

二等辺三角カムによる早戻り揺動機構について

秋 田 晃

On Oscillated Quick Return Motion Mechanism by Isosceles Triangular Cam

Akira AKITA

In the automatic machine and various machinery, it is convenient to use positive cam having no springs, and is important to save return time by using of quick return motion mechanism.

This paper shows some consideration on the results of applying isosceles triangular cam to oscillated quick return motion mechanism.

1. ま え が き

自動機械はじめ各種機械類には種々のカムが使用されるが、バネの使用を必要としない確動カムの使用が便利であり、又早戻り運動機構を採用して戻り行程の所要時間を短くする事が重要である。ピック・アンド・プレイス等の自動搬送機構への応用も含めた「早戻り揺動機構」に三角カムを応用した場合の中、正三角形を母体とするカムについては前報に述べたので、この論文では二等辺三角形を母体とする「二等辺三角カム」を応用した場合の結果についての考察を述べる。

この論文において使用する主な記号は次の通りである。

θ : カムの回転角

ω : カムの角速度

a : 二等辺三角カムを形成する等辺の長さ

b : 同底辺の長さ

r_1 : 二等辺三角形の頂点におけるカム隅部の丸味半径

r_2 : 二等辺三角形の底辺両側におけるカム隅部の丸味半径

R_1, R_2 : 等辺・底辺に対するカム円弧の半径

α : 従動節内部側面に対する垂線と等辺とのなす角

β : 二等辺三角形の底角

γ : 同頂角

B : 従動節の溝部の幅

l : カムの回転中心と従動節の揺動中心との距離

ϕ : 従動節の揺動角

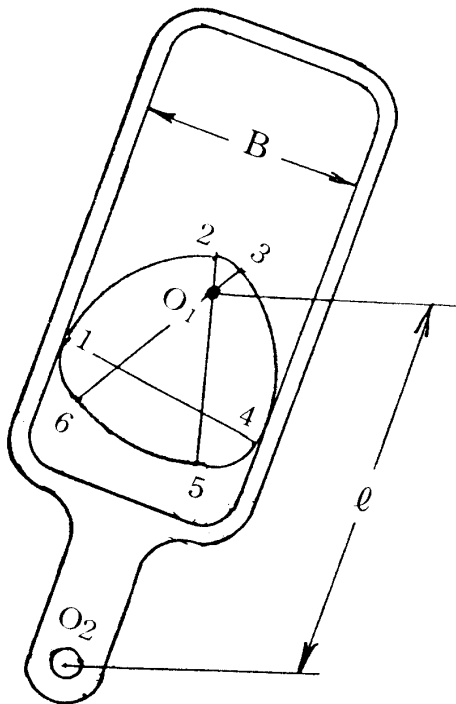


図-1 二等辺三角カム装置

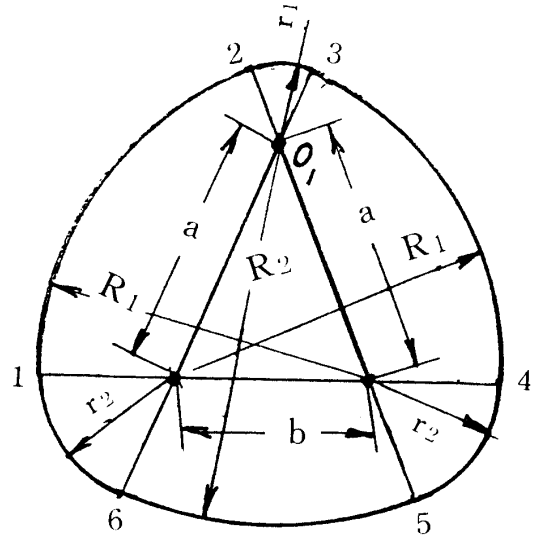


図-2 二等辺三角カム

2. 理 論

2. 1 従動節の運動

カムの輪廓を図-1及び図-2に示す如く、1~6の6部分に分ける。即ち、半径が R_1 の $\widehat{1 \cdot 2}$ 及び $\widehat{3 \cdot 4}$ 、半径 R_2 の $\widehat{5 \cdot 6}$ 、半径 r_1 の $\widehat{2 \cdot 3}$ 、半径 r_2 の $\widehat{1 \cdot 6}$ 及び $\widehat{4 \cdot 5}$ とする。ここで $R_1 = a + r_1 = b + r_2$ 、 $R_2 = a + r_2$ である。

