

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 6 日現在

機関番号：32601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K12256

研究課題名(和文) 協調学習支援システムを基盤とする知識構築型プログラミング学習システム

研究課題名(英文) The development of programming learning environment based upon a knowledge building collaborative learning environment

研究代表者

松澤 芳昭 (Matsuzawa, Yoshiaki)

青山学院大学・社会情報学部・准教授

研究者番号：40517017

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、プログラミングを協調的に学習するWebシステムの開発と評価を行った。コロナ禍を受けて、遠隔プログラミング教育実践を支援するシステム開発に軸足をシフトし研究を行った。主たる成果は、協調的な学習を支援するフルオンラインでのプログラミング実習支援環境の開発、クラウド型Web協調プログラミング環境の開発、オンライン環境での協調的な演習活動を行う授業実践である。ゲーミングによる情報システム学習の実践やその知識構築過程分析の研究といった、様々な研究活動にもつながった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、ネットワークを活用したオンラインでの協調学習およびプログラミング教育の分野に貢献するものである。コロナ禍で自然実験が可能になり、教育実践を行いつつシステム開発を並行して進めたことで、最新のオンライン教育支援環境の開発・実証研究を実施できた。得られた知見は、コロナ禍以降も必要となるネットワークを活用した協調学習およびプログラミング学習支援技術の基礎データを提供するとともに、学習データ分析研究にも寄与するものである。本研究は、学習科学分野の研究者や教育者に利用可能なツールを提供することで、世界の学習環境改善への波及効果も期待できるものである。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed a web system for a collaborative programming education environment. Due to the COVID-19 pandemic, we shifted our focus to the development of a system that supports collaborative programming education in a fully remote environment. Our primary achievements include the development of a fully online programming education environment that supports collaborative learning, the development of a cloud web collaborative programming environment, and the implementation of information systems design education through Knowledge Building in an online environment. These research results also led to further research activities, such as the implementation of learning information systems through gaming and the analysis of the knowledge-building processes.

研究分野：学習支援情報システム

キーワード：プログラミング教育 情報システム教育 知識構築 学習過程分析 創発

## 1. 研究開始当初の背景

Computational Thinking をスローガンとして、万人が持つリテラシーとしてのプログラミング教育が近年国内外で推進されている。日本でも、2020 年から小学校でプログラミング教育が必修化された。この目的は単なる技術者育成や、技術に関心を持つ善良なユーザを育成することではない。コンピュータの出現が科学の「作法」の变革を引き起こしており、21 世紀の知識社会に生きる全ての人々が、その新しい作法、すなわち、コンピュータを利用した知識創造をしていく必要がある、という情報科学者の問題意識が背景にある。

こうした背景で、学术界、産業界から様々な初学者プログラミング学習支援環境が提案されている。プログラミング初学者用に設計されたプログラミング環境 Scratch や、英国で開発された組み込みプログラミング基盤 micro:bit など、プログラミング教育支援技術の発展は著しい。しかし、コンピュータを利用した知識創造を支援するという観点からは、2つの問題が指摘できる。1つ目の問題は、現在、ソフトウェア開発作業そのものは比較的低コストでできるようになり、情報システムの設計工程がシステム開発の根幹をなすようになってきているにもかかわらず、現在の教育支援環境がコーディング環境、すなわち下流工程を主体とするものであることである。2つ目の問題は、現在提案されているプログラミング教育環境は、個人での学習プロセスが前提となって設計されているもので、近年の学習科学での主要な論点である、「学習が学習者間のインタラクションにより創発・創成的におこる」という協調学習のプロセスに配慮されていないことである。

