

医療機器操作における 習熟度と運動情報の関連性に関する研究

村上 拓也¹ 石橋 優祐² 武藤 伸洋²

概要：現在，臨床工学技士の需要が増加傾向にありその育成においては医療機器の操作方法を効率的に習得することが課題であり，医療機器操作の習熟度を定量的に評価する必要がある．しかし現在は習熟度を操作歴や勤続年数で判断しており操作の計測による定量的な指標はない．そこで本研究では医療機器操作時の運動情報に着目して習熟度の定量評価指標を検討した．その方法として，医療機器操作者の両手首に9軸情報センサ，頭部に視線センサを装着し機器操作時の加速度，角速度や視線移動速度，視線位置データ等を取得し，これらの運動情報と操作時間との相関を導出する．また，本論文では従来研究にて手作業で行っていた作業対象を注視した時間の操作時間における割合の解析の自動化について検討した．具体的には視線センサで撮影した映像から Canny 法を用いて注視対象の輪郭を検出し，面積および形状から注視対象を判定してその中に注視位置が入っているかを解析する．実験は機器操作の未経験者 15 人を対象に実施した．その結果，手首および頭部の運動情報に関しては強い相関は得られなかった．注視位置の自動取得について，注視対象の判定ができた 7 人分のデータについて解析したところ操作時間と注視時間割合に強い相関を確認した．

A study on relevance between proficiency level and exercise information in medical device operation

TAKUYA MURAKAMI¹ ISHIBASHI YUSUKE² SHIN-YO MUTO²

1. はじめに

現在，医療機器の高度化により，医学的・工学的な知識をもち医療機器の操作や保守，点検を行う臨床工学技士の需要が増加傾向にある [1]．ここで，図 1 に示した臨床工学技士養成課程履修者への技術習得度に関するアンケート結果によると，履修者の約半数が実習後に機器の操作はできずと感じており，できると答えた学生は全体の 2%しかいないことが分かる．また，習得が困難な理由としては実際に操作していないからできない，実習期間が短いといった回答がされている．このため，臨床教育の規定の実習期間において効率的に医療機器の操作方法を習得することが必要である．効率的な操作方法の習得のためには操作習熟度の評価が必要だが，現在までは医療機器操作の習熟度は

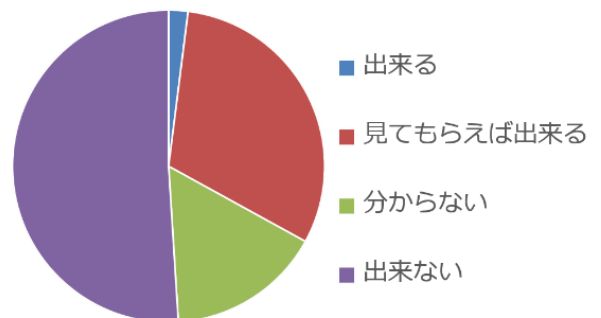


図 1 医療機器操作の習得度に関するアンケート結果 [2]

操作歴や勤続年数で判断していたため，習熟度を実際の操作を計測して定量的に評価する指標はなかった．そこで本研究では医療機器操作を効率的に学習できる環境の構築の

¹ 日本大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Nihon University
² 日本大学工学部
College of Engineering, Nihon University

ため、医療機器操作における習熟度の定量評価指標について検討した。

これまでの作業習熟度の定量評価に関する研究として、無線加速度センサを用い自動車運転時の運動情報を計測し運転技能の特徴抽出を試みた研究 [3] や、看護業務における運動情報を計測し看護履歴を作成するために必要なデータを自動的に収集する研究 [4] がある。また、本研究室では 9 軸情報センサと視線センサを装着し、医療機器を操作し両手首と頭部の加速度、角速度や視線移動速度、視線位置を抽出し習熟度を定量評価する研究が行われている。その中で視線センサが撮影した映像から作業者が見ていた位置を解析し、作業時間の減少と操作パネルを確認する時間の増加に相関があることを確認している。しかし、作業者が見ていた位置の解析は視線センサが撮影した映像を見ながら操作者が操作パネルを見ていた時間を手動で計測していたため解析に時間がかかることや、ミスが生じる可能性がある。そのため、今年度は操作教示用プリント注視時間割合の自動取得化について検討した。

本論文では、医療機器の操作教示用プリントの注視時間割合の自動取得を目指し、昨年と同様のセンサを使用して医療機器操作時の運動情報を計測した。そして、画像認識を用いた教示用プリントの注視時間割合の自動取得結果および操作時間、操作回数と計測した各種運動情報の標準偏差との関係についての解析結果を報告する。

