Improvement of Magnetic Type Motion Capture System

メタデータ	言語: jpn	
	出版者:	
	公開日: 2015-10-14	
	キーワード (Ja):	
	キーワード (En):	
	作成者: 熊谷, 正朗, 赤松, 和禎	
	メールアドレス:	
	所属:	
URL	https://tohoku-gakuin.repo.nii.ac.jp/records/420	

計測自動制御学会東北支部 第226回研究集会 (2005.12.09) 資料番号 226-10

磁気式モーションキャプチャに関する研究

Improvement of Magnetic Type Motion Capture System

熊谷正朗*, 赤松和禎*

Masaaki Kumagai*, Kazuyoshi Akamatu*

*東北学院大学

*Tohoku Gakuin University

キーワード : モーションキャプチャ(Motion capture), 交流磁界(Alternating magnetic field), 励磁コイル(Excitation coil), ピックアップコイル(Pickup coil), 協調磁界(Cooperative magnetic field), 差動磁界(Differential magnetic field)

連絡先: 〒985-8537 宮城県多賀城市中央一丁目13-1 東北学院大学工学部 機械創成工学科 熊谷正朗, Tel: 022-368-7358, Fax: 022-368-7070

1. はじめに

近年,マルチメディアやロボットに関する業界で は,人間の動作情報を必要とする機会が多くなっ てきた.その人間の動作を取得する手段として, モーションキャプチャが使われている.一般的に は体の関節等にセンサ等を取り付けて,センサか らの情報を3次元データに変換することによって, 人間の動作をコンピュータに取り込むことが可能 になる.種類もTable.1に示すよう,機械式,光学 式,磁気式など様々な方式が存在する.

本研究室では,低コストでのモーションキャプ チャの実現を目指して,磁気式のモーションキャプ チャの研究を行っている.センサ単体で3次元の 姿勢・位置を検出する磁気式特有の性能を生かす ことで,将来的には,ヘッド・マウント・ディスプ レイ(HMD)とセンサを人間の頭に取り付けて,人 間の立ち位置や向いた方向に応じてHMDに表示 される風景が変化するバーチャル・リアリティ(仮 想空間)によるビジュアライゼーションを行ったり, 人間の手先にセンサを取り付けて動きに連動して ロボットアームが動作する研究などに利用できる と考えられる.

本研究では,今まで取り扱ってきた装置の改良 を行った.特にFig.1に示す,現在使用している装 置の一部であり,測定する空間に交流磁界を発生 させる役割の励磁コイルに,

- ・ 立方体形状でしか,検討してこなかったので,
 使用・測定範囲を制限してしまう。
- 組立解体が不可能なため,非常に多くの空間
 を占有し,運搬も困難である.

という問題があったため,今回新たに励磁コイルの設計を試みた.

本稿では,励磁コイルが従来の立方体形状以外 の直方体形状であっても動作するかの解析を数値 計算によって確認してから,励磁コイルの再設計 をして製作し,実装するまでを報告する.

方式	機械式(リンク式)	光学式(カメラ)	磁気式	
原理	関節を有する対象に固定し,	対象物に光点等を取り付け , 複	対象空間に磁界を発生させ,	
	対象物の動きに応じた関節の	数のカメラで撮影して解析する	コイルで磁界の違いを読み取	
	角度を計測する	ことで動きを測定する	り姿勢と位置を観測する	
長所	検出が確実	同時に複数点の観測が可能	運動にともなう死角がない	
	応答性が良好		比較的低コスト	
短所	測定物の動作に制限がある	カメラの死角になると計測不可	磁性体が近くにあると , 磁界	
	/別/に1/0/19/11-11に前 阪/バのの	非常に高コスト	が歪み精度に影響する	

Table 1 代表的なモーションキャプチャの特徴



Fig. 1 従来の励磁コイル 骨組みは木材を用いて,立方体形状で組 立解体が不可能



(a) 励磁コイル 矩形のコイルに交流電流を流すことで空 間内に交流磁界を発生させる



(b) ピックアップコイル センサとなる部分で,交流磁界内でコイ ルに電圧が誘起する



2. 交流磁界を用いた磁気式モーションキャプチャの原理

2.1 システムの概要

この磁気式モーションキャプチャは, Fig.2(a)に 示す測定空間に交流磁界を生成する励磁コイルと, Fig.2(b)に示す空間内で磁界を拾うピックアップコ イルの2種類のコイルを用いることが特徴的であ る.

