

ユーザインターフェースに関する研究

—3次元形状モデルの入力装置の開発—

清水 誠司・河西 伸一・平川 寛之・阿部 正人

Research on User Interface for Solid Modeling

—Development of Input-Device for 3-Dimensional Objects—

Seiji SHIMIZU, Shin-ichi KASAI, Hiroyuki HIRAKAWA and Masahito ABE

要 約

3次元形状を扱うアプリケーションソフトウェア (CAD/CAM, CG等) に、3次元空間で回転操作が指示可能なデバイスの試作開発を行った。試作デバイスは、回転方向の検出に各軸に対して圧電振動ジャイロを用い、それらからの角速度信号を検出、デジタル変換し、ボードコンピュータで回転方向と角度を演算した結果をアプリケーションソフトウェアと実時間で通信する方法とした。また、試作デバイスの評価には、グラフィックワークステーション (GWS) 上でシェーディングした3次元形状を表示できるプログラムを構築し、試作デバイスの指示により回転の操作実験を行った結果、機能的に実用可能であることが確認できた。

1. 緒 言

コンピュータの普及に伴い、CAD/CAM, CAE, CGなどコンピュータを援用したシステムの検討や導入が多くの企業で進められているなかで、人がコンピュータと対話する機会が非常に多くなってきている。これらのアプリケーションソフトウェアの対話方法は、キーボード、2次元座標指定装置 (マウス, デジタイザなど) などと表示装置の組み合わせが一般的に用いられている。

しかし、最近では3次元形状を扱うアプリケーションソフトウェアの増加により、これらの機器だけでは操作が複雑で形状認識が難しいなどのことから、システムの機能を十分に発揮できなかつたり、対話性能の向上が望めないなどの問題がある。

そこで、本研究では、より使いやすいユーザインターフェースの確立を目指して、誰でもが簡単に3次元形状を取り扱えることのできるインターフェース機器について研究開発を行った。具体的には、操作者が立体的な感覚でコンピュータと対話しながら、3次元形状の設計・デザインを行うシステム等で、表示された形状に対して立体的に回転指示操作ができるデバイスを試作した。また、アプリケーションソフトウェアを作成し、それとデバイスとのシステム的な評価も行ったので報告する。

2. デバイスの試作

今回試作したデバイスは、3次元CAD/CAM等のアプリケーションソフトウェアの対話操作において、操作者が行う3次元指示操作のなかで、実空間での回転指示操作を検出することを目的として開発した。その方法とデバイスの構成について述べる。

1) 回転検出方法

回転検出には、振動体に回転角速度が加わるとコリオリ力が発生するという原理を応用した、(株)村田製作所製の圧電振動ジャイロ (GYROSTAR) を使用した¹⁾。このセンサは、一回転軸方向の角速度を検出するもので、角速度に応じた電圧を出力する。また、逆方向の角速度にも反応して、負の電圧を出力するようになっている。

試作デバイスは、3次元空間においてあらゆる方向への回転検出を可能にするために、3個のセンサを用いて、各センサの検出する回転軸が直交するようなかたちで配置した。

2) デバイスの構造

デバイスの使用方法は、オペレータが手に持って空間上で操作するため、小型・軽量にする必要がある。そこで、試作デバイスは、センサ部と制御部の2つの部分に分離した構造とした。デバイスのシステム構成を図1に示す。

