

実世界情報システムプロジェクト～ヒューマンインフォマティクス研究グループ～  
運動計測に基づく神経系シミュレーションの研究

大武美保子  
情報理工学系研究科知能機械情報学専攻

## 概要

人にあわせてくれる情報システム環境を実現するためには、人がどのように感じているかを読み取る技術が必要である。本研究は、実世界情報システムプロジェクト・ヒューマンインフォマティクス(HI)研究グループが研究対象としている知覚機能の中でも特に、体性感覚(身体の表層組織や深部組織にある受容器が刺激されて生じる感覚)を、運動計測から推定することを目指している。本研究では、体性感覚情報を処理する神経系の活動をシミュレーションする手法を開発する。

## 1 はじめに

人は、他人の動作を外から観察して、その内部状態をある程度推測することができる。例えば、診察室において神経内科医は、患者が診察室に入る時の歩行の具合などを手がかりに、神経系にどのような病変があるかを大まかに推定することができる。このようなことが可能なのは、身体運動情報に、神経系の内部情報が含まれているからである。逆に、身体運動情報は、筋紡錘やゴルジ腱器官などの運動感覚器官により検知され、神経系への入力になる。これらの感覚器官からの情報は、神経系において統合され、身体感覚(体性感覚)を形成する[1]。神経系モデルを構築し、身体運動に関わる神経情報を末梢から中枢に向かって順にたどることで、人間の動作を外から観察してその神経系の内部状態を推定することが可能な機械を実現することができると考えられる(図1)。

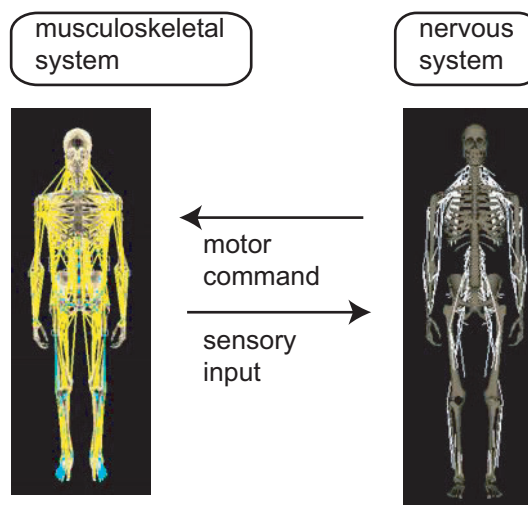


図 1: The information flow between the musculoskeletal system and the nervous system of the human body

身体運動をモーションキャプチャ装置により計測して、人体筋骨格モデルに写像することで、関節の角度、筋・腱・靭帯の長さやこれらの運動器官に発生する張力を計算する研究はこれまでも数多く行われてきた。しかしながら、これらの物理情報から体性感覚という主観的な量を推定する手法は明らかでなかった。本研究では、運動感覚器官からの情報が神経系への入力になることに着目して、その処理過程を計算により求める。運動計測に基づく神経系シミュレーション技術は、実世界情報システムが人の振り舞いやしぐさを観察し、人がどう感じ何をしようとしているかを推定して、それに合った応答をするための基盤となるであろう。

## 2 2004 年度研究成果

本年度は、人の内部状態、特に体性感覚を推定するという問題を解決するために、神経系モデルを構築し、運動計測に基づいて神経系シミュレーションを実施するという新しい研究の方法を発見し、以下の手法を開発した。発表を行った最初の二つの研究課題について述べる。

1. 運動情報の神経情報への写像手法
2. 神経情報の解析に基づく運動学習支援手法
3. 脊髄神経系シミュレーション手法

## 3 運動情報の神経情報への写像手法

全身の多くの筋は、脊髄から支配を受けており、脳は脊髄を介して身体情報を受け取る。脊髄は31層に分かれており、機構的あるいは機能的に関連のある筋と結合する末梢神経が同一層の脊髄とつながっている。脊髄から発して器官に結合する脊髄神経は、ヒトでは31対が数えられ、頸神経(C)8対、胸神経(T)12対、腰神経(L)5対、仙骨神経(S)5対、尾骨神経(Coc)1対で構成される。さらに、筋と結合する神経には、体の部位に応じた配置、即ち体性局在が見られる。身体運動が神経系からどのように観測されるかを知るため、感覚と運動とをつなぐ脊髄に注目し、解剖学的知見に基づいて幾何学的構造をモデル化した。このモデルを用い、運動時に脊髄を流れる神経情報を、脊髄を輪切りにした画像へ、あるいは時空間パターンへと写像する手法を提案した [2, 3, 4]。

## 4 神経情報の解析に基づく運動学習支援手法

実世界情報システムが人を見守り、人に働きかける具体的なアプリケーションとして運動学習支援システムを提案し、そのための基盤技術を開発した。運動学習を支援するためには、システムが運動結果を評価する必要がある。人間の神経系の構造を利用して、全身運動を表現する大局的な情報と、局所的な情報を階層的に処理し運動学習支

援に役立てる手法を提案した [5]。運動情報を神経情報に変換した上で、以下の解析を行った。

- 神経毎の時空間パターンの類似度を計算し、類似度の高い時刻同士を対応させることで、異なる運動の位相差を検出する [6]。
- 異なる筋を支配する脊髄の層全体の活動状態を評価する手法、特に、協調動作が脊髄のレベルでどのように表現されているか、協調度および次元を求める [7]。
- 神経毎の時間変動のピークを検出する [8]。

袈裟斬りや中段蹴り動作に対して以上の解析を行い、繰り返し学習の過程において、神経毎に類似のパターンが試行により異なるタイミングで発生することや、全身運動時の神経情報は脊髄毎に極めて縮約しており、協調の度合いが大きく、同期していることを明らかにした。

## 参考文献

- [1] 岩村吉晃, タッチ. 医学書院, 2001.
- [2] 大武美保子 and 中村仁彦, 運動情報 神経情報変換装置及び方法、運動情報 神経情報変換プログラム及び該プログラムを記録した記録媒体. 特願 2004-176455.
- [3] —, “神経解剖学に基づく人間の体性神経系の筋支配モデル,” in 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'04 講演論文集, 2004, pp. 2P2-H-48.
- [4] —, “体性感覚情報処理のための脊髄神経系筋支配モデル,” in 第10回日本IFTtoMM会議シンポジウム, 2004, pp. 5-10.
- [5] —, 運動学習支援装置及び方法、運動学習支援プログラム及び該プログラムを記録した記録媒体. 特願 2004 - 263636.
- [6] —, “脊髄神経系筋支配に基づく体性感覚情報の類似度と位相差の計算,” in 第22回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 2004, p. 2C18.
- [7] —, “全身運動時体性神経情報の次元計算に基づく協調度の評価,” in 第19回生体・生理工学シンポジウム論文集, 2004, pp. 49-50.
- [8] —, “全身協調動作における脊髄神経情報の時間変動計算,” in 日本神経回路学会第14回全国大会予稿集, 2004, pp. 201-202.