

# 301. 差動カム式非接触ねじり動力計の研究

A Study of a Non-contact Torsion Torque-Dynamometer Using Two Differential Cams.

○学 嶋 貴 博行 (新潟大院)

正 石 橋 達 彦 (新潟大)

学 小 泉 克 之 (新潟大院)

鈴木 登 (朝ヘルツ電子)

佐野 力三 (朝佐野スプリング)

Hiroyuki SHIMANUKI, Tatsuya ISHIBASHI, Katsuyuki KOIZUMI

Faculty of Engineering, Niigata University 8050 2-no-cho Ikarashi, Niigata 950-21, JAPAN

Noboru SUZUKI : HERTZ ELECTRONICS Co., Ltd.

Rikizo SANO : SANO IRON WORKS SPRING Co., Ltd.

Key words: Non-contact Torsion Dynamometer, Torque, Differential Involute Cam, Photo Sensor

## 1. 緒言

本報告では前報<sup>1)</sup>に続いて正味動力測定(入力軸と出力軸とが回転しながらトルクを伝達している状態を測定)を目的としたねじり動力計において、静止時を含む極低速回転速度領域においても使用でき、機器自体の極小化と軽量化も容易に図れ、同時に安価で簡単な構造の非接触式ねじり動力計について検討を行った。

## 2. 非接触式ねじり動力計の構造及び原理

### 2.1 構造

Fig.1に非接触式ねじり動力計のシステム図を示す。

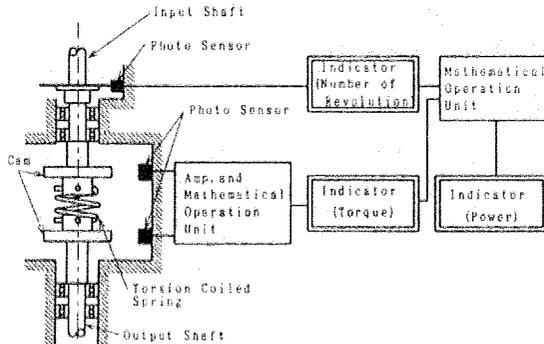


Fig.1 Diagram of Dynamometer System

本ねじり動力計は伝達軸に作用するトルクによるねじれを、ばねにより拡大し、それをカムにより端面変位差に変える変換部と、フォトセンサからの変位信号を処理する部分に分かれる。

### 2.2 カム形状

カムは、8枚歯カムを用いた。Fig.2にカムの形状とカム線図を示す。最大端面変位Hは10mmである。左のカムはエンドミルにより加工したもので、工具の半径分の逃げを作っている。また、右のカムは、極小なカムでも作成可能な方法であるワイヤー放電加工で作成したものである。歯の太

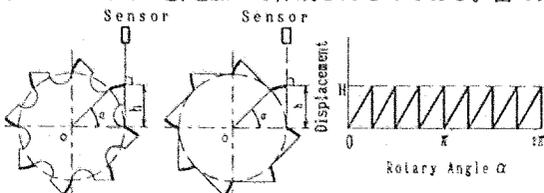


Fig.2 Geometry of Involute Cam and Cam Diagram

い線の部分は、インボリュート曲線を採用しており、歯面がセンサの測定軸と常に直角に当たるため検出精度が向上する。いま、歯の総数p枚、最大端面変位H、回転角 $\alpha$ とし、その中のi番目の歯について考えると、角度と端面変位hの関係式は次式ようになる。

$$\frac{2\pi}{p} \cdot (i-1) \leq \alpha \leq \frac{2\pi}{p} \cdot i \text{ のとき}$$

$$h = p \cdot \frac{H}{2\pi} \cdot \left\{ \alpha - \frac{2\pi}{p} (i-1) \right\} \dots \dots (1)$$

### 2.3 測定原理

入出力軸のカム片の相対的な位置関係をFig.3に示す。図は、回転数Nで回転し、トルクTが作用して角変位差 $\theta$ を生じたときである。A-A'線上での端面変位差は、 $h_0$ である。

