実践報告

三角カム機構における 運動曲線計測システムの構築

北陸ポリテクカレッジ 山下 誠 (北陸職業能力開発大学校)

化すると同時に,リアルタイムに計測できるシステ ムを構築した。構築したシステムで,三角カム機構 の理論的な運動曲線と実測値を比較するとともに, 形状不良に伴う運動曲線への影響を調査した。

2. システムの仕様

三角カム機構の運動曲線を計測できるシステムを 構築するに当たり、システムの仕様は以下のとおり にすることとした。

- 三角カム機構の運動曲線をリアルタイムに計測 できること。
- (2) 運動曲線の計測は、パソコンで作成したGUIで
 行うこと。また、計測データは、表計算ソフトで
 解析できること。
- (3) カムの回転方向は時計回りとし、駆動モータの 選定は、カムの負荷トルクに対して十分であること。また、回転の制御方法は簡単であり、制御回 路は簡易であること。
- (4) 三角カム機構の理論的な運動曲線と計測データが、比較・検討できること。

3. 三角カム機構と運動曲線

三角カムとは,確動カムの一種である。確動カム とは,機構学的な拘束を与えたカム装置であり,重 力やばねの力を借りることなく,従動節を確実にカ ムの輪郭曲線に追従させることができるカムのこと である。

1. はじめに

工作機械や自動車などの動力を伝達する機械や, 時計,カメラなどの家電機器,FMSやFAを構成す る自動化機器には,必ず何らかの機構が採用されて いる。

機構とは,機械の原動となる運動を,目的とする 運動に変換する仕組みであり,さまざまな機械部品 の組み合わせで構成されている。そして,個々の内 容の多種多様な組み合わせが,新たな機構を生み出 している。

機構の動作は,理論的に解明されており,理論に基 づいていることが期待されるが,実際に動作してい るかは不明である。機構の動作は,機械に関連して いるため,設計に倣っていないと,機械の故障や破 損へ波及する。特に,工作機械や自動化機器は,高 精度な位置決めを必要とするため,採用する機構の 動きは,製品の精度を決定する要因となる。したが って,実際の機構が,理論値どおりに動作している かを確認することが重要である。機構の実動作を把 握することは,工作機械や自動化機器,FAラインの メンテナンスを行う際に,必要不可欠な事柄である と考える。そこで,実際の機構の動きをリアルタイ ムに計測し,機構を構成する機械部品の幾何学的な 形状誤差を検出できるシステムを構築すると同時に, 機構の動作を計測する手法を提案することとした。

本稿では、平成12年度の総合制作実習で製作した 三角カム機構¹⁾をモデルとし、カムの変位を可視 三角カムの形状を図1に示す。カムの外形は OPQを中心とする半径r2の円と、それぞれの円にお ける半径r1の接円で構成されている。よって、カム の幅Lは常にr1+r2で一定となる。図2に三角カム機 構を示す。原動節であるカムが、点Oを中心に回転 すると、従動節であるカムフォロアは間欠往復直線 運動を行う。図2の状態を0°とした場合、点Oを 中心にカムを時計回りに回転させたときの回転角が *θ*で、点Oからカムフォロアに接している円弧の中 心との距離をeとすると、従動節であるカムフォロ アの変位sは、表1に示す関係で表される。したが って、三角カムの理論的な動作の変位曲線が得られ、 この曲線を図式微分法²⁾を用いて速度曲線と加速 度曲線を導出した。図3に算出した運動曲線を、① 式に導出に使用した式を示す。

$$v = ds/dt = ds/d\theta \times d\theta / dt = \omega \times ds/d\theta$$
$$a = d^2 v / dt^2 = \omega \times ds/d\theta \qquad (1)$$

