

多視点カメラからの身体姿勢推定

和田 悠希[†] 伊藤 康行 大信田 英之 山本 正信[‡]

[†]新潟大学大学院自然科学研究科 〒950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐二の町 8050

[‡]新潟大学工学部情報工学科 〒950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐二の町 8050

E-mail: [†]wadayuki@vision.ie.niigata-u.ac.jp, [‡]yamamoto@ie.niigata-u.ac.jp

あらまし 身体のモデルを画像と照合するとき、多くの手法は探索手法による照合を行っている。本論文では、腕部や脚部の位置・姿勢を多視点画像から直接測定し、胴体の姿勢を推定する手法を提案する。この手法は、代数的に決定できるものであり、探索手法は一切使用していないので、計算量は少なく局所解に陥る心配は無い。

キーワード モーションキャプチャ、多視点カメラ、姿勢推定

Human Body Pose from a Multi-Camera

Yuki WADA[†] Yasuyuki ITO Hideyuki OHSHIDA and Masanobu YAMAMOTO[‡]

[†] Graduate School of Science and Technology, Niigata University 8050 Ninotyou, Ikarashi, Nishi-ku, Niigata-shi, Niigata, 950-2181 Japan

[‡] Faculty of Engineering Niigata University 8050 Ninotyou, Ikarashi, Nishi-ku, Niigata-shi, Niigata, 950-2181 Japan

E-mail: [†]wadayuki@vision.ie.niigata-u.ac.jp, [‡]yamamoto@ie.niigata-u.ac.jp

Abstract Fitting an articulated model to a human body in images, many existing methods adopt iterative searching approach. This paper proposes a closed-form solution for the model fitting problem. Our method starts to fix poses of arms and legs from multiple-view images, and determines pose of waist and chest. This method has less computational efforts, and does not fall in a local minimum solution since it does not use any iterative search.

Keyword Motion Capture, Multiple-Camera, Posture Presumption

1. はじめに

身体のモデルを画像と照合させることで、身体の姿勢や動作を測定することができる。単眼カメラ映像からでも姿勢や動作の推定は可能ではあるが、奥行き方向の推定に曖昧さがあるため、3次元的に正確な測定を行うためには多視点カメラの利用が一般的である。

多視点動画画像からの動作の推定は二段階に分けて行われている。第一段階は初期照合である。ここでは、初期フレームでモデルを身体に一致させておく。第二段階は追跡である。追跡では前のフレームからの姿勢の差分を測定すれば良く、照合のための姿勢探索空間は小さいため、線形解法など数多くの手法[2][3]が提案されている。これに対し初期照合では探索空間が広いため計算量が多く、場合によっては局所解に陥る恐れがある。

もし、画像中の身体部位とモデルの部位が対応付けられていれば、探索手法を使わずにモデル照合が可能である。例えば、Cheungら[1]は多始点画像から得られたボクセルデータに対し、モーメント解析により部位の位置と姿勢を求めている。身体の部位のうち腕や脚は多視点画像からその位置と姿勢が容易に得られる

が、胴体部は必ずしも容易ではない。それは、胴体は背骨が筋肉によって支えられている構造になっているため、単一の剛体でモデル化することは難しく、少なくとも腰部と胸部に分ける必要がある。しかし、二つに分けた部位を画像から判別することは困難である。そもそも、胴体は腕や衣服により部分的に隠されており、その形状を正確に把握することは難しい。

本論文では、腕部や脚部など比較的その姿勢が得やすいところから出発し、胴体の姿勢を推定する手法を提案する。この手法は、代数的に決定できるものであり、探索手法は一切使用していないので、計算量は少なく局所解に陥る心配は無い。

2. 姿勢の決定

2.1. 体軸と中心線

2.1.1. 身体モデル

身体モデルを、頭、首、胸、腰、上腕、下腕、手、上脚、下脚、足などの部位から構成する。このモデルを図1に示す。このうち、本研究で姿勢を決定するのは、薄く濃淡が付けられた部位を除いた、胸、腰、左右の上腕、下腕、上脚、下脚の10部位である。

また、手首、肘、肩、足首、膝、股関節など、関節

の位置が●印で示されている。胴体は背骨で繋がっているが、ここでは胴体を胸部と腰部に分け、一つの関節で連結することにする。

対象となる身体各部位の寸法は実測しておく。実測される寸法は、下腕は手首から肘まで、上腕は肘から肩まで、下脚は足首から膝まで、上脚は膝から股関節までの各長さである。

