

1. 緒言

高齢社会の進展に伴い、病院や福祉の現場で高齢者や女性の作業従事者が増えている。その中で使用される福祉機器は、スイッチによる ON・OFF 動作で、動きも予め決められた設定速度によるものがほとんどであり、必ずしも使いやすいものとなっていない。

このような背景から、本研究は介護リフトを対象に、操作が分かり易く、人の操作感覚に合わせて動作するデバイス技術の開発を目標とした。

本年度は、3 年計画の 3 年目として、各要素それぞれについて装置の試作を行い、実際の介護リフトに適用して性能確認を行ったので報告する。



図2 マルチスイッチ

2. 介護リフトの高機能化

研究目標のデバイス技術を用いた介護リフトの構成を図 1 に示す。このデバイス技術は、既存の介護リフトに付加するインタフェースシステムであり、(1)接触型インタフェース、(2)制御装置、(3)FPGA 回路の 3 つの部分から構成される。

(1)接触型インタフェースは、介護者の操作意志や操作力などの操作信号を検出する部分、(2)制御装置は、操作信号を CPU ボードで処理しアクチュエータを制御する部分、(3)FPGA 回路は、インタフェースシステムの安全装置となる部分である。

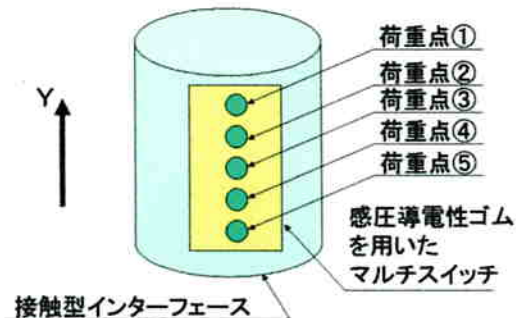


図3 位置検出実験

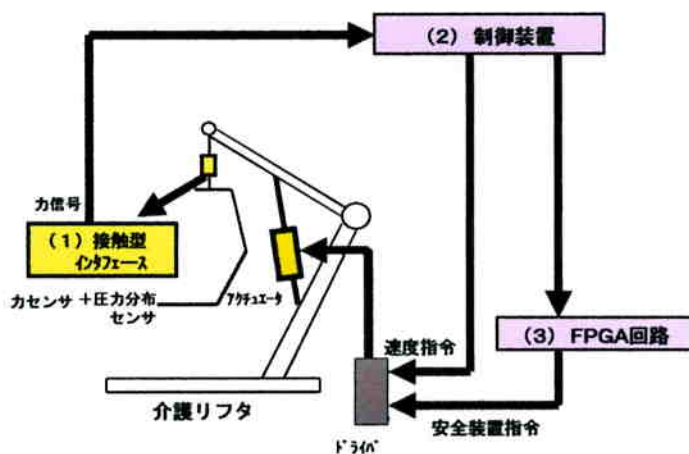


図1 介護リフトの構成図

2.1 接触型インターフェース

接触型インターフェースとして感圧導電性ゴムを用いたマルチスイッチ¹⁾を試作して実験を行った。試作したスイッチは図 2 のように円筒形の握り部に感圧導電性ゴムを用いたマルチスイッチを貼り付けたものとなっている。感圧導電性ゴムを用いたマルチスイッチは分布荷重

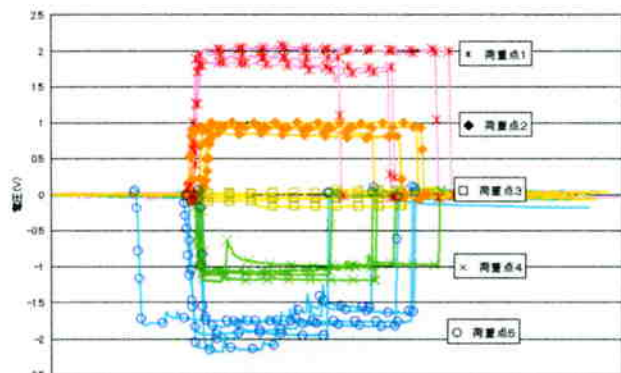


図4 位置検出実験結果

の中心位置を電圧として出力するものである。²⁾そこで図 3 のように、スイッチ Y 軸上の 10mm 間隔の 5 点を一定の力で押した場合の Y 軸方向位置を示す電圧を測定した。その結果を図 4 に示す。各 5 点の位置を示す電圧値は、ばらつきが見られるが、荷重点①、②と荷重点④、⑤は明確に分離できる。このことから握ったまま操作するスイッチとして、十分使用できることがわかった。

