

人間学研究科修士論文要旨概要書

専攻 コース (心理学) 学 籍 番 号 13MH202 氏 名 平良里奈

修 士 論 文タイトル: フィジカルコンピューティングとデジタルファブ리케이션を用いた
低コスト皮膚温測定装置の開発とその運用

I 序論 pp1~2

II 研究1 pp3~4

III 研究2 pp5~6

IV 引用文献 pp7~8

V 付録 pp9~10

I．序論

我々は普段から、仕事や時間に追われ、人間関係に悩み多くのストレスを抱えながら生活している。このようなストレスを感じた時、鼓動は早まり、手には汗が滲んでくる。これらの反応は、生理学者 Canon により、緊急反応としてまとめられている(Canon, 1929)。緊急反応では、交感神経系によって副腎髄質からアドレナリンが分泌され、同時に心拍数や心拍出量、呼吸数の増加、気管支および筋肉血管の拡張、筋収縮力増大、血糖値増加などの緊急事態に有効な反応が生じる。このような反応は、急性ストレス反応として理解されている。

このようにストレス反応は体全体に同時に生じてくるものであるが、末梢循環に生じるストレス反応は、測定の容易さ、反応の理解しやすさの点から古くから盛んに用いられ、ストレスの評価手法としても有用とされてきた(Boudewyns, 1976; 苗村・津田・鈴木, 1993)。特に、半導体センサーを用いた皮膚温測定は、非常に古くから行われており(Mittelmann & Wolff, 1939, 1943)、測定コストの低さや扱いやすさの点から実験室だけでなく、様々な環境に応用していける可能性がある。

ここまでストレス時の生体反応および、その評価手法としての末梢循環測定の有用性について触れたが、言い換えれば、リラックス状態の評価手法としても末梢循環の測定を用いることが可能と考えられる。アロマセラピーやマッサージ、自律訓練法など多くのリラクゼーション手法の効果は、末梢循環をはじめとする生体反応を測定することにより確かめられており、心拍数の減少や血流量の増加、皮膚温の上昇などが報告されている(Chang & Shen, 2011; 河野・小泉・酒井・久司・岡山・坂井・坪本・橋本・北本, 2013; 庄本・中本・西本・幸田, 1998)。

様々なリラクセーション手法のなかでも、マッサージは唯一他者から受けるケアであり、かつ我々の生活にとって馴染み深いものである。その科学的な効果については、未熟児にマッサージ療法を施した場合、体重の増加が早まり、入院期間が短縮することが確かめられている(Field, Hernandez-Reif, Feijo, & Freedman, 2006)。また、新田・阿曾・川端(2002)は、前期高齢者を対象に足部マッサージを行ったところ、心拍数の減少および下肢皮膚温の上昇がみられ、心地よさの増加が認められた。

このように、マッサージの実施により、身体的、心理的両側面においてストレス反応の低減効果が生じることが明らかとなっている。生体反応測定のようなマッサージ効果の科学的検討手法を、様々なマッサージの現場に広めることができれば、エビデンスの蓄積や、施術者のスキル向上などの効果が期待できる。しかし、現在はマッサージの効果の検討は、実験室や病院といった限定された場でのみ実施されている。これは、高価な測定機材を必要とするため、一般的なマッサージ現場での導入が難しいことが原因と思われる。

近年、センサーやモーターとマイクロコンピュータを組み合わせ、様々な装置を作成するフィジカルコンピューティングや、デジタルデータをもとにプラスチック樹脂等の素材を加工するデジタルファブリケーション技術などの振興技術の発展が目覚ましい(Gubbels & Froehlich, 2014; 長野, 2012; 山口・櫻井, 2013)。上記にあげたような問題は、これらの技術を用い、自ら測定装置を作成することで解決できる可能性がある。本研究では、これらの手法により現場での測定に適した装置を開発し、身体に生じるリラクセーション反応をマッサージが行われている現場で測定することを目的とした。

