

受動型外骨格による姿勢変換支援と
立位移動機器に関する研究

江口 洋丞

システム情報工学研究科
筑波大学

2019年 3月

要約

本論文は下肢運動機能障害者を対象として、車いすでの移動を歩行での移動に近づけることを目的として、

- 立位姿勢維持の支援方法
- 残存機能を活用した起立動作，着座動作の支援方法
- 残存機能を活用した移動機器の操縦方法

を提案する。

提案手法の実現可能性および有効性を検証するために試作機を2台製作し、脊髄損傷および健常実験参加者による評価実験を行う。

いずれの試作機も使用者の下肢を支持し座位立位間の姿勢変換動作を支援する外骨格機構と、使用者の胴体姿勢に応じて制御される移動機構から構成され、使用者は試作機に搭乗する形態で使用する。

使用者の姿勢変換と姿勢維持を担う外骨格機構は、金属製のリンクと使用者の下肢関節に対応した節を持ち駆動要素としてガススプリングを内蔵する。姿勢の変換は、使用者の下肢関節に起立方向の支援モーメントを発生させ、これに抗する重力由来の負荷モーメントを使用者の胴体姿勢により増減させることにより合モーメントを制御し、随意的な姿勢変換を実現する。姿勢の維持は、外骨格により使用者の下肢を支持し、下肢関節姿勢を適切に保持することにより実現する。T6 不完全損傷型および T11 完全損傷型脊髄損傷者が試作機の支援を受けて自ら起立し、立位姿勢を維持し、着座可能であることを確認した。

立位移動に関する支援として、胴体姿勢の計測およびそれに基づく制御司令の生成を実現した。これら2つの提案手法を組み合わせることにより、健常者が手や指による操作を介さずに自身の胴体姿勢により試作機を操縦可能であることを確認した。

本研究の工学的成果は、下肢障害者の姿勢変換動作を受動機構により実現したこと、および胴体姿勢による立位移動の操縦を実現したことである。

前者は姿勢変換動作のサイクルへ、エネルギーの保存と放出が可能な要素を組み込むことにより、電源などの外部エネルギー供給に頼らない支援システムを提案し健常身体機能を活用した力学的平衡に基づく下肢動作の制御を、移動機構への組み込みや運搬が可能な機構で実現した。

後者は簡便なシステム構成で胴体姿勢を計測し、これに基づいた制御指令を生成する枠組みを構築して実現した。

具体的には左右大転子を結ぶ軸と同軸に回転中心を持つ胴体姿勢計測板を使用者の左右に設け、これらを通じて胴体の姿勢を検出する。

そして、胴体の前後傾を前後進速、左右旋角を旋回速目標司令に関連付けて制御指令を生成し、手や指による操作を介さずに試作機の操縦を可能とした。