センサ部は、上述した角速度センサ、フィルタならびにアンプ回路等の必要最小限で構成した。フィルタ回路は、

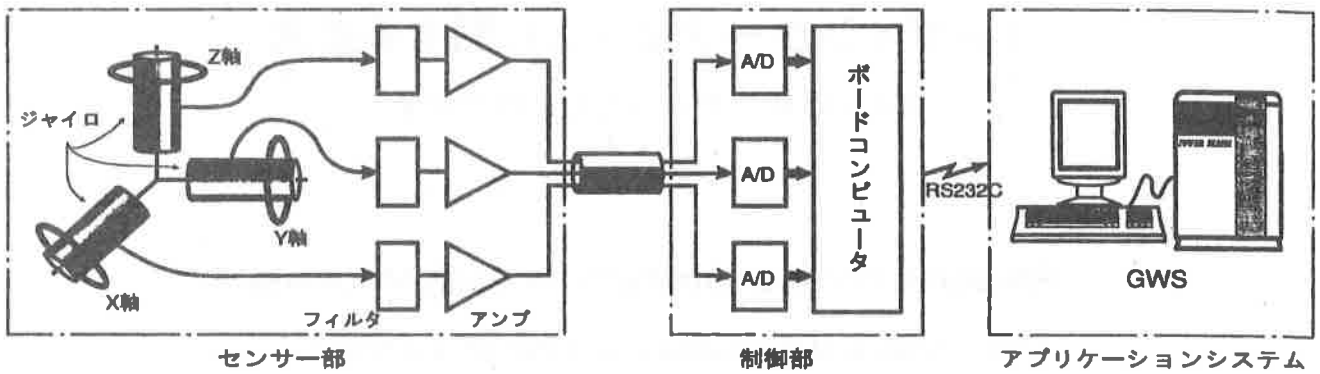


図1 試作デバイスのシステム構成

温度ドリフトの影響を除去するために直流成分をカットするハイパスフィルタと、センサ内部に含まれているノイズ成分を除去するローパスフィルタからなっている。

また、上位システムに指示を与えるスイッチを2回路分用意した。これらの回路は、直交する2枚のプリント基板上に配置し、電源は制御部から供給した。

制御部は、32ビットのCPUを搭載したボードコンピュータと角速度信号をデジタル化するためのインターフェース回路から構成し、制御部とセンサ部は長さ60cm位のケーブルで接続した。角速度信号は、各軸毎にA/Dコンバータを用いて同時に8ビットのデジタル信号に変換する方式とした。

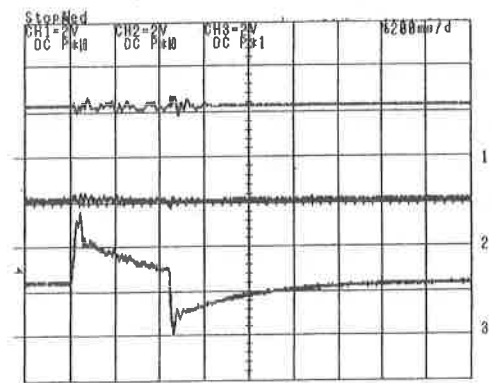
制御部での処理は、3軸分の角速度データをもとに、デバイスが単位時間内にどの方向にどの位の角度回転したか、それらの相対的な変位量を計算し、その結果を指定したデータフォーマットに従い、上位システムとシリアル回線を用いて通信する仕様とした。制御プログラムは、これらの仕様に基づいてC言語を用いて記述した。

3. デバイスの特性

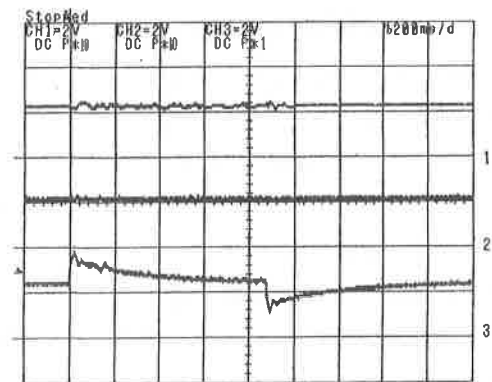
実際に、試作デバイスを動作させたときの出力特性について測定を行ったので、その結果について述べる。

1) 測定方法

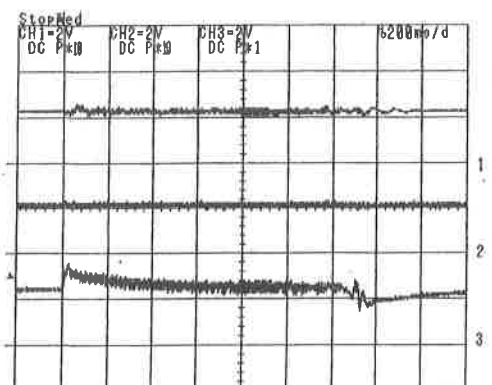
試作デバイスの動特性を測定するために、安定した角速度を与えるステッピングモータとギアを組み合わせた回転機構を作成し、この機構の回転軸とセンサ部の注目する検出軸とが平行になるように取り付けた。ステッピングモータの制御にはパーソナルコンピュータを用い、指示された回転速度と回転角度をもとにモータを駆動した。計測は、センサ部から出力される角速度のアナログ信号を(株)横河電機製DL-1200のデジタルオシロスコープを用いて波形観測を行った。



