



中村 仁彦 教授
Yoshihiko NAKAMURA

研究分野: ヒューマノイドロボティクス、バイオメカニクス、ヒト・ミュレーション

研究内容: ヒューマノイドロボティクスの分野で生まれた効率的な力学計算、幾何計算、最適化法とスーパーコンピュータを結びつけることで、ヒトの神経系や筋骨格系のシミュレーションを行い、運動や行動を生み出す情報の流れを解明したいと考えています。

1982年 京都大学工学部オートメーション研究施設 助手
1987年 カリフォルニア大学サンタバーバラ校 機械環境工学科 助教授
1990年 同 准教授
1991年 東京大学工学部機械情報工学科 助教授
1996年 同 教授

現在 東京大学情報理工学系研究科知能機械情報学専攻 教授
ミュンヘン工科大学特別客員教授

からだと脳のシミュレーション

ロボットと人間

ロボティクスでは複雑な力学系の計算や、幾何学的・力学的問題を拘束条件付最適化問題として解く効率的なアルゴリズムが開発されてきました。これらはヒューマノイドロボットのようにリアルタイム性が重要なロボットの制御に使われています。一方で、さらに複雑なヒトの全身の筋骨格モデルの計算にも使われています。共通のアルゴリズムが機械システムにもヒトのモデルにも利用できるということにすぎませんが、ロボティクスの揺籃期に「サイバネティクス」が機械と生物に共通の制御原理を見出したことを考えると、必然的なものを感じます。

神経筋骨格系モデル

私たちはヒトの全身の骨格系を155自由度のリンク系として扱うこととし、開発した効率的計算アルゴリズムをヒトの骨格系に適用することを2000年頃から始めました。ヒトの質量を骨格に付属させるという単純化を行い、骨格系に筋の付着位置に従って張られた約1000本の糸が独立に張力を変えらるるとして、複雑な操り人形のような筋骨格モデルを作りました。

工学部2号館1階のサイバービヘイピアスタジオは、カメラを用いたモーションキャプチャでヒトの運動を計測し、床反力を計測し、さらに体表面に近い大きな筋のうち16個を選びその近くの皮膚に無線の筋電計を取り付けることで筋電をリアルタイムで計測します。

これらの情報から各骨の3次元運動を計算し、各骨が受ける力を逆算する。さらに糸の張力がこれらの力を生成するとして張力を逆算する。ここで大規模な最適化計算が使われます。その結果を毎秒30枚の絵にして同時に取得したビデオ映像に重ねて表示したものが、私たちが「マジックミラー」と呼ぶものです。運動中のヒトの筋活動を透かして見る体験ができます。これまでに重量挙げやバドミントンのオリンピック選手、プロボクサー、バルセロナのサッカー選手(図1)、ダンサー、ドラマー、能楽師の方々や東大病院の患者さんの計測を行ってきました。

スーパーコンピュータで行うからだと脳のシミュレーション

現在は、スーパーコンピュータ「京」を用いて、さらに詳細な数学モデルK-Bodyを開発しています。各筋は質量と連続体とし有限要素法で解き、骨格の剛体系との連成運動を計算します。生理学の文献から筋の運動ニューロンと筋紡錘の感覚ニューロンの数を調べ、すべての筋に外挿し、これらを脊髄の内外のニューロンプールに空間的に配置しました。有限要素計算エンジンには理研が開発したV-Biomechを採用し、ニューロンはLeaky Integral and Fire ModelによるSpiking Neuronとしてプログラミング言語NESTを用いて配置しました。脊髄内のニューロンの結合で反射モデルを作ることができます。図2は有限要素法の全身の筋、図3は脊髄のニューロンプールを表す。

「京」のプロジェクト(代表:高木周)では沖縄科学技術大学院大学のチームが開発する脳の基底核と皮質のモデルとつないで、基底核で生じるドーパミン受容体の変性に関わるパーキンソン症候群のシミュレーションによる再現を目指しています。

図1 FCバルセロナの選手のドリブル時の筋活動の可視化

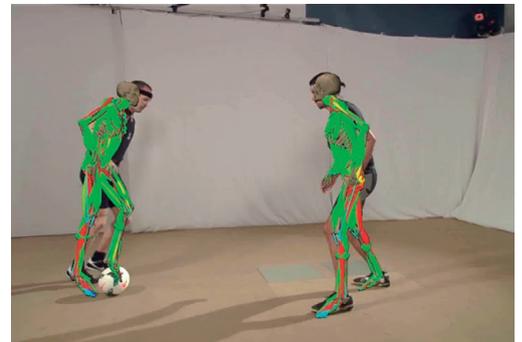


図2 K-Bodyの有限要素法で用いる筋モデルは紡錘形状の筋を互いに交わらないように最適化計算し変形させて生成

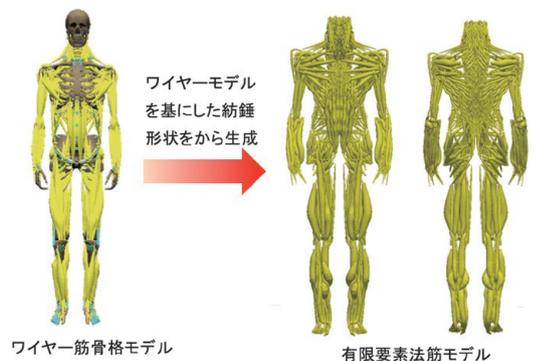


図3 運動ニューロンと筋紡錘の感覚ニューロンを配置

