

ヒトの歩行における筋緊張を考慮可能な神経筋骨格モデルの提案

高齢社会において、ヒトの歩行に関する課題解決の重要性が高まっている。その課題の1つに歩行と筋緊張の関係に問題があるものがある。そこで、本研究ではヒトの歩行において筋緊張の変化による運動変化を計算機上で表現・評価可能な脳神経筋骨格モデルを提案する。本数理モデルは70筋を有する筋骨格モデルおよび筋緊張を表現可能な神経系コントローラモデルを用いる。当該モデルの妥当性を判断する仮説として、高い筋緊張のとき歩行維持困難になり歩幅狭小化が生じると設定した。

1470個に上るパラメータを、筋緊張を変化させた各試行それぞれに3日程度時間を用いて最適化(10コアのプロセッサ2つの計算機使用)を行った結果、高い筋緊張の条件では歩行維持時間が短くなり、歩幅は被験者実験の値と比較して不自然に小さな値となった。したがって、高い筋緊張のときに歩行維持困難および歩幅狭小化という当該モデルの妥当性判断に用いるとしていた仮説は立証された。また他にも膝関節の角度・足圧中心の移動距離・足の接地回数・前方への足の振り出す距離・各歩行の規則性や周期性・足圧の二峰性においても変化の傾向を評価し不自然でないことを確認した。以上のことから、本研究で提案した歩行制御の脳神経筋骨格モデルは適切であったと結論付けた。

今後は、立位と歩行を切り替える歩き出しに関して数理モデルを拡張し、立位・歩き出し・歩行をシームレスにかつ統一的に検証可能な数理モデルを提案する。

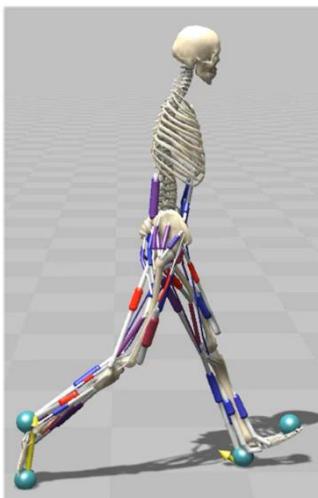


Figure 1. 筋骨格モデル.

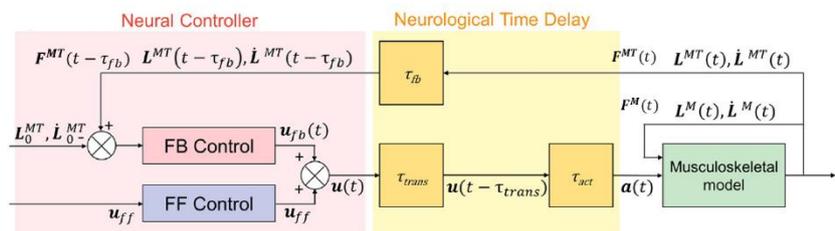


Figure 2. 神経系コントローラモデル.

Muscle Tension	Walking Maintenance Time(s)	Pace(m)
1	5.00	0.648
5	5.00	0.806
10	4.94	0.514
20	1.30	

Figure 3. 歩行の計算機シミュレーションの結果.

Keywords: 歩行制御, 筋骨格モデル, 神経系コントローラ, 順動力学シミュレーション, SCONE