

筋骨格シミュレータを用いた起立姿勢維持制御モデルの検討

人は脳神経系を介して全身の筋活動を制御することにより姿勢制御を可能としている。リハビリテーションを初めとして、起立姿勢制御の機序を解明することによる医学的・生物学的意義は極めて大きい。人の姿勢維持は全身の膨大な筋肉を制御する大自由度系運動であることから、皮質・網様体・脊髄路により筋シナジーを構成し、筋骨格系が持つ構造を活かして制御されているという仮説が提唱されている。我々は、姿勢制御においてバランスを維持するための筋出力だけでなく全身の筋を亢進する機能の存在を発見しているが、モデル化までは至っていない。

そこで、本研究では、起立姿勢維持を研究対象とし、皮質・網様体・脊髄路による制御系をモデル化することを目的とする。ここで、筋シナジーを構成するバランス制御と全身を亢進するフィードフォワード制御が並列的に存在することを作業仮説とし、それぞれの機能に即した制御モデルを提案する。

上記の目的に対し、本研究では、まず人の起立姿勢維持運動を表現可能な筋骨格モデルに基づいたシミュレータを作成する。これにより、筋シナジーを構成するバランス制御の機能と、筋骨格自身が持つ機能を活用することによるシンプルなフィードフォワード制御の機能を、定量的に評価可能となる。更には上記姿勢制御におけるヒトの揺動がおよそ 10Hz であるとの知見から、バランス制御のサンプリングタイムを 100ms として姿勢制御が可能であるか検証する。すなわち、バランス制御の筋シナジーにおける運動指令の大きさ（賦活度）、全身の亢進度合い、並びにバランス制御のサンプリングタイムをパラメータとすることで、姿勢制御における網様体脊髄路の役割を定量的に評価可能となる。

上記の筋骨格モデルに基づくシミュレータを、OpenSim を用いて、適切な筋・関節を選択し作成した(Fig.1)。最初のステップとして、バランス制御なしの亢進によるフィードフォワード制御のみよるシミュレーションを行い、その制御による適切な挙動を確認した(Fig.2)。

Keywords: posture control, Musculo-skeletal model, reticulospinal tract model

Reference

[1] Ryosuke Chiba, Hiroaki Ogawa, Kaoru Takakusaki, Hajime Asama and Jun Ota, Muscle Activities Changing Model by Difference in Sensory Inputs on Human Posture Control, Proc. the 12th Int. Conf. Intelligent Autonomous Systems (IAS-12) (2012)

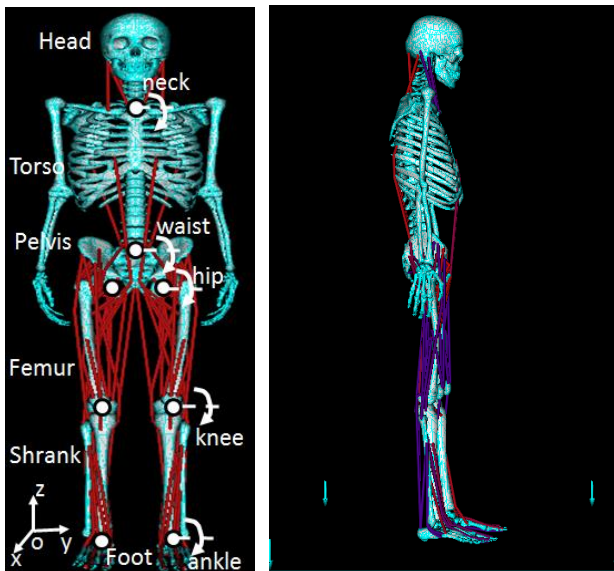


Fig. 1 筋骨格モデルに基づくシミュレータ

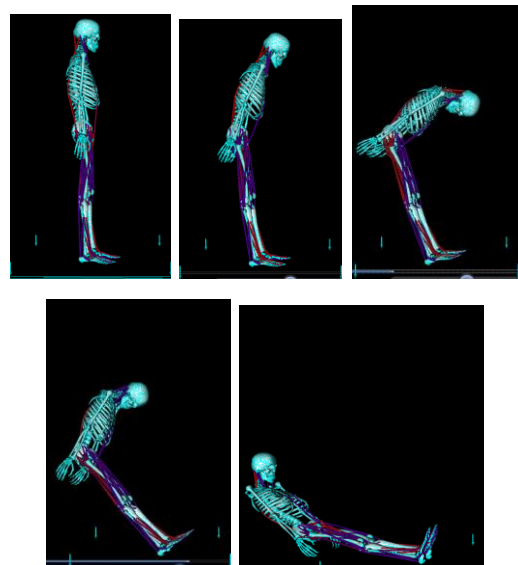


Fig. 2 亢進モデルに基づくシミュレーション