この2種類のコイルを用いた本システムの概要 を簡単に述べると,以下のようになる.

- 測定対象空間を囲む励磁コイルに交流電流 を流すことで、計測空間に直線的な強度分 布特性を持つ交流磁界を発生させる。
- 2. 交流磁界内で,測定対象に取り付けたピック アップコイルに電圧が誘起する.
- ピックアップコイルに生じた電圧から,励磁 した各成分の振幅を取り出して,処理するこ とで姿勢と位置を求める.

ピックアップコイルに誘起する信号の振幅は,そ の位置での磁界の大きさと測定対象となるピック アップコイルの方向によって決まるので,空間に 姿勢の基準になる磁界と,位置の基準となる磁界 の2種類の交流磁界を生成すれば検出が可能とな る.そのため,姿勢の検出には空間内で均一で一 定方向に向く平行な磁界が,位置の検出には位置 によって直線的な変化が得られるような磁界が望ましい.

ちなみに改良前のシステムで使っていた2種類 のコイルについては,励磁コイルは一辺が約2mの 立方体で,この立方体の各6面に正方形のコイル を設け,コイルの巻き数は20回である.実際に流 す交流電流は40mAP-Pであり人体に悪影響及ぼす ほど強い磁界は発生しない.一方,ピックアップ コイルには巻き数約8000回の小型円筒空芯コイル を使用することで,起電力を増加させて高感度に するよう設計した.

2.2 コイルに誘起する電圧の関係

交流磁界内でピックアップコイルが誘起する電 圧の関係を簡単に説明する.

コイルに誘起する起電力e(t)は,コイルの巻き 数nと,コイルを貫く磁束 $\Phi(t)$ により,

$$e = -n\frac{d\Phi}{dt} \tag{1}$$

と表される.つまり,磁束の時間変化が誘起する 電圧となる.磁束は磁力線の数の多さを意味して, ピックアップコイルのコイル断面積で,各交流磁 界の磁束密度ベクトル場Bを面積分したものであ る.そして,ピックアップコイルが十分小さくて, コイル面内で磁束密度の大きさも方向も一定と見 なして考えれば,コイルの断面積Sとコイル面の 法線方向と磁束密度の方向がなす角度θより,

$$\Phi = S|\boldsymbol{B}|\cos\theta \tag{2}$$

と,簡単にコイルに貫く磁束を求めることができ る.これは,ある点での磁束密度の方向に対し,ど れだけコイルの角度がずれているかによって磁束 変化することを表し,方向が一致している($\theta = 0$) のときは磁束Φが最大になり,コイルが直交してい る場合($\theta = \pi/2$)は磁束Φが0となる.さらにピック アップコイルの方向ベクトルv(正規化して|v| = 1) を用いると式(2)は,

$$\Phi = S\boldsymbol{B} \cdot \boldsymbol{v} \tag{3}$$

と,ベクトルの内積により求めることができる. そして,この関係を利用することで次に述ように, ピックアップコイルの姿勢は計算で求めることが できる.

2.3 姿勢の計測

姿勢を計測するためには,式(2)における磁束密 度の方向に対して,どの程度測定対象の方向が違 うかにより出力が変化することを利用する.その ため,磁束密度つまりは交流磁界の方向ができる だけそろっているものが理想的であるので,ここ では協調磁界と呼ぶ交流磁界を用いた.この協調 磁界とは1組の対向する励磁コイルの各々に,同 周波数,同位相,同強度の正弦波電流を与えるこ とにより生成した交流磁界である.Fig.3(a)のよう に計測空間の両側から同じ方向に磁力を与えるた め,内部では横に平行な磁界が作られる.実際に 2対の励磁コイルから生成される協調磁界を数値 解析したものをFig.3(b)に示す.図中の矢印は協調 磁界の磁束密度の大きさと方向を表している.励 磁コイル内部では磁界が同じ方向に整っているが、 コイル周辺と外側では磁界が一様になっていない ため,測定範囲として使用しない.

