

重量選別機の検出部

Detector of Weighing Checker

山上和夫*
Kazuo Yamagami

要 旨

これまで遅れていた包装作業の合理化が近年急速に進められている。この一連の包装作業の各段階には検査工程が含まれているので包装プラントとして完成されるためには、この検査工程の自動化が必要である。ここでは新しく開発された製品重量自動検査装置の検出部について説明する。

1. 緒 言

各種の生産工程の最後に包装作業があり、この作業は個装、内装、外装の順で行なわれ、輸送に耐える包装形態となって包装作業が完了する。この包装作業の各段階においては検査が行なわれ、品物は定量に充てんされているか、異物はいっていないかなどの点が調べられる。したがって包装作業を自動化して合理化を図るためには、検査作業の自動化もあわせて進めなければならない。重量選別機はこのような用途に使用する自動検査装置である。したがって一般に使用されている天秤、台秤などの重量測定器と異なり、品物の取扱いもあわせて行なうことが必要なので次のことが要求される。

- (1) 前後の装置との品物の移動が容易なこと
- (2) 前後の装置と能力が合致していること
- (3) 取扱いが簡単で保守の容易なこと

このように装置の一部としての構造が必要とされると同時に、一般の計量機の20回/分程度の能力に対して100回/分かそれ以上を要求される場合が多い。またプラントに組み込まれて使用するため、繰返し使用回数が非常に高い。たとえば3万回～5万回/日の使用が見込まれるため各部品は安定性の高いものでなければならない。

重量選別機を構成している要素としては供給部、検出部、制御部、選別部に大別されるが、ここでは主として検出部について述べる。

2. 重量選別機の構造

重量選別機の構造はその用途により非常に異なるが、袋物用に製作された形式MC-21の構造を図1に示し、その外観を図2に示す。選別機の仕様は

形 式	MC-21
秤 量 値	55～110 g
精 度	±1.5 g
能 力	100回/分
電 源	AC100V

この選別機の前装置ともコンベヤベルトにより品物を連続して流しているため、これとの接続が容易になるようにテトラン製計量ベルト①が連続して移動しており、品物は容易にこの計量ベルト上に乗るようにしてある。品物は計量ベルトとともに移動して検出部②に固定された計量受皿③上を移動中にその重量が測定され、制御部において電氣的に適量、過不足に判別される。適量の場合にはゲートは開かず搬出ベルト⑥により次の装置に送り出され、過量品の場合には過量ゲート④、不足品の場合には不足品ゲート⑤をそれぞれマグネットにより持ち上げて品物を落下させる構造である。

一般に品物を計量受皿上に供給する方法、品物を重さにしたがって振分ける方法には各種あり、品物の形状、精度、能力にしたがい

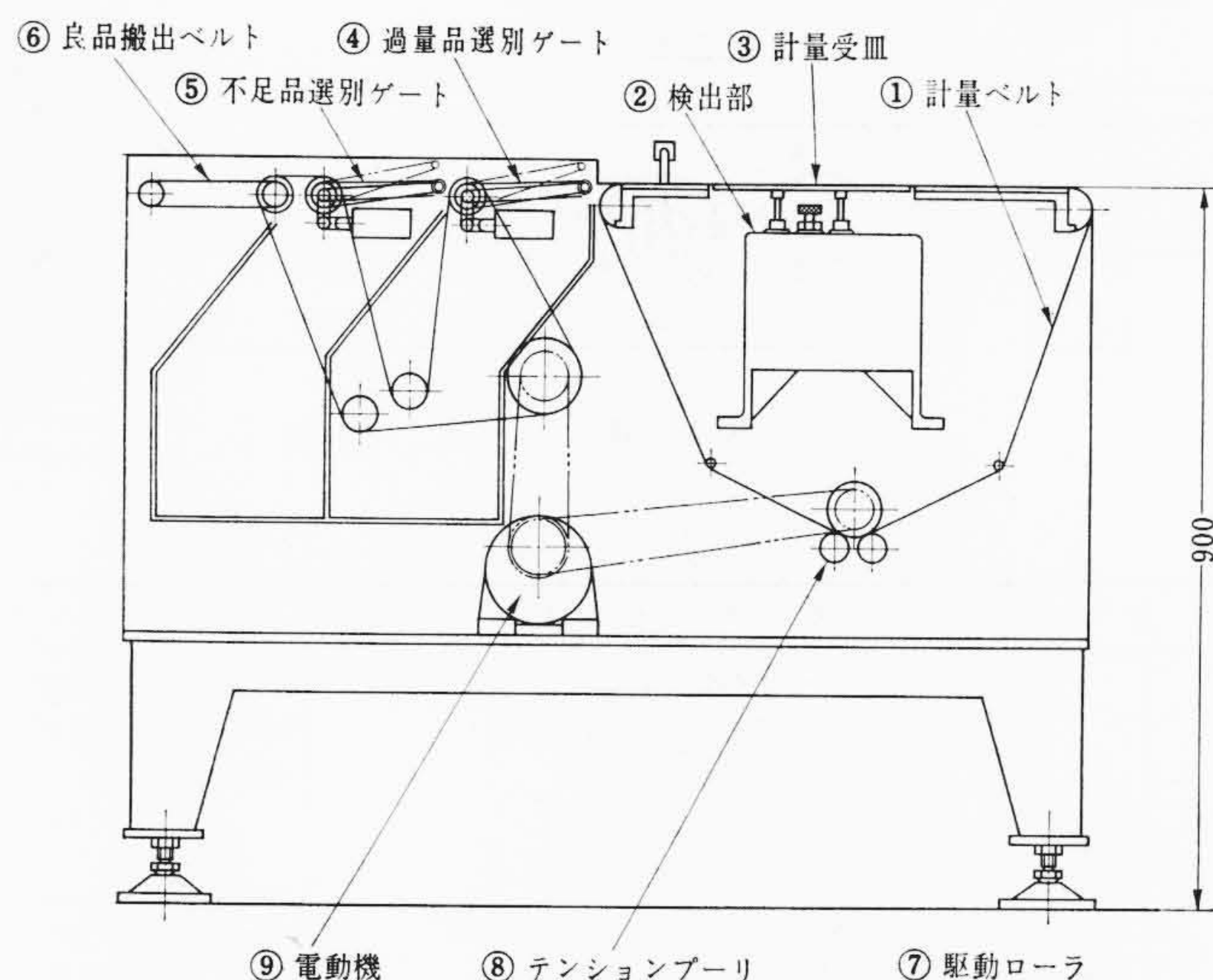


図1 MC-21形重量選別機の構造



図2 MC-21形重量選別機

選択する必要がある。検出部の構造はいずれの場合においても同一方式が採用できる。検出部とこれから与えられる信号を処理する制御部のブロック線図を示すと図3のようになる。MC-21形の場合は図の計算機は持っていないがこのフィードバック信号は主として前工程の充てん機の調整に使用され、フィードフォワード信号は次工程で品物の重量補正または工程管理に使用されることが多い。

この選別機の操作を図4についてみると、まず操作盤の表面に取り付けられた操作回路の電源投入スイッチを入れ、一定時間後ゼロ調整ノブによりゼロ点調整をし、電動機のスイッチを入れると運転にはいる。運転中は重量がランプ表示され、選別されると同時に計数器で数えられる。

