

令和 4 年 6 月 9 日現在

機関番号：10103

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K11561

研究課題名（和文）クラウドを活用したプログラミング演習環境に関する研究

研究課題名（英文）Study of programming environment on Cloud

研究代表者

桑田 喜隆（KUWATA, Yoshitaka）

室蘭工業大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：40559134

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、最適なプログラミング環境を研究することを目的としている。科学技術計算や機械学習で注目されているJupyter Notebookに着目し、クラウドコンピューティング技術および環境の自動構築技術を活用しプログラミング環境を実現した。また、演習時に定量的な測定を実施することで、その有効性を検証した。更に、複数の異なるクラウド環境にプログラミング演習環境を構築し、その上で授業を実施することができることが確認できた。また、実際のプログラミング授業を実施しその有効性が確認された。本研究の成果として複数の論文を発表するとともに、Jupyter Notebookではじめるプログラミングを出版した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究はJupyter Notebookを使ってプログラミング環境を構築し、演習時に学生の挙動を定量的に測定し、教員の指導に役立てる方法を提案した。その有効性は対面授業だけでなく遠隔授業の際にも有効であることが確認された。ポストコロナで実施されるハイブリッド授業にも有効である。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research is to study the optimum programming environment. We focused on Jupyter Notebook, which becomes popular in scientific computing and machine learning. We proposed a programming environment by utilizing cloud computing technology and automatic environment construction technology. We verified its effectiveness by performing quantitative measurements during exercises. We confirmed that it is possible to build a programming environment in multiple cloud environments and conduct actual lessons. We conducted actual programming classes and confirmed its effectiveness. As a result of this research, several papers and a book were published.

研究分野：クラウドコンピューティング

キーワード：プログラミング教育 クラウドコンピューティング

1. 研究開始当初の背景

工学系人材の情報技術の教育の重要性が認識されている。例えば、文部科学省の開催した「大学における工学系教育の在り方に関する検討委員会」の2017年5月の中間報告では「数理・データサイエンスを含む、数学・物理等の専門基礎科目を今後さらに充実して教育する必要がある。」と述べられている。本研究は、情報系教育の重要項目のひとつと位置付けられるプログラミングの、最適な教育方法、環境の研究を行うものである。

プログラミング教育の効果の検証には試行錯誤が必要になるが、計算機環境の準備に時間と費用がかかり、手軽に試行を行うことが難しいという課題がある。

2. 研究の目的

本研究では、最適なプログラミング環境を研究することを目的としている。

研究方法として、新しい教材や環境を用いて実際の学生向けにプログラミング演習を行い、その効果を定量的に測定する。そのために、以下の機能を提供することを提案する。

(ア) 教師が手早くプログラミング環境を準備し試行できる仕組み

(イ) 教育効果を定量的に測定することのできる環境

本研究では、Jupyter Notebook¹に着目し、クラウドコンピューティング技術および環境の自動構築技術を利用することでプログラミング環境を実現し、演習時に定量的な測定を実施することでその有効性を検証することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究の前提として、図1に示す「プログラミング環境プラットフォーム」を実現した。

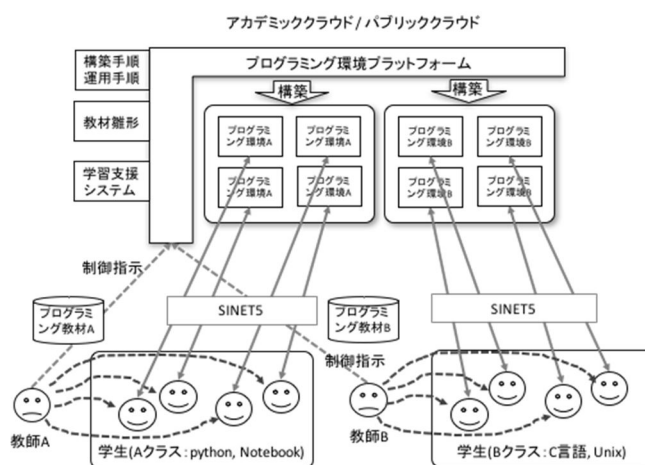


図1 プログラミング環境プラットフォームの概要図

本研究では、以下の4項目を実施した。

- (1) 環境構築技術の確立
- (2) 評価用プログラミング環境
- (3) プログラミング授業を利用した評価
- (4) 成果の公開、外部発表

次章で実施項目ごとに研究成果の概要を示す。

4. 研究成果

以下に研究成果の概要を示す。

- (1) 環境構築技術の確立

Jupyter Notebook によるプログラミング演習環境をクラウド上に構築するため、国立情報学研究所 (National Institute of Technology, 以下 NII) の開発している「CoursewareHub」(引用文献) を活用した。2019年度にはNIIの提供するクラウド上に構築した CoursewareHub 環境を利用し、室蘭工業大学(以下、本学)においてプログラミング演習の模擬授業、および600人規模の授業を実施した。2020年度は、NIIのクラウド環境を使って授業を開始し、授業期間の後半で Amazon Web Services(AWS)上の環境に移ることができることを検証した。さらに、2021年度は本学に構築した研究用のプライベートクラウド環境に演習環境を構築して授業を実施した。

