

要 約

上位交差症候群(以下, 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. その改善を謳う既存製品の大半は, 矯正状態を常時維持するメカニズムであるが, それは着用者に多大なストレスを与えかねない. そこで, 加速度センサーとフォースセンサーの両方を用いて正確なセンシングを行い, そのデータをもとにアクチュエーターから短時間で負荷を軽減した矯正を行うシステムを開発した.

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ったものである. 素材1:指, 素材2:ポリエチレン樹脂(プラスチックの一例として), 素材3:アルミニウム板(金属の一例として)結果は, 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に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. タオルやベルトなど複数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計測したが, 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かった. この結果を元に, 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. この場合は姿勢の変化を正確に捉え, 値を出力できていた. 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なため, 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】

この装置には, 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. 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変換し処理を行う仕組みである.

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サンプリングに要する時間は約 $100 \mu s$ である(Arduino.ccより)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(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)を送っているにも関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, 回転速度や電流制限などを一意に設定した.

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動作させても, 情報2班で行っている先行研究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は, 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.

【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(基準電圧を決める抵抗)が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, 姿勢の変化を確実に検知するため増幅率調整抵抗(数値が小さいほど増幅率が上がる)は 0Ω 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. 電源-GND間には電圧安定のため $0.1 \mu F$ の積層セラミックコンデンサを接続している.

3. 結論

【3-1. 研究成果】

当初の設計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る装置となった. また本装置は国際イノベーションコンテスト iCAN'22において, その実用性, 新規性などが評価され, 国内大会で1位を獲得した.

【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.