

MEMS デバイスを用いた猫背矯正装置の開発

理数科 2 年 鷹薮琥太郎 ポアゼイヴィア龍穂

要 約

我々は、MEMS デバイス（微細加工技術によって集積化されたデバイス）を用いて姿勢の変化を捉え、猫背と判断した場合にサーボモーターで衣服内のロープを巻き取るという動作を行う装置を開発した。本論文はその装置の概要と研究開発の過程について記したものである。尚、一部都合上、再度データを取り直したものもある。

ABSTRACT

We will develop a device that detects changes in posture by detecting pressure in the waist area using a MEMS device (a device integrated with microfabrication technology), and when it determines that the user is hunched over, it uses a servomotor to wind up the rope inside the garment.

1. 序論

実に日本人の 90%は猫背であるという事実が最新の研究によって判明している。（要出典）日本人だけに限らず、産業や文明の発達により体を動かさずとも満足いく生活が可能になった今、猫背である人の数は世界中で増加している。だが、その現状に多くの人々は危機感を抱いておらず改善策を打とうとする姿勢も見られない。猫背は血流を悪化させ、頭痛や肩こり、最悪の場合は脳梗塞など重篤な事態に至るまでの危険性を持つ。そして、学生や会社員にとっては作業効率を低下させる原因にもなる。猫背人口の増加は個人への影響にとどまらず、学校や企業など社会的集団へも被害を与えるのだ。この現状を我々は非常に重く捉えている。しかし、そうは雖も猫背に常に気を配るのはストレス指数を増加させてしまい本末転倒になりかねない。そこで、意識せずとも猫背を改善する利器を生み出す意を決した。

2. 研究内容

【2-1. フォースセンサー】

はじめに、使用するフォースセンサー（ALPS ALPINE・HSFPAR004A）の圧力検出上の特性を調査した。実験方法は安定電源装置を用いてセンサーに直流 3.3 V を加え、検出部分に以下の素材を用いて圧力をかけるというものである。

素材 1：指

素材 2：ポリエチレン樹脂（プラスチックとして）

素材 3：アルミニウム板（金属として）

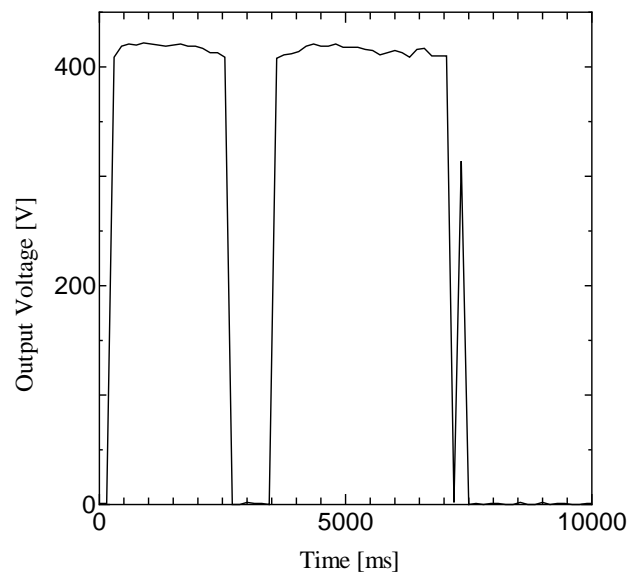
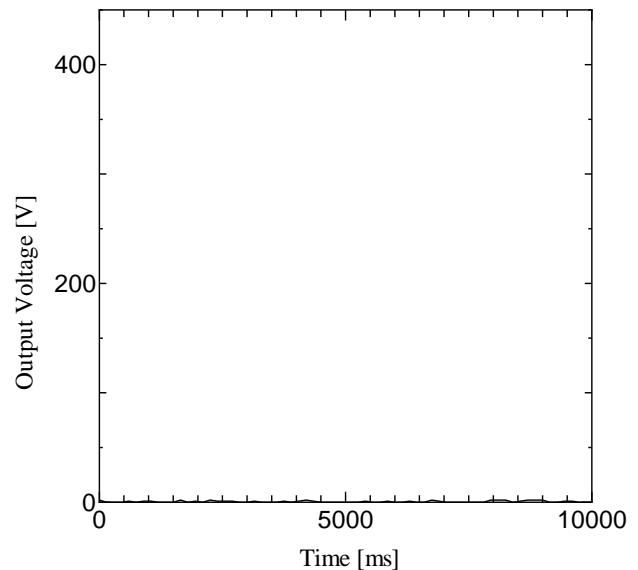
それぞれの場合の出力値を以下にグラフで示した。グラフを見てわかるように直接指で押しても大きな変化は見られなかった。ポリエチレン樹脂と金属の場合ははっきりとした変化が見られたためこれらの素材を用いて独自に接触部を拡張することとした。

