



## ヒトの動きを科学する —ウェアラブル補助ロボットの開発—

研究・開発機関 : 株式会社テラバイト  
 利用施設 : 自社設備  
 計算規模 : 1ノード、PCサーバ、4 CPU  
 利用ソフトウェア : 筋骨格シミュレーションソフトウェア AnyBody

### Before

●人間工学に基づいた、安全で使いやすい様々な製品が開発されています。しかし、製品の使用場面でユーザに与える影響を事前に評価する方法は確立されておらず、人に優しい製品を設計しているつもりでも、出来上がった製品が本当に人に優しい特性を備えているかはわかりませんでした。

### After

○筋骨格シミュレーションによって、製品使用時に人体に発生する力学的負荷が定量評価できるようになりました。  
 ○マン-マシン統合系デバイスの典型例であるウェアラブル補助ロボットの開発に筋骨格シミュレーションを適用できるようになりました。

### 背景と目的

筋骨格シミュレーションは人の動きを科学的に解明するバイオメカニクス計算工学手法です。人の筋骨格モデル(図1)に動きを与え、その動きに必要な筋活動量と体の各部に生じる力を計算で求めて、人の動きを解明しようというものです。人体の運動が対象となることから、競技中の選手の動きを分析して運動能力向上を図ったり、選手の体力や筋力に合わせた強化指導を行うためなど、スポーツの分野で多用されています。

また、工業製品を対象とした場合には、その可動域や駆動機構によって制限される人体の動きや姿勢を分析し、製品使用時に人体にかかる力、たとえば自動車乗降時の膝関節の負担や椅子着座時の椎間板内圧を求めて製品の安全性評価に利用したり、バリアフリー施設などの製品開発にも用いられたりします。

ウェアラブル補助ロボットは重量物運搬や長時間の姿勢保持、術後のリハビリテーションや高齢者の日常生活動作の補助に用いられる、電動の装着型パワーアシスト装具です。この開発において、特に補助機能となる人工筋肉の設計では、人間の筋肉と腱の機能や人間の動作パターンの理解が必要になり、人体が装置から受ける機械力や不快感、ヒト神経系と装置との情報通信、マシンパワー、軽量化など、解決すべき多くの課題があり、筋骨格シミュレーションの活用が必要となっていました。



図1 筋骨格モデル

### 利用成果

筋骨格シミュレーションソフトウェア「AnyBody」を用いて下肢関節の屈曲・伸展を補助する外骨格型ロボットをモデル化し、ロボット機構を設計して補助装置の有無による下肢の筋肉活動と動員(筋肉の使い方)の相違を評価しました。

ロボットは重さ12kgの7部品モデルとし、機構設計段階では部品重量、ジョイント位置とトルクが表現できれば良いのでシンプルなモデルで表現しています。ロボットの各ジョイントのアシスト作動トルクを決定するため、人体モデルに出力をゼロにしたロボットを装着し、逆動力学解析の結果からロボット質量を考慮した人体の関節トルクを得て(図2)、ロボットのジョイント作動トルクの解析を実施しました(図3)。

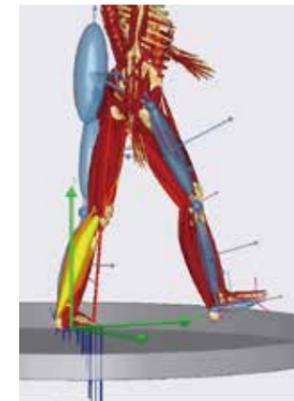


図2 逆動力学解析のモデル

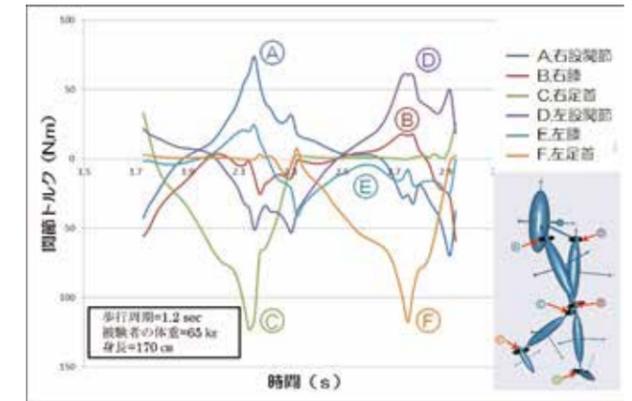


図3 人体の関節トルクの変動

ロボットを装着しない通常歩行(図4)とロボットを装着した歩行(図5)で右脚の全筋活動量を比較した結果を示します。全体的な筋活動量が減少し、最大値が38%から15%まで下がっています。同時に、筋肉動員パターンが変わり、主要な活動部位が腓腹筋から腓骨筋に交替しています。また、図5では2.4秒~2.6秒の間でロボットのアシストの影響によって殆ど活動しない筋肉があることがわかります。図にはありませんが、関節反力も低下する結果が得られています。

筋骨格シミュレーションは、以下の3点でウェアラブル補助ロボットの開発に有用です

- ・設計最適化: 装置軽量化と消費電力低減に寄与
- ・人体への影響を数値化: 装着時の機能向上や傷害リスクを評価
- ・開発時間・コスト削減: 実験/試作リソースを削減し、開発期間短縮と迅速な市場投入を実現

人間の生体メカニクスは十分に解明されておらず、マン-マシン相互作用を直感で理解するのは困難です。

人体動作シミュレーションは、さまざまな姿勢動作と環境条件下におけるバイオメカニクス上の課題を解決し、これまで入手が困難だった新しい知見を製品設計に取り入れることが可能となります。

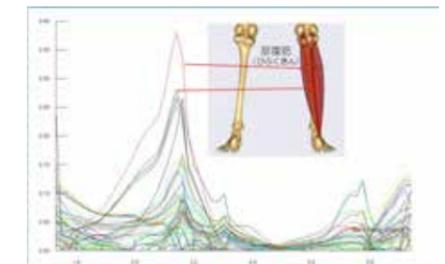


図4 通常歩行の関節トルク変動

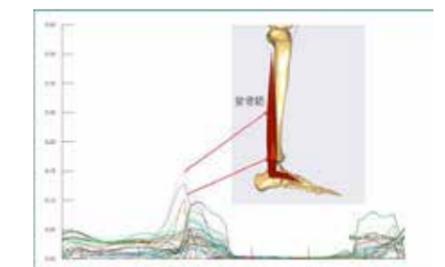


図5 ロボット利用時の関節トルク変動