

次世代 e-learning に関する研究

研究代表者 後藤 正幸
(創造理工学部 経営システム工学科 教授)

1. 研究課題

本研究では、ICT を用いた次世代教育システムの構築を強力に推進するため、これまでに部会 A～部会 N のサブグループを立ち上げ、個々の研究課題に取り組んでいる。2020 年度は 2019 年度に引き続き、以下の G, H と N の 3 つの部会による研究課題を扱った。

部会 G: 「ICT を用いた教育・学習などの地域社会への貢献」

部会 H: 「コンテキストウェアネスと学習分析方法」

部会 N: 「ラーニングアナリティクスに基づく ICT 教育の次世代モデルに関する研究」

2. 主な研究成果

2020 年度は新型コロナウイルス感染症の影響を多大に受け、設計した教育プログラムの実証実験や学習者のデータ観測実験を実施することが困難であった。そのため、主にこれまで蓄積された実証実験によって蓄積された様々なデータの分析を深め、新たな切り口による分析結果を得ることが主たる研究内容となった。2020 年度に得られた研究成果は、主に以下の通りである。

【例 1】プログラミング学習時の学習履歴を活用した論理エラーの分析

我々は、プログラミング言語学習の学習環境である編集履歴可視化システムを提案してきた。このシステムは学習環境の準備を容易にするとともに学習者の状況把握することができる。また学習ログを蓄積することで学習者がプログラムのどこをどのように修正したかを確認できる。また我々は、自習時の学習ログに基づき対面授業時にグループ分けをして授業を行うグループ分け反転授業を提案してきた。この反転授業を実授業に適用するにあたり、前述の編集履歴可視化システムを活用した。その結果、3 年間で約 600 名分の膨大な学習ログが蓄積された。編集履歴可視化システムでは、プログラムが完成するまでに修正されていく過程のソースコードをすべてログとして蓄積している。昨年度は、これらの情報を元にあえて文法エラーを含むソースコードを学習者に与えて、そこに含まれている間違いを修正するデバッグ練習用の問題を自動生成するシステムの開発を行った。これに対して今年度は、同じ学習履歴を利用して、論理エラーの分析を行った。論理エラーは文法的には誤りはないためコンパイラはエラー情報を出力しない。よって機械的に検出することは難しい。従来研究では、学習ログを観察することでいくつかの論理エラーを数え上げている。しかし膨大な学習ログを対象とする場合には、人手による観察では対応できない。本研究では、大量のプロ

プログラミング学習履歴を蓄積し分析することによって間違いを起こしやすい論理エラーを自動で検出することに成功した。

この結果を用いることで例えば `for` 文に関係する 1 つの論理エラーを含むソースプログラムを抽出することができる。このソースプログラムを学生に提示することで論理エラーを修正するデバッグ練習を行うことができる。今後は、例えば変数に関する論理エラーでも、例えば二重ループに関係した変数を間違えやすかったり、繰り返しの変数と条件分岐の変数に誤りがあったりする場合も多いと考えられる。そのようなプログラムの制御文と変数や数字の組み合わせによる分析など、さらなる詳細な分析を自動で行えるようにしたい。

表 1 論理エラー種別ごとの検出数

種類	検出数 (割合 %)		
	2017	2018	2019
空白	4,189 (19.94)	2,735 (15.12)	2,934 (14.85)
コメント	124 (0.59)	34 (0.19)	289 (1.46)
文字列	2,616 (12.45)	2,675 (14.78)	2,410 (12.20)
括弧	1,140 (5.43)	1,164 (6.43)	1,228 (6.21)
for 文	2,771 (13.19)	2,223 (12.29)	2,577 (13.04)
while 文	152 (0.72)	108 (0.60)	152 (0.77)
if 文	1,453 (6.92)	1,122 (6.20)	1,384 (7.00)
else 文	49 (0.23)	31 (0.17)	183 (0.93)
Println	89 (0.42)	101 (0.56)	93 (0.47)
セミコロン	869 (4.14)	649 (3.59)	649 (3.28)
配列	371 (1.77)	333 (1.84)	454 (2.30)
変数	3,215 (15.30)	2,476 (13.68)	2,390 (12.10)
数字	1,447 (6.889)	2,006 (11.09)	2,313 (11.71)
代入文	279 (1.33)	252 (1.39)	331 (1.68)
式	2,220 (10.57)	2,155 (11.91)	2,333 (11.81)
その他	26 (0.12)	29 (0.16)	40 (0.20)
合計	21,010 (100)	18,093 (100)	19,760 (100)

[例 2] ビジュアル型言語とテキスト型言語の学習状況の比較

近年、プログラミングの入門としてビジュアル型のプログラミング言語が使われるようになってきている。その後は C 言語や Java 言語などのテキスト型プログラミング言語に移行していくことになる。しかしビジュアル型言語とテキスト型言語の間には大きな壁がある。ビジュアル型言語からテキスト型言語へのシームレスな移行方法を確立することは重要である。本研究では、ビジュアル型言語とテキスト型言語のそれぞれの学習過程の違いを脳波を計測することによって明らかにする。具体的には、ビジュアル型言語とテキスト型言語の学習について難易度の異なる問題を解く実験を行い、その際の脳波を計測し、 β/α の値を評価