両肩の midpoint を首の付け根とし、この点を通り両肩を結ぶ線分に垂直な面を胸部の正中面と呼ぶ。両脚の付け根の midpoint を腰の下端とし、この点を通り両股関節を結ぶ線分に垂直な面を腰部の正中面と呼ぶ。身体が直立しているとき、胸と腰の正中面は一致する。

首の付け根と腰の下端を結ぶ線分をほぼ臍の位置で内分したとき、内分点から首の付け根までの長さを胸部の高さ、腰の下端までの長さを腰部の高さとする。これら腰部、胸部の高さも実測しておく。

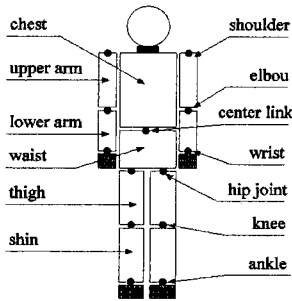


図1 身体モデルと関節位置

2.1.2. 多視点カメラ

スタジオ内に複数のカメラを配置し身体を撮影する。スタジオに固定した座標系を設定し、ワールド座標系とする。各カメラはワールド座標系に対しキャリブレーションがなされているものとする。身体各部位の中心線を体軸と呼ぶ。体軸の投影面上への射影を中心線と呼ぶ。体軸は直接観測することはできないが、腕や足などの部位は円筒で近似することができるので、部位の投影像から容易に得られる。しかし、胸部や腰部などは難しい。図2にカメラの一つで身体を撮影したときの体軸と中心線との関係を示す。カメラ視点と中心線から体軸を通る平面が得られる。

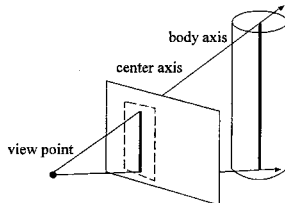


図2 体軸と中心線



図3 多視点映像上の中心軸の指定

2.2. 四肢の姿勢

複数の異なる視点から撮影された映像に対し、各部位の中心軸が測定されているものとする。図3に、4つのカメラから撮影された画面上で測定された中心軸が示されている。この中心線情報から、まず、四肢の姿勢を決定し、次いで胸部・腰部の姿勢を決定する。

2.2.1. 体軸の方向

四肢の一つの部位を多視点から観測したとき、その体軸を通る平面方程式を $m_i^T x = d_i$ とする。ただし i は視点番号。体軸の向きを単位ベクトル a とすれば、このベクトルは平面に含まれるので、 $a^T m_i = 0$ である。1つの体軸を通る平面が多数存在するとき、体軸の向きは

$$J = \sum_i (a^T m_i)^2$$

を最小とする a を求める問題となる。ここで、 $A = \sum_i (m_i m_i^T)$ とすれば、

$$J = a^T A a$$

となるので、体軸の向きは行列 A の最小固有値に対する単位固有ベクトルとして与えられる。

2.2.2. 関節位置

肘は上腕と下腕の体軸の交点である。したがって、肘は体軸を通る平面に載っている。この平面方程式を $m_i^T x = d_i$ とすれば、平面の交点から肘の位置が得られる。平面の数が多数あれば、肘の位置は各平面までの距離の総和が最小となる点として求める。距離の総和は、

$$J = \frac{1}{2} \sum_i \| m_i^T x - d_i \|^2$$

で与える。 J を最小にする解は $\frac{\partial J}{\partial x} = 0$ 、すなわち

$$\left(\sum_i m_i m_i^T \right) x = \sum_i m_i d_i$$

を x について解けば得られる。

膝の位置も同様にして求めることができる。肘が曲がっているときは上記の方法で肘の位置が得られるが、肘が真直ぐに伸びているときは難しい。このような場

合には、手首の位置を求めておく。手首など先端部の位置は肘や肩の位置よりは見つけやすいと考えられる。

投影面上で手首の位置が観測されたとき、視点から手首への方向を示す単位ベクトルを \mathbf{n}_i 、視点位置を \mathbf{c}_i としたとき、視線 t_i をパラメータとして、

$$\mathbf{x} = \mathbf{n}_i t_i + \mathbf{c}_i$$

と表す。手首の位置は複数の視点からの視線の交点として得られるが、視線が1点で交わることはまず無い。そこで、視線への距離の総和が最も小さな点として手首の位置を求める。