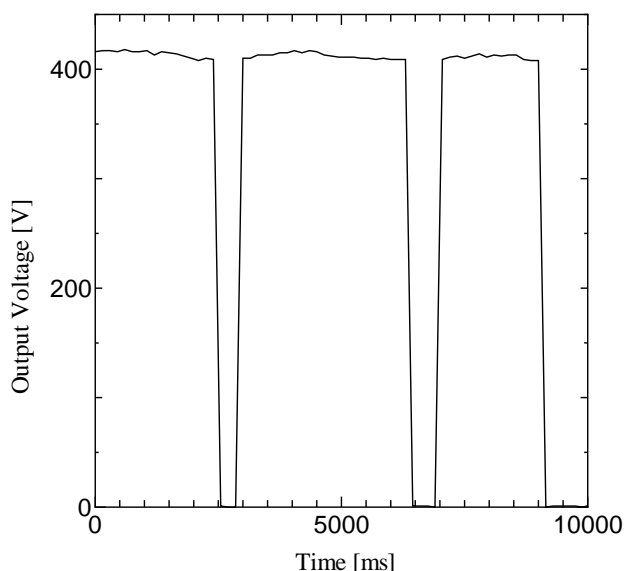
次にこの拡張パーツを使用して行った姿勢の検出結果について述べる。実験方法はセンサーの配置と装着方法を変え、猫背になった際の出力値の変動を比較するというものである。

1. タオル
2. タオル（上部固定）
3. タオル（上部下部固定）
4. 綿
5. 綿（上部固定）
6. 綿（上部下部固定）

以上の素材にフォースセンサー5 つを装着し、姿勢の変化によるセンサーの出力値の変化を以下のグラフに示した。見てわかるように、どの場合も大きな変化がなく、

安定して数値を出力できていないことがわかる。





この結果を元に我々は、通常腰に巻くベルトの内側にセンサーを装着して実験を行った。この場合のセンサーの出力値を以下にグラフで示す。この方法の場合、姿勢の変化を正確に捉え、値を出力できていることがわかる。よってこの方法を実際のアプリケーションに採用することとした。

続いてセンサーの信号計測について述べる。今回使用したセンサーは圧力の変化に応じて2つの端子から差動電圧が出力されるが、その変化はごく微小であり、そのままでは処理しにくい。計装アンプ（ANALOG DEVICES・AD623）を用いた差動増幅回路を構成した。計装アンプから出力される電圧を Arduino マイコンボードの A/D コンバータを用いてデジタル信号に変換し処理を行う。

【2-2. 加速度センサー】

フォースセンサーに加え、首元の角度を検出するために加速度センサーを搭載することにした。使用上は3軸となっているが、ここでは首の前後の傾きのみを測定するため、y 軸のみを使用した。加速度センサーもフォースセンサー同様、出力信号を Arduino で A/D 変換し処理を行う。

Arduino の A/D 変換（計 6ch）は 0~5V の電圧を 10 ビットの数値に変換する。1 サンプルに要する時間は約 100 μ s である（出典：Arduino.cc）ため、すべてのセンサーのサンプリング周波数はおよそ 10 kHz である。

