

# ガタのないゼネバ・ストップの提案

福 原 達 三\*

## Non-Shake Type Geneva-Stop

Tatsuzo FUKUHARA

### 1. 概 説

機械各部の運動は、事情が許すならば、もっとも簡単な方式である等速回転とすることが望ましい。しかし実際は機械の用途などに応じて各部に複雑な運動を要求されるようになり、ことに各種の自動機械にあっては各部の運動が単純でないばかりか、1回の循環の内に静止と運動の部分が組みあわされた、複雑な間欠運動を必要とするような場合もでてくる。

そのような複雑な状態の運動を確実に繰り返えし、継続させるためには、設計に十分な配慮が必要であるばかりでなく、運動を計画どおり確実にさせるためにはには精密な加工も要求されることになるのは当然である。

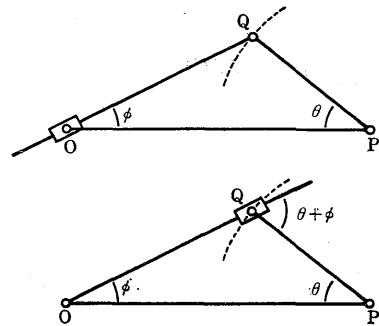
ここに紹介する新しいゼネバ・ストップは初めに著者がある実験装置の一部として設計したもので、従来の式では駆動ピンが1本であるのに対し、この式では2本のピンを備え、これが羽根車を交互に駆動し、さらに間欠運動で動から静に、また静から動に移りかわる境目に立ったときに、従来の式ではピンと羽根車の間にガタ(shake)の発生しやすい欠点があるのを防ぐため、部品の間に隙間のできないように改良したものである。

また駆動ピンが1本である従来のゼネバ・ストップでは羽根車の間欠運動における静止時間が、駆動される時間に比して相当に長いのが特色であった。それをこの装置では著しく短縮したことになる。

この報告で扱ったのは、2本の駆動ピンが6枚羽根の車をまわす場合である。同じ手法で6枚以外の奇数または偶数の羽根車の場合でも計算することができる。

### 2. 説明の基本となる機構の運動解析

第1図では、OとPを平面上の定点とし、クランクPQがPを中心として平面上を時計方向に等速度で回転し、杆OQはPQの先端にある駆動ピンQの作用により揺動する。上図の場合にはクランクと杆はQでヒンジされているので、杆はOに備えられたスライダの中を



第1図

揺動する。下図では杆はO点で平面にヒンジされ、クランクの先端に設けたスライダの中を揺動する。これ等の装置の一般的な解法については本学の井藤正照氏の研究報告<sup>(1)</sup>がある。

いま  $\overline{OP} = l$ ,  $\overline{PQ} = r$ ,  $\angle OPR = \theta$ ,  $\angle POQ = \phi$  とすれば、6枚羽根ゼネバ・ストップでは  $\theta = 60^\circ$  のときに、 $\phi = 30^\circ$ ,  $\angle OQP = \theta + \phi = 90^\circ$  となるを要し、 $l = 2r$  の関係も生じてくる。さらに  $\theta$  と  $\phi$  の関係を示す一般式を求めれば

$$\tan \phi = \frac{r \sin \theta}{l - r \cos \theta} = \frac{\sin \theta}{2 - \cos \theta} \quad (1)$$

となる。この式により  $\theta$  の値を  $5^\circ$  毎に  $0^\circ - 180^\circ$  の範囲で、 $\tan \phi$  を8桁計算してある。さらにこの値から  $\sin \phi$ ,  $\cos \phi$  の値を求めるのには、次の式の前半の関係を利用し、卓上電子計算機“アレフ・ゼロ”により計算した。それは従来の方法のように、数表を用いて  $\tan \phi$  から  $\phi$  の値を求め、それから  $\sin \phi$ ,  $\cos \phi$  を計算するのではなく、 $\tan \phi$  から直接に  $\cos \phi$  を、それから  $\sin \phi$  の値を見出した。

$$\left. \begin{aligned} \cos \phi &= \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \phi}} = \frac{2 - \cos \theta}{\sqrt{5 - 4 \cos \theta}} \\ \sin \phi &= \cos \phi \tan \phi = \frac{\sin \theta}{\sqrt{5 - 4 \cos \theta}} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

さらに上の式を時間  $t$  について微分し、杆  $\overline{OQ}$  が固定辺  $\overline{OP}$  に対して揺動する角速度  $\dot{\phi}$  と、角加速度  $\ddot{\phi}$  につい

