

頸部の筋電位を用いた聴覚テレプレゼンスロボットの制御

黒川貴行・森重健一・平原達也(富山県立大・工)

木下正之(立山科学工業(株))・高野博史(富山県立大・工)

1. はじめに

現在の聴覚テレプレゼンスロボット^[1]は、ユーザーの頭部運動をモーションセンサで検出して制御を行っている。しかし、この制御方式には制御系サーボループで 100 ms 程度の時間遅延が生じる問題点がある。この問題点はユーザーの動作よりも 100 ms 程度早く出現する筋電位を用いて制御を行うことで解決できると考えられる。

そこで、本研究では、頸部の筋電位を用いて聴覚テレプレゼンスロボットの制御を行うことを目的とし、静的および動的な筋電位から頭部回転角を推定するアルゴリズムを開発し、聴覚テレプレゼンスロボットの制御を行った^[2]。

2. 頭部静止時の回転角推定

頭部を設定角度に向けた状態を保持させ、10 人の被験者から、頭部回転運動に主要な役割を果たす胸鎖乳突筋と僧帽筋の筋電位を筋電計(Active Two System, BIO SEMI)を用いて測定した。頭部の回転角度は、3次元位置計測装置(Flock of Birds, Ascension Technology)を用いて測定した。そして、回転角度を測定した頭部静止時の筋電位から式(1)の重回帰モデルを用いて頭部回転角を推定した。

$$\theta^s = \sum_{i=1}^4 \beta_i^s X_i^s + E^s \quad \dots (1)$$

θ^s は推定した頭部静止時の回転角、 β^s は静的な重回帰モデルの回帰係数、 X^s は静止時の筋電位、 E^s は誤差項、 i は筋電位の測定部位の数 4 である。

頭部回転角の推定は、測定した 6 セットの筋電位のうち、4 セットを学習に、残りの 2 セットを推定に使用し、3 パターンで行った。頭部静止時の回転角の推定を行った結果、図 1 に示すように、どのパターンを使用しても頭部静止時の回転角を推定できていることがわかった。推定パターンの決定係数はいずれも 0.87 程度であった。

3. 頭部回転運動時の回転角推定

頭部を遅く・速く・複雑に回転させたときの 3 種類のタスクについて、10 人の被験者から、頸部の筋電位と頭部の回転角度を測定した。回転角度を測定した頭部回転運動時の筋電位から式(2)の重回帰モデルを用いて頭部回転角を推定した。

$$\theta(t) = \sum_{i=1}^4 (\beta_i^s + \gamma \beta_i^d) X_i^d(t-d) + E^d \quad \dots (2)$$

θ は推定した頭部回転運動時の回転角、 β^s は静的な重回帰モデルの回帰係数、 γ は β^d の重み付けの係数、 β^d は動的な重回帰モデルの回帰係数、 X^d は回転運動時の筋電位、 d は筋電位と動作の間の時間遅延、 E^d は誤差項、 i は筋電位の測定部位の数 4 である。

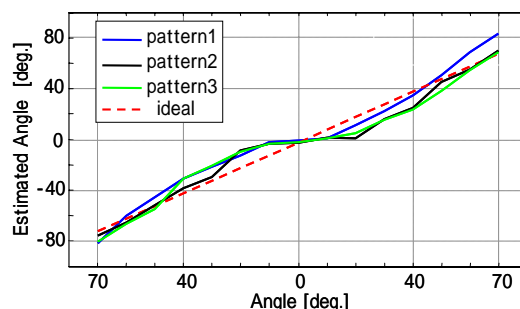


図 1：頭部静止時の回転角推定結果の一例

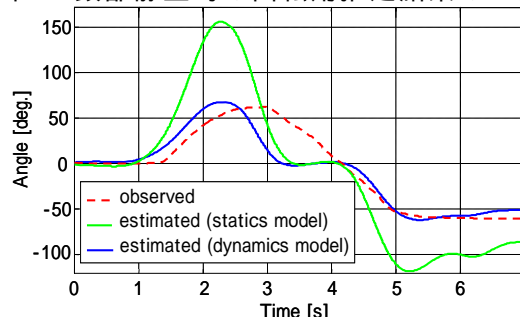


図 2：頭部回転運動時の回転角推定結果の一例

頭部回転角の推定は、測定した 2 セットの筋電位のうち一つを学習に、他の一つを推定に使用する 2 パターンで行った。静止時の重回帰モデルを使用して頭部回転角を推定した場合は角度を過大に推定していたが(図 2、緑線)、運動時の重回帰モデルを使用して頭部回転角を推定した場合は角度を適切に推定できた(図 2、青線)。また、実測角度と 3 種類のタスクの推定角度の AIC は、頭部回転角の推定に静止時の重回帰モデルを使用した場合より運動時の重回帰モデルを使用した場合のほうが有意に小さかった($p < 0.05, t(59) = 6.08$)。

4. ロボットの制御

推定した 3 種類のタスクの頭部回転運動時の回転角度データを聴覚テレプレゼンスロボットに伝送し、実際に制御を行うことができた。

5. まとめ

頸部筋電位と重回帰モデルを用いて頭部静止時および運動時の頭部回転角を推定できた。静的および動的な重回帰モデルを組み合わせ、実際の頭部運動軌跡を推定し、ロボットを制御できた。本研究は富山県新世紀産業機構の支援を受けた。

参考文献

- [1] 戸嶋巖樹他, 頭部運動を再現する改良型ダミーヘッドシステム, 日本音響学会誌, 62(3), 244-254, 2006.
- [2] K. Morishige *et al.*, Prediction of head-rotation movements using neck EMG signals for auditory tele-existence robot "TeleHead", Proc. IEEE RO-MAN, 2009.