

琉球大学学術リポジトリ

カム罫書装置の試作研究

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学教育学部 公開日: 2007-10-25 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 新里, 祐宏, Shinzato, Sukehiro メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/2129

カム 罫書装置の試作研究

新 里 祐 宏

Cam Drawing Machine

Sukehiro SHINZATO

1 緒 言

昭和44年4月に行なわれた中学校学習指導要領の改訂で、技術科の機械分野に、動く模型の製作が新たに加えられた。¹⁾そこで、カム機構はその動作や機構のおもしろさから好んで取り上げられると思われる。

カムには多くの種類があるが、中学校の生徒が利用するカムとしては、板カムで接触子が刃形でしかもかたよりのない場合が多いと考えられる。その場合、輪郭曲線の従来の画法は図1に示すように、基礎曲線の変位に等しく輪郭曲線上の点を基礎円の外方にとっていた。²⁾しか

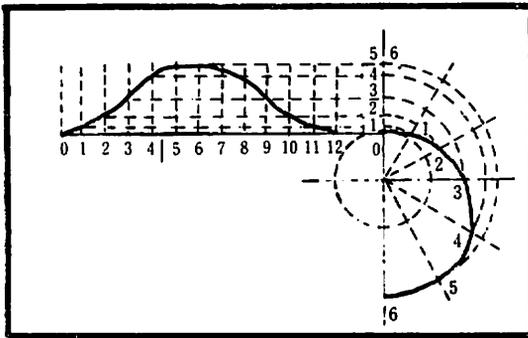


図1 カムの作図

し、この画法では、変位線図の横軸の分割を細かくしなければならぬ輪郭曲線は得にくく、しかも、比較的多くの時間を必要とする。

そこで、上記のような、基礎曲線と輪郭曲線上でいくつかの点を対応させるような方法でなく、連続的に対応させるカム罫書装置を試作した。この方法では、各対応点を連結するという作業が不要なので罫書時間が著しく短縮できる。しかも、基礎曲線から輪郭曲線への直接的な変換を観察することは、機構の分野が本質的に要求する感覚的分析力を助けるものである。