この協調磁界を用いることで,磁界内にあるピッ クアップコイルの姿勢を求める.まず協調磁界を生 成する対向した励磁コイル対の番号をi(=1,2,3)とする.ピックアップコイルもコイルが3軸あるの で3個あるものとしてj(=1,2,3)とおいて考える.

それで,このピックアップコイルを貫く磁束 $\Phi_{i,j}(t)$ は以下の式で与えられ,

$$\Phi_{i,j}(t) = SB_{Ci}\boldsymbol{c}_i \cdot \boldsymbol{v}_j \cos \omega_i t \tag{4}$$



(b) 数値計算で得た協調磁界の様子 励磁コイルの内部であれば,横にほぼ平 行な磁界分布が表れる

Fig. 3 協調磁界

- *S*: ピックアップコイルの断面積
- B_{Ci}: 励磁コイルの形状や励磁電流振幅な
 ど装置によって決定される定数
 - c_i: 励磁コイル直方体中央で大きさ1と なるよう正規化した振幅ベクトル場
 - v_i : ピックアップコイルの方向ベクトル
- $\omega_i: 励磁電流の角周波数$

ピックアップコイルに誘起する電圧は,

$$e_{i,j}(t) = -n \frac{d\Phi_{i,j}}{dt}$$
$$= nS\omega_i B_{Ci} \boldsymbol{c}_i \cdot \boldsymbol{v}_j \sin \omega_i t$$
$$= K_{Ci} \boldsymbol{c}_i \cdot \boldsymbol{v}_j \sin \omega_i t \qquad (5)$$

と求められる.

また,式の簡略するため $K_{Ci} = -nS\omega_i B_{Ci}$ と定 数部は1つにまとめた.そして誘起した電圧に参 照波 $\sin \omega_i t$ を乗じて,

$$r_{i,j}(t) = e_{i,j}(t) \cdot \sin \omega_i t$$

= $K_{Ci} c_i \cdot v_j \sin^2 \omega_i t$
= $K_{Ci} c_i \cdot v_j \{1 - 2\cos(2\omega_i t)\}/2$ (6)

角振動数 $2\omega_i t$ の部分をローパスフィルタを用いて 除去することで、ピックアップコイルの誘起電圧 信号に含まれる励磁成分強度 $R_{i,j}$ を求めることが できる.

$$R_{i,j} = K_{Ci} \boldsymbol{c}_i \cdot \boldsymbol{v}_j / 2 \tag{7}$$

この相関値*R_{i,j}は*,各励磁コイルにおける磁束密 度ベクトル場とピックアップコイルの方向ベクト ルの内積を含んでおり,これがモーションキャプ チャ上で得られる姿勢に関する検出値そのものと なる.

この9個のパラメータ $R_{i,j}$ をもとにピックアップ コイルの姿勢を計算で求める.式(7)をみると $R_{i,j}$ は計測して得られる検出値であり, K_{Ci} は装置定 数で, $c_i(x,y,z)$ もあらかじめ数値計算すれば求め られる値であるので,未知数であり本来求めるべ き方向ベクトル $v_j(v_{jx},v_{jy},v_{jz})$ について式を立て ればよい.

よって,式(7)より

 $c_{1x}v_{jx} + c_{1y}v_{jy} + c_{1z}v_{jz} = 2R_{1,j}/K_{C1}$ $c_{2x}v_{jx} + c_{2y}v_{jy} + c_{2z}v_{jz} = 2R_{2,j}/K_{C2}$ $c_{3x}v_{jx} + c_{3y}v_{jy} + c_{3z}v_{jz} = 2R_{3,j}/K_{C3}$ (8)

と,3元1次連立方程式を解けば,方向ベクトル ル $v_j(v_{jx},v_{jy},v_{jz})$ を求めることができる.

ただし,姿勢を求める段階ではピックアップコ イルの位置(*x*, *y*, *z*)がわからず*c*_iを決定できないの で,コイルが励磁コイルの中央にあるものと仮定 して姿勢を計算している.よって,正確な姿勢を求 めることはできず,あくまで仮の姿勢を求めたに すぎない.そのため,次の過程で得る位置を利用 して姿勢を再計算する必要があるが,その前に姿 勢が仮定や磁界の歪みの影響で3軸が直交になっ てない場合があるので,求めた方向ベクトルが直 交するように補正している.

