

# 技術紹介

## 9 6 自由度センサの開発

Development of 6-DOF sensor

芳賀 美行 Michiyuki Haga  
佐藤 靖裕 Yasuhiro Sato

航機事業部 第二技術部 主任  
航機事業部 第二技術部 主任

キーワード： 三次元、位置測定、角度測定、磁気測定

Keywords : 3Dimension, Position, Measurement, Angular Measurement, Magnetic Measurement

### 要 旨

磁界を使用して、3次元の位置と姿勢、方位を同時に検知するセンサを開発しました。

本装置は交流磁界を送信する直交3軸の送信コイルと、この磁界を受信する直交3軸の受信コイル、受信コイルからの信号を処理する信号処理部、及びこのデータから位置、姿勢を計算するマイクロコンピュータで構成されています。

DC5Vの単一電源で動作し、従来の他社製品に比べ消費電力が極めて少ない省エネルギー設計となっており、また小型・軽量・低価格であるためアミューズメント等の分野への応用が期待されます。

### SUMMARY

We have developed the sensor which can detect the 3-D position, attitude and direction at the same time using the magnetic field. The sensor consists of: the orthogonal 3 axis transmission coil for transmitting AC magnetic field; the orthogonal 3 axis coil for receiving the magnetic field; the signal processor for processing the signal from reception coil; and the microcomputer calculating position and attitude from the data.

The sensor operates with a single power supply of DC5V and features power saving design with much less power consumption than conventional sensors of other makers. Also, since it is small size, lightweight with reasonable price, we expect applications in the field such as amusement market.

## 1 まえがき

これまで、弊社ではVR（Virtual Reality：仮想現実、人工現実）を実現するために必要となる情報入力手段のひとつとして、人体頭部の動き（姿勢／方位角）を検出するヘッドトラッカ<sup>1)</sup>を開発致しましたが、より高度なVRを実現するためには、「位置も含めた6自由度計測」、「二箇所以上のポイントの同時計測」、「オクルージョンフリー」（センサが人体等により遮られた状態でも位置と姿勢が検出できる）が可能なセンサが求められています。

姿勢／方位角の計測は従来のヘッドトラッカに用いた慣性センサ（ジャイロ、加速度計）で可能ですが、慣性センサだけで位置を計測した場合、位置の発散が発生し、それを抑えることができません。そのため、他の位置計測可能な超音波センサや画像センサと組み合わせる必要があります。

超音波による位置計測では超音波が遮蔽された場合に位置計測はできません。また、画像による方法は、現在盛んに研究開発され、画像処理のLSI化も進んでいることから、将来的には可能性の高いものであると思いますが、現状では、オクルージョンに対しては複数台のカメラ設置が必要になるなど、価格的にまだ問題があります。

磁気方式は、ドリフト誤差やオクルージョンに対して強く、また構成・構造が簡単である特長をもっています。これらのことから、本開発では磁気方式を採用した6自由度センサを開発・試作しました。

## 2 6自由度センサ

磁気方式で位置、姿勢 / 方位角を計測するには、まず 3 軸直交の送信コイルから所定周波数の交流磁界を空間に発生させ、その交流磁界を 3 軸直交の受信コイルに発生する起電力として観測します。この時、空間に発生する交流磁界は距離の 3 乗に反比例するため、受信コイルに発生する起電力の大きさを観測することにより送信コイルと受信コイル間の距離がわかります。また、受信コイルの姿勢 / 方位角により 3 軸直交の各コイルにはその角度に比例した起電力が発生することから、各コイルの信号を比較することにより、姿勢 / 方位角が求められます。

