

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。2022 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

2022 年度も、新型コロナウイルス感染症の影響を大きく受けた。部会 D では以前からの研究成果を著書・論文などにまとめた。また、部会 N においても、昨年度完了した NTT との共同研究成果をまとめ、若干の追加実験を行い、その成果のまとめを図った。2022 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] プログラミング学習時の脳波と心拍と表情の関係の研究

本研究では、プログラミング言語と第 2 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 2 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 2 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。本年度は、生体情報（脳波、心拍、表情）を計測し、脳波以外の生体情報で脳波を説明することを実施した。具体的には脳波を目的変数、脳波以外の生体情報を説明変数とし、二乗平均平方根誤差（RMSE）を最小化する重回帰式を求めた。これにより脳波計を装着しなくても腕時計型のデバイスや非接触型の 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（具体的には 3 回）の異なる実験の計測データを用いて脳波と心拍の関係を分析した。その結果「あきらめ」の感情を判定できる可能性を示唆した。これらの研究結果により主観的評価に作用されるアンケートによる評価に代わり定量的な学習評価が可能になる。第 2 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た。まだ学会発表には至っていないが実験を開始し

ている．具体的には，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，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2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．これらに関して，国内学会発表3件，国際学会発表3件を実施した．

目的変数を5種類の β/α ，説明変数を心拍と10種類の表情（怒り，軽蔑，嫌悪，恐れ，喜び，悲しみ，驚き，真顔，表情の豊かさ，感情価）としたときの重回帰分析の結果を表1に示す．表1は，二乗平均平方根誤差（RMSE）を最小化する説明変数の組み合わせを示している．これにより，頭に装着しなければならない脳波計を使用しなくても，腕時計型の心拍異形およびWebカメラを用いて脳波の代替となる情報を取得できることを示した．

表1 RMSEを最小化する説明変数の組み合わせ

目的変数	説明変数
β_l/α_l (w_1)	心拍 (z_1), 軽蔑 (z_3), 嫌悪 (z_4), 恐れ (z_5), 喜び (z_6), 悲しみ (z_7), 驚き (z_8), 真顔 (z_9), 表情の豊かさ (z_{10}), 感情価 (z_{11})
β_h/α_l (w_2)	心拍 (z_1), 怒り (z_2), 嫌悪 (z_4), 喜び (z_6), 悲しみ (z_7), 驚き (z_8), 感情価 (z_{11})
β_l/α_h (w_3)	心拍 (z_1), 怒り (z_2), 恐れ (z_5), 喜び (z_6), 真顔 (z_9), 表情の豊かさ (z_{10}), 感情価 (z_{11})
β_h/α_h (w_4)	心拍 (z_1), 怒り (z_2), 軽蔑 (z_3), 嫌悪 (z_4), 恐れ (z_5), 喜び (z_6), 悲しみ (z_7), 驚き (z_8), 真顔 (z_9), 表情の豊かさ (z_{10}), 感情価 (z_{11})
β_{l+h}/α_{l+h} (w_5)	心拍 (z_1), 怒り (z_2), 軽蔑 (z_3), 嫌悪 (z_4), 恐れ (z_5), 喜び (z_6), 悲しみ (z_7), 驚き (z_8), 真顔 (z_9), 表情の豊かさ (z_{10})

【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．これにより，その中間型言語の有効性を評価し，初等・中等プログラミング教育に役立つ教育コンテンツを完成させる．このように，本研究によりプログラミング学習に関して，ビジュアル型言語からテキスト型言語への移行の方法論を確立することができる．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，湘南工科大学附属高等学校の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．本年度は，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．さらに本年度は，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。ただし本年度の成果としては差異の有無だけであり、その差異の理由やそれらに基づく適切な学習法の提案まではたどり着いていない。これらに関して、国内学会発表 2 件、国際学会発表 3 件を実施した。

図 1 に実験の流れを示す。今回の実験ではプログラミング学習をする上で中間コンテンツの効果があるかを調べるため参加者を二つのグループに分け実験を行った。グループ A は中間コンテンツを挟んで学習をする実験を行った。また、グループ B は中間コンテンツを挟まずに学習し、その後グループ A と比較をするため中間コンテンツを挟んで学習する実験を行った。グループ A には 9 名、グループ B には 12 名が参加した。

