

# ウェアラブルセンサスーツ (第4報, センサフュージョンによる膝関節トルク推定)

北海道大学大学院情報科学研究科 ○筒井洋一郎 田中孝之 金子俊一  
カリフォルニア大学アーバイン校 工学部 マリア・Q. フェン

## 要 旨

超音波筋活動センサ, 筋電センサ等の複数のセンサを併用し筋活動の測定を行ない, 関節トルクに対して重回帰分析を行なった. 得られた関節トルク推定値と関節トルク測定値との間には高い相関が得られ, 複数種のセンサによる筋活動測定の有効性が示された.

## 1. 緒 論

我々はセンサスーツという新しいコンセプトを有するインタフェースシステムを提案している [1]~[3]. センサスーツとは衣服のように脱着が可能な装着型増力・アシスト装置といった人間機械系用の汎用的なインタフェースシステムである (Fig.1). センサスーツには装着者の筋活動情報の取得のために数種の小さなセンサ群が組み込まれる. 本報では複数種のセンサを用いた場合に精度の高い筋活動の測定が可能であることを実験的に検証する.

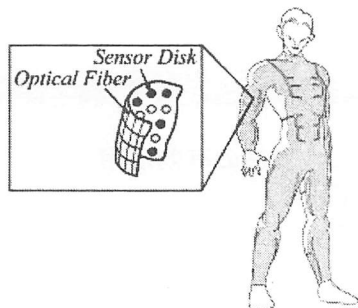


Fig. 1: Sensor suit

## 2. 筋活動測定センサ群

人間機械系の分野では人間の動作意図を検出するためのより正確で信頼性の高いセンシングシステムが強く求められている. 人間の動作意図としては手先などの位置や速度, そして関節に発生させるトルクが挙げられる. トルクの推定を目的として, 例えば筋電位センサといったものが利用されるが, 単一種のセンサでは動作意志との相関検出やノイズ耐性といった点で限界がある. センサスーツでは組み込まれた複数種のセンサを互いに補完し合うような形で利用 (センサーフュージョン) し, 測定の有効性・確実性を向上させたり, 個人間での差を吸収

することを1つの目標としている.

本研究では, (1) 被験者の関節が発揮するトルクに応じた信号を出力するトルクセンサ, (2) 筋活動時に発生する皮膚表面の電位変化を測定する筋電位センサ (EMG), (3) 操作者の筋力発揮に伴って生じる筋の物性や寸法の変化を皮膚に取り付けた超音波センサを介して検出するという超音波筋活動センサ, (4) 筋の硬さの変化 (皮膚表面での反発力の変化) を検出する筋硬さセンサ, (5) 関節角度を測定できるシェイプセンサ, の5種のセンサを用いた. EMG や筋硬さセンサは比較的皮膚近辺の情報を得ることができる. 一方, 超音波は生体に対する透過性が強いいため, 超音波筋活動センサを用いると生体の奥深くの情報を取得することが可能であると考えられる. 従って双方のセンサの異なる特性を有効に利用することにより, 従来よりも精度良く筋の活動状態を推定できるのではないかと期待される.

## 3. 実 験

実験はセンサ取り付け用の面積が広く取れる大腿部を対象とし, 前述の (2) ~ (5) のセンサの測定値から (1) のセンサの測定値に対して重回帰分析を行なった. 各センサの取り付け位置を Fig.2 に示す. Fig.3 に大腿部断面方向で見た場合の EMG 電極の位置と超音波筋活動センサの位置を示す.

膝関節角度が 90deg の時の測定結果を Fig.4 に示す. なお, 膝関節を伸ばした状態を 0deg とした. 各センサ値は描画の為に係数を乗じたり, 0 点にオフセットを加えている為に, 縦軸の絶対値では単純な比較ができないことに留意されたい.