図5は制御部を示したものである。電気回路はプリント配線としてコンパクトに左側のボックス内におさまられている。重要個所の

* 日立製作所川崎工場

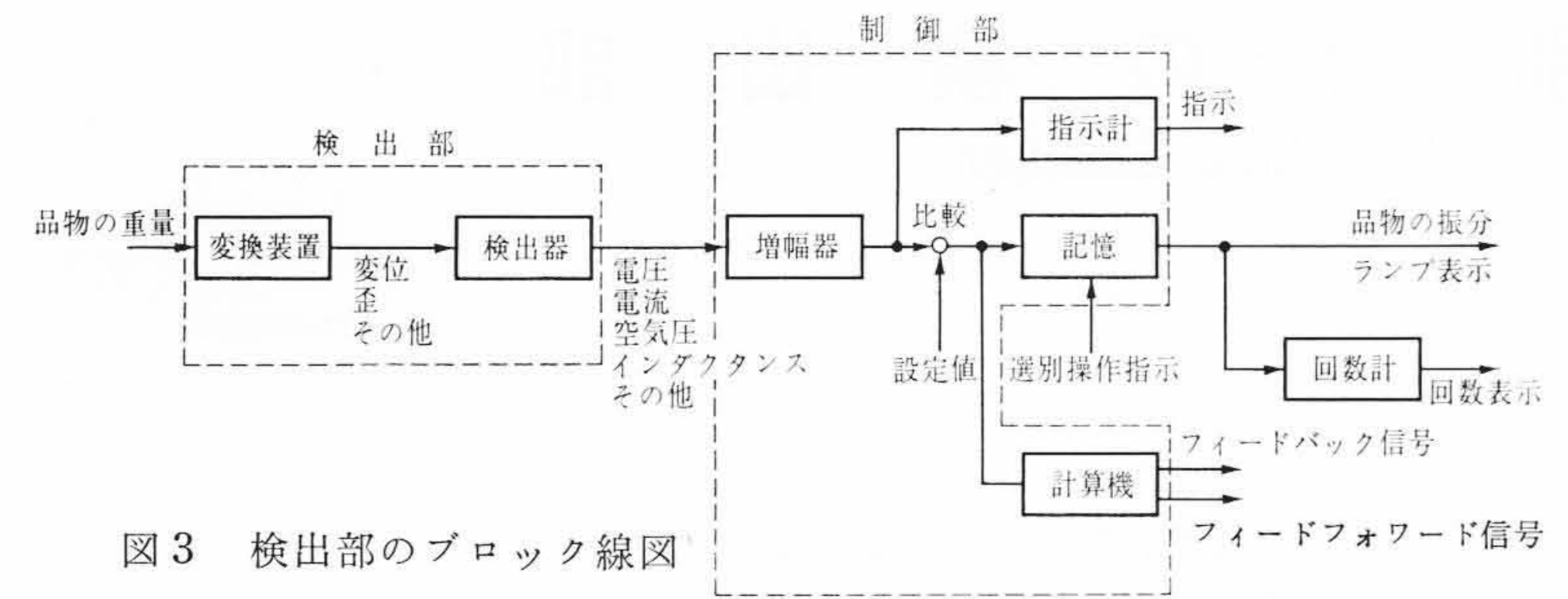


図3 検出部のブロック線図

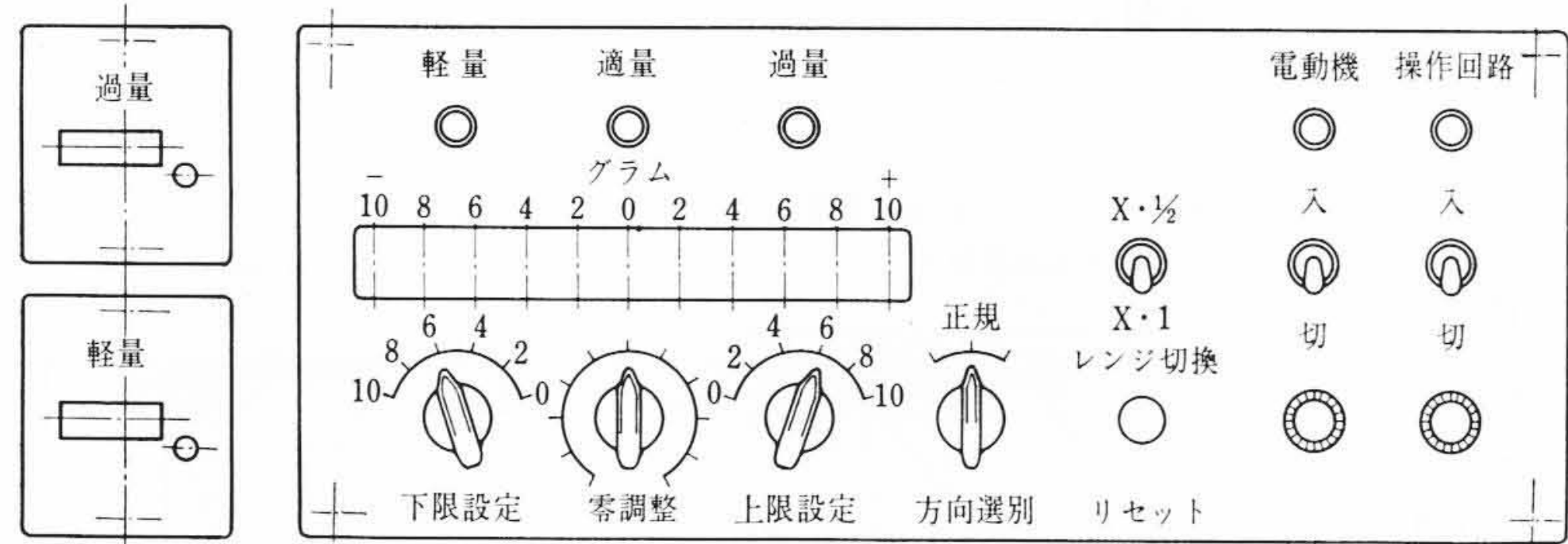


図4 操作盤

表1 計量方式の分類

分類		長所	短所	品物供給方法	備考
重力を利用するもの	強制平衡方式	はりの特性に無関係となるため特別の考慮を要しない。	フィードバック要素が難しい。	容易	British Packager of Lard 社などが実用化している ⁽¹⁾
	自然平衡方式	構造簡単で最も基本的方式。	はりに関する各要素の影響を受ける。	容易	一般に天秤、パネ秤として、使用されている方式。
	はりの過渡現象をとらえる方式	計量時間は短時間でよい。	初期条件の影響が大。	やや困難。	大和製衡株式会社 ⁽²⁾ 、久保田鉄工株式会社で使用されている。
	運動量を利用する方式	簡単である。	品物の形状により採用困難。	容易であるが品物ごとにことなる。	ベアリングの選別に利用されている。
特別の利用加する速度場の	遠心力などの特別な加速度を利用するもの。	重量の拡大が可能。		高速度の場合に品物を供給するため品物に制限を受け、困難。	アメリカ国立標準局で貨幣選別に使用 ⁽³⁾

表2 支持方式の比較

	寿命	固有振動数	精度	秤量範囲	四隅の誤差	保守
上皿天秤方式	支点を有ししゅう動するので寿命あり。	低い。	高い。	重いもので利用できる。	製作に注意すれば、ほとんどない。	要
パネ支持方式	しゅう動部を持たない。	高い。	品物に影響される。	制限がある。	ある程度はやむを得ない。	不要

