

令和4年度 公益財団法人北海道学術振興財団助成事業報告書

助成事業の名称：視線入力を用いたセルフケアロボットシステムの開発

1. 目的と概要

筋萎縮性側索硬化症(ALS)や脳性麻痺などの神経難病により重度の肢体不自由を負ったとしても、その身体的障害をテクノロジーで低減し、可能な限り日常生活動作(ADL)における物理的活動の自由を実現したり、社会参画の機会を与えて就労自立が可能な共生社会を創ることで、生活の質(QOL)の向上を図るとともに、介護者の負担を軽減することが求められている。そこで本研究では、当事者が視線入力装置を用いて腕の機能を代替するロボットアームを操作し、支援者に頼ることなく、機械システムとの融合により身の回りのケアに自ら対処することが目的である。具体的には、コミュニケーションツールとしての使用も考え、注視時間に対する影響や身体的疲労を考慮し、入力に視線の軌跡、その識別に機械学習を用いて入力時間の短縮と眼筋疲労の軽減を目指す一方、在宅使用を想定し、当事者との接触も踏まえた安全性の確保に配慮するため、ソフトロボティクスに基づくロボットハンドを導入してシステム開発を行った。

2. 実施内容

1) 視線入力部

視線入力装置に eye tech 社製の TM5-mini を用いた意思伝達部分のシステム構成を図1に、使用したスクリーンキーボードを図2にそれぞれ示す。このキーボード上で、使用者が伝えたい言葉の文字列を繋ぐように視線を移動させ(図2の赤丸と直線は「おはよう」の例)、その軌跡を画像化する。その画像データを訓練済みの学習器に入力して対応する言葉を推定し、それを音声で出力して会話者に伝える。ここでは日常生活で頻繁に使われる言葉の文字列を対象とした。

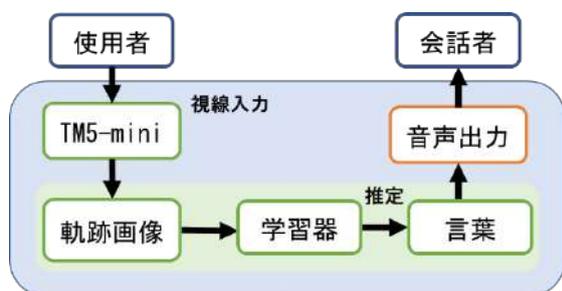


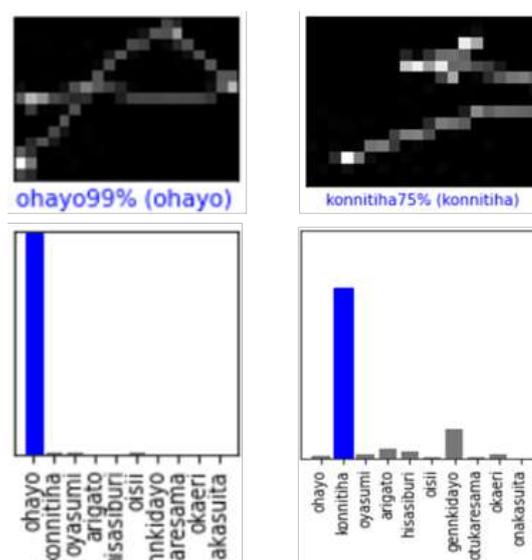
図1 意思伝達システム構成



図2 使用したスクリーンキーボード

本研究では、学習器を作成する際に、対象文字列の視線移動による軌跡画像を学習データ、それに対応する言葉を正解ラベルとするデータセットを用い、ニューラルネットワークによる学習を行った。学習に用いた入力データは軌跡画像であるが、対象文字列の特徴を抽出しやすくするために、視線の揺れも含めて画像のリサイズや階調付けを行った。実際には、「おはよう」「こんにちは」などの10種類の日常生活用語を用い、それぞれ10回ずつ視線移動の座標を取得した。

本研究では、あらかじめ収集したデータセットを用いる教師あり学習にて分類を行い、ネットワークモデルは入力層、中間層、出力層の3層で構成した。訓練済みの学習器を用いて「おはよう」と「こんにちは」のテストデータ画像を対象とした時の正解率と確率分布を図3に示す。この結果より、「おはよう」は正解率が99%と高いが、「こんにちは」は75%とやや低かった。しかし、正解率が低い場合でも、確率分布からわかるように、最大値に基づいて予測した結果は正解と一致していることから、分類が可能であると言える。なお、その他の用語の正解率については、すべて上記の値の範囲



