

外力に対するヒトの立位姿勢制御の筋骨格シミュレーション

ヒトは外力を受けた際、足首や腰の動きを使ってバランスを取る。足首のみの動きを使う場合 ankle strategy、腰の動きも動員される場合 hip strategy と呼ばれる。これら姿勢制御戦略は、外力の大きさによっても使われ方が変わるが、外力の大きさが同じであっても、個人間で使われ方が異なることが知られている。姿勢制御戦略をどのように使うかは、転倒を予測する等の指標として使われうるものである。しかしながら、個人間のいずれのパラメータの違いが、姿勢制御戦略の使われ方に影響してくるかは不明である。我々は、筋骨格モデルを用いた順動力学シミュレーションとヒトを対象とした実験を通して、これを調べている。

我々はまず、神経系コントローラモデルを用いて筋骨格モデル (Fig. 1) を立たせ、床面を様々な方向に動かした^[1]。床面の移動に対して立位姿勢を維持させることに成功し、またその際の筋の反応の特徴は、先行研究におけるヒトの反応の特徴と一致した。これにより、これらのモデルが外力に対するヒトの姿勢制御シミュレーションに有用であることを確認した。そして、筋量・感覚ノイズ量・筋緊張の程度を変えながら、後方への床面移動に対する姿勢制御シミュレーションを行った^[2]。結果、筋量や筋緊張が姿勢制御戦略に影響しうることを確認した (Fig. 2)。ヒトを対象とした実験でも、筋緊張が姿勢制御戦略に影響する傾向が確認されている^[3]。

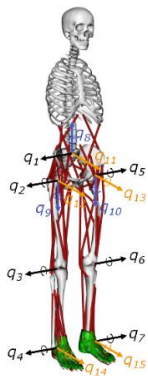


Fig. 1 筋骨格モデル

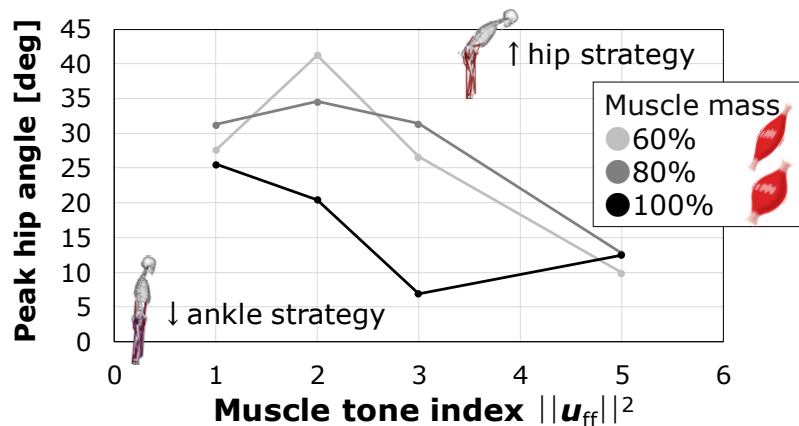


Fig. 2 筋緊張指標 $\|u_{ff}\|^2$ と姿勢制御戦略指標 peak hip angle の関係。筋緊張が大きいとき $\|u_{ff}\|^2$ は大きく、姿勢制御戦略が hip strategy に近いとき peak hip angle は大きくなる。グラフが右肩下がりになっており、筋緊張が大きいときに姿勢制御戦略が hip strategy に寄る結果となった。

Keywords: 姿勢制御戦略, 筋骨格モデル, 順動力学シミュレーション

References

- [1] K. Kaminishi, P. Jiang, R. Chiba, K. Takakusaki, and J. Ota, "Postural control of a musculoskeletal model against multidirectional support surface translations," PLoS One, vol. 14, no. 3, p. e0212613, 2019.
- [2] K. Kaminishi, R. Chiba, K. Takakusaki, and J. Ota, "Investigation of the effect of tonus on the change in postural control strategy using musculoskeletal simulation," Gait & Posture, vol. 76, pp. 298-304, 2020.
- [3] 上西 康平, 千葉 龍介, 高草木 薫, 太田 順. 床面水平外乱時の筋緊張が姿勢制御戦略に及ぼす影響. 第32回自律分散システム・シンポジウム資料, HA6, 2020.