ソフトウェア科学と学習科学の両分野で、これらの問題を解決していくための鍵である知識創造理論の議論が進められている。ソフトウェア開発の現場では、近年では協調的で創造的なソフトウェア開発手法のニーズが高まっており、野中博士の知識創造理論に依拠した「スクラム」と呼ばれるアジャイルソフトウェア開発法が欧米を中心に主流になってきている。欧米の高等教育現場でその導入教育が行われている。学習科学の分野では、知識構築 (Knowledge Building) と呼ばれる知識創造を指向した教育概念が提案され、学習環境を知識創造組織と見做して、そこで参加者たちが協調的な知識創造活動に従事することによって、学習効果が得られることが議論されている。

## 2. 研究の目的

本研究では、協調学習支援システムと現代的 Web プログラミング環境を組み合わせることで、プログラミングやより上流工程を扱う情報システム学を協調的に学習する Web システムの構築と実践、評価を行う。教室でのソーシャルネットワークを利用した、知識構築の談話 (ディスコース) に基づくプログラミングや情報システム学習環境の構築を行い、実践を通してその新しい環境による教育の効果について探究する。

## 3. 研究の方法

本研究は当初3 年計画で、全般には、開発ツールのプロトタイプ試作と現場での実践を繰り返すアジャイル方式での開発を計画していた。これに対して、2020 年度新型コロナウイルス蔓延防止の観点から実践フィールドである大学が遠隔授業となったことを踏まえて、研究の方向性を維持しつつも教育実践に必要な基盤整備の研究に軸足をシフトし、4 年計画に延長して研究を行った。アジャイル方式での計画を活かして、コロナ禍でオンライン環境の実験ができる状況を利用し、教育実践を行いつつシステム開発を並行して進めたことで、最新のオンライン教育支援環境の開発・実証研究を実施できた。

2019 年度は、知識構築支援ソフトウェア (Knowledge Forum, 以下 KF) に、プログラミング環境を組み合わせることで、KF のアイデア要素としてプログラムを扱うことができるプロトタイプ的设计と開発を行った。

2020 年度は、協調的な学習をサポートすることを主眼としたフル・オンラインでのプログラミング実習支援ツールの開発、クラウド型 Web 協調プログラミング環境の新規開発を行った。協調的な演習活動を行う授業実践に関しては技術者育成に関する「情報システム分析・設計基礎」「情報システム演習」等での試用を行い、情報システム教育の新しい学習方法であるゲーミングによる協調学習や、オンライン・反転型情報システム教育のデザインと学習活動の分析を行った。

2021 年度は、引き続きフル・オンラインでのプログラミング実習支援ツールの開発、クラウド型 Web 協調プログラミング環境の開発とその論文化を行った。そのほか遠隔プログラミング授業に必要なオンラインテスト方式の提案とその支援ツールの開発も行った。ハイフレックス環境での協調的な演習活動を行う授業実践に関しては技術者育成に関する「情報システム分析・設計基礎」「情報システム演習」等での試用を行った。情報システム教育の新しい学習方法であるゲーミングによる協調学習や、協調学習を測定するための方式の開発と実践を行った。

2022 年度はこれまでに開発した協調プログラミング学習環境の拡張開発と実践を行った。引き続きゲーミングによる協調学習や、協調学習を測定するための方式の開発と実践、成果の発表を行った。これにより、当初の目的であったその談話 (ディスコース) に基づくソフトウェア開発教育環境の実践研究を補強した。

#### 4. 研究成果

本章では主要な成果を抜粋し、それらの成果の概要を報告する。

##### (1) 協調的な学習を支援するフルオンラインでのプログラミング実習支援環境の開発

大学でのプログラミング導入教育において、これまで対面演習で行ってきた教員(TA)-学生間での密なコミュニケーションを損なうことなくコロナ禍でのフルオンライン授業を展開することを目的に、WebRTC 技術を用いたオンライン上でのコンピューティング実習支援システム「CreCoSpeak」の開発と授業実践を行った。図1に画面例を示す。本システム的设计目標は、教員が学生達の作業状況を概観し演習進行の雰囲気を感じとることができる、学生の質問や課題レビューに際し画面共有と顔の見えるビデオチャットによる迅速な対応ができる、学生同士が課題を一緒に解いたり、教え合ったり、グループワークを行うことができる、である。2020年度、2021年度とシステムを利用した授業実践を行い、論文発表を行った。