又、従動節の溝幅 B は

$$B = a + r_1 + r_2 = b + 2r_2$$

- (1) カムの $\widehat{1 \cdot 2}$ が従動節の左側と接触する場合 (図-3)

$$\sin \phi = \left\{ \frac{B}{2} - (R_1 - a \cos \alpha) \right\} / l$$

$$\alpha = \beta - \theta - \phi$$

従って、従動節の角速度は次式で示される。

$$\frac{d\phi}{dt} = \left\{ \frac{a}{l} \sin (\beta - \theta - \phi) \right\} \omega / \left\{ \cos \phi - \frac{a}{l} \sin (\beta - \theta - \phi) \right\}$$

- (2) カムの $\widehat{2 \cdot 3}$ が従動節の左側と接触する場合 (図-4)

$$\sin \phi = \left\{ \frac{B}{2} - r_1 \right\} / l$$

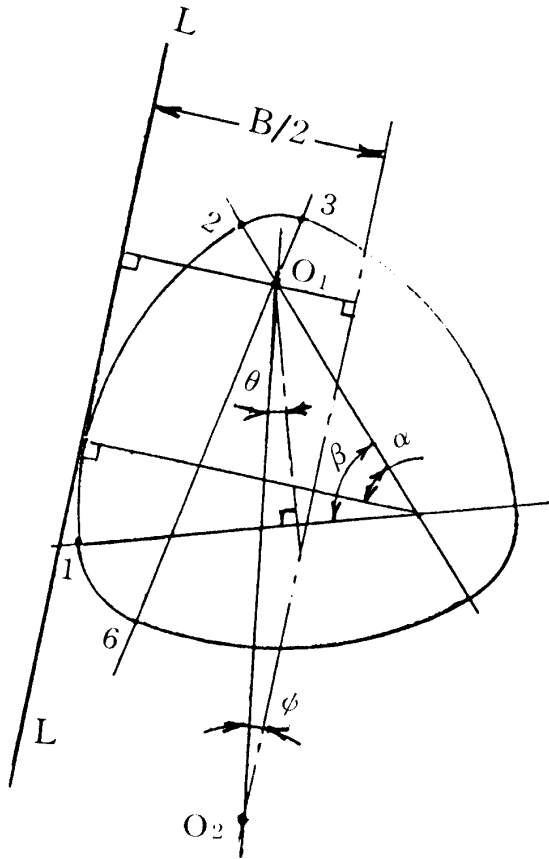


図-3 カムの1・2が従動節の左側と接触する場合

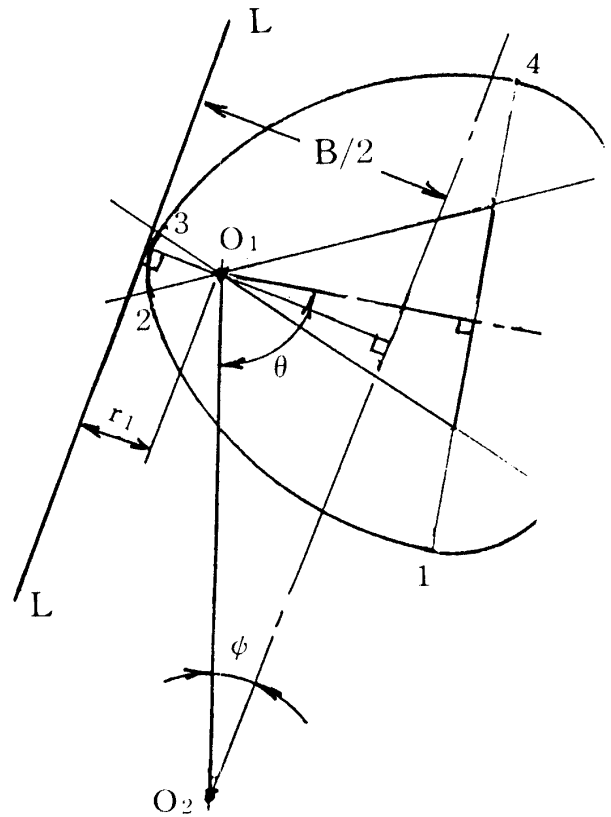


図-4 カムの2・3が従動節の左側と接触する場合

従って、 $\frac{d\phi}{dt} = 0$ となり、従動節は最右方に傾いた位置に静止する。

(3) カムの3・4が従動節の左側と接触する場合 (図-5)

$$\sin \phi = \left\{ \frac{B}{2} - (R_1 - a \cos \alpha) \right\} / l$$

$$\alpha = \beta + \theta + \phi - \pi$$

従って、従動節の角速度は

$$\frac{d\phi}{dt} = \left\{ a \sin (\beta + \theta + \phi) \right\} \omega / \left\{ l \cos \phi - a \sin (\beta + \theta + \phi) \right\}$$

