

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：32706
研究種目：基盤研究(C) (一般)
研究期間：2018～2023
課題番号：18K11585
研究課題名(和文) AIコーチによるプログラミング独習システム

研究課題名(英文) Programming Learning System by AI Coach

研究代表者

斉藤 友彦 (Saito, Tomohiko)

湘南工科大学・情報学部・教授

研究者番号：50464798

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、近年発展の著しい人工知能や情報通信技術を用い、様々なプログラミング学習支援システムを開発した。本研究を通じて開発や検証したものは次の二つである。一つはプログラミング学習のためのWebシステムであり、もう一つはプログラミング学習を行う学習者の理解度や集中度などの分析・推定システムである。また、本研究では、社会状況を鑑み、遠隔授業における効率的な学習システムの開発を新たに研究課題として追加した。特にZoomやMeetを使った遠隔授業を効率的に運用するシステムや将来的な教育現場を想定し、VRを用いた学習システムの開発を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、人工知能や情報通信技術の急速な発展に伴い、技術者の深刻な人材不足が懸念されている。このような社会的な背景において、プログラミング教育の重要性は益々増している。本研究を通じて開発したプログラミング教育システムを使うことで普段のプログラミング授業や自学自習を効率的に運営することができる。また、学生の理解度の推定は、プログラミング教育のみならず、あらゆる教育において大変重要である。理解度推定とプログラミング教育システムの組み合わせることは今後の課題であるが、本研究課題を通じて分析された基礎データは今後の応用に活かされると期待される。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed various programming learning support systems using artificial intelligence and information communication technology, which have developed remarkably in recent years. The following two systems were developed and verified through this research. One is a web system for programming learning, and the other is a system for analyzing and estimating the level of understanding and concentration of learners who are learning programming. In addition, considering the social situation, we have added the development of an efficient learning system for distance learning as a new research topic in this study. In particular, we have developed a system to efficiently operate remote classes using Zoom and Meet, and a learning system using VR for future educational settings.

研究分野：教育工学

キーワード：教育工学 人工知能

1. 研究開始当初の背景

近年、人工知能や情報通信技術の急速な発展に伴い、IT 技術者の深刻な人材不足が懸念されている。また、研究開始当初である 2018 年は小学校におけるプログラミング教育必修化の前であった。プログラミング教育は我が国における IT 技術者不足を解消するための有力な手段だと考えられていた。一方で、これから必修化される小学・中学・高校の現場では、プログラミングを教えられる人材が圧倒的に不足していたため、不安の声が至る所から上がっていた。このような背景において、発展の著しい人工知能や情報通信の技術を逆にプログラミング教育に活かすことが重要な解決策の一つであると考えた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、近年発展の著しい人工知能や情報通信技術を活用したプログラミング学習システムの開発である。研究開始当初は主に次の二つを開発することを目的とした。一つ目は、プログラミング学習のための Web システムである。本システムではプログラミング演習課題や自動採点システムを含んだシステムであり、学習者の学習履歴を収集・保存し、各学習者の学習状況を分析可能とする。もう一つは、学習者の生体情報からの理解度推定法の開発である。特に、脳波による理解度推定に注力した。

これらの研究は引き続き行われたものの、研究期間内（2018～2023 年度）に起こった、COVID19、及び ChatGPT の普及によりプログラミング学習や教育の環境が大きく変化した。代表者が考える大きな変化は次の二つだと考える。一つは遠隔授業の急速な普及であり、もう一つはプログラミング教育の相対的重要性の低下である。社会背景により適した研究成果を得るため、本研究では遠隔授業を想定したシステムの開発を新たな研究課題として追加した。特に、Zoom や Meet を使った授業を効率的に運営するためのシステム及び VR（Virtual Reality）を活用したシステムの開発を行った。

3. 研究の方法

- (1) プログラミング学習のための Web システムの開発、及び生体情報からの理解度推定法の開発を行った。Web システムの開発では、元々研究代表者・分担者が開発・検証を行っていたプログラミング実行システムに加え、LMS(Learning Management System)、e ポートフォリオ、オンラインジャッジシステムを組み合わせ、さらに独自に用意したプログラミング演習課題を含ませることで、総合的なプログラミング学習システムを構築した。これらを実際のゼミや授業で使い、学習履歴データの収集・分析を行った。また、生体情報からの理解度推定では、生体情報として脳波に着目した。様々な難易度のプログラミング演習課題を用意し、それらの演習課題回答時における学習者の脳波を、簡易脳波計を使い、計測・収集・分析を行った。
- (2) 遠隔授業を想定した学習システムの開発を行った。一つは Zoom や Meet を使った遠隔授業を効率的に運営するためのシステムである。遠隔授業の映像に映った映像から顔検出