する。その結果、ビジュアル型言語に関しては難易度が高くなっても β/α の値が高くなることはなかった。これによりビジュアル型言語とテキスト型言語の学習過程には異なる思考が行われている可能性が示唆された。

表 2 ビジュアル型言語の「難しい」/「簡単」

ID	β_l/α_l	β_h/α_h	β_l/α_h	β_h/α_l	β_{l+h}/α_{l+h}
ma002	1.051	1.041	1.069	1.040	1.047
ma004	0.814	1.047	1.007	0.877	0.976
ma006	0.932	0.739*	1.020	0.759*	0.909
ma008	0.822	0.886	1.016	0.703*	0.869*
ma011	0.852	0.771*	0.983	0.651*	0.805*
ma013	0.832	0.875	1.081	0.691*	0.879
ma016	0.861	0.943	1.021	0.791	0.924

表 3 テキスト型言語 1 の「難しい」/「簡単」

ID	β_l/α_l	β_h/α_h	β_l/α_h	β_h/α_l	β_{l+h}/α_{l+h}
ma002	1.938*	0.895	1.049	1.558	1.264*
ma005	0.519*	1.382	1.020	0.693	1.153
ma006	1.740	0.859	1.171	1.171	1.046
ma007	0.850	1.029	0.992	1.074	1.026
ma011	1.264	1.592*	1.092	1.945*	1.466*
ma013	1.272	1.560*	1.195	2.119*	1.505*
ma015	0.805	1.119	1.153	0.892	1.021
ma021	1.150	1.361*	1.120	1.344	1.224*
ma024	1.468	1.637	1.611	1.384	1.108
ma026	0.971	1.113	1.072	0.983	1.053

3. 共同研究者

新目 真紀 (青山学院大学 ヒューマンイノベーション研究センター・客員研究員)

石井 雄隆 (千葉大学 教育学部・大学院教育学研究科・助教)

石田 崇 (高崎経済大学 経済学部・准教授)

Enriquez, Guillermo (早稲田大学 先進理工学部・助教)

梅澤 克之 (湘南工科大学 情報工学科・教授)

大谷 康介 ((合)binary lab・代表社員)

小椋 則樹 (ユニアデックス (株) エクセレントサービス創生本部 未来サービス研究所・所長)

加藤 泰久 (東京通信大学 情報マネジメント学部・教授)

隈 裕子（湘南工科大学 情報工学科・准教授）
雲居 玄道（早稲田大学 創造理工学部・助手）
小林 学（早稲田大学 データ科学総合研究教育センター・教授）
近藤 知子（ソフトバンクテレコム株式会社 IT イノベーション本部）
近藤 悠介（早稲田大学 グローバルエデュケーションセンター・准教授）
権藤 俊彦（青山学院大学 ヒューマンイノベーション研究センター・客員研究員）
後藤 裕介（岩手県立大学 ソフトウェア情報学部・准教授）
斉藤 友彦（湘南工科大学 情報工学科・専任講師）
佐々木 智志（湘南工科大学 情報工学科・専任講師）
佐藤 一裕（アドソル日進株式会社 経営企画室）
須子 統太（早稲田大学 社会科学部・准教授）
玉木 欽也（青山学院大学 経営学部・教授）
中澤 真（会津大学 短期大学部・教授）
中野 美知子（早稲田大学 教務部参与（英語教育担当）・名誉教授，大学総合研究センター・招聘研究員）
樫山 淳雄（東京学芸大学 技術・情報科学講座情報科学分野・教授）
平澤 茂一（早稲田大学 理工学術院総合研究所・名誉教授）
福島 康夫（ユニアデックス（株）・取締役常務執行役員）
松田 健（阪南大学 経営情報学部 経営情報学科・准教授）
藪 潤二郎（早稲田大学 本庄高等学院・事務長）
吉田 諭史（近畿大学 理工学部・講師）
（五十音順）

4. 研究業績（MS ゴシック、太字、11 ポイント）

4.1 学術論文

Katsuyuki Umezawa, Tomohiko Saito, Takashi Ishida, Makoto Nakazawa, and Shigeichi Hirasawa, “Learning-State-Estimation Method Using Browsing History and Electroencephalogram During Programming Language Learning and Its Evaluation,” In: Agrati L.S. et al. (eds) Bridges and Mediation in Higher Distance Education. HELMeTO 2020. Communications in Computer and Information Science, vol. 1344. Springer, Cham. pp. 40-55, Feb. 2021.

玉木欽也，佐久田博司，中邨良樹，高松朋史，新目真紀，“P2M を適用したプロジェクト型学習とアクティブラーニングを融合したグループワーク演習の設計: 未来戦略デザイン・ビジネスプロデューサーのオンライン教育に向けたハイブリッド型学習プラットフォームのシステム概念の提案,” Journal of International Association of P2M, Vol.15 No.2, pp.85-99, 2021

4.2 総説・著書

4.3 招待講演

4.4 受賞・表彰

国際学会 The International Conference on Higher Education Learning, Teaching and Pedagogy (ICHELTP 2020)における口頭発表「Development of Electroencephalograph Collection System in Language-Learning Self-Study System That Can Detect Learning State of the Learner」が Best Presentation Award を受賞.