電圧、電流値が切換スイッチを切換えることにより右上のメータに指示できる構造をとり、電気回路について素人でも容易に回路チェックできるよう考慮されている。

重量選別機の最も重要な部分である検出部について以下検討する。

3. 検 出 部

検出部は品物の重量を変位、またはひずみに変換する変換装置と、

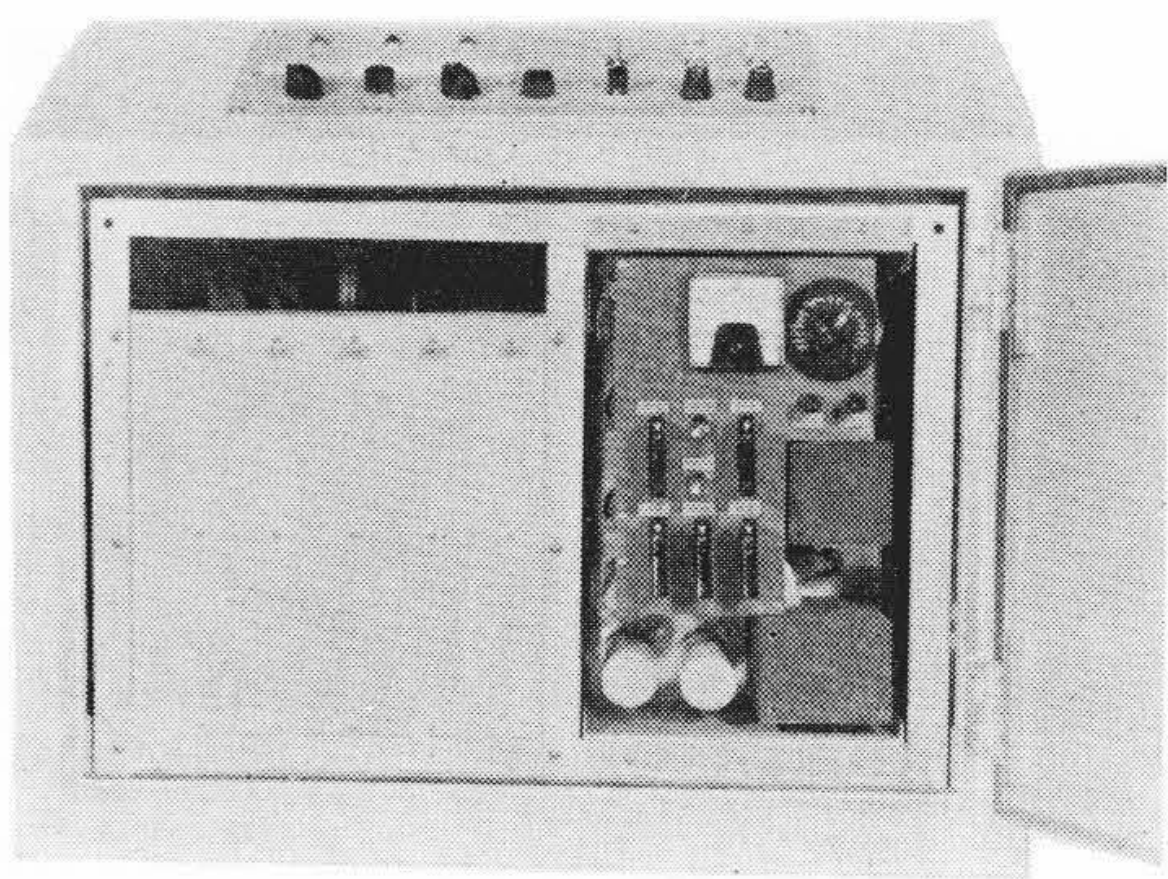


図5 制 御 部

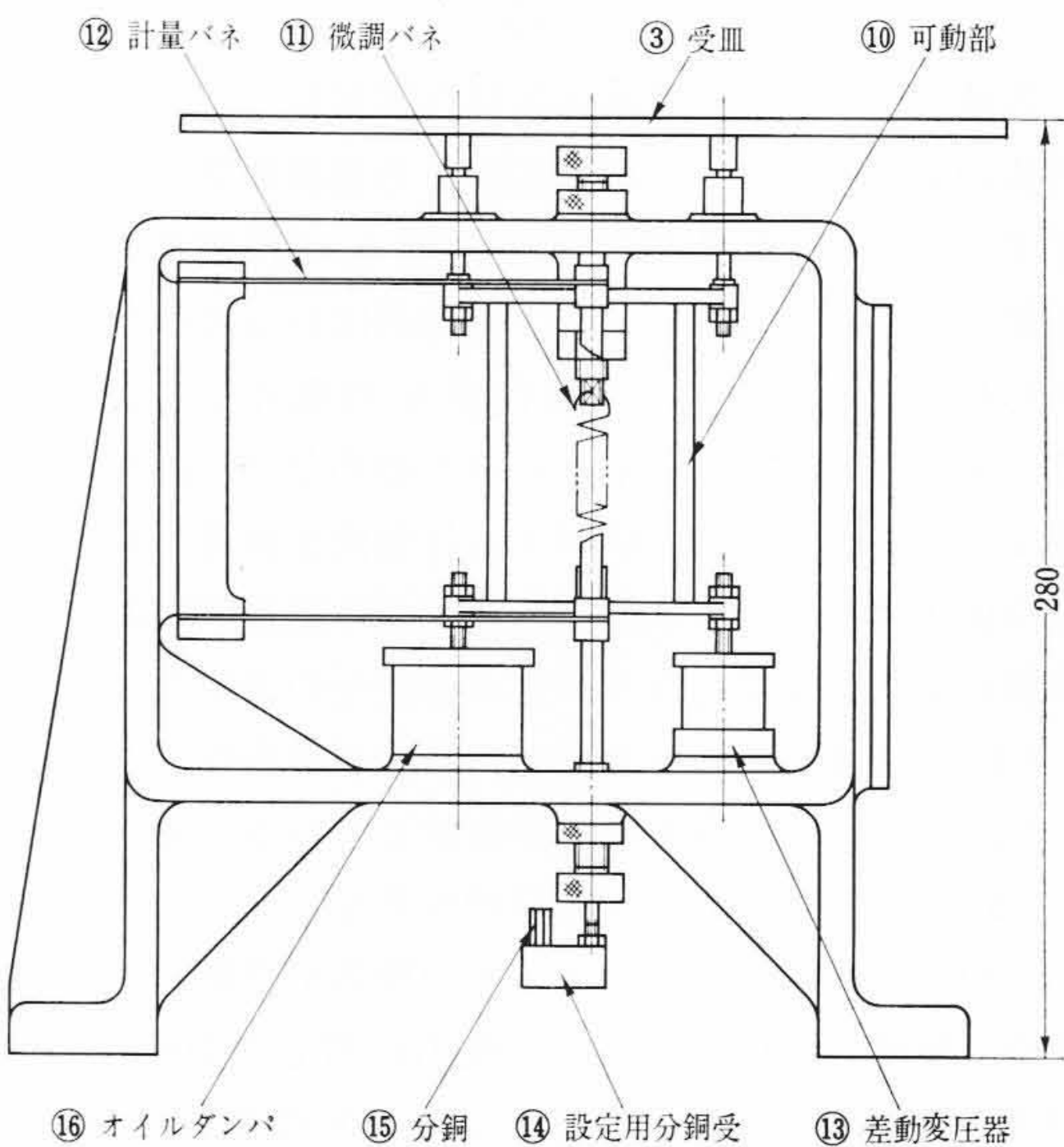


図6 MC-21 検出部構造図

この変換された量を読み、操作しやすい量にして取り出す検出器によって構成される。以下各種の方式を比較するとともにわれわれの採用した方式について述べる。

重量の測定は天秤にみられるように標準の分銅とレバーを介して釣合わせる方法が最も精度高く一般に用いられている方法であるが、自動的にしかも高速な釣合いを行なわせるには電氣的な力との釣合い、空気圧による釣合い、パネによる釣合い、またはこれらを組み合わせた方式が用いられる。この釣合いを動的にみて分類すると表1に示すようになる。このうちでは自然平衡方式が最も基本的で、構造が簡単なのでこの方式を用いることにした。この方式を用いても現在要求されている精度、能力は十分満足できる。また品物を保持する方式に、天秤式と上皿天秤式の2種類があり、前者は受皿の保持具が品物の移動に制限を与える。また受皿の固定が不安定であることにより後者の方式が有利である。さらにこの上皿天秤方式を考えると支点の数が多し。レバーが重くなるという点が保守を困難なものとし、系の固有振動を落とし高速計量が困難となる。したがってこの支点をなくしレバーをパネで置きかえたパネ支持方式が考えられる。ここでこの2者を比較すると表2のようになり精度的に不満足でも保守の容易な面より後者を採用することとした。このようにして変換された値を読みとる方式としては差動変圧器形、容量変換形、電磁形など種々のものが用いられている。ここでは製作容易、構造簡単な差動変圧器を採用した。

このような方針のもとに製作した計量部の構造を示すと図6のとおりである。上側2枚、下側2枚の板パネ①の一端をフレームに固定し他端に可動部④をつるし、この可動部と受皿③、差動変圧器コ

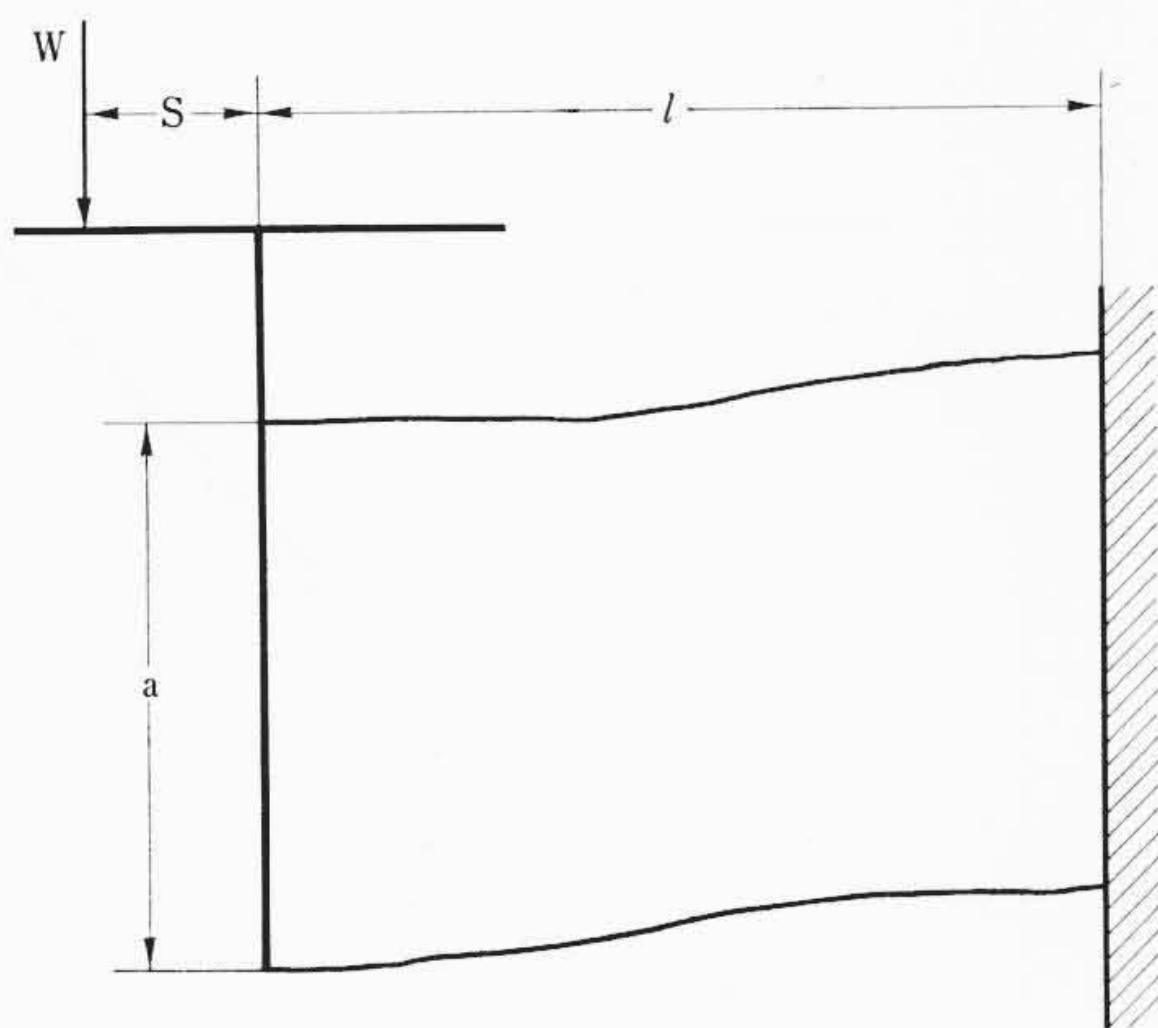


図7 平行バネ系

ア⑬, オイルダンパ⑯, 微調用バネ⑪さらに設定用分銅受⑭を設けている。この検出部の平行バネ, バネ常数, 減衰係数の決定については次に述べるが, ここで特に注意した点を記す。

