

ユマニチュード介護の「触れる」スキルの評価と 被介護者の情動の変化の解明

○安積諒馬（九州大学） Qi An（東京大学） 中嶋一斗（九州大学） 倉爪亮（九州大学）

1. 緒言

近年、高齢化社会の進展に伴い、介護分野においても要介護者の増加や介護者の人手不足などの問題が顕在化している。本研究では、認知症などの認知機能の低下した要介護者に対する介護の人手不足への対応策として、介護技能の教示システムの開発に焦点を当てた。介護現場では慢性的な人手不足により、介護経験の豊富な熟練者が初学者への教育に携わる機会が減少している。そこで熟練者の優れた技能を初学者へ定量的に教示する効果的な教育システムの開発により、初学者に対する教育指導の負担軽減のみならず、熟練者に対しても介護技能の定量化による技術の評価と維持が期待できる [1]。本研究では、近年優しい認知症介護技術として注目されているユマニチュードに対し、教示システムの開発を目的に介護技能の定量化を行った。

ユマニチュードとは「見る」「話す」「立つ」「触れる」の4つのスキルを用いた介護ケア技法であり、知覚、感情、言語による包括的コミュニケーションに基づいている。それにより、介護者と被介護者の双方の信頼関係を築き、介護者の業務に対する負担や、被介護者の精神的な負担の軽減が期待されている [4, 5]。実際にユマニチュードにより、認知症患者の攻撃性が低減することが知られている。一方、ユマニチュードを適切に行えるようになるには、専門の訓練や知識が重要であるため、技能習得の困難さがユマニチュードの普及への足かせとなっている。

そこで本研究では、介護の技術力の向上のために、ユマニチュードにおける触れ方に注目し、触覚グローブを用いた「触れる」技術の判定の高精度化を目的とする。我々は先行研究 [2] においても、データグローブを用いた触れるスキルの評価システムを構築している。しかし、この先行研究では単純な触れる動作でのみ触覚データの取得を行い、学習データ数も少なかった。そのため、触れるスキルの評価は実際の介護動作を反映したものではなく、評価精度も低かった。そこで本研究では、より実際の介護作業を反映した身体を拭く動作に対してデータ取得を行い、また学習データ数を増やすことで高精度なスキルの評価が可能なシステムを構築する。

さらに、ユマニチュード介護を行った際の被介護者に与える情動の変化を生体信号センサで計測することで、無意識的に被介護者が感じている快や不快などの感情の評価を客観的かつ定量的に行い、より被介護者にとって有効である技能の教示システムの開発を行うことを目的とする。

2. ユマニチュードの触れ方の判定手法

2.1 触覚グローブを用いた圧力分布データの計測

触れる技術の定量化には、介護者の手や指の接触状態や圧力の計測が不可欠である。本研究では、データの取得は触覚グローブ（PPS社 Tactile Glove）を用いて計測する。この触覚グローブは片手に対して65個の圧力センサ素子を取り付けられており、25-40 Hzのサンプリング周波数で圧力分布データを取得する。

このグローブを使用してユマニチュード熟練者と、比較対象として介護の初学者に対し、身体を拭く介護動作中の手指接触時の圧力分布データを計測する。本研究では、初学者のデータとして、初学者の陥りがちな介護動作を熟練者が模擬する。身体を触れる動作を連続して行い、時系列の圧力分布データを取得した後に、触れている部分から触れ終わり部分までのデータを手動で切り分ける。

2.2 触れ始めから触れ終わり区間の抽出

グローブの65個それぞれのセンサ素子の最小値の出力で各センサ素子の圧力データをゼロ点調整する。その後、65個のセンサ素子の出力値を合計し、先行研究 [2] で示した方法により、触れ始めから触れ終わりまでの区間を抽出した。

2.3 触れ始めと触れ終わり部分の深層学習を用いた習熟度の判定

2.2節で抽出した時系列データから触れ始めと触れ終わりの部分を切り取り、先行研究 [2] と同様に、熟練者データと初学者データの2クラス分類問題として、スキル習熟度の自動判定システムを学習する。具体的には、深層学習モデルの一つである Long Short-Term Memory (LSTM) を用いて、時系列の圧力データを2クラスに識別する。触覚グローブを用いた計測では、両手のデータが存在する。そこで、利き手などで左右を区別せずに片手分の学習データを入力する。

