

順動力学シミュレーションによるヒトの起立姿勢制御の再現

起立姿勢制御は、ヒトの直立姿勢の維持を可能とするものであり、快適な生活を送る上で不可欠なものである。起立姿勢制御に関する過去の研究の多くでは、人体を表現するために筋肉のない逆振り子モデルが用いられていたが、それらは生理学的に妥当なものではなかった。また、逆動力学シミュレーションにより、実験データに基づく神経コントローラの作成が行われていた。しかし、この手法では実験データが再現されるものの、神経コントローラの正しさは保証されなかった。筋骨格系の順動力学シミュレーションにより、ヒトの姿勢制御をモデリングすることが求められていた。

我々は、筋骨格モデル (Fig. 2) の起立姿勢を維持可能な、神経コントローラ (Fig. 1) を提案する。コントローラは、起立に必要な筋活動を司るフィードフォワード要素と、複数の感覚入力に基づいたフィードバック要素からなる。コントローラのパラメータは、起立時のエネルギー消費が最小となるよう、最適化により設定される。提案したコントローラにより、ヒトが起立する際の、異なる感覚入力に対する筋活動の変化が再現された。これは、コントローラが生理学的に妥当であることを示すものである。現在、このコントローラを用い、起立時に外力が加えられた際の身体の反応についてのシミュレーションも行っている。

Keywords: postural control, musculoskeletal model, biological simulation

Reference

1. Jiang, Ping, Chiba, Ryosuke, Takakusaki, Kaoru, & Ota, Jun. (2017). A postural control model incorporating multisensory inputs for maintaining a musculoskeletal model in a stance posture. *Advanced Robotics*, 31 (1-2), 55-67. doi: 10.1080/01691864.2016.1266095.
2. Jiang, Ping, Chiba, Ryosuke, Takakusaki, Kaoru, & Ota, Jun. (2016). Generation of the human biped stance by a neural controller able to compensate neurological time delay. *PLoS ONE*, 11 (9): e0163212. doi: 10.1371/journal.pone.0163212.
3. 上西 康平, 千葉 龍介, 高草木 薫, 太田 順. (2017). 水平外乱を補償する筋骨格モデルの姿勢制御, 第29回自律分散システム・シンポジウム資料, (pp.103-108). 東京.

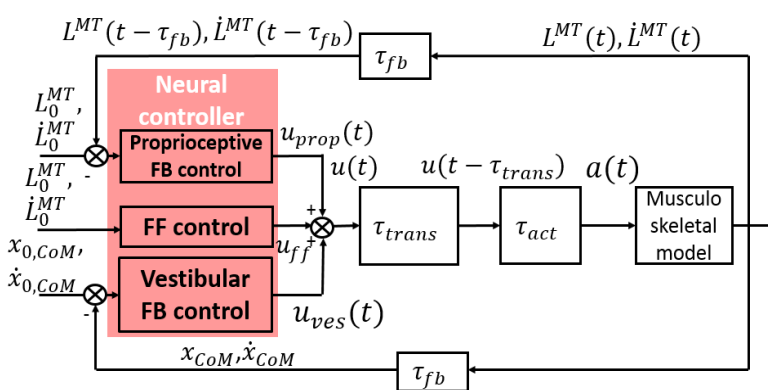


Fig. 1 神経コントローラモデル. u : 統合された制御信号. a : 筋活性.

L^{MT}, L_0^{MT} : 筋の長さの現在値と目標値. $\dot{L}^{MT}, \dot{L}_0^{MT}$: 筋の速度の現在値と目標値.

x_{CoM}, \dot{x}_{CoM} : 矢状面方向における質量変位の変位と速度.

$\tau_{trans}, \tau_{fb}, \tau_{act}$: 神経回路における, 信号伝達, フィードバック, 筋活性に由来する時間遅れ.

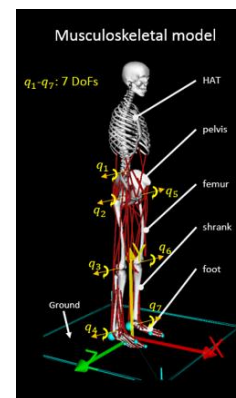


Fig. 2 筋骨格モデル