着用型発光センサスーツによる運動状態の体表上提示と認知支援

A Wearable Light-Emitting Sensor Suit for Supporting the Motion Perception

○五十嵐 直人 門根 秀樹 鈴木 健嗣 山海 嘉之 (筑波大学)

Naoto IGARASHI, University of Tsukuba, naoto@ai.iit.tsukuba.ac.jp

Hideki KADONE, University of Tsukuba, kadone@ccr.tsukuba.ac.jp

Kenji SUZUKI, University of Tsukuba / JST, kenji@ieee.org

Yoshiyuki SANKAI, University of Tsukuba, sankai@kz.tsukuba.ac.jp

This paper proposes a novel technique to visualize upper and lower-limb human motion by means of surface electromyography, and measuring kinematics of human motion. The developed wearable light-emitting sensor suit indicates lower-limb muscle activity on the surface of the body in real time, by displaying the shape of the innervated muscle on the position of targeted muscle. We investigated the possible applications of the sensor suit in the fields of rehabilitation, and indicate the method of future rehabilitation.

Key Words: Human Assistive Technology, EMG, Body Motion Measurement, Visualization, Wearable Interface

1. 緒言

近年、運動解析技術の向上によりバイオメカニクスに基づく客観的な運動学、動力学データの取得が可能となり、スポーツや医療分野における運動理解および指導効率の向上に大きく貢献している[1]。一方、取得される情報の増加に伴い、データ間の関係性を理解するためには高度な専門知識が必要となる。また高価かつ大規模な機器の必要性も相まって、一般的な臨床現場におけるこれら運動解析手法の適用は未だ困難であり、経験則に重点がおかれた訓練に頼る状況が多くみられる。これまで、複合現実感を用いた研究[2]など計測データの容易かつ直感的な知覚や簡便な利用を目的とした研究が多く行われているが、いずれもモーションキャプチャによる動作計測に伴う使用範囲の制限や、LCD にて情報提示を行うため、身体動作と提示情報を視認するために頻繁な視線移動が生じるといった問題がある。これに対し、我々は容易な運動状態の計測および使用者と観察者による直感的な運動知覚を同時実現する、着用型発光センサスーツを開発している[3]。

本稿では、センサスーツを用いた運動理解や学習、運動意欲向上の促進といった認知的能力の支援を目的とし、医療分野において実施した実証実験を示すとともに、支援機器とモーションキャプチャシステムとの併用による次世代リハビリテーション手法の提案について述べる。

2. センサスーツ概要

図1にセンサスーツの外観を示す。これは運動に伴う筋電位、関節角度データの計測とともに、筋活動を体表上の筋の位置、形状、そして実時間で光の輝度に反映させ提示を行うものである。これにより身体動作と複数提示情報の容易な同時把握を可能とし、運動理解や学習の促進を試みる。上肢用センサスーツでは、前腕部において総指伸筋と尺側手根屈筋、上腕部において上腕二頭筋と上腕三頭筋を計測・提示対象とする。また、曲げセンサにより関節2カ所における角度計測を可能とする。下肢用センサスーツでは大腿部前面側の大腿直筋、内転筋、大腿部背面側の大腿二頭筋、半腱様筋、殿筋を計

Fig. 1 Overview of the light-emitting sensor suit.

測・提示対象としており、股関節および膝関節における関節角度計測を可能とする。センサスーツは計測部、制御部、提示部の3部から構成され、全てをスポーツウェア内へ組み込むことで、薄型かつ軽量の着用型筋活動提示スーツを実現している。筋活動の輝度への反映は、筋の弛緩状態での積分筋電位と最大収縮状態での積分筋電位の値をそれぞれ輝度の0%基準値と100%基準値に設定し、%MVCに基づき行う。なお実験を行うにあたり、臨床現場における容易なセンサスーツの利用とパラメータ調整を可能とするため、療法士らと協力し、現場で利用可能な操作インタフェースを設計した。

3. 実験

リハビリテーションの臨床現場においては、療法士が患者に行わせたい動作と患者が認識する動作の乖離や、患者自身による自己動作認識時の誤差が存在することが課題となっている。本実験では、療法士および患者による容易な運動状態の把握と適切な運動指導の補助を目的として、腕部運動訓練へセンサスーツを適用した実験を示す。また、次世代リハビリテーション手法の提案として、センサスーツと脚部支援機器およびモーションキャプチャシステムを併用した実証実験を示す。

3.1 腕部運動訓練における認知支援

予備実験に協力頂いた被験者は、左前腕部伸筋側の収縮に困難な様子がみられる一方、屈筋側には強い緊張があり、手関節には常時30°近い屈曲がみられる。対象とする運動は、療法士の補助により左手首の背屈を1セット10回程度繰り返す訓練であり、前腕部に腕部センサスーツを着用した状態で実施した。

Fig. 2 Rehabilitation with the sensor suit.