2. 運動情報計測システム

これより本研究にて提案する運動情報計測システムの概要および操作教示用プリント注視時間の自動取得手法について述べる。

2.1 運動情報計測システムの概要

図 2 に運動情報計測システムの概要を示す。本システムでは両手首に 9 軸情報センサ TSND121(ATR-Promotions 社)、頭部に視線センサ Tobii Pro Glasses 2(トビー・テクノロジー社)を着用し医療機器操作時の運動情報を計測する。運動情報として 9 軸センサでは両手首の 3 軸加速度、3 軸角速度、3 軸地磁気、視線センサでは 3 次元視線位置、2 次元視線位置、頭部の 3 軸加速度、3 軸角速度を計測する。このデータは PC に送信され、操作中の映像とあわせて同期して記録することができる。9 軸情報センサの大きさは高さ 12 × 横 37 × 幅 46mm、重さ 22g であり、視線センサの大きさはヘッドユニットが高さ 179 × 横 159 × 幅 57mm、重さ 45g、レコーディングユニットが高さ 130 × 横 85 × 幅 27mm、重さ 312g である。両センサとも内蔵バッテリーで稼働する。記録した各運動情報と視線情報は映像、音声と合わせ、医療機器操作中の動作を解析する。図 3 に各センサの座標系を示す。

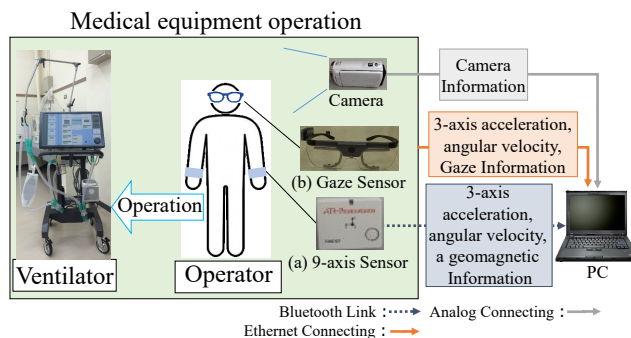
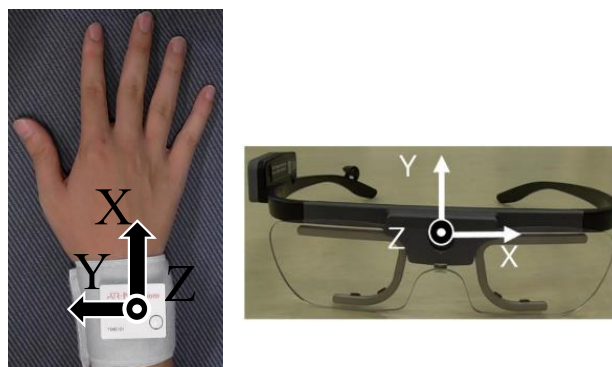


図 2 運動情報計測システム



(a) 9 軸情報センサ

(b) 視線センサ

図 3 各センサの座標系

2.2 操作教示用プリント注視時間の自動取得

操作教示用プリント注視時間の自動取得手法について、OpenCV を用い教示用プリントの注視位置の判定システムを構築した。図 4(a) に視線センサから得た映像、(b) に 2 値化処理後の映像、(c) に注視位置描画後の映像を示す。注視位置の判定では、まず視線センサで撮影した動画を Canny 法を用いてフレーム毎に 2 値化し輪郭検出を行う。次に検出した輪郭内の面積を算出し、一定以上の面積を持つ輪郭の場合に矩形かを判定する。そして矩形の場合を教示用プリントとして認識し、その中に注視位置が入っているかを判定した。

3. 医療機器操作時の運動情報計測実験

本実験では、運動情報計測システムを用いて人工呼吸器のパネル設定値操作を対象に運動情報の計測実験を実施した。図 5 に選定した人工呼吸器 (Ventilator 740, Medtronic 社) の外観と操作パネルを示す。これより実験方法および実験結果について述べる。

3.1 実験方法

実験は人工呼吸器の設定値を変更する操作を対象とした。主な動作は操作パネルのボタン押下とノブの回転である。被験者には事前に操作手順を説明し、人工呼吸器の上に操作教示用のプリントを設置して操作者が適宜操作手順



