

# プログラミングトレース学習の思考過程推定法の提案

## Proposal of a Thinking Process Prediction Method in Programming Trace Learning

沖本 恒輝<sup>\*1</sup>, 松本 慎平<sup>\*1</sup>, 加島 智子<sup>\*2</sup>, 山岸 秀一<sup>\*1</sup>, 青木 真吾<sup>\*1</sup>  
Koki OKIMOTO<sup>\*1</sup>, Shimpei MATSUMOTO<sup>\*1</sup>, Tomoko KASHIMA<sup>\*2</sup>,  
Shuichi YAMAGISHI<sup>\*1</sup>, Shingo AOKI<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 広島工業大学情報学部

<sup>\*1</sup> Faculty of Applied Information Science, Hiroshima Institute of Technology  
Email: {b211017, s.matsumoto.gk, s.yamagishi.if, s.aoki.sm}@cc.it-hiroshima.ac.jp

<sup>\*2</sup> 近畿大学工学部

<sup>\*1</sup> Faculty of Engineering, Kindai University  
Email: kashima@hiro.kindai.ac.jp

**あらまし**：日本のソフトウェア開発力の向上は国際競争の中で不可欠であり、また、ソフトウェア開発に対する社会の要望は今後一層拡大することが予測される。したがって、プログラミングを不得手とする層への対応・支援はこれまで以上に求められると考えられる。我々はこれまで、プログラミングを不得手とする学習者層を対象とし、彼らのプログラミングの成熟的学習活動を支援することを目的として研究を進めてきた。ここでは、従来のプログラミング教授法の限界は、感覚技能を言語情報で十分に表現できない点にあると仮定している。そして、プログラミングが学習経験に強く関係する暗黙的思考である点に着目し、蓄積経験が強く反映される眼球運動を分析すれば、プログラミングの経験・理解程度を推定でき、さらに、その結果に基づくことで新たな学習指導法を構築できると考えている。以上の準備段階として、本稿では、プログラミングトレース学習の思考過程の視線運動の追跡による推定法を提案し、学習者の経験・理解の度合いに応じて眼球運動の振る舞いに特徴が存在することを明らかにする。

**キーワード**：プログラミング学習，視線計測，トレース，思考過程，推定

### 1. はじめに

情報工学に関連する大学等専門領域において、プログラミング技能は特に重要な科目として位置づけられている<sup>(1)</sup>。しかしながら、プログラミング学習者の集団に対してその素養を分析すると、高度な論理思考力を持つ学習者を含む層とそうではない層の二つの層が各学年必ず存在するよう感じられる。この傾向は、年齢や性別、教育水準の差に関わらず、等しく発生することが従来から経験的に知られている<sup>(2)</sup>。日本のソフトウェア開発力の向上は国際競争の中で不可欠であり、そのためには、プログラミングを不得手とする層の支援が必要である。そして、彼らを支援するためには、何が原因で理解を妨げているのかを明らかにすることや、また彼らの理解度に適した教授法を提供する必要があると考えられる。

このような背景のもと、プログラミングの学習支援を対象とした研究は、1. 学習者の分析と特徴の発見、2. プログラミング学習の教示方法の提案、3. プログラミング学習支援ソフトウェアの開発の3種類に大別される。しかしながら、ほとんどは初心者を対象としたもので、さらに示唆・提言に留まっている。初学者からスタートして学習者が個々の学びの段階に応じて成熟的に学習を進めるための学習支援法や、学習者の学びの段階に応じた教授法の提案にまでには至っていない。

我々はこれまで、学習者の理解度を詳細に定義す

ることで、成熟的学習活動を可能とする教材の開発を目標に研究を進めている。この中ではとりわけ、プログラミングが学習経験に強く関係する暗黙的思考技能である点に着目し、蓄積経験が強く反映される眼球運動を分析することで、プログラミングの理解度を推定可能であると考えている。以上の準備段階として、本稿では、プログラミングトレース学習の思考過程の視線運動の追跡による推定法を提案し、学習者の理解度の度合いに応じて振る舞いに特徴が存在することを明らかにする。

### 2. 従来の教育手法

本研究では、プログラミング学習の中でもプログラミングの読解に着目する。プログラミング読解の際には洞察力が強く求められるため、従来の言語情報に強く依存した教授法だけではプログラミングの不得意層を十分に支援できない。本研究では、プログラミングそのものは言語であること、経験主導型の学習であることの2点に着目し、プログラミングの理解度を評価するために視線計測の情報を活用する。経験の度合いに応じて視線の軌道には特徴が存在するとの考えに基づき、プログラミングの成績には表れない経験の量を定量的に表すことで、経験の度合いに応じた思考パターンを定義する。そして、思考パターンからプログラミング読解の過程を把握し、この情報を教材開発に活用することを考えてい