2.4 位置の計測

次に位置を求めるためには,姿勢の計測で利用 した協調磁界とは違う差動磁界と呼ぶ交流磁界を 用いる.この差動磁界とは,3組の対向する励磁 コイルの各対に,同出力,逆位相の正弦波電流を 与えることにより生成した交流磁界のことである. Fig.4(a)のように励磁コイルの両側から押しつける ように磁力を与えるため,中央に近づくにつれて 磁界が打ち消し合って無くなるような磁界が作ら れる.生成される差動磁界を数値解析したものを Fig.4(b)に示す.特徴としては,向かい合う励磁コ イルに対して垂直方向の成分だけ取り出すと,中 央に近づくにしたがって大きさが直線的に減少し てゼロになるほぼ平行な等高線が描ける磁界分布 が得られる.この成分を利用して位置を求める. ただし協調磁界と同様に,励磁コイル近辺と外側 は磁界が大きく乱れたりしているので,計測範囲 として利用していない.

位置の計測では、場所によって線形的な出力が得 られる差動磁界と、はじめに求めた姿勢を利用し て使って計算する、考え方は姿勢と同じで差動磁界 で励磁コイルの面に対向したコイルを1組として *i*(=4,5,6)と添え字をおき、ピックアップコイルも コイルが3軸あるので3個あるもとして*j*(=1,2,3) とおいて考える.

それで,差動磁界内でピックアップコイルを貫 く磁束 $\Phi_{i,j}(t)$ は以下の式で与えられ,

 $\Phi_{i,j}(t) = SB_{Di}\boldsymbol{d}_i \cdot \boldsymbol{v}_j \cos \omega_i t \tag{9}$

- *B_{Di}*: 励磁コイルの形状や励磁電流振幅な ど装置によって決定される定数
 - *d_i*: 各励磁コイル矩形部分中央で大きさ 1とする正規化した振幅ベクトル場



Fig. 4 差動磁界

磁界内でピックアップコイルに誘起する電圧は, 協調磁界と同様に,

$$e_{i,j}(t) = K_{Di}\boldsymbol{d}_i \cdot \boldsymbol{v}_j \sin \omega_i t \tag{10}$$

と求められる.また $K_{Di} = -nS\omega_i B_{Di}$ と定数部は 式を簡略するため1つにまとめた.

そして,同様に誘起した電圧に参照波 $\sin \omega_i t$ を 乗じ,角振動数 $2\omega_i t$ をローパスフィルタを用いて 除去することで,差動磁界内のピックアップコイ ルの誘起電圧信号に含まれる励磁成分強度 $R_{i,j}$ を 求めることができる.

$$r_{i,j}(t) = K_{Di}\boldsymbol{d}_i \cdot \boldsymbol{v}_j \{1 - 2\cos(2\omega_i t)\}/2 \qquad (11)$$

$$R_{i,j} = K_{Ci} \boldsymbol{c}_i \cdot \boldsymbol{v}_j / 2 \tag{12}$$

この相関値 $R_{i,j}$ は,各励磁コイルにおける差動



Fig. 5 仮想ピックアップコイルの概略図 3軸分あるコイルを仮想的に1つのコイ ルにおいて出力強度を評価する

磁界での磁束密度ベクトル場と先に計算したピッ クアップコイルの方向ベクトルの内積を含む.

そして,励磁コイルに垂直な成分を得るために, Fig.5のように3軸直交にコイルを取り付けたピッ クアップコイルを結合して仮想的に1つのピック アップコイルがあるものとして扱う¹⁾.実際のピッ クアップコイル3軸の出力強度*P_{i,j}と*方向ベクト ル*v_j*を利用して,実在するピックアップコイルの 中心に位置し,ベクトル*v_I*に沿った仮想のピック アップコイルの強度を求める.各ピックアップコ イルで検出された振幅を

$$P_{i,j} = 2R_{i,j}/K_{Di}$$
 (13)

とすると,仮想ピックアップコイルで得られる振幅 $P_{i,I}$ は次式で得られる.

 $P_{i,j} = v_1 \cdot v_I P_{i,1} + v_2 \cdot v_I P_{i,2} + v_3 \cdot v_I P_{i,3}$ (14)

ただし,仮想ピックアップコイルの方向ベクト $m{v}_I$ は, $|m{v}_I|=|m{v}_j|=1$ とする.

