

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：34406

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K03001

研究課題名（和文）BYODを活用した情報処理教育のための受講生によるセルフビルド演習環境

研究課題名（英文）Self-Built Exercise Environment for IT Education Students Using BYOD

研究代表者

福安 直樹（Fukuyasu, Naoki）

大阪工業大学・情報科学部・教授

研究者番号：60324993

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,500,000円

研究成果の概要（和文）：近年、大学等の教育機関においてBYODを活用した教育が着目されている。特に、COVID-19の影響によりオンライン形式を活用した授業が増えており、学習者自身の手でBYODに演習環境を構築することの重要性も増している。本研究では、カリキュラムに応じたプログラミング演習環境をBYODに学習者自身で容易かつ選択的に導入可能な仕組みを用意した。複数の授業において実際にこの環境を使用し、授業の進行を妨げることなく円滑に実施できることを確認した。また、プログラミング学習支援のための環境について、学習者および指導者の側面からそれぞれ検討を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、CとJavaのそれぞれのプログラミング言語を対象とした授業に対して、演習に必要な環境を学習者自身でBYOD上に導入できるようにするための、軽量なZIPファイル群とその構築方法を作成した。実際にこれらの環境を使用した複数の授業を実施することで、その有用性をアンケート等により確認した。特に、オンライン形式での実施においても、BYODを最大限に活用した演習によって学びを止めることなく授業を進められることが確認できた。

研究成果の概要（英文）：Using BYOD for education has been a focus in various educational institutions in recent years. In particular, the number of classes using online formats is increasing due to the influence of COVID-19, and there is also an increasing importance for students to self-build an exercise environment on BYOD. In this study, we prepared programming exercise environments according to the curriculum, allowing students to easily and selectively install them on their own BYOD. The environments were used in several classes, and it has been confirmed that they could be smoothly implemented without interfering with the progress of the class. Furthermore, we considered the programming exercise support environment from both students' and teachers' perspectives.

研究分野：プログラミング教育

キーワード：プログラミング教育 BYOD プログラミング演習環境 セルフビルド

## 1. 研究開始当初の背景

BYOD (Bring Your Own Device) は、企業において従業員が個人で所有するノート PC などの機器を持ち込んで業務を遂行する形態である。個人が所有するノート PC の性能が向上し、設備投資に対するコストの削減や従業員の機器に対する使用性向上などが見込めるため、広く普及しつつある。教育の現場においても、BYOD が推進されており、和歌山大学 (研究代表者が研究開始当初に所属していた大学) においても、2017 年度から順次 BYOD 化が進められていた。BYOD に対応するため、Moodle などのウェブ技術に基づく学習支援ツールの導入や、学内の無線ネットワーク設備の増強が行われ、2019 年度にはデスクトップ PC を並べた情報系演習室は一部の部屋を残してその大半が姿を消した。

BYOD において問題となるのは、学習者が使用する演習環境 (PC 上のアプリケーションなど) の設定である。従前の、情報センターなどの組織が管理する統一された仕様のデスクトップ PC を並べた情報系演習室の形態であれば、それらの PC に必要なアプリケーションをインストールし設定を施すことが事前に行えるため、学習者は環境の整備について特に意識する必要がない。また、一斉に設定を実施するソリューションを活用して、統一的な環境を容易に提供することができた。一方 BYOD では、学習者が持参する PC はそれぞれ仕様が異なるため、従来の演習環境とは異なる支援が必要である。

BYOD を用いた情報処理教育・プログラミング教育は、単に情報系演習室に用意されたデスクトップ PC を、学習者自身が持参したモバイル機器に置き換えるというものではない。あらかじめ用意された (プレファブリックの) 環境から、自分で構築する (セルフビルドの) 環境へと変化することで、自身が使用する環境を理解し、必要に応じにカスタマイズできる能力が必要になる。一方で、各自のモバイル機器を設定する作業、不具合を修正する作業が、本来の学習の障壁となるようなことがあっては、本末転倒である。そこで、各自のモバイル機器を自分自身で管理するというマインドを育成しつつ、授業の本質を阻害することのない演習環境の提供を目指す。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、BYOD を利用した情報処理教育において、どんな演習環境を提供することが適切かを明らかにすることである。

