

平成 22 年 6 月 10 日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2009

課題番号：20700472

研究課題名（和文） フィルム状筋動センサによる意思抽出に関する研究

研究課題名（英文） A Study on Intention Estimation using a Film Muscle Movement Sensor

研究代表者

ト 楠（BU NAN）

独立行政法人産業技術総合研究所・生産計測技術研究センター・研究員

研究者番号：80425743

研究成果の概要（和文）：

本研究では、高齢者や身体不自由者を支援するための生体情報計測センサおよびそのセンサを使って使用者の意思抽出可能なヒューマンインターフェースを開発した。その主要な研究結果は以下の通りである。1、運動意思を抽出するため、フィルム状フレキシブル圧電材料を基に動作中筋の動きを捉えられる筋動センサを開発した。2、適応機能の有する解析・識別アルゴリズムを利用して、筋動センサ信号による意思抽出の手法を開発した。[ 3 ]筋動センサを用いたヒューマンインターフェースを構築した。そして、健常者及び障害者による実証実験を行い、提案手法の有効性を確認した。

研究成果の概要（英文）：

The purpose of this study is to propose a novel sensor for muscle movement measurement, furthermore to develop human interfaces based on this sensor in order to support the aged and the physically handicapped. The results obtained in this study can be summarized as follows: (1) A flexible piezoelectric thin film sensor was developed to measure cross-sectional muscle area changes during movements. (2) A motion classification method was proposed based on neural networks to estimate operator's intention from signals measured with the proposed sensor. (3) A human interface system was then developed, and test experiments have been conducted. The experimental results validate the effectiveness of the proposed method.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学、リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：フィルム状フレキシブル圧電センサ、筋の動き計測、ヒューマンインターフェース、パターン識別、動作推定、医療・福祉、生体医工学

## 1. 研究開始当初の背景

日本では、世界に例の見ない超高齢化社会を迎えており、独居老人などの問題が深刻化しつつある。一方、労働災害や交通事故などによる身体不自由者は数多く存在している。高齢者や身体不自由者のためのヒューマンインターフェース技術は、彼らの自立生活の支援や介護力の補完を実現できるため、医療・福祉などの分野において極めて高い要請がある。

生体信号の一種である筋電位が筋の活動量や人の運動意思などの情報を含んでいるため、筋電信号を用いたヒューマンインターフェースは自然な操作感が実現できる。近年、高齢者や身体不自由者の生活支援などを目的に、筋電制御型インターフェースの研究が数多く行われている。しかしながら、皮膚の表面から計測できる筋電信号は数 mV 程度の微弱な信号で、ノイズの影響が大きいと考えられる。安定した識別や意思抽出を行うには、一定の筋力が必要となる。そのため、使用者の負担や疲労によるデータ特性の変化が問題となっている。また、筋電信号を計測するには皮膚表面に生体電極を装着する必要があるため、使用中の電極のずれ、電解ペーストによる不快感、着脱に手間がかかることなどの問題が挙げられる。使用者の負担が低く、容易に操作を行うことができる新たな筋活動計測手法とそのインターフェース技術が求められている。

一方、身体運動時、骨格筋の伸展と収縮に伴い筋の形状も変化する。例えば、上腕二頭筋は収縮によって筋横断面積が増加する。筋の形状変化は皮膚の変形を通して人の外から観察できる。従来、筋の変形を計測するために、超音波断面計測やエアパックのセンサ技術などが提案されている。これらの方法はセンサ使用の制限、使用者に圧迫感や拘束感を与えるため、インターフェースへの応用が限定されている。非拘束、非侵襲的に筋の動きに伴う形状変形を捉えることができれば、新たな生体情報のセンシング手法を提案するが可能となる。

研究代表者の研究グループがこれまでの研究で、圧電材料を薄膜化し、独自にフィルム状のフレキシブル圧電センサを開発した。従来はシリコンやサファイアなどの単結晶基板上においてのみ圧電薄膜を形成可能であった。我々の研究グループでは、圧電薄膜製作における基板制約の大幅な緩和を達成し、薄いフィルム上に形成した圧電薄膜を実現した。このフィルム状圧電センサは他の圧電材料では達成困難な非常に薄くかつ柔軟

性も保持した圧電センサである。このセンサは一定の面積をもち、高感度の特性を有しているため、微小な圧力変動を計測可能である。また、このセンサは薄さ及び柔軟性ゆえに生体へのなじみが良好であり、生体を拘束することなく、単に接触するだけでその存在を意識されることなく生体情報の取得が可能である。これまでに、このセンサは生体情報用圧力センサとして、血圧の計測や睡眠時の呼吸・心拍計測の研究開発が応用された。また、フィルム状圧電センサは圧力以外、センサの長手方向の伸縮に対する出力も確認されている。このセンサを人の皮膚表面に貼り付けることで、筋の動きによる皮膚の変形も容易に計測可能と考える。