ただしvは速度, aは加速度, sは変位, θ は回 転角, ω は角速度とする。

4. システム構成と計測条件

構築したシステム(図4)は,駆動部,検出部, 表示部の3つで構成されている。また,本計測シス テムに使用した機器を表2に示す。

4.1 駆動部

駆動部には,減速機付きDCモータを使用し,カ ムの負荷トルクに対し,十分な選定となっている。 駆動用モータの制御方法は,リレーシーケンスとす ることとした。

4.2 検出部

検出部には、反射形距離センサを使用し、カムフ オロアの変位を検出している。使用した距離センサ の高さと、カムフォロアの高さとが異なったため、 白色のアルミ板を取り付けた。距離センサの取り付 けには、製作した専用の冶具を使用し、微調整を可



表1 角度別の変位

カムの回転角 θ	変位 s
$\begin{array}{cccc} 0^{\circ} \leq \theta \leq 30^{\circ} \\ 30^{\circ} \leq \theta \leq 90^{\circ} \\ 90^{\circ} \leq \theta \leq 150^{\circ} \\ 150^{\circ} \leq \theta \leq 210^{\circ} \\ 210^{\circ} \leq \theta \leq 270^{\circ} \\ 270^{\circ} \leq \theta \leq 330^{\circ} \\ 330^{\circ} \leq \theta \leq 360^{\circ} \end{array}$	$\begin{array}{l} s = r_2 \\ s = r_2 - e \cos{(\theta - 30^\circ)} \\ s = r_1 + e \sin{(\theta - 60^\circ)} \\ s = r_1 \\ s = r_1 + e \sin{(\theta - 60^\circ)} \\ s = r_2 - e \cos{(\theta - 30^\circ)} \\ s = r_2 \end{array}$





図4 計測システム

能にすることとした。また,距離センサの出力が電 流出力³⁾であったため,出力端に標準抵抗(250Ω) を取り付け,電圧出力とした。

4.3 表示部

表示部には、仮想計測ソフト(National Instruments社)を使用して作成した仮想計測器 (VI)を使用した。リアルタイムで計測された変位 は、テキストファイルで表計算ソフトへ出力して、 採取したデータの解析を行った。

4.4 計測条件

計測条件は、カムの変位を確実に可視化するため に、仮想計測器のスキャンレートは、0~1000 [scan/s]とした。また、本計測システムで使用する 反射形距離センサの測定範囲は、カムの変位が理論 値では80[mm]であるので、確実に測定するために 100[mm]とした。なお、今回使用するセンサの測定 範囲は、250[mm]~350[mm]であり、測定範囲とは、 センサの距離と出力との関係(図5)が直線性で、 応差の影響を受けない部分のことをいう。

5. 仮想計測器(VI)の作成

三角カム機構の運動曲線を計測するに当たり,既存の計測器では,計測条件の設定や表示方法が不適応であるため,仮想計測ソフト(National Instruments社)を使用し,運動曲線を計測するための仮想計測器を作成することとした。

仮想計測器⁴⁾⁵⁾⁶⁾とは,従来の計測器と似たデ ータの収集,処理,表示を行うソフトウェアモジュ ールである。仮想計測器には,フロントパネル,ブ ロックダイアグラム,アイコンまたはコネクタの3 つの主要な構成要素がある。フロントパネルは,実 際の計測器での正面パネルに相当し,ノブ,表示器, グラフ,その他の制御器で構成され,仮想計測器の GUIを規定している。ブロックダイアグラムは,プ ログラミングすべき仮想計測器の動作内容を図式的 に表現しており,ユーザがフォーミュラノード,端 子をワイヤリングし,実行可能なコードを作成する。







図7 作成した仮想計測器(ブロックダイアグラム)

本システムで作成した仮想計測器は、任意に計測 条件を設定でき、変位をリアルタイムに表示できる ものとした。図6に仮想計測器のフロントパネル、 図7にブロックダイアグラム、図8に計測するまで のフローチャートを示す。

5.1 計測データ収集条件の設定

計測データ収集の条件は、計測に必要な条件(入 力範囲,使用するデバイス番号,チャンネル番号, スキャンレート)であることとし、AI Config VIで 集約することとした。AI Config VIとは、アナログ 入力を行う際に、必要な条件を集約する役割をもつ VIである。