- (1) 平行バネささえは上下の板バネの間隔が両側で同一でないとバネ常数が変化する。したがって可動部, 固定部とも同一材料を使用し, 温度変化に対してバネ常数の変化がないよう考慮した。もちろんバネ材料には恒弾性バネを使用した。
- (2) 計量フレームは鋳物とし, 剛性を強くして変形を生じないように考慮した。
- (3) 重量の設定は分銅で行なうこととし, 最も単純で安定な方法を採用した。
- (4) オイルダンパプレートには合成樹脂を使用し軽量化を図った。また油にはシリコン油を使用し, 減衰係数の変化を少なくした。
- (5) 微調バネを設けゼロ点調整を容易にした。
- (6) バネの取付間隔をできるだけ広くとり, 四隅の誤差を減ずるよう考慮した。
- (7) 板バネの固定部はボルト2本により締付ける構造とした。この固定が十分でないとバネ常数が安定しないので注意を要する。
- (8) 上下左右にストッパを設け, バネに無理な力がかからないようにするとともに平行バネ系の応答時間をはやめた。

3.1 平行バネのバネ常数

平行バネささえは4枚の板バネで可動部を保持する構造である。同一面の2枚はねじりモーメントの影響を減ずるため, 上下方向は曲げモーメントの影響を減ずるためである。以下検討を容易にするため上下各1本のバネとして考える。図7のように W なる荷重が可動部より S だけ離れたところに作用したとすると, 上下の板バネで荷重 W をささえると同時に上側の板バネに引張り荷重, 下側の板バネに圧縮力が生ずる。この状態で平行バネのバネ常数を求めると(1)式で表わされる。

$$K = P \sqrt{\frac{P}{EI}} \cdot \left\{ \frac{\sinh u}{u \sinh u + 2(1 - \cosh u)} - \frac{\sin u}{u \sin u - 2(1 - \cos u)} \right\} \quad (1)$$

ここで, K : バネ常数

E : 板バネの横弾性係数

I : 板バネの断面2次モーメント

P : 荷重によって板バネに考えられる引張力, 圧縮力で

$$P = \frac{W(S+l)}{a} \text{ で表わされる。}$$

$$u: \sqrt{\frac{P}{EI}} \cdot l$$

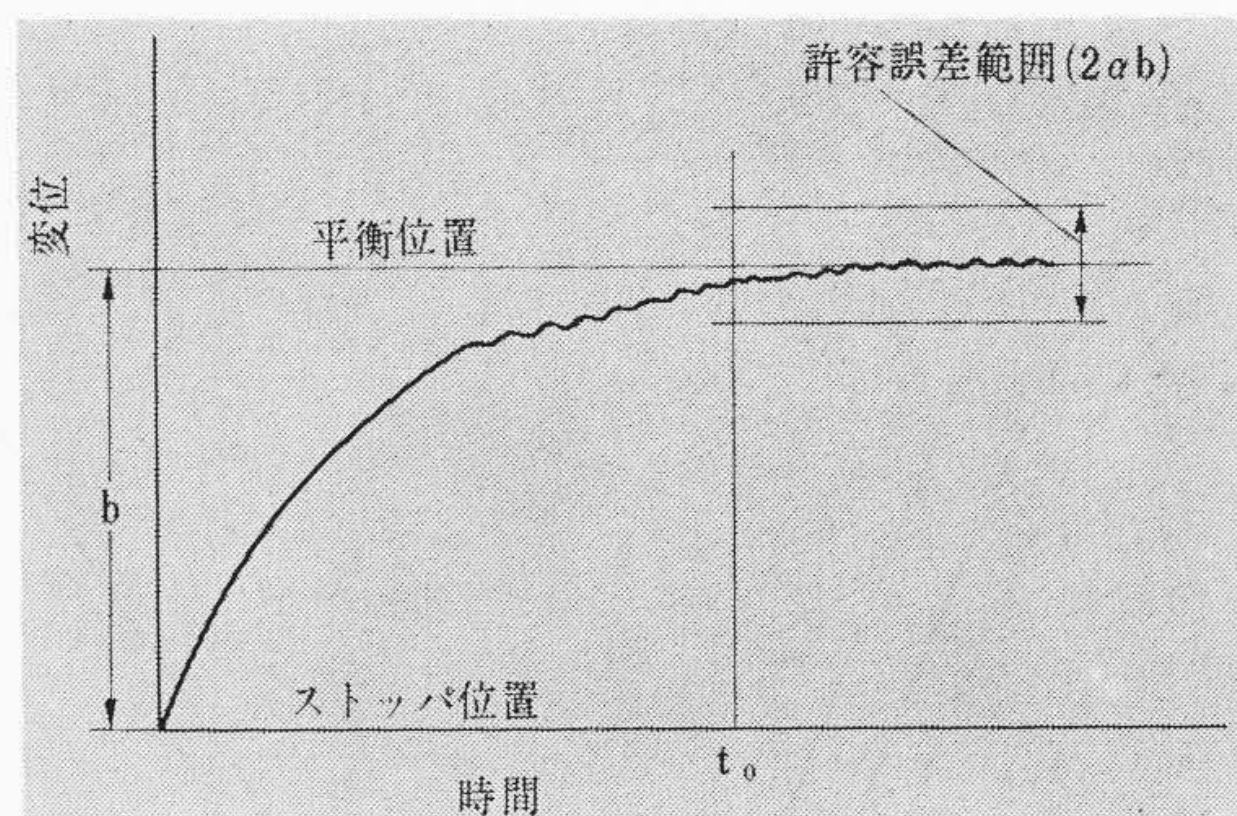


図8 平行バネ系の応答曲線

さらに $u < 1$ として近似すると(2)式となる。

$$K = \frac{24EI}{l^3} \left\{ 1 - \frac{1}{8,400} \cdot \left(\frac{Pl^2}{EI} \right)^2 \right\} \quad (2)$$

(2)式において第2項は荷重の乗る位置に影響される項で $u < 1$ なることから第1項に比べて無視できる。このバネ常数の計算式は実際とよく一致するが, 荷重の乗る位置による影響を測定すると相当大きな値となり, 第2項より計算した値の100倍にもなる。この相違は可動部が常に平行に移動すると仮定したことによると考えられ, 第2項の係数は実験結果により補正する必要がある。

3.2 バネ常数の決定

品物が乗ったときの平行バネ系の応答はバネ常数, 減衰係数により大きく変わることは周知のとおりである。これらの応答のなかから最適の応答は何かについて検討する。記号としては次のものを用いる。

K : 平行バネのバネ常数

c : 減衰係数

m : 可動部の質量と品物の質量の和

b : ストッパ位置より平衡位置までの距離

α : b に対する許容誤差の割合

p : c/m

q : k/m

$x(t)$: 荷重による平行バネ系の応答

$N(t)$: 外乱による平行バネの応答

G : 外乱の振幅

ω : 外乱の振動数

t_0 : 検出部に許容される許容時間

n : 許容時間内の自然振動回数

まずバネ常数の決定から考える。仕様として選別能力が与えられると, 1個の品物を計量する時間が決定され, この時間を t_0 とすると平行バネ系は, この時間に計量精度から定まる一定誤差範囲内に減衰していなければならない。また現在取扱う範囲では過減衰にして使用するほうが, 次節で述べるように外乱に対して有利である。したがって臨界減衰状態でも減衰している必要がある。この状態を図8に示す。また t_0 を

$$t_0 = \frac{2\pi}{\sqrt{q}} \cdot n \quad (3)$$

とにおいてこの時間内に許容範囲内に減衰する条件を求めると(4)式となる。したがってこの式を満足するバネ常数を決定すればよい。

$$\alpha q < e^{-2\pi n} \{1 + 2\pi n\} \cdot \frac{(2\pi n)^2}{t_0^2} \quad (4)$$

