

カム加工(オプション)

オプションソフトのカムについて説明しています。本書はカムにおける一般的な説明、及びカム曲線について説明しています。

目次

第1章	カム概要.....	2
第2章	カム一般.....	6
第3章	各種カム.....	26

第1章 カムの概要

このカムソフトは、カム加工計算のために必要かつ十分な機能を最小限のソフトウェアとして提供しようとするものです。

しかし、最小限とは言っても、これに盛られている内容は決して通り一辺のものではなく、きわめて広い範囲のカム機構をカバーしており、また、その設計法も『従節端の運動からカムの形状を定める』という正しい設計法にもとづいておりますので、大方のユーザの満足を得られることと信じます。

それぞれのプログラムはパーソナルコンピュータの特徴を生かして対話型で書かれていますので、初心者でも容易に、かつ誤りなくカムの計算を行うことができます。

この場合、ユーザはローラ中心軌跡，カム輪郭，カッタ中心軌跡のうちの任意のものを選択できます。

また、座標も直角座標か極座標かを選択できますので、使用するNC工作機械にマッチしたデータを得ることができます。

カッタ径の補正は、NC工作機械の補正機能を使用しないで直接工具中心データを計算するものです。

このことは、一見無駄のようですが、近似を排除した、理論的に正しい形状を得ることができ、データ作成に要する時間はきわめて短時間です。

このカムソフトはあらかじめ仕様諸元の定められたカムの輪郭加工のためのデータを算出するものであって、仕様諸元そのものをどのように定めるかという設計上の問題を解決するものではありません。

しかし、結果が即座に得られるという特徴を生かして、与えた諸元の適否を判断することができます。

また、カム機構の初期値の計算を対話形式で行うようになっておりますので、これによって未定リンクの長さなどを求めることができます。

特 徴

(1) カム曲線名入力

カム曲線はすべて番号で指定できます。(例:変形正弦の場合は26)

(2) カム曲線の作図

無時限時間(T)に対する変位(S)、速度(V)、加速度(A)、躍動(J)、慣性トルク(Q)の作図ができます。

(3) ローラ , カッタの作図

カム形状計算時にローラ及びカッタ のマークも同時に描画します。
特にカッタ・マークの軌跡は実際の加工時のシュミレーションとして利用できます。

(4) 干渉チェック

カムフォロワ(カムローラ)の切り下げチェック及びカッタの切り込み過ぎチェックを行います。

(5) カムデータの高速処理

入力したデータを元にカムデータを高速に出力します。同時に作図をしますので形状の適否が一目でわかります。

(6) タイミング入力の充実

タイミング(割付角)の入力が簡単にできます。

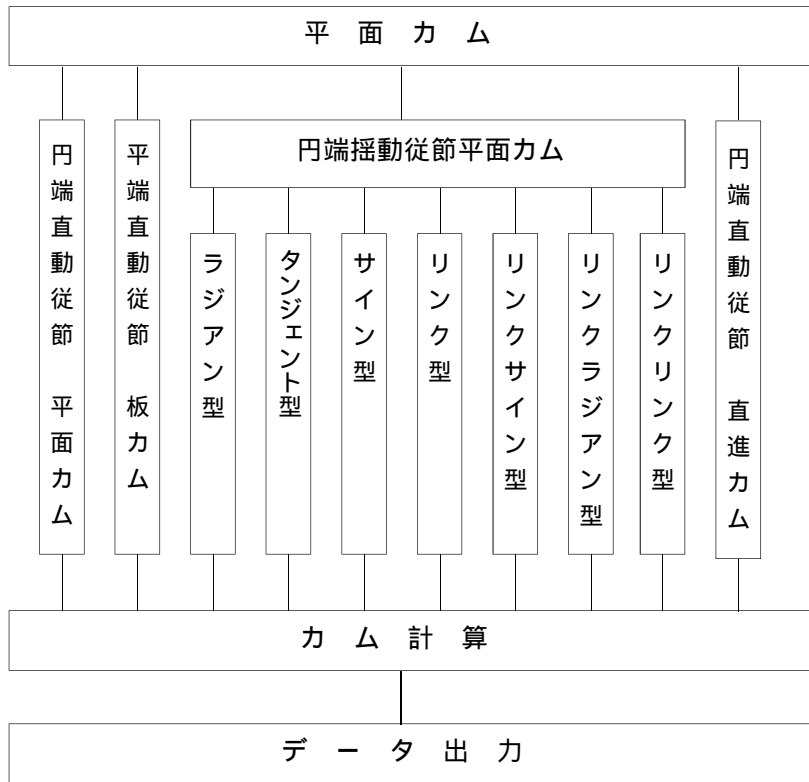
(7) カム入力の簡易化

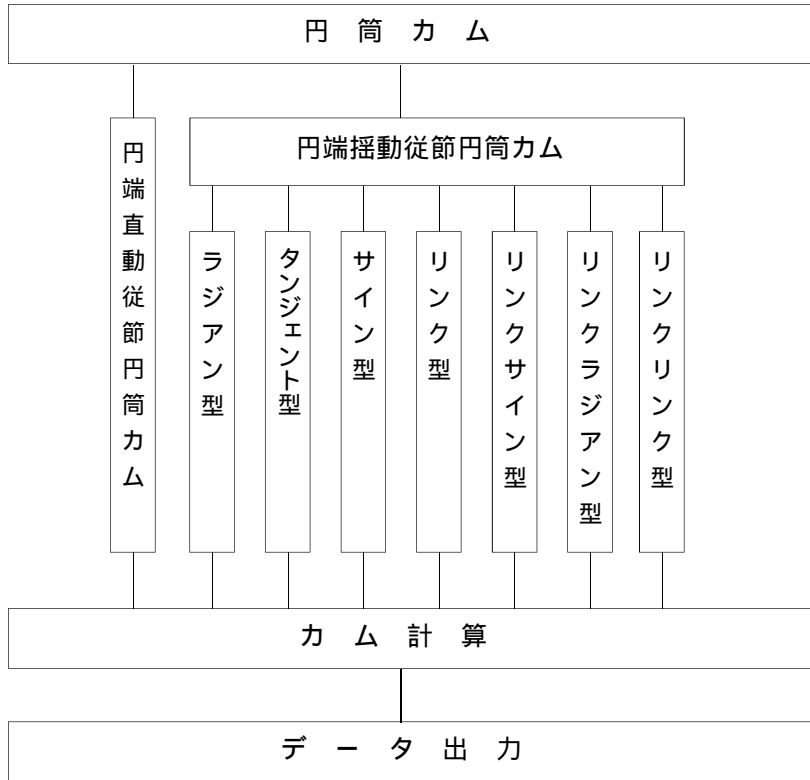
入力はすべて対話式ですのでCRT上のメッセージを見ながら、簡単にできます。

(8) 訂正機能の充実

入力全体にわたってデータの訂正が簡単にできます。

構成





第2章 カム一般

カムについて

カム（cam）は任意形状を持った機械要素であって、その直接接触によって相手側に任意の運動を与えようとするものです。任意の運動を与えるためには、一方のみが任意の形状を持てば十分であるから、相手側としては一般に単純な形状のローラあるいは平面が用いられます。カムは一般に原節（原動節，駆動節，drive member, driver）として用いられ、等速回転させるのが普通です。

従節（従動節，被動節，follow member, follower）という言葉は、カムと接触する相手側要素（例えばローラ）だけをさすこともあり、ローラを支えるレバーということもありそれ以後に続く負荷系をいうこともあります。また運動を問題にする場合には、従節系の出力端をいうこともあります。これらを区別する必要がある場合には、それぞれ、従節ローラ（follower roller）、従節レバー（follower lever）、従節系、従節作動端と呼ぶこともあります。

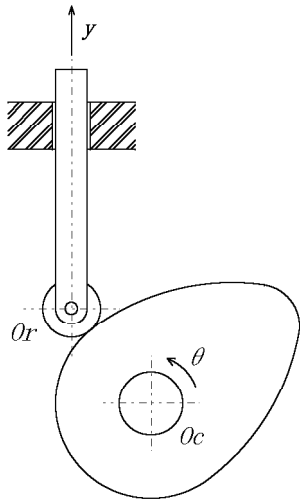
言い換えるならば、あるきまった運動から別の違った運動を取り出す場合に用いられます。たとえば、回転運動を直接往復運動に変える場合がそれに該当します。特にカムを使用する場合は、短い直線往復運動を実現するのに便利です。直線往復運動は、ストロークあるいはリフトと呼ばれることもあり、その運動速度はほぼ一定のものから、等加速度的に変化するもの、あるいは正弦的に変化するものと様々です。そして、その運動は原動節（カム）の変化によって作られるわけです。カム機構を分類すると、その形状が2次元的である平面カムと3次元的である立体カムとに分けることができます。

