

プログラミング時の認知負荷計測のための鼻部皮膚温分析

郡山太陽[†] 日高祥矢[†] 中才恵太郎[†] 鹿嶋雅之[‡] 角田雅照[‡] 門田暁人^{*} 中川尊雄^{**}

鹿児島工業高等専門学校情報工学科[†] 鹿児島大学大学院理工学研究科[‡]

近畿大学大学院総合理工学研究科[‡] 岡山大学大学院自然科学研究科^{*} 富士通人工知能研究所^{**}

1. はじめに

エンジニアが感じているストレスによってプロダクトの生産性が変わることが注目されている [1]. ストレスを大きく感じている状態でのプログラミングは作業効率を下げるだけでなく、プログラマの精神状態に大きく影響を及ぼすと考えられる。

これまで、生体情報（脳波、視線、fMRI など）を用いたソフトウェア開発者の認知負荷の計測がソフトウェア工学分野において評価されてきた[2]. これらの生体情報から計測される認知負荷が一定以上となれば、ソフトウェア開発者に通知を行うことができ、実務での利用が期待できる。ただし、従来研究の計測手法は身体への計測装置の装着を要求するため、被計測者に対する身体的な負担や体動の制約が伴う。こうした負担や制約は、ソフトウェア開発現場や教育現場への実適用の障壁となる。本発表では、非接触で身体的負担がない測定方法である赤外線サーモグラフィを用いてプログラミング中の認知負荷を計測する手法を提案、評価する。

2. 認知負荷評価の手法

人が作業による精神負荷や不快感からストレスを受けているとき、その認知負荷を評価する手法として、心拍・呼吸・血圧といった自律神経系指標を用いて評価する方法や、唾液アミラーゼ活性の分析、心拍変動指標がこれまで提案されてきた。ただし、それらの手法では、身体的な負担や帯同の制約が伴うため、認知負荷評

価自体が認知負荷の要因となることや、リアルタイム性が低いといった問題点があげられる。

また、ソフトウェア工学分野における認知負荷評価においては、NIRS(近赤外線分光法)や瞬目、心拍数、皮膚電気反応を用いて評価するのが提案されてきたが、非接触型のもの、特に鼻部周辺皮膚温度を用いて認知負荷評価を行っているものは著者が知る限り、我々の研究グループ以外では存在しなかった。

そこで、本稿では認知負荷評価手法として、鼻部周辺皮膚温度の測定を行うこととした。皮膚温度は、非接触で計測が可能な赤外線サーモグラフィを利用可能である。鼻部周辺皮膚温度について以下の特徴がある [3].

- ① 鼻部周辺には毛細血管の血液量を調整する動静脈吻合血管 (arteriovenous anastomoses : AVA) が多く分布していること。
- ② 脂肪が他箇所と比べて少なく、皮膚温度変化が見やすいこと。
- ③ ストレスを受けている際には副交感神経の自律神経系活動により血管収縮が起こり、血流量が減少すること。
- ④ 皮膚温度は血液量の変化に依存すること。

車の運転タスクにおける認知負荷に関して鼻部の皮膚温度は有意な変化があり、額部の皮膚温度には有意な変化が見られなかった[4]ため、本研究では額部温度から鼻部温度を引いた差分を「鼻部周辺皮膚温度」として、その温度をもとにプログラミング中の認知負荷の評価を行う。

3. 実験の概要

本実験は、被験者にC言語で記述された複雑度の異なるプログラム問題[5]を5問解いてもらい、その様子をサーモグラフィカメラで撮影する。また、被験者は19±1歳の男性7名である。

実験全体の流れを以下に示す。

- ① 被験者に着席してもらい、サーモグラフィカメラのセッティングを行う。
- ② 問題や回答方法について説明を行う。
- ③ 練習問題2問、演習問題3問の計5問のプログラム問題を解いてもらう。制限時間は各問10分で、問題終了ごとに5分間の休憩を取らせる。
- ④ 実験終了後はアンケートに回答してもらう。

Nasal Skin Temperature analysis for Measuring Cognitive Load while programming

[†]Koriyama Sora, Department of Information Engineering, National Institute of Technology, Kagoshima College

[‡]Hidaka Sachiya, Department of Information Engineering, National Institute of Technology, Kagoshima College

[†]Nakasai Keitaro, Department of Information Engineering, National Institute of Technology, Kagoshima College

[‡]Kashima Masayuki, Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University

^{*}Tsunoda Masateru, Graduate School of Science and Engineering, Kindai University

^{*}Monden Akito, Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

^{**}Nakagawa Takao, Artificial Intelligence Laboratory Research Unit Fujitsu Limited

