

## プログラミング教育におけるラーニングアナリティクスの事例

ICTと教育研究部会

### 1. はじめに：ICTと教育研究部会について

(担当：岩手県立大学 後藤裕介)

LMS (Learning Management System) やeポートフォリオ、センシングデバイスなどの普及に伴い、教育ビッグデータを活用した支援が期待されている。ラーニングアナリティクスと呼ばれる研究領域では(1)行動予測、(2)介入モデル、(3)オープン学習者モデル、(4)推薦、(5)ティーチングアナリティクス、(6)教育評価の自動化など新しい研究テーマが生まれてきている(緒方, 2018)。ラーニングアナリティクスでは情報システムやデータ分析が大いに関係し、また新規ビジネス創出へつながる可能性もある、まさに経営情報学的な実践的研究領域である。

ICTと教育研究部会は、早稲田大学名誉教授平澤茂一先生を主査として、ラーニングアナリティクスを中心とした「ICTと教育」に関わる研究に2017年度より2年間取組んできた。研究テーマは広範に渡るが、下記の4つに大別される。

1. 学習者の脳波・視線追跡などの生体情報とWEB上の閲覧・編集などの学習過程の履歴を解析する学習分析
2. 学習者の学習履歴・小テスト結果とアンケート結果を用いて、学習者の学習効率を推定することによる、反転授業におけるグループ化などの授業改善への活用
3. サイバーゼミナールにおける通信品質を考慮した授業運営方法の検討
4. 高大連携におけるICTの活用可能性についての検討

本研究部会の研究成果の一部は、PACIS2018主催記念特別全国研究発表大会(2018年6月28日、TKPガーデンシティPREMIUM横浜ランドマークタワー)において報告した。この他に、第9回「次世代e-learning」公開フォーラム(2018年1月30日早稲田大学にて開催)を後援した。本フォーラム

では、招待講演として早稲田大学森田裕介先生による「MOOCsによる高等教育のイノベーション」ならびに東京学芸大学森本康彦先生による「教育分野におけるeポートフォリオに関する最新動向」を講演いただき、研究部会の研究成果とともに最新の研究動向を広く一般の皆様へ届ける機会も実現することができた。

本稿では、本研究部会の成果について、高崎経済大学石田崇先生、湘南工科大学梅澤克之先生・齋藤友彦先生、会津大学中澤真先生から、プログラミング教育におけるラーニングアナリティクスの研究事例を4件紹介する。

### 2. C言語プログラミング教育における学習状況の分析

(担当：高崎経済大学 石田 崇)

著者らの研究グループにおいて、これまでに、WEBブラウザ上で動作するプログラミングの編集履歴可視化システムの開発を行ってきた(小林他, 2015; 荒本他, 2016)。学習者はこのシステム上でプログラミング学習を行い、その際の編集操作などの詳細なログが蓄積される。

本研究では、上記システムを高校生のC言語プログラミング学習に使用し、その際に収集された編集履歴情報と、プログラミング学習前に実施した基礎学力に関するテスト結果、学習前後に実施したアンケート結果(石田他, 2017)、また、簡易脳波計により収集した学習時の脳波の状態(石田他, 2016)を総合的に分析し、学習者の特性と学習行動との関係性について検証を行った。その結果、以下の様な示唆が得られた。

- (1) 学習者の基礎学力(特に数学)が課題を困難と感じる度合や理解度と大きく関係していると考えられる。また、学生の文理系の志向との関連性も強いと見られる。
- (2) 初学者向けのプログラミング学習はレベル別

に実施する方がよさそうである。特に初期段階での学習のグループ分けの参考として、基礎学力や文理系の志向性も有効である可能性がある。

- (3) プログラムの作成過程において、プログラム修正の差分とコンパイル実行回数を観察することにより、(a)じっくり吟味して、完成度がある程度高めてからコンパイルをして実行結果を確認し、軽微なエラーを修正する学習者、(b)場当たりのコードを書き換えてこまめにコンパイルし、結果を見ながら吟味せずに修正を繰り返す学習者、のような傾向の違いが見られた。
- (4) スムーズに課題を解答する学習者と、理解が不足していてスムーズに解答できない学習者として、脳波の数値の傾向に違いが見られた。学習に困難を感じていたり、集中できていない学習者などをリアルタイムに捕捉できる可能性がある。