Ⅱ．研究 1:装置の開発

研究 1 は、フィジカルコンピューティングおよびデジタルファブリケーション技術を用い、リラクセーション現場に適した末梢皮膚温度測定装置の開発を目的とした。

開発に着手するにあたり、マッサージを主としたケアを行っている団体(日本セラピューティックケア協会)に協力を依頼し、現場でマッサージを行っている最中に使用するには、どのような装置が望ましいのか事前に聞き取り調査を行った。その結果、コンパクトで持ち運びやすく、操作が簡単な装置が望ましいとの回答が得られ、その要望に沿って装置の開発を行った。構成部品は、第 1 にコスト面、第 2 に部品の入手性を重要視し、選定を行った。制御および計測ソフトウェアは、オープンソースのものを積極的に用い、コストを最小限に抑えることとした。また、3D プリンタを用い専用ケースを作成し、サイズを必要最低限に抑えた。

作成された装置の温度センサーから取得された皮膚温度は、マイクロコンピュータで処理され、不揮発性記憶媒体(EEPROM)に一時保管される仕様であった。さらに、時刻保持モジュール(RTC)により計測開始時刻を取得し、皮膚温度のデータと同時に記録した。小型液晶ディスプレイ(LCD)を採用し、温度や経過時間等の情報を画面上に表示した(付録図 1, 図 2 参照)。電池駆動とすることで、装置単体で動作するようにし、右側面のスイッチを入れるのみで計測できる簡易な操作性とした。

次に、温度センサーが正確な温度変化を示しているか検証するため、市販測定装置の温度センサーとの比較による性能チェックを行った。測定は、エアコンを使用し室温を 20℃～25℃まで変化させ、測定値を比較するという方法を用いた。その結果、両センサーの温度は、概ね同様に変化しているように見受けられ、相関係数($r=.97$)および回帰式($y=0.9945x+0.0421$)から、良

好な対応関係が認められた(付録図 3 参照)。このことから、選定したセンサーは、測定値に関して、市販の測定器と同等の信頼性があるといえた。

現在、Arduino を中心としたフィジカルコンピューティングが、世界的に盛んになっており、プロトタイピングを行ううえで有用な、様々なソフトウェア資産がオープンソースとして利用可能である。本研究で開発した装置においても、中心となるマイクロコンピュータの制御だけでなく、EEPROM や RTC、LCD といった構成部品の制御にオープンソースのソフトウェアライブラリが使用された。このようにオープンソースのソフトウェア資産を積極的に用いることで、専門知識がなくても比較的短期間で、かつローコストに装置の開発が可能になったといえるだろう。さらに、デジタルファブリケーション技術により、専用ケースを設計し、3D プリンタにより印刷することで、市販製品を加工する行程を省き、なおかつ最低限の大きさに収めることが可能となった。

本研究では、用いる部品の選定、ソフトウェアの設計、ケースおよび専用基板の設計を自ら行ったことにより、コストを下げるだけでなく、現場からの要望に即座に対応することができた。従来は、測定装置の生産者と利用者の距離が遠いために、現場での要望は生産者側に届きにくく、現場で使いやすい装置を生産することは困難であり、そのような側面が現場でのエビデンス蓄積を阻んでいたものと考えられる。フィジカルコンピューティングやデジタルファブリケーション技術の援用は、装置開発を容易にし、要望への対応の困難さを緩和するにあたり、有用であったといえるだろう。

Ⅲ．研究 2:リラクセーション現場での有用性の検証

研究 2 では、研究 1 で作成した装置を用い、セラピューティックケアを施術中の皮膚温変化の検討を行うこととした。さらに、測定結果を知ることでセラピストの行動・認知がどのように変容するか検討した。

