

# 超薄型柔軟膜を用いた貼付け型ヒューマンインタフェースの研究開発 (132107006)

Sticking type human interface using ultra-thin stretchable sheet

## 研究代表者

平田一郎 兵庫県立工業技術センター

Ichiro Hirata Hyogo Prefectural Institute of Technology

## 研究分担者

中本裕之<sup>†</sup>

Hiroyuki Nakamoto<sup>†</sup>

<sup>†</sup>神戸大学

<sup>†</sup>Kobe University

研究期間 平成 25 年度～平成 27 年度

## 概要

柔軟膜のヒューマンインタフェースとしての基盤を整備するため、「(1) 柔軟膜伸長センサの電極パターン条件抽出」「(2) 計測プラットフォームの開発」「(3) ヒューマンインタフェースとしての適用性の評価」「(4) マトリックタイプの伸長センサの衣服・身体への適用と可視化システムの構築」「(5) 新たな柔軟インタフェースの創出」の 5 点を実施した。本研究開発により、デザインの自由度や柔軟性を付与した新しいインタフェースに関する知見を得ることができた。

### 1. まえがき

本研究開発は、伸長により電気特性が変化する超薄型の柔軟膜を用いた貼付け型ヒューマンインタフェースの確立を目的として実施した。貼り付けるのみで容易に構成可能である点、さらにはその薄さとしなやかさを活かし、装着中の衣類や伸長変化の計測によって、締め付けの評価や運動自体を入力とできる点で、ヒューマンインタフェースの多様化とコミュニケーションの充実を目指した。

### 2. 研究開発内容及び成果

#### 2.1. 伸長センサの電極パターン条件抽出

電極の形状と厚さの条件が伸長センサの出力に与える影響について評価した。伸長の方向に対して形状の異なる伸長センサを 9 種類 (横 10 mm で縦 10、20、30、40、50 mm、縦 10 mm で横 20、30、40、50 mm)、5%刻みで 10 回分、50%伸長率まで伸長させて計測・評価した。形状の異なる 9 種類の伸長センサを 50%伸長させた場合の実験結果から、伸長の方向に関わらず面積の 2 乗に対して静電容量が比例することを確認した (図 1)。

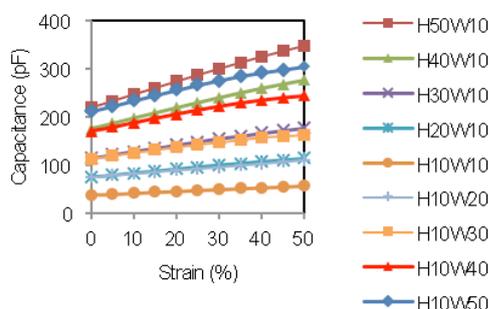


図 1 9 サンプルに対する伸長と静電容量の関係

#### 2.2. 計測プラットフォームの開発

伸長センサの静電容量は数十から数百 pF と小さい反面、電極の抵抗値が 1kΩ 以上もある。そこで、安定的に計測するために伸長センサの電気的特性を考慮した計測プラットフォームを設計し、最速 1ms のサンプリングタイムを実現した。

#### 2.3. ヒューマンインタフェースとしての適用性の評価

関節に貼り付けた伸長センサの静電容量から運動している時の関節角度を算出するため、伸長センサを被験者の肘部に貼り付け、モーションキャプチャで計測した「肘部の関節角度」と「伸長センサの静電容量」を比較した。実験の結果から、肘部の屈曲に伴い伸長センサの静電容量も変化していることが確認でき (図 2)、伸長センサを関節部位に貼り付けることで、容易に関節角度を計測できた。

実験結果をもとに、関節角度の変化状況を容易に確認できるタブレットアプリケーションを開発した (図 3)。

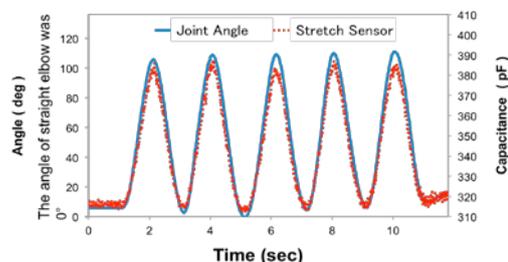


図 2 関節角度と静電容量との関係

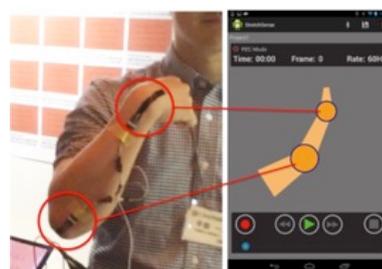


図 3 関節角度の計測アプリケーション

#### 2.4. マトリックタイプの伸長センサの可視化システム構築と衣服・身体への適用

マトリックタイプ伸長センサは、計測点が格子状に並んでいる。そのため、計測点毎の伸長状態を確認しにくい。そこで、伸長状態を容易に確認するための可視化アプリケーションを製作した (図 4)。

さらに、衣服の伸長状態と衣服圧との関係について実験した。脚型の衣服圧計測マネキンを用いて静電容量と衣服圧の定量評価を行った後、3人の被験者が着用した「伸長センサ付きサポーター」の静電容量から衣服圧を算出した(図5)。3回ずつの計測の結果、誤差は0.2 kPa以下となり、計測レンジを10 kPaとした場合の誤差率が目標値の10%よりも小さな値となった。

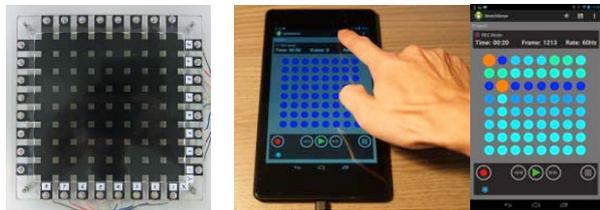


図4 マトリックスセンサ(左)と、マトリックスセンサ用の可視化アプリケーション(右)