今後はここで得られた知見を実際の授業の中で活用していく方法についても検討したい。

### 3. グループ分け反転授業の実授業への適用について

(担当：湘南工科大学 梅澤克之)

これまでの授業は知識を習得するために学校で講義を行い、その後、理解を深めるために家でレポートや演習を行っていた。それに対して反転授業が注目され始めた。反転授業とは、授業と宿題の役割を「反転」させ、授業時間に先立ってデジタル教材等により知識習得（以降、自習と呼ぶ）を済ませ、教室では知識確認や問題解決学習（以降、対面授業と呼ぶ）を行う形態のことを指す。

我々は、反転授業の新たな方法を提案してきた。具体的には、反転授業の自習時のe-ラーニングの学習ログを取得し、自習時の理解度が高い学生のグループ、自習に時間をかけなかったために理解度が低い学生のグループ、自習に時間をかけたが理解度が低い学生のグループに分けて教場での対面授業を行う「グループ分け反転授業」を提案してきた。これにより学生の自習時における理解度別に対面授業を進めることができ、学生の理解度の向上を図ること

とができることを示した (Umezawa et al., 2016)。特に理解度の低い学生や事前に予習をしてこない学生に対して底上げの効果を期待できることが示した (梅澤他, 2017)。さらに、底上げの効果だけでなく理解度の高い学生に対しても飽きさせることなく高度な授業を行えたことも示した (Umezawa et al., 2017)。

上述のグループ分け反転授業の方式を2017年度後期における16週間の実授業に適用し、適用結果とその有効性の評価を行った。その結果、(1)理解度の低い学生に対して授業前と授業後で理解度が統計的にも高くなった。また、(2)従来型の対面授業と比較してグループ分け対面授業に効果があることも示した。自習確認テストを実施する際の不正（他の学生に教えてもらう等）や、自習時間のカウント方法の周知の徹底などいくつかの課題も浮き彫りになった。これらを解決しながら次年度の授業にも適用していきたい。

### 4. 高校生を対象としたプログラミング学習時の脳波履歴の収集とその分析 (担当：湘南工科大学 齋藤友彦)

脳波は人間の学習や思考の状態と密接に関わる情報であることが知られている。上野らはソフトウェアユーザビリティの定量的な評価として脳波が利用できることを示した (上野他, 2008)。特に $\alpha$ 波と $\beta$ 波の比率 ( $\beta/\alpha$ ) がソフトウェアを扱う際の精神的負荷を測る指標となることを示した。更に言語・算術的課題においても $\beta/\alpha$ が課題の困難度を測る指標となることも示されている。

著者らは2016年8月に新潟県立松代高校を中心に、近隣の高校生を対象とした「まつだいサイエンス講座」を開催した。講座内でプログラミングやタイピングソフト実施時における閲覧・編集履歴及び脳波履歴を収集し、その解析を行った。これまでの結果、プログラミングやタイピングソフト実施時においても $\beta/\alpha$ が学習の困難度を測る指標として有効であることが確認されている (齋藤他, 2017)。

本研究では、講座冒頭に行ったプログラミングに関する事前アンケート及び事前テスト（中学3年生～高校1年生レベルの英語、数学、国語）の結果をまとめ、事前アンケート・テストと脳波 ( $\beta/\alpha$ ) の

関係を分析した。その結果、事前テストの成績と  $\beta/a$  の値に相関があることが明らかとなった。これは先の研究（梅澤他，2016）の結論を別の視点から支える興味ある結果である。

## 5. 粒度の高いコンテキストウェアな学習履歴を組み合わせた学習者分析 (担当：会津大学 中澤 真)

ICTを活用した教育の浸透とともに、学習者がパソコンやタブレット上でどのような学習活動をしたか記録した学習履歴を活用することに注目が集まっている。我々はこの学習履歴を微細な粒度で記録する学習環境システムを構築した（中澤他，2015）。具体的には、学習者が電子教材のどのページをどのような順序でどのくらいの時間閲覧したかという閲覧履歴可視化システム、また、プログラミング学習時のソースコードの作成過程を逐一記録し