アクチュエータの速度制御については、歪みゲージを用いた Y 軸方向力センサ³⁾にて行った。

*システム応用部

アクチュエータの操作性に関する接触型インタフェースの実験には、便宜上Y軸方向力センサに薄型の既存接点スイッチを組み合わせたものを使用した。リフタの昇降実験は接触型インタフェースへ上下方向の力を加えたときの歪みを電圧信号として取り出し、それをアクチュエータの操作信号として実施した。

2.2制御装置

本年度は、DC モータとボールねじから構成されたアクチュエータとコントローラの試作を行い、実際の介護リフタに適用して制御装置の性能確認を行った。

アクチュエータの仕様は、市販の福祉機器に対する調査、及びベッドから車椅子への移乗等の使用状況を考慮して、昇降速度 2 ～ 6m/s、ストローク 430mm、最大荷重 175kg とした。これらを基に、DC モータ、ボールねじ等の仕様を決定し、MATLAB/Simulink によるシミュレーションを行い、アクチュエータの特性を確認した。

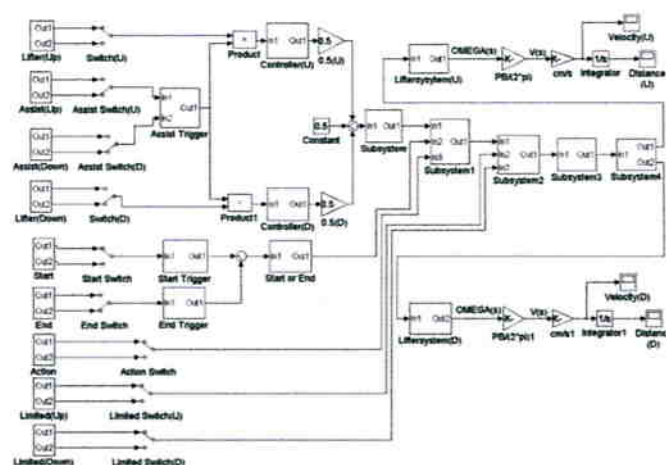


図6 ブロック線図(MATLAB/Simulink)