前記原理に基づき、送信コイル座標を基準とした受信コイルの位置と姿勢 / 方位角を求めることができます。6 自由度センサの構成を図 1 に示します。

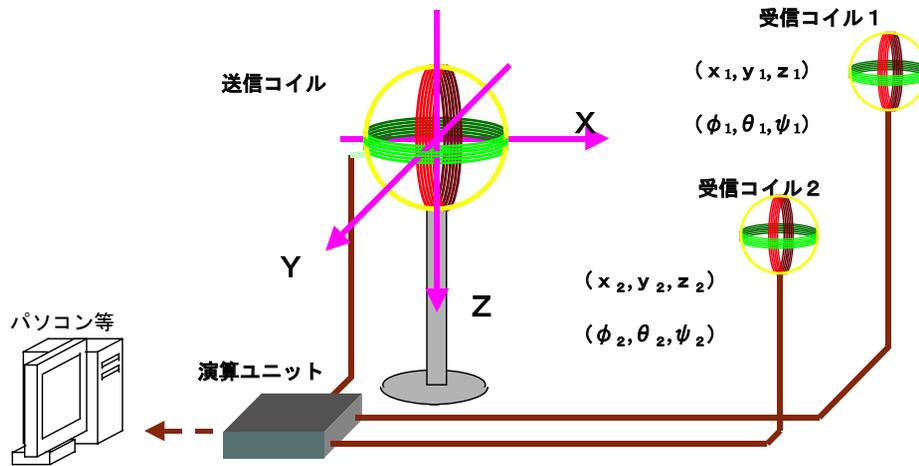


図 1 6 自由度センサ構成

交流磁界は、人体をほとんど貫通してしまうため原理的にオクルージョンを気にすることなく、位置と姿勢を同時に計測することが可能です。反面、周囲に導電性金属があるとそこに渦電流を発生させ、空間に作り出した交流磁界を歪ませるため、位置、姿勢に誤差が生じます。しかしながら、センサデバイスはコイルのみであるため、他の方式に比べ低価格化が容易です。

この方式の特長を表 1 に示します。

表 1 磁界センサの特長

【長所】	【短所】
● 位置、姿勢 / 方位角同時検出	● 渦電流による磁界歪みが発生
● オクルージョンフリー	● 計測領域の限界
● ドリフトレス	・ 信号強度が距離の 3 乗に反比例して小さくなる
● 構造が単純	・ 計測領域は半球内 (全球とならない)

### 3 特長

構造が単純であるという特長を生かし、小型、軽量、かつ、低価格化を実現するため、回路構成の簡略化を図りました。

#### (1) 送信パワー固定方式

距離の3乗に反比例する磁界を検出するため、非常に大きな信号ダイナミックレンジを確保する必要がありますが、送信側で送信パワーを距離により可変にした場合、送信パワーの制御回路が必要となり回路が複雑となるため、送信パワーを一定とし回路を簡素化し、受信側の受信感度をソフトウェアにより細かく制御することによってダイナミックレンジを確保しています。

#### (2) 時分割磁界検出方式

位置姿勢の計算には、3軸方向の発生磁界から、それぞれ3軸の受信コイルで計9個の信号を検出することが必要です。この処理をできるだけ少ない回路で達成するため、3軸の送受信コイルの処理は時分割方式を採用しました。

励起周波数を一種類にするため、送信側の直交3軸のコイルを時分割で励起します。

さらにまた、受信側も時分割にすることで、3つの受信コイルを一つの受信回路で検出することができます。

このような時分割方式の欠点としては、受信コイルでの観測時間に制限があるため、ノイズの低減能力に限界が生じてしまうことですが、同期検波回路の改善等を行い、S/N比の向上を図りました。

#### (3) その他

送信コイルを含めDC5V単一電源で動作する回路とし、また受信コイルには小型アンプのみ実装し小型化と同時に耐ノイズ性強化を図っています。

## 4 試作品の性能

試作した 6DOF センサは、2CH の受信コイルの位置と姿勢を 100Hz で検出し外部へ出力することができます。位置と姿勢精度については、送信コイルからの距離により位置誤差が増加してしまいますが、マウスのような用途の 3 次元空間入力デバイスとしては十分な性能が得られています。

今回の試作品の外観は写真 1 に、諸元を表 2 に示します。



写真 1 6自由度センサ外観

表 2 試作品の諸元

項目	性能
センサ	2CH
出力	位置 (x、y、z) 姿勢 ( $q_w$ 、 $q_x$ 、 $q_y$ 、 $q_z$ ) <sup>※1</sup>
I/F	シリアル (RS232C)
更新レート	100Hz
測定範囲	半径 80cm の半球領域
位置精度	2.0cm(80cm 位置)
姿勢精度	2.5° (80cm 位置)
消費電力	約 1W
送信コイル	5cm 立方 (3 軸直交)
受信コイル	2cm 立方 (3 軸直交)

※ 1 クォータニオンによる姿勢出力

## 5 むすび

従来の慣性センサや超音波方式のセンサと異なり、VR 入力デバイスに要求されるドリフトレス、オクルージョンフリーであるといった特長をもち、かつシンプルな構成で位置、姿勢を同時に検出する 6 自由度センサを開発することができました。

今後、

- ・センサ（受信コイル部）の小型化
- ・計測範囲を拡大するためS/N比の向上
- ・磁界歪みのソフトウェア上での補正方法
- ・アナログ処理部のASIC化や、コイルのボビンレス化など低価格化設計

等について検討し、より高精度、小型、低価格のセンサ開発に取り組むと同時に他の応用も検討していきたいと考えています。

### [参考文献]

- 1) 航空電子技報 24 号：“HMD用トラッカの開発”