式(14)から各励磁コイルに垂直な成分を得るこ とで, Fig. 4(b)でも示した強度分布と照合させて, ピックアップコイルの位置が求められる.

2.5 姿勢と位置の計算手順

上述の原理式より,測定対象となるピックアッ プコイルの姿勢と位置は,励磁コイルから発生す る協調磁界と差動磁界を利用することで得られる が,具体的な流れは以下の手順のようになる.

- ピックアップコイルの誘起電圧信号に含まれる励磁成分強度*R_{i,j}*を求める.
- ピックアップコイルの位置を励磁コイルの中 央に仮定し,協調磁界の磁束密度ベクトルを 用いて仮の姿勢を求める.
- 求めた仮の姿勢の方向ベクトルと,各成分 強度及び差動磁界の磁束密度ベクトル場よ り位置を求める.
- 4. 得た位置をもとに姿勢と位置を再計算する.

このように,仮の姿勢で求めた位置から姿勢と 位置を再計算するが,協調磁界・差動磁界ともに 位置に対する磁力の変化が広い範囲で直線的なの で,再計算は1回で十分に精度を向上できた.

3. システムのシミュレーション

3.1 磁場演算のシミュレーションの開発

本研究の方式では,励磁コイルの形状が立方体 以外の直方体にも対応可能と考えられていた.だ が,今まで立方体以外検討したことがなかったの で,直方体形状でシステムが働くことを調べてお く必要がある.そのため,ある任意の励磁コイル 形状における磁場生成をコンピュータ上でシミュ レートし,立方体以外で有効な磁界を生成するか を確認することにした.

このシステムのシミュレーションをコンピュー タ上で行う際には,下記に示すいくつかの入力条 件を与える必要がある.

- 励磁コイル直方体各成分の長さL(lx, ly, lz)
- 測定対象となるピックアップコイルの姿勢
 v_i(v_{ix}, v_{iy}, v_{iz})と位置P(x, y, z)

そして,設定したピックアップコイルの位置に 発生する磁束密度を求めるため,ビオ・サバール の法則²⁾を使って励磁コイルからピックアップコイ ルのある点Pの磁束密度 $B_i(bx_i, by_i, bz_i)$ を計算す ることにした.こうして,求めた各交流磁界の磁 束密度 B_i と,条件として与えたピックアップコイ ルの姿勢 v_j を内積することで,各励磁成分の強度 $R_{i,j}$ を計算で求めることができる.

実際に直方体形状3[m] × 2[m] × 2[m]の場合で解 析した結果をFig.6(協調磁界),Fig.7(差動磁界) に示す.これによると,協調磁界では励磁コイル 内部で横に平行な磁界が生成されていることや, 差動磁界ではコイルに垂直な成分を取ったときの 磁界分布など,立方体形状の時と比べてほとんど 性質に違いはない.ただ若干,励磁コイル周辺や 外側で磁界が歪みの現れかたが目立つ程度で,実 際に測定範囲として利用する励磁コイル内部にお いては,期待する協調磁界と差動磁界が生成され ているので問題ないといえる.また他の条件も確 認した結果,極端に縦・横・高さの比が違う直方 体でない限り,励磁コイルが立方体以外の直方体 形状でも問題ないことが確認できた.

3.2 測定対象を計算するソフトウェアの 開発

直方体形状での妥当性を調べるためシミュレー ションを行ったが,磁界の歪みでどの程度計測誤 差に影響するかを確認するため,計算して得た各 励磁成分の強度*R_{i,j}*から測定対象のピックアップ コイルの姿勢と位置を算出するプログラムを開発 して,誤差の大きさを調べてみることにした.入 力を励磁コイル形状とピックアップコイルの姿勢 と位置として,ビオ・サバールの法則より各励磁 成分の強度を得て,その検出値を利用して姿勢と 位置を求めるといった,実装置のハードウェア部 分とソフトウェア部分を一括したプログラムを開 発し,任意の励磁コイル形状での入出力の違いを 調べることにした.

