

# 医療、スポーツ科学分野における人間の運動の高精度解析を可能とするため モーションキャプチャで運動を計測し、全身の筋肉と神経の情報を推定することにより 神経筋疾患の診断やそのリハビリテーションを支援する画期的な新システムを開発

小型光学式モーションキャプチャシステムを用いた低侵襲運動計測技術を開発し、155関節、997本の筋と運動神経ネットワークからなる世界一詳細な画期的人体モデルの構築とロボティクス理論(注1)の最新研究を応用した高速動力学計算法です。

- 従来、行われてきている医師の経験に頼っていた神経筋疾患の診断内容を具体的かつ定量化することにより、適切な治療をすばやく実施できます。同時に治療効果が短期間で評価できるため、QOL(注2)の向上につながります。
- スポーツ分野においては、身体や筋の状態、上級者と初級者の違いが明確に認識できるため、的確なトレーニングを実施することが可能となります。

## 競合技術への強み

	計測精度 (計測対象の種類、数)	筋電データ (戻り-の考慮)	モーションキャプチャ による計測点数	コスト
(1)AnyBody (AnyBody Technology) 従来技術	○ 筋501本	× 不可	— (計測装置は 含まない)	○ 床反力計が 必須であり 高価
(2)ARMO(gsport) 従来技術	○ 下肢モデルで 筋88本	× 不可	— (計測装置は 含まない)	○ 床反力計が 必須であり 高価
(3)Motion Analysis (MotionAnalysis社) 従来技術	— (運動計測 のみ)	— (運動計測 のみ)	○ 計測点数最大 100点程度	× きわめて 高価
(4)本研究技術	◎ 155関節、筋997 本(下肢のみで186 本)、腱50本、靭帯 117本	◎ 計測対象者の 個々の筋電デー タを考慮したモ デル最適化	◎ 計測点数 500点	◎ (1)、(2)のコ ストの約1/10(床 反力計不要、運動計 測システムも不要)

▲神経および筋肉等の運動計測・解析技術に関する従来技術と本研究との比較

①**世界最高の解析精度**：155自由度の骨格モデル、筋997本、腱50本、靭帯117本の筋一腱ネットワーク、脊髄～筋の神経ネットワークをモデル化した神経筋骨格モデルにより、世界最高の解析精度を実現しました。

②**計測の事前準備が容易**：超広角レンズとメッシュマーカ(注3)を使用し、光学式モーションキャプチャで撮影・計測できるため、狭い部屋でもセットアップが容易にできるシステムです。

③**低コスト**：従来の神経筋骨格モデルに比べ、コストが約10分の1以下に低減しました。

## ここがポイント

本研究では、神経筋骨格モデルと動力学計算法、低侵襲運動計測技術、低侵襲パラメータ同定手法といった基盤技術を開発するとともに、医療・リハビリテーションへ応用するための神経筋疾患診断支援システムとリハビリテーション支援システムの構築を行いました。

神経筋骨格モデルと動力学計算法では、筋一骨の干渉(注4)やパーチャルリンク位置最適化(注5)において改良を加え、また、筋張力推定アルゴリズム(注6)は筋の生理学的特性を導入して改良することにより、世界一詳細な人体モデルを実現しました。

低侵襲運動計測技術(注7)では、超広角レンズを使用することで狭い部屋でもセットアップが容易となり、また、メッシュマーカを使うことで、突起がなく安全で、形状の同時計測が可能な非侵襲計測を実現しました。

患者個人の特性に合った治療を行うためには、モデルのパラメータを患者に合わせて容易に調整する必要があります。このため、身長・体重など身体の数か所の計測データにより骨格の運動学パラメータを同定する方法、神経内科の臨床診断と同様の試

験をすることで関節粘弾性パラメータを同定する方法などを開発しました。

これら結果に基づき開発した神経筋疾患診断支援システムは、運動全体と筋活動を可視化、複数の被験者や動作を同時に表示したり、解析したい部位や必要な精度に応じて筋骨格モデルを切り替えたりできます。また、リハビリテーション支援システムは、健康者の標準運動をデータベースとし、神経筋疾患患者の運動をマッピングし、全身運動の異常箇所や疾患箇所(健康者の運動との違い)を可視化できます。

## ブレイクスルーへの道のり

**2001～2002年**：IPA(情報処理推進機構)の未踏ソフトウェア創造事業で、それまで研究していたヒューマノイドロボットのモデルと計算アルゴリズムをベースに人体骨格モデルとその動力学計算法の開発に着手した。約400本の筋を手作業で配置するなど、現在のモデルの基礎をつくる。