3. 被介護者の生体信号の解析

3.1 介護動作時の被介護者の生体信号データ

介護動作時の被介護者の情動の変化から、ユマニチュード介護動作の有用性を確認するため、客観的な指標として生体信号データの取得を行い、Zスコアでの評価を行う。Zスコアとは以下の式 (1) で表される標準化手法である。

$$Z = \frac{x - \bar{x}}{\sigma} \quad (1)$$

x はデータ群を表し、 \bar{x} は平均、 σ は標準偏差を表す。これにより、このデータ群は平均が0、標準偏差が1になり、異なる試行間で比較することが可能となる。文献 [3] では、表情筋と発汗の生体信号の値から Z スコアを計算し、その大ききで異なる種類の映画を見た際の感情価と覚醒度の評価を行っている。

3.2 生体信号に関する感情価と覚醒度・ストレス値

感情の評価手法として、感情価と覚醒度の2軸を用いる [6, 7]。感情価とは、喚起される感情の質的な違いを規定するものであり、ポジティブとネガティブを両極に持つ双極性の概念である。眉間における表情筋は、筋活動が増加することで、感情価の減少につながり、被介護者の感じる不快と対応している。頬における筋活動の増加は、感情価の増加につながり、被介護者の感じる快と対応する。

一方、覚醒度とは、感情価に依存せず、興奮性か沈静性かの身体的・認知的な喚起の程度を示すもので、発汗量の増加と覚醒度の増加が対応している。ユマニチュードの動作後における覚醒度は、ユマニチュードによる介護を普段現場で行っている介護者の方のインタビューの中で、動作によって認知症患者の目に力が戻る場合があるという知見が得られたため、患者の身体的で認知的な喚起の指標であると考えることができる。

心電心拍は心電図波形の R 波の間隔である RRI (R-R Interval) を用いて、評価を行った。この RRI のばらつきが一定であるほど、ストレスを感じているとされており、この間隔時間がばらつくほどリラックスを感じ、安静な状態であると評価することができる。

3.3 表情筋筋電 EMG (Electromyogram) センサ

表情筋に S&ME 社の DL-140 の筋電センサを貼り付けて使用する。本実験では、左右の眉間と頬に装着する (図 1 左)。筋活動の増大に伴い、Z スコアは増加する。筋電データに関しては、文献 [3] を参考に、生のデータに対して 20-40 Hz のバンドパスフィルタをかけたのちに整流化を行い、カットオフ周波数 20 Hz のローパスフィルタでフィルタリングを行う。フィルタリングを行ったデータに関して、ユマニチュード介護動作と初学者を模擬した動作を行った際のデータを結合したのちに Z スコアを算出する。ユマニチュード動作を行った際の Z スコアの平均値と、初学者を模擬した動作を行った際の Z スコアの平均を各被験者に対して取得し、さらに人数での平均値をとり、標準偏差とともに比較する。また、結果に対して t 検定を行う。

3.4 発汗 GSR (Galvanic Skin Response) データ

発汗センサとして S&ME 社の DL-340 を用い、右手の人差し指と中指の腹に貼り付けた (図 1 右)。発汗量の増加に伴い Z スコアは増加する。発汗センサのデータについても文献 [3] を参考に、フィルタリングは行わずに評価する。ユマニチュード介護動作と初学者を模擬した動作を行った際のデータを結合したのちに Z スコアの取得を行う。各被験者ごとにそれぞれの動作での Z スコアの平均値を取得し、さらに被験者人数での平均値と標準偏差を求めて比較し、t 検定を行う。

3.5 心電心拍の R-R Interval

心電心拍センサとして S&ME 社の DL-310 を用い、胸骨上部、左脇周辺、右肋骨下部の3か所に装着する (図 1 中)。心電心拍のばらつきは、被介護者のストレスや安静な状態を評価する指標となる。取得した心電データの R 波の間隔である RRI のデータを、時系列でのばらつきに関して評価を行う。ユマニチュード介護を行った際の被介護者の RRI のばらつきの平均と、初学者を模擬した動作での RRI のばらつきの平均を比較する。取得した各被験者の平均のばらつきデータに対し、それぞれの動作に対して被験者人数での平均の値を取得し、標準偏差と同時に比較し、t 検定を行う。