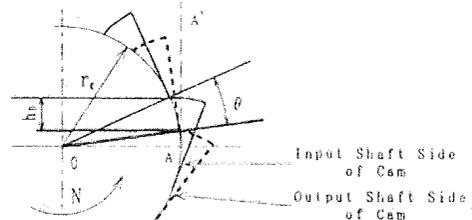


Fig.3 Relative Position of Involute Cams

### 2.4 解析方法

A'点でカムの端面変位の測定をしているフォトセンサの出力線図をFig.4に示す。入力側は実線のA、出力側は破線のBで示されている。

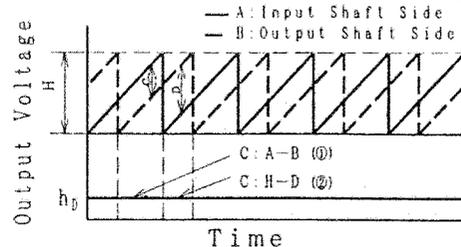


Fig.4 Typical Example of Actual Waveform

のBで示されている。AがBより大きい部分ではAとBの差はCで表され、これが端面変位差 $h_0 > 0$ を表している。一方、AよりBが大きい部分では、 $B-A$ をDとすると、最大振幅HはCとDの和であるから、HからDを引いた値がCと一致する。すなわち、以下に示す①、②の場合のように考えると、Cの値は常に一定の $h_0$ を示すことになる。

(1)式より角度差を $\Delta\alpha$ とすると

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad A-B \geq 0 \text{ のとき} & \quad \textcircled{2} \quad A-B \leq 0 \text{ のとき} \\ C = A - B = h_0 & \quad C = H - D = H - (B - A) = h_0 \\ = \rho \cdot \frac{H}{2\pi} \Delta\alpha & \quad = \rho \cdot \frac{H}{2\pi} \Delta\alpha \end{aligned}$$

$h_0$ の値は作用するトルクに対応して変化するため、 $h_0$ の値を測定すればトルクの値がわかる。また、回転数はスリット円盤とフォトセンサで測定する。トルクと回転数が分かれば、動力は、それらの積で表される。

### 3. フォトセンサ

端面変位検出用のセンサとして、NEC製のフォトインタラプタPS6002を用いた。このフォトインタラプタは、反射面との距離に応じて出力電圧が変化する特性があり、距離センサとして用いた。また、発光側の光の拡散を防ぐために前報<sup>1)</sup>より蔽密化を試みたスリットをつけて使用した。

回転数検出にはSHARP製のエンコーダ機能付OPTICフォトインタラプタを、同社製のスリット数200の円盤と併せて使用した。

### 4. 試作動力計

#### 4.1 変換部

Fig. 5、Fig. 6に今回試作した非接触式ねじり動力計変換部の上面図と側面図を示す。ねじりコイルばねはピアノ線を用い、ばね定数 135.2(kgf・mm/rad)のものを使用した。

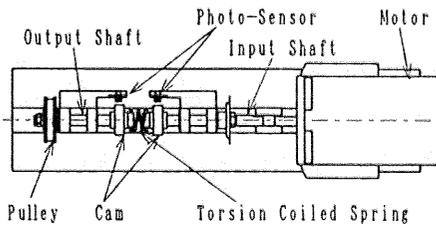


Fig. 5 Dynamometer (Top View)

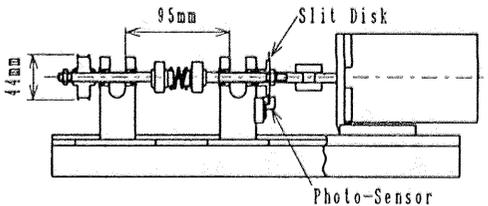


Fig. 6 Dynamometer (Side View)

#### 4.2 信号処理、演算、各表示部

測定中に回転数やトルクが変化しても常に値を表示できるように、2.4で説明した解析方法を実行するような電子回路を設計し、試作した。

### 5. 作用トルク-回転数-出力電圧検定実験

#### 5.1 検定方法

パルスモータでおもりを巻き上げることでトルクをかけ、回転させたときの出力 $h_0$ の値とそのときの作用トルクと回転数との関係を調べた。おもりは、400gfずつで4.8kgfまで、回転数は、3rpmから300rpmを7段階で行った。

