

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。2023 年度は、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

ーGlobal-Cultural Experience Professionalー「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

2023 年度は、新型コロナウイルス感染症の影響が緩和されたことに加え、コロナ禍でオンライン Web 会議が急速に浸透したことを受け、オンラインによるミーティングやディスカッションを最大限に活用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。2023 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。昨年度は、生体情報を計測し、心拍と表情で脳波を説明することを実施した。これにより脳波計を装着しなくても腕時計型デバイスや非接触型 Web カメラ等で学習状態を把握できる可能性を示した。また、複数回の異

なる実験を行い脳波と心拍の関係を分析し「あきらめ」の感情を判定できる可能性を示唆した。今年度は、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（表 1 参照）。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。

表 1 プログラミング言語と英語のカテゴリ間の差異比較

	E1 (English words)	E2 (English grammar)	E3 (English reading compre- hension)	E4 (English compo- sition)
P1 (Reserved words)	No significant difference	heart rate (P1<E2) $p = 0.0068$	No significant difference	heart rate (P1<E4) $p = 0.0044$
P2 (Syntax)	No significant difference	No significant difference	No significant difference	No significant difference
P3 (Program reading compre- hension)	No significant difference	No significant difference	No significant difference	anger (P3<E4) $p = 0.0081$ engagement (P3<E4) $p = 0.0089$
P4 (Program- ming)	No significant difference	No significant difference	anger (P4<E3) $p = 0.0117$	No significant difference

[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。

図1に実験前後の心拍変動の増減を示す。テキスト型言語でプログラミングを行った際は、実験後に心拍変動が上がる傾向、つまり多くの参加者はストレスバランスを保てていると言える。ビジュアル型言語でプログラミングを行った際は、逆に実験後に心拍変動が下がる傾向、つまり多くの参加者はストレスレベルが上がっていると言える（統計的検定を行い検証済み）。

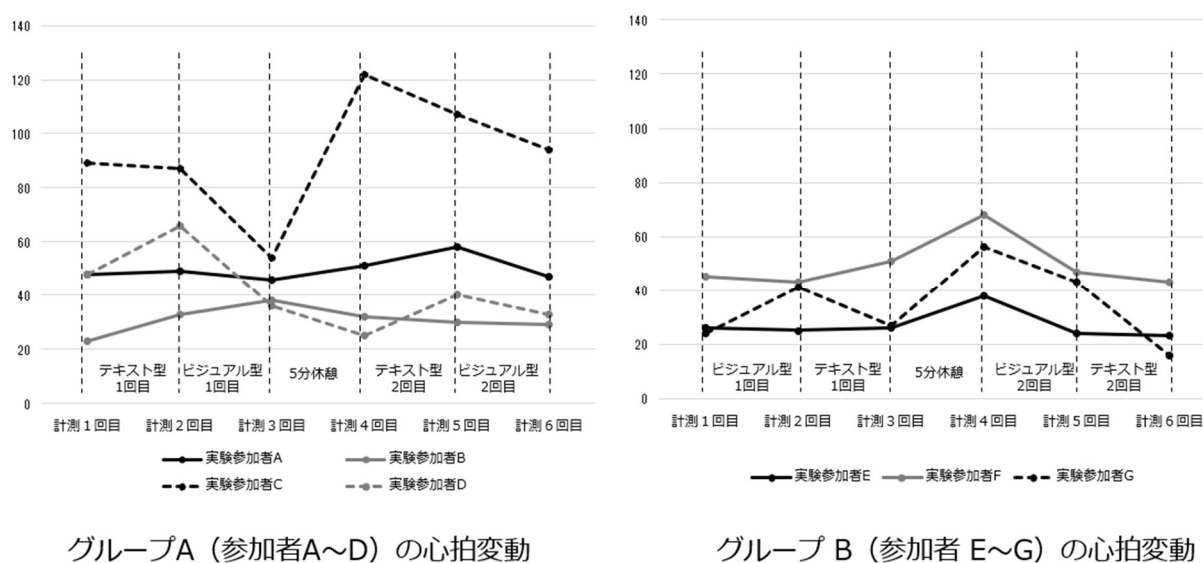


図1 心拍変動の変化

[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

この取り組みでは、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活用し、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だ。これにより、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 月と計 3 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。図 2 は、10 大学が参加して実施した第 2 回の参加学生に対し、「オンライン研究発表会に参加していかがでしたか？」という質問をした結果である。全員の参加学生が「とてもよかった」もしくは「よかった」と回答しており、参加満足度は極めて高かった。その他のアンケート項目と自由記述式の意見回答から、学生達は他大学の同じ専門の教員や学生との交流の場や、自分自身の研究に対して他大学の教員からのアドバイスを求めていることが明らかとなった。