形 状	カムの運動	従節の運動	カムの種類	従節先端形状
平面カム	直進	直動 揺動	平板カム	尖端 円端
			溝カム	円端
	回転	直動 揺動 間欠回転	板カム	尖端 円端 平端
			溝カム	円端
立体カム	回転	直動 揺動 間欠回転	端面カム 円筒溝カム	尖端 円端 円端
			（鼓形） リブカム	円端

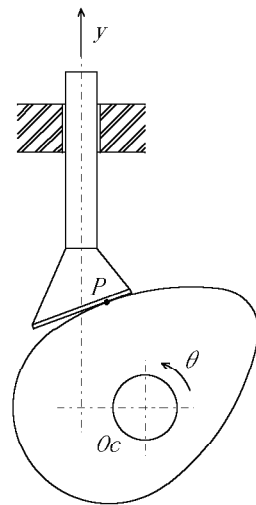
表 1

カムの運動方向によって直進カム、回転カム、従節の運動方向によって直動従節と揺動従節とに分けられます。揺動従節の特殊なものとして従節が間欠回転を行うものがあります。また、主として従節をカムに拘束する手段によって、片側の開いたカムである平板カム、板カム、端面カムと、両側に壁のある溝カムあるいはリブカムがあります。片側拘束カムは重力または、ばねによって従節を拘束することが必要であるが、2枚のカムを用いて共役カムとすることもできます。片側拘束カムでは従節先端の形状は尖端(ナイフエッジ)、平端(平面)または円端(ローラ)が用いられます。溝カム、リブカムなどの両側拘束カムでは円端を用いるのが一般的です。一方、立体カムは、平面カムに比べて一般に空間に占める容積を小さくでき、また、溝カムあるいはリブカムにすることによって、確動の拘束カムとすることができることから、自動機械に多く用いられています。

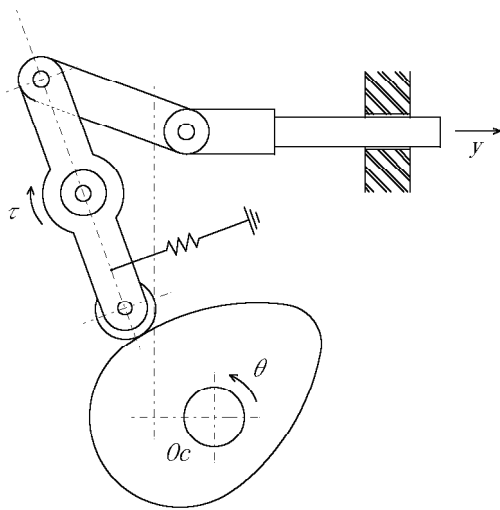
立体カムは、その外形の形状によって、外形が円筒状である円筒カム(barrel cam)、中ふくらみになっている球面カム(spherical cam)、あるいは太鼓形カム(globoidal cam)、中へこみになっているつづみ形カム(roller gear cam)などに分けられます。また、円筒の端面を利用する端面カム(end cam)(図1参照)もあります。



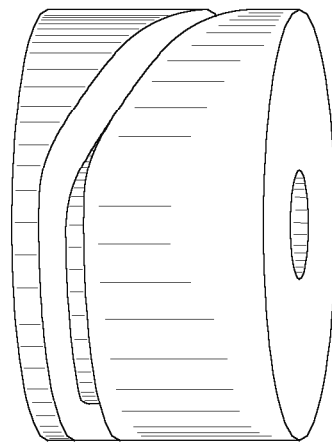
オフセットのある円端直動
従節平面カム



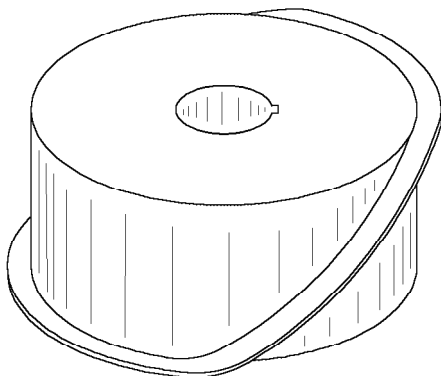
平端直動従節板カム



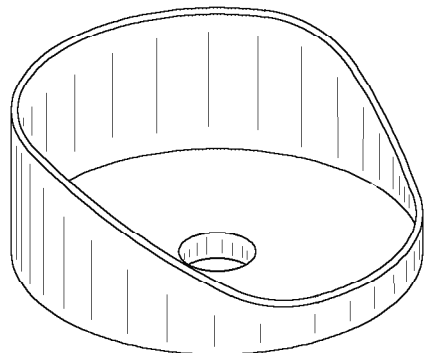
円端揺動従節平面カム



円筒溝カム



リブカム



端面カム

図 1

真の回転角と見掛けの回転角

カムの回転角には2種類のものがあります。一つはカム軸の回転角、すなわち真カムの回転角であり、これを機械回転角と言っています。もう一つはカムの形状の上に表された角度、すなわち見掛けの回転角であり、これは単に座標を示す数値にしかすぎません。このカムソフトでは前者に θ 、後者に θh という記号を使って区別しています。

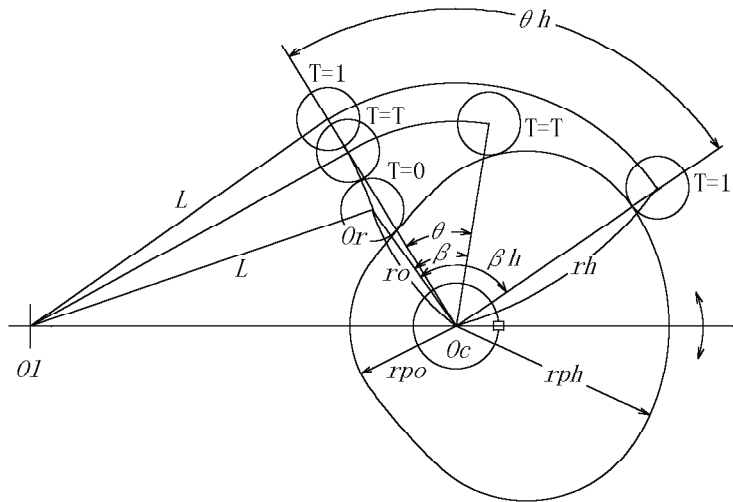


図 2 と の 関 係

図2は揺動従節板カムの場合について両者の違いを図示したものです。

ローラが $T=0$ の位置から $T=T$ の位置までくるのに、輪郭の形状だけを見ていると θ だけ回転しなければならないように見えますが、実際には θh だけ回転したいときにはすでにローラは $T=T$ の位置にきています。(この場合には $\theta h > \theta$ ですが、レバーの始点の位置によって $\theta h < \theta$ にもなります。)同様にして、カムの昇り始めから昇り終わりまでの角度(これを割付け角と言います)も、図の θh ではなく θ です。

と の差はカム中心からローラ中心を見る方向のいずれであり、これは一般に小さくしなければなりません。オフセットのない円端直動従節カムではローラは中心から見て半径方向に移動しますので、 と は常に等しくなります。

始点におけるローラ中心の位置と終点におけるローラ中心の位置がカム中心から見て一直線上に来るようにすると、見掛けの割付け角 h と真の割付け角 h は等しくなります。(図3 参照)

この時のレバー長さ L は次式で与えられます。

$$L = \sqrt{c^2 - r_o * r_h}$$

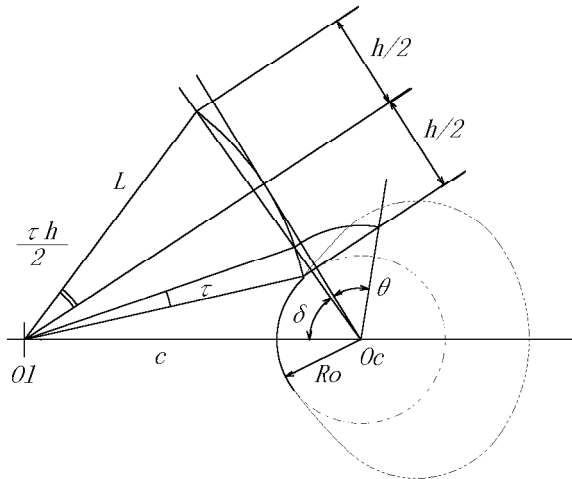


図 3 レバーの長さ L

ただし、

L : レバー長さ [mm]

c : カム中心としてレバー始点との距離 [mm]

r_o : ローラ中心軌跡の最小半径 [mm] *)

r_h : ローラ中心軌跡の最大半径 [mm] *)

