

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。2024 年度は、2023 年度に引き続き、主として以下の部会 D と N による研究課題を扱った。

部会 D：地方創生に向けた Global-CEP 育成プログラム

－Global-Cultural Experience Professional－「ICT を用いた教育・学習などの地域社会への貢献」

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

2024 年度は、2020 年からのコロナ禍の影響で急速に浸透したオンライン Web 会議のメリットを最大限に活用し、オンラインによるミーティングやディスカッションを駆使した研究活動を展開した。

部会 D では、以前からの研究活動の成果を発展させ、研究成果としての発表・著書・論文などにまとめた。また、部会 N においては、2021 年度まで実施した NTT との共同研究で得られた知見やノウハウを活かし、さらに研究内容の高度化と深化を図った。本研究活動は本プロジェクト研究チーム内のメンバーで議論と検討を重ねながら研究を進めると共に、その成果を随時、論文や国際会議において発表し、同分野の専門家からのコメントや質問等も参考として再検討するプロセスを積み重ねることで、研究の成果を積み上げている。2024 年度に得られた新しい部会 N の研究成果は、以下の通りである。

[例 1] プログラミング言語と第二言語の学習過程に着目した学習支援システムの研究

本研究では、プログラミング言語と第二言語の学習過程に着目し、学習者の学習状態を把握することで個人ごとに最適化された学習支援システムを開発しその評価を行う。具体的には、(a)マルチモーダル学習状態把握（簡易脳波計以外の生体情報での学習状態把握）、(b)複数言語の統合分析（プログラミング言語と第二言語の学習過程の統合分析）、(c)言語教育システムの開発（既存基盤研究の成果と(b)により判明した言語学習法の実現をサポートする学習状態把握による個人最適化学習システムの開発）、(d)実証実験による評価（第二言語班とプログラミング言語班による実証実験）を行うことが目的である。2023 年度は、第二言語としての英語とプログラミング言語の学習過程に着目した研究を開始し、英語とプログラミング言語の課題の種類（カテゴリと呼ぶ）ごとに生体情報を取得し、両者に有意な差がないこと、およ

び別カテゴリ間には有意な差が生じることを示した。これにより、同カテゴリでは両言語の課題遂行時に生体情報に差が出ない、すなわち研究実績の豊富な第二言語習得の様々な技術をプログラミング言語の習得に適用できる可能性を示した。また、第二言語学習法をプログラミング言語学習に応用する従来研究として、プログラミングスキル自己評価マトリックスおよび SLA-aBLe プロジェクトを紹介し、著者がコロナ禍で担当した科目を分類した。この分類により、著者の担当科目で SLA-aBLe プロジェクトで定義されたすべての理解度（最小限の理解～高度流暢まで）を網羅することを示した。今年度は、後者の研究を拡張し、査読付き論文に仕上げた（図 1 参照）。

	Preproduction (minimal comprehension)	Early production (limited comprehension)	Speech emergence (increased comprehension)	Intermediate fluency (very good comprehension)	Advanced fluency
Contents of the author's course	[Information ethics and security] Investigate familiar incidents and accidents. Introduce security videos provided by Information-technology Promotion Agency into the class, targeting LINE and other tools that students use on a daily basis.	[Basic prog. practice] Learn the basics of programming using the Java language. Students who are not good at programming use the "Introduction to Java" on the paiza learning site. [PBL prog. practice A] This course is mainly based on group work. Experience teamwork while experiencing programming with the educational version of Minecraft.	[Software engineering] A team of six students will proceed with the development of a vending machine (a simulator that runs on a PC instead of a physical machine). [PBL prog. practice A] A group of four students (≠1 student) creates a structure by programming in the same world.	[Software engineering] Only after a review (explanation to teachers and teaching assistants) is carried out for each phase of development will they progress to the next phase. [PBL prog. practice A] Experience teamwork while experiencing programming with the Minecraft educational edition. [Compiler] Create a scientific calculator using recursive downward parsing among various algorithms.	[Software engineering] Students are finally given a presentation of the developed product and checked to see if it is made according to the specifications. [PBL prog. practice A] In the final week, students will hold presentations in groups to appeal the concept of the structure and the ingenuity of programming.