た編集履歴可視化システムを構築し（図1，2参照）、これを大学の授業などで実際に活用して実証実験用のデータを収集してきた。

これらの学習履歴を組み合わせることで、学習者個々の理解度やつまづき箇所を従来よりも正確に把握することが可能になり、教員の授業運営の有用な支援ツールとなることを示した。

## 6. おわりに (担当：岩手県立大学 後藤裕介)

本研究部会の活動が実り豊かなものになりましたのは、研究部会の皆様、会員の皆様のご支援によるものにほかなりません。部会設立をお認めくださった経営情報学会をはじめ皆様に改めて感謝申し上げます。

## 参考文献

- 荒本道隆，小林学，中澤真，中野美知子，後藤正幸，平澤茂一「編集履歴可視化システムを用いた Learning Analytics ～システム構成と実装」『情報処理学会第78回全国大会予稿集』2016年，4-527-528ページ。
- 石田崇，梅澤克之，齋藤友彦，中澤真，平澤茂一「プログラミング学習時における簡易脳波計による脳波計測とその分析」『コンピュータ利用教育学会（CIEC）九州PCカンファレンス2016予稿集』2016年，8-9ページ。
- 石田崇，梅澤克之，齋藤友彦，中澤真，平澤茂一「高校生を対象としたC言語学習時の編集履歴による学習状況の分析」『情報処理学会第79回全国大会予稿集』2017年，4-421-422ページ。
- 上野秀剛，石田響子，松田侑子，福嶋祥太，中道上，大平雅雄，松本健一，岡田保紀「脳波を利用したソフトウェアユーザビリティの評価：異なるバージョン間における周波数成分の比較」『ヒューマンインタフェース学会論文誌』第10巻，第2号，2008年，233-242ページ。
- 梅澤克之，石田崇，齋藤友彦，中澤真，平澤茂一「簡易脳波計測を用いた学習者にとっての課題難易度の判定方法」『情報処理学会コンピュータと教育研究会137回研究発表会予稿集』2016年，1-6ページ。
- 梅澤克之，小林学，石田崇，中澤真，平澤茂一「自習時のログ情報に基づく効果的な反転授業の評価」

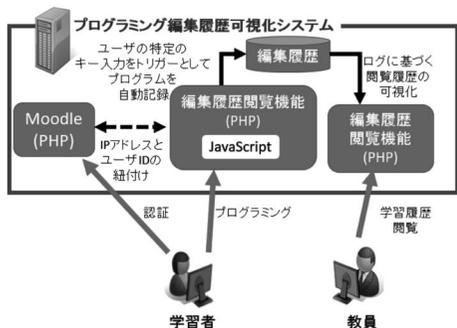


図1 編集履歴可視化システム（JavaScript版）



図2 編集履歴可視化システムの画面

- 『電子情報通信学会教育工学研究会 (ET), 技術報告』2017年, 1-6ページ.
- 緒方広明「ラーニングアナリティクスの研究動向」『情報処理』第59巻, 第9号, 2018年, 796-799ページ.
- 小林学, 後藤正幸, 荒本道隆, 平澤茂一「プログラミング編集履歴可視化システムとその実践」『日本経営工学会2015年秋季大会予稿集』2015年, 8-9ページ.
- 齋藤友彦, 梅澤克之, 石田崇, 中澤真, 平澤茂一「高校生を対象としたプログラミング学習時の脳波履歴の収集とその分析」『情報処理学会第79回全国大会予稿集』2017年, 5-415-416ページ.
- 中澤真, 後藤正幸, 平澤茂一「Learning Analyticsにおける学習履歴の情報構造と粒度のあり方」『日本e-learning学会第17回学術講演会論文集』2015年, 1-8ページ.
- Umezawa, K., Ishida, T., Aramoto, M., Kobayashi, M., Nakazawa, M., and Hirasawa, S., "A Method Based on Self-study Log Information for Improving Effectiveness of Classroom Component in Flipped Classroom Approach," *International Journal of Software Innovation (IJSI)*, Vol. 4, Issue 2, 2016, pp. 17-32.
- Umezawa, K., Kobayashi, M., Ishida, T., Nakazawa, M., and Hirasawa, S., "Experiment and Evaluation of Effective Grouped Flipped Classroom," *Proceeding of the 5<sup>th</sup> International Conference on Applied Computing & Information Technology (ACIT 2017)*, 2017, pp. 71-76.