

【研究背景】

製造業における技術者の高齢化・人手不足が進んでいるため、熟練技術者の技巧継承への支援が重要となっている。特に巧みや技が要求される手指動作は重要であり、データグローブ等を用いた動作の定量化研究が報告されている。しかし、従来手法では現場使用に対する制約があるため、非侵襲な方法で手指動作を可視化・データ化する手法の開発が求められている。

【研究目的】

本研究の目標は指動作時の腕の筋肉の変化に着目して、腕周りの圧力を測定することで、指動作を推定する手法を開発する。また圧力センサを円環状にすることで設置位置に依存しない測定システムを目指す。

【実施内容】

- 我々のアイデアを基に、以下に示す事項を大学・高専連携で実施する。
- ・16ch圧力センサ出力を高速で取得可能な計測システムの開発
 - ・得られた圧力センサから各指対応信号を分類する信号処理方法の構築
 - ・更に力の入れ具合を時系列変化として推定できるアルゴリズムの構築
 - ・研究成果を当該分野の国際的な会議や国内学会にて公表すること

【期待される成果】

- ・熟練者の巧みな技を定量的に記録することができるシステムの構築
- ・法人として大学と高専の連携を強化して、有能な技術者育成を実現
- ・専攻科(実践力)と大学院(創造力)の学生のグローバル化を促進

【研究体制】

都立大・長谷研究室及び下川原研究室とのミーティングを頻繁に行うと共に、国際会議の概要作成や発表内容について、大学院生を中心とした指導を受ける。更には、研究室間の交流を盛んにして、お互いの研究推進の良い点を学び取る。



図1 熟練技術者による作業例



データグローブ
<http://www.nihonbinary.co.jp/>

図2 従来の手指動作検出

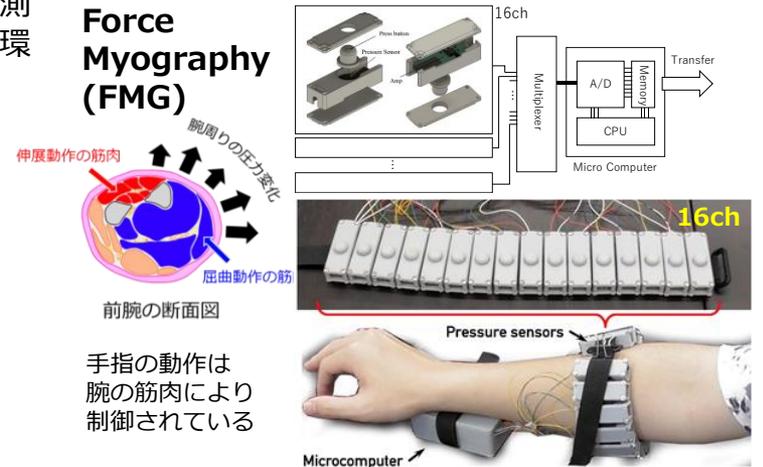


図3 本研究のアイデアと開発した計測システム

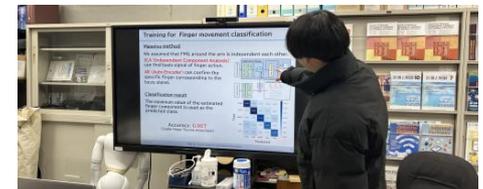


図4 都立大でのプレゼン練習の様子

【研究成果】

本研究では手指動作を行う際の腕周りの圧力変化を深層学習することで、指動作や力の量を正確に推定することができる手法を開発した。実際に市販の圧力センサを16ch分用いて、自作の増幅及びA/D変換回路を経て、パソコンへ100kHzの速度で転送可能である。

評価結果として、指動作推定においては、各指をそれぞれ単独屈曲した場合の指の特定精度は平均で約86.0%であり、単一指の動作ならばかなり高い精度で推定が可能となった。

また、指先にかかる力の量の推定においては、指での押し下げ力の推定を検証した。0~20Nの範囲でXYZ各軸方向に力を掛けたときの腕圧力変化を取得し、学習には3D-CNNを採用した。このネットワークは時系列処理が可能であり、逐次変化も推定可能である。結果、実際の押し下げ力に対して、誤差約10%以内の精度で力の推定が可能となった。

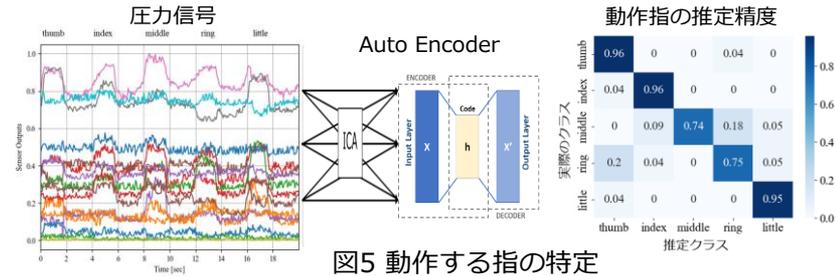


図5 動作する指の特定

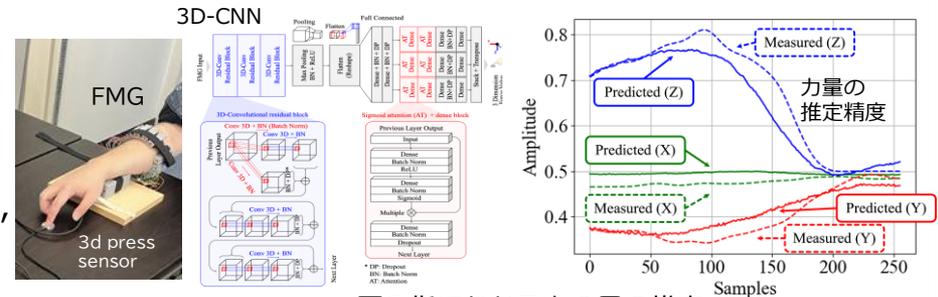


図6 指にかかる力の量の推定

【育成成果】

腕周りの圧力変化から手指動作の推定を行う本研究を、都立大の支援を受けて短期間で実施することができた。また、その成果を国際会議で発表して、海外の研究者からも客観的指導を受けることができた。代表学生は専攻科を修了し、今後は都立大大学院で研究継続する道に至る育成成果も得ている。

【業績】

- [1] Tomoo Kikuchi, et. al., International Symposium on Community-centric Systems and Robots, poster, Japan(Feb, 2025).
- [2] Tomoo Kikuchi, et. al., The 31th International Display Workshop, JAPAN(Dec, 2024). **[Best Demonstration Award]**
- [3] 菊地友央他, 第34回 日本保健科学学会学術集会, Vol.27, O-5, p.13 (2024.10, 東京). **【口頭発表 優秀賞】**
- [4] Tomoo Kikuchi, et. al., 19th International Symposium on Computer Methods in Biomedical Engineering, CANADA(Aug. 2024).

【今後の予定】

今後は開発したシステムを技術伝承の暗黙知定量化などに適用することで、技術立国日本におけるノウハウの定量化などに適用していく所存である。また本手法は手指動作のリハビリ支援などにも適用可能なため、応用範囲の拡大を進めていく。