7 生体情報を用いたプログラミング活動の測定

応 般

上野秀剛（奈良工業高等専門学校 情報工学科）

プログラミングと生体情報

プログラミングは人間が行う活動であるため，作業中の様子を観測して効率向上の知見を得ることや，適切なタイミングに文脈に沿った支援をすることは重要である．計測方法の中でも人体を測ることで得られる生体情報は，観測が難しい作業者の内的状態（思考や心理，負荷量など）を客観的に計測する手段として有効と考えられる．本稿ではプログラミング活動の計測に有用と思われる生体計測の手法と，その使用例を紹介する．

生体計測の手法

❖ 脳血流

言語処理や意思決定といった脳の機能は特定の部位に局在し，部位が活発化する際には付近の血流量が増大する．そのため，部位ごとの血流量を測ることで作業によって活発になる脳機能が計測できる．脳部位の血流量を測る装置として磁気共鳴機能画像法（fMRI）や陽電子放射断層撮影（PET），近赤外分光法（NIRS）などがある．fMRI や PET は高い精度・解像度で脳全体の活動が計測できる一方で，大がかりで高価な装置が必要であるほか，被計測者の姿勢や行動が大きく制限される．NIRS は小型で安価な（それでも数百万～数千万円するが）装置で，姿勢の制限も少ないが，頭皮付近にある脳表面しか計測できない．

ICSE 2014 で報告された研究では fMRI を用いてプログラム理解時の脳部位を計測し，問題解決，記憶，および文章理解に関係する領域が活発になることを示している[1]．プログラミング活動を構成するタスクの種類（デバッグやアルゴリズム構築）と関係の深い脳機能が明らかになれば，タスクに応じた訓練法や教育法の開発に有用である．

[a] 脳波計測装置の例（NeXus-10 MARK II Mind Media Inc.）　[b] 装着時の様子

図 -1　脳波計測

❖ 脳波

人の頭皮上に電極を置くと計測できる微弱な電位の変化を脳波（EEG）と呼ぶ．脳波を構成する周波数成分には α 波（8 ～ 13Hz）や β 波（13 ～ 20Hz）などがあり，心理状態や内的状態によって変化することが知られている．一般に α 波は安静状態にあるときに強く観測され，精神的に興奮状態にあるときや暗算中などに減少する．β 波は緊張や不快な感情を抱いているときに強く観測される．また，周波数成分以外にも，特定の事象に応じて発生する事象関連電位（ERP）を用いて知覚や注意，認知の度合いを計測することもある．

脳波の計測装置は高精度なものは数百万円程度するが，近年は数万～数十万円程度の安価な装置も増えてきている．**図 -1** に装置の外観と装着時の例を示す．被験者に仕様を満たすプログラムを制限時間内に考えるタスクを与えると，考えついた被験者の脳波に α 波が強く観測されることから，課題の実装

に行き詰まった学生の検出や支援を必要とする開発者の検出に役立つと考えられる．

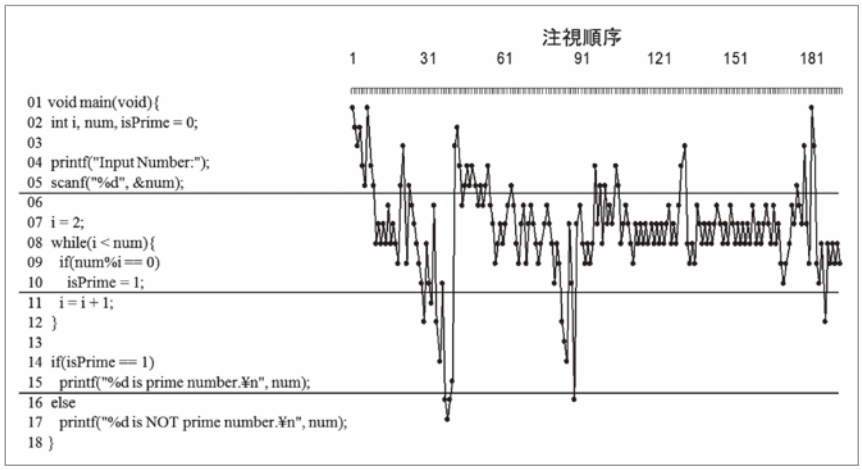

図 -2　ソースコードを読む視線移動の可視化

❖ 視線移動

人の視線移動を計測すると興味や必要としている情報，また，思考の流れを理解できる可能性がある．視線移動は頭部と眼球の動きをカメラで撮影し，その位置関係から計算され，視線が向いているディスプレイ上の座標，あるいは被計測者の視界を撮影した動画上の座標として出力される．分析時には各領域に対する視線としてまとめられ，順序や移動頻度，注視時間などを見る．また，多くの装置では，興味や好みに応じて変化する瞳孔の大きさも測ることもできる．

視線計測を用いた研究は文書読解や，熟練パイロットや外科医の行動分析，ユーザビリティ評価など幅広い分野で用いられている．プログラミングを対象とした初期の研究としては 1990 年に Pascal で書かれた 10 行のソートプログラムを読む際の視線移動を計測したもの [2] がある．筆者が行った研究ではソースコードの各行に対する視線をまとめることでソースコードを読む様子を可視化し（**図 -2**），ソースコードの全体像を最初に読む被験者がバグを効率的に発見することを分析した．また，バグ発見効率の高い作業者の視線移動の特徴を元に作成した読み方の教示を行うことでバグ発見効率が向上した．近年，視線計測装置はエンタテインメント分野での利用が拡大しており，2 万円程度で買える装置も販売されている．

❖ その他の計測方法

心的負荷やストレスを測る生理指標として以下のものがある [3]．

- 心電図波形の特徴（心拍変動，周波数成分など）
- 血行力学的反応（血圧，脈波など）
- 呼吸（呼吸数や周期，一回換気量など）
- 皮膚電気活動（手のひらや指の発汗量）

今後の発展と応用

プログラミングを対象とした生体計測に関する研究は安価な計測装置が開発されてきていることもあり，今後ますます活発になると思われる．近年のセンシングデバイスの進化によって計測が容易になれば，研究室のみならず開発現場での応用も期待される．また，ソフトウェアリポジトリマイニングや各種作業履歴分析と組み合わせることで，脳科学の知見を考慮したソフトウェアプロセスの改善や「生体ソフトウェア工学」ともいうべき研究が可能となるだろう．

参考文献

1）Siegmund, J., Kastner, C., Apel, S., Parnin, C., Bethmann, A., Leich, T., Saake, G., and Brechmann, A. : Understanding Understanding Source Code with Functional Magnetic Resonance Imaging, In Proceedings of the 36th International Conference on Software Engineering (ICSE2014), pp.378-389 (2014).

2）Crosby, M. E. and Stelovsky, J. : How Do We Read Algorithms? A Case Study, IEEE Computer, Vol.23, No.1, pp.24-35 (1990).

3）宮田　洋，藤澤　清，柿木昇治，山崎勝男：新生理心理学―生理心理学の基礎，北大路書房（1998）．

（2017 年 8 月 2 日受付）

上野秀剛　uwano@info.nara-k.ac.jp

2009 年に奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科博士後期課程修了．同年奈良工業高等専門学校 情報工学科 助教．2017 年より准教授．ソフトウェア開発におけるヒューマンファクタおよび，ユーザビリティの研究に興味．