【2-3. 巻き取り機構について】

次に矯正を行う巻取の機構について述べる。巻取はサーボモーターを用いて行う。従来は PWM (Pulse-Width パルス幅変調制御) を用いて回転角度を制御しようと考えていたが、我々が行った実験（ファンクションジェネレータを用いてモーターに任意の幅のパルス信号を送り、パルス幅と回転角度の関係を調べる）では、安定したパルス（ファンクションジェネレータと別途、オシロスコープで計測）を送っているにもかかわらず回転が不安定になる場合があった。具体的には逆回転が起きる場合や、回転が停止しない場合である。よってこの方式を人体に用いるのは保安的な観点で危険だと判断し、ハードウェアシリアル信号を用いて正確な回転制御を行う方式に変

更した。今回は、サーボモーターは KRS-2542R2HV ICS（近藤科学）を使用した。同社からダウンロード可能なサーボモーター設定ソフトウェア（ICS3.5-3.6manager）を用いて以下の項目を一意に設定した。（表）

また「回転モード」をオンにし、角度の制限なく回転できる設定にした。

電流制限は既定値の 200mA を使用した。実際に紐を使って上体を起こした実験では、回転速度の設定値は 80 が適切であるとわかったためその設定を使用した。それ以外は規定の値を使用している。

サーボモーターと Arduino は、近藤科学製の ICS 変換基盤を介して接続している。

【2-4. プログラム】

プログラムは全て Arduino IDE を用いて Arduino 言語で記述している。実際のプログラムは近藤科学から提供されている簡易的なサーボ制御プログラムに変更を加える形で記述した。実際にコンパイルして動作させても先行研究*1 のような処理速度の低下は認められなかったため実際のアプリケーションでも Arduino を使用することとした。プログラム処理のフローチャートを以下に示す。フォースセンサーまたは加速度センサーで一定以上の値が出力された場合のみサーボモーターを回転させるというものである。（実際のプログラムは GitHub のリポジトリで公開している。以下アドレス...）

【2-5. 差動増幅回路の構成】

回路を構成する際、マニュアルのとおり設計すると、オフセット調整抵抗 2 本、増幅率調整抵抗 1 本が別途必要になるが、独自に行った実験では、オフセット調整抵抗を排除しても、基準電圧（圧力がない状態で出力される電圧）がなくなるだけで計測上の問題はないと判明したため、小型化のためにこの 2 本の抵抗を排除した。今回は、増幅率調整抵抗（数値が小さいほど増幅率が上がる）は確実に検知するため 0 Ω ジャンパーを使用しているが、今後は抵抗率を上げてより精密な測定を行いたい。これらを踏まえた差動増幅回路（1 ユニット）の回路図を以下に示す。電源-GND 間には安定のため 0.1 μ F の積層セラミックコンデンサを接続している。

【2-6. 全体の回路構成】

以下、全体の回路図を示す。

回路図は KiCad を用いて作成し、実際の基板は秋田職能短大の基板加工機をお借りして製造した。

3. 結論

研究内容を簡潔にした要約ではなく、「結論」として書くこと。また、今後の課題もここに含まれる。

【3-1. 研究成果】

当初の想定とはセンサーの配置が異なるものとなったが結果としてより良い測定結果を元に矯正を行うことができた。

【3-2. 今後の課題と展望】

〔計測部〕

ジェスチャーセンサーなどを搭載し、より高精度に姿勢の変化を検出できるようにする。

〔制御部〕

Arduino を排除し、ワンチップマイコンでのメモリー制御を行うことでさらなる小型化を図る。

国際イノベーションコンテストに出場した際に、バッテ

リー容量はより小さいものでもいいとの助言をいただいたためその件についても検証を進める。

〔新機能の付加〕

Bluetooth モジュールを搭載して猫背の際にスマートフォンなどのデバイスに通知を送信できる機能も付加したいと考えている。

4. 謝辞

機材提供，技術指導して頂いた秋田職業能力開発短期大学校の遠藤裕之教授，中村俊也講師に心より感謝の意を表します。

5. 参考文献