## 2. 研究の目的

本研究では、フィルム状フレキシブル圧電センサを利用して、使用者に負担をかけることなく、筋の動きを非拘束・非侵襲に計測する新しい生体センシングツールを開発するとともに、この筋動センサによる人の意思抽出技術の創出を目的とする。具体的な達成目標を次に列挙する。

(1) フィルム状圧電センサの(長手方向)特性を評価する。

(2) 腕の筋や表情筋を具体対象として、センサの形状、サイズを検討し、その実装方法の提案をする。

(3) 筋動センサ信号による動作識別アルゴリズムの開発。筋動センサの出力より、使用者の動作に対応する筋の動き特徴データの抽出方法を提案する。そして、これらの筋活動特徴に適したパターン識別手法を用いて、使用者の意思を識別する。

(4) 筋動センサを用いて、情報電子機器や家電を操作するヒューマンインターフェースを構築し、実証実験を行う。

## 3. 研究の方法

(1) 筋動センサの特性評価。フィルム状圧電センサ応答の直線性と周波数特性を測定する。センサの長手方向の応答を評価するため、図1の片持ち梁実験を実施する。

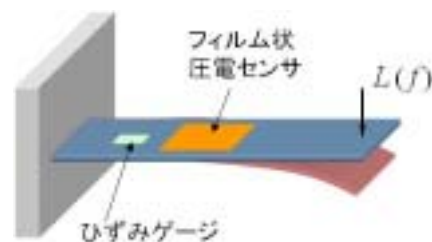


図1 片持ち梁実験

自由端に加える負荷の大きさと周波数 (f) を変化しながら、センサの出力信号を計測する。

(2) センサの取り付け方法の検討。ここで、筋動センサを皮膚の表面に直接取り付けする方法及びに服やサポータなどに付ける方法を考慮する。まず、筋動センサの計測原理を現わすシリンダモデルを構築する。そして、生体組織の特性データとセンサの寸法や機械特性を用いて、有限要素法による数値シミュレーション実験を行い、センサの変形と応力分布を確認する。

また、プロトタイプセンサを試作し、皮膚の表面で筋の動き信号を計測しながら、超音波計測装置を利用して動作中筋の断面画像を連続的に計測する(図2)。超音波画像より筋、脂肪など体組織の境界線を抽出した上、筋の厚み変化を参考信号として計測する。筋の動き状況を筋動センサの出力と比較することで、センサの取り付け位置や固定方法を確認する。



図2 筋動センサと超音波画像の同時計測実験

(3) 筋動センサ信号による動作識別アルゴリズムの開発。生体信号を解析する際、使用者の操作能力と特性などにおける個人差を考慮し、適応的に有意な特徴データを抽出し識別を行う手法が必要である。本研究では、ニューラルネット技術による人間適応機能の有する信号処理・識別解析手法を用いて、筋の動き情報より使用者の意思抽出手法を提案する。

(4) ヒューマンインターフェースへの実装と実証実験。上記の研究結果を踏まえて、筋動センサおよび信号処理・解析アルゴリズムを実際のヒューマンインターフェースに実装し、実証実験を行う予定である。実機実験を通して提案技術の改善点や新たな機能・内容の追加を調べ、センサ設計と信号解析手法開発にフィードバックする。

#### 4. 研究成果

##### (1) 筋の動きに伴いフィルム状フレキシブ

ル圧電センサが長手方向において伸縮するため、筋の動作を反映する電気信号が得られることを明らかにした。その上、フィルム状圧電センサの長手方向のひずみに対するセンサの電圧出力を計測し、センサの直線性と周波数特性(図3)を測定した。このセンサの圧電材料において初めて圧電係数(d31)を調べた。また、センサの信号は増幅に利用されるチャージアンプの周波数特性に影響されることを確認した。そのため、比較的ゆっくりとした人の動き(低周波数領域)に対応したチャージアンプが必要であることを明らかにした。

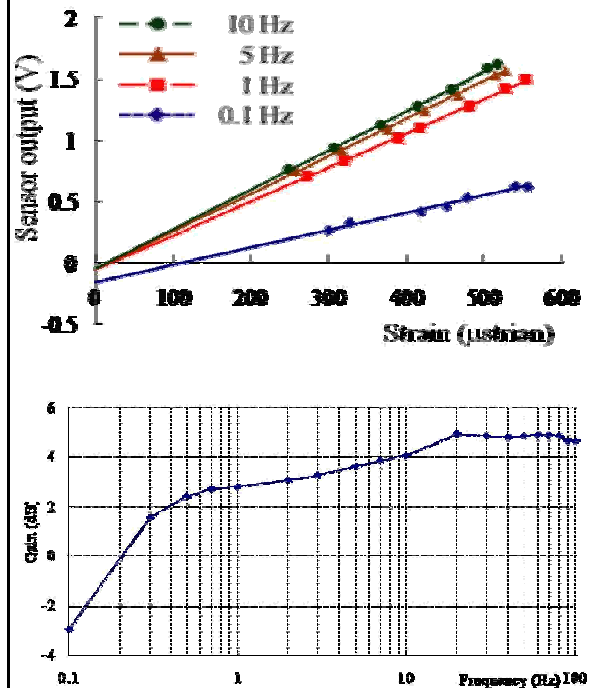


図3 筋動センサの直線性(上)と周波数特性(下)