男性 11 名、女性 15 名の計 26 名(平均年齢 53.31 歳, $SD=18.48$)を対象とし、2 名同時に測定した。生理指標は、研究 1 で開発した皮膚温測定装置を用い、左手第 2 指から末梢皮膚温を測定し、心理指標は、畑山・Antonides・松岡・丸山(1994)のアラウザルチェックリスト(GACL)を用い、施術前後の主観感情を測定した。さらに、独自のケア記録ノートを作成し、セラピストより内省報告を取った。リラクセーション手法は、日本セラピューティックケア協会の認定セラピスト 7 名に協力を依頼し、ネック&ショルダーケアを 13 分間、ハンド&アームケアを 14 分間行った。なお、施術前に安静期を 5 分間測定した(付録図 4 参照)。

得られた末梢皮膚温データを平均化し、はじめにマッサージ施術に伴う時系列変化に関して分析を行った。その結果、マッサージ施術により、皮膚温に上昇がみられ、とくに左手施術時は、他の部位に比べ、皮膚温上昇が顕著であるように見受けられた(付録図 5 参照)。1 要因分散分析を行ったところ、有意な期間の効果が認められた。また、主観感情においては、施術後に、有意な HA の低下、および有意な GD、DS の上昇が認められた。GA に関しては、有意な変化は認められなかった(付録図 6 参照)。

さらに、マッサージ嗜好性の高低により、皮膚温変化に差異がみられるか検討したところ、嗜好性高群が嗜好性低群に比べ、全体的に末梢皮膚温が高いように見受けられた(図 7 参照)。2 要因分散分析の結果、期間の主効果および群×期間の交互作用が有意であり、安静期において嗜好性高群が低群に比べ、有意に皮膚温が高いことが示された。

マッサージ施術中、皮膚温は徐々に上昇したが、ネック&ショルダーから右手施術にかけて皮膚温の上昇は緩慢となり高原状態となった。これは、皮膚温がこれ以上は上昇しない上限まで至ったことを示唆しており、今回用いた手法が効率よくリラックス状態を導いた結果であると考えられた。また、嗜好性の高低によって皮膚温変化に違いがみられたことから、嗜好性の高い者はリラックス状態への移行がスムーズであるのに対し、嗜好性の低い者はマッサージ開始時に不安があり、リラックスに時間が掛かる傾向にあることが推察された。

左手施術期では、さらに皮膚温が上昇したが、これは左手が温度センサー装着部位であったことから、マッサージの物理的な刺激が局所的に作用した可能性が考えられた。温湯清拭による末梢循環促進効果を検討した須藤ら(2008)においても、温度センサー装着部位付近の局所的な皮膚温上昇を報告していることから、類似した傾向を示したといえる。

さらに、副次的な目的として、ケア記録ノートの記入を通して、測定結果を知ることでセラピストの行動・認知がどのように変容するか検討した。これに関しては、ケアの内容が適切であるのかを検討する必要性やケアを行う環境設定の重要性など、参加したセラピスト達は、参加者の皮膚温変化を知ることによって様々な気づきを得ることができ、心身相関現象への理解が促されたと考えられた。

本研究では、リラクセーション現場に適した皮膚温測定装置の開発および運用により、実際の現場で行われるケアの効果を定量化することを可能としたといえる。また、自身が行ったケアを皮膚温変化として観察することが可能であることから、セラピスト自身の学習材料としても機能することが考えられた。今後は、測定器の入手性を高め、セラピスト達が自ら測定を行い、心身相関についての理解をさらに深められるような環境づくりを行っていく必要がある。

IV. 引用文献

Bowdewyns, P. A. , 1976, A comparison of the effects of stress vs. relaxation instruction on the finger temperature response. *Behavior Therapy*, 7, 54-67.

Canon, W. B. , 1929, *Bodily changes in pain, hunger, fear and rage*. New York:D. Appleton.

Chang, K. M, & Shen, C. W. , 2011, Aromatherapy benefits autonomic nervous system regulation for elementary school faculty in Taiwan , *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2011, 1-7.