手首の位置を \mathbf{x}_0 として、距離の総和を

$$J = \frac{1}{2} \sum_i \|\mathbf{n}_i t_i + \mathbf{c}_i - \mathbf{x}_0\|^2$$

として、 $\frac{\partial J}{\partial t_i} = 0$ 、 $\frac{\partial J}{\partial \mathbf{x}_0} = 0$ から手首の位置 \mathbf{x}_0 を得る。足首の位置も同様にして求めることができる。

胸部と腰部の連結点も画像から臍の位置を推測し、手首や足首と同様に推定しておく。しかし、得られた位置は正確ではない。連結点の正確な決定法は2.3節で述べる。その際、多重解から一つを選択するとき、この連結点の推測位置を利用する。

2.2.3. 端点位置

肩や股関節など四肢が胴体部に繋がる位置を求める。肘の位置と上腕の体軸の向きが得られたなら、あらかじめ計っておいた上腕の長さから肩の位置を知ることができる。肘が伸びている場合でも、手首の位置と下腕の体軸の向き及びその長さから肘の位置が得られる。さらに、上腕体軸の向きと長さから肩の位置を知ることが出来る。

ここで注意すべきは体軸の向きである。ベクトルの加算により肩の位置を知るためには、体軸の向きを表すベクトルが、手首から肘、肘から肩へ向かっていなければならない。先の節で得られた向きのベクトルが正しい方向を向いているかは、投影面上で観測された中心軸の向きを利用する。

すなわち、中心軸の向きを手首から肘、肘から肩の向きにベクトルであらかじめ定義しておく。この方向ベクトルをワールド座標系で表しておき、得られた体軸の方向ベクトルとの内積を計算する。その結果が負であれば、体軸の方向ベクトルの向きを反対向きにする。

2.3. 胸部・腰部の姿勢

両肩の位置が得られたら、胸部姿勢の自由度は両肩を結ぶ直線周りの1自由度である。同様に、両脚の股関節の位置が得られたら、腰部の姿勢の自由度も1自由度である。胸部と腰部は臍付近で連結しているため、両部位の姿勢は一意に決まる。

両肩の midpoint を \mathbf{p}_1 とし、両肩を結ぶ直線の単位方向ベ

クトルを \mathbf{n}_1 とする。このとき、胸部の正中面は、

$$\mathbf{n}_1^T (\mathbf{x} - \mathbf{p}_1) = 0 \quad (1)$$

である。また、両股関節の midpoint を \mathbf{p}_2 とし、両股関節を結ぶ線分の単位方向ベクトルを \mathbf{n}_2 とする。このとき、腰部の正中面は、

$$\mathbf{n}_2^T (\mathbf{x} - \mathbf{p}_2) = 0 \quad (2)$$

である。胸部と腰部の連結点はこの2つの正中面上にある。そのためには、2つの面が交わるか一致していることが必要である。2つの正中面の法線がなす角度を θ とすれば、その正弦は、

$$|\sin \theta| = \frac{\|\mathbf{n}_1 \times \mathbf{n}_2\|}{\|\mathbf{n}_1\| \|\mathbf{n}_2\|}$$

で与えられる。 θ が小さいとき $\sin \theta \approx \theta$ なので、 $\|\theta\|$ は上式の右辺から直接得られる。 $\|\theta\|$ がある閾値より小さいとき2つの面は平行であるとし、そうでなければ交わるとする。

胸部の高さを h_1 、腰部の高さを h_2 とする。胸部と腰部の連結点は、点 \mathbf{p}_1 から半径 h_1 の球面上にあり、かつ点 \mathbf{p}_2 から半径 h_2 の球面上にある。両球の方程式を

$$\|\mathbf{x} - \mathbf{p}_1\|^2 = h_1^2$$

$$\|\mathbf{x} - \mathbf{p}_2\|^2 = h_2^2$$

とする。2つの方程式について両辺の差を求めれば、平面の方程式

$$(\mathbf{p}_2 - \mathbf{p}_1)^T \mathbf{x} = \frac{1}{2} (\|\mathbf{p}_2\|^2 - \|\mathbf{p}_1\|^2 + h_1^2 - h_2^2) \quad (3)$$