ここで αq は許容誤差を重量誤差に相当する値に置きかえたもので次の関係がある。

$$\alpha q = \text{重量誤差} / mb \quad (5)$$

このことより選別精度が与えられると, 検出部に許容される重量誤

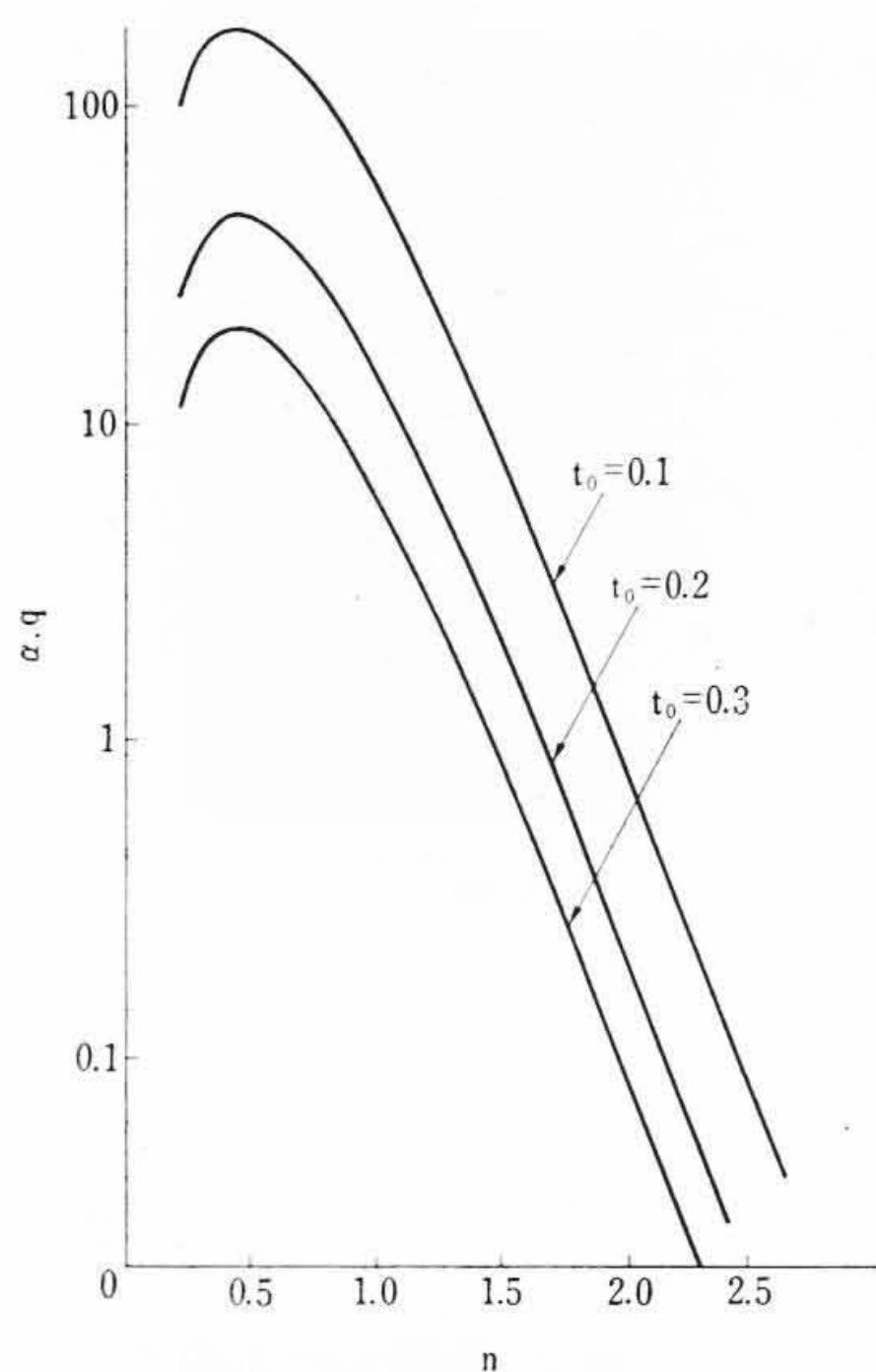


図 9 n - αq 関係曲線

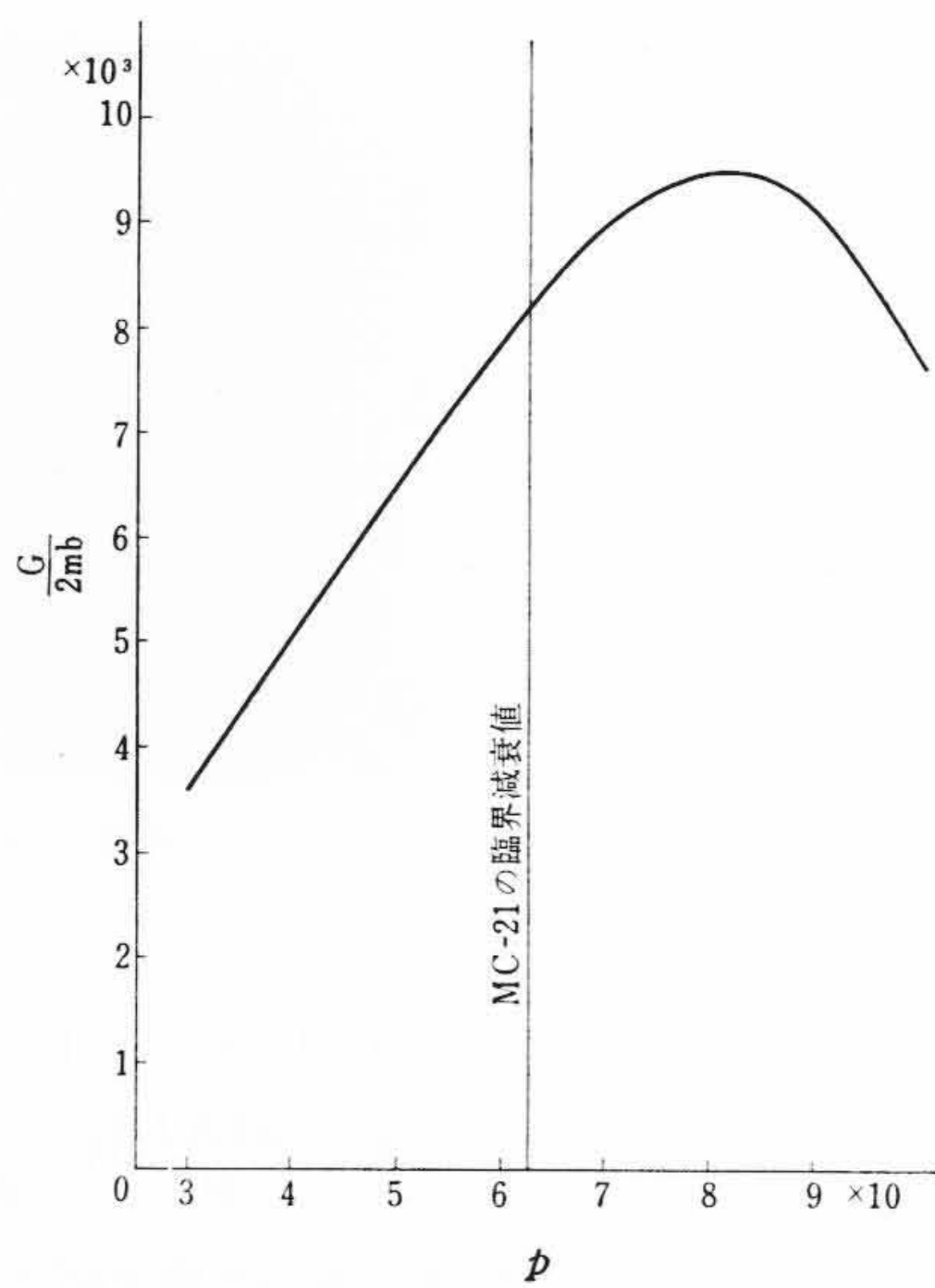


図 10 MC-21 の減衰係数の最適値

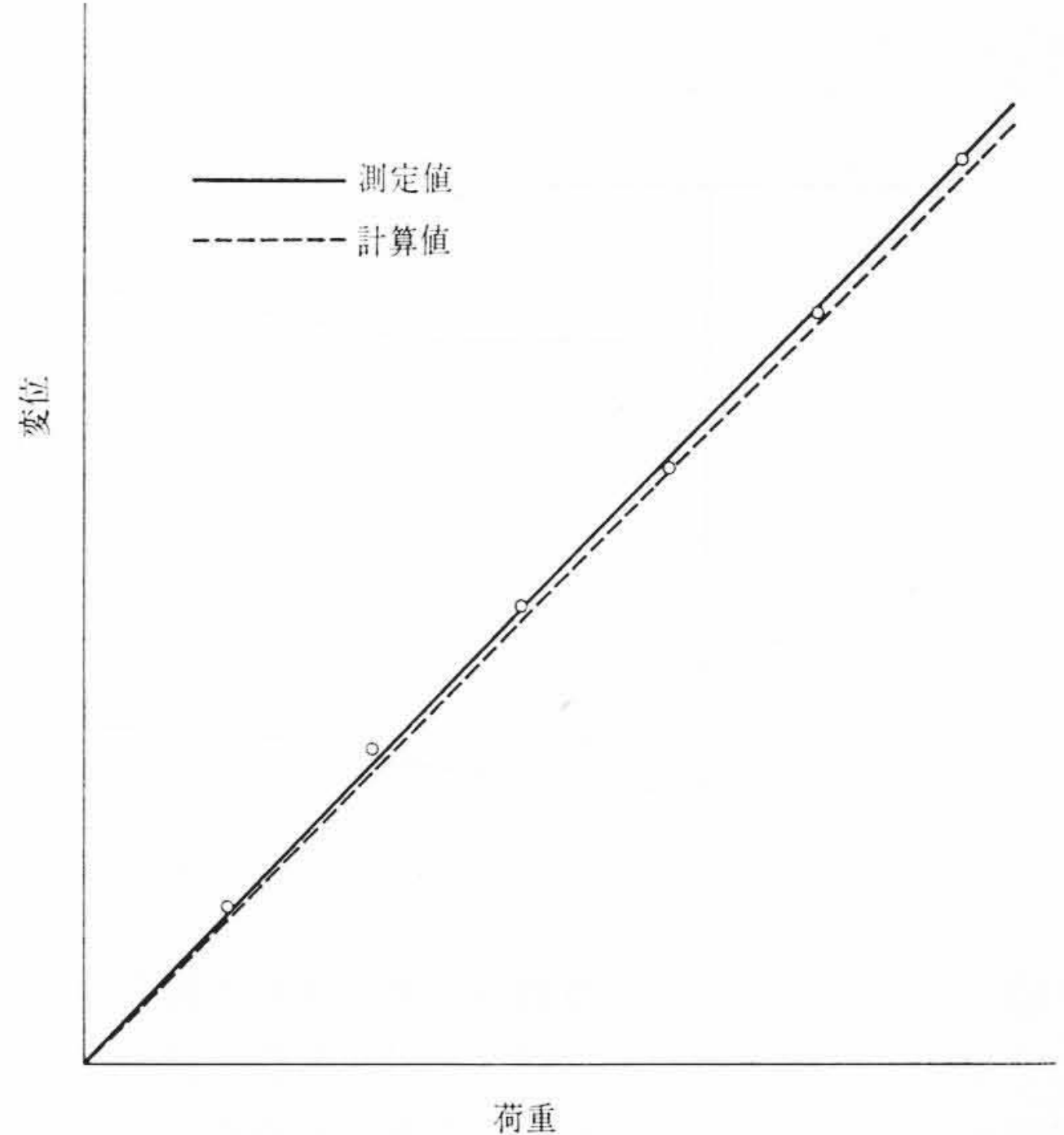


図 11 MC-21 のバネ 常数

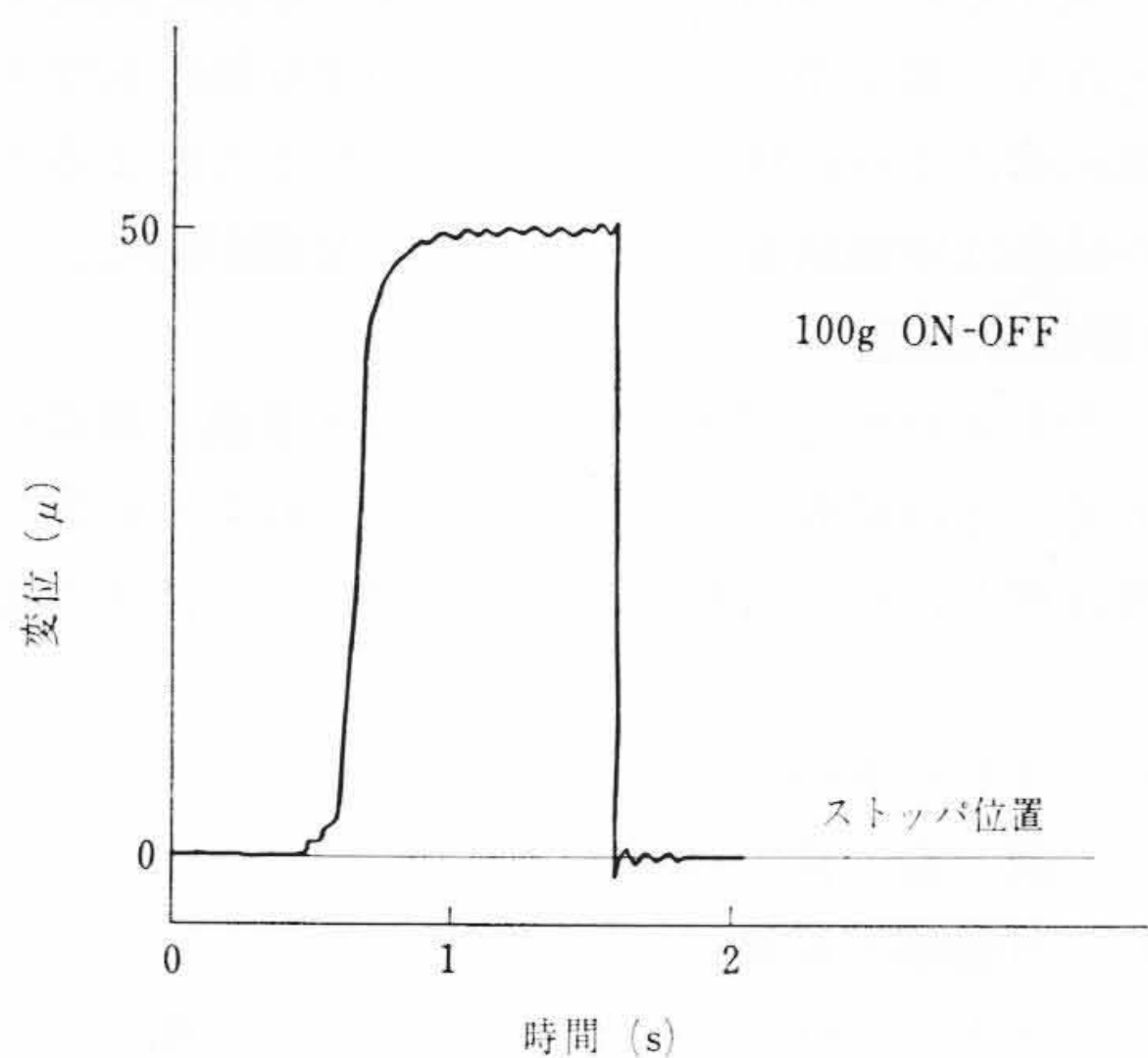


図 12 MC-21 の 過 渡 応 答

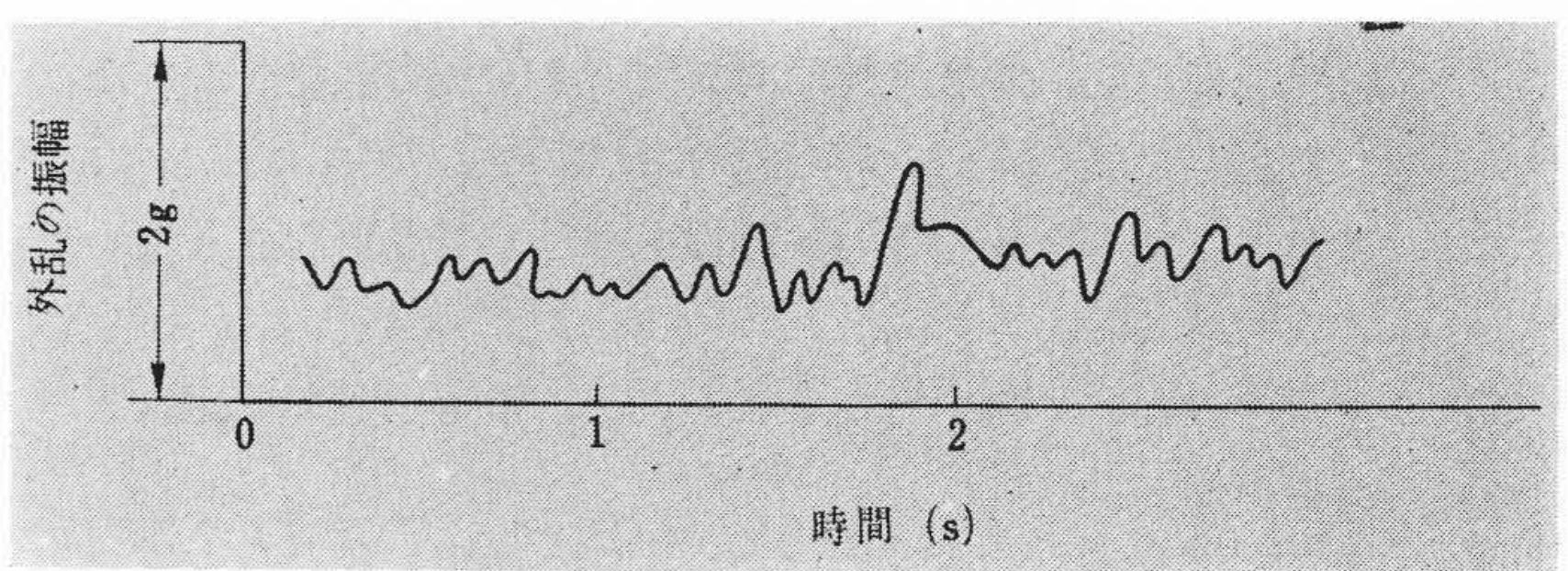


図 13 ベルトによる外乱

$$|N(t)|_{\max} = \frac{G \cdot m}{2pq} \dots\dots\dots (7)$$

この(7)式とステップ状関数に対する周知の応答を $x(t)$ に代入して整理すると次式が成立する。

$$p^2 < q \quad G/2mb = \left\{ \alpha - \frac{1}{\sqrt{1-p^2/q}} e^{-pt_0} \right\} pq \dots\dots\dots (8)$$

$$p^2 > q \quad G/2mb =$$

$$\left\{ \alpha - \frac{(p - \sqrt{p^2 - q})e^{-(p + \sqrt{p^2 - q})t_0} - (p + \sqrt{p^2 - q})e^{-(p - \sqrt{p^2 - q})t_0}}{2\sqrt{p^2 - q}} \right\} pq \dots\dots\dots (9)$$

この(8), (9)式で最大の G になる P の値を求めれば, 最適の減衰係数となる。MC-21 の場合について求めると図 10 のごとくなり, 過減衰状態において最大値を有する。このようにして減衰係数が決定できる。

3.4 検出部の 応 答

MC-21 の検出部はこれまで述べた方法により仕様を定めた。板バネには

材 質	音片材料
幅	20 mm
厚 さ	0.5 mm
長 さ	100 mm

のものを使用した。この板バネを使用した平行バネのバネ常数の測定結果は図 11 に示すとおりである。たわみは無接触の状態で測定したが(2)式による計算結果とよく合致した。