Gubbels, M. & Freoehlich, J. E. , 2014, Physically Computing Physical Computing:Creative Tools for Building with Physical Materials and Computation, ACCEPTED DEMOS, *IDC2014*.

Mittelman. B. , & Wolff. H. G. , 1939, Effective states and skin temperature: Experimental study of subjects "cold hand" and raynaud's syndrome, *Psychosomatic medicine*, 1, 271-292.

Mittelman. B. , & Wolff. H. G. , 1943, Emotions and skin temperature. Observations on patients during psychotherapeutic (Psychoanalytic)interviews, *Psychosomatic medicine*, 5, 211-231.

苗村晶・津田兼六・鈴木直人(1993). 騒音刺激が鼻部皮膚温度に及ぼす効果 心理学研究 64, 51-54.

新田紀枝・阿曾洋子・川端京子(2002). 足浴, 足部マッサージ, 足浴後マッサージによるリラクゼーション反応の比較 日本看護科学会誌 22, 55-63.

河野由美子・小泉由美・酒井佳子・久司一葉・岡山未来・坂井恵子・坪本他喜子・橋本智美・北本福美(2013). 更年期女性へのタクティールケア介入における生理的・心理的効果 日本看護研究学会雑誌 36, 29-37.

庄本康治・中本隆幸・西本東彦・幸田利敬(1998). リラクセーション訓練(自律訓練法)が上肢環境に与える影響 理学療法科学 13, 4-49

Field, T., Hernandez-Reif, M., Feijo, L., & Freedman, J. 2006, Prenatal, perinatal and neonatal stimulation: A survey of neonatal nurseries, *Infant Behavior and Development*, 29, 24-31.

Gubbels, M. & Freoehlich, J. E. , 2014, Physically Computing Physical Computing: Creative Tools for Building with Physical Materials and Computation, ACCEPTED DEMOS, *IDC2014*.

長野祐一郎(2012). フィジカルコンピューティング機器を用いたストレス反応の測定 ストレス科学研究 27, 80-87.

山口健治・櫻井芳雄(2013). Arduino マイコンを用いたリアルタイムの行動実験制御とデータロギング 生理心理学と精神生理学 31, 203-212.

畑山俊輝・Gerrit ANTONIDE・松岡和生・丸山欣哉(1994). アラウザルチェックリスト(GACL)から見た顔マッサージの心理的緊張低減効果 応用心理学研究 19, 11-19.

須藤小百合・青木健・富岡真理子・真砂涼子・松田たみ子(2008). 圧力の異なる末梢部温湯清拭が皮膚血流反応に及ぼす影響 日本看護研究学会雑誌 31, 121-128.