まず開発したソフトウェアの動作を確認するた



Fig. 7 直方体形状での差動磁界

めに, 立方体形状について解析して誤差の度合い を調べてみた.3個の方向ベクトルの角度誤差の 平均値をFig.8(a)に示す.この場合,周辺部に1[deg] 以上の誤差がみられるが,主に利用する内側では ほとんど誤差が見られない.位置の誤差(Fig.8(b)) も同じく,励磁コイル周辺では10[mm]以上の誤差 が見られるが,内側では誤差がほとんどない.ま た,両者の誤差分布傾向が酷似している理由は,計 算過程上で先に姿勢を求めてから位置を算出して いるため,姿勢誤差の影響がそのまま位置誤差に 反映されたためと考えられる.このことから,全 体の精度を向上させるためには,姿勢の求め方を 改善する必要になってくるが,従来のシステム通 り励磁コイルの周辺と内部の精度の傾向は実際の ものと同じであることがわかったので,このソフ トウェアは致命的な欠点がないことが確認できた。



(a)角度誤差

(b) 位置誤差





(a)角度誤差







次に,直方体形状での励磁コイルの誤差分布を 調べてみた.3[m]×2[m]×2[m]の直方体励磁コイ ルの誤差分布をFig.9に示す.立方体形状と見比べ れば,分布が横に広がったような感じで若干誤差 が目立ってくるものの,内側では誤差はなく十分 扱うことができる.ただ,全体的な形状比率のバ ランスが悪くなると,出力不足しているためか励 磁コイルの内部までしっかり磁界が生成されない ため,内側の誤差が見られるようになったが,誤 差といっても非接触での姿勢・位置検出で1[deg], 10[mm]未満なので,直方体形状でも想定している 用途には十分な精度は得られると考えてよいと言 える.とりあえず,シミュレーションを行うこと で,直方体励磁コイルでもシステムが動作するこ とが確かめることができた. 4. システムの実装

4.1 励磁コイルの設計

シミュレーションで立方体以外の励磁コイルで も動作することが確認できたので,新しい励磁コ イルの設計を行った.今回は励磁コイルの長さを 変えることを目的とするので,直方体の辺と頂点 を別々に作り,組立解体できるように設計した.

まず直方体の辺となる部分は非磁性体である紙 管を利用して,その両端に穴を開けてコイル部分 となる40本のフラットケーブルを通して,その両 端に着脱用のコネクタを取り付けた.直方体を成 すには同じ長さのものを4本を3組用意する必要 がある.次に直方体の頂点部分は,コイルとなる 辺を構造的かつ電気的に3軸直交に接続させる必



Fig. 10 励磁コイルの頂点となるジョイント部分. コイル(紙管)をさすと直交に連結される



Fig. 11 本研究で作成した励磁コイル

要がある.なおかつ4本からなる矩形部分はコイ ルを巻いた状態にしなければならない.そのため, ケーブルを単に接続することで一周させるコネク タを6個と,給電点付きのコネクタ2個の計8個 用意した.実際にジョイント部分にケーブル付き 紙管を取り付けるとFig.10のようになり,コイル がきちんと3軸を直交に接続することができた. また,一辺で40本あるケーブルは隣接する矩形面 にそれぞれ20本ずつ使用され,1面のコイル巻き 数は20回となる.すべて2[m]長さのコイルで組み 立てると,Fig.11のような立方体形状を作ること ができる.

4.2 直方体形状コイル対応システムの実 装と検討

解析を行うことで直方体形状で組立解体可能な 励磁コイルの妥当性を調べ,実際に励磁コイルの 設計・製作を行ったので,本システムに実装を試み た.ただし,従来のシステムは各成分同じ計算と して扱って簡略化しているので立方体形状でしか 動作せず,直方体形状には対応してないため,直 方体に適用するためにはソフトウェアの改良が必 要である.従来の実システムは計算過程上,相関 値に対して姿勢と位置に関するテーブルを必要と し,このテーブルは励磁コイルの形状によって決 まる固有なものなので,コイル形状が変わるたび 用意しなければならないので面倒である.そこで, テーブル参照をせず,直方体形状に適応している 今回作成した解析用プログラムを試験的に本シス テムに組み込んで,実際の直方体形状でのシステ ムの動作をみることにした.