これまでに、RDS (Remote Desktop Service) や VDI (Virtual Desktop Infrastructure) などのデスクトップ仮想化技術を用いて、学習者が持参した機器からクラウド上の仮想環境にアクセスさせることで演習環境を統一する事例がある。研究代表者も、情報系の大学院生を対象とした授業において、Windows のリモートデスクトップ機能による DaaS (Desktop as a Service) を利用した演習環境の統一を行ったことがある。演習環境の統一が容易になる、利用状況の統計情報が把握できるなどのメリットの一方で、個人のノート PC の計算リソースはほとんど活用されずにクラウド上の計算リソースが大量に必要なことや、ネットワークの遅延による演習への影響の対策に労力を費やすなどのデメリットがあった。また、情報系大学院生は、各自のモバイル機器を自身で管理するというマインドをすでに有しているため問題ないが、機器を持ち始めたばかりの学習者にとっては管理の知識は身に付きにくいというデメリットもある。

本研究が対象とするのは、主に大学における情報リテラシー教育やプログラミング教育である。これらの科目は、従来は情報系学生のための基礎として実施されることが多かったが、最近では一般教養として広く情報系に限らない学生も対象として実施されるようになってきている。例えば特定のプログラミング言語のコンパイラなどのアプリケーション開発環境は、将来の進路として情報系を志望する学生にとっては個人のノート PC にインストールして環境を整えることに意味があるが、そうではない大半の学生にとっては、単なる学習のための環境に過ぎない。そのようなものをインストールさせ、設定を管理させることは、教育の本質ではないと考えられる。本研究では、教養教育としての側面も持つ情報リテラシーやプログラミング教育において、BYOD を活用した適切な演習環境を構築するとともに、その上での指導支援環境について考察する。

## 3. 研究の方法

上記の目的を達成するための本研究の実施方法は次の通りである。まず、BYOD を用いた複数の授業を対象に、その内容に合わせた演習環境を構築する。今回は主に大学 1~3 年次におけるプログラミングの演習を含む授業を対象としている。次に、それらの演習環境を実際の授業において使用する。導入手順を説明した資料を用意し、各授業の受講生が持参した BYOD に演習環境を受講者自身で導入できるようにする。また、演習環境を利用した受講生を対象にアンケート調査を行い、環境導入時や使用時の問題の有無などについて検証する。最後に、BYOD を活用したプログラミング学習支援のための環境について、さまざまなプログラミング言語を対象に検討する。

## 4. 研究成果

本研究で得られた研究成果は以下の通りである。

## (1) カリキュラムに応じたプログラミング演習環境の構築

和歌山大学システム工学部における BYOD を用いた複数の授業を対象として想定した演習環境を構築した。対象としたのは、1 年次の「情報処理 II」、2 年次の「基礎プログラミング演習」および「プログラム設計技法」、3 年次の「社会情報学セミナー」である。それぞれの授業において扱うプログラミング言語が異なり、また内容に応じて使用するツールも異なる。また、一部の受講者は、上記科目のうちの複数を受講する。さらに、上記に含まれない他の授業においても、必要に応じてさまざまなアプリケーションがインストールされるため、これらとできるだけ相互に干渉しないことが重要である。そこで、ZIP 形式で圧縮されたファイル群を、BYOD 上に展開するだけで使用できるポータブルな環境とすることにした。授業の初回等に ZIP 形式のファイルを配付し、受講者自身が BYOD 上に展開することで使用可能になるとともに、他のインストールされたアプリケーション等と独立に動作して相互に影響を与えず、トラブル時には単に展開したファイル群を削除してもう一度展開しなおせば容易に復旧可能である。