(2) 筋動センサプロトタイプを試作と取り付け方法の確認。圧電フィルム材料の工夫として、圧電膜自体を異なる厚みで作成し、厚み変化によるセンサ特性の変化を考察した。また、センササイズについて、30×20mmと30×5mmの2種類の筋動センサを試作した。上腕二頭筋と表情筋を対象に計測実験を行った。

上腕二頭筋の計測実験では、提案センサ(30×20mm)を直接皮膚の表面に固定して筋の動きを計測した。同時に、超音波装置による筋の厚み変化の計測を行い、計測結果を比較した。実験結果により、提案センサの出力信号は超音波画像より抽出した筋の厚み変化とタイミング情報において一致することを確認した。しかしながら、筋動センサ信号の振幅情報は筋の厚みとの相関関係が確認できなかった(図4)。

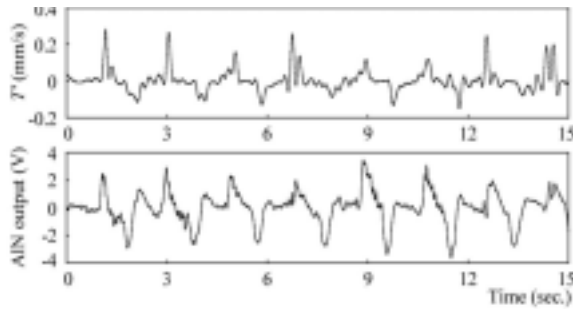


図4 筋の厚み変化速度（上）と筋動センサの出力（下）の一例

また、図5に示されるシリンダモデルを構築し、筋の厚み変化とセンサの出力信号の関係を調べた。そして、上記の計測実験と同じ設定条件で、ANSYSによる数値シミュレーションを行った。シミュレーションの結果によると、筋動センサを直接皮膚に張り付けて計測を行う場合、センサ材料の機械特性と皮膚、筋の機械特性の違いによって、筋の厚み変化に比例する応力とセンサ出力が得られないことを明らかにした。

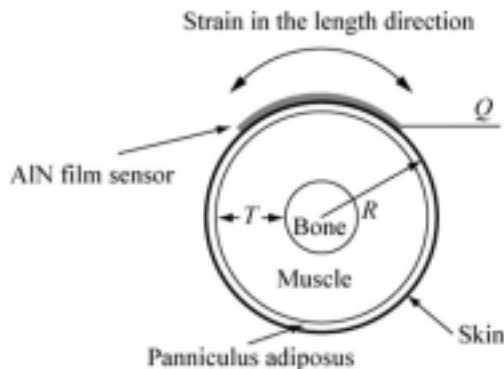


図5 シリンダモデル

さらに、表情筋に筋動センサ（30×5mm）を直接取り付ける場合とマスクにセンサを装着してから使用する場合の実験も行った。同様に、筋動センサの出力信号が筋の動きのタイミング情報を反映可能であることを明らかにした。筋の動きの振幅情報について、実験データとシミュレーション結果を分析し、今後センサの設計に更に工夫を重ねて対応する予定である。

（3）筋動センサによる意思抽出のアルゴリズム開発。計測実験より筋動センサの信号は筋の厚み変化速度に対応することが確認できた。そのため、筋動センサの信号を処理し、積分をすることで、筋の動きデータを抽出する。データ解析の手法として、混合正規分布モデルを内包した確率ニューラルネットワークを用いて、適応的な動作推定手法を提案した。表情筋を利用した動作識別実験では、3動作の識別に成功した。

（4）ヒューマンインターフェースへの実装では、提案センサを顔に取り付け、表情筋の動きを識別し、PCを操作するシステムを構築した。また、実証実験では、提案手法を用いて健常者4名及び脊髄損傷患者1名による操作実験を行った。被験者全員の計測データを90%以上の識別率を実現したことが確認できた。また、構築したインターフェースシステムを使って、PC操作に必要なとするポインター制御や文字入力、HP閲覧など実生活にある条件での検証も行って、提案手法の有効性を確認した。

### 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔学会発表〕（計2件）

Nan Bu, Osamu Fukuda, Naohiro Ueno, and Masahiro Inoue, "A preliminary study on detection of muscle activity using a flexible AIN piezoelectric thin film sensor," Proc. of the 2009 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, Dec. 21, 2009, Guilin (CHINA), pp. 944-948. 査読有

Nan Bu, Junpei Tsukamoto, Naohiro Ueno, Keisuke Shima, and Toshio Tsuji, "Measuring muscle movements for human interfaces using a flexible piezoelectric thin film sensor," Proc. of the 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Aug. 22, 2008, Vancouver (CANADA), pp. 112-116. 査読有

### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

卜楠 (BU NAN)

独立行政法人産業技術総合研究所・生産計測技術研究センター・研究員

研究者番号：80425743

(2) 研究分担者

( )

研究者番号：

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：