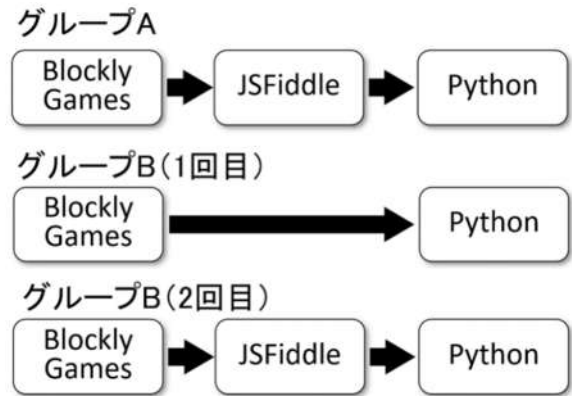


図 1 実験の流れ

図 2 にそれぞれのグループの最終的なテキスト型言語 (Python) のテスト結果を示す。中間コンテンツを挟んだグループ A の正答数と中間コンテンツを挟まないグループ B の一回目の正答数を比較するとグループ A の方が高い。またグループ B 内でも中間コンテンツを挟まない一回目と中間コンテンツを挟んだ二回目の正答数を比較すると二回目の方が高い。つまり中間コンテンツを挟んだほうが、その後のテキスト型言語の理解度が高くなったと言える。またグループ A の正答数とグループ B の二回目の正答数を比較すると、同じような点数になっている。つまり、これによりグループ B の理解度が低いわけではないと言える。

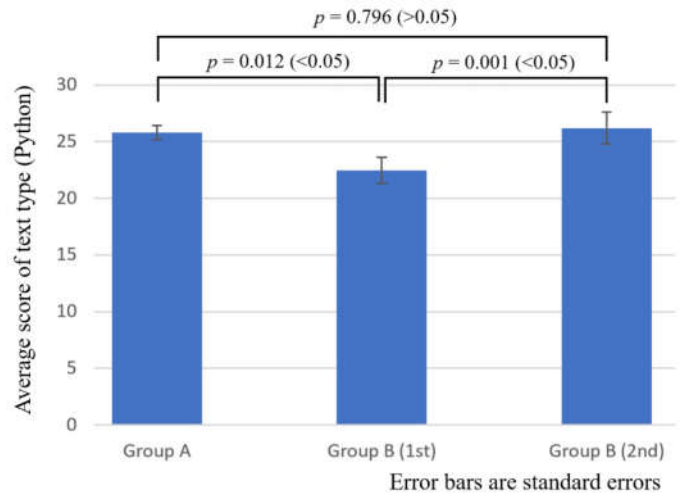


図 2 テキスト型言語の平均スコア

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	湘南工科大学工学部情報工学科・准教授
雲居玄道	早稲田大学データ科学センター・講師
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・准教授
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
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	近畿大学理工学部 教養 基礎教育部門・特任講師
(五十音順)	

4. 研究業績

4.1 学術論文

なし

4.2 総説・著書

著書

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.

後藤正幸：ビジネス統計のための基礎理論，オデッセイコミュニケーションズ，2023/2

上田雅夫，後藤正幸：データサイエンス入門 -- データ取得・可視化・分析の全体像がわかる，有斐閣，2022/12

4.3 招待講演

なし

4.4 受賞・表彰

Best Poster Award

Hane KONDO, Atsuo HAZEYAMA, Systematic Literature Review on Educational Effectiveness of Project-Based Learning for Software Development, In: Proceedings of the 29th Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC). IEEE, pp. 584-585, 2022.

2022PCカンファレンス優秀論文賞

反転ゼミ形式による多大学で連携するオンライン研究交流の試みーデータサイエンス領域のオンラインゼミを事例としてー，2022PCカンファレンス，3-C-5，2022/8

4.5 学会および社会的活動

論文

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, 1-12, pp.1-12,. doi: 10.24760/iasme.14.2_{PAGE}, 2023/3.

鄭 周華、新目 真紀、玉木 欽也、"P2M を適用した学習者組織と教育組織の運営 方法および学習者個人の成績評価方法の開発と実証研究—未来戦略デザイン・ビジネス プロデューサー育成に向けたハイフレックス・グループワーク演習の事例研究—," *Journal of International Association of P2M*, Vol.17、No1、pp.1-22、International Association of P2M、2022/10.

鄭 周華、新目 真紀、佐久田 博司、秋山 義希、野口 新司、玉木 欽也、"学習 BOM と AI チャットボット質疑応答システムの「ハイブリッド型グループワーク演習」への適用 ," 横幹、Vol.16、No.2、pp.60-70、横断型基幹科学技術研究団体連合、2022/10.

Qian Mijia and Kinya Tamaki, "Construction of New Value Chain Management and Various BOMs for Research Project of SDGs Food Loss Reduction: Case Studies on Circular Economy Sweets Product Planning, Sales Event Holding, and Questionnaire Surveys," *Journal of Mechanics Engineering and Automation*, Volume 12, Number 3, pp.92-101, May-June 2022 (Serial Number 98), ISSN 2159-5275 (Print), ISSN 2159-5283 (Online), DOI:10.17265/2159-5275, 2022/5

国際発表

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," *Proceedings of the 12th International Conference on 2 Software and Computer Applications (ICSCA 2023)*, pp. 1-7, Feb. 2023.