一般にレバーの長さ L は上式の値に近く選定するのが良いでしょう。

カムと従節の回転方向

カムの回転方向は反時計回りのとき正 (> 0) とします。カムの回転方向は矢印などで必ず図面上に記入しなければなりません。

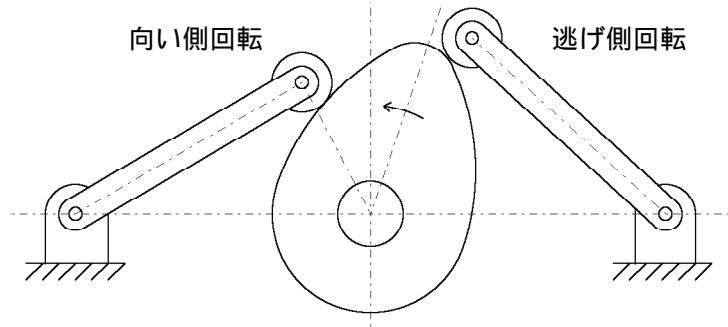


図 4

与えられたカムの回転方向に対して、従節レバーの回転方向は、図4のようにレバーの始点の位置によって異なります。

カムが回転する時に、ローラとカムの接触点がレバーの支点に向かって回転するのを『向い側回転 (rotation toward pivot)』、支点 から逃げる方向に回転するのを『逃げ側回転 (rotation away from pivot)』と言っています。

一般に逃げ側回転の方が多く使用されます。

向い側回転においては、カムののぼり行程のときカムとレバーの回転方向が同一になり、くだり行程のとき反対方向になります。逃げ側ではこの逆になります。

カム曲線

ユニバーサルカム曲線

プログラムを簡略化し、しかもカム曲線に関するユーザーのいろいろな要求に応えることができるようにするためには、このカムソフトではユニバーサルカム曲線[*1])を用いています。これは図5に示すような加速度曲線を持つ曲線であり、そのパラメータ $T_1 \sim T_6$ を任意に指定することによって各種の曲線を作り出すことができるものです。[*2])

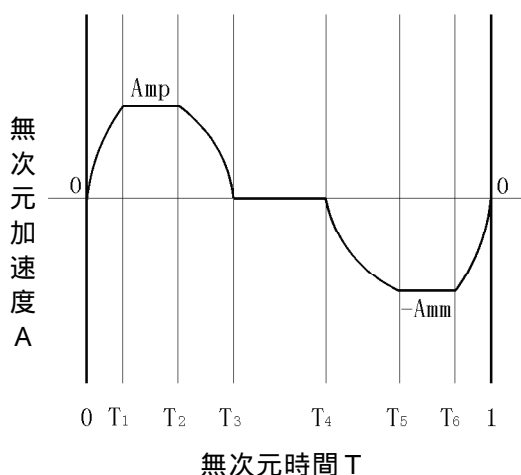


図 5 ユニバーサルカム曲線 (基本型)

カム曲線は、曲線NO.あるいはパラメータ($T_1 \sim T_6$)を指定するだけで作り出すことができます。[*3])

* 1) 牧野 洋 『ユニバーサルカム曲線とその応用』, 山梨大学工学部研究報告, Vol. 28 (1977), P48

* 2) オリジナルのユニバーサルカム曲線はもう少し融通性がありますが、このソフトでは実用性を考えて、 $T_0 = 0$, $T_7 = 1$, $S_0 = 0$, $S_7 = 1$ に固定してあります。

* 3) 牧野 洋 『自動機機械構学』, 日刊工業新聞 (昭 51), P19~20

カム曲線の特性値(サイクロイド曲線の場合)

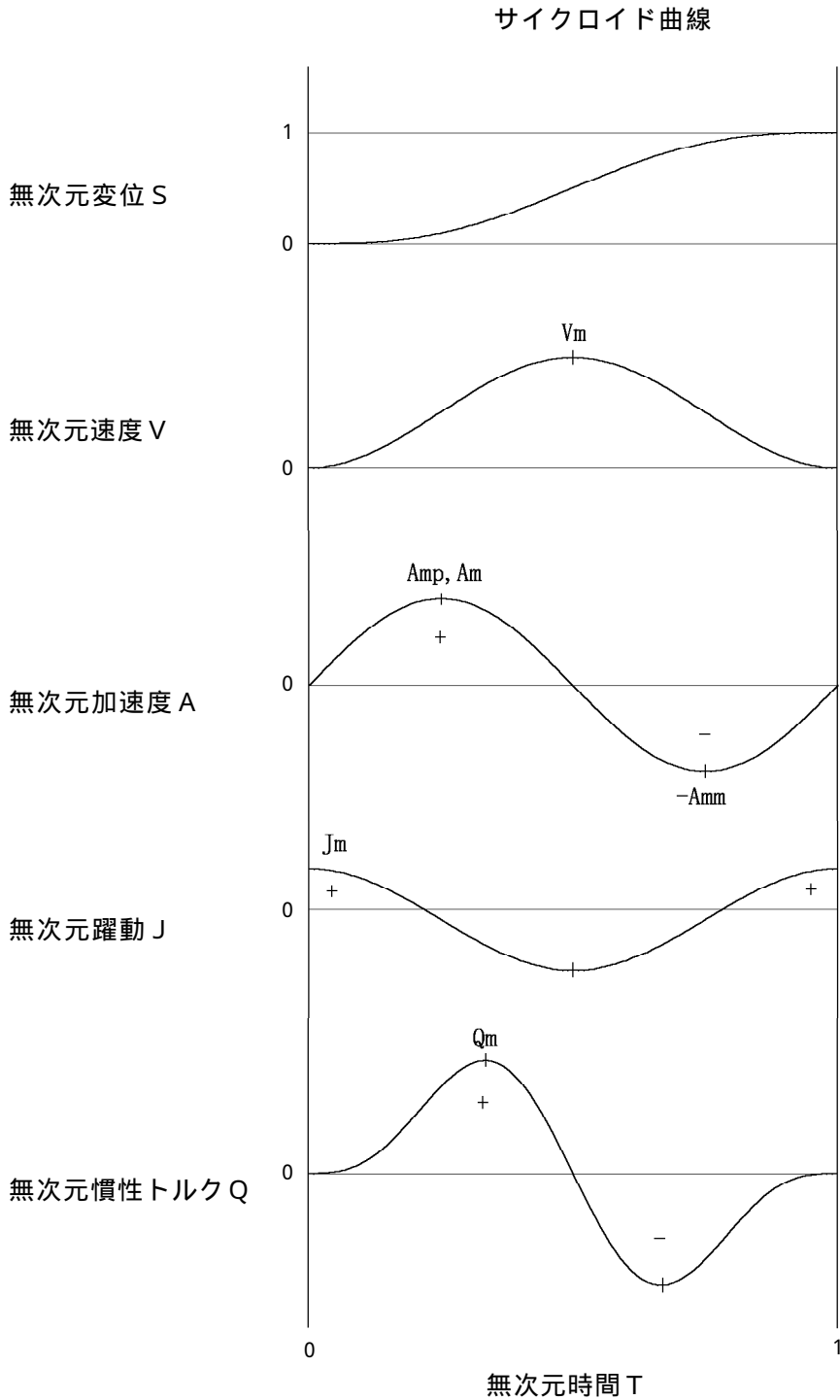


図 6

カム曲線

カム曲線は曲線NO. またはパラメータ ($T_1 \sim T_6$) で指定しますが、非対称曲線 (特に片停留曲線) を利用する時は、次の点に注意して下さい。

対称曲線 (例えば曲線NO. 11, 12, 25, 26, 27 等) を利用する時は、特に影響はありません。

曲線NO. またはパラメータ ($T_1 \sim T_6$) で入力されたユニバーサルカム曲線は、通常図 7(a) の様に $T = 0$ から $T = 1$ に向かって解析されます。