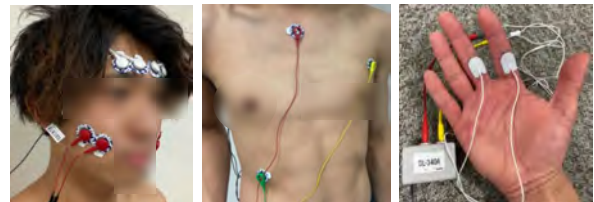


図 1: 表情筋 (左) 心電心拍 (中) 発汗 (右) センサの貼り付け位置

4. データ取得実験

実験には介護者としてユマニチュード熟練者1名、被介護者として健常な成人男性3名が参加した。まず、被介護者役の健常者の成人男性に、心電心拍センサ、表情筋センサ、発汗センサの3種類を貼り付け、介護者役のユマニチュード熟練者には、PPS社の触覚グローブを装着する。グローブの接続確認後に、生体信号の接続確認をして、データ取得を開始する。

具体的な実験動作は、被介護者の身体を拭く動作である。介護者は、ユマニチュード介護熟練者の触れ方 (Good)、初学者を模擬した触れ方 (Bad) をそれぞれ1分間、被験者に対し2回ずつ行った。実験の様子を図2に示す。本研究は九州大学大学院システム情報科学研究の倫理委員会の承認を受け実施された。

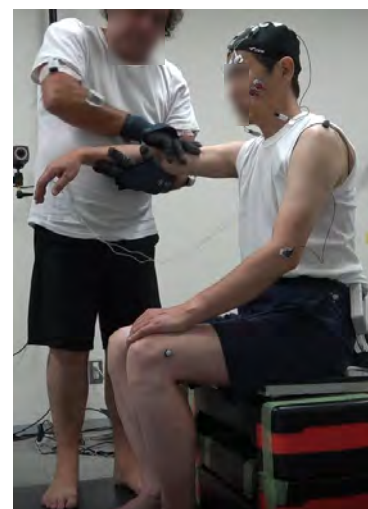


図 2: 実験時の様子

5. 触れる技術の分析と判定結果

前章で紹介したデータ取得方法で取得した触覚グローブの圧力分布データに関しての評価結果について述べる。

5.1 取り出したデータ数と学習のための準備

実験から得られたデータを切り取ることで取得したデータ数を表 1 に示す。便宜上、被介護者役の健全な成人男性をデータ取得を行った順に被験者 A, B, C とする。また、動作によって触れている時間が異なるため、取り出した接触時のデータ時間もそれぞれ異なる。表 1 に示すように bad (初学者を模擬した動作) のデータが good (ユマニチュード介護動作) に比較して多くなった原因は、初学者を模擬した動作の中に、被介護者の身体を細かく払うように拭く動作があり、データ切り取り時にこれらも細かく切り取ったからである。

表 1: 触れ始めから触れ終わりまでのデータ数

ラベル	A	B	C	合計
bad	157	131	121	409
good	89	61	77	227
合計	246	192	198	636

5.2 実験データから得られた学習結果

LSTM を用いて、ユマニチュード介護動作と初学者模擬の動作の触れ始めと触れ終わりに関する判定を行った結果と学習データの詳細に関して述べる。実際に学習するにあたって、データの振り分けを行った。最初に触れ始めのデータに関して、学習データに被介護者 A, C の際のデータを入力し、テストデータに被介護者 B を入力した結果として accuracy (精度), precision (適合率), recall (再現率), f1-score (適合率と再現率の調和平均) を求めた結果を以下の表 2 に示す。1000 epoch まで学習を行った。さらに、触れ終わりに関しても触れ始めの際と同様に学習を行った。その結果を以下の表 3 に示す。

表 2: 触れ始めの学習結果

data	precision	recall	f1-score	accuracy
bad	0.97	0.98	0.97	0.96
good	0.95	0.93	0.94	

表 3: 触れ終わりの学習結果

data	precision	recall	f1-score	accuracy
bad	0.98	0.93	0.95	0.94
good	0.87	0.95	0.91	

