

令和 3 年 6 月 1 日現在

機関番号：17401

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K18695

研究課題名(和文)ぬるぬるとした粘性液体がヒトのこころに与える影響

研究課題名(英文)Changes in emotional state while holding a slimy liquid

研究代表者

中西 義孝(Yoshitaka, NAKANISHI)

熊本大学・大学院先端科学研究部(工)・教授

研究者番号：90304740

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、“ぬるぬる”と“こころ”の相関を工学的・生理学的に探求した。粘度が0.01～100 Pa・sのニュートン流体と非ニュートン流体を用意し、被験者の手に付着させ、摩擦させた際の感情の変化を実験的に調査した。被験者がぬるぬるとした液体を手にした時、個人毎に違った感情を抱くことが判明し、それは粘度により変化することも明らかとなった。感情の変化はニュートン流体の方がばらつきやすく、非ニュートン流体の方が個人間のばらつきが小さくなった。ニュートン流体を利用すると副交感神経の活動が抑制されることが明らかとなり、これはネガティブな感情表現を抱く一因となっていると推測できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、粘性液体を工学的に分類・調整する能力、生体の組織的しくみを理解する能力、“こころ”を分析するノウハウ、が必要であった。限界はあったが、いくつかの専門分野を包括的に結合し、“ぬるぬる”と“こころ”の相関を探求することで、ヒトの暮らしの質を向上させることをめざした。こころの変化の一部が自律神経活動の変化で説明できること、ニュートン流体と非ニュートン流体の違いがこころの変化に与える影響パラメータであることを明らかにすることができた。これらの知見をさらに深めていけば、より効率的に、より効果的なプロダクトやコンテンツが上市化できる可能性を秘めている。

研究成果の概要(英文)：This study investigates the emotional changes due to holding a slimy fluid in the palmar skin by evaluating the automatic nerve activities and the sensibility. Newtonian and non-Newtonian fluids, with viscosities ranging from 0.01 to 100 Pa*s, were prepared. The subjects could move their palms freely, and they were allowed to rub their palms together. A frequency analysis was performed for estimating autonomic nerve activity (the sympathetic and parasympathetic nerves). After holding the fluid, the subjects were asked to provide feedback through the semantic differential method. Significant changes in the sympathetic and parasympathetic nerve activations were observed when the subjects soaked their palms in the slimy fluid. Notably, the high viscosity Newtonian fluid reduced the parasympathetic nervous system activity. These changes in the psychophysiological indexes were thought to influence the feelings of the subjects ascertained using the semantic differential method.

研究分野：トライボロジー

キーワード：粘性流体 ニュートン流体 非ニュートン流体 皮膚 感性 心拍 交感神経 副交感神経

1. 研究開始当初の背景

ヒト生体関節潤滑の仕組みを学び、生体間接軟骨に類似した樹脂や関節液に類似した潤滑液など、バイオミメティック素材の開発が継続されている。これらの成果は工業製品（軸封装置）などへと繋がり、従来利用が不可能であった稼働範囲への適用が始まっている。

粘性液体としてヒアルロン酸やスィゼンジノリ多糖体の水溶液などを分析・調整する過程で、本研究につながる“ぬるぬる”という感覚に魅了された。粘性などによっては“気持ち良い”肌からの刺激がある一方、場合によっては“気持ち悪い”と感じる粘性も存在する。また、その“気持ち悪さ”も含んだ“おもしろさ”を感じさせる玩具も存在する。肌からの刺激だけではなく、流体の吐出口または付着面、言い換えればビジュアルも“こころ”に訴える要素であるのは明白である。あるときには“不気味さ”を演出するために、あるときは“感情をストレートに代弁”するために粘性流体は利用されている。

本研究では、“ぬるぬる”と“こころ”の相関を工学的・生理学的に探求することで、ヒトの暮らしの質を向上させることが目的である。この相関を利用すれば、より効率的に、より効果的なプロダクトやコンテンツが上市化できる可能性を秘めている。

2. 研究の目的

皮膚は、表皮、真皮、皮下組織の3つの層で構成される体表面多機能インターフェイスである[1]。皮膚表面で発生する摩擦は、皮膚の各層にある機械受容器からの信号にて感覚を生むと考えられる[2]。触覚は感情の変化に影響を及ぼすことは明らかである[3]。皮膚にぬるぬるとした粘性流体を介した摩擦を行うことにより、感情の変化が現れることは十分考えられる。なぜならば、粘性流体の特性が変化すると皮膚表面のせん断応力や圧力分布に変化を加えることが可能だからである[4]。ヒトのこころは生理学的指標により推測できる可能性もある。さまざまな生理学的状態が心臓の自律神経機能と相関している[5,6]。心拍変動は心臓の自律神経調節のマーカーであり、ヒトの精神的ストレスと刺激を評価するために利用されている。