また系の応答を記録すると図 12 のようになり, 系は過減衰状態でこれに外乱が乗っているのがみられる。

4. 選別機 MC-21 の精度

これまで検出部について調べてきたが, ここではこの検出部をそなえた選別機 MC-21 の精度について述べる。さきにも述べたがこ

差が定まり, (4)式を満足する n より q , すなわちバネ常数の決定ができる。この操作を容易にするため図 9 に αq と n との関係を示した。

ここで q が定まるがこれと同時に α の値が定ってくる。 α の値は αb と b の比であり αb の値は検出器の検出精度によってある値以上でなければならない。差動変圧器の場合 1μ 以上とするのが一般である。 b の値はストップより平衡点までの距離であり小さくすればするほど, 検出器精度が楽になり好ましいが, あまり小さくすると系の応答が乱れる。このため $20 \sim 60 \mu$ 程度以下にはできない。

(4)式を満足する q の値が大きくなり α の値がさきに述べた限界を越えた場合は次の点再検討を要する。

- (1) 検出部以外の誤差を減少さす。
- (2) 品物の移動方法を考え, 計量時間を長くする。
- (3) α の限界値を小さくする。

3.3 減衰係数の決定

減衰係数の決定をおこなう場合は, 一定の計測時間に外乱を含めて前節で述べた αb 内に減衰させることを考え, この許容外乱が大きくなるほど汎用性ある機械となるので, この点に注目して決定する。この場合バネ常数が(4)式にたいして余裕が必要である。この条件を前節で定めた t_0 より大きい t に対してもとめると(6)式となる。

$$|b - x(t)| + |N(t)| \leq \alpha b \dots\dots\dots (6)$$

また外乱を $G \cdot \sin \omega t$ とすると, この外乱による最大振幅は $\omega = \sqrt{q}$ の場合で

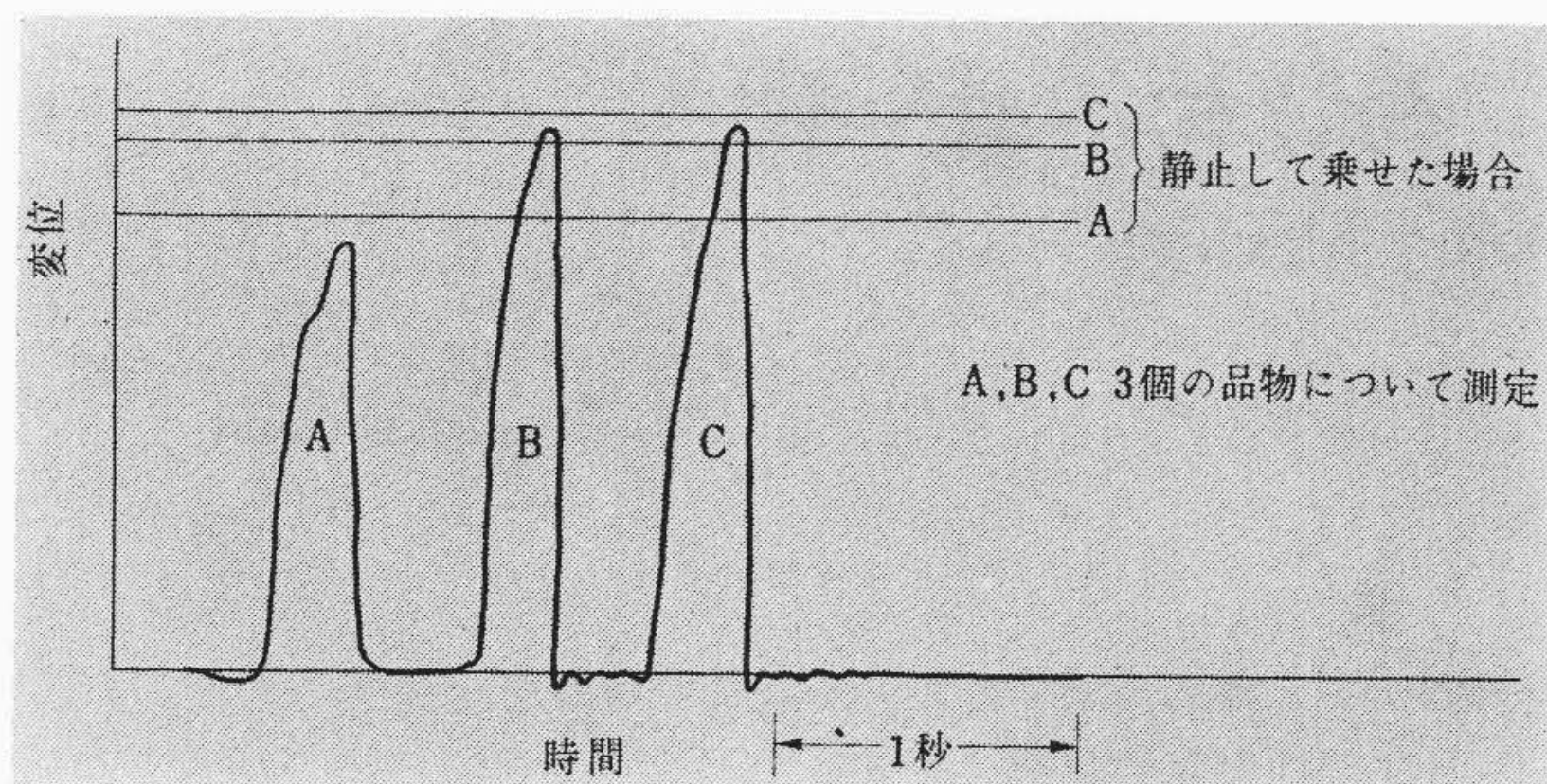


図14 MC-21の応答

の形式の選別機は品物の重量を薄いテトロンベルトを通して測定するため、ベルトの与える外乱が選別機の精度に大きく影響することになる。このベルトによる外乱を測定すると図13に示すように大きく変化している。これに各種の品物を乗せたときの応答をみると図14のようになり、静的な応答に対するベルトの外乱の影響により変動している。このようにこの形式の選別機の精度にはベルトの外乱が大きく影響している。

この選別機の精度試験として0.5gおきに31個の異なった重量のサンプルをつくり、各350回繰返して選別した結果は図15に示すとおりである。選別機の精度は仕様 ± 1.5 gを十分満足している。

5. 結 言

重量選別機に使用する検出部は装置に組み込まれるという条件から前段後段との接続のため計量時間に制限を持ち、また外乱に対してできるだけその影響を減ずるよう考慮しなければならない。この

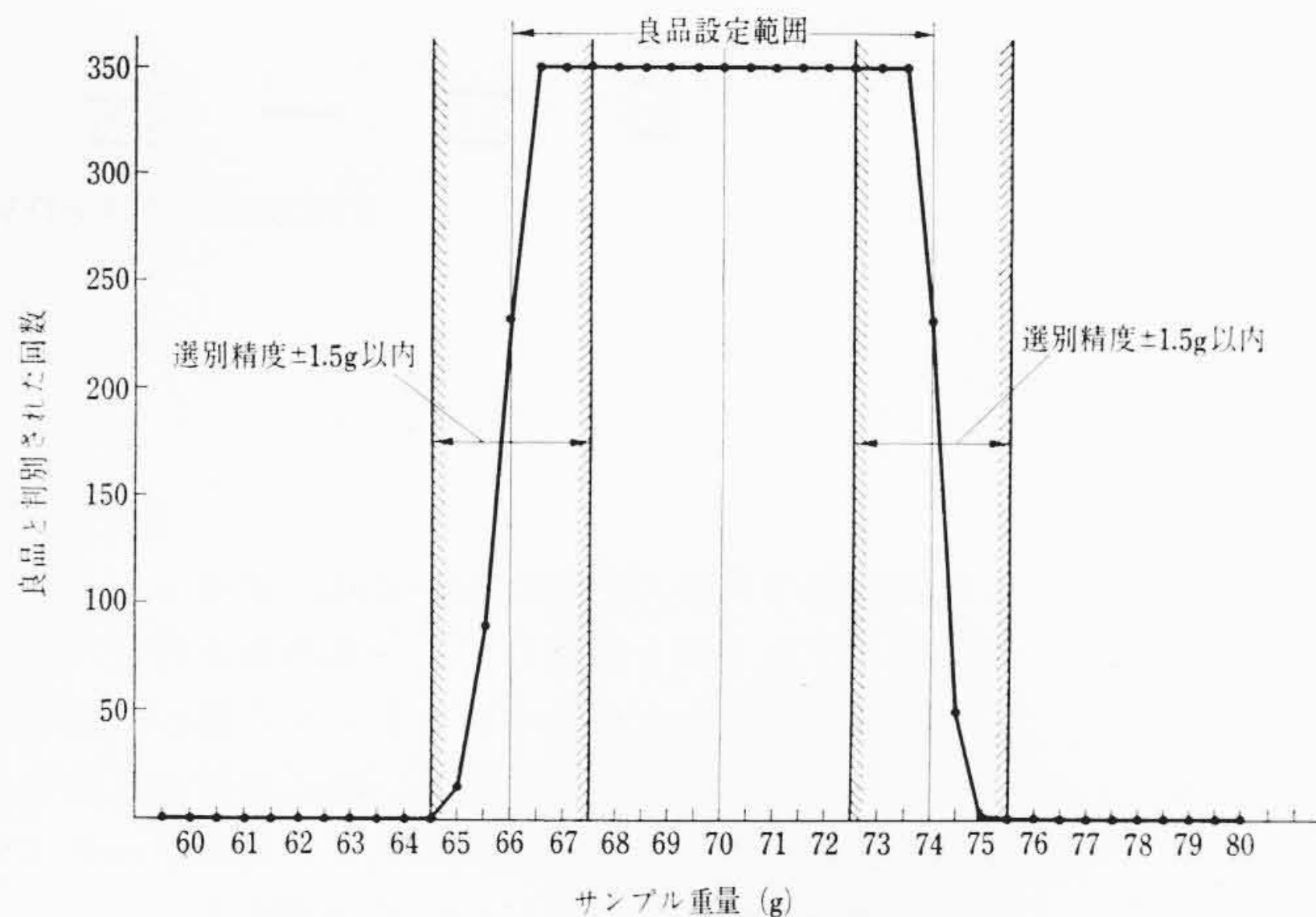


図15 MC-21の選別精度

点を含めた検出部平行バネ系の仕様の決定方法を定めた。

また保守を容易にするため、平行バネ方式を採用した経過を述べ、平行バネ常数について解析した。このようにして検出部は決定できるが、選別機においては品物を取り扱う供給部、選別部に大きく影響される。したがってこの点を含め全体として最適な応答を考えていかなければならない。また今回は自然平衡方法を採用したが用途によっては強制的に平衡させる方式を用いる必要がある。