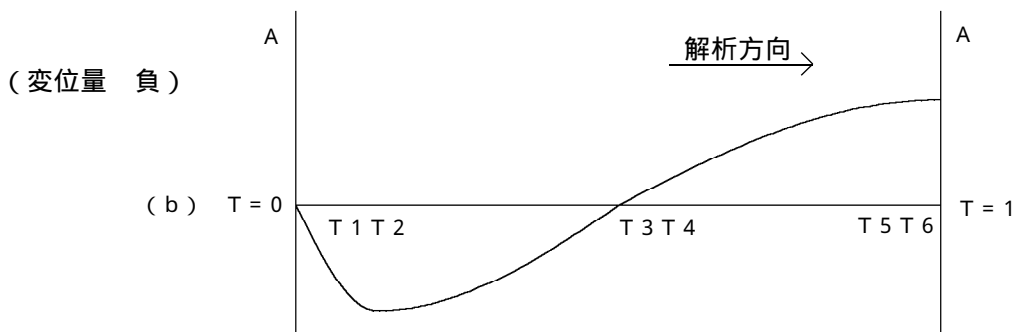
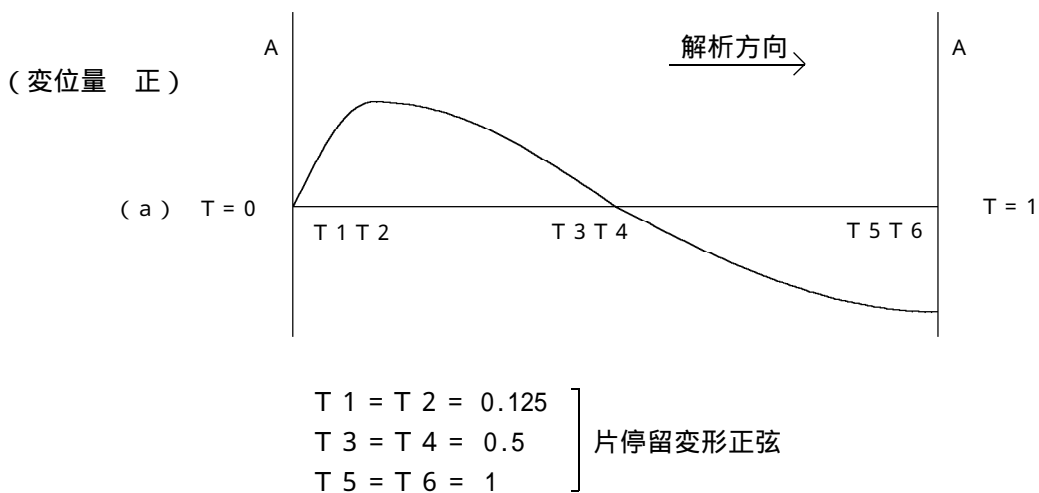


図 7

タイミング入力項の DEL Y (又は DEL TAU) が正の時、T 1 ~ T 3 に対応する加速度は正とし、T 4 ~ T 6 に対応する加速度は負として解析されます。

DEL Y (又は DEL TAU) が負のときこの関数が反対となり、図 7(b) の様に解析されます。

場合によって、指定した曲線を T = 1 から T = 0 に向けて (逆方向に) 解析する必要があります。

そのときは『曲線 NO.』入力で『負の曲線 No.』を入力して下さい。

この場合、-99 の様な入力になります。変位量正及び変位量負の指定により図 8 の様になります。

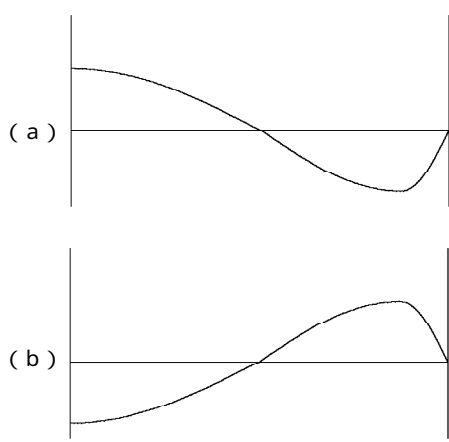


図 8

なお、『タイミング』の入力で、今から入力しようとするカム曲線がユニバーサル曲線で、かつ直前に入力した曲線と T 1 ~ T 6 が等しいときは、次の様に曲線 NO. 98 又は -98 を使って、簡単に指定ができます。

ア) T = 0 から T = 1 に向けて解析する。

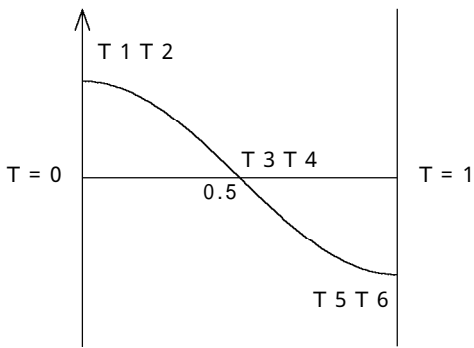
曲線 NO. 98

イ) T = 1 から T = 0 に向けて解析する。

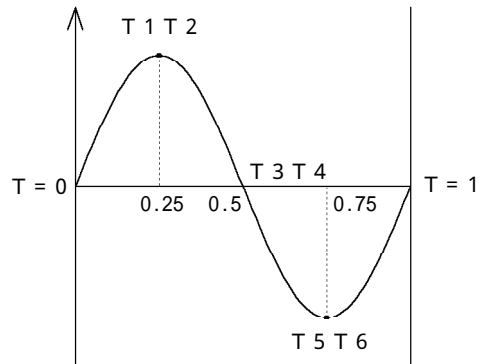
曲線 NO. -98

図9に一例として特に使用頻度の高い曲線番号12(単弦), 22(サイクロイド), 25(変形台形), 26(変形正弦), 27(変形等速度)の加速度曲線を示してあります。

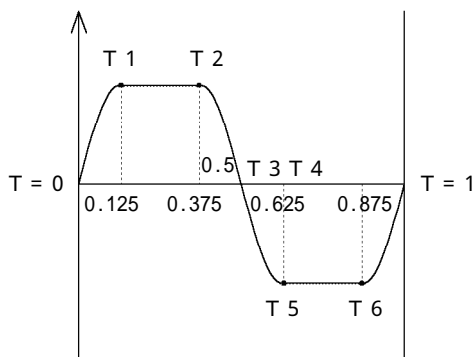
図は縦軸に無次元加速度A、横軸は無次元時間Tで示してあります。



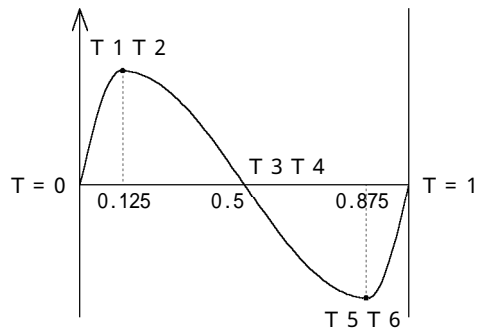
(1) 単弦



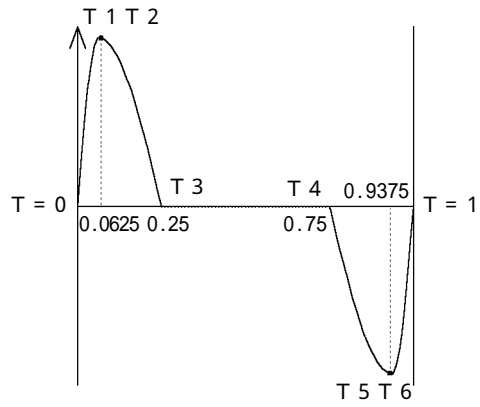
(2) サイクロイド



(3) 変形台形



(4) 変形正弦



(5) 変形等速度

図 9 加速度曲線

加工座標

カムではローラ中心軌跡、カム輪郭座標、カッタ中心軌跡のいずれかを選択してプリントアウトすることができます。また、極座標か直角座標かも任意に選択できます。（表2 参照）

カム座標	ベクトル	極座標	直角座標
ローラ中心座標	R_b	r, \quad	x, y
カム輪郭	R_p	$r_p, \quad p$	x_p, y_p
カッタ中心軌跡	R_c	$r_c, \quad c$	x_c, y_c

表 2 カム加工座標

図10に示したように、この3つの点はカムの法線上で一直線に並んでいます。法線方向はカムの半径方向とは一致していないので、たとえ極座標で計算しても、 r の値をずらすだけではこの3つの曲線を重ねることはできません。従節作動端の運動が与えられる、これからリンク系を解いて、まずローラ中心軌跡 R_b が無次元時間 T の関数として求めます。

ベクトル R_b を T で微分するとローラ中心軌跡の接線方向が分かりますので、これに直角な方向として法線方向が求められます。

板カムの輪郭または平面溝カムの内側の輪郭 R_b はローラ中心から法線方向と反対側（内側）にローラ半径 $D/2$ だけ移動させた点として求め、平面溝カムの外側の輪郭は逆に外側に $D/2$ だけ移動させた点として求められます。

