

研 究 主 論 文 抄 録

論文題目

筋電気刺激による安定かつ再現性の高い触覚提示手法の研究

熊本大学大学院自然科学教育部 工学専攻 先端情報通信工学教育プログラム

(主任指導 嵯峨 智 准教授)

論文提出者 石丸 嵩也

主論文要旨

現在、情報通信技術の発達により、様々な情報の提示機器が普及している。特に視覚情報や聴覚情報は現実に即した情報の伝達および提示が可能となっている。しかし、触覚情報や味覚情報、嗅覚情報の伝達については視覚情報や聴覚情報ほど、リアルに再現することができていない。人間の全ての感覚をリアルに伝達可能になれば、それは社会の大きな革新となるだろう。そこで、本研究ではこの革新のために、再現性の高い触覚情報の提示を目指す。現在様々な触覚提示手法が検討されているが、最も普及しているのは振動子を用いた手法である。振動子を用いた触覚フィードバックは手軽にある程度の感覚を提示できる優れた手法であるが、一方で、振動を提示することに特化しているため、静的な力を提示できない等のデメリットが存在する。本研究ではこのデメリットを解消し、より再現性の高い触覚提示を行うために筋電気刺激に着目した。

筋電気刺激とは筋肉を電気刺激することで筋収縮を起こして力を提示する手法である。そのため振動子とは異なり、静的な力を提示可能である。一方で筋電気刺激は、適切な力を提示するために、電極の位置や電圧の調整などを個別に行う必要があるため、手軽に使用できないというデメリットがある。これは筋電気刺激が一般的な触覚フィードバック手段として普及する大きな障害となる。また、筋電気刺激にはびりびりとした特有の電気感がある。これらの課題を解決し、筋電気刺激が広く触覚フィードバック手法として用いられるようになるための課題解決が研究目的である。そのためには、特有の電気感を抑制すること、提示する力を制御できること、手軽に使用できることが必要である。つまり、デバイスを装着するだけで、狙った感覚を自在に提示できる技術とする必要がある。

2章では、筋電気刺激の特徴および電極位置の決定法、刺激波形の検討結果について述べる。刺激波形を検討した結果としては周波数 50 Hz、パルス幅 0.6 ms のパルス波が適していることが分かった、これにより、特有の電気感を抑えながら、筋収縮を起こすことが可能である。

3章では、筋電気刺激の力の特性について調査した。具体的には入力する電圧と力の関係

およびヒトが主観的に感じる力について調査する。これにより、筋電気刺激による提示力の制御を行う。結果として、筋電気刺激による主観的に知覚される力の特徴として、EMSによる力として 0.3 N の牽引力となるように刺激を提示したとき、主観的には 0.6 N の力を提示されていると感じることがわかった。

4章では、筋電気刺激に適した電極の提案および開発を行う。そのために、電極素材の検討および必要な分解能の調査を行った。筋電気刺激に適した電極を開発することで筋電気刺激を手軽に使える技術とすることを旨とする。結果として、筋電気刺激に適した電極の素材はゲルタイプの電極であることがわかった。また、EMS用ジェルを用いて導電性を良くすることは、電気感を抑えるために効果があることがわかった。また、電極に必要な空間解像度は前腕の正中方向に関しては 5・10 mm、内外側方向に関しては 5 mm 程度が適切だと分かった。

5章では、筋電気刺激を用いた触覚提示の有効性の検証を行う。具体的には、タッチパネルディスプレイ上で凹凸を再現し、その凹凸の類似度を調査することで、筋電気刺激による触覚提示が再現性の高い触覚を再現できているかを検証する。結果として、EMSは3 mmの凹凸錯覚を提示する際に振動刺激よりも実凹凸に近い凹凸錯覚を提示できると分かった。

6章では、現在多くの触覚提示装置における触覚情報として用いられている加速度データを用いてテクスチャ感の提示を行う。初めに、一般的な触覚提示装置で利用するための新たな加速度情報の生成を行った。次にテクスチャの特徴を指定して生成が可能になるように、主観的触覚ベクトルを軸とした合成を行った。結果として、全体的な傾向としては粗滑感の合成には成功したといえる。また、特に適切に合成できた Placemat1 と Punched Plastic の合成においては、合成割合を指定することで任意の粗滑感を提示できることを確認した。

本研究を通して筋電気刺激を触覚提示に用いるために、適した刺激波形の調査および力の特徴の調査、電極の検討、有効性の検証、加速度情報の生成を行うことができた。この結果から、筋電気刺激による電気感を抑えた触覚提示が可能となった。つまり、目的であった再現性の高い触覚の提示に貢献することができた。本研究により、目的であったデバイスを装着するだけで、狙った感覚を自在に提示できることは達成できなかったが、デバイスを装着する際の方法や使用する刺激等を示すことができた。また、主観的に感じる力を調査したことで、ユーザに意図した力を提示することが可能となった。加えて、筋電気刺激による触覚提示の有効性を示せた。