ここでは、センサスーツ使用時の様子およびその際の前腕部伸筋と屈筋の筋電位、手関節角度変化を図2に示す。なお1回の使用における訓練時間は5分程度である。

対象訓練では、屈筋の弛緩とともに伸筋の収縮を目的としているが、結果より伸筋の収縮を行う際、屈筋にも同時収縮が観察される。また、療法士の補助により、運動訓練中には50°程度の手首関節可動域を有していることが確認できる。

これまでに実施した訓練中、療法士および被験者の視線は終始センサスーツによる筋活動提示部へ向けられ、適切な訓練、指導が行われていることを確認した。また、療法士や患者からは、筋電図よりも分かりやすい、使っていておもしろいといった好意的な意見が報告されている。センサスーツは容易な着脱により短時間の準備で利用可能なことを確認しており、現状のリハビリテーション訓練に容易に介入可能なことを示している。今後は長期継続的な実験により、運動理解や運動意欲におけるセンサスーツの有用性検証を予定している。

3.3 外骨格型支援機器・モーションキャプチャとの併用

本実験では、外骨格型脚部支援機器（Cyberdyne社製ロボットスーツ HAL）とモーションキャプチャシステム（Motion Analysis社製）の併用を示すことにより、次世代リハビリテーション応用への可能性を考察する。実験では、健康者1名（男性、23歳）を対象として、センサスーツとともに左脚において片脚用脚部支援機器を着用し、一般的な運動訓練として行われる椅子からの立ち上がりおよび着座動作を行った。この際、ロボットによる支援動作の有無における左右脚部の筋活動の差異をセンサスーツにより可視化するとともに、モーションキャプチャによる全身動作計測を実施した。

3.4 結果と考察

図3に(I)支援なし、(II)支援ありの結果を示す。支援なしの際は、大腿直筋および内転筋ともに大きな筋活動がみられる。一方、支援ありの際は、支援が行われていない右脚には同程度の筋活動がみられるが、支援が行われている左脚では大腿直筋および内転筋ともに筋活動が大きく軽減されている

Fig. 3 Hip and knee angles at the standing-up motion with/without the assistance. Angle of right and left leg without assistance (blue line and red dotted line) and with assistance (green line and light-blue dotted line).

ことが確認できる。また、図3下部に示すモーションキャプチャシステムの計測結果より、右脚と左脚の股関節および膝関節角度変化に大きな差はみられない状態でありながら、筋活動には変化が生じていることが確認できる。

本実験により示した支援機器やモーションキャプチャとの組み合わせにより、高度な計測情報の支援機器の動作への反映や、あるいはセンサスーツを情報提示のみでなく動作教示として用いるといった応用が考えられる。これにより、個人に最適な支援とリハビリテーションの実現といった次世代リハビリテーション応用の可能性を有していると考えている。

4. 結言

本稿では、運動状態の計測および使用者と観察者による直感的な知覚を実現する着用型発光センサスーツの開発を行い、体表上における実時間での運動状態フィードバック手法を提案した。また、医療分野における実証実験や支援機器との併用における効果の検証を通じ、腕部および脚部に対し運動状態の容易かつ直感的な知覚に有用であることを示した。今後は、長期的なセンサスーツの使用による認知的な運動支援の有効性を検証したい。

文 献

- [1] J.D. Moreland, M.A. Thomson, and A.R. Fuoco. Electromyographic biofeedback to improve lower extremity function after stroke: a meta-analysis. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, Vol. 79, No. 2, pp. 134-140, 1998. Shinjuku, D., Shibuya, J. and Tokyo, M., "Swing Motion Control of Casting Manipulation," *IEEE Control Systems*, vol.19-4, pp.56-64, 1999.
- [2] A. Murai, K. Kurosaki, K. Yamane, and Y. Nakamura. Computationally fast estimation of muscle tension for realtime bio-feedback. In *Annual International Conference of the IEEE EMBS*, pp. 6546-6549, 2009.
- [3] 五十嵐直人, 鈴木健嗣, 河本浩明, 山海嘉之, "下肢運動状態の認知を支援する着用型発光センサスーツ", 情報処理学会論文誌, 53(4), 1234-1255, 2012.