(4) カムの4・5が従動節の左側と接触する場合 (図-6)

$$\sin \phi = \left\{ (r_2 + a \cos \alpha) - \frac{B}{2} \right\} / l$$

$$\alpha = \phi + \beta - \theta + \pi$$

従って、従動節の角速度は

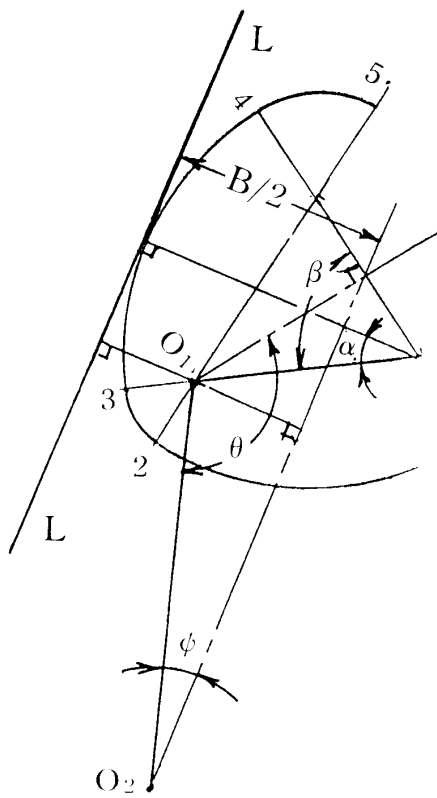


図-5 カムの $\widehat{3 \cdot 4}$ が従動節の左側と接触する場合

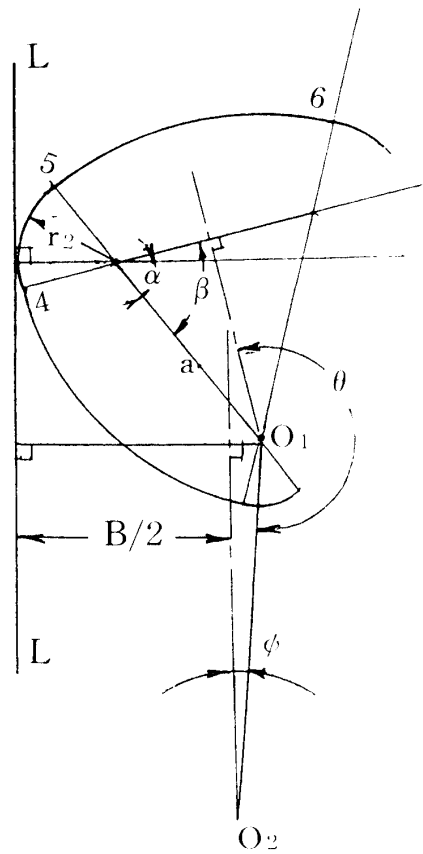


図-6 カムの $\widehat{4 \cdot 5}$ が従動節の左側と接触する場合

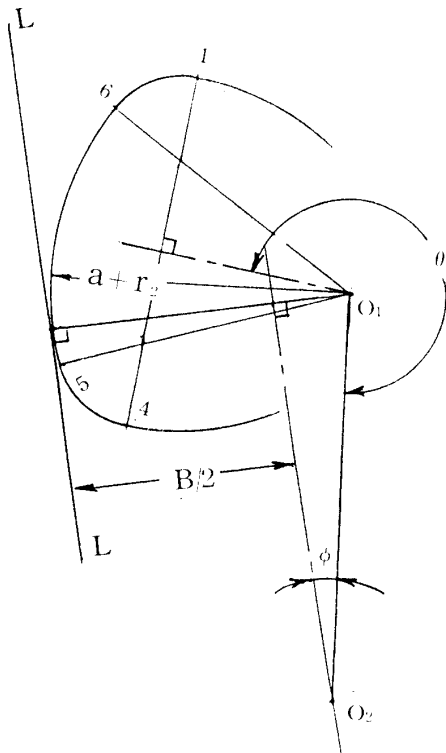


図-7 カムの $\widehat{5 \cdot 6}$ が従動節の左側と接触する場合

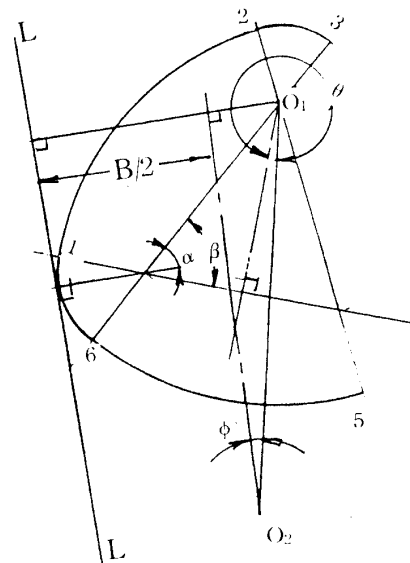


図-8 カムの $\widehat{6 \cdot 1}$ が従動節の左側と接触する場合

$$\frac{d\phi}{dt} = \left\{ -a \sin (\phi + \beta - \theta) \right\} \omega / \left\{ l \cos \phi - a \sin (\phi + \beta - \theta) \right\}$$

(5) カムの $\widehat{5 \cdot 6}$ が従動節の左側と接触する場合 (図-7)

$$\sin \phi = \left\{ a + r_2 - \frac{B}{2} \right\} / l$$

$\frac{d\phi}{dt} = 0$ となり, 従動節は最左方に傾いた位置に静止する。

(6) カムの $\widehat{6 \cdot 1}$ が従動節の左側と接触する場合 (図-8)

$$\sin \phi = \left\{ (r_2 + a \cos \alpha) - \frac{B}{2} \right\} / l$$

$$\alpha = \beta + \theta - \phi - 2\pi$$

従って,