本研究では、ぬるぬるとした粘性流体がヒトのこころに与える影響を調査した。調査にあたっては、粘性流体を手につ着させ、摩擦させた時のこころの変化を、以下の手順により実施した。

- “ぬるぬる”とした粘性液体がヒトの“こころ”に与える影響を調査する。
- “ぬるぬる”を工学的に分類・調整することで表現指標を明らかにする。
- “こころ”を感性評価と生理学的指標評価を使って分析する。
- “ぬるぬる”と“こころ”の相関を探求することで、ヒトの暮らしの質を向上させる。

3. 研究の方法

せん断速度に粘度が影響を受けない“ニュートン流体（ポリビニルアルコール水溶液）”と右下がりの“非ニュートン流体（ポリエチレングリコール水溶液）”を利用した（図1）。各流体の粘度と温度を3段階に設定した。被験者にはあらかじめ心拍センサを装着してもらい、椅子座位の状態でもらった。各粘性流体を手にとってもらい、手を自由に動かしてもらった（図2）。粘性流体に触れた後、アンケートに答えていただいた。アンケートの内容は、対となる感情を表す言葉の間を7段階に分けたスケールの中から選択いただき、その結果を感情環に転記した。心拍センサのデータから各脈拍間の揺らぎ（R-R 間隔）を解析することで、副交感神経活動の指標となる高周波成分(HF)と交感神経活動の指標となる低周波成分/高周波成分(LF/HF)の変化を求めた（図3）。粘性流体に触れる前と触れた後の自律神経（交感神経および副交感神経）の活動変化を100%の増減比にて換算した（図4）。

4. 研究成果

低粘度の流体がこころに与える影響を図5に示す(A:ニュートン流体、B:非ニュートン流体)。粘性流体の粘度が低い場合には、自律神経（交感神経および副交感神経）の活動変化は個人差があり、増加する者もいれば減少する者もあり、統一的な傾向は観察されなかった。アンケート結果（感情環）では、特にニュートン流体で感情のばらつきが顕著で、快適に感じている者もいた（図5A）。

中粘度の流体がこころに与える影響を図6に示す。ニュートン流体では粘性が増加すると副交感神経の活動度が減少する傾向が観察された。アンケート結果（感情環）では、特にニュートン流体で“気持ち悪い（Creepy）”と答えた者が多く、ほとんどすべての者が不快な感情へとシフトしていった（図6A）。

高粘度の流体がこころに与える影響を図7に示す。ニュートン流体では粘性がさらに増加しても副交感神経の活動度も下がる傾向が維持されていた。アンケート結果（感情環）では、ほとんどの者は不快と感じるようになる反面、一部の者は魅力的な感情（“驚いた（Creepy）”、“楽しい（Creepy）”、“満足した（Creepy）”）を抱くようになることが明らかとなった。