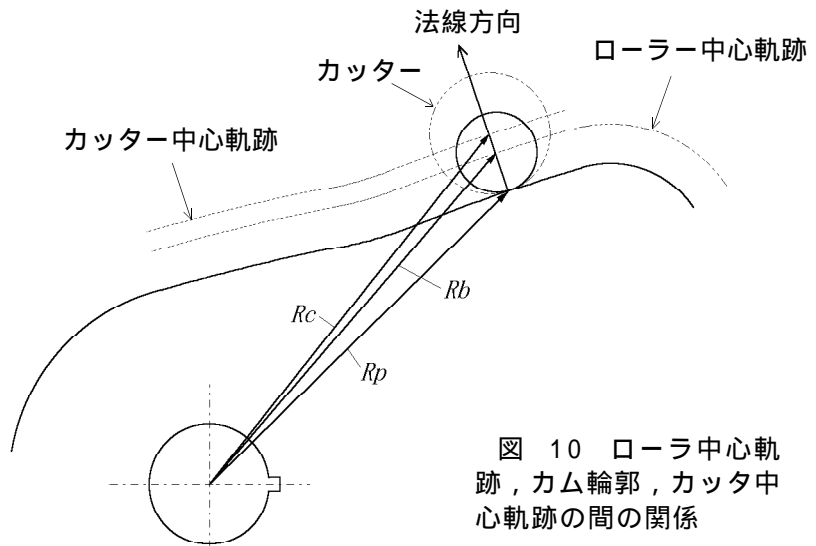


図 10 ローラ中心軌跡、カム輪郭、カッター中心軌跡の関係

さらにカッタ中心軌跡 R_c は、この輪郭に対して法線方向に外側（あるいは内側）にカッタ半径 $D_c / 2$ だけ移動させた点として求めることができます。こうして求めたカッタ中心軌跡は理論的に正確なものであり、近似誤差を含んでいません。分割を細かくすればいくらでも正しい形状を得ることができます。

NC装置では通常直線補間と円弧補間を用いるとかえって凹凸ができます。

カムにおける輪郭の曲率半径は連続的に変化しており、これを円弧補間にすると断続的に不連続な曲率半径を与えたこととなります。

一般のAPTでは部品の輪郭形状を定義し、それから、カッタ半径だけ外側にある工具軌跡を自動算出するようになっています。この方法は直線や円弧のような単純な形状のものに対しては便利ですが、カムのような自由曲面を持つものに対しては不適當です。

このカムソフトは輪郭形状を算出するものではなく（算出することはできますが）直接に工具の軌跡を算出しようとするものです。従って、算出された工具軌跡をそのままNCテーブルの動きとして与えれば、それによって正しいカムの加工を行うことができます。

工具中心軌跡はカッタ径の大きさによって異なりますので、カッタ径が異なるときには新しいカッタ径を入力データとして再度計算をし直さなければなりません。NC装置に付属したカッタ径補正（あるいは指定）機構は直線と円弧のみからなる図形に対してのみ適用できるものであり、カムの場合には用いることはできません。

本プログラムは、加工データ軌跡をローラ中心、カム輪郭、カッタ中心から選択できるようになっています。

出力端からリンク系を解いてカム形状を求めていますので、計算手順としては、最初にローラ中心軌跡が求まり、さらにカム輪郭、カッタ中心という順に計算を行います。また、同時に圧力角、曲率半径も求めていますので、切下げをおこした場合などは一目でチェックできます。

さらに、それぞれの軌跡においてローラまたはカッタのマークも作図しますので、切削時のツールの動きまたは従節ローラ（カムフォロワ）の動き等が一目で確認できます。

また、溝カムにおいては小径面(外接面)及び大径面(内接面)を、それぞれ溝カムIN, 溝カムOUTとしてカム輪郭, カッタ中心軌跡が求められる様になっています。その時、加工方向も指定できる様になっていますので、溝カムIN, OUTそれぞれ任意の加工方向で出力ができます。

圧力角

圧力角(押し進め角)とは『カムと従節との共通法線方向が従節の運動方向に対してなす角』をいいます。(図11参照)このカムソフトでは圧力角は (プサイ, PSI) という記号で示され、カム加工座標とともにCRT又はプリンターに出力されます。圧力角が負の場合には『法線方向を示す角から運動方向が左側にあるということを示しており、実用的にはその絶対値だけが問題になります。力の分力は $F \cos$ となりますので ψ が正でも負でも大きさは変わりません。($\cos(-\psi) = \cos \psi$ の関係があります。)

くんだり行程においては ψ は 180° 前後の値になりますが、これでは数値の判定がしにくいので、法線方向を内向きにとって(あるいは運動方向を逆向きにとって) ψ の値を示しています。すなわち、 ψ は次の範囲の値となるように数値を変換してあります。

$$-90^\circ < \psi < 90^\circ$$

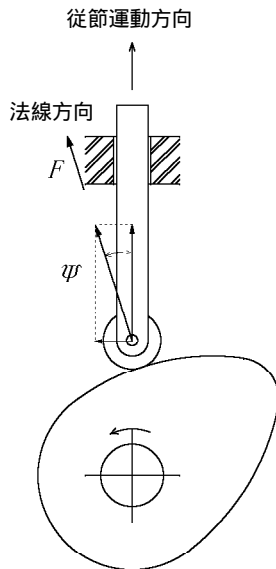
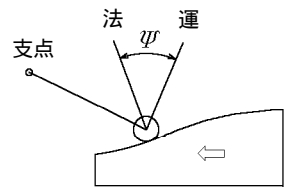
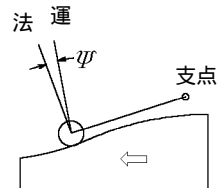


図 11 圧力角



(a) 向かい側



(b) 逃げ側

図 12 向かい側と逃げ側の圧力角

揺動従節における圧力角の変化の仕方は向い側と逃げ側とでかなり様子が異なります。

のぼり行程の場合、向い側では行程の前半で圧力角（の絶対値）が大きく、後半で小さくなり、逃げ側でこの逆になります。図12は、行程の前半における状態を示したものです。

圧力角の最大値は、一般に直動の場合で 30° 、揺動の場合で 45° を越えないのがよいとされています。最大圧力角 m を与えた場合のカム径は近似的に次式で与えられます。

$$r_a = \frac{h \cdot V_m}{h \cdot \tan m}$$

$$r_h = r_a + \frac{h}{2}$$

$$r_o = r_a - \frac{h}{2}$$

ただし、

- h : カムの揚程 [mm]
- V_m : カム曲線の無次元最大速度
- h : 割付け角 [rad]
- m : 設計上の最大圧力角
- r_a : カム有効半径 [mm]
- r_h : カム最大半径 [mm]
- r_a, r_h, r_o はいずれもローラ中心
- r_o : カム最小半径 [mm]

上記式は近似式であり、真の最大圧力角は計算の結果として出力された表から得られます。

曲率半径

ローラと同じ径のカッタでカムを加工すると仮定します。ローラ中心軌跡が先に与えられた場合に、カッタをこの軌跡に沿って動かすとします(図13参照)。この場合も、もし、ローラ中心軌跡の凸の最小曲率半径すなわち凸 \min (とつローミニマム)がカッタ半径 rc よりも小さいと、カムはその部分で切下げ(undercut)を起こします。切下げを起こすと、正確な運動が期待できなくなります。従って、凸 \min は少なくとも rc 以上になるようにしなければなりません。この調節は一般にタイミング入力時の割付角 h を大きくすることによって行われます。

ローラ中心軌跡において切下げを起こしている状態でカム輪郭データを出力(ローラ半径分オフセット)すると正しい形状は得られません。

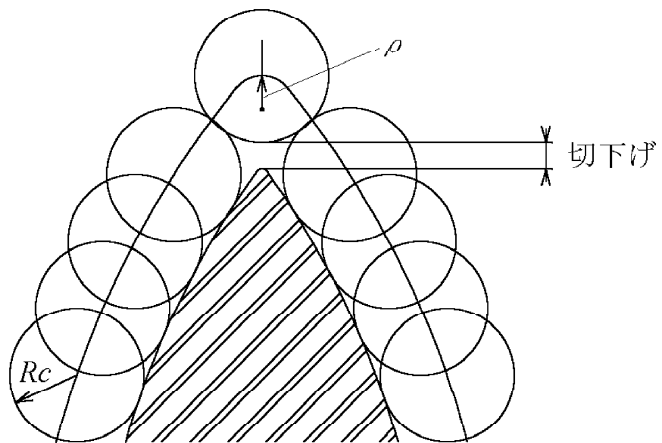


図 13 切下げ

ここで、平面カムを反時計回りに回転すると、ローラ中心はカム固定座標においては、データ解析方向はカムの回りを時計回りに回ることになります。この時、ローラ中心軌跡の曲率半径が正のときは軌跡はカム中心に対し凹となり、負の場合には凸となります。