2 罫書装置の原理

変位線図の基礎曲線とカムの輪郭曲線との関係は、図2に示すように、 x_1 と θ_1 、 x_2 と θ_2 、……、 l と 2π が

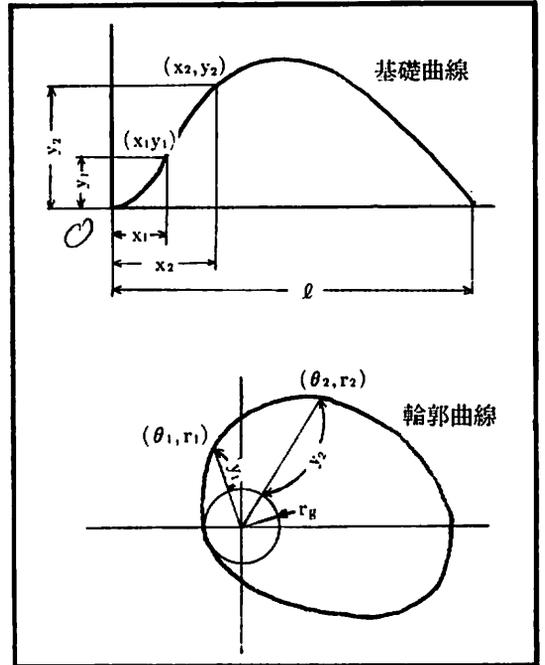


図2 基礎曲線と輪郭曲線

対応し、 y_1 と $r_1 (= r + y_1)$ 、 y_2 と $r_2 (= r + y_2)$ ……が対応する。すなわち、

$\theta_1 : x_1 = 2\pi : l$ の関係から

$$x_1 = l \theta_1 / 2\pi \quad (1)$$

となる。図3において

$$x_1 = \theta_1 r \quad (2)$$

(1)式と(2)式より

$$r = l / 2\pi \quad (3)$$

となる。すなわち、図4のように、基礎曲線が描かれた紙を載せた台に取付けた糸を、(3)式で与えられる半径 r の回転軸に巻きつけ、

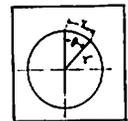


図3 中心角と円弧

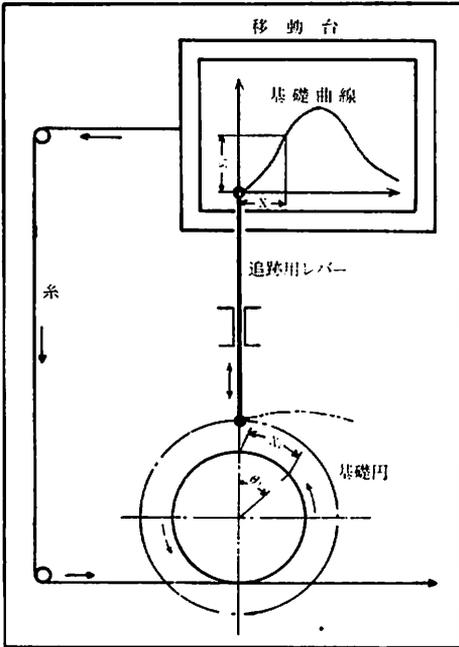
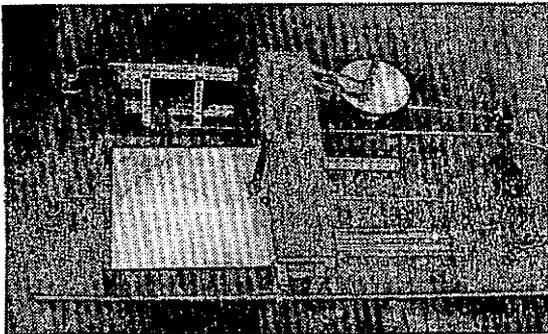


図4 罫書装置の原理



その先を引張ると移動台、すなわち基礎曲線の x_1 の移動に対して、回転軸の方は θ_1 だけ回転することになり、上記の対応が成立することになる。縦軸(変位)の方は追跡用レバーで行う。まず、始点 ($x = 0, \theta = 0$) において、追跡用レバーの追跡針と罫書用ペンがそれぞれ基礎曲線の原点と基礎円上にくるようにセットする。つぎに、糸によって移動台と回転台に移動、回転が与えられたとき、基礎曲線の縦軸の変化を追跡針で追跡すれば、対応する点が基礎円の外方に描かれる。

3 構成要素

装置構成の概略図を図5に示す。主な構成要素は i) 移動台 ii) 回転台 iii) 無段変速用レバーおよび段車 iv) 追跡・記録用パンタグラフである。その動作機構を説明すると、まず、モータの回転は、鋼線(ギター弦)を介して無段変速用レバーに O_1 点回りの回転を与える。レバーの両端についた糸は一方は段車を介して移動台を引張り、他は回転台を回す。またパンタグラフの追跡針が案内面にそって直線運動しながら曲線を追跡すれば、それに対応して罫書用ペンは回転台上を半径方向に動きながら輪郭曲線を描いていく。コイルバネ(バネ定数 $K = 9 \text{ g/mm}$)は、慣性による行き過ぎ誤差をなくし、もどりのエネルギーを得るためにつけてある。その両端の段車(3:1)は、バネの伸びを少なくするためにつけてある。モータは同期電動機(100V、5W、1r.p.m)を用いた。

また、各要素は糸で連結されるために、その配置にあたって厳密な決定理由はないので、詳しい配置図は示さない。

3.1 移動台

図6にその構造を示す。案内路は拘束に過不足のない

論理的な案内路としてよく知られている構造である。材料としては比較的入手しやすいガラス管を用いた。ガラスどうしの接触における摩擦係数は大きく、スムーズな動作をさまたげる。一方に黄銅棒を用いると摩擦係数はかなり小さくすることができるが、本報ではガラスとガラスの間に紙をはさんで目的を達した。横振れ誤差は $\pm 0.1 \text{ mm}$ 以下である。台には、ガラス板を用いた。