図5～7の結果を総合すると、ニュートン流体は個人間で異なる感情を抱かせる可能性が示唆

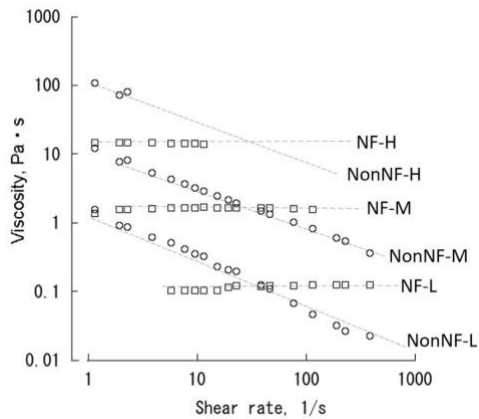


図 1 : ニュートン流体 (NF) と非ニュートン流体 (NonNF) の粘性



図 2 : 被験者が粘性流体と接触する方法

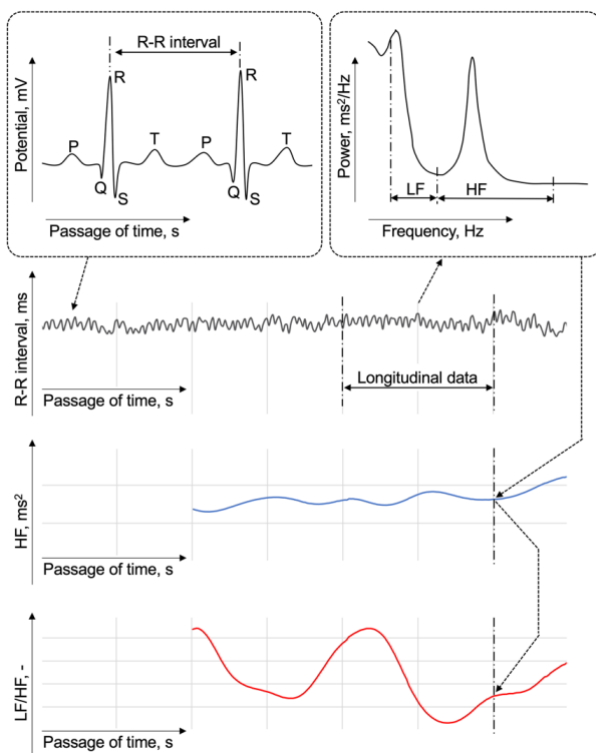


図 3 : 副交感神経活動の指標 (HF) および交感神経活動の指標 (LF/HF) の求め方

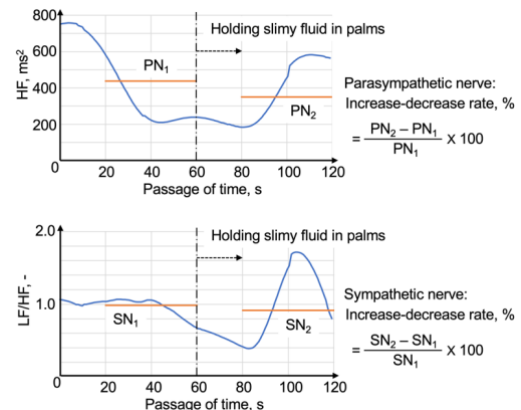


図 4 : 粘性液体に触れる前から触れた後の自律神経活動の変化 (換算方法)

された。非ニュートン流体では個人間の変動は小さく、ほぼすべての者が同様の感情を示すことが示唆された。自律神経活動の変化 (生理学的指標) だけでは、完全には感性評価の結果を反映できないと結論づけられた。ただし、ニュートン流体の粘度が高くなると、副交感神経の活動指標が低下することは明らかであった。副交感神経は安静状態の時に優位になると言われている。副交感神経の活動指標の低下は不快な感情 (“気持ち悪い (Creepy)”、“憂鬱な (Melancholy)”、“つまらない (Boring)”) と大きく関係している可能性がある。

非ニュートン流体は、自律神経活動を統一的な傾向に推移させることはないと考えられた。しかし、感性評価はニュートン流体と比較して、個人間で重なっている領域が多く、かつ不快にシフトしていることは明らかであった。これらの結果は、非ニュートン流体の特性に由来すると考えられた。実験に供した非ニュートン流体は、せん断速度が増加すると粘度が低下するものであり、この特徴は体液や食品にて観察される粘性特性である。つまり違和感を伴わない自然な粘性流体による刺激を与えることができると予想できる。

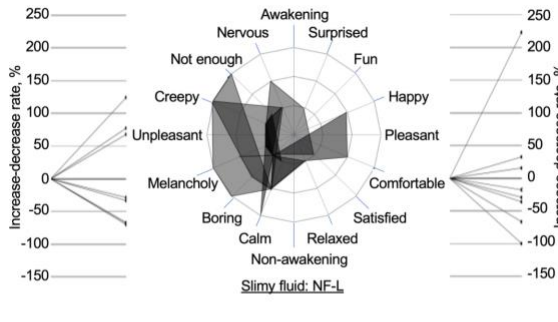


図 5 A : ニュートン流体 (低粘度)

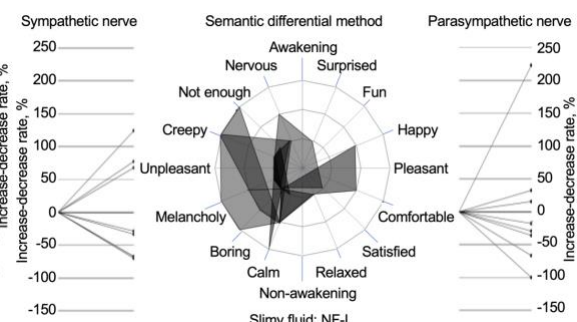


図 5 B : 非ニュートン流体 (低粘度)