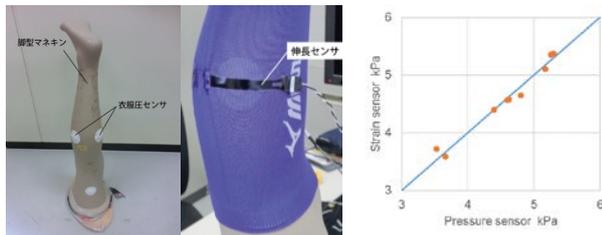


図5 衣服圧計測マネキン及び伸長センサの貼り付け位置(左)と、被験者着用時の衣服圧と静電容量の比較(右)

## 2.5. 新たな柔軟インタフェースの創出

物体に伸長センサを貼り付け、物体に変位を与えることで伸長センサの静電容量が変化する。そこで、変位が生じる点を作用点とした場合、伸長センサの伸びから作用点の変位を推定することが可能であると推定した。この仮定を検証するため、回転式のレバー型の入力デバイスを試作して検証実験を行った(図6左)。伸長センサは、レバーの底部と土台の4隅にそれぞれ固定した(図6右)。

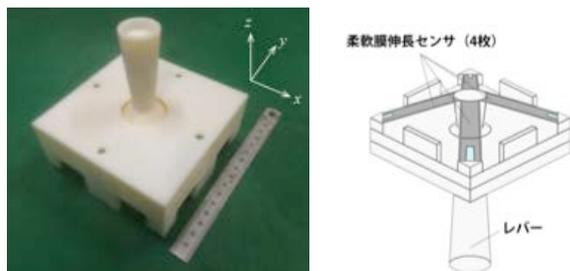


図6 製作した入力デバイス(左)と、伸長センサの貼付け位置(右)

「伸長センサの伸び量」と「レバー底面部の変位」の関係からレバーの回転量との関係はレバーの長さから幾何学的に求めることができた。レバーの回転角度のレンジの30°を5段階(6°)の分解能をもつインタフェースとした場合、2.8°はその分解能の半分以下の誤差である。したがって5段階とした場合は100%の確率で正確に入力を識別することが可能である。この条件において入力認識率95%は達成できた。ただし、実際のところ2.8°が人間の感覚からは十分小さいためアナログのインタフェースとして滑らかで意図通りの入力ができる。これらのから、人間の入力装置としては十分な精度を備えるインタフェースが容易に作成できることを確認できた。

## 3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

本研究で製作した伸長センサは、ヒューマンインタフェースデバイスとしての利用を想定している。これまでであったキー入力式のインタフェースに対して形状デザインの自由度や柔軟性を付与した新しいインタフェースを容易に製作でき、そのもの自体の利用やインタフェースデザインの応用を想定している。さらに、伸長する特性を利用して、衣服への適用を検討している。これは、単なる衣服の伸長による締め付けの評価にとどまらない。これまで一般的であった「カメラを用いた計測手法」では難しかった「衣服等で隠れている皮膚等」の動きの計測、運動中の動作の計測、さらにその運動の計測結果を入力信号として利用することも考えられる。これらは、健康に関する分野やノンバーバルなコミュニケーションに関する分野の研究開発へ応用が可能である。触覚センサとしてロボット分野へも適用できる。今回研究した伸長センサインタフェースは、センサともなり得る基礎的な技術であるため、関連する分野以外の分野においても広く展開が可能であり、大きな波及効果が期待できる。

## 4. むすび

本研究により、カメラでは計測の難しい隠れた部分の動作計測、さらにその運動の計測結果を入力信号として利用することが可能となった。さらに、デザインの自由度や柔軟性を付与した新しいインタフェースを提案することができた。これらは、健康に関する分野やノンバーバルなコミュニケーションに関する分野の研究開発へ応用が可能である。

### 【誌上发表リスト】

- [1]Hiroyuki Nakamoto, Hideo Ootaka, Mitsunori Tada, Ichiro Hirata, Futoshi Kobayashi and Fumio Kojima, "Stretchable Strain Sensor with Anisotropy and Application for Joint Angle Measurement", Sensors Journal IEEE Vol.16 No.10 pp3572-3579 10.1109/JSEN.2016.2535489 (2016年2月26日)
- [2]Ichiro Hirata, Hiroyuki Nakamoto, Hideo Ootaka, Mitsunori Tada, "The flexible interface using a stretch sensor", 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics Vol.3 pp845-859 (2015年11月15日)
- [3]Hiroyuki Nakamoto, Hideo Ootaka, Mitsunori Tada, Ichiro Hirata, Futoshi Kobayashi, Fumio Kojima, "Stretchable Strain Sensor Based on Areal Change of Carbon Nanotube Electrode", IEEE SENSORS JOURNAL Vol.15 No.4 pp2212-2218 (2015年4月)

### 【申請特許リスト】

- [1]中本裕之、大高秀夫、静電容量型センサ、及び歪み計測装置、日本、2014年4月1日
- [2]中本裕之、別所侑亮、大高秀夫、静電容量型センサシート及びセンサ装置、日本、2015年5月

### 【受賞リスト】

- [1]中本裕之、大高秀夫、平田一郎、多田充徳、小林太、小島史男、第16回公益社団法人計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会優秀講演賞、「異方性をもつ柔軟膜ひずみセンサの開発」、2015年12月
- [2]平田一郎、第10回日本感性工学会春季大会優秀発表賞、「伸長センサを用いた感性デバイスの検討」、2016年3月26日