結果として、関連研究 [2] では触れ始めの accuracy は 0.76~0.78, 触れ終わりの accuracy は 0.76~0.84 ほどであったのに対して、本研究では、3つのデータセットで触れ始めの accuracy は 0.91~0.96, 触れ終わりの accuracy は 0.88~0.94 となり、識別制度が向上しているといえる。学習とテストのデータセットを変更しても高精度に判定ができることも確認した。触れ始めの実験データに関しては、192 個中 7 個のデータに関して判定ミスを行っており、そのうちユマニチュード動作を悪いと判定したものが 4 個、逆に悪い動作に関して、ユマニチュード技術と判定したものが 3 個あった。触れ終わりの実験データに関しては、192 個中 12 個のデータに関して判定ミスを行っており、そのうちユマニチュード動作を悪いと判定したものが 3 個、逆に悪い動作に関して、ユマニチュード技術と判定したものが 9 個あった (bad: 0 の recall と good: 1 の precision の低下)。

本実験では、触れ始めと触れ終わりに関して、学習の高精度化を実現することができた。しかし、実験時の介護者役は同一人物であり、学習したモデルの汎化性能の評価は限定的である。実際の現場で利用できるようにするためには、異なった介護者に関しても、ユマニチュードの技術を使用した触れ方か、良くないとされる触れ方かの判定ができるようにする必要があると考えられる。また、今回の判定は触れ始めと触れ終わりの判定に関してのみ着目したが、触れている最中に関しての判定も必要である。データ切り取り時に、触れている最中として振り分ける方法や、触れ始め、触れ終わりとして判定した中間部分のデータに関しての学習を行うことで、触れている最中の判定も可能であると考えられる。判定を間違える理由は、それぞれの動作での学習データの数とテストデータの数の違いや、触れ始めと触れ終わりの切り取りの精度の問題も考えられる。

6. 生体信号の解析と評価

6. 生体信号の解析と評価

6.1 表情筋の解析結果

3.3 節で述べた評価手法を用いて筋電データを解析した。図 3 に左右の眉間の筋電の反応、図 4 に左右の頬の筋電の反応を示す。眉間の筋活動の低下は Z スコアの減少に対応しており、図 3 に示すように、左右の眉間どちらに関してもユマニチュード動作のほうが筋活動が減っていることが分かった。t 検定を行った結果、p 値は右眉間で 0.0601, 左眉間で 0.0563 となり、有意傾向を示した。よって、ユマニチュード動作のほうが、初学者を模擬した触れ方に比べて、被介護者に対して快であることが示唆された。次に頬の反応に関してみると、ユマニチュード動作における、被介護者の頬の左右の筋について筋活動が増えていることがわかった。t 検定を行った結果、p 値は右頬で 0.278, 左頬で 0.269 となり、ここでは有意差は見られなかった。