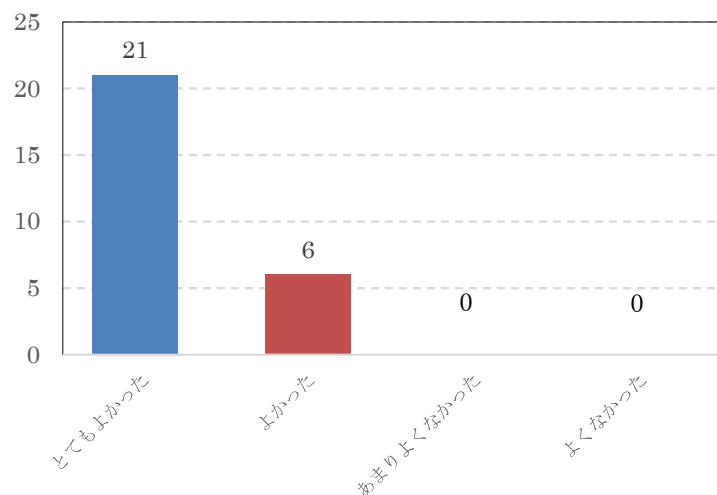


図 2. 選択式の設問「オンライン研究発表会に参加してみていかがでしたか？」に対する回答

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
薮潤二郎	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)
吉田諭史 (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

Kin'ya Tamaki, Kazuyoshi Ishii, “Automation in Education, Training, and Learning Systems”, Springer Handbook of Automation, pp.1349–1370, 2023/7.

Kin'ya Tamaki, Masahiro Arakawa, Maki Arame and Yoshiyuki Ono, “Educational Programs of Business Producers and System Creators for Future Strategy Design Based on Action Project Group Activities through Industry and University Cooperation”, “Higher Education - Reflections From the Field” edited by Dr. Lee Waller, IntechOpen, pp.1-20, 2023/3.

4.3 招待講演

Katsuyuki Umezawa, "Learning Analysis of English and Programming Languages," Keynote Speech: The International Conference on Pan-Pacific Association of Applied Linguistics (PAAL), Aug. 2023. (Keynote Speech).

4.4 受賞・表彰

Best Poster Award

Katsuyuki Umezawa, Takumi Koshikawa, Makoto Nakazawa, and Shigeichi Hirasawa, "Differential analysis of heart rate, facial expressions and brain wave during learning of visual- and text-based languages," Proceedings of the VIII IEEE World Engineering Education Conference (EDUNINE2024), Guatemala City, Guatemala, Mar. 2024.

Katsuyuki Umezawa, Makoto Nakazawa, and Shigeichi Hirasawa, "Comparison of Biometric Information during Learning of Visual- and Text-based Programming Languages," Proceedings of the 8th International STEM Education Conference (iSTEM-Ed 2023), Ayutthaya, Thailand, pp. 1-5, Sep. 2023.

4.5 学会および社会的活動

論文

近藤羽音, 橋浦弘明, 樫山淳雄, “ソフトウェア開発 PBL における i コンピテンシディクショナリと Sentence-BERT を用いた獲得スキル可視化支援システムの試作,” 第 10 回実践的 IT 教育シンポジウム(rePiT2024), 日本ソフトウェア科学会, pp. 17-26, 2024.

Katsuyuki Umezawa, Mitsuaki Sawata, Makoto Nakazawa, and Shigeichi Hirasawa. “A Study on the Relationship Between Heart Rate and Brain Waves During Programming Task in Several Experiments.” In Proceedings of the 2023 12th International Conference on Software and Computer Applications (ICSCA '23). Association for Computing Machinery (ACM), New York, NY, USA, p.p. 321-327. June 2023. <https://doi.org/10.1145/3587828.3587876>

Katsuyuki Umezawa, Makoto Nakazawa, Michiko Nakano, and Shigeichi Hirasawa, “Brain Wave, Heart Rate, and Facial Expression Relationship Validation During Programming Learning Comprehension Study,” In: G. Fulantelli et al. (Eds.) Higher Education Learning Methodologies and Technologies Online: 4th International Conference, HELMeTO 2022, Palermo, Italy, September 21–23, 2022, Revised Selected Papers, Communications in Computer and Information Science, Springer Nature, 2023. p.p. 523-535, June 2023.