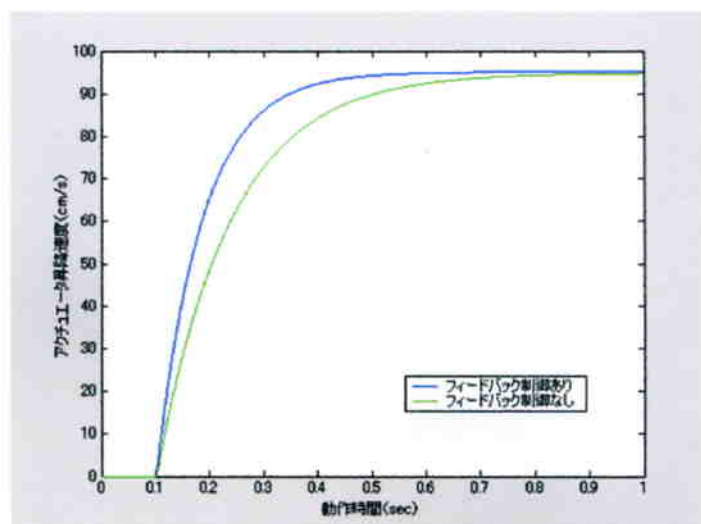


図7 ステップ応答

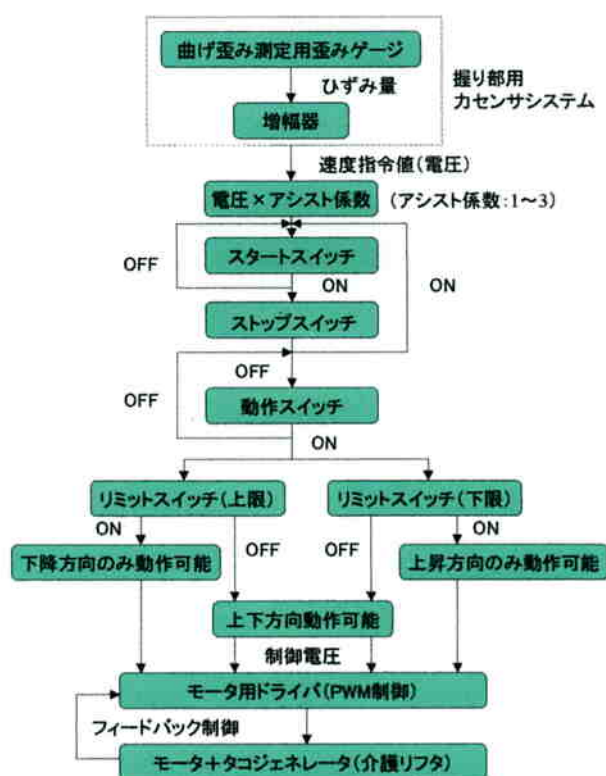


図5 制御フロー

MATLAB/Simulink によるシミュレーションによる制御フローを図5、及びブロック線図を図6に示し、ステップ応答を図7に示す。なお、アクチュエータの昇降速度は、モータ用ドライバ出力電圧が 24 (V) の場合最大で 0.93m/s となると想定された。

性能確認実験は図8に示すように試作したアクチュエータをリフタに取り付け、dSPACE/MicroAutoBox を用いて行った。使用したコントローラは図6のブロック線図を基に dSPACE/MicroAutoBox 用に変換した図9の制御アルゴリズムを使用した。制御方式は、このコントローラの出力信号をモータドライバに出力するものである。



図8 アクチュエータ

接触型インタフェースの操作信号の入力から制御電圧、モータ用ドライバ出力電圧までの信号の流れを図10に示す。図10より、制御電圧、モータ用ドライバ出力

The block diagram illustrates a fuzzy logic controller for a ship's motion. It features several input sensors: Lateral (Sensor), Yaw (Sensor), Roll (Sensor), Pitch (Sensor), Heave (Sensor), Surge (Sensor), Sway (Sensor), Heave (Sensor), Surge (Sensor), Sway (Sensor), Heave (Sensor), Surge (Sensor), and Sway (Sensor). Each sensor's output is processed by a corresponding fuzzy inference block (e.g., Fuzzy Lateral, Fuzzy Yaw, etc.). The outputs of these blocks are then combined in a final fuzzy inference block to produce a crisp output signal.

2.3FPGA回路

```

graph TD
    START([START]) --> ON_SW{ON_SW=1}
    ON_SW -- YES --> ON_SGN0_1{ON_SGN=0}
    ON_SW -- NO --> ON_SGN0_2{ON_SGN=0}
    ON_SGN0_1 -- YES --> ON_SGN0_2
    ON_SGN0_1 -- NO --> ON_SGN0_2
    ON_SGN0_2 -- YES --> RELAY_OFF([RELAY_OFF])
    ON_SGN0_2 -- NO --> KEEP_SW{KEEP_SW=1}
    KEEP_SW -- YES --> UPPER_LIMIT{UPPER_LIMIT=1}
    KEEP_SW -- NO --> ON_SGN0_2
    UPPER_LIMIT -- YES --> LOWER_LIMIT{LOWER_LIMIT=1}
    UPPER_LIMIT -- NO --> Fv25_1{Fv>2.5}
    Fv25_1 -- YES --> ON_SGN0_2
    Fv25_1 -- NO --> LOWER_LIMIT
    LOWER_LIMIT -- YES --> RELAY_ON([RELAY_ON])
    LOWER_LIMIT -- NO --> Fv25_2{Fv<2.5}
    Fv25_2 -- YES --> ON_SGN0_2
    Fv25_2 -- NO --> LOWER_LIMIT
  
```

図 12 FPGA プログラムのフロー

安全装置の回路構成を図 11 に示す。図 11 に示される CPLD と表示されたものが FPGA 回路の部分である。構成は、FPGA 回路、スタート/ストップスイッチ、動作スイッチ、上限、下限のリミットスイッチ、及びモータドライバへの入力信号を遮断するリレーからなっている。FPGA プログラムのフローは図 12 のようになる。まず、スタート/ストップスイッチ(ON_SW)の ON/OFF を確認する。ON ならばドライバへの出力の可・不可(ON_SGN の 1,0)を切り替える。次に動作スイッチ(KEEP_SW)の ON/OFF を確認する。そして、上限、下限のリミットスイッチを確認する。上限、下限のリミットスイッチが OFF(UPPER_LIMIT=1,LOWER_LIMIT=1)ならそのままモータへの信号を出力する。リミットスイッチが ON のときには操作信号を確認し、上限リミットの場合はリフトを上げているとき、つまり、 $F_v > 2.5V$ のときにはモータへの信号を出力せず、下げているときにはモータへの信号を出力する。下限リミットの場合はその反対になる。