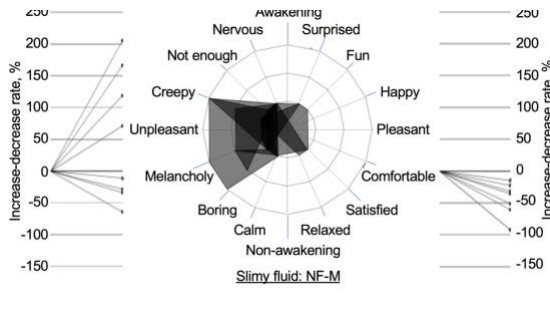


図 6 A : ニュートン流体 (中粘度)

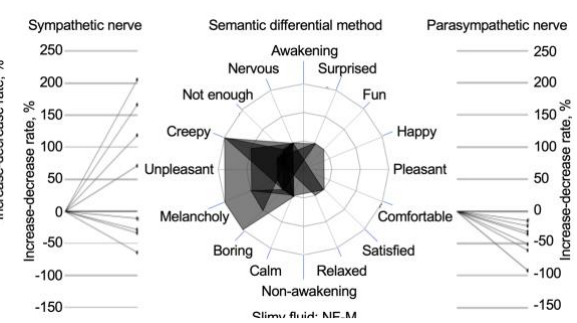


図 6 B : 非ニュートン流体 (中粘度)

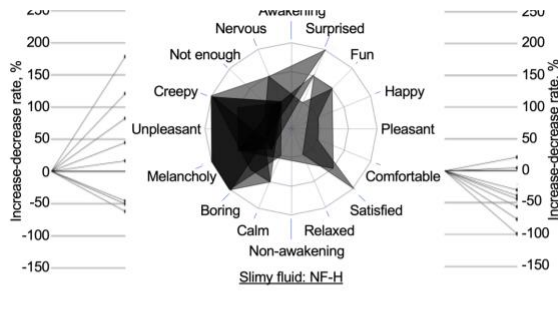


図 7 A : ニュートン流体 (高粘度)

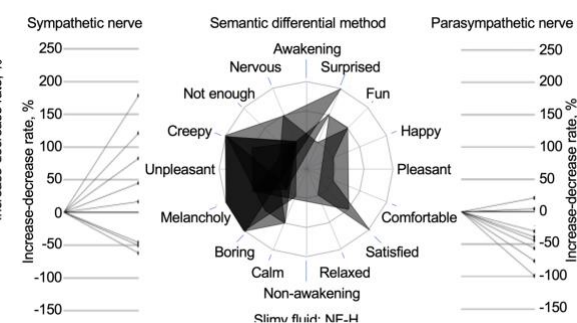


図 7 B : 非ニュートン流体 (高粘度)

<引用文献>

[1] Limbert, G., Masen, M. A., Pond, D., Graham, H. K., Sherratt, M. J., Jobanputrad, R. and McBridee, A., Biotribology of the ageing skin—Why we should care, Biotribology, Vol.17 (2019), pp.75-90.

[2] Hamasaki, T., Yamaguchi, T. and Iwamoto, M., Estimating the influence of age-related changes in skin stiffness on tactile perception for static stimulations, Journal of Biomechanical Science and Engineering, Vol.13(1) (2018), 17-00575.

[3] Arvidsson, M., Ringstad, L., Skedung, L., Duvefelt, K. and Rutland, M. W., Feeling fine—the effect of topography and friction on perceived roughness and slipperiness, Biotribology, Vol.11 (2017), pp.92-101.

[4] Gore, E., Picard, C. and Savary, G., Spreading behavior of cosmetic emulsions: Impact of the oil phase, Biotribology, Vol.16 (2018), pp.17-24.

[5] Olshansky, B., Sabbah, M. D., H. N., Hauptman, P. J. and Colucci, W. S., Parasympathetic nervous system and heart failure pathophysiology and potential implications for therapy, Circulation, Vol.118 (2008), pp.863-871.