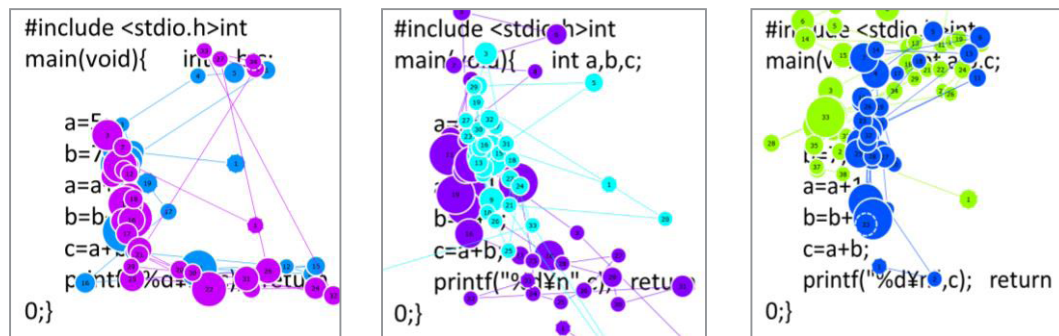


図 1 実験結果の一例. 左は得意層, 中央は普通層, 右は不得意層

る. 以上の目標のもと, 本稿では, 理解度・経験の度合いに応じて視線軌道のパターンに特徴が存在するかどうかを実験から明らかにする.

### 3. 実験条件

C 言語の全般的な基本文やアルゴリズム基礎・演習といったプログラミングの基本を既に習得している大学生 3 年 6 名を被験者として実験を行った. 課題に集中させ, リラックスした気分させるため外部から内部を見ることのできない教室を利用して実験を行った. なお, 眼球運動計測には, トビー・テクノロジー社製 X2-30 アイトラッカーを使用した.

被験者 6 名に対して行ったインタビューの結果から, プログラミングに対する得手不得手の主観評価とプログラミング関連科目の成績を参考として, 被験者を得意群 2 名, 普通群 2 名, 不得意群 2 名の計 3 群に分類した. 実験では, 6 種類の簡単なソースコードを対象とし, 被験者の群に応じた相違を分析した. なお, 実験では, 被験者のプログラミングに対する慣れ・経験を問うために, ソースコードの中で改行コードやインデントの削除を任意に行っており, その結果を図 1 の結果からも確認できる.

### 4. 結果及び考察

実験結果の一例を図 1 に示す. 得意群では, 被験者同士で注目箇所ほぼ一致が見られ, とりわけ処理の中で重要となる箇所を注視できていたことを確認した. 次に普通群では, プログラミングの処理を全体的に何度も確認する傾向にあり, また, 被験者間で視線軌道に相違が見られた. 最後に不得意群では, 普通群と同様に注視箇所に広がりが見られた. 特に, 被験者に応じて視線軌道に強い特徴があり, その多様性が示唆された. 変数宣言やヘッダといった処本質的に重要ではない箇所注視が行われている点や, 処理の中で必ず確認が必要な箇所への注視が行われていない点は不得意群の特徴であった. また, プログラミングに対する慣れを問うために行った改行やインデントの任意抜粋に過剰に反応していた. 問題によっては複数被験者の注目箇所に一致が見られた場合もあったが, 理解が不足していたためソースコードの読解を途中で中断していたことがその理由であり, このことは実験中の口答説明から確

認された. 改行やインデントの任意抜粋に反応した理由として, 被験者が記憶に留めていない記述パターンであったため, 何らかの処理がこの点に存在しているのではないかと記憶を疑っていた結果であったことが, 実験後のインタビューから確認された.

### 5. おわりに

本研究では, プログラミングが学習経験に強く関係する暗黙的思考技能である点に着目し, 蓄積経験が強く反映される眼球運動を取得することで, プログラミングトレースの思考過程の分析を行った. その結果, 学習者の層に応じた視線運動の特徴を確認した. 多くの教示の現場では, 教授者は「プログラミングでは実践が重要であり, 考えることが重要である」と説明している場合が多い. 本稿での実験の結果, プログラミング不得意層, 特に経験が不足している学習者は, ソースコード全体に重要な意味があり, 全てを考え理解する必要があると解釈していることが示唆された. たとえばプログラミング導入講義の段階ではヘッダなどの意味を理解する必要はない反面, プログラミングを不得手とする学習者はそのことに対して理由を見付けられず, その結果学習を途中で放棄するケースが多いのではないかと考えられる. なお, 意味のないものに意味を見付けようとする学習者は素養がないと述べた Dehnadi らの知見と一致が見られる. よって, 教示の現場では, 憶える箇所, 考える箇所の強調とその繰り返しが重要となるのではないかと考えられ, この点の検証は今後の課題として明らかにする予定である.

### 謝辞

本研究は, 独立行政法人日本学術振興会平成 25 年度科学研究費助成事業(若手(B) 13304922)及び平成 26 年度科学研究費助成事業(基盤研究(C) 26350296)の助成を受けて実施した成果の一部である. ここに記して謝意を表します.

### 参考文献

- (1) 独立行政法人 情報処理推進機構: “C に関するスキル”, <http://www.ipa.go.jp/files/000018406.pdf> (2014)
- (2) Saeed Dehnadi and Richard Bornat, The camel has two humps (working title), <http://www.eis.mdx.ac.uk/research/PhDArea/saeed/paper1.pdf>, 2014/6/19 参照.