図 1 著者のプログラミング関連の授業を SLA-aBLe への割り当て

【例 2】 ビジュアル型言語からテキスト型言語への移行のための中間コンテンツの提案と評価

本研究の目的は、ビジュアル型言語とテキスト型言語の学習の利点を有し、両者の差異を埋める教育コンテンツを検討・試作し、実証実験を通して、学習結果だけでなく学習中の学習状態を評価することである。2021 年度はビジュアル型言語とテキスト型言語の学習の利点を有し、両者の差異を埋める教育コンテンツ（中間型言語とよぶ）を検討・試作し、実証実験を通して評価を行った。ビジュアル型言語からテキスト型言語のプログラミング間の差異を埋める中間教育コンテンツの試作を行い、湘南工科大学付属高等学校の 3 年生に対して 7 回の授業を実施し、アンケートにより中間コンテンツの持つべき特徴を持っているかの確認を行った。2022 年度は、アンケートによる評価に加えて、提案する中間コンテンツでの学習を挟む方が、その後のテキスト型言語の理解度が上がり、確認テストの成績が統計的に有意に高くなることを実験および分析により確認した。これにより提案する中間コンテンツの学習効果を定量的に評価することができた。さらにビジュアル型言語とテキスト型言語の学習中の

生体情報（脳波，心拍，表情）を計測することで，両言語の学習中の生体情報に差異があることを発見した．2023年度は，前年度の生体情報に加えて心拍変動(HRV)を計測・分析することによりビジュアル型言語とテキスト型言語の学習時のストレスの変化を計測し，その違いを明らかにすることができた．また，これまでの評価・分析は数人程度の実証実験によるものであったが，最終年度としては，実際の提案手法を用いて高校生への実授業を行い，その生徒たちが大学生になった際のテキスト型言語の理解度が高くなることを実データによる分析によって明らかにした．今年度は上記いままでの研究をまとめ，かつ，追加実験を行い，査読付き論文に仕上げた（図2参照）