Kin'ya Tamaki and Maki Arame, Trends in Japanese University Education Digital Transformation (DX) and Case Study of Hybrid Group Work Exercises in Aoyama Gakuin University,” Journal of Community Medicine and Health Research, Volume 5 Issue 1, pp.1-9, ISSN: 2694-5843, 2023/5.

Kin'ya Tamaki, Tomofumi Takamatsu, Yoshiki Nakamura, Maki Arame and Zheng Zhouhua, “Trends in Japanese University Education Digital Transformation (DX) and Case Study of Hybrid Group Work Exercises in 2022: Digital Whiteboard, DX Learning Environment, and AI Chatbot Systems for Hybrid Group Work Exercises,” AOYAMA

BUSINESS REVIEW, No. 45, pp.1-38, 2023/3.

KIN'YA TAMAKI and MAKI ARAME, "Trends in Japanese University Education DX and Case Study: Online Group Work Exercises," Journal of Strategic Management Studies, Vol. 14, No. 2, pp.1-12. doi: 10.24760/iasme.14.2_{PAGE}, 2023/3.

国際発表

Katsuyuki Umezawa, Takumi Koshikawa, Makoto Nakazawa, and Shigeichi Hirasawa, "Mental Stress Analysis during Visual- and Text-based Language Learning by Measuring Heart Rate Variability," Proceeding of the 12th World Conference on Information Systems and Technologies (WorldCIST 2024), Mar. 2024.

Katsuyuki Umezawa, Takumi Koshikawa, Makoto Nakazawa, and Shigeichi Hirasawa, "Analysis of differences in heart rate, heart rate variability, emotion, and brain waves during learning visual- and text-based languages," Proceedings of the 12th International Conference on Information and Education Technology (ICIET), Yamaguchi, Japan, Mar. 2024.

Katsuyuki Umezawa, Takumi Koshikawa, Makoto Nakazawa, and Shigeichi Hirasawa, "Differential analysis of heart rate, facial expressions and brain wave during learning of visual- and text-based languages," Proceedings of the VIII IEEE World Engineering Education Conference (EDUNINE2024), Guatemala City, Guatemala, pp. xxx-xxx, Mar. 2024.(Best Paper Award 受賞)

Masayuki Goto, Manabu Kobayashi, Takeshi Moriguchi, Yoichi Seki, Hideo Suzuki, Takashi Namatame, Kazuhide Nakata, Aya Ishigaki, Masao Ueda, Kimitoshi Sato, Kenta Mikawa, Haruka Yamashita, Tomoaki Tabata, Tianxiang Yang, Ayako Yamagiwa, Yutaka Tajiri: "Online Flipped Conference Based Data Science Education Program and Its Educational Effectiveness in Multi-University Collaboration," The 7th Asian Conference of Management Science and Application (ACMSA 2023), 2023 年 12 月

Haruka Yamashita, Manita Shresta, Masaaki Sugihara, Masayuki Goto: "Follow-up survey on the effect of the educational program applying the concept of active learning in the field of Nepal," The 7th Asian Conference of Management Science and Application (ACMSA 2023), 2023 年 12 月

Katsuyuki Umezawa, Takumi Tajima, Makoto Nakazawa, Michiko Nakano, and Shigeichi Hirasawa, "Differential Analysis of Biological Information during the Learning of a Second Language and a Programming Language," Proceedings of the IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (IEEE TALE 2023),

Auckland, New Zealand, pp. 1-4, Nov. 2023.

Katsuyuki Umezawa, Makoto Nakazawa, and Shigeichi Hirasawa, “Comparison of Biometric Information during Learning of Visual- and Text-based Programming Languages,” Proceedings of the 8th International STEM Education Conference (iSTEM-Ed 2023), Ayutthaya, Thailand, pp. 1-5, Sep. 2023. (Best Paper Awards 受賞)

KONDO, Hane; HASHIURA, Hiroaki; HAZEYAMA, Atsuo. “Proposal of a Support System for Visualization of Acquired Skills Using iCD in Project-Based Learning for Software Development and How to Acquire its Data” In: 2023 IEEE 35th International Conference on Software Engineering Education and Training (CSEE&T). IEEE, Aug. 2023. p. 183-184.