### 情報処理 II (1 年次, C 言語)

大学 1 年次生を対象とした C 言語の基礎を学習するプログラミング演習科目である。従来は、情報系演習室に導入された Linux の環境を用いて実施されていたが、BYOD を活用することとなり、Windows 上に C コンパイラ (MinGW-W64 GCC-8.1.0) を導入して実施することとした。CLI によるコンパイルや実行の実現には環境変数の設定などが必要であるが、初学者にとっては煩雑な作業であり、誤った設定をした際に復旧が困難なため、これらを設定したコマンドプロンプト (実際には設定のためのバッチファイルを実行するようにしたショートカット) も用意した。

### 基礎プログラミング演習 (2 年次, Java)

大学 2 年次生を対象としたプログラミングの基礎を学習する科目であり、使用言語は Java である。当初は OpenJDK の 1 つである AdoptOpenJDK 11 を使用した (その後 Adoptium OpenJDK 17)。情報処理 II における CLI 環境と同様に、環境変数などを設定するためのバッチファイルを用意し、学習者はショートカットからコマンドプロンプトを実行するだけで、コンパイラや Java 仮想マシンが利用できる。

### プログラム設計技法 (2 年次, 統合開発環境)

基礎プログラミング演習に引き続いて学ぶ、Java を対象とした科目である。この授業では、JDK に加えて統合開発環境 (Eclipse) を利用したプログラミングを学習するため、Eclipse や必要なプラグインを設定した環境を用意した。同様の環境として Pleiades All in One Eclipse などが存在するが、演習に不要なプラグインなども大量に含まれており、サイズが非常に大きい (1.6GB 程度)。本演習に用意した環境の配付サイズは 500MB 弱である。

### 社会情報学セミナー (3 年次, Git)

大学 3 年次生を対象とした演習であり、ソフトウェア開発手法の一部として版管理などを学習する科目である。プログラム設計技法で使用した Java の開発環境に加えて、版管理ツールの一つである Git を使用する。この授業では、プログラム設計技法の環境に、PortableGit を学習者自身がインストールして利用することとした。配付した環境と、既存の環境が独立に動作することを確認するためである。

それぞれの授業ごとに独立に用意していた環境は、最終的には一つの環境にまとめた。その構築方法については GitHub ([https://github.com/fukuyasu/portable\\_progenv](https://github.com/fukuyasu/portable_progenv)) で公開している。まとめる際には、授業に合わせて一部だけを配付できるようにするとともに、既存の環境に上書きすることで、これらの環境を使用した授業間でシームレスに環境をアップデートできるようにした。また、PortableGit を別途インストールすることを想定した環境に加えて、配付する環境に追加したのも用意した。配付用のファイルサイズは以下の通りである。

- C 言語開発環境 : 130MB (展開後 436MB)
- Java 開発環境 : 176MB (展開後 299MB)
- Java 開発環境 + Eclipse : 490MB (展開後 670MB)
- C 言語開発環境 + Java 開発環境 + Eclipse + Git : 643MB (展開後 1.13GB)

## (2) 実際の授業におけるプログラミング演習環境の使用

和歌山大学システム工学部の複数の授業において、実際に構築した演習環境を使用した。図 1 に、1 年次生を対象に C 言語の演習を実施する「情報処理 II」において提示した授業資料の一部を示す。受講生は、提示された資料と口頭による説明に基づいて各自で演習環境の導入を自身の BYOD に行った。この授業では 5 クラス計約 300 名の受講生が導入を行ったが、授業の進行を妨げるような大きなトラブルは確認されなかった。その他の授業 (基礎プログラミング演習、プログラム設計技法、社会情報学セミナー等) においても、同じように演習環境の配付と受講生自身による導入を行った。

なお、2020 年度に実施した基礎プログラミング演習は、COVID-19 の影響により対面形式での授業が一切できない状況下での最初の演習の一つであったが、そのような状況においても動画による説明に基づいて受講生自身により円滑に環境の導入を行うことができた。2019 年度の研