(a) 10.24rad/sec

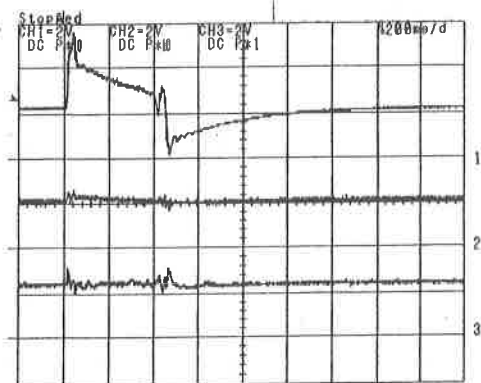


(b) 5.12rad/sec

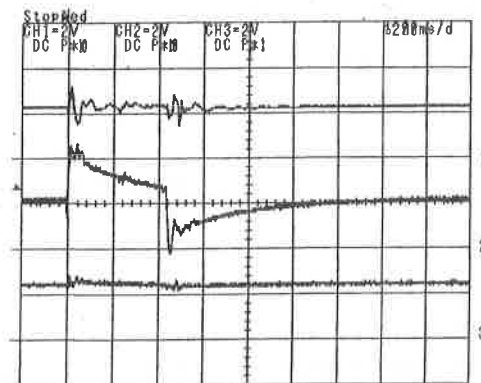


(c) 3.41rad/sec

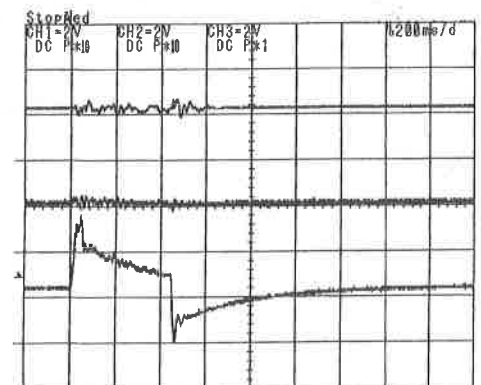
図2 角速度の変化に対する出力電圧の変化



(a) X軸を+方向に回転



(b) Y軸を+方向に回転



(c) Z軸を+方向に回転

図3 角速度を与えたときの他軸への影響

2) 測定結果

測定は、次の3つの項目について行った。

・角速度を変化させたときの出力電圧の変化

試作デバイスを3.41, 5.12, 10.24rad/secの一定速度で90度回転させたときの出力電圧の波形を図2に示すが、角速度が3.41から10.24rad/secの変化に対して、出力電圧が1V~2.5V位変化している。今回の使用目的では、角速度の絶対値を測定するのではなく、操作者の動きに反応すればよいので、十分に利用できる値を示している。なお、図2-(a)の波形が細かく波打っているのは、ステップモータの低速回転における共振の影響と考えられる。

・特定軸に角速度を与えたときの他軸への影響

1軸を10.24rad/secの角速度で90度回転させたとき、他

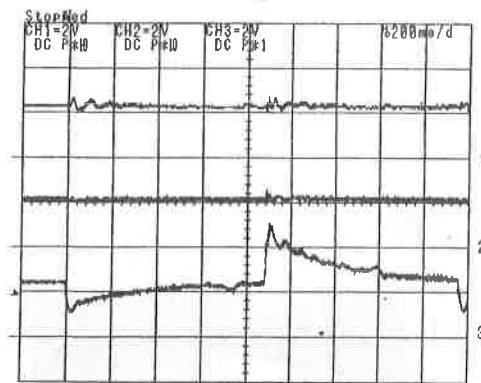


図4 角速度を正逆に与えた場合の電圧変化

の2軸の変化を図3に示す。図3-(b)では、他軸に若干影響があるが、波形は±方向に振れているので振動によるものと考えられる。制御部では一定期間で積分を行うので振動の影響はないと考えられる。また、実際の操作は人が行うため、このような機械的な振動は起こらないと考えられる。