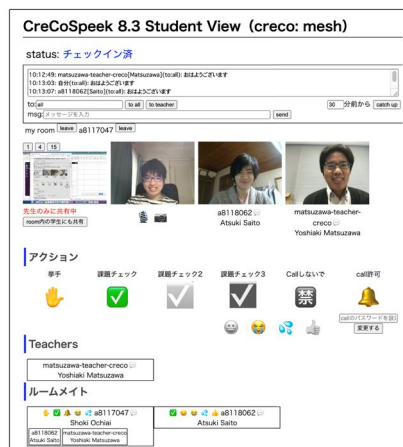


図1. CreCoSpeak 画面例

学生の試験の様子と操作画面の両方が確認できる映像を撮影し、不正がないかを確認員が確認する「動画記録試験」の試みとその運用を支援するシステム「ReCom」の開発も行った。2021年度の実践では、「動画記録試験」は対面環境と遠隔環境のどちらで試験を受験した学生にとっても公平性の担保という点が評価された。

##### (2) クラウド型 Web 協調プログラミング環境の開発

大学1年生がプログラミングの基礎を学ぶ科目におけるクラウド型協調プログラミングを支援するシステム「PriSM」の開発を行った。図2に画面例を示す。学習者がチームを登録・参加し、チームメンバーのプロジェクトをweb上でリアルタイムに閲覧・実行・取込することができるシステムである。学生のプログラミング能力に大きな実力差・多様性がある状況での協調プログラミングを支援するため、独立同期モデルに基づくシステムの開発を行った。2021年度にシステムを利用した授業実践を行い、学会での報告を行った。



図2. PriSM 画面例

Knowledge Forumを拡張して、chatによる協調ソフトウェアデザインのできるchacoの開発を行った。画面例を図3に示す。従来のKFでは小さなアイデアや考えがまとまっていないものと積極的にビルズオンが行われない。考えながら発言できる場があれば、議論の流れで思いついた小さなアイデアを拾うことができるのではないかと考えた。「開発する新規機能についてのアイデア出しとその優先順位について」をテーマとする実験を行い、chacoに発言した内容をノートにまとめ上げ、ビルズオンを作成することでアイデアの拡張を行いやすいことが確認できた。

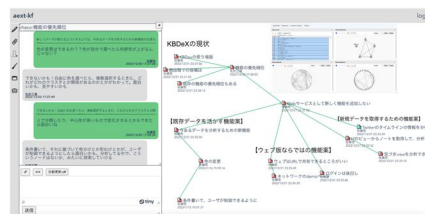


図3. chaco 画面例

##### (3) オンライン環境での協調的な演習活動を行う授業実践

情報システム学では、企業活動と馴染む情報システムの設計運用が中心的な関心事として議論されてきたが、組織活動と情報システムが「馴染む」とはどういうことなのか、そのことを具体的な体験を伴って理解できる教育はこれまで行われてこなかった。本研究では「ビジネスゲームによる実業務の体験に基づく情報システム教育」を開発し、学生自らが経営する仮想企業の業務分析の結果に基づいてシステム導入の体験をする協調学習環境の設計と実践を行った。ここで学生は Knowledge Forum を利用した協調的情報システム設計を行う(図4)。2020年度後期にフルオンライン環境で、2021年度後期にはハイフレックス環境で協調的な演習活動が行われ、1件の発表と1件の論文発表を行なった。