のための新たなアルゴリズムの提案を行った。さらに、顔のランドマークの検出及びそこから学生の疲労度を推定するシステムを開発・実装した。そして、実際のゼミで運用し、開発したシステムの評価を行った。更には、検出した顔画像から顔認証のアルゴリズムを使い、自動出席管理システムの開発・評価も行った。

- (3) 将来的に VR を使った教育システムが開発されていくことを想定し、本研究では新たな VR プラットフォームを開発した。特に、VR プラットフォームのユーザインタフェースに着目し、CUI (Character User Interface) 操作による VR プラットフォームの開発を行った。また、VR を活用した言語学習アプリの開発を行った。

4. 研究成果

- (1) プログラミング実行システム、LMS、eポートフォリオ、オンラインジャッジシステムを組み合わせたプログラミング学習システムを構築した。構築したシステムを実際のゼミや授業で運営し、学習者の理解度や弱点を把握できることが実例を通じて確認することができた。また、難易度別に準備したプログラミング演習課題の回答時における学習者の脳波を、簡易脳波計を用いて計測・分析を行った。従来研究において、波と波の比率が学習者の感じる負荷と関連することが知られていたが、本研究の実験を通じてそれを再度確認することができた。
- (2) Zoom や Meet を使った遠隔授業を効率的に運営するためのシステムを構築した。具体的にはハフ変換を用いた直線検出（ウィンドウ窓の検出）と YOLO (You Only Look Once) を組み合わせることで、遠隔授業の映像に特化した精度の高い顔検出手法を提案した。これらに PFLD (A Practical Facial Landmark Detector) によるランドマーク検出を用いて認識した目や口の形状から学習者の疲労度を検出するシステムを開発した。また、これらに CNN (Convolutional Neural Network) を用いた顔認証を加えることで自動出席管理システムの構築も行った。
- (3) CUI 操作による VR プラットフォームの開発を行った。本研究では、特に VR 空間上での移動に着目し、いくつかの移動コマンドを提案した。さらには、視線情報も加えた移動コマンドを提案・開発した。本研究では、実験用の VR 環境を作成し（図 1）、その中で提案した移動コマンドの検証を行い、その有効性を示した。本研究ではさらに、応用として VR を用いた言語学習アプリケーションも作成し（図 2）、単語記憶のテストによる実験を通じて、その有効性を示した。

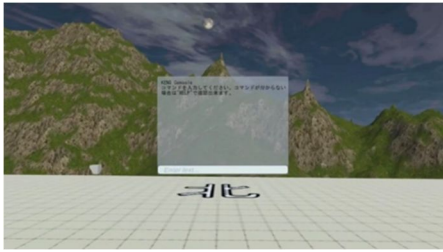


図1 CUI 操作によるVR空間

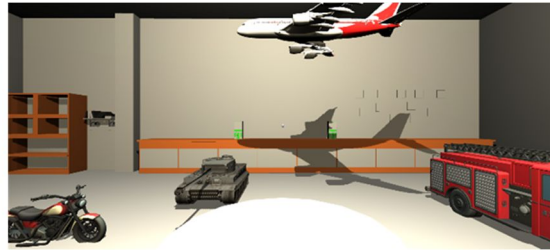


図2 VR 言語学習教材

(4) 上記のようなソフトウェア開発の知見を活かし、本研究課題の副産物として、様々なアプリケーションソフトウェアの開発を行った。例えば、AR を用いたプログラミング学習スマートフォンアプリ（図3）やVR を用いバーチャル試着システムなどの開発を行った。

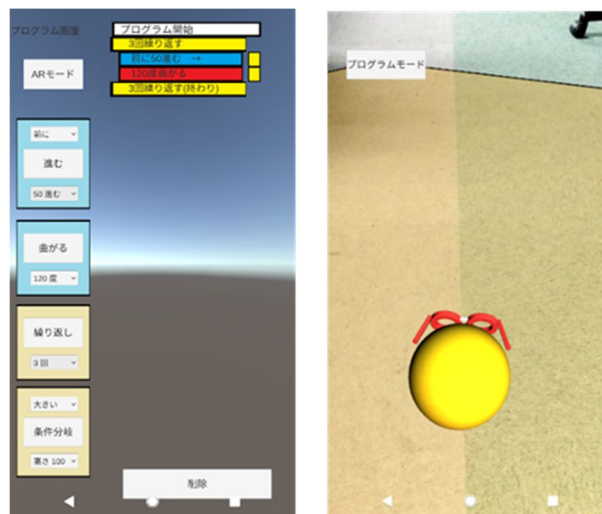


図3 AR を用いたプログラミング学習スマホアプリ

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計19件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 澤田光明, 齋藤友彦, 梅澤克之
2. 発表標題 仮想スタンプラリーを用いたオンラインイベントWebシステム
3. 学会等名 研究報告マルチメディア通信と分散処理 (DPS)
4. 発表年 2022年 ~ 2023年