・角速度を正逆方向に与えたときの電圧変化

図4は、5.12rad/secの角速度で90度逆回転させ、直後に90度正回転させたときの出力波形を示す。この結果、センサが方向変換した場合にも十分追従していることが分かる。

4. 評価システム

試作デバイスは、3次元形状を取り扱うCAD/CAM, CGシステムの形状モデリングで使用することを目的としている。そこで、3次元形状を取り扱うプログラムを作成し、試作デバイスとアプリケーションソフトウェアとのシステム的な評価を行った。

このプログラムは、レンダリングした3次元形状を実時間で表示することを目的に、SGI社製Indy R4600PC XZ Graphicsのワークステーション上でC言語を用いて以下のような仕様で作成した。

- モデリング機能を持たないので、意匠設計システム「JCAD3」で作成した形状データが入力できるようにする²⁾。
- 3次元形状の表示を簡単に行うため、グラフィックライブラリ「OpenGL」を用いて表示部分を記述する³⁾。
- 試作デバイスからの指示により、視点及び注視点を実時間で変更できるようにする。

作成したプログラムで、指輪の形状データ(面数約7,200)を表示した画面の例を図5に示す。

評価は、試作したプログラムを用いて画面上にレンダリングした形状を表示し、試作デバイスからの指示で動作確認を行った。形状データの面数が5,000面以下なら違和感なく実時間で動作するが、それ以上の面数になると計算機(MIPS)の処理能力の問題から表示速度が追いつかなかつ

た。

また、2次元の入力デバイスを用いて操作した場合は、画面と操作面とを対応させにくい点があるが、本デバイスでは、自然な形で3次元形状を回転操作することができた。

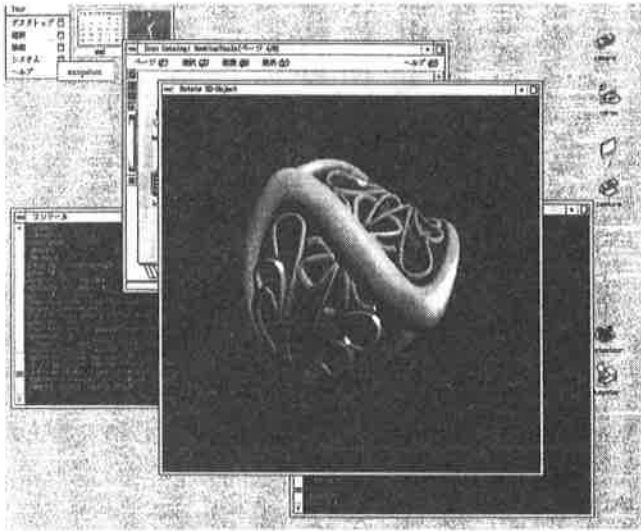


図5 3次元形状の表示画面

5. 結 言

3次元形状を扱うアプリケーションソフトウェア (CAD/CAM, CG等) において、誰でもが簡単に操作できるインターフェース機器の開発を目的に、3次元空間で回転操作

を指示する入力デバイスの試作開発を行った。

試作デバイスは、回転検出に圧電振動ジャイロを用いて直交する3軸の角速度から、ボードコンピュータで回転方向と角度を演算し、上位のシステムと実時間で通信するシステムとした。

また、試作デバイスを評価するために、グラフィックワークステーション上でシェーディングした3次元形状を表示するプログラムを構築し、試作デバイスの指示により回転の操作実験を行った結果、機能的に実用可能であることが確認できた。

今回の研究では、3次元空間における回転操作の指示だけに限定したが、移動操作の検出機能を付加することにより、3次元空間指示装置としてより使い勝手のよい入力デバイスになると考えられる。また、デバイスの形状も人間工学的なデザインを付すことにより、操作しやすいものすることが可能である。

参考文献

- 1) 村田製作所編：圧電振動ジャイロENCシリーズ, Cat.No.S42 (1993.9.5)
- 2) 清水誠司他：山梨県工業技術センター研究報告, No.8, p.70~74 (1994)
- 3) Jackie Neide : OpenGL Programming Guide, Addison-Wesley Publishing Company