が得られる。この平面は両球の交線を含んでいるので、連結点もこの平面上に存在する。この平面を連結面と呼ぶ。

2つの正中面が交わり、その交線が連結面と交わるならば、その交点が連結点となる。2つの正中面の交線の方向ベクトルを \mathbf{m} 、この交線と連結面の法線ベクトル $\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_2$ とのなす角度を ϕ とすれば、この余弦は、

$$\cos \phi = \frac{\mathbf{m}^T (\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_2)}{\|\mathbf{m}\| \|\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_2\|}$$

で与えられる。ただし、 $\mathbf{m} = \mathbf{n}_1 \times \mathbf{n}_2$ 。このとき、 ϕ が $\pm \pi/2$ に近ければ交線は連結面と平行とみなし、そうでなければ交わるとする。

連結点は \mathbf{x} に関する連立線形方程式(1)、(2)、(3)が独立ならば、唯一の解として得られる。このとき、2つの正中面と連結面が、図4に示すように一点で交わる。このように、3つの平面が交わるのは体を捻転させている時なので、この姿勢推定方法を捻転姿勢推定と呼ぶことにする。ただし、得られた連結点と \mathbf{p}_1 や \mathbf{p}_2 との距離は必ずしも胸部や腰部の高さに等しくなるとは限らない。これは、連立方程式(1)、(2)、(3)は連結点を求めるための必要条件に過ぎないからである。実際、両腕を上げ背伸びの状態では、胸部や腰部の高さは若干高くなり、正立時に測定した高さとは異なってくる。

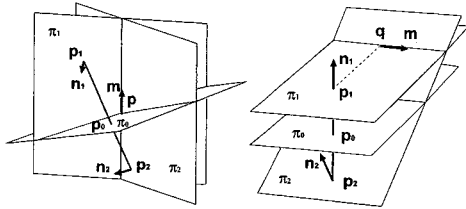


図 4(左) 2つの正中面と連結面が独立
図 5(右) 2つの正中面の交線が連結面に平行

モデルは修正しないので、肩や腰の位置を修正する必要がある。

連立方程式が独立でない場合は次の2通りに分類できる。

- (1) 2つの正中面は交わるが、その交線が連結面に平行である。
- (2) 2つの正中面が平行である。

この様に、2つの正中面と連結面が1点で交わらない場合の扱いは次節以降で考察する。

連結面と線分 p_1p_2 の交点 p_0 を求めておく。交点 p_0 は任意定数 λ を使って、

$$p_0 = p_1 + \lambda(p_2 - p_1)$$

と表せる。 p_0 を連結面(9)の x に代入すれば、

$$\lambda = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{h_1^2 - h_2^2}{\|p_2 - p_1\|^2} \right)$$

が得られる。したがって、

$$p_0 = \frac{(\|p_2 - p_1\|^2 - h_1^2 + h_2^2)p_1 + (\|p_2 - p_1\|^2 + h_1^2 - h_2^2)p_2}{2\|p_2 - p_1\|^2}$$

となる。すなわち、 p_0 は線分 p_1p_2 を $(\|p_2 - p_1\|^2 - h_1^2 + h_2^2) : (\|p_2 - p_1\|^2 + h_1^2 - h_2^2)$ に内分(あるいは外分)する点である。

2.3.1.1. 2つの正中面の交線が連結面に平行

胸部と腰部の正中面が交わったとき、その交線が連結面に平行であるとする。このときの3面の関係を図5に示す。また、特殊な場合として3面が1直線を共有する場合を図6に示す。

このように、2つの正中面の交線が連結面に平行となるのは、主に体が横に傾いている時なので、この姿勢推定方法を横斜姿勢推定と呼ぶことにする。

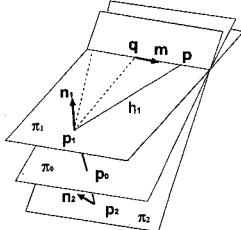


図 6 2つの正中面と連結面が1直線を共有

図5の場合は連結点が存在しない。そこで、胸部または腰部正中面を修正し、図6の状態にする。修正のための自由度は大きいですが、ここでは点 p_1 と p_2 間の距離を変えない最小限の修正法を示す。