V. 付録

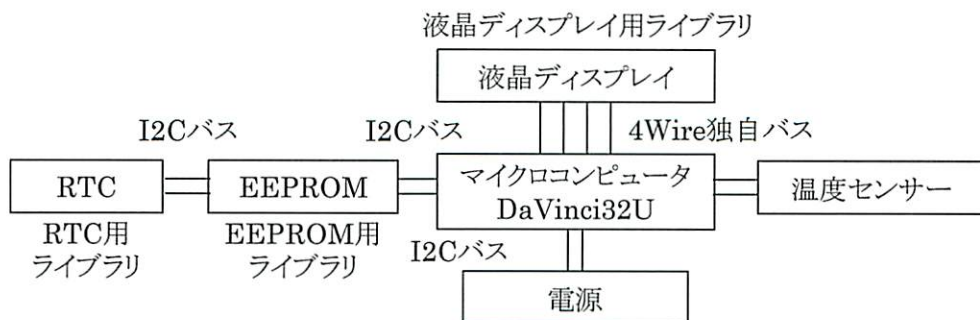


図1 各種モジュールの接続環境および制御プログラム

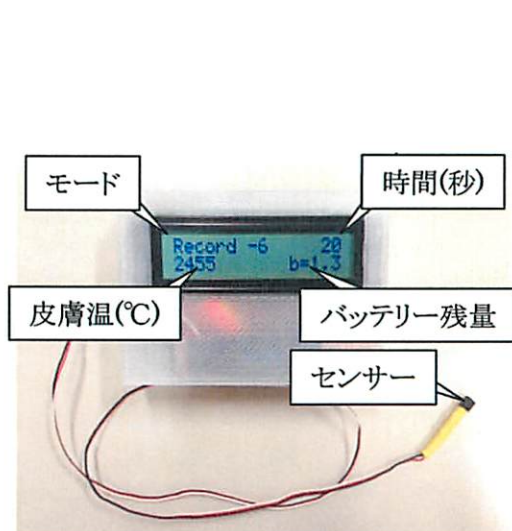


図2 自作装置の外観および画面表示

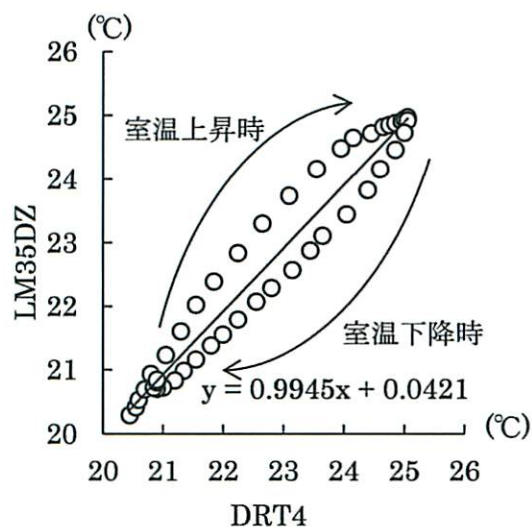


図3 室温変化に対する各温度センサーの応答

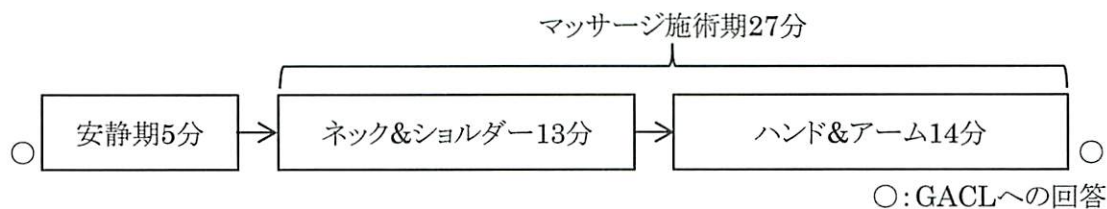