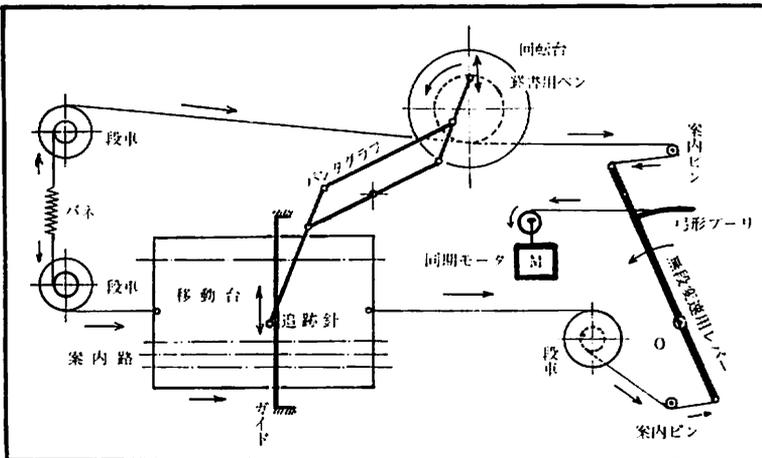


図5 カム罫書装置および概略図

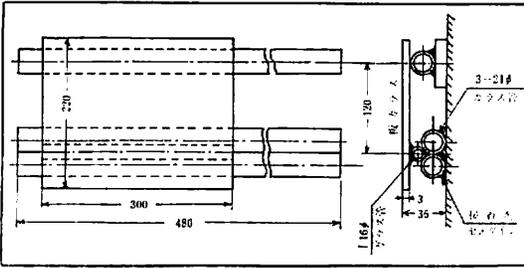


図6 移動台と案内路の概略図

3.2 回転台

図7にその構造を示す。糸を巻きつける部分の半径が小さければ一回転に要する糸の移動長さ、すなわち無段変速レバーの回転角は小さくてすむが、 θ/x が大きくなるため回転むらが生じやすい。ここでは半径を14.5mmとした。一回転に要する糸の移動長さは45.6mmとなる。回転台のすきま誤差は $\pm 0.04\text{mm}$ であった。十分な精度である。

3.3 無段変速用レバーおよび段車

移動台の移動距離 x_1 と回転台の回転角 θ_1 とは(1)式の関係にあるが製作にあたって、(3)式によって与えられる回転軸の半径 r の値を厳密に実現することは糸の太さの影響もあって比較的困難である。したがって製作後に調整できるようにした方がよい。しかも、基礎曲線の横軸の長さ l の変化(18cmに 2π 、9cmに 2π などの対応が考えられる)に対応できるようにしなければいけない。これらの要求を満たす機構として無段変速機構の採用が考えられる。一般的なものとして摩擦車や円すいベルト車などが考えられるが、摩擦車はすべりの可能性が大きいため、ここでは採用できない。円すいベルト車は、糸を巻きつけて使用することによって、すべりをなくすことはできる。しかし、 l が2倍になると回転軸の半径も2倍になり、しかも、テーパは摩擦角以下にしか取り得ないので全体的に大きくなる欠点をもつ。

そこで図8に示すような回転レバーと案内ピンを組合すことによって、無段変速機構とすることができた。原理図を図9に示す。

$x : x' = s_1 : s_2$ から $x' = s_2 x / s_1$ となり、 s_2/s_1 を連続的に変えることにより変速することができる。図8の弓形プーリは、レバーに等速回転を与えるためにつけたもので、常にその接線方向へ力が加えられる。