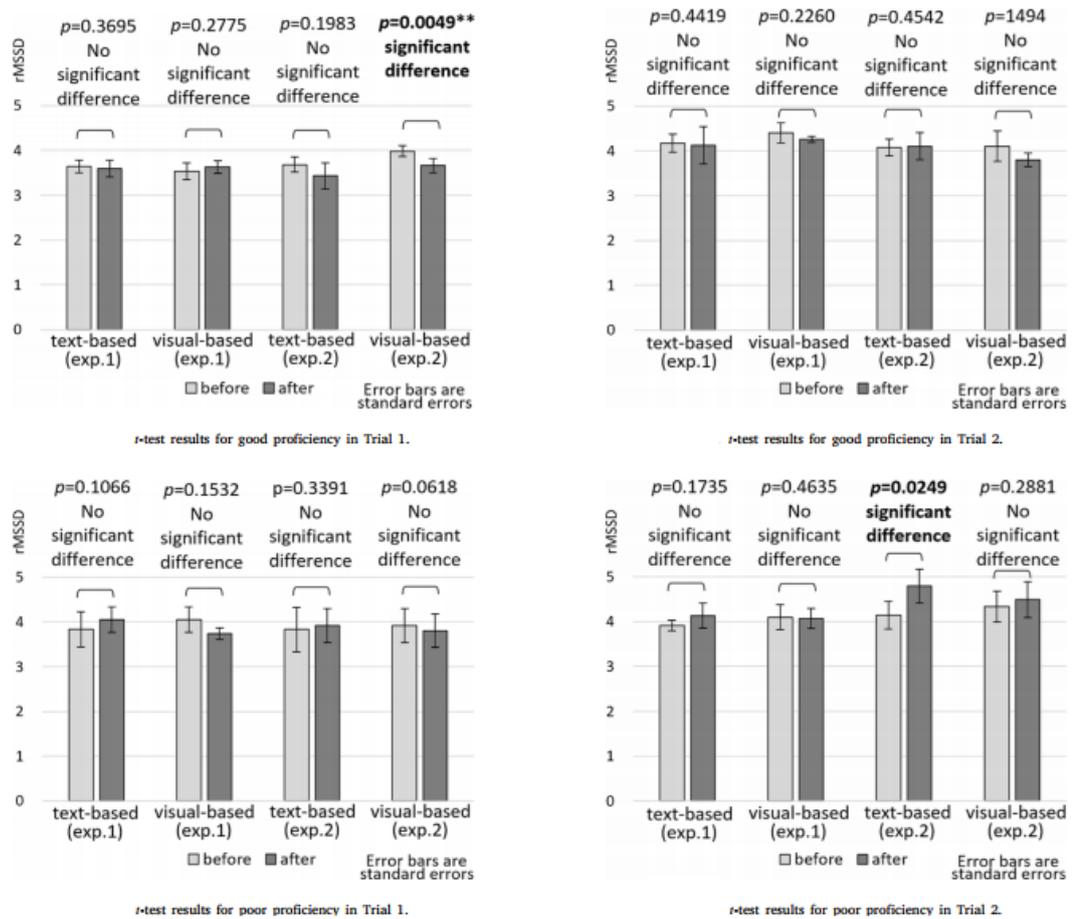


図2 心拍変動の変化

[例3] Flipped Conference スタイルのデータ科学教育プログラムの設計と評価

この研究課題では，LMSによるオンデマンド型発表とリアルタイムの研究発表会を効果的に組み合わせた Flipped Conference 形式の研究会という独自性の高い教育プログラムの開発に取り組んでおり，早稲田大学データ科学センターが主催する DDATa プログラムを実証的な評価の場として実践している．反転型の発表・議論を導入することで，多大学の研究室が協力したデータサイエンスの研究教育を可能としつつ，参加学生の研究活動に対し，効果的に教員コメントや参加学生からのフィードバックを届けることができ，何よりもデータサイ

エンスを研究題材とする学生のモチベーションを高める効果が見込める。この **Flipped Conference** 形式の研究会は、もともとは反転ゼミ型の多大学連携型オンライン研究交流会として運用しており、反転授業を研究ゼミに持ち込んだ教育スタイルである。反転授業を導入した授業は様々な角度から検証されており、アクティブラーニングとの関連を分析した研究もあるが、反転授業に関する研究では教員側が設計した科目内容を学生達に教育する際の効果を高める方法としての議論が殆どであり、このスタイルを、学生が主体となって調査や研究した成果を発表し、議論し合うゼミや研究会の場に活用した例はあまり報告されていなかった。本研究の取り組みでは、多大学間で連携した反転型のオンライン研究交流会という教育モデルを提案し、早稲田大学データ科学センターが主催する **DDATa** プログラムでの実施を通じて、その効果を検証している。この取り組みは、2021年3月に3大学間でトライアル的な取り組みとしてスタートし、2021年8月、2022年8月、2023年9月、2024年9月と計4回の実施を経て毎年ブラッシュアップし、かつ参加学生へのアンケート調査による評価も行い、その効果について検証してきた。2023年度からは対面・オンラインを交えたハイフレックス形式で「**Flipped Conference**」として開催している。2024年度も参加学生に対し、事前アンケート・事後アンケートにより、本取組みの検証を行った。図3に、事後アンケートにおける設問項目「今回の **Flipped Conference** のような取り組みは、学生にとって有益であると思いますか？」に対する回答分布を示す。

