

意思伝達装置のための高機能入力インターフェイスに関する研究

長崎大学大学院生産科学研究科

田中 基大

人体の運動に関する神経と筋肉の接合部の異常により発症する病気である筋萎縮性側索硬化症(ALS: Amyotrophic Lateral Sclerosis)、脊髄小脳変性症、パーキンソン病などの神経難病は、精神・知的機能は正常であるが、運動機能が徐々に失われてゆく病気であり、現時点では日本国内で十数万人の人々がこれらの病気に苦しめられている。特に、ALSは他の神経難病に比べ進行が非常に早く、効果的な治療法も確立しておらず、特別な延命措置を講じるケースを除いて、発症から死亡までの期間が3~5年と言われている。

ALSが発症すると、患者は徐々に身体の筋力が低下していき、寝たきり状態となり家族や介護者による手助けが必要になってくる。さらに、手や指などの細かい動作機能までも低下し、食事動作や家電機器の操作等も困難となる。症状がより進行すると人工呼吸器が必要となり、その結果、発声ができなくなり会話はもちろん、自分の身体に異常を察知した場合に介護者を呼ぶことも困難になる。そのような重度のALS患者の意思伝達問題に対処するために、コンピュータを利用する意思伝達装置が開発されている。

しかしながら、患者が意思伝達装置を使用するのにあたり大きな問題となるのが、意思伝達装置と使用者との入力インターフェイスである。重度の障害を持つ多くの患者は入力インターフェイスとしてタッチスイッチや呼気スイッチを使用している。しかし、難病患者において症状はさまざまであり、これらの入力インターフェイスでは、感度が不足している。機器の調節や設置に過度な負担を要求する。誤動作が頻繁に発生する等の理由により、実際には使用できない場合も多く報告されている。このため個々の患者の状況に応じて利用可能な入力インターフェイスの開発が望まれている。

本研究では、ALS患者に着目し、個々の患者の状況に応じて利用可能な3種類の入力インターフェイスを提案した。これらの入力インターフェイスを、既存のタッチスイッチや呼気スイッチと組み合わせて、個々の患者の状況に応じて使い分けることで、これまで利用が困難とされていた多くのALS患者の意思伝達を可能とすることができた。提案した入力インターフェイスは実際に製作し、長崎県内の重度ALS患者に長期的に適用し、その有効性を検討した。また、意思伝達装置を長期間に安心して使用するには、信頼性の高い機器の製作に加えて、機器のトラブルや不具合への速やかな対応が可能な、意思伝達装置の維持管理体制が必要であり、そのような体制を医療介護関係者と工学技術者等とが連携し構築する仕組みについても検討した。

第1章では、ALSに代表される重度の障害をもつ患者意思伝達の必要性について述べる。さらに既存の意思伝達を支援する装置について述べ、それらの装置で使われる既存の入力インターフェイスでは、感度不足や過度な負担を伴う設置作業等が原因で、利用が困難となっているさまざまな状況について述べる。そして、本論文の目的は、意思伝達装置が利

用困難となっている難病障害に対して有効な入力インターフェイスを提案することとしている。最後に、本論文の構成を述べる。

第2章では、既存の意思伝達装置の入力インターフェイスについて検討し、その問題点を明らかにして、望まれる入力インターフェイスの仕様について述べる。さらに、その仕様を満足する入力インターフェイスとして身体の動きを画像で検出するスイッチング方式、LED マークと画像を用いたポインティング方式、加速度センサを用いた方式、ロータリーエンコーダを用いた方式について提案する。

身体の動きを画像で検出するスイッチング方式は、ビデオカメラを用いて、動かすことができる身体の連続画像から差画像を計算することで意図的な動きを検出している。差画像に独自の処理を施すことで、周囲環境からの外乱光の除去や無意識の身体の動きによる誤動作を積極的に減らす工夫がなされている。

LED マークを利用するポインティング方式は、患者の動く部位に取り付けた LED マークをビデオカメラで撮影し、その2次元的な動きを取得し、その動きに応じて意思伝達装置を操作することで、速やかな意思伝達を実現している。

加速度センサを用いた方式は、コンパクトな加速度センサで、身体の動きを傾斜角の変化として測定し、得られたデータを処理することで意図的なスイッチング動作を検出している。また、傾斜角情報を用いて2次元のポインティングを行う方式について述べている。

ロータリーエンコーダを用いた方式は、皮膚に押し当てた微小なローラとその回転角を検出するセンサを用いて、皮膚の微小な動きを測定し、位置的な身体の動きを検出している。

第3章では、長崎県内の ALS 患者 T 氏について紹介し、長期間に渡っての意思伝達装置の適用結果について述べる。T 氏の病状の進行に応じて加速度センサを用いたスイッチング方式からロータリーエンコーダを用いた方式の入力インターフェイスに切り替えることで、患者の病状に応じて適切な意思伝達装置の利用が可能であったことを述べる。この結果についての評価・考察も述べる。

第4章では、長崎県内にいる ALS 患者 Y 氏について紹介し、画像で検出するスイッチング方式を用いる意思伝達装置の適用結果について述べる。極めて微小な身体の動きが検出可能であり、入力インターフェイスとして有効に機能したことを述べる。その結果を考慮し、この方式に対する評価・考察を述べる。

第5章では、長崎県内にいる ALS 患者 N 氏と O 氏について紹介し、加速度センサや画像を利用するインターフェイス方式の適用結果について述べる。これらの方式は、意思伝達の入力手段として有効に機能したことを述べる。また、これらの方式に対する評価・考察を述べる。

第6章では、提案する複数の入力インターフェイスの特徴や適用条件について検討した結果について述べた。さらに、意思伝達装置を長期間に適用したことから得られた意思伝達装置の維持管理の仕組みについての検討結果について述べた。最後に、本論文のまとめを述べた。