Katsuyuki Umezawa, Kouta Ishida, Makoto Nakazawa, and Shigeichi Hirasawa, "Proposal and Evaluation of Intermediate Content for the Transition from Visual to Text-based Programming Languages," *Proceedings of the 56th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS 2023)*, pp. 83-92, Jan. 2023. <https://hdl.handle.net/10125/102639>.

Katsuyuki Umezawa, Makoto Nakazawa, Michiko Nakano, and Shigeichi Hirasawa, "About the Analysis of Biometric Information during Learning of Visual- and Text-based Programming Language," *Proceedings of the 21st Annual Hawaii International Conference on Education (HICEducation 2023)*, pp. 451-453, Jan. 2023.

Katsuyuki Umezawa, Makoto Nakazawa, Michiko Nakano, and Shigeichi Hirasawa, "A Study on the Relationship Between Brain Waves, Heart Rate, and Facial Expressions During Programming Learning," *Proceedings of the International Conference on Systems*,

Man, and Cybernetics (IEEE SMC 2022), pp. 1-7, Oct. 2022.

Katsuyuki Umezawa, Makoto Nakazawa, Michiko Nakano, and Shigeichi Hirasawa, "Validation of the Relationship among Brain Waves, Heart Rates, and Facial Expressions during Programming Learning," Book of Abstracts of the 4th International Conference on Higher Education Learning Methodologies and Technologies Online (HELMeTO2022), pp. 213-215, Sept. 2022.

Katsuyuki Umezawa, Makoto Nakazawa, and Shigeichi Hirasawa, "A Proposal for Intermediate Content: Transition from Visual to Text-Based Languages," Proceeding of the World Conference on Computers in Education (WCCE2022), 2022, pp. 1, Aug. 2022.

国内発表

梅澤克之, 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生体情報の比較について,” 電子情報通信学会 教育工学研究会 (ET) 予稿集, pp. 142-147, Mar. 2023.

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アクティブラーニング型教育プログラムの効果の実感に関する追跡調査,” 日本教育工学会 2023 年春季全国大会, Mar. 2023

シュレスタ マニタ, 山下 遥, 杉原真晃, 後藤正幸: “日本の大学との連携教育プログラムが与えるネパールの大学生への内的効果に関する分析,” 日本教育工学会 2023 年春季全国大会, Mar. 2023

梅澤克之, 中澤真, 中野美知子, 平澤茂一, “複数実験によるプログラミング学習時の脳波と心拍について,” 電子情報通信学会 教育工学研究会 (ET) 予稿集, pp. 42- 47, Dec. 2022.

梅澤克之, 中澤真, 中野美知子, 平澤茂一, “プログラミング学習時の脳波と心拍と表情の関係の検証について” 第 21 回情報科学技術フォーラム (FIT2022) , 予稿集 Vol.3 pp.447-448, Sept. 2022.

梅澤 克之, 中澤 真, 中野 美知子, 平澤 茂一, “プログラミング学習時の脳波と心拍と表情の関係について,” 電子情報通信学会 教育工学研究会 (ET) 予稿集, pp. 14-19, June 2022.

梅澤 克之, 石田 昂大, 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提案と評価,” 電子情報通信学会 教育工学研究会 (ET) 予稿集, pp. 1-7, May 2022.

後藤正幸, 小林 学, 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, 三川健太, 山下 遥, 田尻 裕: “多大学連携型オンライン反転ゼミの設計とその

教育効果,” 第 21 回情報科学技術フォーラム (FIT2022), N-008, Sept. 2022

後藤正幸, 小林 学, 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, 三川健太, 山下 遥, 田尻 裕: “反転ゼミ形式による多大学で連携するオンライン研究交流の試み — データサイエンス領域のオンラインゼミを事例として —,” 2022PC カンファレンス, 3-C-5, Aug. 2022

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 年度で終了した. 本プロジェクト研究では, この活動を部会 N が支え, 2021～22 年度は, 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. 特に, 2022 年度は学習者(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, これらの実証実験の結果を国際会議や国内学会で発表した. 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. むしろ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.

一方, 3 年以上の新型コロナ禍は, 本研究の進め方が被験者(学習者)に対し密な実証実験を必要としている以上, 研究活動に致命的な影響を与えた. しかしその中で, 年 2 回の研究ワークショップを 2022 年度はハイブリッド開催できたことは, 特筆すべきことである. 2023 年 3 月に早稲田大学伊豆川奈セミナーハウスで行った研究ワークショップでは, 2 日目に担当の先生が徹夜して収集した事例をもとに「言語処理ソフトウェアと教育」と題しチャット GPT の現状と対策について議論した. 現在, 地球規模で議論されている本課題に, 本プロジェクト研究も避けては通れない. ガイドライン策定に向けて取り組む予定である.