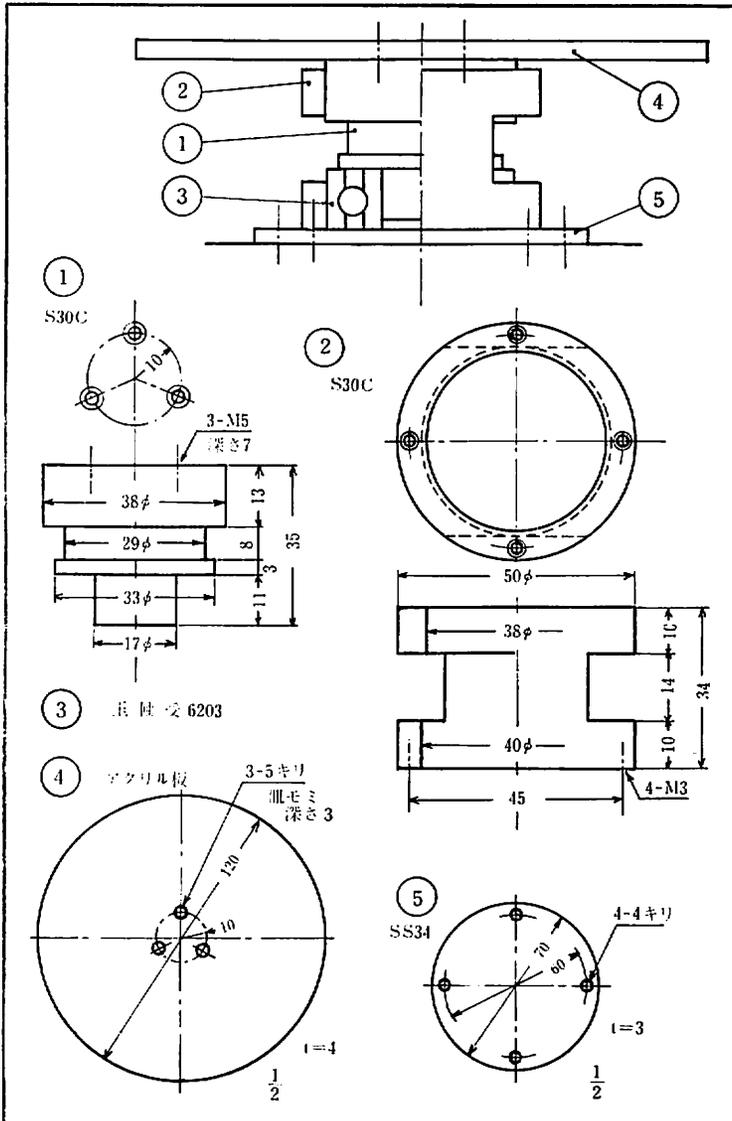


図7 回転台

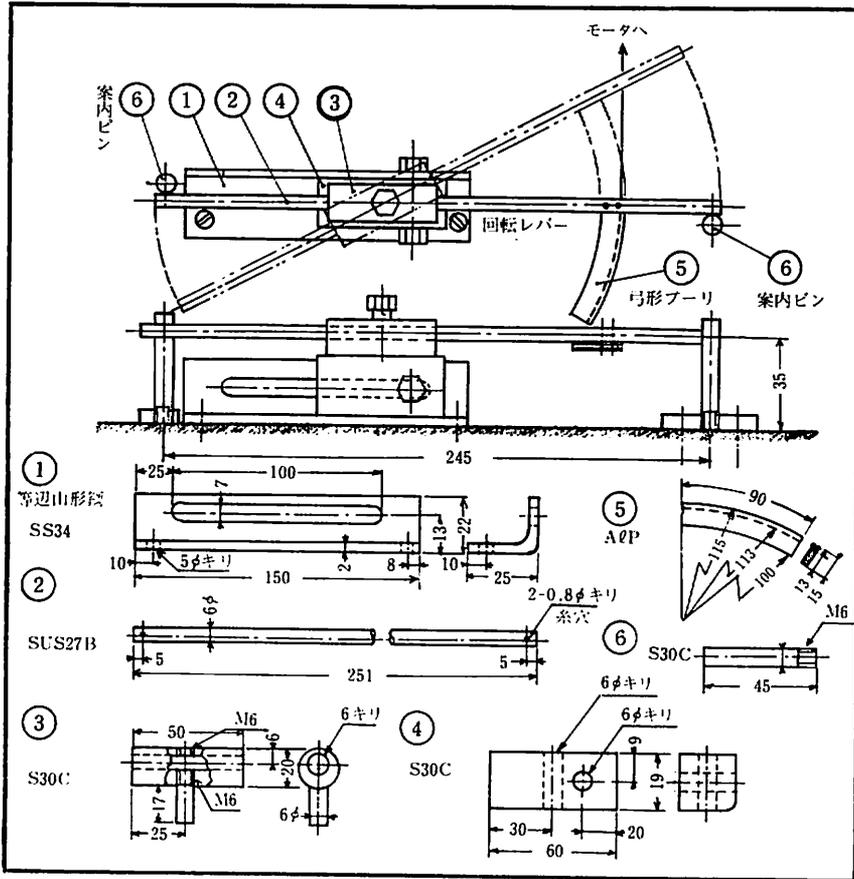


図8 無段変速レバー

図9における x は、移動台の移動距離 l に対応するが、この装置で考えている 180mm の最大移動距離 l_{max} を x_{max} に $1:1$ に対応させると、レバーの回転角が大きくなる。レバーを長くすると回転角は小さくすることができるが、どちらにしてもコンハクトにまとめることは困難になる。そこで、図10に示すような $x/l = 1/2$ になるような段車を用いてレバーの回転角を小さくした。