Katsuyuki Umezawa, Makoto Nakazawa, Michiko Nakano, and Shigeichi Hirasawa, “Utilizing Automatic Speech Recognition for English Pronunciation Practice and Analyzing its Impact,” Proceedings of the IEEE 12th International Conference on Engineering Education (IEEE ICEED 2023), Shah Alam, Malaysia, pp. 69-74, Aug. 2023.

Michiko Nakano, Yuya Akatsuka, Makoto Nakazawa, and Katsuyuki Umezawa, “A Comparative study of English Writing Performance and Programming Performance,” Proceedings of the 27th International Conference of Pan-Pacific Association of Applied Linguistics (PAAL2023), Q-1, Aug. 2023.

Michiko Nakano, Yuya Akatsuka, Makoto Nakazawa, and Katsuyuki Umezawa, “Checking the concurrent learning of English writing and programming,” Proceedings of the 27th International Conference of Pan-Pacific Association of Applied Linguistics (PAAL2023), P-11, Aug. 2023.

Michiko Nakano, Yuya Akatsuka, Makoto Nakazawa, Norifumi Ueda, and Katsuyuki Umezawa, “Testing Rewriting Performance by ChatGPT,” Proceedings of the 27th International Conference of Pan-Pacific Association of Applied Linguistics (PAAL2023), P-10, Aug. 2023.

Michiko Nakano, Yuya Akatsuka, Makoto Nakazawa, Norifumi Ueda, and Katsuyuki Umezawa, “Developing Descriptive Instructions for English Writing Courses for High School Students,” Proceedings of the 27th International Conference of Pan-Pacific Association of Applied Linguistics (PAAL2023), P-9, Aug. 2023.

国内発表

梅澤克之, 中澤真, 平澤茂一, “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効果の検証,” 日本教育工学会 (JSET) 2024 年春季全国大会予稿集, pp.665-666, Mar. 2024.

梅澤克之，越川拓海，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時の心拍数，表情，脳波の差異分析，” 電子情報通信学会 教育工学研究会（ET）予稿集，pp. 1-6, Oct. 2023.

梅澤克之，越川拓海，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中の心拍数・心拍変動・感情・脳波の差異分析，” 日本教育工学会(JSET) 2023 年秋季全国大会(第 43 回大会) 講演論文集 p.p. 223-224, Sept. 2023.

梅澤克之，中澤真，中野美知子，平澤茂一，“プログラミング言語習得のための第二言語習得法の適用について，” 情報処理学会 第 22 回情報科学技術フォーラム（FIT2023）予稿集 第 4 分冊，p.p. 239-240, Sep. 2023.

梅澤克之，但馬匠，中澤真，中野美知子，平澤茂一，“英語とプログラミング言語の学習時の生体情報の差異分析について，” 情報処理学会 情報教育シンポジウム（SSS2023）予稿集，p.p. 96-101, Aug. 2023.

梅澤克之，越川拓海，中澤真，平澤茂一，“心拍変動の計測によるビジュアル型言語とテキスト型言語の学習時の精神的ストレス分析について，” 教育システム情報学会（JSiSE）2023 年度第 2 回研究会予稿集 JSiSE Research Report, vol. 38, no.2, p.p. 73-80, July. 2023.

梅澤克之，中澤真，中野美知子，平澤茂一，“音声認識機能を活用した英語の発音練習について，” 電子情報通信学会 教育工学研究会（ET）予稿集，pp. 1-6, July. 2023.

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．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た経緯がある．2023 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．例えば，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の手法」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、早稲田大学データ科学センターの DDATa プログラムが主導で実施してきた、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、次世代 e-learning に関する研究プロジェクトで蓄積されたきた研究ノウハウや知見を活かし、さらに効果的なプログラムを設計すると共に、実施を通じた評価を行う予定である。なお、早稲田大学データ科学センターの DDATa プログラムの取り組みは、2024 年度が最終年度であり、その後の本研究の取り組みの実証の場については継続検討の必要がある。本研究では、まずは 2024 年度の Flipped Conference の取り組みの成功に全力を注ぎつつ、その研究的観点からの検討を継続し、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た足掛かりを得たいと考えている。