また、カム輪郭の曲率半径 p は、板カム(円板上のカム外周を利用するカム、platecam)においては、 p の正負にかかわらず、

$$p = r + rr \quad (rr \text{はローラ半径})$$

となります。

平面溝カムの小径面(外接面)も同じです。平面溝カムの大径面(内接面)においては

$$p = -rr$$

となります。

円筒カム出力時のオフセット機能

たとえば、主軸アドレスX、回転軸アドレスCの場合、カム曲線の法線方向にXとYの2軸で補正を行います。よって、直動の場合には1軸増えることになります。

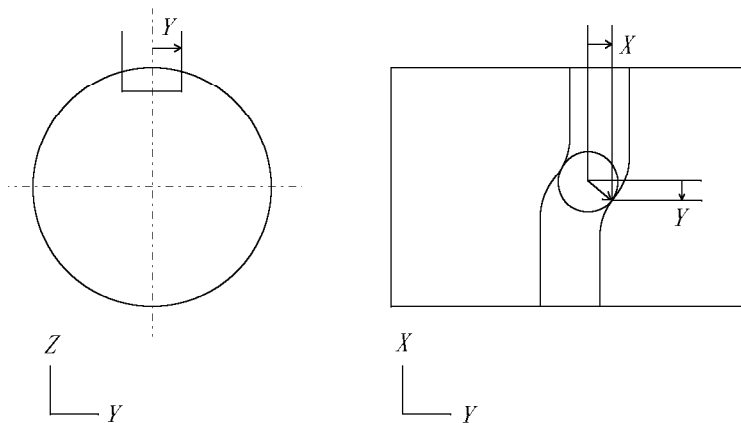


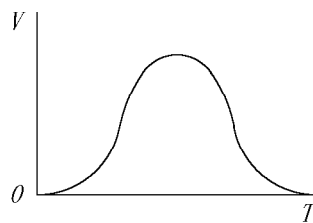
図 14

カム曲線の速度の任意指定機能

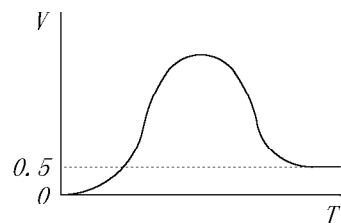
本来、カム曲線の速度は0から始まって0で終了ですが、開始、終了ともに任意の値を設定することができます。

この速度任意指定を行う場合には、曲線No.指示で本来の曲線No.に100をプラスした値で指示します。

(例えば、変形正弦(26)をベースとする場合126となります。)



通常の曲線
 $V_0 = 0, V_9 = 0$



速度を0.5残した曲線
 $V_0 = 0, V_9 = 0.5$

図 15

第3章 各種のカム

このカムソフトで計算できるカムは円端直動従節平面カム、平端直動従節板カム、円端揺動従節平面カム、円端直動従節平面カムおよび円端直動従節円筒カム、円端揺動従節円筒カムの6種類です。平面カムとしては、この他に平端揺動従節板カムがありますが、他の3種類と比べて利点がなく、使われることもほとんどないのでプログラムには入れてありません。なお、『平面カム』とは板カムおよび平面溝カムの両者をさします。

以下それぞれのカムについて使用法を中心にした解説を記します。

各種カム

円端直動従節平面カム

直動従節の平面カムとして従節の先端がナイフエッジ状になったもの(先端)とローラ上のもの(円端)はこのプログラムにより計算できます。ナイフエッジの場合にはローラ径 $D = 0$ として入力して下さい。

プログラムは一般性を持たせるためにオフセット cx を与えた場合としてあります。

オフセットのない場合には $cx = 0$ として入力すればよいのです。

カム輪郭あるいはローラ中心に対してカム曲線を与えるのではなく、他のカムと同じように、従節端のストロークに対してカム曲線を与えます。そのため、オフセットのある場合には と とは違う値になります。

オフセットを与える効果はのぼり行程における圧力角の軽減にあります。

オフセットを与えた場合と与えない場合について、のぼり行程及びくだり行程時における圧力角を比較してみてください。もし、のぼり行程の圧力角がオフセットを与えない場合よりも大きくなるようならば、それはオフセットの与え方が逆なのです。例題集の回転方向のとき $cx > 0$ なら正のオフセットといい、これが通常用いられる方向です。

図では従節は上方に動くので $y=90^\circ$ としています。図面の方向によっては左右に動くかも知れません。左方に動くならば $y=180^\circ$ （または -180° ）です。 x は 90° が -90° になるでしょう。 $cx=0$ のときには x にどんな値を入れても構いません。

ys, ye の値は従節位置の始点と終点の位置です。 ye の値の方が ys よりも小さな値になっても構いません。

$THS(s), THE(e), DELTH(\quad)$ はそれぞれカム回転角の始点、終点、計算上の刻み角度を示しています。 \quad は \quad の刻みなので極座標における \quad の刻みはこの値通りになるとは限りません。 $e - s$ の値は \quad で割り切れなくても構いません。

この場合、 e の値に対する座標値は必ず計算されるので、最後の一区間だけは刻みの幅が異なることとなります。

オフセットのある円端直動従節平面カムについて

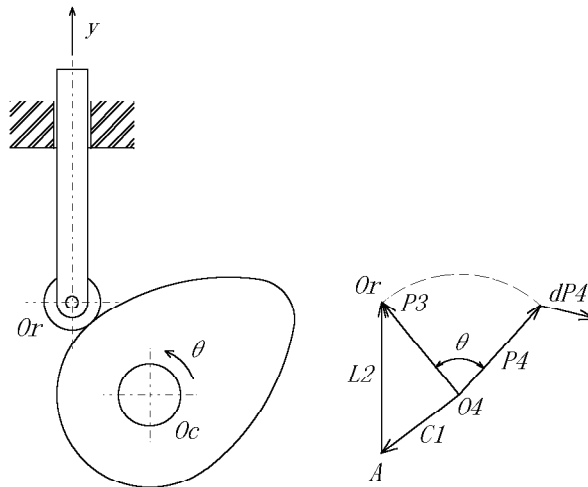


図 16 オフセットのある円端直動従節平面カム

ベクトル $C1$ の x 成分をオフセット量あるいは単にオフセット (offset) と呼びます。カムを反時計回りに回すとき、図16のように、この値が負であるものを負のオフセットといい、このとき、カムののぼり行程における圧力角はオフセットを与えない場合に比べて大きく、くだり行程の圧力角は小さくなります。正のオフセットを与えれば、のぼり行程の圧力角が小さく、くだり行程の圧力角が大きくなります。オフセットを与える目的は、のぼり行程における圧力角を小さくすることであって、正のオフセットが一般に用いられます。

平端直動従節板カム

内燃機関の吸排気弁開閉用などに用いられており、別名をタペットカムといいます。このカムはカム曲線の選択がむずかしく、下手に結ぶとカム輪郭に凹部ができ、カムになりません。ユニバーサルカム曲線を用いることにより、こうしたカムの曲線の設計を自由に行うことができます。それでも問題のある場合には先端を平面ではなく、いくらかのRを持った球面にすればよいでしょう。その場合には円端直動従節平面カムのプログラムを用いて計算して下さい。

必要データを入力すると、途中で最大接触半径が出力されます。この値はタペットの接触点の最大移動距離を示しており、これによってタペット径の適否を知ることができます。

このカムの場合にはローラ中心軌跡に相当するものではありません。

円端揺動従節平面カム

レバーの先端にローラの付いた従節を持つ円端揺動従節板カムおよび平面溝カムは、おそらくもっとも広く用いられているカムの種類です。

揺動レバーの軸に直接揺動負荷が取り付けられる場合もありますが、多くの場合は揺動レバーの動きが直動に変換されて負荷に直動の往復運動を与えます。この揺動を直動に変換するリンク系として冗長でない（無駄のない）機構としてはラジアン形、タンジェント形、サイン形、リンク形の4種類があります。（図 17,18参照）

また、冗長な機構としてはさらに多くのリンクをつなぎ合わせたリンクサイン、リンクリンクなどの形式があります。このカムソフトではこれらのうちから基本の4形式と、比較的よく使われるリンクサイン形についてのプログラムを準備してあります。

揺動従節カムでは機構リンクの数が多くなるためにその初期値計算の方法にもいろいろな組み合わせがあります。



ラジアン型

揺動レバーの回転角 θ に対してカム曲線を与える方法で、揺動負荷の場合、及びラックピニオン等を用いて揺動を直動に変換する場合に用いられます。

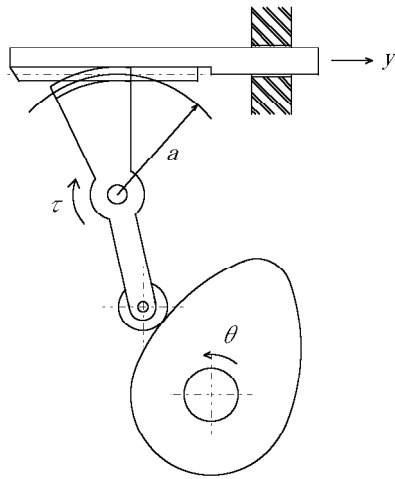
従節の振り角 α は一般に既知ですが、その始まりの位置 S 、または終わりの位置 e は必ずしも与えられるとは限らず、初期値設定の仕方として次の3つの方法があります。

