

## 重心に着目した静止姿勢の推定

## Modeling of Human Quiet Posture Based on the Center of Gravity

大塚 雄仁\*  
Yuji Otsuka鈴木輝彦†  
Teruhiko Suzuki太原育夫‡  
Ikuo Tahara

## 1 はじめに

近年、ロボット工学の分野などで人の複雑な動きを実現しようとする研究が盛んに行われている。人の動きを知るためには、人の動きをモデル化することが必要不可欠である。

人の動きをモデル化する方法としては、モーションキャプチャを用いて人間の動きを観察しモデル化する方法 [1] と、力学的な観点から単純な人型モデルを用いてモデル化する方法 [2] の2通りが挙げられる。

本研究では、人の重心位置に着目して力学的な観点から、単純な人型モデルを用いた静止姿勢の推定を行った。

## 2 静止姿勢の推定

単純な人型モデルとして手、足、胴をそれぞれ棒で表現し、手や足や関節に特徴点を与えたものを用いる。

特徴点の位置をユーザ側が変化させたとき、すなわちモデルの姿勢を変化させたとき、その後モデルはバランスを取るためにどのような姿勢をとるかを体の重心軸を用いて重心位置を求め、関節などは逆運動学に基づき計算してその姿勢を表示する。

## 2.1 自由度

ここでいう自由度とは関節における動く方向をいう。

本研究で扱う人型モデルの自由度は、「首」の関節に前後方向、左右方向の2自由度、「肩」の関節に前後方向、上下方向の2自由度、「肘」の関節に前後方向の1自由度、「膝」の関節に前後方向の1自由度、「腰」の関節に前後方向、左右方向の2自由度があり、全体では右手、右足、左手、左足を考慮して12自由度である。

## 2.2 順運動学と逆運動学

人型モデルの関節構造は固定長の剛体関節であるので、関節の末端部分の位置は常にその親となる部分の位置と角度に依存している。このとき、関節*i*の位置を  $p_i = (p_x, p_y)$ 、人型モデルを構成する関節が  $x$  軸となす角度を  $\theta$  とすると、

$$p_i = f(\theta) \quad (1)$$

と定式化できる。これを順運動学という。

しかし実際の環境では、順運動学は非常に非効率的なものとなる。関節の末端部分の位置を変化させたとき、順運動学ではその位置を取得してから親となる関節部分に戻り計算を行わなくてはならない。この問題の解決のために、末端部分の位置を先に決めてその関節の末端位置を実現するための親となる関節の角度を簡易的に逆計算する手法が逆運動学 [3] である。順運動学における式 (1) を逆運動学における式に変換すると、

$$\theta = f^{-1}(p_i) \quad (2)$$

となる。本研究では逆運動学を用いて行う。

## 2.3 重心軸および重心位置

バランスを保持する姿勢を考えるためには、体の重心位置を取得する必要がある。

重心軸とは、重心位置を計算するうえで基準となる軸のことである。実験するモデルにおいては「両足」の中心位置を重心軸と定めた。

身体各部のそれぞれの中心位置を  $x_{parts}$ 、それぞれの重さを  $w_{part}$  とし、全体の重さを  $w_{all}$  としたとき、重心  $G$  を求める式は、

$$G = \frac{\sum(x_{parts} * w_{parts})}{w_{all}} \quad (3)$$

となる。

## 2.4 関節可動域

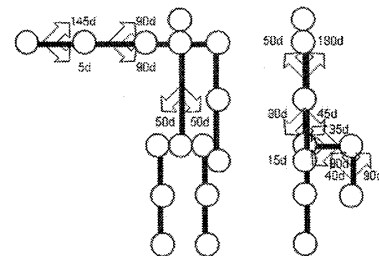


図1: 関節可動範囲

人型モデルの各関節に対する可動域を図1に示す。ここで用いた値は標準的な値であり、個人によって差はある。

\*東京理科大学大学院 理工学研究科 情報科学専攻

†東京理科大学 理工学部 情報科学科

‡東京理科大学 理工学部 情報科学科

### 3 実験と評価

#### 3.1 実験

重心軸を両足の中心位置に設定したモデルを用いたシュミレーションと実際の人物の体勢変化を比較する。ここでは特に、屈伸運動に対する姿勢変化で行った。実験結果を図2, 3, 4, 5に示す。

人型モデルの各部の長さや重さは経験的に決定した。頭の長さを20[cm]、重さを3[kg]、首の長さを20[cm]、重さを2[kg]、肩の長さを30[cm]、重さを1[kg]、上腕の長さを40[cm]、重さを2[kg]、前腕の長さを40[cm]、重さを2[kg]、胴体の長さを60[cm]、重さを14[kg]、腰の長さを20[cm]、重さを7[kg]、腿の長さを40[cm]、重さを6[kg]、脚の長さを40[cm]、重さを3[kg]とした。個人差はあるが、これは身長160[cm]、体重60[kg]のモデルとする。