$$\frac{d\phi}{dt} = \left\{ -a \sin (\beta + \theta - \phi) \right\} \omega / \left\{ l \cos \phi - a \sin (\beta + \theta - \phi) \right\}$$

2. 2 従動節の早戻り比

カムの $\widehat{3 \cdot 4}$, 更に $\widehat{4 \cdot 5}$ が従動節の左側と接触する場合, 即ち前記 2. 1 における(3)及び(4)の場合に, 従動節が最右方の位置より左方に揺動し, 又カムの $\widehat{6 \cdot 1}$, 更に $\widehat{1 \cdot 2}$ が従動節の左側と接触する場合, 即ち 2. 1 における(6)及び(1)の場合に, 従動節が最左方の位置より右方に揺動する。

往行程に対するカムの回転角を θ_1 , 戻り行程に対するカムの回転角を θ_2 とすれば,

図-9 より $\theta_1 + \theta_2 = 2\pi - 2\gamma$

$$\cos \frac{\theta_2 + \gamma}{2} = \left\{ (a + r_2) - \frac{a + r_1 + r_2}{2} \right\} / l$$

$$\therefore \theta_2 = 2 \cos^{-1} \frac{a + r_2 - r_1}{2l} - \gamma$$

$$\theta_1 = 2\pi - 2 \cos^{-1} \frac{a + r_2 - r_1}{2l} - \gamma$$

ここで,

$$\gamma = \pi - 2\beta = \pi - 2 \cos^{-1} \frac{b}{2a}$$

従って, 往行程に対する戻り行程の時間比 i は

$$i = \frac{\theta_2}{\theta_1} = \frac{2 \cos^{-1} \{ (a + r_2 - r_1) / (2l) \} - \gamma}{2\pi - 2 \cos^{-1} \{ (a + r_2 - r_1) / (2l) \} - \gamma}$$

となる。

2. 3 従動節の速度変換

従動節の揺動運動の角速度を同軸上に取り付けた平歯車とこれにかみ合うラックによって, 直線速度に変換する。歯車のモジュールを M , 歯車を Z とすれば, 従動節の揺動角 ϕ に対するラックの変位量 S 及びその速度 V は