1. 発表者名 広部倅大, 齋藤 友彦
2. 発表標題 VR試着システム
3. 学会等名 情報処理学会第85回全国大会
4. 発表年 2022年 ~ 2023年

1. 発表者名 長谷川優, 齋藤 友彦
2. 発表標題 CUI操作によるVRプラットフォームの研究
3. 学会等名 情報処理学会第85回全国大会
4. 発表年 2022年 ~ 2023年

1. 発表者名 松原一樹, 齋藤 友彦
2. 発表標題 車載動画からの位置推定システム
3. 学会等名 情報処理学会第85回全国大会
4. 発表年 2022年 ~ 2023年

1. 発表者名 浮田善文, 齋藤友彦, 松嶋敏泰
2. 発表標題 シラバス情報による科目間類似度を用いた授業理解度向上に関する一考察
3. 学会等名 情報処理学会第85回全国大会
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 加藤雄一, 澤田光明, 齋藤友彦
2. 発表標題 データの可視化を用いた野球観戦システム
3. 学会等名 情報処理学会第84回全国大会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 澤田光明, 齋藤友彦
2. 発表標題 仮想スタンプラリーを用いたオンラインイベント -アクセス解析によるユーザの行動分析-
3. 学会等名 情報処理学会第84回全国大会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 浮田善文, 齋藤友彦, 松嶋敏泰
2. 発表標題 直交計画を用いた実験における複素空間での計算の高速化に関する一考察
3. 学会等名 情報処理学会第84回全国大会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 仙崎直輝, 齋藤友彦
2. 発表標題 スマートフォンとAR技術を用いたプログラム学習アプリケーションの開発
3. 学会等名 情報処理学会第83回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上坪洸毅, 齋藤友彦
2. 発表標題 赤ん坊体験型VR言語学習教材
3. 学会等名 情報処理学会第83回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 澤田光明, 齋藤友彦
2. 発表標題 オンラインイベントに特化したWebサービスの開発仮想スタンプラリーを一例として
3. 学会等名 情報処理学会第83回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuko Kuma, Tomohiko Saito, Tomoyuki Sasaki, Katsuyuki Umezawa, Shigeichi Hirasawa
2. 発表標題 Construction of E-learning System for Programming: Extract Patterns of Mistakes Occur by Language Learners
3. 学会等名 18th Annual Hawaii International Conference on Education (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshifumi Ukita, Tomohiko Saito
2. 発表標題 A Note on the Posterior Variance in Linear Basis Function Models for Experimental Designs
3. 学会等名 2020 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tomohiko Saito, Yoshifumi Ukita, Toshiyasu Matsushima, Shigeichi Hirasawa
2. 発表標題 A Heuristic Algorithm for the Construction of 2-level Linear Unequal Error Protection Codes
3. 学会等名 2020 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石田崇, 梅澤克之, 齋藤友彦, 中澤真, 平澤茂一
2. 発表標題 C言語プログラミング教育における学習状況の分析
3. 学会等名 経営情報学会 PACIS2018主催記念特別全国研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 齋藤友彦, 梅澤克之, 石田崇, 中澤真, 平澤茂
2. 発表標題 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
3. 学会等名 経営情報学会 PACIS2018主催記念特別全国研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuko Kuma, Tomohiko Saito, Tomoyuki Sasaki, Katsuyuki Umezawa, and Shigeichi Hirasawa
2. 発表標題 Construction of E-Learning System for Programming: Factorial Analysis for Comprehension Level
3. 学会等名 17th Annual Hawaii International Conference on Education (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoyuki Sasaki, Tomohiko Saito, Yuko Kuma, Katsuyuki Umezawa, and Shigeichi Hirasawa
2. 発表標題 Construction of E-Learning System for Programming: Construction of e-portfolio
3. 学会等名 17th Annual Hawaii International Conference on Education (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomohiko Saito, Tomoyuki Sasaki, Yuko Kuma, Katsuyuki Umezawa, and Shigeichi Hirasawa
2. 発表標題 Construction of E-Learning System for Programming: Estimation of Comprehension Level from Brain Wave
3. 学会等名 17th Annual Hawaii International Conference on Education (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	平澤 茂一 (Hirasawa Shigeichi) (30147946)	早稲田大学・理工学術院・名誉教授 (32689)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	松嶋 敏泰 (Matsushima Toshiyasu) (30219430)	早稲田大学・理工学術院・教授 (32689)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関