(a) 視線センサが撮影した映像

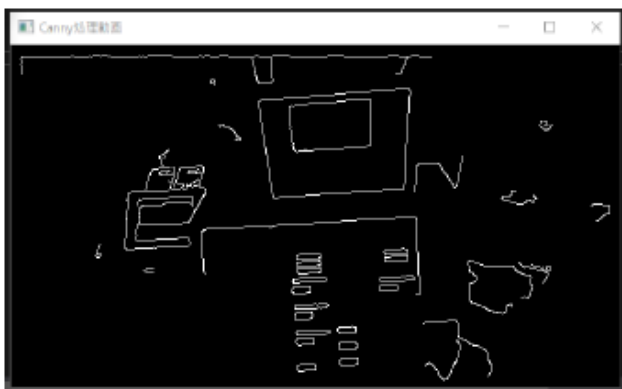


(a) 外観

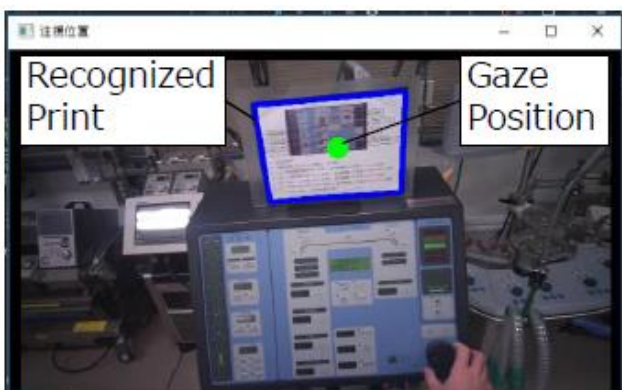


(b) 操作パネル

図5 人工呼吸器



(b) 二値化処理後の映像



(c) 輪郭検出と注視位置の描画

図4 教示用プリント注視判定システム

を確認しながら操作を行った。被験者は15人とし1人につき10回の機器操作時の運動情報を計測した。計測した運動情報の解析について、操作時の頭部および両手首の加速度、角速度より平均値と標準偏差を算出した。また、視線センサから撮影した被験者視点の実験中の映像とその時

の注視位置のデータを取得し、操作教示用プリントの注視時間を解析した。本実験は、日本大学工学部倫理審査委員会の承認を得て実施した(承認番号 2017-04(2018年度継続承認済み))。

3.2 実験結果

図6に操作回数 N_{OP} と操作時間 T_{OP} の関係を示す。また、プリント内注視時間割合 R_{GT} について、図7に操作回数との関係、図8に操作時間との関係を示す。図6より、実験回数の増加に伴い操作時間は減少し、被験者全員の操作時間の減少率は平均で53.4%だった。また、図7におけるプリント内を注視した時間の割合の取得は、解析中の動画を見ながらプリントが認識できているか目視にて確認しながら行った。プリントの注視位置の自動取得について、被験者15人分のデータのうち2人分のデータでは視線計測の校正ができなかったため13人分のデータについて解析した。その結果プリント内の注視位置の自動取得は被験者13人中7人のデータで取得でき、6人では映像内のプリントが認識できない時があった。このため、図6および図7には7人分の解析結果を記載した。プリントが認識できない原因として、プリントの一部しか視線センサで撮影できる範囲になく、教示用プリントと判定できる一定の面積より小さくなってしまったことが考えられる。図7より、操作回数を重ねることでプリント内を注視する時間の割合が減少していることが分かる。また図8より操作時間と注視時間割合の相関係数 R は0.72とかなり強い相関があることを確認した。これは操作を重ねるごとに操作手順やボタンの配置を理解し、操作教示用プリントの確認回数が減少したためと考えられる。