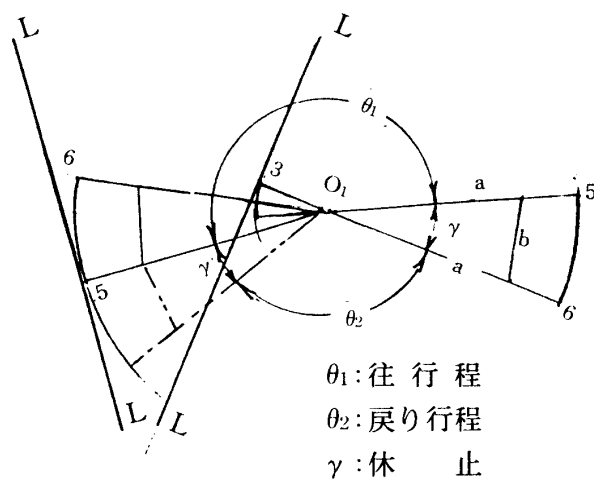


図 - 9 カム回転角

表 - 1 二等辺三角カムの寸法

カム 寸法	等 辺	底 辺	丸 味 半 径				頂 角
			r_1	r_2	R_1	R_2	
A	30	20	10	20	40	50	$38^{\circ}56'32''$
B	30	40	20	10	50	40	$83^{\circ}37'14''$
C	30	48	24	6	54	36	$106^{\circ}15'36''$
D	35	30	10	15	45	50	$50^{\circ}45'13''$
E	35	38	14	11	49	46	$65^{\circ}45'24''$
F	35	46	18	7	53	42	$82^{\circ}9'52''$
G	40	44	12	8	52	48	$66^{\circ}44'2''$
H	40	48	14	6	54	46	$73^{\circ}44'23''$
I	40	52	16	4	56	44	$81^{\circ}4'59''$

$$S = \frac{1}{2} Z \cdot M \cdot \phi \quad , \quad V = \frac{1}{2} Z \cdot M \cdot \frac{d\phi}{dt}$$

$$\therefore \frac{d\phi}{dt} = \frac{2V}{Z \cdot M}$$

3. 実験装置等

3. 1 実験装置

(i) カム及び従動節

実験に使用したカムは、A～Iの9個で、A～Cは等辺 a が30mm、D～Fは a が35mm、G～Iは a が40mmの二等辺三角カムで、各部の寸法は表-1に示す通りである。

又、従動節の溝の幅 B が60mmで、カムの回転中心と従動節の揺動中心との距離 l は70mmである。

(ii) 駆動装置及び計測器類

前報(第18号)と同じであるので省略する。

3. 2 実験結果

前記3. 1(i)のカムを回転させて、従動節の揺動角変位及び揺動角速度の変化状況を調べた結果は、図-10及び図-11に示す通りである。又、この結果から早戻り状況を調べると、各カムの早戻り比の値は大体次の様になる。

$$i = 0.58 \sim 0.76$$

で、カムGが最も早戻り効果が大である。

4. 考 察

4. 1 揺動角変位について

従動節は、カムの $\widehat{3 \cdot 4}$ 及び $\widehat{4 \cdot 5}$ が従動節の溝の左側と接触する場合に最右方の位置より最左方の位置に移動し、カムの $\widehat{6 \cdot 1}$ 及び $\widehat{1 \cdot 2}$ が従動節の溝の左側と接触する場合に最左方の位置より最右方の位置に移動する。揺動角変位の最大値は、カムの $\widehat{2 \cdot 3}$ 及び $\widehat{5 \cdot 6}$ が溝の左側と接触する場合で、その値を表-2に、揺動角変位の変化状況を図-10に示す。それにより明らかな如く、等辺の同じ値に対し、底辺が小である程、頂角が小となり、揺動角が大となる。即ち、 $a = 30\text{mm}$ の場合約 33° 、 $a = 35\text{mm}$ の場合約 33° 、 $a = 40\text{mm}$ の場合約 29° である。又、角変位の変化状況も、上記同様に、底辺が小であるカムの従動節が往行程では傾斜の緩やかな曲線で、戻り行程では逆に傾斜の大きい、早戻りを示す曲線となる。

4. 2 揺動角速度について

従動節の揺動角速度は、前記の4. 1及び図-11によって明らかな如く、 a の各値に対し、底辺の長さ(従って頂角)が小であるカム程、従動節の揺動角速度が往行程では小で緩やかに変化し、戻り行程では大で急激に変化する。 $a = 30\text{mm}$ の場合よりも $a = 35, 40\text{mm}$ の場合によく現われ、特に $a = 40\text{mm}$ の時が最も顕著である。