図4 計測スケジュール

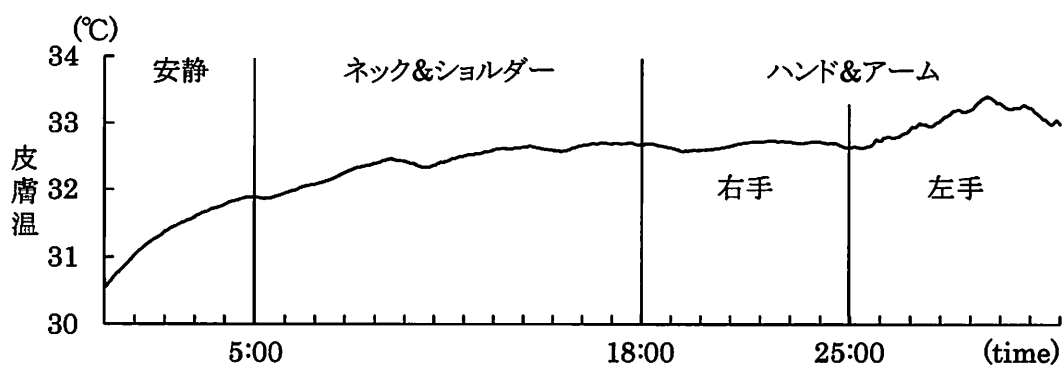
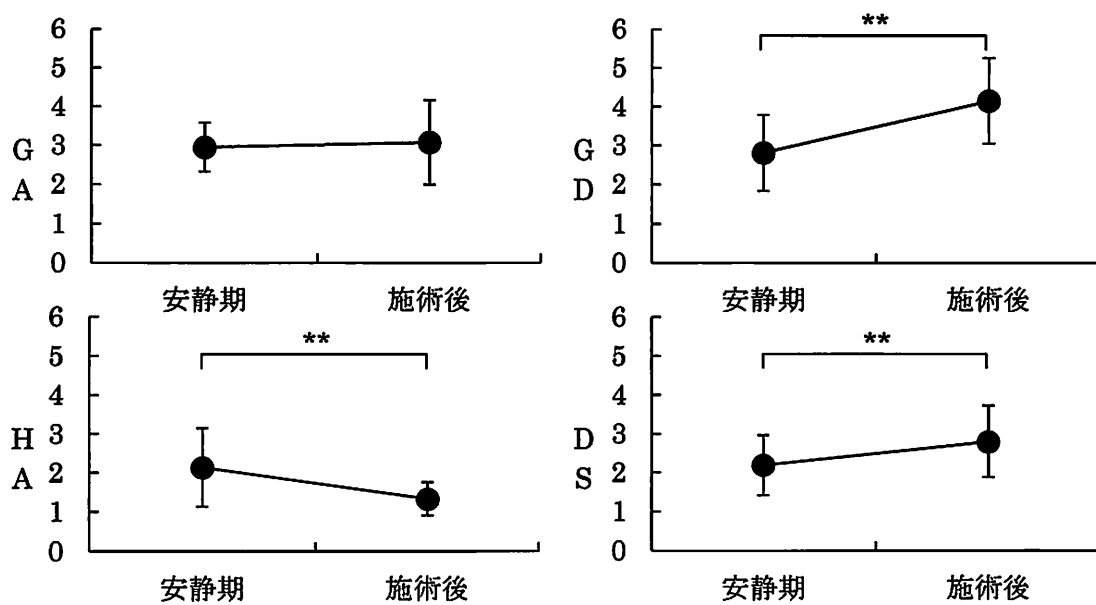


図5 マッサージ時の末梢皮膚温変化



**: $p<.001$

図6 各下位尺度における主観的感情の変化

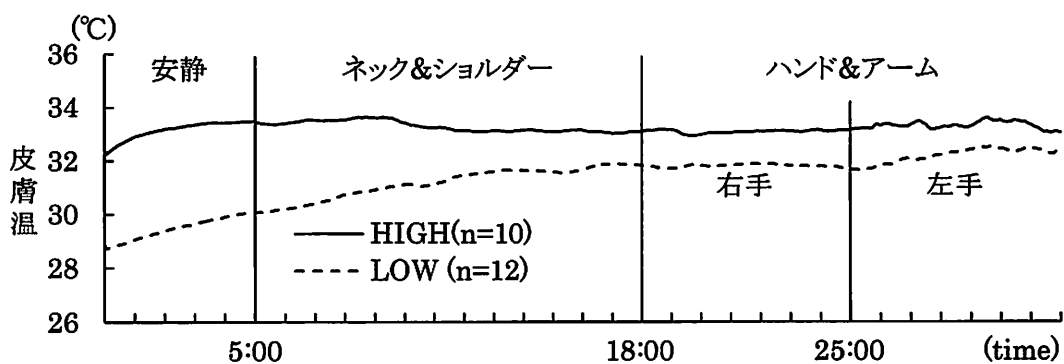


図7 マッサージ嗜好性の高低別にみた末梢皮膚温変化