また、表1に操作時間と手首及び視線・頭部の運動情報の標準偏差との相関係数を示す。手首の運動情報標準偏差と操作時間の相関では右手首Z軸角速度標準偏差における

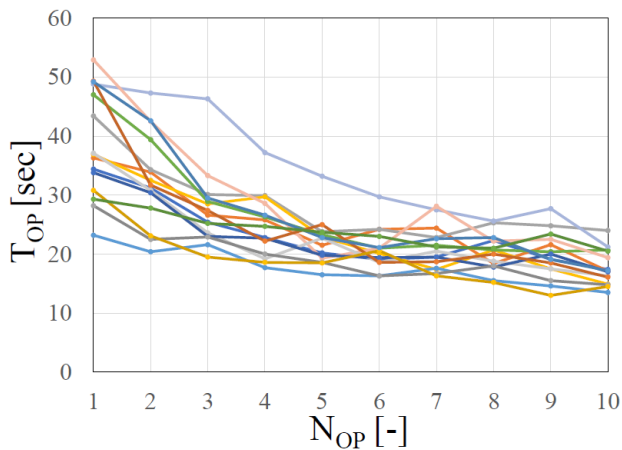


図6 $N_{OP}-T_{OP}$

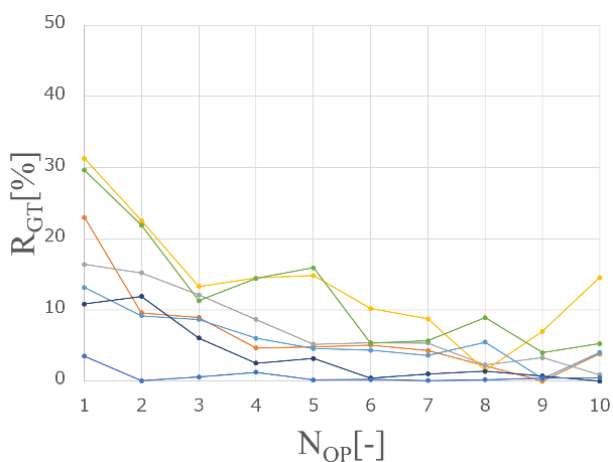


図7 $N_{OP}-R_{GT}$

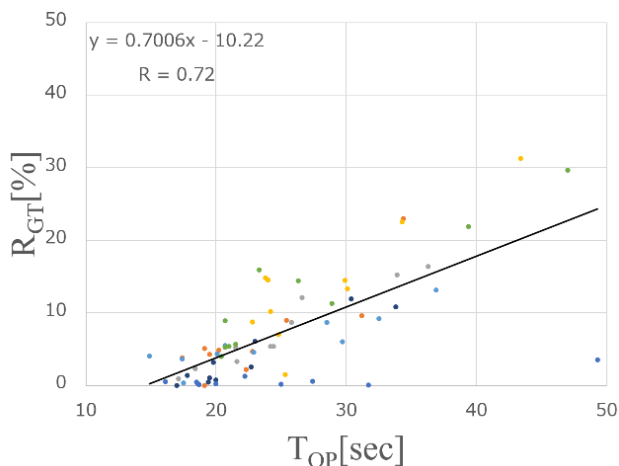


図8 $T_{OP}-R_{GT}$

相関係数 R の-0.36 が最大となり弱い相関があることが分かった。また、視線の運動情報標準偏差と操作時間の相関では Y 軸の 2D 視線位置における相関係数 R の 0.46 が最大となりやや相関があることが分かった。

表 1 操作時間と各運動情報の標準偏差との相関係数

		X 軸	Y 軸	Z 軸
右手首	加速度	-0.13	-0.25	-0.01
	角速度	-0.32	-0.36	-0.37
左手首	加速度	-0.005	-0.008	-0.14
	角速度	-0.24	-0.16	-0.15
頭部および視線	2D 視線位置	0.001	0.46	-
	加速度	-0.16	-0.25	0.35
	角速度	0.45	0.15	-0.15

4. おわりに

本論文では、臨床工学技士の需要増加に対し効率的に医療機器操作を学習できる環境の構築のため、9 軸情報センサ、視線センサを用いた運動情報計測システムにより医療機器操作時の運動情報を計測し操作習熟度を定量的に評価する手法を提案した。また、本手法において従来は手動で解析していた医療機器操作時の操作対象注視時間割合の算出について、画像認識を用いて操作教示用プリントの注視判定システムを構築し操作時間における操作教示用プリントの注視時間割合の解析の自動化を試みた。実験では人工呼吸器のパネル設定値操作時の両手首と頭部の運動情報及び視線の移動、注視位置、被験者視点の映像を計測した。計測した運動情報から平均値、標準偏差、また操作時間中における操作教示用プリントの注視時間の割合を解析した。その結果、手首、頭部の運動情報の標準偏差と操作時間の相関では強い相関は得られなかった。また教示用プリントの注視時間割合の自動取得について、13 人中 6 人のデータで映像内のプリントが認識できない時があった。この原因として視線センサで取得した映像における教示用プリントの面積減少が考えられる。プリントが認識できた 7 人分のデータでは操作時間の減少と操作教示用プリントの注視時間の割合の減少に強い相関を確認し、作業の習熟に関連があるとの見通しを得た。今後は、画像認識手法を検討し教示用プリントの認識精度の向上や人口透析器などの他の医療機器の操作や別の運動情報と習熟度の関連性について検討する。

参考文献

- [1] 田村省三 (2010):” 臨床工学技士誕生から 20 年-業務拡大と専門認定制度について-”, 東亜大学紀要, 第 11 号, pp.83-87.
- [2] 金子麻衣 (2007):” 臨床工学技士養成課程の学生における手術室 (人工心肺) 実習の現状”, 体外循環技術, vol.34, No4, pp305-308.
- [3] 多田昌裕, 他 (2007):” 加速度センサを用いた行動計測に基づく運動動作解析手法”, 情報処理学会インタラクシオン.
- [4] 桑原教彰, 他 (2003):” ウェアラブルセンサによる看護業務の自動行動計測手法”, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.11, pp.2638-2648.