4. 3 早戻り比について

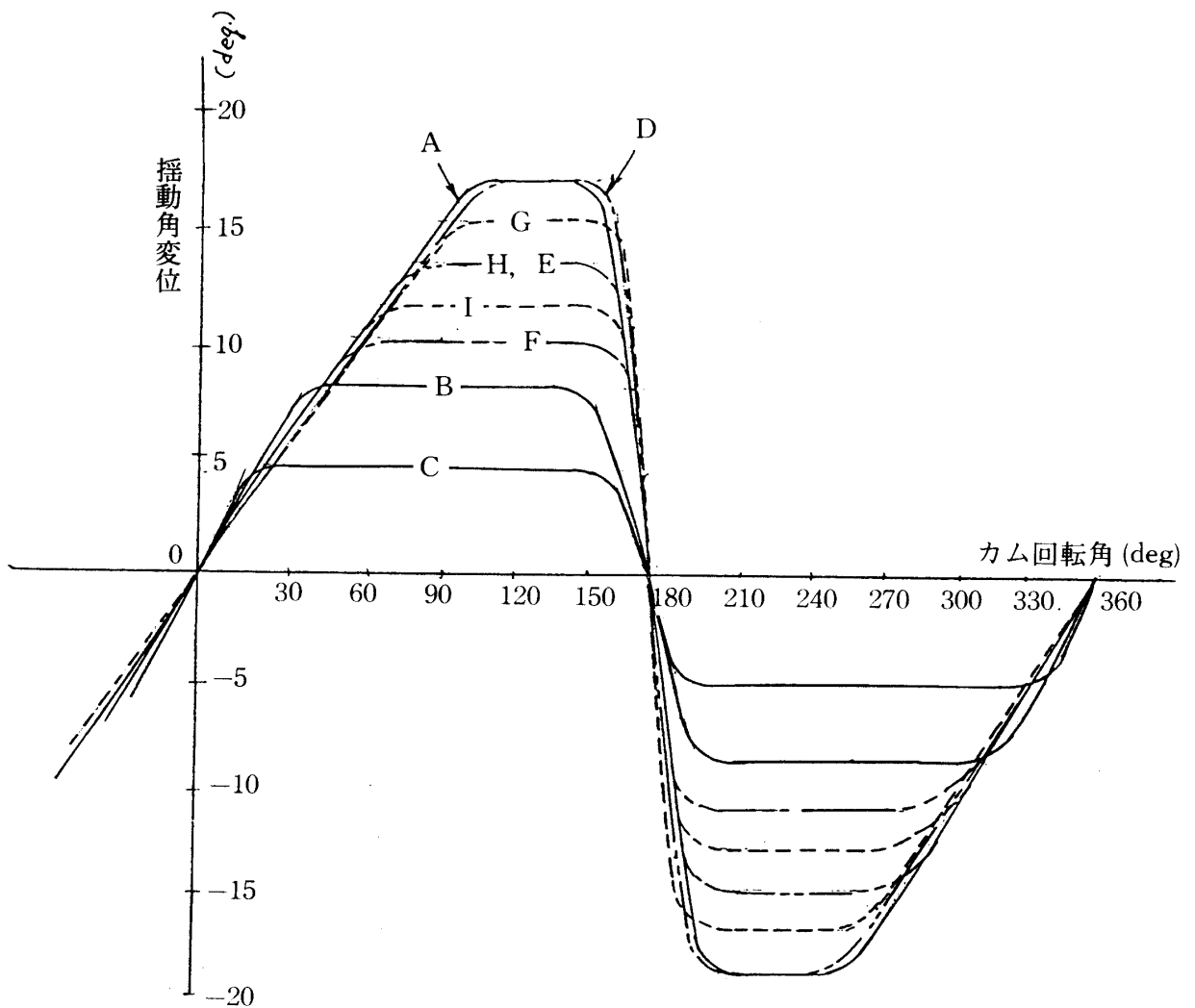


図 - 10 従動節の揺動 (角変位)

表 - 2 各カムの特徴

カム 値	揺 動 角	休 止 / 作 業		早戻り比
		往 き	戻 り	
A	33°12'11"	0.22	0.36	0.619
B	16°25'35"	0.74	1.04	0.709
C	9°50' 3"	1.27	1.66	0.765
D	33°12'16"	0.31	0.53	0.591
E	26°25'33"	0.47	0.75	0.624
F	19°44'30"	0.69	1.05	0.664
G	29°48' 4"	0.46	0.79	0.583
H	26°25'33"	0.55	0.98	0.602
I	23° 4'26"	0.66	1.07	0.665

(1) 従動節の早戻り比は、前記 2. 2 の i の式で表わされ、計算による i の値は表 - 2 に示す通り、 $i=0.583\sim 0.764$ となり、実験による値 $i=0.58\sim 0.76$ とはほぼ同じである。