図 1 演習環境の配付と受講生自身による導入のための授業資料 (画像の一部を修正)

究当初(コロナ禍前)の時点においては、遠隔形式(オンライン)での実施を想定したものはなかったが、コロナ禍においても BYOD を最大限に活用した演習によって学びを止めることなくオンラインにより授業を進められることが確認できた。

### (3) アンケート調査

和歌山大学システム工学部において BYOD を用いてプログラミングを学習している 3 年次生に対して、各自の BYOD の利用状況に関するアンケートを行い、70 名から回答を得た。

3 年次までのさまざまな授業において、複数のアプリケーションのインストールが指示されており、ディスク使用量の中央値は 169.5GB であった。これらの学生の BYOD のディスク容量は大半が 200 ~ 250GB 程度であり、使用率が 90% を超える学生も 10 名存在した。複数の授業で同じようなアプリケーションのインストールを指示している事例も見受けられ、授業で利用する環境をコンパクトにすることや、複数の授業で環境を共有することが必要である。先にも示した通り、本研究で作成した開発環境は数百 MB 程度から最大でも 1.13GB であり、BYOD のディスク容量への影響は少ないものと考えられる。

また、本研究で作成した開発環境の利用者は 65 名であり、内 27 名は複数の授業にまたがって開発環境を更新していた。なお、更新において演習に影響を及ぼすようなトラブルは確認されなかった。

### (4) プログラミング学習支援のための環境の検討

プログラミング学習支援のための環境について、学習者および指導者の側面からそれぞれ検討を行った。

初学者によるプログラミング学習の方法の一つとして写経型学習がある。これは、サンプルプログラムを模倣して入力し、その実行結果を確認することで学習を進める方法であるが、初学者によるサンプルプログラムの模倣においては、さまざまな要因によるつまづきも発生する。そこで、編集制限を段階的に設定することで、タイプミスによるコンパイルエラーを未然に防ぎ、学習対象となる構文要素とそれによって制御される中身との違いを表現する手法を提案した。

また、一般的なプログラミング言語とは異なる、SQL プログラミングの学習支援についても検討した。データベース操作のための SQL プログラミングにおいては、「選択」「射影」「結合」の概念を理解し、これらを自在に組み合わせることが重要である。一方、脱出ゲームを活用した教育手法が注目されているが、「選択」「射影」「結合」を組み合わせることで次のステージへのカギを取得することでこれらの概念の学習を目指す手法を検討した。

さらに、指導者の側面からは学習者の活動状況の把握支援として、テスト自動生成技術を活用した手法を検討した。プログラミング教育において、ソフトウェアテストを用いて学習者の成果物を評価することで、動作確認の自動化などの利点があるが、一方で、学習者個々の独自仕様や機能拡張といった工夫の検出は難しい。そこで、学習者間の機能差を自動検出する手法を検討した。具体的には、学習者のプログラムに対してテスト自動生成を適用し、生成されたテストを他の学習者のプログラムに対して相互に実行する。テスト実行時の経路情報に基づいてテストをクラスタリングすることで、機能差を検出することのできるテストの集合を得る。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4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 柿花敦志, 満田成紀, 福安直樹	4. 巻 rePiT 2022
2. 論文標題 写経型プログラミング学習におけるつまづきを減らす学習支援環境の提案	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 第8回実践的IT教育シンポジウム ( rePiT 2022 ) 論文集	6. 最初と最後の頁 pp.29-34
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 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 福安直樹, 伊藤淳子, 伊原彰紀, 首我真人, 満田成紀
2. 発表標題 遠隔レビューによるプログラミング演習授業の実践
3. 学会等名 日本ソフトウェア科学会 第38回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 常次梓馬, 福安直樹, 水谷泰治
2. 発表標題 脱出ゲームを用いたSQLプログラミング学習教材の検討
3. 学会等名 ソフトウェア工学の基礎ワークショップF0SE2023
4. 発表年 2023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
---------	---------