#### 5.2 検定結果

Fig. 7に実際の出力線図の一例を示し、Fig. 8に検定結果を示す。今回得られた結果はフォトセンサのスリットを変更したことから、信号増幅率が前回とは異なっているが、前報<sup>1)</sup>での結果と比較するため、 $h_0$ に最大振幅比をかけ補正して表示してある。図中の白印が今回の実験結果を示し、黒印が前報<sup>1)</sup>の実験結果を示している。なお、 $A < B < 0$ になる部分は削除してある。今回得られた出力電圧 $h_0$ と作用トル

クTとの関係は回転数の違いによらず一本の曲線で表される結果となり、結局トルクTは、 $h_0$ により次式で与えられる。

$$T = 1.495h_0 + 3.630h_0^2 - 1.612h_0^3 \dots (2)$$

また、補正を加えた式は次のとおり。

$$T = 0.453h_0 + 0.333h_0^2 - 0.0449h_0^3 \dots (3)$$

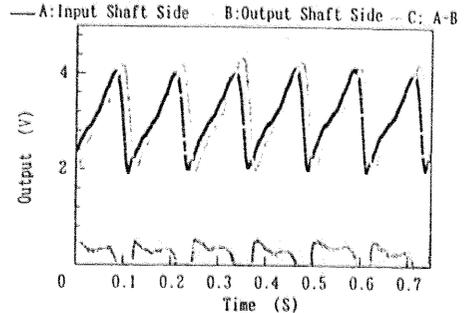


Fig. 7 Actual Waveforms of Output Voltage

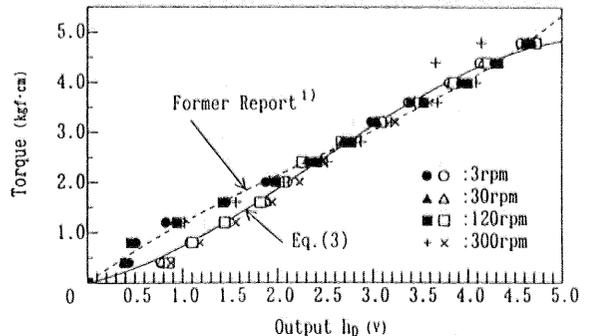


Fig. 8 Output Voltage  $h_0$  ~ Torque T Curve

### 6. 結言

- (1)装置の極小化に対応できるように、ワイヤー放電加工によるカムの作成を行った。
- (2)Fig. 1に示すような信号処理部、表示部を試作した。
- (3)試作したねじり動力計の検定実験を行った結果、作用トルクTとフォトセンサの出力 $h_0$ との関係は回転数によらず一本の3次式で与えられることがわかった。
- (4)2種類のカムについて結果を比較したところ、加工法による出力波形特性の違いはそれほど大きくないが、フォトセンサに取り付けるスリットによる検定曲線の形状への影響があることがわかった。

#### 今後の展望

・本報告でのものをラジアルタイプとすると、半径方向に測定領域の空間を持たないような場合に対して、軸方向に変位の変わるFig. 9に示すようなアキシアルカムタイプ方式も考えることができる。

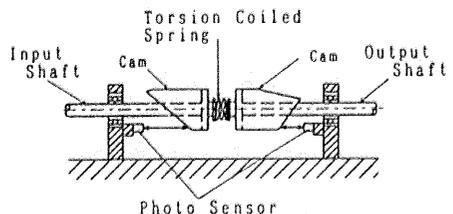


Fig. 9 Axial Cam Type Dynamometer

本研究に御協力いただいた日本電気(株)小林徹也氏および4年生の斉藤淳也君、上村大義君に感謝申し上げます。

#### <参考文献>

- 1) 嶋賢、石橋、他：山梨講演論文集('93-10-30, 山梨)