(2) 等辺 a の同じ値に対しては、底辺 b が小である程、 i の値が小で早戻り効果が大である。図 - 12 に示す通りである。

(3) カム G ($a=40$, $b=$

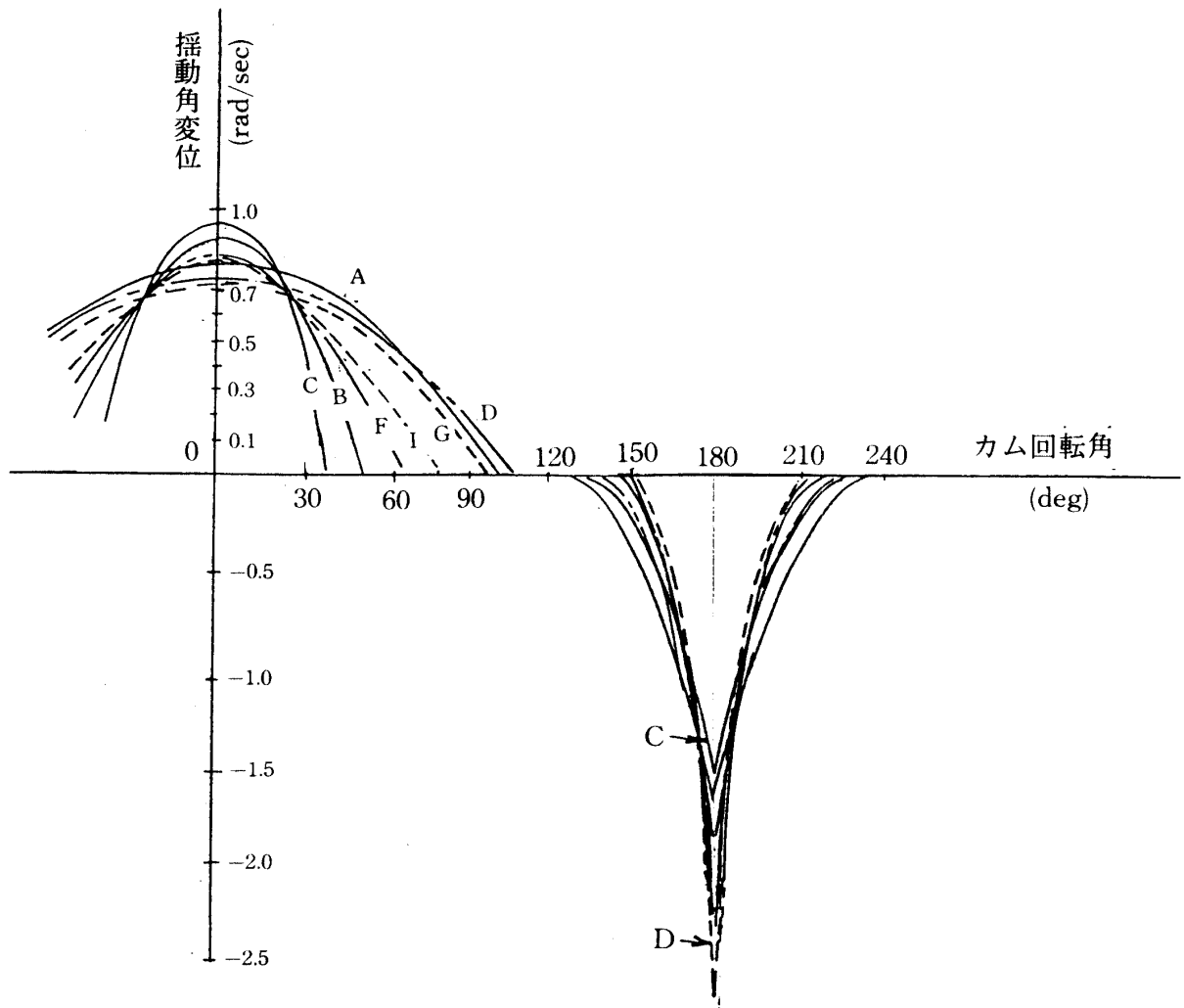


図 - 11 従動節の揺動（角速度）

44), カム D ($a = 35$, $b = 30$), カム A ($a = 30$, $b = 20$) の順に, それぞれ $i = 0.583$, $i = 0.591$, $i = 0.619$ の早戻り比で, 何れも早戻り効果良好であるが, 中でもカム G が効果大である。即ち, a の同じ値に対しては a/b の値が大きい程 i の値が小さいが, a の異なる値に対しては a/b の値が小さい程 i の値

