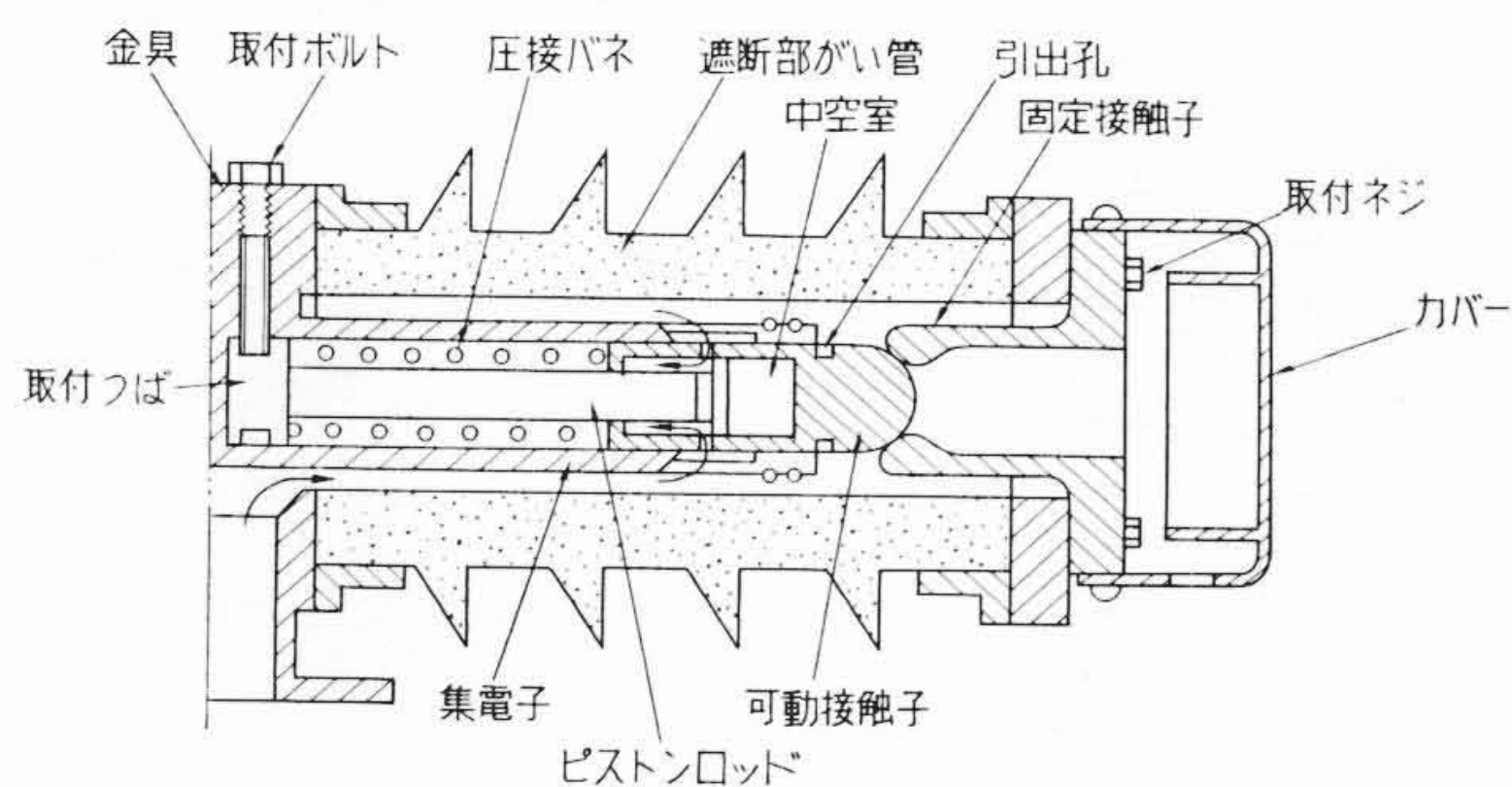
本考案の遮断器は遮断部がい管に同心的に構成された集電筒へ先端に取付つばを持ったピストンロッドをそう入し、金具の上方より下向きに設けた取付ボルトの先端で取付つばを固定し、ピストンロッドの他端を可動接触子の中空室にはめ合わせたピストンに連結し、可動接触子と取付つばの間に圧接バネを設けたものであって、遮断動作は次のようにして行なわれる。

まず制御弁が動作して金具の下方より遮断部がい管内に高压空気が送入されると、一部の圧力が矢印で示すように中空室にはいり可動接触子を圧接バネの弾力に逆らって左方に駆動し、固定接触子と

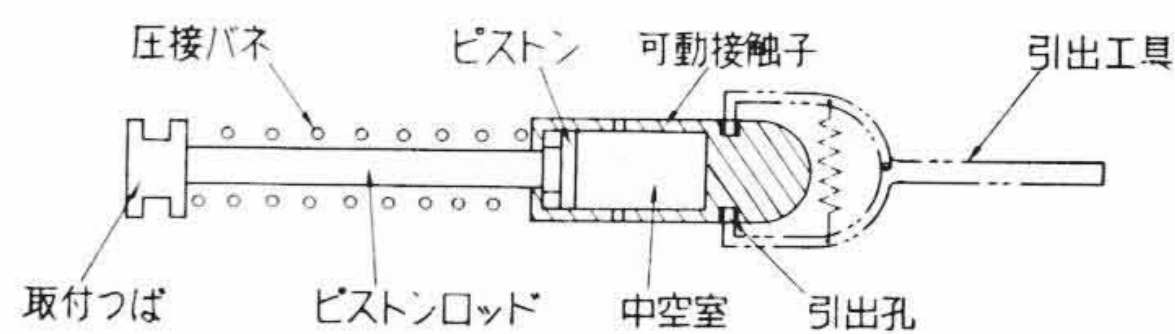
の接触を開き接点間に発生したアークを固定接触子のノズル内に吹き込んで消弧する。

遮断部の点検の際にはカバーをはずして取付ネジを抜き取れば固定接触子をはずすことができ、さらに取付ボルトをはずし遮断部がい管の右方開口端より引き出し、工具をそう入して可動接触子の引出孔にこれをひっかけ可動接触子、ピストンロッド、取付つば、圧接バネを第 2 図に示す状態に引き出すことができる。組立作業は前に述べた分解作業を逆から行なえばよい。このようにして本考案の遮断器は点検のための分解組立が簡単に行なえるので、従来のものに比べ点検時の停電時間が著しく短縮できる。

(岩田)



第 1 図



第 2 図