5.2 計測データの収集

計測データの収集には、AI Single Scan VIを使 用した。このVIは、1スキャンごとのデータを収 集するので、Whileループを使用することにより連 続的に計測データを収集可能にした。なお、AI Single Scan VIは、AI Config VIで集約された条件 に基づき、アナログ入力を行うVIである。

6. 計測方法

計測方法の概略を図9に示す。検出対象は,三角 カムの回転に伴うカムフォロアの変位であり,セン サから出力される電圧値をA/D変換ボードを介し てパソコンに取り込み,仮想計測器で表示させた。 また,電圧値を変位に換算するため,あらかじめセ ンサの校正を行って係数 α を求め,取り込んだ電圧 出力値に乗じて変位とした。求められる変位 *s* は次 式となる。

 $s = a - (b+t) \quad (2)$

ただし,距離センサの投受光部とカムの回転中心 Oとの距離を*a*,計測値を*b*,カムフォロアの肉厚 を*t*とする。



7. 変位曲線計測結果の評価および検証

実際に計測された変位曲線と理論値を比較した結 果を図10に示す。理論値の変位は80.0mmであるの に対し実測値では、79.96mmであった。理論値と実 測値の差は、検出部で使用している距離センサ自体 が持つ精度誤差や、カムとカムフォロアのクリアラ ンスであることが考えられる。しかし、理論値と実 測値とがほぼ一致していることから、この計測シス テムを使用することによって、三角カム機構の変位 曲線を可視化することができた。

次に,計測結果において,理論値と実測値との間 にわずかながら差を生じた。そのため,原因を調査 するべく差異の検証を行うこととした。検証方法は, カムとカムフォロアの間に一定のクリアランスをも ったモデルを作成して,変位曲線を計測し,クリア ランスを持たせていない場合と比較し,検討するこ ととした。図11に結果を示す。クリアランスが有る ときの変位曲線は,回転角60°および240°近傍で 急激に変化しており,このことから,カムがカムフ ォロアに対し,衝撃を与えていることが確認でき, 緩和曲線の重要性が認識できる。さらに,クリアラ ンスが有るときの変位曲線は,無いときと比較する と位相ずれを起こしていることが確認できる。この ことから,クリアランスの存在は,変位のみならず, 回転角にも影響を及ぼすことがわかる。

これらの検証結果は,構築した計測システムは三 角カム機構の変位曲線を可視化するのみならず,幾 何学的な形状不良を検出できる可能性を示唆してい る。

8. おわりに

三角カム機構の運動曲線を計測できるシステムを 構築し,製作したモデルを検証した結果,以下のこ とがわかった。

(1) 三角カム機構の実際の変位曲線が容易に確認で
 き,理論値に対する実測値のずれの検出が可能となった。



図11 クリアランスの有無による変位曲線の違い

- (2) 三角カム機構を構成する部品の幾何学的な形状 誤差が確認できた。
- (3) 本計測システムを水平展開することで、さまざ まな機構の動作が確認できる。
- (4) 機構の変位を計測する手法が,提案できた。

最後に,本計測システムを構築するに当たり,ご 助言賜りました当大学校生産技術科 二ノ宮進一 氏,東海職業能力開発大学校付属浜松職業能力開発 短期大学校生産技術科 奥猛文氏,雇用・能力開発 機構本部 原裕之氏に深く感謝申し上げます。

<参考文献>

- 1) 八谷公三:「カム機構の設計・製作」,『平成12年度北 陸職業能力開発大学校機械システム系総合制作実習発表 会予稿集』.
- 2)稲田 重雄,森田 釣:『大学課程 機構学』、オーム 社.
- 3) SICK:「アナログ距離センサテクニカルデータシート」.
- A) National Instruments: 『LabVIEWデータ集録ベーシックマニュアル』.
- 5) National Instruments: 『LabVIEWユーザーズマニュ アル』.
- 6) 井上泰典: 『LabVIEWグラフィカルプログラミング』, 森北出版株式会社.