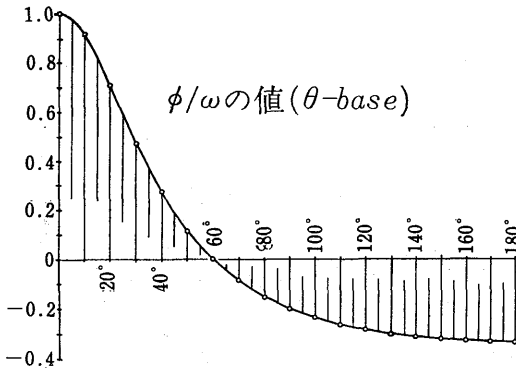
\* 本学機械工学科教授

ても次式を求めそれぞれの値を計算した。

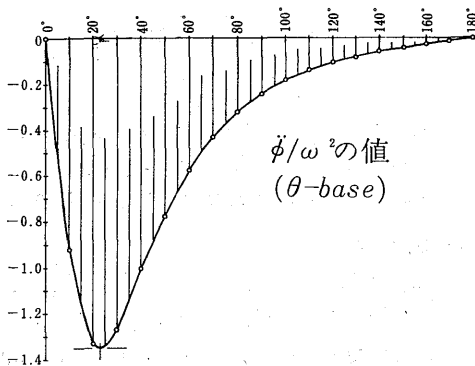
$$\frac{\dot{\phi}}{\omega} = \frac{2\cos\theta - 1}{5 - 4\cos\theta}, \quad \frac{\ddot{\phi}}{\omega^2} = \frac{6\sin\theta}{(5 - 4\cos\theta)^2} \quad (3)$$

これ等の式の $\omega$ はクランク  $\overline{PQ}$  の角速度 $\dot{\theta}$ で、この報告ではこれを一定値として取りあつかうことにする。

計算結果を図示して第2図と第3図を作った。今調べ



第2図



第3図

ている説明の基本となる機構の場合には、 $\overline{PQ}$ は等速運動をしているので、 $\theta$ は制限なく増加しても、 $360^\circ$ 毎に前の状態をくりかえすことになるが、 $180^\circ - 360^\circ$ の範囲では、固定辺  $\overline{OP}$  に対して各部分の運動が  $0^\circ - 180^\circ$  の場合と対称になるのだから省略する。

この基本的機構の計算が6枚羽根ゼネバ・ストップの運動に適用されるのは、 $\theta$ が $\pm 60^\circ$ の範囲内だけである。従って(3)式により $\theta = 0^\circ$ のときには、 $\dot{\phi} = \omega$ 、 $\ddot{\phi} = 0$ と知れる。この適用範囲内で $\theta$ が大きくなると $\dot{\phi}$ は次第に減小し、 $\theta = 60^\circ$ に至ると $\dot{\phi} = 0$ になる。

$\ddot{\phi}$ の方は $\theta$ が増加するに従って初めは急激に減小して極小値に達し、それから先は次第に増大して $\theta = 60^\circ$ となったとき、 $\ddot{\phi} = 0.57735 \quad 072\omega^2$ となり、 $\theta$ が $0^\circ - 60^\circ$ の範囲の内にいる間は常に負である。

前記の範囲内で $\ddot{\phi}$ の極小値とその発生個所を見出すためには、 $\ddot{\phi} = 0$ の式を解くことから出発する。その条件

を知るには  $4\cos^2\theta + 5\cos\theta - 8 = 0$  の式の根を求めることになり、それを利用して次の値を知ることができる。

$$\begin{aligned} \cos\theta &= 0.92116 \quad 461 \\ \sin\theta &= 0.38917 \quad 318 \\ \theta &= 22.90306 \quad 2^\circ \\ \dot{\phi} &= 0.64038 \quad 820\omega \\ \ddot{\phi}_{\min} &= -1.34963 \quad 73\omega^2 \end{aligned} \quad (4)$$

つぎに第1図で、揺動杆  $\overline{OQ}$  の長さを  $z$  で表わせば

$$z = r \frac{\sin\theta}{\sin\phi} = r\sqrt{5-4\cos\theta} \quad (5)$$

となる。この式を時間  $t$  について微分すれば

$$\dot{z} = 2r\omega \frac{\sin\theta}{\sqrt{5-4\cos\theta}} = 2r\omega \sin\phi \quad (6)$$

これは杆  $\overline{OQ}$  の上をすべるスライダ  $Q$  が、 $O$  に対して射出方向に運動する線速度を表している。この式から  $\theta = 0^\circ$  のとき  $\dot{z} = 0$  となり、 $\theta = 60^\circ$  のとき  $\dot{z} = r\omega$  となるが、それは当然な結果である。