4.5 学会および社会的活動

Katsuyuki Umezawa, Takashi Ishida, Makoto Nakazawa, and Shigeichi Hirasawa, "Application of Grouped Flipped Classroom to Three-Year Actual Class and Its Statistical Evaluation (Abstract)," Proceeding of the 2021 2nd International Conference on Education Development and Studies (ICEDS 2021), p. 34, Mar. 2021.

Yuki Yamada, Kiichi Furukawa and Atsuo Hazeyama, "Conducting a Fully Online Education of a Software Engineering Course with a Web Application Development Component due to the COVID-19 Pandemic, and Its Evaluation," CEUR Workshop Proceedings, Joint Proceedings of SEED & NLPaSE, Vol. 2799, 9 pages, 2020.

Katsuyuki Umezawa, Makoto Nakazawa, Manabu Kobayashi, Yutaka Ishii, Michiko Nakano, and Shigeichi Hirasawa, "Analysis of Logic Errors Utilizing a Large Amount of File History During Programming Learning," Proceeding of the IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE2020), pp. 232-236, Dec. 2020.

Katsuyuki Umezawa, Takashi Ishida, Makoto Nakazawa, and Shigeichi Hirasawa, "Evaluation of Grouped Flipped Classrooms Compared with Three-Year Actual Classes Using a Questionnaire," Proceeding of the 6th International Symposium on Engineering Accreditation and Education (ICACIT2020), Nov. 2020.

Katsuyuki Umezawa, Tomohiko Saito, Takashi Ishida, Makoto Nakazawa, and Shigeichi Hirasawa, "Learning-state-estimation Method using Browsing History and Electroencephalogram in E-learning of Programming Language and Its Evaluation," Proceeding of the International Workshop on Higher Education Learning Methodologies and Technologies Online (HELMeTO 2020), Sept. 2020.

Katsuyuki Umezawa, Makoto Nakazawa, Manabu Kobayashi, Yutaka Ishii, Michiko Nakano and Shigeichi Hirasawa, "Development of Electroencephalograph Collection System in Language-Learning Self-Study System That Can Detect Learning State of the Learner," Proceeding of the International Conference on Higher Education Learning, Teaching and Pedagogy (ICHELTP 2020), p. 122, Sept. 2020.

Katsuyuki Umezawa, Makoto Nakazawa, Manabu Kobayashi, Yutaka Ishii, Michiko Nakano and Shigeichi Hirasawa, "Detection of Careless Mistakes during Programming Learning using a Simple Electroencephalograph," Proceeding of the 15th International Conference on Computer Science and Education (IEEE ICCSE 2020), pp.72-77, Aug. 2020.

梅澤克之, 石田崇, 中澤真, 平澤茂一, "ビジュアル型言語とテキスト型言語の学習状況の比較," 電子情報通信学会 教育工学研究会 (ET) 予稿集, pp. 115-120, Mar. 2021.

梅澤克之, 中澤真, 小林学, 石井雄隆, 中野美知子, 平澤茂一, "プログラミング学習時の学習履歴を活用した論理エラーの分析," 電子情報通信学会 教育工学研究会 (ET) 予稿集, pp. 41-46, Sept. 2020.

5. 研究活動の課題と展望

2020 年度は前年度に引き続き, 大学における実授業に反転授業を導入し, 実用に耐える授業改善方式の開発やその周辺ソフトの開発を行った. 実証実験結果は国際会議や国内学会で発表した. これらの成果は 2016 年度に開始した「早稲田大学と NTT との産学連携に係る包括契約に基づく共同研究」(研究題目:「ラーニングアナリティクスに基づく ICT 教育の次世代モデルに関する研究 (2016~2018 年度)」, 並びに「実データ分析のためのデータサイエンスの高度化に関する研究 (2019~2020 年度, 2021 年度も継続予定)」) の一部を含んでいる.

一方, 本研究は様々な教育教材や教育法の開発と共に, 実際に教育プログラムの実施と学習者のデータ収集を通じて評価分析を行っているが, これらの実証実験は新型コロナウイルス感染症による影響を多大に受けているのが現実である. 実際に小学生から高校生に至る教育対象者に新たな教育プログラムを実施するためには, 新型コロナウイルス感染症の問題のある程度の沈静化が必要であるため, 現段階ではポストコロナに向けた研究の準備を進める予定である. 新型コロナウイルス感染症の問題が沈静化した後には, LMS と組み合わせ現在までに構築した e-learning システムの適用とそのノウハウを活用し, 高校におけるプログラミング教育と英語教育を実施する計画である. さらに, 今後小中高の児童・生徒を対象に実証実験を行い, 本プロジェクト研究で開発したシステムを適用・普及・定着を目指す.