まず、交線の方角ベクトル m は連結面に平行であるので、連結面の法線 $p_1 - p_2$ に直交する。勿論、 m は法線ベクトル n_1 と n_2 とも直交する。 n_1, n_2 の始点をそれぞれ p_1, p_2 とすれば、3つの法線ベクトル $p_1 - p_2, n_1, n_2$ は m を法線とする平面上に存在する。この平面上の各点の配置を図7に示す。

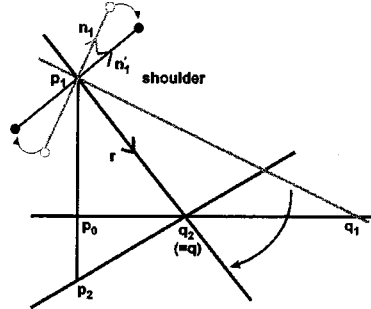


図 7 胸部正中面の回転と上半身の修正

この図では連結面と二つの正中面は1点で交わらない。そこで、三平面が交わるように胸部または腰部正中面を回転させ、各部位の位置を修正する。

まず胸部、腰部正中面と連結面との交点をそれぞれ求める。胸部正中面と連結面との交点 q_1 は、

$$\begin{cases} n_1^T(q_1 - p_1) = 0 \\ m^T(q_1 - p_1) = 0 \\ (p_2 - p_1)^T q_1 = \frac{1}{2}(\|p_2\|^2 - \|p_1\|^2 + h_1^2 - h_2^2) \end{cases}$$

を q_1 について解くことにより得られる。また、腰部正中面と連結面との交点 q_2 は、上式の q_1 を q_2, p_1 を p_2 に置き換え、 q_2 について解くことにより得られる。 q_1, q_2 と、 p_0 との距離が遠い方を修正対象とする。

今、上半身を修正対象とする、すなわち $q = q_2$ とすると、修正は両肩の midpoint p_1 を中心にして、胸部正中面が点 q を通る様に回転させる。

このとき、新しい胸部正中面の法線ベクトル n_1' を求める。ベクトル $q - p_1$ の単位ベクトルを r とおき、両肩を結ぶ直線の単位方向ベクトル n_1 との外積 $n_1 \times r$ を求める。その外積と、単位ベクトル r との外積をとれば法線ベクトルとなるので n_1' は、

$$n_1' = r \times (n_1 \times r)$$

と表される。胸部正中面の回転により、それに応じて上半身の各部位の位置を修正しなければならない。両

肩の位置は、両肩の距離を 2ℓ とすると、

$$\mathbf{p}_1 \pm \ell \mathbf{n}_1'$$

となる。左上半身をその差分 $\pm \ell \mathbf{n}_1'$ だけ並進移動させる。点 \mathbf{q} が \mathbf{q}_1 の場合は、同様にして下半身を修正する。

3つの平面が1つの直線を共有するとき、連結点の位置は次節の方法で決定する。

2.3.2. 2つの正中面と連結面が1直線を共有

2つの正中面と連結面が図6のように1直線で交わっているとする。このとき、連結点は交線上に存在する可能性がある。

交線と点 \mathbf{p}_1 との最短距離は、 $\|\mathbf{p}_1 - \mathbf{q}\|$ である。 $\|\mathbf{p}_1 - \mathbf{q}\| \leq h_1$ のとき、点 \mathbf{p}_1 からの距離が h_1 の交線上の点は連結点である。なぜなら、この点は連結面上の点であるからである。この交線上の連結点はもう1点ある。連結点は、

$$\mathbf{p} = \mathbf{q} \pm \sqrt{h_1^2 - \|\mathbf{p}_1 - \mathbf{q}\|^2} \mathbf{m}$$

で与えられる。解が二つ得られるが、あらかじめ求めていた連結点の推測位置に近いほうを採用すればよい。

$\|\mathbf{p}_1 - \mathbf{q}\| > h_1$ のときは、交線上に連結点を求めることはできない。このときは連結点を点 \mathbf{q} とする。