杆  $\overline{OQ}$  に直交する方向に、スライダ  $Q$  が持つ線速度は  $z\dot{\phi}$  であるから、その式を求めれば

$$z\dot{\phi} = r\omega \frac{2\cos\theta - 1}{\sqrt{5-4\cos\theta}} \quad (7)$$

となる。この式から  $\theta = 0^\circ$  のときには  $z\dot{\phi} = r\omega$  となり、 $\theta = 60^\circ$  のときには  $z\dot{\phi} = 0$  となり、これも不合理な結果ではない。そして  $\theta$  が  $0^\circ - 60^\circ$  の範囲を変動する間は  $z\dot{\phi}$  はしだいに減小していくことになる。

ここで後の計算に必要な次の式を(2)式を利用して導き、 $\theta$  を  $5^\circ$  毎にとり数値を計算しておいた。

$$\begin{aligned} \sin(\theta + \phi) &= \frac{2\sin\theta}{\sqrt{5-4\cos\theta}} = 2\sin\phi \\ \cos(\theta + \phi) &= \frac{2\cos\theta - 1}{\sqrt{5-4\cos\theta}} \end{aligned} \quad (8)$$

### 3. ダブル・ピンと6枚羽根との関連

第1図(下)が示す機構では、クランク  $\overline{PQ}$  が回転し  $\theta = 60^\circ$  の位置になれば、 $\overline{PQ} = r$ 、 $\overline{OP} = 2r$  の関係が与えられているのだから、杆  $\overline{OQ}$  は  $\phi = 30^\circ$  の位置となり、 $\angle OQP = \theta + \phi = 90^\circ$  となり、 $\overline{PQ}$  は  $\overline{OQ}$  に垂直になる。

杆の長さをあらかじめ  $O$  から  $\sqrt{3}r$  となるように限定し、杆に接してすべるスライダの長さを零にしたと仮定すれば、 $\overline{PQ}$  が  $\theta = 60^\circ$  の位置に達したときに、杆はクランクによる拘束から解放されることになる。

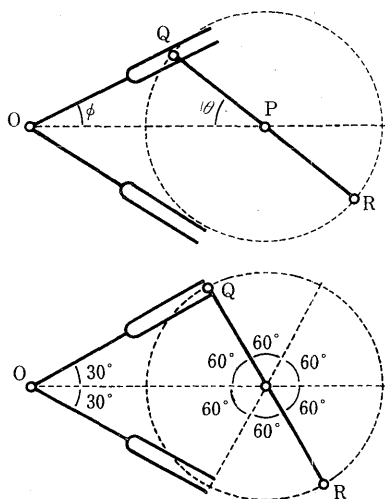
その位置からクランクがさらに回転して  $\theta > 60^\circ$  となれば、 $\overline{OQ}$  はクランクにより駆動されなくなるから、そのまま  $\phi = 30^\circ$  の位置にとどまることになる。

従ってクランクが  $\theta = -60^\circ$  から、 $\theta = +60^\circ$  まで回転する間は、 $\overline{PQ}$  が  $\overline{OQ}$  を駆動しその前後の位置では  $\overline{OQ}$  は動かない。これがゼネバ・ストップにより間欠運動が得

られる理由である。

クランクが $\theta = -60^\circ$ から $\theta = +60^\circ$ まで回転すれば、その間に杆は $\phi = -30^\circ$ から $\phi = +30^\circ$ まで駆動されるのだから、クランクはこの期間の運動によって杆に1/6回転を与えたことになり、その前後は静止していることになる。

しかしこの原理を具体化するために装置を改造することになると、杆を変形してフォーク状の溝とし、スライダはその中をすべって運動するピンとすべきである。第4図は第1図(下)の場合をこのように変更したのを描いた図である。 $0^\circ < \theta < 60^\circ$ の範囲では、射出方向に



第4図

作ったフォークの中を、クランクの先端につけたピンQがすべりながら駆動し、それによって $\theta$ と $\phi$ が共に増大し $\theta = 60^\circ$ 、 $\phi = 30^\circ$ の位置に達する。その期間の運動中はピンとフォークの間に隙間がないのだから、両者の間にガタが発生せず円滑な駆動が得られる。今までに見た既製のゼネバ・ストップの内には駆動ピンに環をかけて磨耗を防ぐようにした大型装置もあったが、駆動ピンはOを中心として円運動をする溝の中を射出方向に移動することになるのだから、溝との接触箇所をしだいに変わるので、ピンの外側に環をかけてまで回転を与えようとする必要はないと思う。むしろそれがガタを起す原因となることもあるかも知れない。