表 1 被験者の鼻部周辺皮膚温度の中央値

	解答中[°C]	休憩中[°C]
1 問目	1.54	1.37
2 問目	1.49	1.09
3 問目	1.36	1.00
4 問目	1.45	1.07
5 問目	1.30	NaN
平均	1.53	1.09



図 2 最も差の大きかった被験者

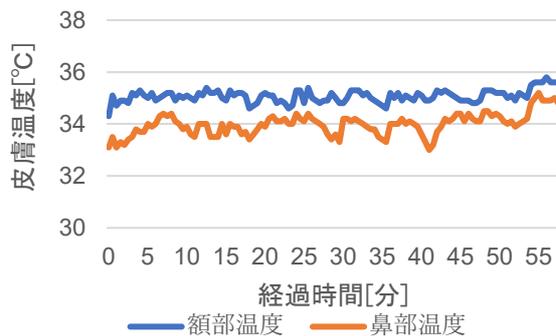


図 1 最も差の小さかった被験者

4. 実験結果

7 人の被験者の各問題解答中、休憩中の鼻部周辺皮膚温度の平均をそれぞれ取り、7 人の平均データの中央値の結果を表 1 に示す。また、被験者の中で、最も解答中と休憩中の温度の差が大きかった者と小さかった者の額部と鼻部の温度の推移を示したグラフを図 1 図 2 に示す。

5. 考察

図 1, 図 2 から鼻部周辺皮膚温度の大小にかかわらず、休憩中、プログラミング中の両方において額部温度には大きな変化は見られず、鼻部温度には変化がみられることが分かった。表 1 から、

休憩中の鼻部周辺皮膚温度は平均で 1.09 であり、解答中の平均は 1.53 であることから、プログラミングの解答中には鼻部周辺皮膚温度が上昇することがわかる。

解答する問題によって、0.2 度ほどばらつきがあるが、図 1, 図 2 から鼻部温度の推移を確認すると、最も差の大きかった被験者には差は見られるが、休憩を挟んでいるとはいえ、問題を連続して解いているので疲労が蓄積されている可能性が考えられる、最も差の小さかった被験者はあまり差は見られなかった。

問題解答後のアンケート調査の結果と、個人の鼻部皮膚温度の推移を確認すると、問題の特徴をとらえていた被験者と、そうでない被験者とは温度変化の幅に差異がみられた。

6. おわりに

本稿では、プログラミング中の認知負荷計測のため、赤外線サーモグラフィを用いて鼻部周辺皮膚温度を計測し、分析を行った。その結果、プログラミング中には鼻部周辺皮膚温度が上昇する（鼻部温度の低下）することが確認できた。ただし、プログラミングの難易度によって鼻部周辺皮膚温度の変化は確認できなかった。今後は、鼻部周辺皮膚温度がどの程度上昇すれば、認知負荷として利用できるか、現場での利用を想定し、自動で、鼻部皮膚温度を計測するツールの開発を検討している。

参考文献

- [1] Paul Ralph, Baltis Sebastian, Gianisa Adisaputri, Richard Torkar, Vladimir Kovalenko, Marcos Kalinowski, Nicole Novielli, Shin Yoo, Xavier Devroey, Xin Tan, Minghui Zhou, Burak Thuran, Rashina Hoda, Hideaki Hata, Gregorio Robles, Amin Milani Fard, and Rana Alkadhi, Pandemic Programming: How COVID-19 affects software developers and how their organizations can help, Empirical Software Engineering, Vol. 25, No. 6, pp. 4927–4961(2020).
- [2] L. Gonçalves, K. Farias, B. da Silva and J. Fessler, Measuring the Cognitive Load of Software Developers: A Systematic Mapping Study, 2019 IEEE/ACM 27th International Conference on Program Comprehension (ICPC), pp. 42-52(2019)
- [3] 加賀翔太郎, 荒川俊也, 大西正敏: 鼻部皮膚温度計測によるストレス検出システムの研究, 第 34 回ファジィシステムシンポジウム 講演論文集 425-428(2018)
- [4] 山越 健弘, 松村 健太, 小林 寛幸, 後藤 雄二郎, 廣瀬 元: 差分顔面皮膚放射温度を用いた運転ストレス評価の試み—単調運転ストレス負荷による基礎的検討—, 日本生体医工学会, 48 巻 2 号 p.163-174(2010).
- [5] 中川 尊雄: 脳波・脳活動に基づくプログラム理解の困難さ測定, 奈良先端科学技術大学院大学博士論文, NAIST-IS-DD1461007(2017)