#### 3.2 評価

図より明らかなように、実験1, 2, 3の結果は一致している。実験1, 3より、重心位置を用いて行う人型モデルの静止姿勢の推定は、実際の人物と比較してほとんど一致しているため、有効であるといえる。実験2は、「腰」を後方に動かすぎりぎりの状態となり、これ以上後方に「腰」を動かすことができない。人型モデルのシュミレーションでも表示された姿勢より後方に「腰」を動かすことができなかった。「腰」の関節の前傾角度が可動域限界の値となっているためである。人型モデルに与えた関節可動域は、これも実際の人物と比較してほとんど一致しているため、有効であるといえる。

実験4については、実際の人物と人型モデルの姿勢は一致していない。被験者はこのときの状況を、腰を前方に出すあまり、足の中心に重心を保つよう指示されたにもかかわらず、足のつま先部分にかなりの力が入っていたと証言している。このため、体の重心軸が多少前にずれてしまったと考えられる。

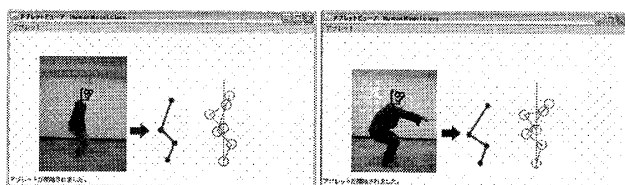


図 2: 実験 1 結果

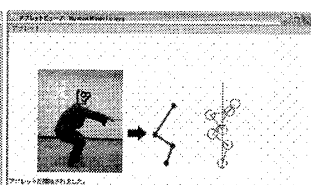


図 3: 実験 2 結果

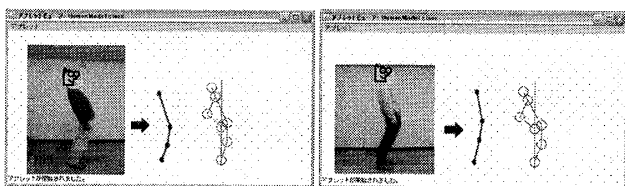


図 4: 実験 3 結果

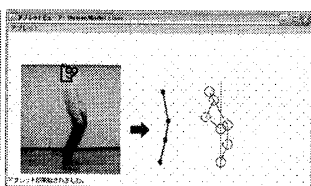


図 5: 実験 4 結果

### 4 追加実験

#### 4.1 実験

重心軸を補正した場合、実際の人物とシュミレーション結果が一致するかどうかを調べた。

#### 4.2 評価

実験4'は、重心軸のずれを補正することで、シュミレーション結果を実際の人物の姿勢に一致させることができることを示している。

以上の実験結果は、人型モデルの重心位置を用いた姿勢推定が妥当であることを示しており、実験5は逆に実際の人物の重心軸も人型モデルの重心軸の位置と一致することを示している。本来の研究目的からはそれるが、モデルから実際の人物の重心軸を導き出せるという副作用的結果も得られた。

### 5 おわりに

本研究の目的は、主に重心位置を用いた人型モデルによる全身の姿勢推定である。実験による評価はその妥当性をしめしている。

しかし、実験においても分かる通り、重心位置変化後の体勢を求めたのであるが、実環境での人物の姿勢推定をよりリアルに行うためにはこれだけでは不十分である。なぜならば、静止した状態の姿勢変化であるため、ユーザ側が特徴点を動かしている最中の動きを取り入れていないからである。また、姿勢保持に対する手の動きも今後は考慮するべきであるといえる。

### 参考文献

- [1] 工藤俊亮, 池内克史, “人型モデルのための全身動作を用いたバランス保持動作の生成,” 情報処理学会 コンピュータビジョンとイメージメディア 研究報告 (CVIM730), 2005年5月.
- [2] 大垣健一, 岩井儀雄, 谷内田正彦, “動きと形状モデルによる人物の姿勢推定,” 電子情報通信学会論文誌 D-II Vol.J82-D-II No.10 pp.1739-1749 1999年10月.
- [3] 宮崎文夫, 升谷保博, 西川敦, 「ロボティクス入門」, 共立出版, 2000.

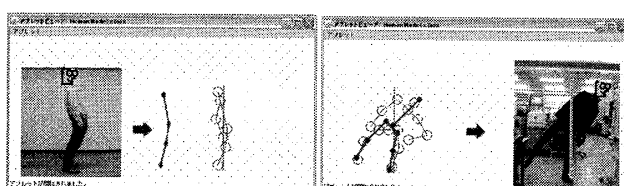


図 6: 実験 4' 結果

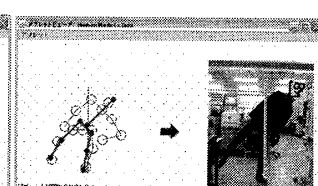


図 7: 実験 5 結果