クランクの位置が $\theta = 60^\circ$ になれば、第4図(下)のようにピンQはフォークの溝からはずれる位置になる。さらに進んで $\theta$ が $60^\circ$ を越えれば、ピンが運動していても、フォークは $\phi = 30^\circ$ の位置に引き続き確実に静止させておきたい。そのためには従来の式である駆動ピンが1本のゼネバ・ストップでも、いろいろの工夫考案を施してフォークの静止位置を確実にするようにしてある。

たとえば“新編機械の素”<sup>(2)</sup>の内には16種の機構が紹介されていて、どれもガタの起らないよう特別に配慮されている。

しかしどの型のゼネバ・ストップでも、間欠運動における動と静の状態の移りかわりめの附近では、他の部分よりもガタの生じる不安があるのは止むを得ぬこととすべきである。それは駆動と停止のために確実に実施さるべき拘束がある瞬間に、突然その作用を肩がわりする必要があるためである。

それに対してここで著者が提案するゼネバ・ストップではこの不安を解消するため、駆動ピンを2本取りつけその不安を除去したことを特色とする。もちろん新しいピンRの取りつけ位置は回転中心Pに対し、Qと反対の位置にあって、 $PQ = PR$ にとった点である。説明の便宜上Qにあるピンを第1ピン、R点にあるピンを第2ピンと名付けておく。

さらに第1図(下)、または第4図(上)の紙面上に新しく3枚の平面A、B、Cを重ねて置いたとし、A平面は $\overline{OP}$ に、B平面はクランク $\overline{PQ}$ に、C平面は $\overline{OQ}$ に固定し、各リンクと共に運動すると思えよう。この立場から見れば、今までに調べたのは静止しているA平面に対するB平面とC平面との運動であった。

はじめA平面に対してB平面が $0^\circ < \theta < 60^\circ$ の範囲の内にある間は、第1ピンQはC平面上にある射出方向の溝の中をすべりながらC平面に回転を与え、A平面に対しては角変位 $0^\circ < \phi < 30^\circ$ の運動を与える。 $\theta = 60^\circ$ 、 $\phi = 30^\circ$ となれば、それから先はQが射出方向の溝からぬけるので、しばらくの間C平面はA平面に対して静止する。そのため第1ピンQはA平面とC平面に対し等速円運動をなし、その期間は $60^\circ < \theta < 120^\circ$ の範囲である。第2ピンRもその期間中C平面上の同じ円周上をQよりも $180^\circ$ 前方の位置を運動している。

$\theta = 120^\circ$ になったとき、第2ピンRはC平面上にある次の射出方向の溝の入口に達している。それから先は第2ピンがこの溝に入りこみ、溝の両側と接触しているのでこのピンがC平面を駆動し、A平面に対してふたたび徐々に運動を開始する。

このように駆動ピン2本が交互に作用することにより、B平面が $120^\circ$ まわる間に1方のピンがC平面を $60^\circ$ まわし、つぎにB平面が $60^\circ$ まわる間はC平面は静止する。このような間欠運動が繰り返えしC平面に与えられるので、B平面が等角速度で3回転する間に、C平面は

Aに対して6回の動と静の状態をくりかえながら1回転することになる。

#### 4. ガタを積極的に防ぐ方法

第2ピンRはB平面上にあつて、Pを中心としてA平面に対し等角速度で回転しているが、これは間欠運動とするC平面から見ればどのような運動になるだろうか。

第4図(上)でC平面におけるRの位置を表わすためOを座標原点とし、横座標 $x$ を $\overline{OQ}$ の方向に、縦座標 $y$ をRから $\overline{QO}$ に引いた垂線の長とさすれば、 $(-60^\circ) < \theta < 60^\circ$ の範囲では

$$\begin{aligned} x &= z + 2r \cos(\theta + \phi), \quad y = 2r \sin(\theta + \phi) \\ \text{となる。この式に(5)式と(8)式の関係を入れて} \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{x}{r} &= \frac{3}{\sqrt{5-4\cos\theta}} \\ \frac{y}{r} &= \frac{4\sin\theta}{\sqrt{5-4\cos\theta}} = 4\sin\phi \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