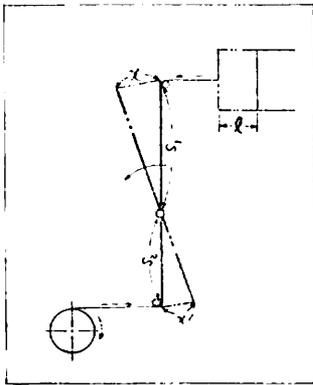


図9 無段変速レバーの原理図

ンタグラフを製作した。リンク1、2、3、4よりなり P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 で回り対偶をなしている。リンク2と3、1と4、は平行である。各部の長さが図に記されている状態において、追跡針 N_1 を aa にそって直線的に動かせば、バンクグラフは O_1 を中心に回転する。そのとき、常に $\triangle O_1 N_1 P_1$ の $\triangle O_1 Q P_4$ の関係を保つから、ペン Q は逆向きに直線的に動くことになる。このときの倍率は1である。同様に、追跡針 N_2 と回転中心 O_2 を用いれば $1/2$ となる。倍率を下げれば輪郭曲線の精度を上げることができる。また回り対偶により構成されている機構が本質的にもつ対偶点におけるすきま誤差は図12に示されるコイルバネ (バネ定数 $K = 99/\text{mm}$) を取りつけることによりほぼ完全に取り除くことができた。各部の長さなどの誤差も含めた、総合的な絶対誤差は $+0.02\text{mm}$ であった。この装置の目的からして、十分な精度である。