- 1) S , e が既知 これから s , e , R_{ph} を求める。
- 2) カム輪郭の最小半径 R_{po} が既知 これから R_{po} , R_{ph} を求める。
- 3) カム輪郭の最大半径 R_{ph} が既知 これから s , e , R_{po} を求める。

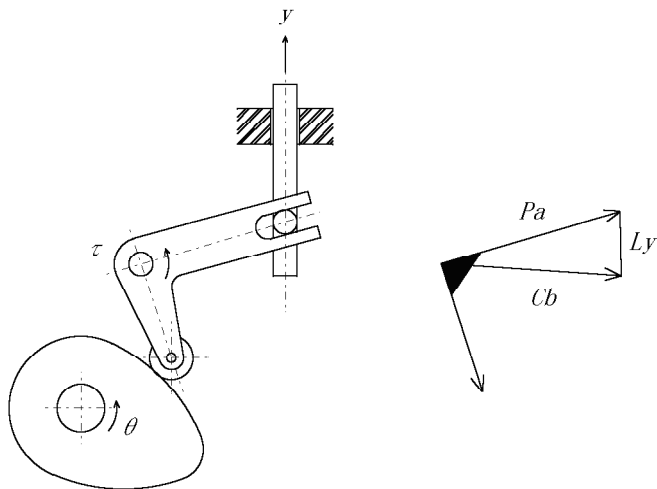
プログラムは上記3方法のいずれでも採用できるようになっており、一つの値を入力したとき他の値が分かるようになっています。(s , e が既知のとき R_{po} 及び R_{ph} の値は持ち出されませんが、必要ならば、カム輪郭を極座標で持ち出すことによって得ることができます。)

タンジェント型

この場合従節リンク系の作動端にカム曲線による運動を与えています。 $\theta = 0$ における作動端の位置が P 点にあつたとします。カム軸中心を原点にとって P 点の座標を (p_x, p_y) とし、この点から A までの距離が始点において y_s 、終点において y_e であるとし、 P 点から A 点を見る方向を y 方向とします。揺動従節レバーと作動レバーとのなす角 α は与えられる場合もありますが、カム径 R_{po} または R_{ph} から決定される場合もあります。 P 点が不明の場合には A 点を P 点と考えて下さい。



(a) ラジアン形



(b) タンジェント形

図 17

サイン型

B点の変位 y が与えられたとき、ベクトル Ba は長さ既知で方向が未知のベクトル、ベクトル Lc は、方向が既知長さが未知のベクトルなので解は2通りありどちらの解をとるかを決定するために『ベクトル Ba とベクトル Lc がほぼ反対方向であるか、ほぼ同じ方向であるか?』という問い合わせに答える必要があります。

ときによっては Lc の長さが短いためにどちらを向いているか分からない場合があります。このときは、どちらかに決めればよいのです。決めた方向の c の値を正しく入力してやれば、正しい答えが得られます。

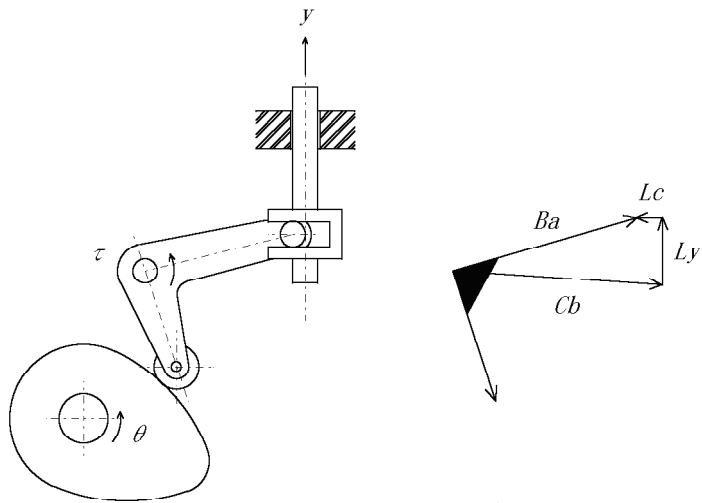
初期値の選択は a , Rpo , Rph のうちのどれかを既知の値として選択するようになっており、これはタンジェント形の場合と同じです。

リンク型

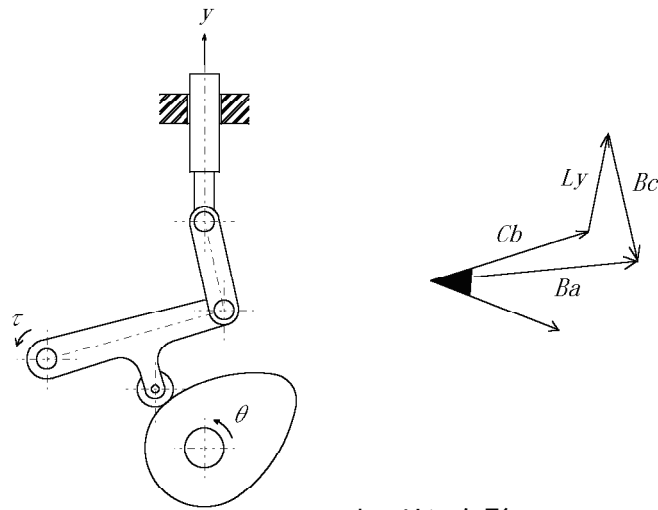
初期値の決め方としては、リンク Bc の長さを先に決めてしまえば、タンジェント形やサイン形と同じように a , Rpo , Rph のうちのどれかを与えることになりませんが、この場合には、 Bc の長さを後から決めることも可能であり、後から決めるとすれば、 Rpo と Rph のうちどちらか一方と、 a の値を与えることができます。この場合には Bc の長さが計算されて表示またはプリントアウトされるようになっています。

リンクサイン型

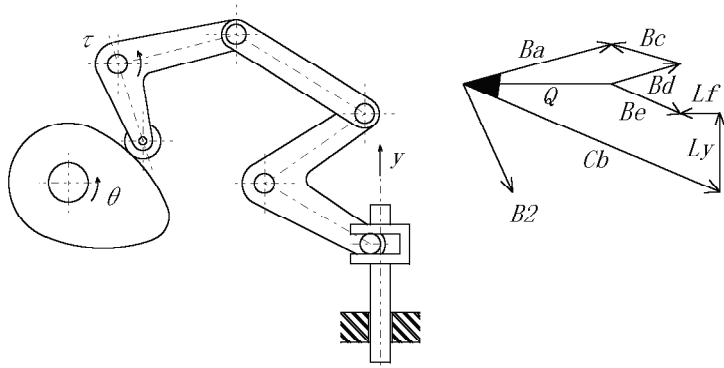
この機構は冗長度の多い機構であり、それだけ変数を自由に選ぶことができますが、三角形の板 BQE を付加した理由はこのあたりで何かの調節をしたいためであると考えられます。したがって初期値の決め方としては a の長さなどは決まっており、ベクトル Bc の長さかあるいは角 b の値を最後に決めるものと仮定しています。この機構は、リンク型をベースにサイン型の特徴を付加した複合型の機構です。よって、レバー支点が2個あり、カムに近い方から第1レバー、第2レバーと命名し、第1レバーがリンク型の要素で第2レバーがサイン型の要素となります。



(c) サイン形



(d) リンク形



(e) リンクサイン形

リンクラジアン型

第2レバーの回転角 θ に対してカム曲線を与える方法です。この機構は、リンク型をベースにラジアン型の特徴を付加した複合型の機構です。これも、リンクサイン型のようにレバー支点が2個あり、第1レバーがリンク型の要素、第2レバーがラジアン型の要素となります。初期値の決め方としては、リンクサイン型と同じように a の長さを入力し、ベクトル Bc の長さかあるいは角 b の値を最後に決めるものと仮定しています。