図4. Knowledge Forum での協調的情報システム設計活動の例

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 松澤芳昭, 落合祥希, 齋藤敦輝, 村田和義	4. 巻 8
2. 論文標題 オンライン上でのコンピューティング実習支援システム「CreCoSpeak」の開発と評価	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌 教育とコンピュータ	6. 最初と最後の頁 35-46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大塚 俊輝, 大洲 裕司, 宮川 裕之, 松澤 芳昭	4. 巻 13
2. 論文標題 組織活動と馴染む情報システム設計の実践的な入門教育を実現する教育用 ERP システム	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 青山社会情報研究	6. 最初と最後の頁 11-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Daiki Shiozawa, David Hoenigman, Yoshiaki Matsuzawa	4. 巻 595
2. 論文標題 Course Space: The Observatory of Courses Taken Models in Interdisciplinary Departments	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Empowering Teaching for Digital Equity and Agency. OCCE 2020. IFIP Advances in Information and Communication Technology	6. 最初と最後の頁 pp.129-138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-59847-1_14	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計14件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 藤下可菜, 松澤芳昭
2. 発表標題 プログラミング導入教育におけるクラウド型協調プログラミング支援システム「PrISM」の開発
3. 学会等名 情報コミュニケーション学会第19回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 齋藤 敦輝, 吉田 葵, 松澤 芳昭
2. 発表標題 遠隔環境に対応する「動画記録試験」の試みと 運用支援システム「ReCom」の開発
3. 学会等名 情報処理学会研究報告情報システムと社会環境(IS-159-2)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大久保 朗, 松澤 芳昭
2. 発表標題 スマートフォンを用いた身体運動「リズム周波数」によるグループ活動の観測法の開発と評価
3. 学会等名 情報処理学会研究報告情報システムと社会環境(IS-159-5)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田崎紗也, 松澤芳昭
2. 発表標題 グループディスカッション参加者の貢献方法の発見 - 「アイデア連鎖ネットワーク」による議論の可視化-
3. 学会等名 情報システム学会 第17回全国大会・研究発表大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松澤 芳昭, 落合 祥希, 齋藤 敦輝, 村田 和義
2. 発表標題 オンライン上でのコンピューティング実習支援システム「CreCoSpeak」の開発と授業実践
3. 学会等名 情報処理学会研究報告 コンピュータと教育(CE-159-17)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田 賢志朗, 松澤 芳昭
2. 発表標題 初学者のプロセス改善を目指した漸進的プログラミング支援システムの開発と評価
3. 学会等名 情報処理学会研究報告 コンピュータと教育(CE-159-12)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 荒井美咲, 松澤芳昭
2. 発表標題 オンライン・反転型情報システム教育における学習活動の分析
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 宇都宮光, 前田鈺太郎, 中村美穂, 松澤芳昭
2. 発表標題 Minecraftを用いたCSアンプラグドワークショップの試み
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 大塚 俊輝, 大洲 裕司, 宮川 裕之, 松澤 芳昭
2. 発表標題 組織活動と馴染む情報システム導入の体験演習を実現する教育用ERPシステムの設計と評価
3. 学会等名 情報処理学会研究報告 情報システムと社会環境(IS-155-10)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 丹野 怜奈, 松澤 芳昭
2. 発表標題 シナリオ分析に基づく業務に寄り添う小規模事業支援システムの設計と評価
3. 学会等名 情報処理学会研究報告 情報システムと社会環境 (IS-155-9)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野口実沙子, 塚山 駆, 松澤 芳昭
2. 発表標題 観測とUnityでつくるシミュレータから学ぶ「月の運動」プログラミング教育教材の開発
3. 学会等名 情報処理シンポジウムSSS2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 塩澤大輝, 松澤 芳昭
2. 発表標題 文理融合系学部における履修モデル可視化システムの開発と評価
3. 学会等名 情報処理シンポジウムSSS2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshiaki Matsuzawa
2. 発表標題 Knowledge Forum video annotation to advance community knowledge
3. 学会等名 Knowledge Building Summer Institute 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daiki Shiozawa, David Hoenigman, Yoshiaki Matsuzawa
2. 発表標題 Course Space: The Observatory of Courses Taken Models in Interdisciplinary Departments
3. 学会等名 Open Conference on Computers in Education 2019 (国際学会)
4. 発表年 2020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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------