一致を示さない部分もあるが, 各センサ値はトルクセンサの値の変化とともに変化しており, その変化の仕方にはトルクセンサ値と関連性があるように思われる. Table 1 に示すように, トルクセンサ値に対して複数種のセンサを用いて推定を行なった場合の重相関係数を求めたところ各センサ単体で推定した場合の相関係数よりも大き

right leg

(ch1)-(ch7):EMG electrode

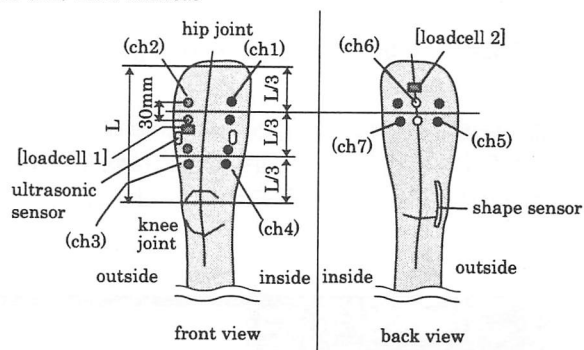
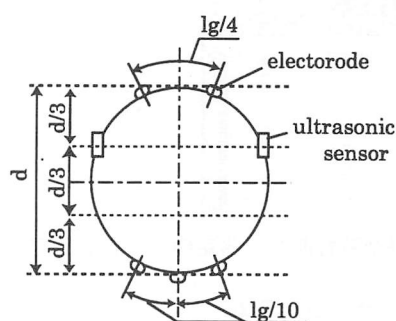


Fig. 2: Position of sensors



lg : girth of thigh on L/2

Fig. 3: Position of sensors (cross-sectional)

な値が得られ、複数種のセンサを使用することによってトルク算出の精度が高まることが示された。

#### 4. まとめと今後の展望

本研究では複数種のセンサを用いた場合に単体のセンサを用いた場合よりも精度の高い筋活動の測定が可能であるか検討を行なった。実験の結果、トルクセンサ値の変化に対して、超音波センサをはじめとするセンサ群が関連して動く部分が見られた。重相関係数を求めると各センサごとの相関係数よりも高いことから、センサフュージョンを用いることで単一種のセンサを用いる場合よりも高精度なトルクの推定が可能になると考えられ、複数種のセンサによる筋活動測定の有効性が示された。

今後は動的な運動に対する有効性の検討、トルク推定システムの構築と、実機へ適用する実験を行なうことが課題となる。

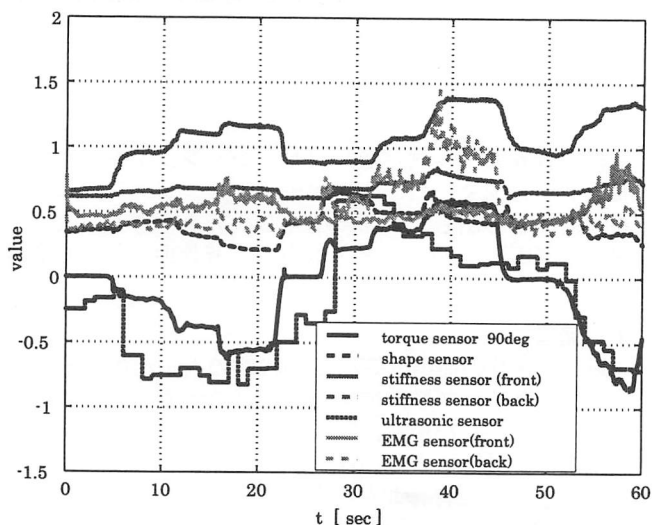


Fig. 4: Relation among sensors at 90deg

Table 1: Correlation coefficient to torque sensor

joint angle [deg]	multiple correlation coefficient	correlation coefficient			
		USMAS	EMG1 EMG2	MSS 1 MSS 2	shape sensor
0	0.93759	0.283	-0.233 -0.214	-0.674 0.799	0.780
30	0.95453	0.855	0.254 0.673	-0.572 0.538	0.910
60	0.94033	0.784	-0.005 0.119	0.246 0.607	0.898
90	0.95990	0.811	-0.606 0.764	-0.061 0.301	0.699
120	0.94444	-0.197	-0.282 0.034	-0.409 -0.852	0.357

USMAS:ultrasonic muscle activity sensor  
MSS:muscle stiffness sensor

#### 参考文献

- [1] 田中, 山口, 諸表, フェン, “ウェアラブルセンサスーツ (第1報)”, 日本ロボット学会創立 20 周年記念学術講演会, 1F24 (2002).
- [2] 櫛田, 田中 他, “装着型増力装置のための超音波を用いた筋情報計測”, 日本機械学会関東支部第7期総会講演会講演論文集, 289-290 (2001).
- [3] T.Tanaka, et al., “Ultrasonic Sensor Disk for Detecting Muscular Force”, International Workshop on Robot and Human Communication (CD-ROM),5A3 (2003).