これ等の式を時間 $t$ について微分し、それぞれの方向の分速度を示す式を求めれば

$$\left. \begin{aligned} \frac{\dot{x}}{r\omega} &= -\frac{6\sin\theta}{(5-4\cos\theta)^{3/2}} \\ \frac{\dot{y}}{r\omega} &= -\frac{4(2-\cos\theta)(1-2\cos\theta)}{(5-4\cos\theta)^{3/2}} \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

となる。これ等の式から、C平面上をRが移動する曲線の方角係数を示す式を作れば

$$\frac{dy}{dx} = \frac{2(2-\cos\theta)(1-2\cos\theta)}{3\sin\theta} \quad (11)$$

となる。この式からさらに曲線の曲率半径 $\rho$ を示す式を求めれば

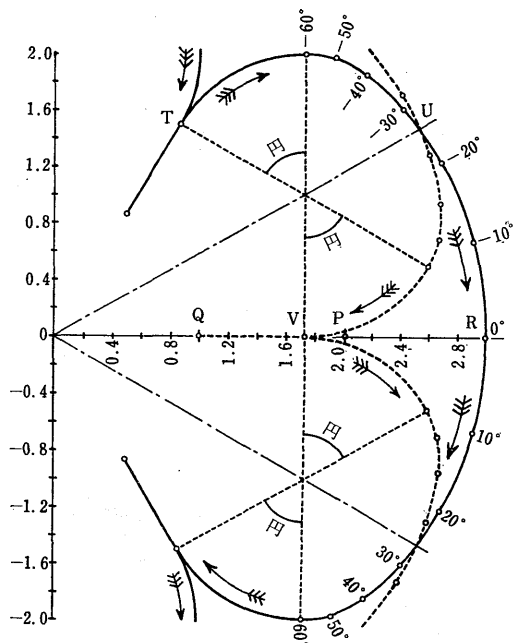
$$\frac{\rho}{r} = -\frac{[9\sin^2\theta + 4(2-\cos\theta)^2(1-2\cos\theta)^2]^{3/2}}{3(5-6\cos\theta+2\cos^3\theta)(5-4\cos\theta)^{3/2}} \quad (12)$$

となる。これ等の式によつて $\theta$ を $5^\circ$ 毎に、 $0^\circ-60^\circ$ の範囲で各種の値を計算してある。

その内で、 $\theta=0^\circ$ のときには、 $x=3r$ ,  $y=0$ ,  $\dot{x}=0$ ,  $\dot{y}=4r\omega$ ,  $\frac{dy}{dx}=\infty$ ,  $\frac{d^2y}{dx^2}=\infty$ ,  $\rho=2\frac{2}{3}r$

$\theta=60^\circ$ のときには、 $x=\sqrt{3}r$ ,  $y=2r$ ,  $\sqrt{x^2+y^2}=\sqrt{7}r$ ,  $\dot{x}=-r\omega$ ,  $\dot{y}=0$ ,  $\frac{dy}{dx}=0$ ,  $\frac{d^2y}{dx^2}=-1$ ,  $\rho=\frac{1}{2}r$

第5図はC平面にRがえがく曲線を見出すため、 $\theta$ を $5^\circ$ 毎に、 $0^\circ-60^\circ$ の範囲で、 $x$ ,  $y$ の値を計算し、それを図示して得た点を結んで実線で示してある。 $\theta=0^\circ$ のときには、第1ピンQと第2ピンRは共に回転の中心Pを廻る水平線上にある。この位置からクランクがまわり、 $\theta=60^\circ$ の位置に致るまでの間は、QはC平面に作った射出方向の溝の中を運動するので、溝の両側にある壁に接触しながら移動する。従つてB平面とC平面の間にガタがない。その期間中にRはC平面上の第4象限を左下に向かつて進行する。



第5図

$\theta=60^\circ$ となれば、Qは今まで接触してきた射出方向の溝からはずれる位置となり、また $\dot{\phi}=0$ となるからC平面の回転はここで止まる。それから先はC平面は $\phi=30^\circ$ の位置に静止し、駆動ピンは2本ともC平面上を円運動することになる。

$\theta=60^\circ$ の位置では、 $\dot{\phi}=0$ であるが、 $\ddot{\phi} \neq 0$ である。従つてこの位置にC平面を静止させるためには静止に入る瞬間に、C平面上の機構を回転モーメントにさからつて運動を阻止しなければならない。このためゼネバ・ストップは高速度で回転できないことになる。

さらに進んで $\theta$ が $60^\circ-120^\circ$ の範囲にある間は、2本のピンはC平面上を円運動するのだから、ピンがその間に接触するように内側に円板を案内に置けば、ピンは円弧を直径上で外側から抱きかかえる形になり、C平面は所定の静止位置から動かされることなく、装置にガタを生じないことになる。