(a) おはよう (b) こんにちは

図3 予測と正解率

に入っていることも確認できた。

2) ロボットハンド部

在宅でのロボットの利用においては、当事者との接触等が常に起こりうる環境であり、把持したい対象物などもさまざまな形状をしていることから、それぞれに対応するためにソフトロボティクスを基本とした。全体のシステム構成を図4に示す。視線入力による操作指示に基づき、ロボットハンドが動作する方式である。当事者の腕に相当するロボットアームには、図5に外観を示すRT Corporation製の「CLANE-X7」を使用した。さらに、ロボットハンド部は、使用者の安全性を考慮して蛇腹状の構造を用いたゴム素材のエラストマで作製し、圧縮空気を送り込むことによる変形を利用した空気圧アクチュエータを装着することで、把持等の動作を行う。その外観を図6に示す。

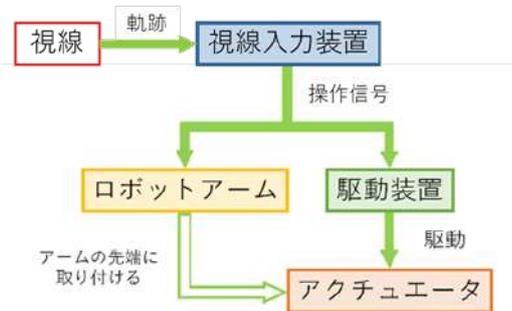


図4 ロボットシステムの構成



図5 CLANE-X7



図6 空気圧アクチュエータ

図5のCLANE-X7の先端部（エンドエフェクタ）と空気圧アクチュエータには互換性がないため、継手を製作して装着を行う必要があった。そこで、装着可能なリンク機構を用いた継手を製作した。その構造を図7に示す。原理として、先端部が駆動すると、リンクの従動節（図7の赤色と青色の箇所）がパンタグラフのように収縮し、左右の空気圧アクチュエータ（黄色の箇所）の内角を 90° ～ 180° で調整できるようになる。これにより、把持する物体の大きさに合わせて空気圧アクチュエータを駆動し、把持部の大きさを変化させることができるため、さまざまな形状への対応が可能となる。また、ロボットアームとの接続部はワンタッチでロック解除ができ、簡単に着脱することが可能である。製作した空気圧アクチュエータおよび継手を用いて物体の把持が可能なかを検証した結果、図8に示すようにペットボトルの形状を把持できることが確認できた。しかし、アクチュエータと継手を合わせた重量がロボットアームの可搬重量を超えており、ロボットアーム自体の動作を正常に行うことができない状況となった。

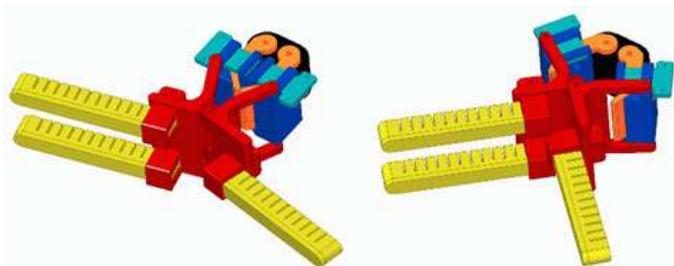


図7 製作した継手の構造

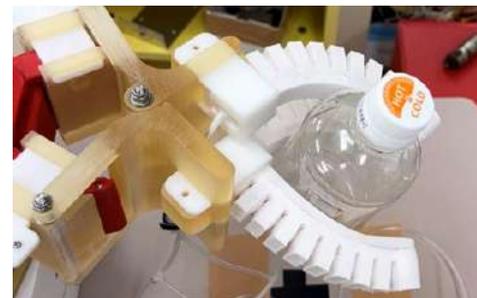


図8 ペットボトルを把持している様子

3. 成果と今後

本研究では、ニューラルネットワークモデルの学習器を作成し、入力に視線軌跡を導入することで、入力時間の短縮や疲労感の軽減を目指し、機械学習を用いた軌跡入力の手法を考案した。結果として、分類する用語数は少ないが、入力した軌跡画像を正しく識別できる学習器とともに、システムのフレームワークを作成することができた。現在はオフライン処理であるため、今後はリアルタイムでの画像分類や項目による選択にも対応できるように、システムの拡張を検討する予定である。

また、全体としては在宅使用を想定したセルフケアロボットを目指しており、ロボットハンドに装着する構造で把持動作ができる機構を考案した。今後については、継手の材質を今回使用した光硬化性アクリル樹脂からABSなどに変更することで軽量化を進める一方、視線入力との連携やロボットアームの制御の確立、圧力と把持する力との関係などを定量的に検証し、実用に向けた検討を行う予定である。