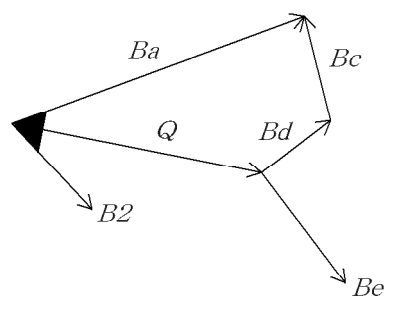
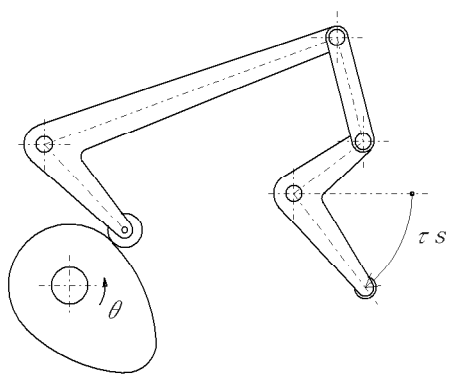
リンクリンク型

この機構は、リンク型をベースにさらにリンク型の特徴を付加した複合型の機構です。これも、リンクサイン型のようにレバー支点が2個あります。第1レバー・第2レバーともにリンク型の要素となります。初期値の決め方としては、第2レバーの長さ BC_2 を必要条件とし、その後はベクトル Bc の長さかあるいは角 b の値を最後に決めるものと仮定しています。

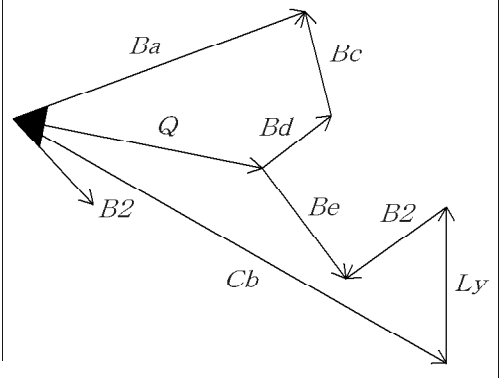
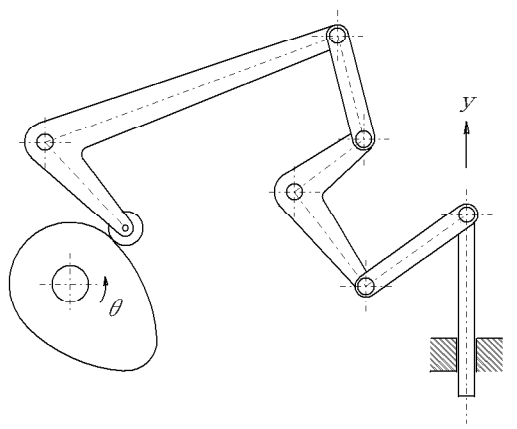
リンク長さや角度の決め方

以上の各例における入力データの例は必ずしも最善のものを与えてはおりません。特に力の伝達効率から見ると、各リンクはなるべく直交、あるいは平行関係になるようにした方が良く、この点で不満なものがいくつかあります。

いずれにしてもこのような諸元の変更が容易にでき、しかもそれに対する結果が即座に得られることはこのカムソフトの特徴の一つですので、ユーザが使い方に習熟して、より良いカムの設計・加工に役立てられることを切望致します。



(f) リンクラジアン形



(g) リンクリンク形

図 18 - 2

円端直動従節円筒カム

図19に直動従節円筒溝カムを示しました。この種類のカムは従節ローラを中心線がつねにカム軸中心線と交わるような（オフセットのない）位置関係で用いられるのが普通であり、そのような条件の時、立体カムを平面カムで近似して解くことができます。

いま、この円筒カムが薄肉のパイプを削ってできていると考えます。カム軸の中心からパイプの肉厚の中心までの半径、すなわち有効カム半径を R_c とします。このパイプを外側が表側になるようにして展開して示したものが図16です。

円筒カムにおいては、通常 R_c をローラの長さの中央の位置にとる。

従って、ローラ長さを L とすると、カムの外径 D_o は、

$$D_o = 2 R_c + L$$

となります。

また、圧力角はカムの外周部では小さく、内部に入る程度大きくなります。

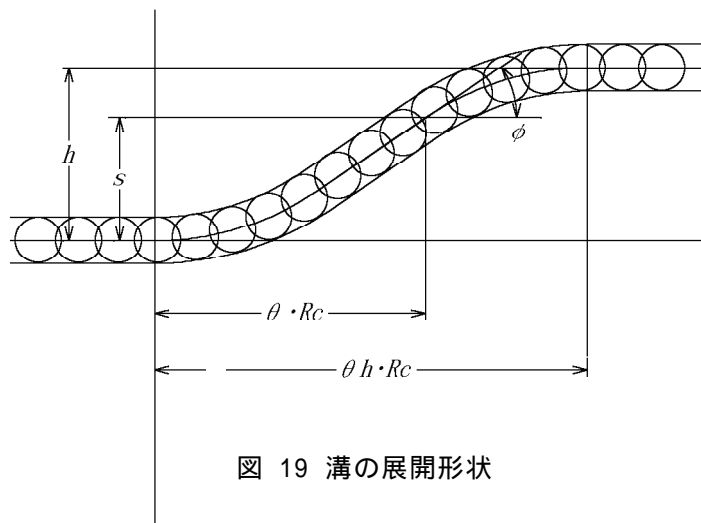


図 19 溝の展開形状

円端揺動従節円筒カム

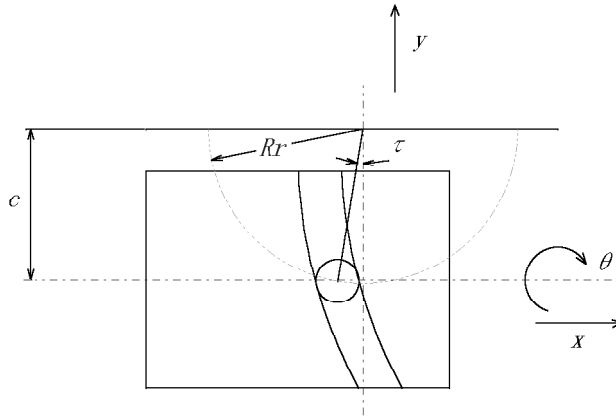


図 20

円端揺動従節円筒カムの加工座標のとり方を図20に示します。

工作機械の構造にしたがって、 $x - y$ の2軸加工、または、 $x - y$ の3軸加工のいずれかが採用されます。カッタの動きはローラの動きと同じでよく、 x に対してカム曲線を与えればよいわけです。

ローラ軸の中心線はカム軸中心線を通るとは限らず、 y の値だけのずれがある。カムからみるとローラ軸はつねに半径方向にあるわけではなく、倒れています。そのため、これを無視して $x - y$ の2軸で加工すると、あとで組み上げたときにローラが加工した溝の中を通り抜けることができません。正しい加工を行うためには、 $x - y$ の2軸で加工を行ったときに、 x の値に応じて y の値を変化させる必要があります。これを円弧補正と呼んでいます。

円端直動従節直進カム

カムが回転せずに直進運動をするものを直進カム (translating cam) といいます。直進カムは油圧シリンダなどで駆動されることが多いので、一般には等速という仮定は成り立たないのですが、簡単のためにカムが等速で動くものとします。

従節の運動方向は原節であるカムの進行方向と直角の方向であるとすると、カムの形状曲線と運動曲線は等しくなります。

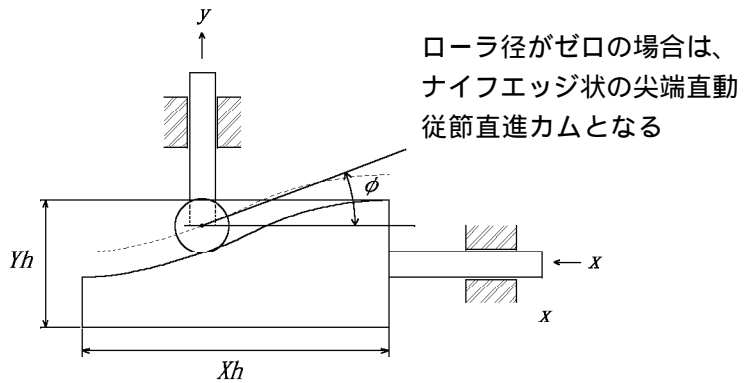


図 21

いまカム曲線を図22のようにすると、図21は実寸化されたカム曲線ということになります。実寸化されたカム曲線の勾配角はこの場合にはそのまま圧力角を示します。

=

このカムは回転しないので、カム回転方向の入力は必要なく、またタイミング入力において開始角、終了角、分割角は角度入力ではなく距離を入力することになります。

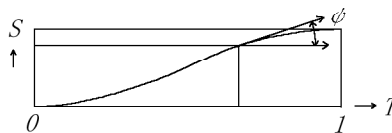


図 22