**2003年**：代表者らによる研究が神経医療の改革につながるのではなかと興味を持った附属病院の医師からの訪問を受ける。これをきっかけに、産業技術研究助成の分担者に加わっていただき、本格的な共同研究が始まった。

**2005年**：産業技術研究助成に採択される。モデルの高精度化と、新しい運動計測技術の開発に着手した。スポーツ科学、モデル同定の専門家が相次いで研究員として加わり、本プロジェクトを側面からサポートする。筋張力の推定がなかなか現実と合わない問題を解決するため、ディスプレイを通して筋生理モデルの導入、身体モデルパラメータの同定が実現した。プロトタイプの新しい運動計測装置がマスコミで紹介される。

**2006年**：動作計測の場を、新モーションキャプチャスタジオに移転して、テニス、太極拳、能など、未体験で多様な動作計測の機会を得る。

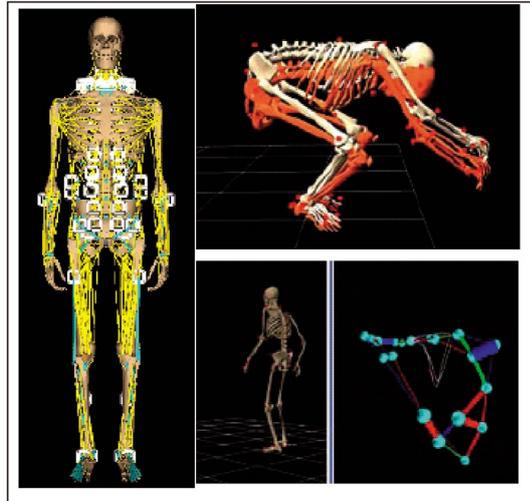
**2007年**：本研究の運動解析結果をスポーツ科学番組に提供した。

## ■サクセス・キー

筋一腱ネットワーク、神経ネットワークのモデル化にあたり、膨大な文献を地道に広く資料を収集しました。

また、専門を異にするさまざまな分野の研究者とのコミュニケーションを十分図ることは困難ではある一方で、思いもかけなかったアイデアを生む場合があることを痛感しました。本研究では、医師の経験を抽象化し、数式に落とし込むことが鍵となりました。

さらに、リハビリを要する患者や被験者、それぞれの動作に向き合うことで新たな課題が生まれ、研究全体を推進する力となりました。



▲診断支援システムにおける「詳細筋骨格モデル(左)」と「立ち上がり動作の解析例(右上)」。右下の2枚は、リハビリテーション支援システムにおける「歩行運動の可視化例」一番右下の図は、複雑な全身運動を健康者の歩行運動と比較しやすいように低次元空間で表現したものを。

## ■ネクスト・ストーリー

今後、基盤技術となる神経筋骨格モデルについては、触覚や視覚などの感覚を運動制御機構へフィードバックするモデルを導入することで、より高次の神経疾患への応用が可能となり、低侵襲運動計測技術については、システムの小型化とリアルタイム化を図り、低侵襲パラメータ同定手法については医用画像の併用をしていきたいと考えています。

企業との連携で共同開発したバイオメカニクス用動作解析ソフトウェアを2008年末に一般販売する予定です。

- (注1) ロボットに関する技術を研究する学問、理論。
- (注2) Quality of Lifeの略。人が人らしい生活を送ることが出来るかを計るための尺度。
- (注3) メッシュマーカ：反射素材をメッシュ状に配置することで、従来の球状マーカに比べて10倍程度の計測点のデータを得ることが出来るマーカ。
- (注4) 筋一骨の干渉：関節の運動に伴い、筋が骨に巻きついて経路が変化するため。従来のモデルでは考慮されていないことが多かった。
- (注5) パーチャルリンク位置最適化：パーチャルリンクとは、筋一骨の分岐をモデル化するために導入された要素。通常は独立した2本の筋として簡略化される。
- (注6) 筋張力推定アルゴリズム：モーションキャプチャにより計測された運動を実現するために各筋が発揮しなければならない張力を推定するアルゴリズム。
- (注7) 低侵襲運動計測技術：光学式モーションキャプチャのように、運動に与える影響がほとんどない運動計測技術。



**プロジェクトID・研究テーマ名・年度**  
05A03011a「筋骨格・神経モデルと非侵襲的な運動計測に基づく全身筋・神経情報推定装置の開発と応用」(平成17年度第1回公募)

**代表研究者・所属機関・所属部署名・役職名**  
**山根 克** 東京大学大学院 情報理工学系研究科  
知能機械情報学専攻 准教授