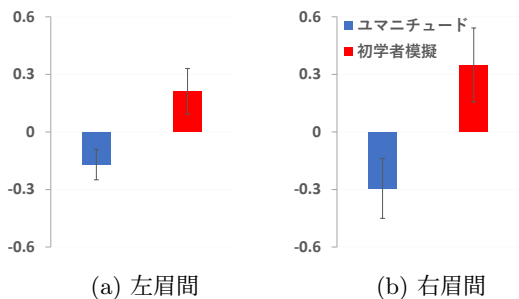


図 3: 眉間の筋電センサの z スコア

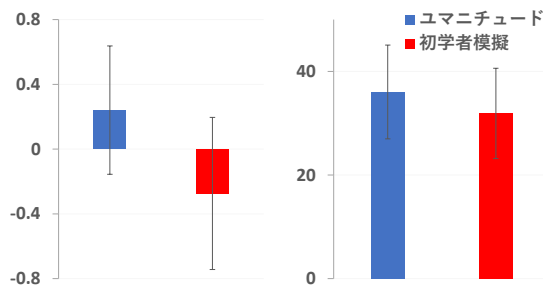


図 5: 発汗の z スコア 図 6: 心拍のばらつき

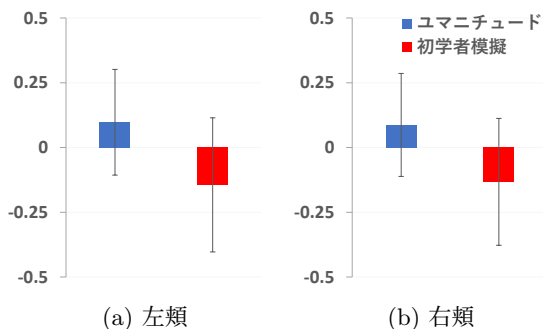


図 4: 頬の筋電センサの z スコア

6.2 発汗の解析結果

ユマニチュードによる触れ方と初学者を模擬した触れ方をされた時の被介護者の発汗データに関する Z スコアを比較する。被介護者 3 名分の Z スコアの平均と、標準偏差を図 5 に示す。正の値ほど発汗があったことを示している。つまり、ユマニチュード動作のほうが比較的発汗量が多く、覚醒度が大きいことを示しているが、t 検定を行った結果、 p 値は 0.244 となり、有意差は見られなかった。初学者模擬の際と比較すると、ユマニチュードによる介護を受けた際の被介護者の発汗という身体的な喚起は、被介護者自身が介護者に対して、能動的、積極的に反応を行ったと解釈することが可能である。しかし、t 検定結果から、被験者の数によるサンプル不足を考慮し、今後被験者を増やす必要がある。

6.3 心電心拍センサ

3.5 節に示した手法を用いて、3 名分の RRI の平均値と標準偏差を図 6 に示す。心電心拍のばらつきに注目すると、ユマニチュード動作を行った際のばらつきが大きく、ユマニチュード動作が被介護者にとって比較的ストレスを感じにくかったと考えることができるが、t 検定を行った結果、 p 値は 0.298 となり、有意差は見られなかった。本研究では被介護者は 3 名に留まっており、今後はさらに多くの人に対して実験を行う必要があると考えられる。

7. 結言

本研究では、ユマニチュードにおける触れる技術の定量化を目的に、実際の介護動作に近い動作の計測や、データ数の増加により、触れる技術の判定の高精度化を実現した。また、同時に被介護者の生体信号の取得を行うことで、ユマニチュード介護動作が被介護者に与える情動の変化を調査した。

先行研究と比較して、触れ始めと触れ終わりに関するデータの判定を高精度に行うことができたが、介護者の人数の増加や、触れ始めと触れ終わりだけでなく触れている最中などを含めた幅広い介護動作での良し悪しの判定の必要性も明らかになった。

被介護者の表情筋の活動、発汗、心電心拍データを取得し、感情価や覚醒度の評価を行い、一部のデータからユマニチュードによる触れ方を行った方が、被介護者が快に感じていることが示唆された。しかし被験者の数や多様性が不十分で、今後は被験者数の増加や、実際に認知症患者の方における有効性を確認する必要がある。

謝辞 本研究は、JST CREST JPMJCR17A5 の支援を受けたものである。

参考文献

- [1] 厚生労働省老健局：“介護人材の確保・介護現場の革新”，<https://www.mhlw.go.jp/content/12300000/000531297.pdf>
- [2] 井上大路, Qi An, 宮内翔子, 河村晃宏, 倉爪亮：“認知症介護動作中の触れるスキルの触覚グローブを用いた計測と評価”，第 21 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, vol.2C2-11, SI2020.
- [3] Sato Wataru, Kochiyama Takanori, Yoshikawa Sakiko：“Physiological correlates of subjective emotional valence and arousal dynamics while viewing films”, *Biological Psychology*, Elsevier, vol.157, p.107974, 2020.
- [4] イヴ・ジネスト, ロゼット・マレスコッティ, 本田美和子：“家族のためのユマニチュード”，誠文堂新光社 2018.
- [5] 本田美和子, 伊東美緒：“ユマニチュードと看護”，医学書院 2019.
- [6] 本間喜子：“単語の感情価と覚醒度にもとづいた単語刺激の作成”，愛知工業大学研究報告, 愛知工業大学, vol.49, p.13-24 2014.
- [7] インテージグループ R&D センター：“ウェアラブルデバイスでの感情価と覚醒度の推定”，<https://www.intageholdings.co.jp/rd/blog/researchareas/contents201810251259.html>
- [8] トーアエイヨー：“心電図の波形と正常心電図”，<https://med.toaeiyo.co.jp/contents/ecg/pdf/ecg1-4.pdf>