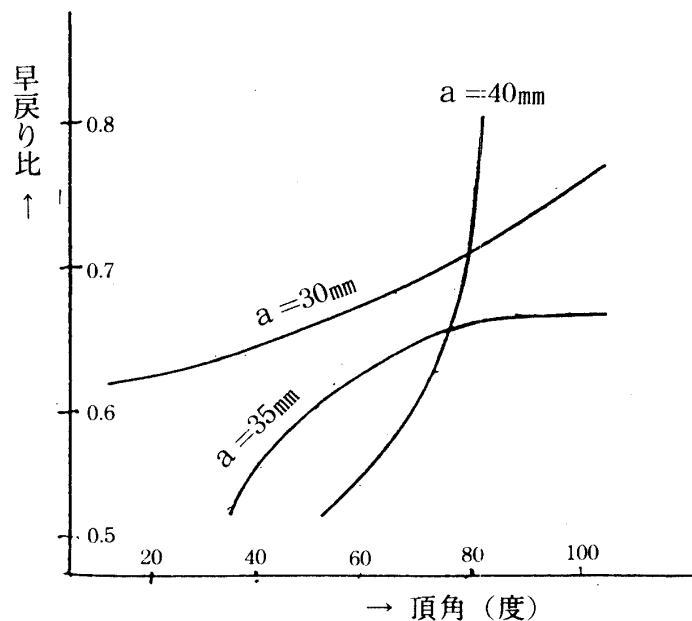


図-12 等辺, 頂角と早戻り比

が小で、早戻り効果が大である。

(4) 早戻り効果を高めるには、カムの回転中心と従動節の揺動中心との距離を出来るだけ小さくし、同時に上記(2)、(3)を考慮して a 及び b の値を決定すればよい。

4. 4 休止区間について

カムの $\widehat{2 \cdot 3}$ 及び $\widehat{5 \cdot 6}$ が従動節の溝の左側と接触する場合、従動節は静止し、往き又は戻りの作業区間に対する休止区間となる。頂角が大である程、休止区間が大で揺動角が小となり、早戻り効果は薄れる。しかし、休止区間は無駄ではなく、この機構をピック・アンド・プレースの自動搬送に利用する場合には、物品を「掴んで持上げる」、「下して離す」等の作業に充当する事が出来る。又、この区間に対する時間の調節は、カムの頂角即ち底辺の長さとかムの回転数によって行い事が出来る。

4. 5 正三角カム及び偏心円板カムとの比較

(1) 正三角カムとの比較

正三角形を母体とする、所謂三角カムに比べて、二等辺三角カムの場合は、三辺共に等しくないため、円弧部分の半径が異なり、製作の面で多少の不便はあるものの、頂角を60度以外の角度に選択出来るので、休止区間が正三角カムの場合の画一的なものと異なり、休止区間の調節が可能なので極めて便利である。

(2) 偏心円板カムとの比較

偏心円板カムによる揺動（確動）装置の場合は、カムの製作が極めて簡単な利点はあるが、早戻りを伴う往復角運動のみで、休止区間が全くないため、ピック・アンド・プレースに役立てる事が出来ない。この点、二等辺三角カムの場合には、休止区間があり、且つその長さの調節も可能なため、偏心円板カムより遙かに有利である。

5. あとがき

二等辺三角カムを使用して早戻り揺動を行わせる事は、一般の三角カム（正三角形を母体とするもの）使用の場合と同様、確動カムであるため、戻り行程用のバネが不要であり、又戻り行程の無駄な時間を短縮出来る早戻り機構である事の他に、従動節の休止期間（搬送機構に於て物品を掴む・離す等の時間に充当）の長さを調節出来る長所がある。カムと従動節の間の適切な隙間及び潤滑の点で多少研究を要する面もあるが、構造及び装置が極めて簡単なため、自動搬送装置、その他の各種自動機械に充分適用出来るものと考ええる。

本研究に際し、カム製作面で福井工大の正津氏その他の方々の御協力を賜った事を感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 北郷 薫, 他 3 名: 機構学, 朝倉書店
- 2) 木内 石: 機械設計便覧, 朝倉書店
- 3) 機械設計便覧, 丸善
- 4) 窪田雅男: 機構学, 森北出版
- 5) 小川 潔: リンク・カムの設計, オーム社
- 6) 中井英一: 実用カム設計法, 日刊工業新聞社
- 7) 秋田 晃: 三角カムによる早戻り揺動機構について, 福井工大研究紀要 第18号