

## 研究課題別研究評価

1. 研究課題名： 新しい舞踊の創造のために脳で採択される評価関数の検討

2. 研究者名： 星野 聖

3. 研究のねらい

研究の目的は、創作舞踊や新しい振り付け動作に代表されるような観る人に感動を与えるような、全く新しい一連の順序運動を創発し獲得するため、中枢神経系がどのような評価関数を採択して運動指令の生成を行っているかを感性情報処理、脳の計算理論、ロボティクスの観点から明らかにすることである。最終目標は、ヒト上肢のような多関節で主働筋 - 拮抗筋構造を持つロボットアームが、「優雅に踊れ」とか「悲しげに踊れ」といった感性語的指令により、不良設定問題をアーム自らが解決しながら、観る人にその種の心理効果を挙げ得る舞踊動作を作り出せるようなシステムを構築することにある。

4. 研究結果及び自己評価

目標達成のため、以下のような6つの小課題について検討を行い、学術論文発表と特許出願を行った。

- a. 感性評価と統計手法を用いた「動きと印象」の定量化
- b. 動作が観察者に与える印象を検討するためのCGアニメーションシステムの開発
- c. 舞踊における繊細な手指3次元動作を無拘束で推定するための画像処理
- d. 単眼カメラによる3次元ジェスチャ認識
- e. ヒト型ロボットアームの設計試作と制御実験
- f. 精緻な舞踊動作を生成できるヒト型ロボットハンドの設計

これらのなかで、それぞれ項目aとbは動きと印象の関係性の定量化、項目cとdは特殊な計測機器を使わないヒト3次元運動計測、項目eとfはヒト型ロボットによる動作発現、に関する研究成果である。

### 自己評価

項目aについては、意味微分法を用いた各種舞踊パターンの主成分分析と、上腕軌道や関節運動時系列データに関する各種運動学的特徴を説明変数とした重回帰分析の併用により、上肢運動に関わる各種の主観的印象を運動特徴の線形和の形で記述できた。この手続きを、舞踊に対する知識の有無で比較すると、印象構造そのものに大きな相違はなかったが、それぞれの印象を生み出している動作上の特徴に大きな違いが認められた。すなわち、舞踊専門家グループにおいては、重厚さや快速感といった印象を生み出しているものが、肘とか手首といった特定の身体部位の運動学的特徴と高い相関があり、知識により観るべき部位や運動と受ける印象が修飾を受ける傾向が顕著に見られ、面白い学術的結果が得られた。現在は、舞踊文化の違いによる「動き」と「印象」の関係を定量化するため、国際文化学的比較を進めつつある。

項目bでは、磁気式モーションキャプチャとデータグローブで計測したヒト3次元運動データ2種類を入力すると、任意の比率で両者の内挿・外挿表現を計算しCGアニメーションにより描画するシステムを完成させた。本システムは、従来の類似のシステムで見られたような回旋に伴う自己遮蔽にロバス

トであるだけでなく、システム雑音、運動による装着センサのずれ、ひとつの関節でも多自由度を持つことによる関節中心点推定の困難さ、などの問題を解決している。現在は、3種類以上の運動データが同時に内挿・外挿できるように機能拡張を図っているのと並行して、離散運動の内挿と外挿が可能なシステムの開発を目指している。

項目cでは、特別な周辺機器などを使わなくても実時間でヒト手指3次元動作の自動追跡と、手指形状推定が可能なシステムを設計した。同システムは演算速度も速く、比較的良好な追跡精度を達成できた。ただし、単眼カメラによる処理であるため、手指3次元形状推定のうち「手首の回旋」が実用に供する程度までに実現できていない。近い将来、見まねによるヒト型ロボットハンドの動作再現と創発を目指しているため、現在、手首回旋に対しても十分な精度で推定可能な手指形状認識システムの設計を始めている。

項目dでは、単眼カメラによるヒト上肢3次元運動の推定と実時間CG描画システムの開発を実現した。同システムでは、人間の視覚系で採用している拘束条件や知識と、ベイズ推定を基礎とした過去の運動情報の利用により、簡素な処理系でありながら実用に供する演算速度と精度を達成できた。現在、同システムの出力によりヒト型ロボットアームを制御するシステムを設計中である。

項目eでは、ヒト上肢と同じ大きさや重さ、筋-骨格構造、主働筋-拮抗筋構造、非線形な収縮特性を持つアクチュエータを採用したヒト型ロボットアーム2種類を設計・試作した。1号機はゴム製人工筋を、2号機はエアシリンダを、それぞれアクチュエータとして採用している。両機とも、ヒト脳における運動制御の機構を計算論的神経科学の観点から検討するには有用なハードウェアと見なすことができる。ただし、設計と並行して乳幼児の原始反射の計測を行い、ヒト運動機能発達過程を実験的に検討する試みも実施したが、3年間というプロジェクト期間の、しかも後半1年半での実機の設計試作と実験は時間的に不十分であり、とくに制御実験を十分に行うことができなかった。