3.4 追跡記録用パンタグラフ

パンタグラフは同方向での拡大、縮小装置に広く応用されているが、逆向きでしかも直線運動機構への応用は見られない。そこで、図11にその原理図が示されるパ

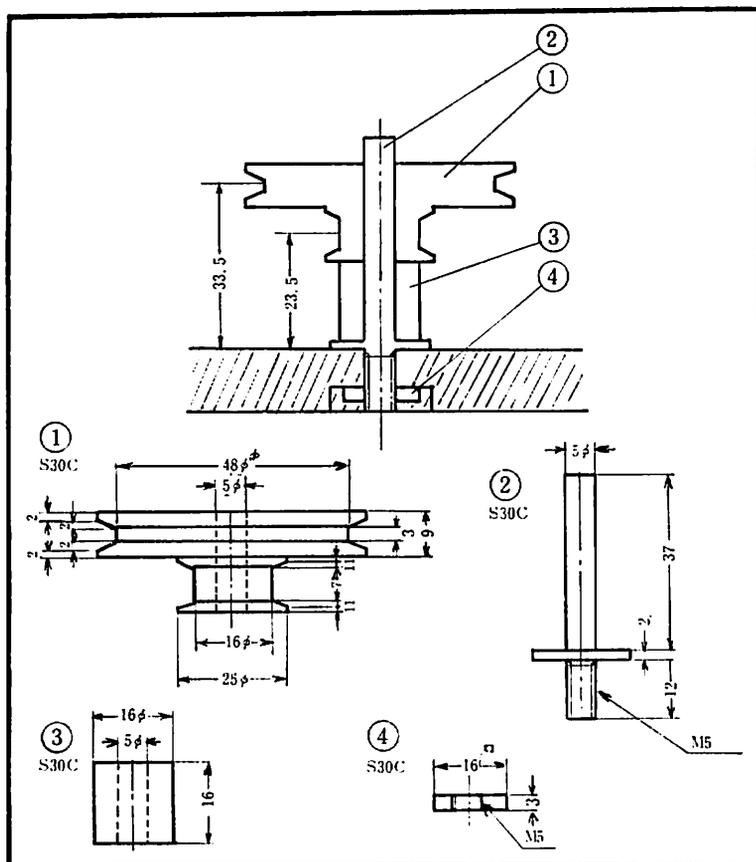


図10 段車

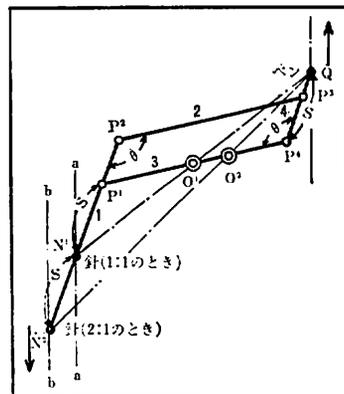


図11 パンタグラフの原理図

試作された装置の機械的精度は、先に示したように、その目的からして十分な精度をもったものであるといえる。しかし、基礎曲線を追跡していく時の追跡誤差は大きく、機械的誤差をはるかに上まわる。パンタグラフの倍率が1:1のときは、その100%が輪郭曲線の誤差として現われるが、追跡誤差は絶対誤差として表われるものであるから、基礎曲線の変位を拡大し(例えば2倍)、

同時にパンタグラフの倍率を下げれば(例えば $\frac{1}{2}$)、それに比例して輪郭曲線の誤差が減ることになる。

追跡誤差に影響を与える因子として、線の移動速度の大小、線の移動方向に対する傾き、および変化率の大小、追跡方向(外向き、内向き)、追跡用ペンの長さ、追跡曲線の長さ(心理的影響)などが考えられるが、それらの系統的調査は次の機会にゆずるとして、ここでは最小限度必要と思われる、線の移動方向に対する傾きおよび変化率の大小の影響、および追跡方向の影響を、単一速度(18cm/sec)でペンの長さが48mmの場合について調べた。被追跡線や追跡線の太さは0.2mmである(KENT RIVER PEN使用)。熟練度による影響をなくすために、かなりの練習をつんで後にランダムに選択された被追跡線について追跡実験がなされた。誤差を定量的に表現することは困難なので図を示す。

i) 直線で、内向きに追跡

移動方向に対して 15° 、 30° 、 45° 、 60° 、 75° の傾きをもつ、内向きの直線についての調査結果が図13に示されている。図から明らかなように角度が小さいほど誤差は

