

電動車椅子における筋力センサを用いた速度制御型パワーアシストの一実現法 A Realization of Velocity Control Based Power Assist Using Muscle Force Sensor in Electric Wheelchair

80717534 藤川裕貴 (Yuki Fujikawa) Supervisor : 村上俊之 (Toshiyuki Murakami)

1 序論

高齢社会の進行に伴い、近年では車椅子の多機能化についての研究が盛んに行われている。電動車椅子における重要な研究テーマに“パワーアシスト制御”が挙げられる。電動車椅子におけるパワーアシスト制御とは、人が車輪に入力したトルクを検出し、それを増幅して車輪に取り付けられた電気モータによって補助するものである。

本論文では従来のパワーアシスト車椅子を利用できない、持ち手に握力を加えるのが難しい筋力の衰えた高齢者や障害者でも使用可能な、パワーアシスト車椅子の開発を目標とする。

人の入力の検出に当たり従来の車輪に取り付けられたトルクセンサではなく筋力センサを新たに開発し、使用者の筋力を直接測定した。これにより車輪や持ち手に力を加えずとも、人の漕ごうとする力の大きさと方向を計測できる。また応答速度に応じて加速度ゲインを変化させることにより、使用者の筋力の大小に関わらず一定の速度で走行できるようなパワーアシストを提案する。実験を通して筋力が正しく検出されており、加減速、直進・旋回走行において高い安全性・操作性が得られていることを確認する。

2 実験システムのモデル化

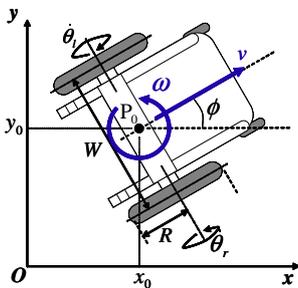


図 1: 電動車椅子のモデル。

本研究では、制御対象となる電動車椅子を独立二輪型駆動ポートとして図 1 のようにモデル化する。このとき運動学は (1) 式、また左右輪への入力トルクを $\tau = [\tau_r \ \tau_l]^T$ と表すと動力学は (2) 式ようになる。

$$v = \begin{bmatrix} \frac{R_1}{2} & \frac{R_1}{2} \\ \frac{R_1}{W} & -\frac{R_1}{W} \end{bmatrix} \dot{\theta} = T\dot{\theta} \quad (1)$$

$$\tau = \begin{bmatrix} \frac{mR_1^2}{4} + J_w + \frac{JR_1^2}{W^2} & \frac{mR_1^2}{4} - \frac{JR_1^2}{W^2} \\ \frac{mR_1^2}{4} - \frac{JR_1^2}{W^2} & \frac{mR_1^2}{4} + J_w + \frac{JR_1^2}{W^2} \end{bmatrix} \ddot{\theta} = M\ddot{\theta} \quad (2)$$

ただし m は車椅子の質量、 J は車体の慣性モーメント、 J_w は車輪の慣性モーメントである。ベクトル $\theta = [\theta_r \ \theta_l]^T$ 、 $v = [v \ \omega]^T$ はそれぞれシステムの入力と出力に相当する。

3 筋力センサ

本章では本研究で開発した筋力センサの構造及び取り付け位置の説明をし、得られる筋力信号と車輪にかかるトルクとの関係について述べる。

3.1 筋力センサの構造

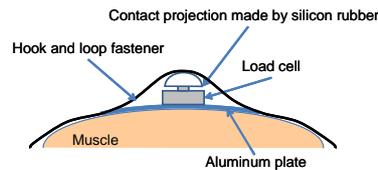


図 2: 筋力センサの概略図。



図 3: 取り付け位置。

筋力センサの構造図を図 2、取り付けの様子を図 3 に示す。前腕に取り付けた筋力センサで筋力の大きさを測定し、上腕に取り付けた筋力センサで車輪の漕ぐ方向を推定する。

3.2 筋力センサとトルクの相関及び操舵方向推定

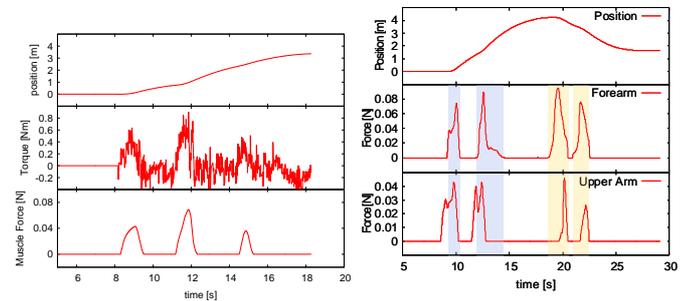


図 4: 筋力信号とトルクの比較。 図 5: 前後に漕ぐときの筋力信号。

前腕に筋力センサを装着して車椅子を漕いだ結果を図 4 に示す。人が車輪を漕ぎトルクが増大するとともに、筋力センサから得られる信号も増大していることがわかる。また前腕 (CH1)、上腕 (CH2) に筋力センサを取り付け前後に走行したときの結果を図 5 に示す。このとき定常的なノイズを除去するため、筋力信号には、オフセットを取り除き、閾値以下の値は 0 にする信号処理を行った。図より前方に漕ぎ出した場合、CH2 の信号が CH1 よりも早く出力されていることがわかる。また後方に漕ぎ出した場合、CH2 の信号が CH1 に比べ遅れて出力されていることがわかる。この特徴より、CH1 の信号の立ち上がり時に CH2 の信号の値が出力されているかどうかを見ることで前後どちらに漕ぎ出したかを推定することができる。推定された筋力信号を $F_{cmd} = [F_{cmd}^r \ F_{cmd}^l]^T$ とする。

4 制御系の構成

4.1 筋力の加速度への変換

本研究では筋力信号を入力とするため、トルクまたは加速度いずれかの形に変換する必要があるが、速度制御を行う観点から、加速度への変換を行う。変換行列 T を用いて筋力信号を加