ゼネバ・ストップでは、動と静のいずれの状態を問わず、C平面を $\theta$ の値に対応した所定の位置から“行き過ぎ”もなく、“あと戻り”も許さず、確実に予期した通りに駆動していれば、装置にガタはない訳である。

その時期を経過して $\theta=120^\circ$ になれば、C平面の静止状態は終つて第2ピンRが右下の射出方向の溝に入りかける。この溝は $\theta=60^\circ$ となるまでにQが入っていた溝の隣りではなくて、それを一つ越した先の溝である。Rがこの溝に入れば、それから先はRがかかつてC平面を駆動するようになる。しかし $\theta=120^\circ$ になった瞬間に、QによるC平面の拘束が突然に無くなり、両者の関連がそ

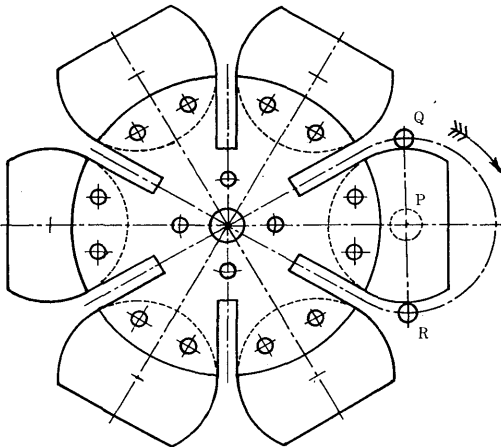
の瞬間に全く消えるようでは装置にガタが発生する危険がある。

これとよく似ているが、逆の場合は $\theta=60^\circ$ よりすこし手前のときにRのC平面における位置である。このときC平面はQの駆動を受けてまだわずかながら動いている。RはB平面上を等速回転しているが、C平面に対しては(9)式が示す位置にいる。従って(9)式により静止寸前のC平面に対してRの位置を次の表における $x$ 、 $y$ の値で求め、これを結んだ曲線を円弧の先につけて、ピン運動の拘束曲線としてみた。

| $\theta$ | $x/r$      | $y/r$      | $\rho/r$   |
|----------|------------|------------|------------|
| 55°      | 1.82381 97 | 1.99198 08 | 0.59946 52 |
| 56°      | 1.80473 26 | 1.99492 15 | 0.57561 96 |
| 57°      | 1.78580 42 | 1.99717 30 | 0.55379 76 |
| 58°      | 1.76766 79 | 1.99875 65 | 0.53395 31 |
| 59°      | 1.74968 09 | 1.99969 23 | 0.51603 73 |
| 60°      | 1.73205 08 | 2.0—       | 0.50—      |

このように間欠運動が、動から静に、また静から動へと運動状態が移りかわりするたびごとに、駆動ピンによるC平面の拘束方法を突然にかえるのではなく、あらかじめ次の状態に備えて案内曲線を作っておく。そのため2本の駆動ピンの内の一方が、射出方向の溝の出口、または入口の近くにおいてC平面を駆動しているときでも、他方のピンは、この計算で作った案内曲線に接触しているので、動と静の転換期に生じ易いガタをとり去れると聞いている。

第6図は説明のために作った模型の略図である。これは金属の薄い円板2枚を重ねて、それに射出方向の溝を $60^\circ$ の間隔で6個所に作り、この円板の間に切り欠けのある6枚の小円板をはさんで取り付け、駆動ピンの案内板とした。駆動ピンQとRは図の右側にかいてあって、小円板を上下両端で接触し拘束している場合である。



第6図

第6図では駆動ピンを拘束する板を切り欠け円板としたが、これは第5図における葉状曲線TUVのように、前半は実線TU、後半は点線UVより内側にある部分を拘束板とするのが、最良の策と考えられる。

しかし駆動ピンが2本ともに、円板を拘束していない状態のときには、どちらかのピンが、かならず射出方向の溝の内にあつて、C平面を駆動しながら溝の両側と接触しているのだから、これによってピンとC平面の間にはガタを生じる心配はない。従って第6図の模型では円弧に接続している曲線部分は比較的短くともよいとし、 $\theta$ の範囲としては $60^\circ$ より前または後のわずかの部分とした。ここは本来相当精密に(9)式に従がって加工すべき個所であるが、この模型では曲線部分の長さを約2mmとし、ヤスリで合せ仕事の程度にしておいた。