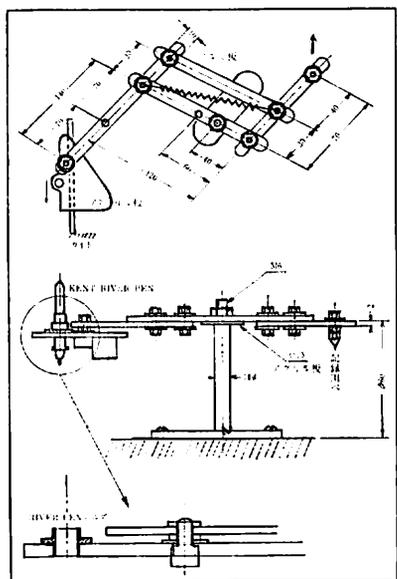


図12 パンタグラフの概略図

少ない。角度が大きくなるに従って、二次形応答形から一次形応答形に変る。

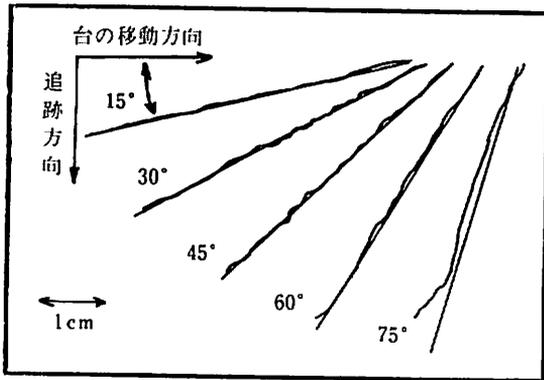


図13 直線で、内向きの追跡線

ii) 直線で、外向きに追跡

図14に示す。i)の場合と同じ傾向にあるが少し誤差が大きいようである。

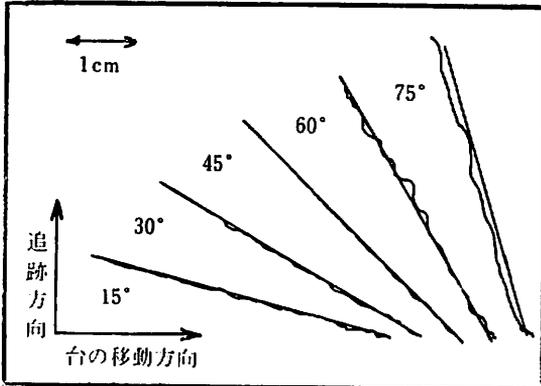


図14 直線で、外向きの追跡線

iii) 折線で、内向きに追跡

図15に示す。折点の部分は比較的良好に追跡しているが、その点を過ぎたところで乱れが見られる。その他の部分はi)と同じ傾向である。

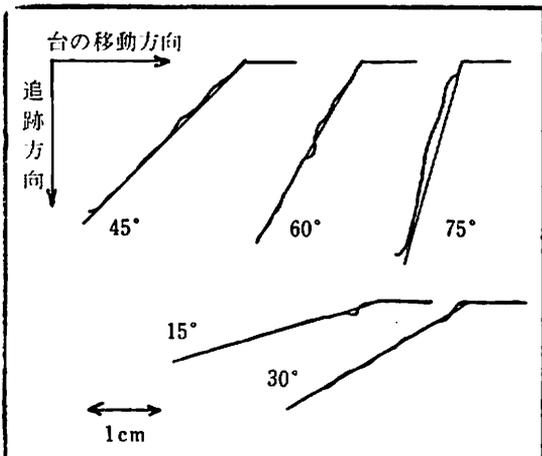


図15 折線で、内向きの追跡線

iv) 折線で、外向きに追跡

図16に示す。総体的に iii) の場合に比べて誤差が大きくなっている。

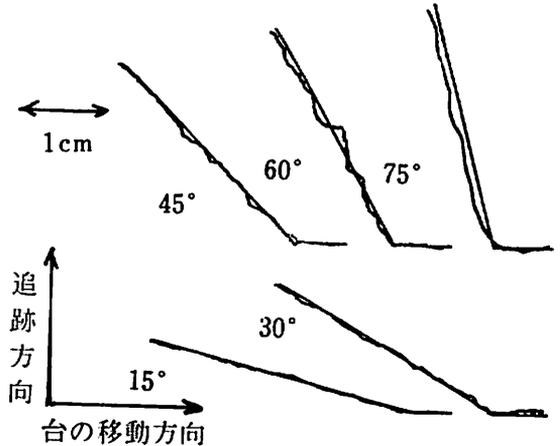


図16 折線で、外向きの追跡線

V) 追跡方向に変化のある折線

図17に示す。角度の小さい折点で遅れが大きいようだ。iii)やiv)の場合に比べて大きな誤差が出ている。

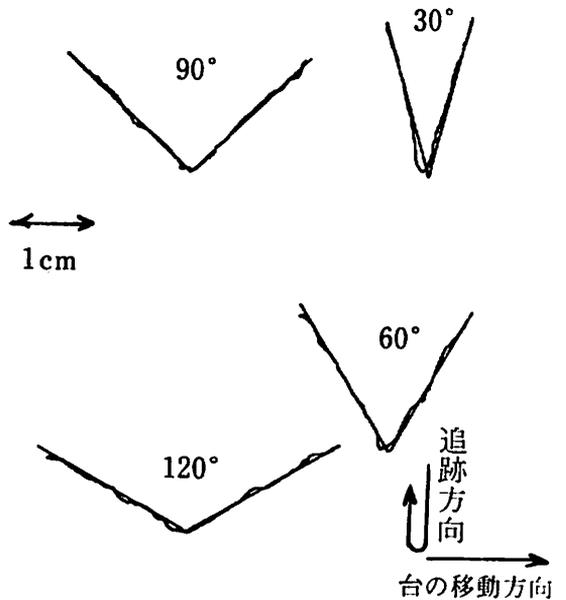


図17 追跡方向に変化のある折線の追跡線

vi) 円弧で、変化率が増加

図18に示す。変化率が小さい方で誤差は少ない。直線の場合に比べて比較的誤差は少ない。

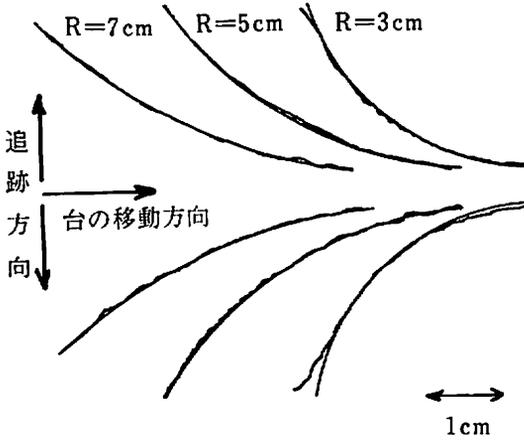


図18 円弧で、変化率が増加する追跡線

vii) 円弧で変化率が減少