以上のような構成で安全装置を試作し、動作の確認を行った。スタート/ストップスイッチ、動作スイッチについては、それぞれ入力信号に対してきちんと動作することを確認できた。また、上限、下限のリミットスイッチについては、次のような結果が得られた。

図 13 はリミットスイッチ（上限）とドライバへの出力電圧の関係を示す。今回は入力信号 0 ～ 5V に対して出力信号は± 5V になるように設定してある。

入力信号が 2.5V より大きいときリフトを上方向に動かそうとしているときであり、このときリミットスイッチが働くとドライバへの信号が OFF になる。入力信号が 2.5V より小さくなるとリフトを下方向に動かそうとしている状態なので、ドライバへの信号が ON になる。同様に図 14 はリミットスイッチ（下限）とドライバへの出力電圧の関係を示す。入力信号と出力信号の関係は上限のリミットスイッチと同様であり、下限のリミット

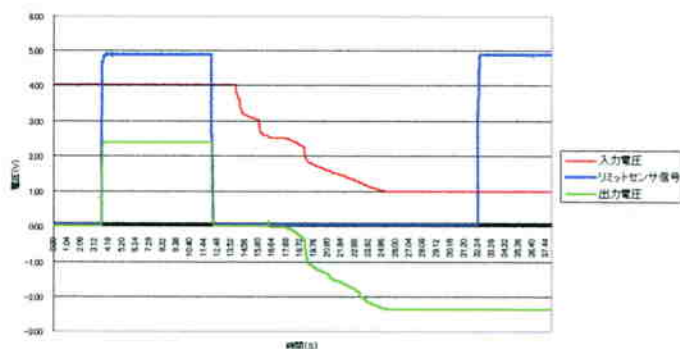


図 13 リミットスイッチ（上限）と出力信号

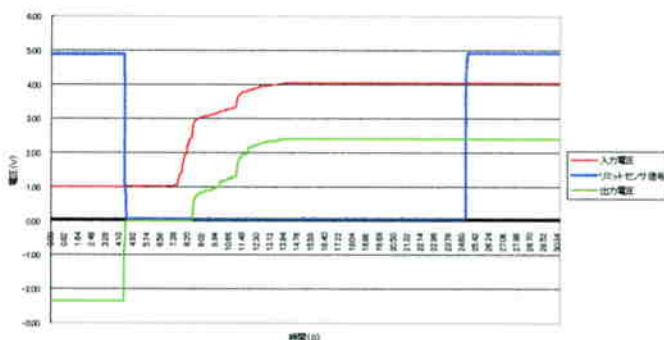


図 14 リミットスイッチ（下限）と出力信号

スイッチが働いているときにリフトを下方向に動かそうとすると、ドライバへの出力信号が OFF となり、上方向に動かすとき、つまり入力信号が 2.5V よりも大きくなるとドライバへの出力信号が ON になる。

なお、スタート／ストップスイッチと上限、下限のリミットスイッチの入力信号は、FPGA 内でチャタリング防止回路を通すことで、より安定した動作ができるようにしてある。

3. 結言

平成 13 年度から開始した「福祉機器の高機能化に関する研究」は、操作が分かり易く、人の操作感覚に合わ

せて動作するデバイス技術の研究開発を行ってきた。この研究開発の結果、最終年度となる本年度は以下の成果が得られた。

- (1) 接触型インタフェースは、握り部用力センサを採用することにより、介護者の操作意志や操作力などを操作信号として、的確に出力することができた。
- (2) FPGA 回路は、アクチュエータの可動制限やスタートスイッチ、エンドスイッチ、動作スイッチを採用することにより、介護者による誤作動等を軽減する安全装置を開発することができた。
- (3) 上記の成果をインタフェースシステムとしてまとめ、図 15 に示すように、既存の介護リフトに適用することができた。



図 15 インタフェースシステム

参考文献

- 1) 平野，佐川，高島，若生，福祉機器の高機能化に関する研究 第2報（2003）
- 2) 石川，下条，感圧導電性ゴムを用いた2次元分布荷重の中心位置の測定方法，計測自動制御学，Vol.18，No.7，730-735（1982）
- 3) 佐川克雄，3軸力センサシステムおよび動力操作装置（特願 2001-254939）