2本のピンがC平面上を運動する軌跡は、第5図に示すように一方は実線、他方は点線で表わされ、2本の曲線はUで交わる。Uは $\angle TOV=60^\circ$ の2等分線上にあるべきだから、その点の座標は $y=xtan30^\circ$ の関係にある。一方この点の位置は(9)式により $3y=4xsin\theta$ の式を満足することが知れているので、この関係からUの位置について次の値を得る。

$$\sin\theta=\sqrt{3}+4=0.43301 \quad 270$$

$$\cos\theta=0.90138 \quad 782$$

$$\theta=25.65890 \quad 73^\circ$$

$$\overline{OU}=2.93352 \quad 200r$$

U点における一方の曲線の接線方向を調べると

$$\frac{dy}{dx}=\frac{2(2-\cos\theta)(1-2\cos\theta)}{3\sin\theta}=-1.35783 \quad 41$$

U点で接線が水平線となる角を $\psi$ とすれば

$$\tan\psi=-1.35783 \quad 41$$

$$\psi=-54.62958^\circ$$

となり、この交点で2本の曲線がはさむ角は

$$2 \times (60^\circ - 54.62958^\circ) = 10.74084^\circ$$

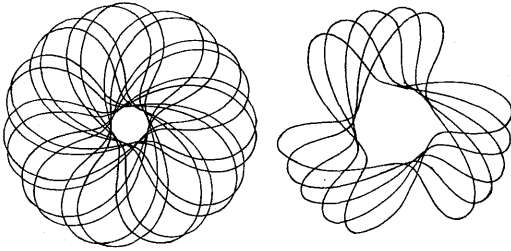
となる。

### 5. 新しい渦巻曲線創成への応用

昨年来イギリスを中心にヨーロッパ各地で、爆発的に流行しているといわれる玩具に、スピログラフというのがある。これは将来グラフィック・デザインなどの面でも大に利用されるだろうと見られているが、この装置が創成する各種の曲線を紹介の文面から考えると、トロコイド系の曲線であるらしい。

著者が数年前に百貨店で求めた簡単な玩具<sup>(3)</sup>は前記のものとはちがひ、描いた曲線は原理の上ではこの報告の第1図で、杆 $\overline{OQ}$ に取りつけたC平面上の任意の点の運動を、A、B、C平面以外の任意の回転平面上に描かせた渦巻曲線である。第7図はこの装置で描かせた曲

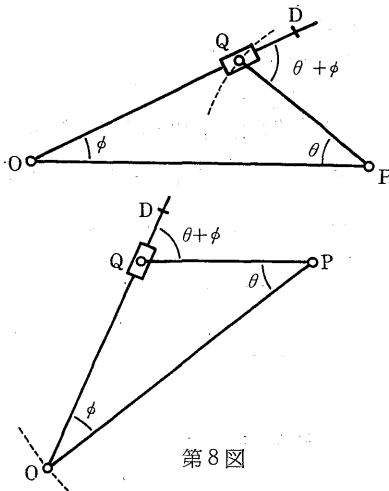
線の内一例である。



第7図

つぎに新しい渦巻曲線創成の簡単な場合として、もういちど第1図(下)について考えてみる。クランク  $PQ$  が  $P$  を中心に等速で回転し、 $OP=2r$ ,  $PQ=r$  の関係があり、さらにスライダ  $Q$  が杆  $OQ$  から離脱することなく、常に  $OQ$  を揺動している場合を最初に考えることにする。

第8図(上)は第1図(下)と同じ構造で、渦巻曲線をかかせるための定点  $D$  を  $OQ$  の上にとり、 $OD=\sqrt{3}r$  とした。(第7図の渦巻曲線を描かせる点については、このような条件をつけずに、一般的な場合としていろいろな形の曲線を求めることを目的とした)。



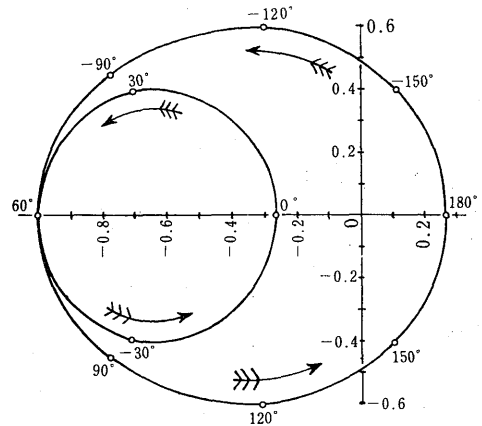
第8図

一般には  $D$  点が  $A$ ,  $C$  平面以外の回転平面上を移動する軌跡を知りたいのであるが、ここでは代表的な場合として  $B$  平面上の軌跡を調べることにしよう。