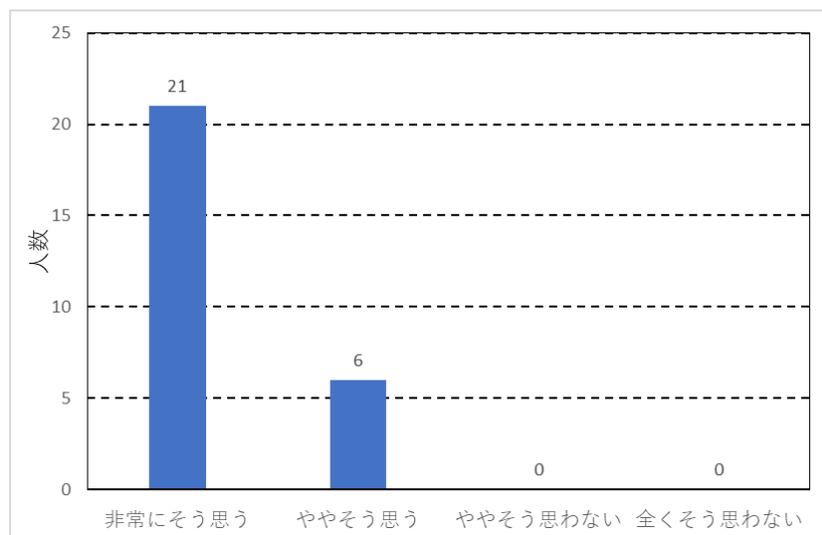


図3 事後アンケート設問「今回の **Flipped Conference** のような取り組みは、学生にとって有益であると思いますか？」に対する回答

また、参加学生からの **Flipped Conference** に対する自由記述の意見として、以下のような回答を得ることができた。

【参加学生による自由記述意見】

- 様々な分野の研究を聞くことができた
- 異なる観点からの意見を得ることができ、研究のブラッシュアップにつながる
- 他大学との交流がしやすかった
- 普段は交流したとしても一つの大学なので、様々な研究を聴けるのは貴重

- 他大学の方々から自身の研究に関する意見をいただいたことで、新たな視点が得られ、研究にさらなる深みを持たせるヒントを得ることができました。普段は担当教授や同じ研究室のメンバーに研究内容を見ていただく機会はありますが、他大学の方々に見ていただく機会は少なく、異なる分野や視点からのコメントは非常に新鮮であり、大変参考になりました。
- 他大学との交流が新鮮であり、コメントも貰えた
- 他大学の人たちと関わる機会はそう多くないのと自分の研究に対する質問やディスカッションでより良い研究ができると感じた
- Flipped Conference は他大学と交流できる有意義な時間でした。
- 他の研究室の発表を聞く機会はあまりなかったため、大変貴重な機会となった。
- 他大学との交流があまりないため
- 自分の研究室ではなかなか出てこないアプローチの研究ばかりで目から鱗でした。
- 様々な研究を見ることができた。研究室毎の色を感じられた。
- 前回別の機会でお会いした方とお話でき、研究のより踏み入った話ができることが良かったです
- 普段とは異なる視点からの質問やコメントをいただくことができ、視野が広がったように感じた
- 自分の研究が、所見の方々にも理解してもらえることがわかった
- 多くの方からコメントやアドバイスをいただき、自身の研究の進む方向がより明確にできた
- 他の大学の人とも交流を持てた

3. 共同研究者

新目真紀	職業能力開発総合大学校・准教授
石井雄隆	千葉大学教育学部 大学院教育学研究科・准教授
石田崇	高崎経済大学経済学部・准教授
梅澤克之	湘南工科大学工学部情報工学科・教授
大谷康介	(株) CAI メディア
小椋則樹	ユニアデックス (株) 未来サービス研究所・主席研究員
加藤泰久	東京通信大学情報マネジメント学部・学部長・教授
隈裕子	九州産業大学建築都市工学部建築学科・准教授
後藤正幸 (主査)	早稲田大学創造理工学部・教授
後藤裕介	芝浦工業大学システム理工学部電子情報システム学科・准教授
小林学	早稲田大学データ科学センター・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
近藤知子	ソフトバンク (株) 法人事業統括 ICT イノベーション本部 PaaS エンジニアリング部・部長
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
齋藤友彦	湘南工科大学工学部情報工学科・教授
佐々木智志	湘南工科大学工学部情報工学科・准教授
佐藤一裕	アドソル日進 (株) 管理本部経営企画部