参 考 文 献

- (1) Modern Packaging: Vol. 35, No. 10 (1962)
- (2) 制御工学 Vol. 4, No. 1 (1960)
- (3) 計量管理 Vol. 13, No. 3 (1964)
- (4) 谷内, 林: 平行バネ支え 機械学会講演会前刷 1965年9月



特許第423647号

特 許 の 紹 介



橋本清隆・越前谷定義

電 気 集 塵 器

この発明は、コットレル形電気集じん器における平板状の集じん極に設ける、ダスト流逸止めのフィン取付部分の改良に関するものである。

周知のようにコットレル形電気集じん器において静電的に集じんされたダストは、集じん極板に凝着堆積する。これをハンマー装置により槌打して除去するのであるが、この除去されたダストは器内を流通する気流に乗って再び逸出しようとする。これを防止するために従来集じん極板にフィンを取付けてきた。ところが集じん極に沿って流れるガス速度が早い場合、このフィンの前後に静圧差による渦流を生じ、この渦流にともないダストが流逸し集じん効率を著しく低下させる欠点を有していた。

この発明は上述の欠点を排除するために改良されたもので、ガス流方向に平行に垂下した集じん極板の上下にわたりダスト流出防止

のフィンを備えるものにおいて、このフィン取付基部にガス漏えい通路を形成したことを特長とする電気集じん器を提供するものである。

実施例を示す図において、1は集じん極、2は放電極、3はガス流、4は従来用いられたフィンであり、このフィン4に、補助のフィン5を、ガスの漏えい通路Sを保持するように間隙片6と、リベット7によって固定し、これらフィンの前後における静圧差を生じ難くしたものである。従ってこれらフィンの前後には渦流を発生しないので、ダストはフィン4により流出を止められ堆積して下方に落下する。このように流通ガス流によるフィン前後部の静圧力を平均させることができるので、高速流通ガス処理における集じん効率を著しく高めることができた。(牧 田)

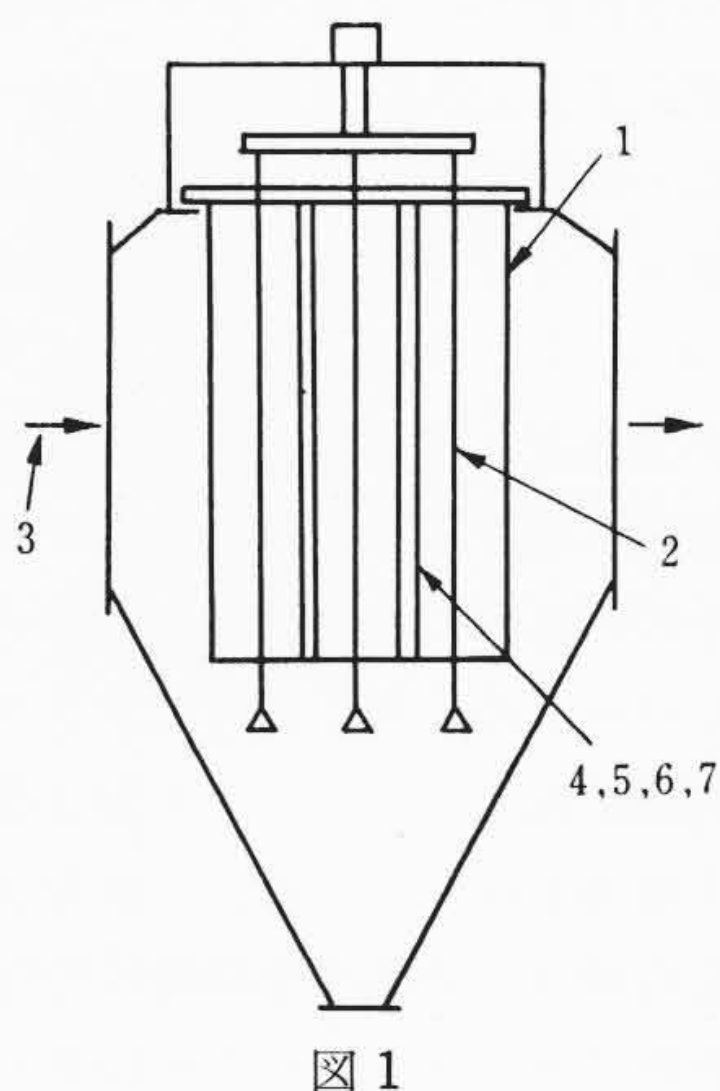


図1

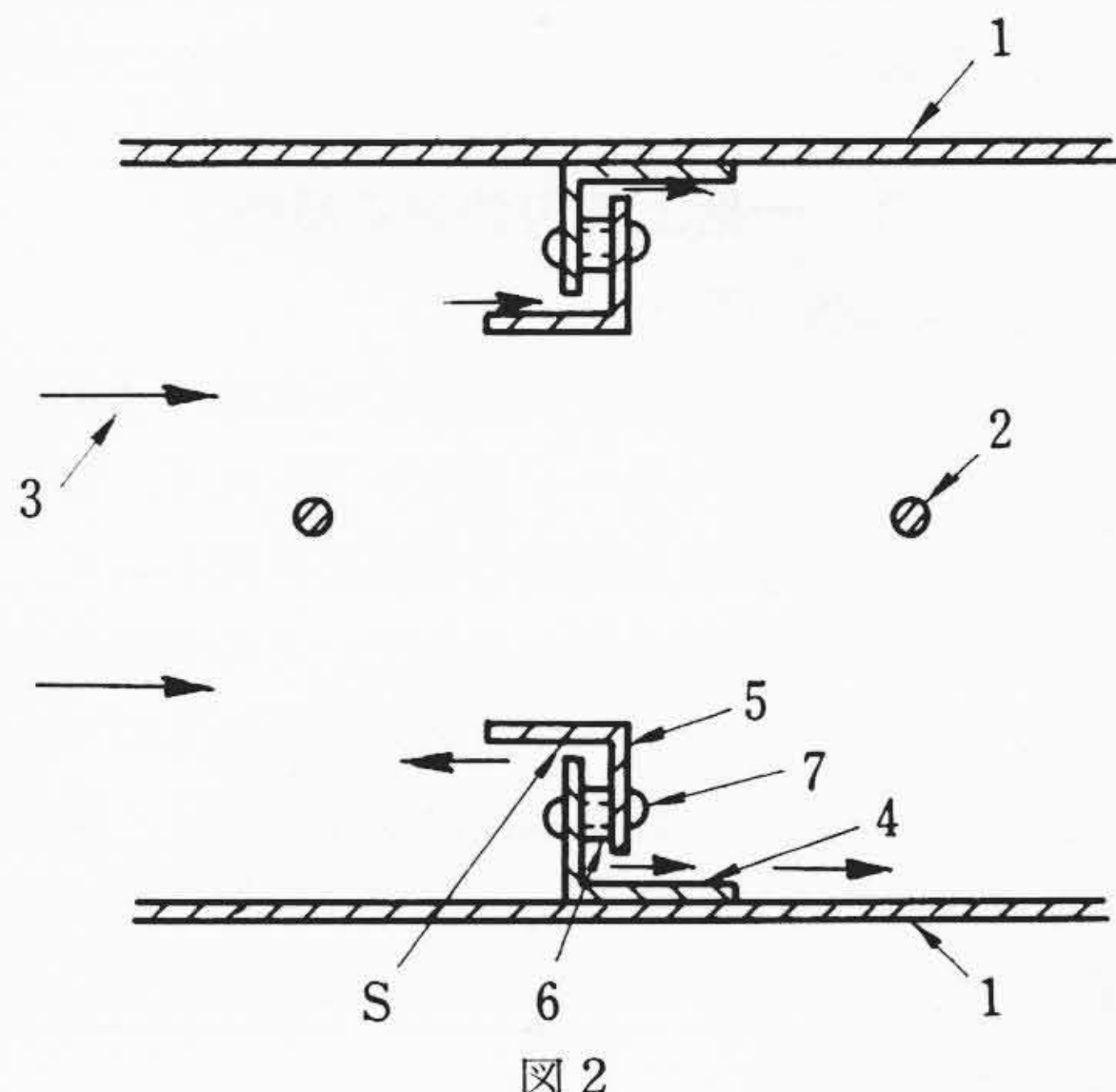


図2