[6] Thayer, J. F., Yamamoto, S. S. and Brosschot, J. F., The relationship of autonomic imbalance, heart rate variability and cardiovascular disease risk factors, International Journal of Cardiology, Vol.141 (2010), pp.122-131.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Kazuma SHIBATA, Yuta NAKASHIMA, Yoshitaka NAKANISHI	4. 巻 14(4)
2. 論文標題 Anti-fingerprint glass surface created by mechanical removal process	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Biomechanical Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1299/jbse.19-00388	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Masako HIRANO, Atsue ISHII, Noriko UEDA, Yoshiaki INOUE, Masako MIYAJIMA, Kohei TOMITA, Yoshitaka NAKANISHI, Shima OKADA, Yaemi KOSHINO, Taketoshi MARUI	4. 巻 14(2)
2. 論文標題 Analysis of upper-limb movements to open glass ampoules and training methods in nursing education	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Biomechanical Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1299/jbse.19-00037	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Yuki Yoshioka, Takuro Honda, Keiji Kasamura, Yuta Nakashima, Hidehiko Higaki, Yoshitaka Nakanishi	4. 巻 5
2. 論文標題 Use of hydrated material for dynamic seal faces in shaft seal	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Mechanical Engineering Letters	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1299/mel.19-00001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計14件（うち招待講演 2件/うち国際学会 7件）

1. 発表者名 Yoshitaka NAKANISHI
2. 発表標題 Bio-inspired Materials & Surfaces - Methods and applications -
3. 学会等名 8th International Engineering Symposium - IES 2019（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 Yoshitaka NAKANISHI
2. 発表標題 Three-dimensional multiscale surface processing methods for bio-inspired surfaces
3. 学会等名 Keynote lecture in The University of Adelaide (招待講演)
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 中西義孝, 本島那奈, 野口圭介, 細川 翔, 森田匡輝, 宮本陽来, 中島雄太
2. 発表標題 ぬるぬるとした感覚が自律神経系活動に与える影響
3. 学会等名 第40回バイオメカニズム学術講演会
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 中西義孝, 柴田司真, 中島雄太
2. 発表標題 機械的除去法によるバイオインスパイアード表面加工
3. 学会等名 日本機械学会九州支部沖縄講演会
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 Nana Motojima, Yuta Nakashima, Yoshitaka Nakanishi
2. 発表標題 Changes in emotional state while contacting viscous liquid on skin
3. 学会等名 International Tribology Conference Sendai 2019 (ITC Sendai 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 Takuro Honda, Yuta Nakashima, Hidehiko Higaki, Yoshitaka Nakanishi
2. 発表標題 Fiber Reinforcement of Hydrophilic Seal Lips for Water Sealing
3. 学会等名 International Tribology Conference Sendai 2019 (ITC Sendai 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 Nakanishi Y, Honda T, Kasamura K, Nakashima Y
2. 発表標題 Low-friction shaft seal composed of bio-inspired materials covering low-speed range under high hydrostatic pressure
3. 学会等名 Biotribology Sendai 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 中西義孝, 本島那奈, 野口圭介, 細川 翔, 森田匡輝, 宮本陽来, 中島雄太
2. 発表標題 粘性流体による皮膚への刺激と自律神経系に与える影響
3. 学会等名 日本機械学会 福祉工学シンポジウム 2019
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 中西義孝, 本島那奈, 宮本陽来, 中島雄太
2. 発表標題 粘性液体の皮膚への刺激が自律神経系に与える影響
3. 学会等名 第58回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 Y.NAKANISHI, Y.YOSHIOKA, T.HONDA, K.KASAMURA, Y.NAKASHIMA
2. 発表標題 Hydrated material for dynamic seal faces in shaft seal
3. 学会等名 Wear of Materials 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 中西義孝、亀井比呂樹、伊賀崎伴彦、中島雄太
2. 発表標題 手のひらの粘性液体がヒトのこころに与える影響
3. 学会等名 トライボロジー会議2018春 東京
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshitaka Nakanishi, Tomohiro Igasaki, Hiroki Kamei, Yuta Nakashima
2. 発表標題 Changes in emotional state while holding a slimy liquid in palms: Investigation using psychophysiological index
3. 学会等名 8th World Congress of Biomechanics, Dublin, Ireland (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 E.Adeyemi, Y.Nakashima, Y.Nakanishi
2. 発表標題 Tribological behavior of anti-fingerprint glass
3. 学会等名 4th International Conference on Bio Tribology (ICoBT2018) Montreal, Canada (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中西義孝、柴田司真、樋口泰則、馬場貴司、本田拓朗、笠村啓司、中島雄太
2. 発表標題 幾何学的な表面形状による防汚ガラスの作成と評価
3. 学会等名 第39回バイオトライポロジシンポジウム 川崎市
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 凹凸体製造方法及び凹凸体	発明者 中西義孝、中島雄太	権利者 熊本大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-178900	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

<p>研究者が作成した研究内容に関するwebページ http://www.mech.kumamoto-u.ac.jp/Info/lab/biomech/</p>

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------