複数のクラウドコンピューティング環境上にプログラミング環境を構築し、大きなトラブルなく授業を実施することができたことから、環境構築技術に関しては十分な検証できたと考える。更に、上記で得られた知見を活かして、2022年度より本学に「遠隔授業用プライベートクラウド」を構築し、本学の複数の情報系科目で演習環境として利用することを予定している。

- (2) 評価用プログラミング環境

CoursewareHub 上の Jupyter Notebook で演習を実施すると、全学生の実行履歴を一元的に把

¹ The Jupyter Notebook, <http://jupyter.org/> (2022/6/2参照)

握ることが可能である。本研究では、CoursewareHub で得られた履歴を学生の評価や教育の支援に利用する方法を提案した。図2に本研究で提案したプログラミング環境で得られたデータの分析例を示す。

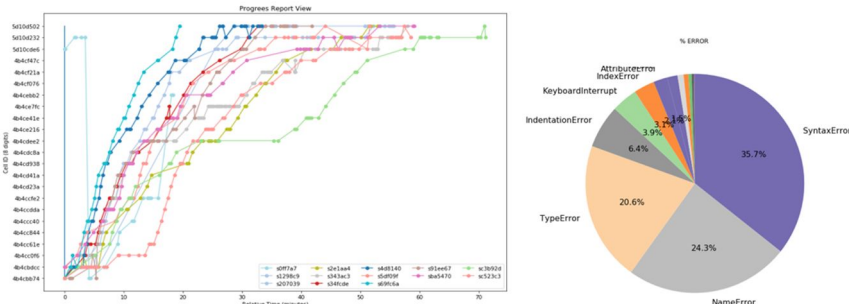


図2 CoursewareHub の履歴の可視化および分析例
(左：演習の学生ごとの進捗状況の可視化、右：発生した Python のエラーの分析例)

本項目で得られた結果は学生の指導および演習教材の改善に活用することができた。

(3) プログラミング授業を利用した評価

実際のプログラミング授業を実施して有効性の評価を実施した。実施にあたっては、CoursewareHub 上で学生への教材の配布や回収、評価結果の返却などのワークフローを実現することが必要であり、Jupyter Notebook 上で教員向けの Notebook として実現した。また、既存の認証基盤や学習支援システム(Moodle²)との連携を実現した。

図3に学生へのアンケートの結果を示す。90%の学生が役に立ったと回答しており、演習環境である CoursewareHub の有効性が確認された。

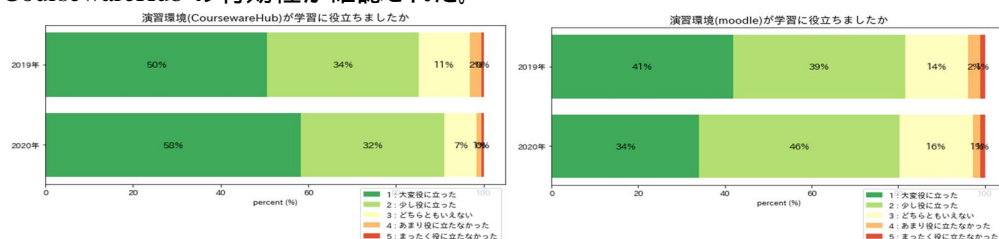


図3 学生へのアンケート結果 (左：CoursewareHub の有効性、右：Moodle の有効性)

本研究の期間中に新型コロナウイルス感染症が流行し、本研究の対象としたプログラミング演習授業も遠隔および対面と遠隔のハイブリッド実施となった。このため、CoursewareHub のデータだけでなく、遠隔会議システム(Zoom³)や Moodle のデータを統合して可視化することで、授業の状況を把握する方法を採用した。図4にデータの可視化例を示す。

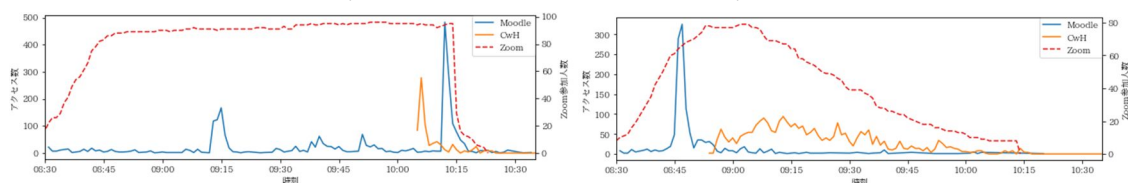


図4 Moodle および Zoom と CoursewareHub とのデータとの統合表示例
(左：第1回授業では全員が最後まで Zoom に参加。右：第5回では演習が早く終わった学生は早く退出していることが分かる)

(4) 成果の公開、外部発表

本研究の成果の普及のため、積極的に外部発表を実施した。また、Jupyter Notebook を使ったプログラミング授業向けに適切な教科書がなかったため、教科書「Jupyter Notebook で始めるプログラミング」を出版した。(5章を参照)なお、書籍の章末問題の回答例は github に公開しており、誰でも利用可能である。