2.3.3. 2つの正中面が平行

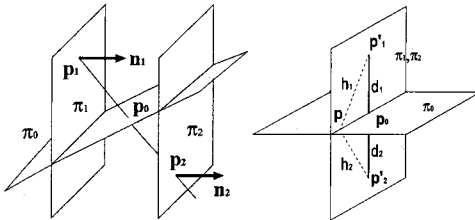


図8(左) 平行な2つの正中面

図9(右) 一致した2つの正中面

2つの正中面が平行であるとき、この2つの正中面と \mathbf{p}_1 , \mathbf{p}_2 , \mathbf{n}_1 , \mathbf{n}_2 との一般的な関係を図8に示す。このとき、連結面 π_0 が正中面に平行であることはありえない。したがって、連結面は2つの正中面と交わることになる。2つの正中面が互いに平行であるので、連結面とのそれぞれの交線も平行となり、3つの面が交わる点すなわち連結点が存在しない。

そこで、 \mathbf{p}_1 と \mathbf{p}_2 を修正し、図9のように2つの正中面を一致させる。このとき3つの面は一つの交線で交わり、この交線上に連結点が存在する。

このように、2つの正中面が平行となるのは主に直立姿勢である時なので、この姿勢推定方法を直立姿勢推定と呼ぶことにする。

修正は内分(あるいは外分)点 \mathbf{p}_0 の位置が不変となる方針で行う。 \mathbf{n}_1 及び \mathbf{n}_2 の向きが同じなので、図10

に示すように $\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_2$, \mathbf{n}_1 , \mathbf{n}_2 は全て同じ平面上に存在する。この平面内で \mathbf{p}_0 を中心として \mathbf{p}_1 を \mathbf{p}_1' に \mathbf{p}_2 を \mathbf{p}_2' に、 $\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_2$ と \mathbf{n}_1 や \mathbf{n}_2 が直交するように回転させる。このとき2つの正中面は一致する。

$\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_2$, \mathbf{n}_1 , \mathbf{n}_2 を含む面の単位法線ベクトル \mathbf{n} は、

$$\mathbf{n} = \frac{(\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_0) \times \mathbf{n}_1}{\|(\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_0) \times \mathbf{n}_1\|}$$

である。したがって、外積 $\mathbf{n}_1 \times \mathbf{n}$ はこの平面に含まれ、 \mathbf{n}_1 に直交する単位ベクトルとなる。この単位ベクトルが、点 \mathbf{p}_0 から見た \mathbf{p}_1' の方向を示すので、

$$\mathbf{p}_1' = \mathbf{n}_1 \times \mathbf{n} \|\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_0\| + \mathbf{p}_0$$

となる。同様に、この平面ベクトルは、

$$\mathbf{n} = \frac{(\mathbf{p}_2 - \mathbf{p}_0) \times \mathbf{n}_2}{\|(\mathbf{p}_2 - \mathbf{p}_0) \times \mathbf{n}_2\|}$$

とも書けるので、 \mathbf{p}_2' は、

$$\mathbf{p}_2' = \mathbf{n}_2 \times \mathbf{n} \|\mathbf{p}_2 - \mathbf{p}_0\| + \mathbf{p}_0$$

となる。肘や肩などの上半身の点は全て $\Delta_1 = \mathbf{p}_1' - \mathbf{p}_1$ 移動させ修正しておく。また、膝や足首などの下半身の点は全て $\Delta_2 = \mathbf{p}_2' - \mathbf{p}_2$ 移動させ修正しておく。連結点は次節で求める。

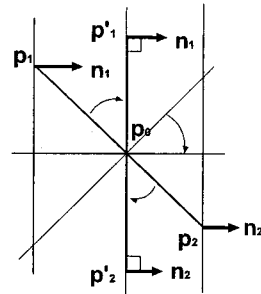


図10 正中面の修正

2.3.4. 2つの正中面が一致

2つの正中面が一つになったとき連結面との関係を図11に示す。 \mathbf{p}_1' と \mathbf{p}_0 の距離を d_1 とする。胸部の高さ h_1 が $h_1 \geq d_1$ のとき、連結点 \mathbf{p} は3つの平面の交線上にある。点 \mathbf{p}_0 から \mathbf{p} までの距離を x 、 \mathbf{p}_1' までの距離を d_1 とすれば、三平方の定理より $x^2 + d_1^2 = h_1^2$ を得る。これから、 $x = \pm \sqrt{h_1^2 - d_1^2}$ を得る。交線の向きを表す単位ベクトルは、

$$\frac{\mathbf{p}_1' - \mathbf{p}_0}{\|\mathbf{p}_1' - \mathbf{p}_0\|} \times \mathbf{n}_1$$