そのため第8図(下)に示すように、 $B$  平面にあるクランク  $PQ$  を水平軸にとり、 $P$  を座標原点として  $D$  点の位置を求めれば

$$\begin{cases} x = -2r\cos\theta + \sqrt{3}r\cos(\theta+\phi) \\ y = -2r\sin\theta + \sqrt{3}r\sin(\theta+\phi) \end{cases} \quad (13)$$

となる。この式の  $\theta$  には範囲の制限はない。 $\theta$  と  $\phi$  は比例しないことは前に記してある。もしこれが比例するな



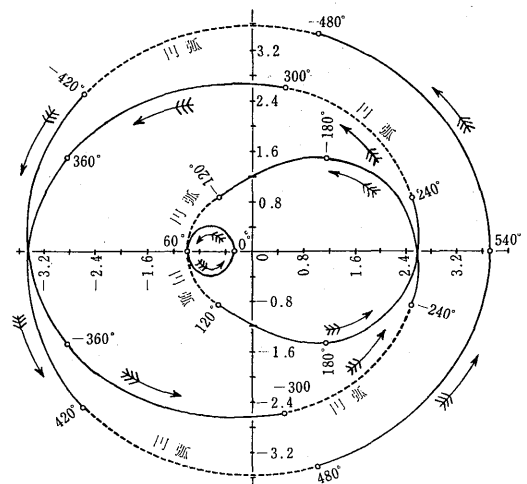
第9図

らば曲線はトロコイド系になる。 $\sin(\theta+\phi)$ ,  $\cos(\theta+\phi)$  は(8)式のように  $\theta$  の関数になる。 $\theta$  を  $5^\circ$  毎に  $x$ ,  $y$  の値を上式で計算し、それを図示すれば第9図ができる。これは  $OP$  が1回転する間に、 $D$  が  $B$  平面上に描いた軌跡である。

次は前の場合と条件をかえて、第4図のときのように  $OQ$  の長さを限定したため、 $\theta=60^\circ$  となったとき、 $OQ$  は  $PQ$  の駆動を受けなくなったとする。この場合杆の長さ  $OQ = \sqrt{3}r$  なのだから、 $OQ=OD$ ,  $D$  点は  $Q$  の上にくる。従って  $\theta=60^\circ$  のとき  $D$  点は  $C$  平面の射出方向の溝の先端と重なる。

ゼネバ・ストップでは  $B$  平面の等速回転にともない、 $D$  点は  $A$  平面に対して静止する期間もあり、前の説明のように間欠運動をしながら  $B$  平面に対しては反時計方向にまわっていく。

第10図は  $D$  点が  $B$  平面に対して移動する軌跡である。



第10図

はじめに  $\theta$  が  $0^\circ$ — $60^\circ$  の範囲内では、図形は第9図のその部分と全く同じになるが、図のスケールがちがうので、第9図の方が拡大されている。 $60^\circ$ — $120^\circ$  の範囲では、DはA平面に対しては静止するので、B平面に対しては円運動になる。円運動の部分は第10図では点線で表わしてある。

$\theta$  がそれより大きくなると、 $60^\circ$  を進むたび毎に運動の状態が変わるので、それに適合するように式を立てかえたが、その式の各項はすでに  $0^\circ$ — $60^\circ$  の範囲内で計算した値を利用できる場合が多く、 $\theta$  を  $5^\circ$  毎にD点の位置をB平面上に求めることは割合に楽であった。

曲線創成の立場からいえば、D点の移動を調べるために設定すべき平面は、この報告で選んだ条件のようではなく、第7図を求めたときの装置のように条件を一般化すべきであり、それによって実に千差万別な形の曲線が得

られることになる。著者はつぎの段階ではこの模型を改造し、前の場合以上にいろいろ形のちがった曲線を描く曲線創成器を作りたいと思っている。

しかしこの研究をここまで進めることができたのは、第6図の模型を手元に置いて十分に考察し得たためであると思っている。このやっかいな模型を多忙な公務の間に、正確に作ってくれた本学技術員中島数正氏のこの研究に対する貢献は甚大であったことを思い、ここに心から感謝の意を表する次第である。

## 文 献

- 1) 井藤正照, ゼネバ歯車機構の研究, 中部工業大学紀要第1集(1965)
- 2) 複刊委員会, “新編機械の素”(1966), 理工学社
- 3) 福原達三, 簡単な渦巻曲線創成器, エンジニアリングVol. 40, NO. 3 (1953)