図19に示す。変化率にあまり差がなく、その影響は、はっきりしない。内向きより外向きの方で誤差が大きい。

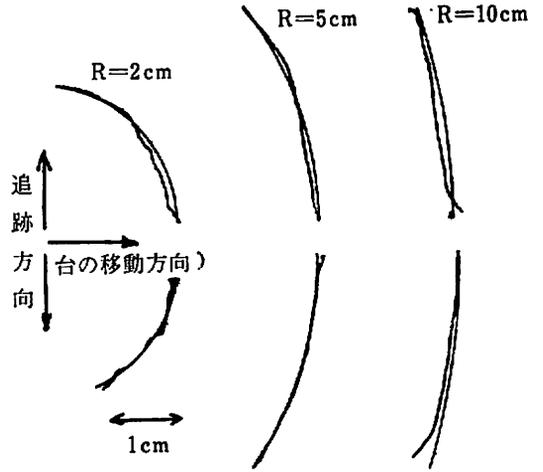


図19 円弧で、変化率が減少する追跡線

5 罫書例

カムの罫書例を図20に示す。

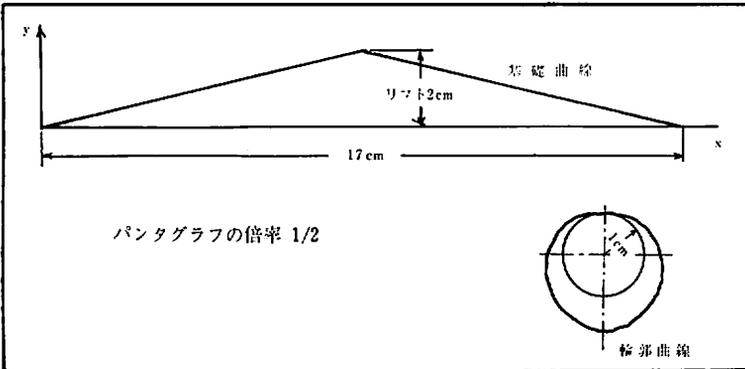


図20 カムの罫書例

6 結 論

カムにおける、基礎曲線から輪郭曲線への直接的な変換を目的とするカム罫書装置の試作を行なった。比較的簡単な工作技術、入手し易い材料ということを基調として設計、製作されたが、同装置は、十分な機械的精度をもっている。また、罫書された曲線の精度に大きな影響力をもつ、人間の追跡能力についても、一部検討を加えた。つぎのことが明らかになった。

1) 移動方向に対する傾斜角は小さい程、追跡誤差は少なく、大きくなるにしたがって二次形応答形より一次形応答形に変わる。

2) 外向きより内向きの方が、誤差は少ない。

3) 追跡方向に変化があるときは、角度の大きい方が誤差は少ない。

4) 変化率は小さい方が誤差は少ない。

以上の結果から、基礎曲線は、横軸の値を大きくして、同じリフトに対して、傾斜角を小さく、また、追跡方向の変化点の角度を大きくするようにして、追跡精度を増すべきである。

最後にこの研究を進めるにあたり製作、実験およびデータ整理に協力いただいた技術科学生、高良幸男はじめ上地弘行、上地義次の三君に深く謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 文部省 中学校指導書(技術・家庭編) 57—59
(1970)
- 2) たとえば 稲田重男その他機構学 朝倉書店(1968)
- 3) 日本機械学会 機械工学便覧(1966)