したがって、連結点は

$$\mathbf{p} = \mathbf{p}_0 \pm \sqrt{h_1^2 - d_1^2} \frac{\mathbf{p}_1' - \mathbf{p}_0}{\|\mathbf{p}_1' - \mathbf{p}_0\|} \times \mathbf{n}_1$$

となる。解が二つ得られるが、あらかじめ求めていた連結点の推測位置に近いほうを採用する。

3. 実験と評価

提案した姿勢推定方法を用いて、捻転、横斜、直立の各姿勢について実験を行った。

図 11 の画像は、胸部正中面、腰部正中面、連結面の三つの面の示したものである。



図 11 三平面データのモデル画像

捻転姿勢における推定では三平面が腰のあたりで交わり、推定結果は良好である。図 12 の右の画像は、この姿勢における三平面モデルと合成したものである。



図 12 (左)捻転姿勢推定, (右)三平面モデルとの合成

胸部と腰部の正中面の交線が連結面に平行となる場合には解が存在しない。この交線が連結面にほぼ平行となる場合は、この交線と連結面との交点、つまり連結点が身体から遠い位置で交わってしまう。この時、2.3 節で示した捻転姿勢推定を行うと図 13(上段左)の画像のように、両肩、股関節の midpoint から伸びる連結点への各体軸が身体からとび出している。

これを 2.3.1 節で示した横斜姿勢推定することにより、図 13(中段左)のように正しく推定できる。

また、胸部と腰部の正中面が平行となる場合も解が存在しない。これがほぼ平行となる場合に捻転姿勢推定を行うと、2 つの正中面の交線が連結面と遠くで交わってしまう(図 13(上段右))。

これを 2.3.3 節で示した直立姿勢推定すること、図 13(中段右)のように正しく推定できる。

図 13(下段左、右)は横斜、直立の各姿勢推定時の推定結果と三平面モデルを合成した画像である。

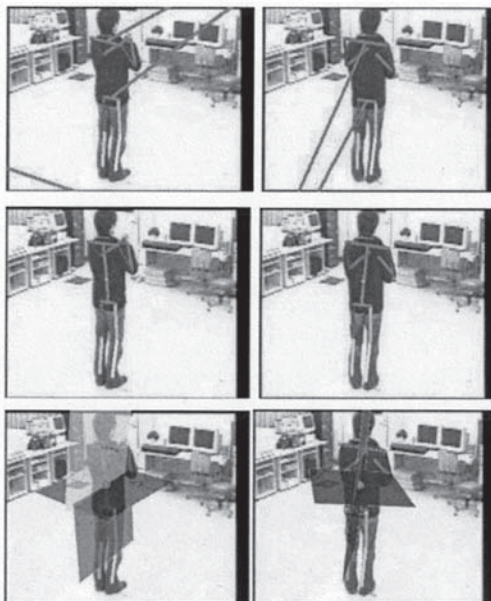


図 13(上段左、右)捻転姿勢推定、
(中段左)横斜姿勢推定、(中段右)直立姿勢推定
(下段左、右)三平面モデルとの合成画像

4. まとめ・今後の課題

本論文では、多視点カメラ映像からの姿勢推定方法を提案した。捻転、横斜、直立姿勢といった身体が取りうる基本姿勢について推定できることを示した。フレームごとにモデル照合を代数的に決定することで、逐次累積手法を用いて追跡を行うものより誤差累積の少ない動作追跡が期待できる。

今後の課題としては、体軸指定の自動化や推定結果をより精密にするために関節、体軸数を増やすなどが挙げられる。

参考文献

- [1] German.K.M.Cheung, Takeo Kanade, J-V.Bouguet and M.Holler, "A Real Time System for Robust 3D Voxel Reconstruction of Human Motions", (CVPR00), Vol.2, pp.714-720, 2000.
- [2] Ivana Mikic, Mohan Trivedi, Edward Hunter and Pamela Cosman, "Articulated body posture estimation from multi-camera voxel data", (CVPR01), Vol.1, pp.455-460, 2001.
- [3] M.Yamamoto, A.Sato, S.Kawada, T.Kondo and Y.Osaki, "Incremental tracking of human actions from multiple views", (CVPR98), pp.2-7, 1998.