まず組み込んだプログラムの動作を確認するた め,2[m]の立方体形状で従来のプログラムと同時 に動かし比較した.結果,姿勢・位置両方ほぼ近 い数字になったので問題ないと確認できた.次に, このプログラムで高さだけ1[m]に変えた直方体形 状で計測したところ,若干精度が下がったものの 十分利用可能な姿勢・位置が検出できた.

今回解析で使ってきたプログラムを利用して直 方体形状励磁コイルの実装は一通り実現できたが, 位置の演算部分は差動磁界の強度を利用して収束 計算をしているのでテーブル参照法と比べて非常 に処理速度が劣っている,そのためリアルタイム を要求されるモーションキャプチャではこの手法 は実用性に欠けるので,既存のシステムで行われ ていたテーブル参照を使い高速化をはかる必要が ある.現段階ではまだ作成してないが,従来のソ フトウェアを基礎にして直方体形状でも利用でき るようにし、システムの起動段階でその形状に応 じた参照テーブルを自動作成するように改良すれ ば,汎用性のあるモーションキャプチャの実現が 可能になると考えられる.あるいは,今回の手法 のほうが計測精度が高いので収束計算を最適化す る方法もあるが,どの方法が有効なのかは今後評 価して要検討する必要がある.

5. 測定誤差の検討

今回,直方体形状の励磁コイルの実用化を検証 している間,励磁コイル周辺で常に決まった誤差 分布が見られることがわかったので,条件を色々 変えてデータを集め解析することにした.その結 果,以下のような原因があると判明した.

- 励磁コイル周辺での磁場の歪みによる誤差
- 姿勢の直交補正の手法による影響
- 姿勢・位置の繰り返し計算回数による影響

励磁コイル周辺では協調と差動で必要とされる 磁界分布と大きく異なり,またコイル内部と比べ て出力が強すぎるために分解能の都合によりもと もと無視しているので考慮する意義は少ない.

また,姿勢と位置の計算途中で行われる姿勢の 直交補正については,求まった3つの方向ベクト ルの合ベクトルは正しいものとして補正している ので,一部の方向ベクトルが極端に誤差が含まれ ると全体的にずれてしまう欠点がある.この直交 補正が及ぼす誤差の影響はまだ厳密に解析してな いが,誤差が多く含まれるところは上述した無視 してよい場所とほぼ一致するので,直交補正によ る誤差も無視することにした.

姿勢・位置の繰り返し計算部分については2回 行えば十分な精度が得ると考えられてきたが,回 数を増やすとより励磁コイル周辺の誤差を小さく することが可能だと判明した.何よりこの処理部 分は(テーブル参照を用いれば従来のシステムで姿 勢・位置演算は0.02[ms]以下と)時間を要さないの で,回数を増やせば簡単に安定した測定空間を広 く確保することができる.ただ,ある一定以上に なると精度の向上も期待できなくなるので,あと は応答性と精度の調整を行う必要がある.

6. おわりに

本論文では,磁気式モーションキャプチャの装 置の改良として,直方体形状での励磁コイルの実 現のためシミュレーションを行い検証して,実際 に組立解体可能な励磁コイルの設計・開発・実装 を行ったことについて述べた.今回は,直方体形 状の励磁コイルを今回作成した解析用のプログラ ムを用いて実装したが,特に応答性に問題がある ので,従来のソフトウェア部分をベースに本格的 に改良しようと考えている.また今回,検証の過 程で本システム特有の測定誤差があることが判明 し,原因を追及してそれに対する対策方法を考え てみたので,これらも考慮して改良を行いたい.

また,今回はハードウェア部分のディジタル回路 については触れていなかったので,検出部となる ピックアップコイルの追加や装置のコンパクト化 など,より使いやすいシステムで,高性能なモー ションキャプチャの実現を目指したい.

最後に,励磁コイル装置周辺部品の開発に協力 していただいた本研究室と東北学院大学工学部ロ ボット研究会一同に,感謝の意を表したい.

参考文献

- 1) 熊谷正朗: 交流磁界を用いたモーションキャプチャの開発, Interface 2004年11月号, pp.107-122, CO出版(株)
- 2) 宮田浩:わかる!コイルと磁気と回路の世界, トランジスタ技術 2004年8月号別冊付録,CQ 出版(株)