項目fにおいては、ヒトの手指と同じく5指で、大きさと重さも等しく、しかも拇指以外の4指どうしの開閉(アブダクション)が可能なヒト型ロボットハンドを設計・試作した。アブダクション機能を付加できたので、モノを掴んだり操作したりするハンドから、手話やジェスチャー、舞踊動作のように「手指の動作を通して情報発信できる」ハンドが実現できた。現在、非接触によりヒト手指の3次元動作をほぼ実時間で再現できる見まねロボットハンドシステムの開発を推進中である。

## 5. 領域総括の見解

人間の身体運動のメカニズムを研究し、中枢神経がどのような評価関数によって運動指令の生成を行っているかを解明することに成果をあげ、同時に情報科学、情報工学における極めて大きな貢献をした研究であり、高く評価できる。今後の研究の発展が重要な実用的応用に繋がることが期待できる。

## 6. 成果リスト

### 6.1 学術論文(投稿中を含む)

- ・星野 聖, 神里志穂子, 新垣武士: "「超・印象」を与える動作の創発: 舞踊における運動と印象の関係性の定量化", インタラクティブシステムとソフトウェア, 24, 8, pp.45-50 (Dec. 2000)
- ・小渡 悟, 星野 聖: "ヒトの視覚系に基づく時系列画像中の注視物体追跡", インタラクティブシステムとソフトウェア, 24, 8, pp.147-152 (Dec. 2000)
- \* 星野 聖, 新垣武士, 小渡 悟, 神里志穂子: "2つの動作の内挿外挿表現を合成するCGAシステム", インタラクティブシステムとソフトウェア, 27, 9, pp.95-100 (Dec. 2001)

- ・新垣武士, 星野 聖: "主観的印象を生み出す舞踊CGアニメーションツールの開発", 映像情報メディア学会誌, 査読中
- ・星野聖, 小渡悟, 神里志穂子, 新垣武士: "自己遮蔽にロバストな上肢3次元運動推定", 映像情報メディア学会誌, 査読中
- ・小渡悟, 星野聖: "単眼動画像からの掌の軌道と形状推定による実時間ジェスチャ認識", 電子情報通信学会論文誌, 査読中

#### 6.2 国際会議

- ・K.Hoshino: "Multivariate autoregressive analysis of Okinawan Kachaasii dance", Proc.1998 Intl.Symposium on Nonlinear Theory and its Applications, 6, 3, pp.1257-1260 (Sep. 1998)
- ・K.Hoshino: "Contingency of arm-joint movements in Okinawan dance", Proc. Intl. Symposium on Frontiers of Time Series Modeling, 4, 1, pp.360-361 (Feb. 2000)
- ・S.Kamisato and K.Hoshino: "Evaluation of subjective impressions and motion characteristics in a free-style dance", Proc. Joint Intl. Workshop of the Operations Research Society of Japan, 2, pp.309-314 (June 2000)
- ・S.Odo and K.Hoshino: "Real time tracking based on retino-cortical mapping", Proc. IEEE Robot and Human Communication, 9, pp.47-51 (Sep. 2000)
- ・T.Arakaki and K.Hoshino: "Dance CG animation producing subjective impressions", Intl. Sympo. KANSEI 2001, pp.169-172 (Oct. 2001)
- ・S.Odo and K.Hoshino: "Tracking of target object in sequential image based on visual characteristics", Proc.2001 Intl.Symposium on Nonlinear Theory and its Applications, pp.179-182 (Oct. 2001)
- ・S.Kamisato and K.Hoshino: " Relationship between characteristics of human motion and subjective impressions in dancing ", Proc.2001 Intl.Symposium on Nonlinear Theory and its Applications, pp.545-548 (Oct. 2001)

#### 6.3 特許

- \* 星野 聖, 川淵一郎: 人型ロボットハンド, 特願2001-316828, 出願日2001年10月15日
- ・星野 聖, 川淵一郎: 人型ロボットアーム, 特願2001-379413, 出願日2001年12月13日
- ・星野 聖: 舞踊CGアニメーション合成システム, 2002年2月上旬に出願予定

#### 招待講演

- ・映像情報メディア学会「舞踊のモーションキャプチャ」(1998)
- ・日本オペレーションズ・リサーチ学会「新しい舞踊の創造のために脳で採択された評価関数の検討」(1999)
- ・電子情報通信学会「ヒューマンコミュニケーション基礎」研究会「ヒト型ロボットアームによる舞踊動作の創発」(1999)