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
中谷祐介	東京通信大学情報マネジメント学部・教授
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	早稲田大学データ科学センター・招聘研究員
松田健	阪南大学経営情報学部経営情報学科・教授
藪潤二郎	早稲田大学 IT 戦略研究所 エグゼティブリーダーズフォーラム 副代表幹事(理事)
吉田論史 (五十音順)	近畿大学理工学部 教養 基礎教育部門・特任講師

4. 研究業績

4.1 学術論文

なし

4.2 総説・著書

著書

梅澤克之, 生体センシング技術の開発とヘルスケア、遠隔診断への応用 (第 10 章第 5 節) “プログラミング学習時の理解度推定に向けた脳波・心拍・表情分析,” 技術情報協会 (編) pp.422-430, ISBN978-4-86798-019-4, 2024 年 4 月.

4.3 招待講演

なし

4.4 受賞・表彰

Best Discussion Paper Award

Katsuyuki Umezawa, Makoto Nakazawa, Shigeichi Hirasawa, ” Verification of the effectiveness of classes using intermediate content for transitioning from a visual- to a text-based programming language, ” Proceedings of the 24th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (IEEE ICALT 2024), p.p. 1-2, 2024 年 7 月

4.5 学会および社会的活動

論文

Katsuyuki Umezawa, Makoto Nakazawa, Michiko Nakano, and Shigeichi Hirasawa, “Applying Second Language Acquisition (SLA) Strategies to Programming Education: A

Comparative Analysis of Learning Approaches in Early Japanese Curriculum,” International Multidisciplinary Research Journal, Dec. 2024, Volume: III; December 2024; Page No.31-39, ISSN 2424-7073, <https://doi.org/10.47722/imrj.2001.34>

Katsuyuki Umezawa, Takumi Koshikawa, Makoto Nakazawa, and Shigeichi Hirasawa, “Mental stress analysis by measuring heart rate variability during learning programming: Comparison of visual- and text-based languages,” Elsevier Journal of Computer Languages, Dec. 2024, 101311, ISSN 2590-1184, <https://doi.org/10.1016/j.cola.2024.101311>.

Katsuyuki Umezawa, Takumi Koshikawa, Makoto Nakazawa, and Shigeichi Hirasawa (2024). “Mental Stress Analysis During Visual- And Text-Based Language Learning by Measuring Heart Rate Variability”: Álvaro Rocha, Hojjat Adeli, Gintautas Dzemyda, Fernando Moreira, Aneta Poniszewska-Marańda (eds) Good Practices and New Perspectives in Information Systems and Technologies. WorldCIST 2024. Lecture Notes in Networks and Systems, vol. 988. Springer, Cham. p.p.13-22, May 2024. https://doi.org/10.1007/978-3-031-60224-5_2

国際発表

Katsuyuki Umezawa, Makoto Nakazawa, Satoshi Yoshida, Michiko Nakano, Shigeichi Hirasawa, "Stress Evaluation Using Heart Rate Variability in English and Programming Language Learning," Proceedings of the 24th Annual Hawaii International Conference on Education (HICEducation 2025), Jan. 2025.

Katsuyuki Umezawa, Makoto Nakazawa, and Shigeichi Hirasawa, "Heart Rate Variability Analysis in High School Students During Programming Learning," Abstract of the 6th International Conference on Engineering Education and Innovation (ICEEI 2024), p. 1, Dec. 2024.

Katsuyuki Umezawa, Makoto Nakazawa, Michiko Nakano and Shigeichi Hirasawa, "Classification of Programming-Related Courses by Second Language Acquisition Methodology," Papers of the 6th Asia-Pacific Conference on Education, Teaching & Technology (AP-EduTeach 2024), p.p. 38-46, Nov. 2024.