【引用文献】

長久勝, 政谷好伸, 合田, 憲人, Notebook による講義・演習環境の開発, 情報処理学会 教育学習支援情報システム研究会報告 2019-CLE-27, 2019年03月13日

「Jupyter Notebook で始めるプログラミング」章末問題解答例, <https://github.com/muroran-it/jupyter-programming>

^{*2} Moodle Project, <https://moodle.org/> (2022/6/2参照)

^{*3} Zoom: <https://zoom.us> (2022/6/2参照)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 浜元信州, 横山重俊, 竹房あつ子, 合田憲人, 桑田喜隆, 石坂徹	4. 巻 7
2. 論文標題 クラウドを利用したログ解析環境のMoodleへの適用	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本ムードル協会全国大会(2019)発表論文集	6. 最初と最後の頁 24 - 31
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 オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 石坂徹, 桑田喜隆, 合田憲人, 竹房あつ子, 横山重俊, 浜元信州	4. 巻 7
2. 論文標題 Moodle と Jupyter Notebook の連携による プログラミング教育環境の構築	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本ムードル協会全国大会(2019)発表論文集	6. 最初と最後の頁 32 - 37
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 オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 桑田喜隆, 石坂徹, 合田憲人, 竹房あつ子, 横山重俊, 浜元信州	4. 巻 6
2. 論文標題 パブリッククラウドを使ったMoodleの構築および運用評価	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本ムードル協会全国大会(2018)発表論文集	6. 最初と最後の頁 41-48
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 オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 桑田喜隆, 石坂徹, 早坂 成人	4. 巻 71
2. 論文標題 新型コロナウイルス感染症対策のための室蘭工業大学における遠隔授業環境の整備	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 室蘭工業大学紀要	6. 最初と最後の頁 22 - 38
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 オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 桑田喜隆, 石坂徹, 早坂 成人	4. 巻 70
2. 論文標題 クラウド環境を利用したプログラミング演習における ハイブリッド授業実施評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 工学教育	6. 最初と最後の頁 74-79
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 桑田喜隆, 石坂徹, 小川祐紀雄, 政谷好伸, 長久勝, 横山重俊, 浜元信州
2. 発表標題 プログラミング演習の実行履歴に基づく演習課題の評価
3. 学会等名 第26回人工知能学会 知識流通ネットワーク研究会, 人工知能学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 桑田喜隆, 石坂徹, 早坂成人, 小川祐紀雄
2. 発表標題 室蘭工業大学における新型コロナウイルス感染症対応のためのICT環境整備
3. 学会等名 第27回人工知能学会 知識流通ネットワーク研究会, 人工知能学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 桑田喜隆, 石坂徹
2. 発表標題 プログラミング演習のハイブリッド実施に関するケーススタディ
3. 学会等名 第28回人工知能学会 知識流通ネットワーク研究会, 人工知能学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 桑田喜隆, 石坂徹, 合田憲人, 政谷好伸, 長久勝, 横山重俊, 浜元信州
2. 発表標題 Jupyter Notebookを使ったプログラミング模擬演習の評価
3. 学会等名 第25回人工知能学会 知識流通ネットワーク研究会, 人工知能学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 桑田喜隆, 石坂徹, 小川祐紀雄, 政谷好伸, 長久勝, 横山重俊, 浜元信州
2. 発表標題 プログラミング演習の実行履歴に基づく演習課題の評価
3. 学会等名 第26回人工知能学会 知識流通ネットワーク研究会, 人工知能学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 桑田喜隆, 石坂徹, 合田憲人, 政谷好伸, 長久勝, 横山重俊, 浜元信州
2. 発表標題 クラウドを利用した対話的なプログラミング教育環境とその評価手法の提案
3. 学会等名 第23回人工知能学会 知識流通ネットワーク研究会, 人工知能学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石坂徹, 桑田喜隆, 合田憲人, 竹房あつ子, 横山重俊, 浜元信州
2. 発表標題 MoodleとJupyter Notebookの連携
3. 学会等名 MoodleMoot2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 桑田喜隆, 石坂徹, 小川 祐紀雄, 政谷好伸, 長久勝, 横山重俊, 浜元信州
2. 発表標題 Jupyter Notebookの実行履歴を活用したプログラミング演習の状況把握
3. 学会等名 第24回人工知能学会 知識流通ネットワーク研究会, 人工知能学会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 桑田喜隆, 小川祐紀雄, 早坂成人, 石坂徹	4. 発行年 2020年
2. 出版社 学術図書出	5. 総ページ数 184
3. 書名 Jupyter Notebookで始めるプログラミング	

1. 著者名 桑田喜隆, 小川祐紀雄, 早坂成人, 石坂徹	4. 発行年 2019年
2. 出版社 学術図書出	5. 総ページ数 152
3. 書名 Jupyter Notebookで始めるプログラミング2019	

〔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	小川 祐紀雄 (OGAWA Yukio) (30783261)	室蘭工業大学・大学院工学研究科・准教授 (10103)	

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	石坂 徹 (ISHIZAKA Tohru) (60292075)	室蘭工業大学・大学院工学研究科・助教 (10103)	

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