

ヒトの立位姿勢制御の筋骨格シミュレーション

ヒトは、二足による狭い支持面上に重心を保つ、高度な立位姿勢制御を行っている。その仕組みを知ることは、効率の良いリハビリテーションの提供に不可欠である。立位姿勢制御をモデル化しようとする試みでは、トルク駆動の逆振り子モデルが用いられてきた。しかしトルク駆動のモデルでは、姿勢の維持に貢献している内力を表現できない。筋が発揮する力に加え、骨格の三次元的な配置が考慮されることが望ましい。

我々は、筋骨格モデル (Fig. 1) の立位姿勢を維持可能な、神経系コントローラモデル (Fig. 2) を提案している。神経系コントローラモデルは、立位姿勢に必要な筋緊張を司るフィードフォワード要素と、感覚入力に基づいたフィードバック要素からなる。この神経系コントローラモデルを用いたシミュレーションにより、静止立位時の筋緊張の貢献の確認[1]と、異なる感覚入力に対する筋活動の変化の再現[2]がなされた。また、この神経系コントローラモデルは外力下でも姿勢を維持でき、その際の筋活動の大きさ・足関節のスティフネスはヒトの実験で得られた知見と一致した[3]。現在は、身体に変化が起こった際に挙動にどのような変化が起こるかを、予測シミュレーションを通して理解する試みを行っている。

Keywords: postural control, musculoskeletal model, biological simulation

Reference

- [1] P. Jiang, R. Chiba, K. Takakusaki, and J. Ota, "Generation of the Human Biped Stance by a Neural Controller Able to Compensate Neurological Time Delay," PLoS One, vol. 11, no. 9, p. e0163212, 2016
- [2] P. Jiang, R. Chiba, K. Takakusaki, and J. Ota, "A postural control model incorporating multisensory inputs for maintaining a musculoskeletal model in a stance posture," *Adv. Robot.*, vol. 31, no. 1–2, pp. 55–67, 2017.
- [3] 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.

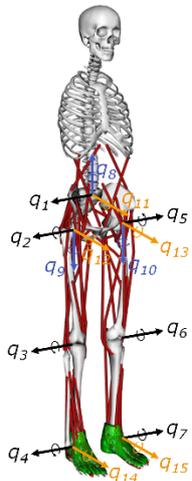


Fig. 1 筋骨格モデル。

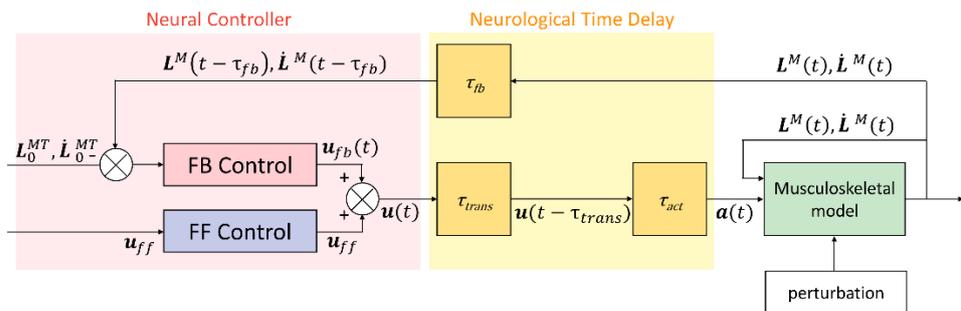


Fig. 2 神経系コントローラモデル。筋の長さや速度を制御情報としたフィードバック制御と、定常的な値のフィードフォワード制御から構成される。 \mathbf{u} : 統合された制御信号, \mathbf{a} : 筋活性, $\mathbf{L}^{MT}, \mathbf{L}_0^{MT}$: 筋の長さの現在地と目標値, $\dot{\mathbf{L}}^{MT}, \dot{\mathbf{L}}_0^{MT}$: 筋の速度の現在地と目標値, $\tau_{trans}, \tau_{fb}, \tau_{act}$: 神経回路における、信号伝達、フィードバック、筋活性に由来する時間遅れ。