Katsuyuki Umezawa, Makoto Nakazawa, and Shigeichi Hirasawa, “Verification of the effectiveness of classes using intermediate content for transitioning from a visual- to a text-based programming language,” Proceedings of the 24th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (IEEE ICALT 2024), p.p. 1-2, July 2024. (Best discussion paper award 受賞)

Manita Shrestha, Haruka Yamashita, Masaaki Sugihara, Indresh Sharma, Masayuki Goto:

"Analysis of the Effects of Collaborative Education Programs with Japanese Universities on Nepalese Students," 11th International Conference on Social Sciences (ICOSS 2024), 2024年10月

Minami Hotta, Ayako Yamagiwa, Manita Shrestha, Masaaki Sugihara, Indresh Sharma, Masayuki Goto: "Status of Usage and Awareness with Regards ICT Tools in Nepal," 11th International Conference on Social Sciences 2024 (ICOSS 2024), 2024年10月

Yusei Karino, Ayako Yamagiwa, Manita Shrestha, Masaaki Sugihara, Indresh Sharma, Masayuki Goto: "Status of Education System in Nepal with regards Public Awareness and Institutional Challenges," 11th International Conference on Social Sciences (ICOSS 2024), 2024年10月

国内発表

梅澤克之, 中澤真, 吉田諭史, 中野美知子, 平澤茂一, “英語とプログラム言語学習時の心拍変動計測によるストレス評価,” 日本教育工学会 (JSET) 2024年秋季全国大会予稿集, pp.277-278, Sep. 2024.

後藤正幸, 守口 剛, 関 庸一, 鈴木秀男, 生田目 崇, 中田和秀, 石垣 綾, 上田雅夫, 佐藤公俊, 田畑智章, 三川健太, 山下 遥, 楊 添翔, 山極綾子, 阪井優太, 小林 学, 谷口卓也, 吉田 玄: "反転形式の多大学連携型カンファレンスに基づくデータサイエンス教育モデルとその効果", 日本教育工学会 2024年秋季全国大会, 2024年10月

山下 遥, シュレスタ マニタ, 杉原真晃, 後藤正幸: "ネパールをフィールドとした学生主体の国際協働教育プログラムの実施とその評価に関する研究", 日本教育工学会 2024年秋季全国大会, 2024年10月

杉原真晃, 佐々木妃奈, 川本結月, 清水ひまり, 須賀 瞳, 木内千櫻, シュレスタ マニタ, 後藤正幸: "大学生による主体的・協働的インストラクショナルデザイン: ネパールの小学生向けのワークショップづくり", 日本教育工学会 2024年秋季全国大会, 2024年10月

5. 研究活動の課題と展望

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(2019~2021年度)」)は2021年度で終了しているが,本プロジェクト研究ではこれらの活動を部会Nが支え,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てきた経緯がある。2024年度も,NTTとの共同研究で得られた知見やノウハウを活かし,その延長線上での様々な研究活動を行った。学習者(被験者)の脳波(Brain Machine Interface: BMI)・心拍(Heart Rate: HR)・表情分析(Facial Expression Analysis: FEA)など生体情報を用いた分析

結果について、引き続き、モデルの改良や分析を進め、国際会議や国内学会で発表した。この研究活動は今後も継続し、学習者の「生体情報を用いた状態推定的手法」は、有力な手法として研究成果を得たが、今後他の応用分野、例えば高齢者、スポーツ選手、ゲーマー、患者などを対象に、潜在的な状態推定手法を適用できる可能性を追求したいと考えている。学習者に脳波計を装着する際、学習活動に無用のストレスを与え、研究倫理上考慮する必要があることを考えると、本手法の他の分野への展開が望ましく、期待できる今後の課題であると言える。

また、多大学を連携した反転ゼミ形式の研究会に基づく教育プログラム (Flipped Conference) の取り組みについて、これまへの成果を集大成し、論文等の成果発表に結び付ける予定である。この取り組みは、早稲田大学データ科学センターの DDATa プログラムの一環として実施してきたが、2024 年度が最終年度であった。本研究では、2024 年度までの Flipped Conference の取り組みの成果をまとめ、参加学生に対して実施した事前アンケートと事後アンケートの結果を分析し、その有効性について研究成果として発信したい。この形式の教育プログラムの今後のさらなる発展に向け、本研究の取り組むの成果に基づいて将来展望をまとめる予定である。