

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K02880

研究課題名(和文) 大学における非専門学生向けプログラミング教育のカリキュラム開発

研究課題名(英文) Development of Programming Curriculum for Non-IT Major Students in University

研究代表者

喜多 一 (Kita, Hajime)

京都大学・国際高等教育院・教授

研究者番号：20195241

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：本課題では非専門家向けに主体的にプログラミングできる能力を獲得させる学習カリキュラムの必要性に着目し、京都大学での全学共通科目「プログラミング演習(Python)」を実践の場として研究を進めてきた。2021年度には前年度までの経験に基づき単元の取り扱い順序を調整と教科書の改訂を行った。また、日本語を扱うプログラミングでの文字に起因する問題を軽減するためにプログラミング教育用のフォントを開発した。さらに Web 会議システムによる実演動画を収録し動的なメディアで教科書を補完することも試みた。研究成果のうち開発した教科書とフォントは京都大学の学術情報リポジトリ KURENAI で公開している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では大学での情報系の学部、学科などに所属しない学生が主体的にプログラミングできる能力を獲得するための学習カリキュラムを2単位の演習科目として開発するとともに、日本語を含むプログラミングでの躓きを軽減するフォントとそれをを用いた教科書を開発した。扱う単元やその編成と教科書は多様な学部所属する大学1年生を想定し、学習動機の喚起や自学自習の際の躓きに配慮して開発されたもので、初等中等教育～大学の一般教育など必修性が高い一方で学習時間の制約から高い目標設定の困難なプログラミング教育や時間をかけて体系的に学ぶ情報系の専門教育では応えられない社会的な必要性に合致したもので社会的意義は高い。

研究成果の概要(英文)：In this study, the researcher focused on the necessity of a learning curriculum that enables non-IT major students to proactively acquire programming skills. The research was conducted using "Programming Exercises (Python)," a course in the general education program at Kyoto University, as the practical setting. In the 2021 academic year, based on the experiences of previous years, the order of the subject units and the textbook were revised. Additionally, to reduce the difficulties caused by Japanese characters in programming, a font specifically for programming education was developed. The researcher also attempted to supplement the textbook with dynamic media by recording demonstration videos shown in the class via a web conferencing system. Among the research results, the developed textbook and font have been made publicly available in Kyoto University's research information repository, KURENAI.

研究分野：情報教育

キーワード：プログラミング教育 反転授業 Python プログラミング養育用フォント

1. 研究開始当初の背景

近年、プログラミング教育は学習指導要領の改訂に伴い小学校から高等学校までカリキュラムが整備され、また大学の一般・教養教育として行われる情報教育の中でも取り扱われることが多い。しかしながらこれらを全体を通じて必修性の高い科目では学習時間の制限もあり、学習目的もプログラミングの体験やそれを通じた思考法の理解に留まらざるを得ない。一方、専門家の養成は情報系の学部、学科で時間をかけて体系的に行われる。これらの中間に位置する学習ニーズとして、非専門家向けに本格的にプログラミングを学んでもらう学習プログラムがある。このような学習プログラムは社会的な必要性にも関わらず検討が進んでおらず、学習カリキュラムの開発が求められていることが本課題の背景である。

2. 研究の目的

本課題では非専門家向けのプログラミング教育の機会として、大学の一般・教養教育の選択科目として実施されるプログラミング科目を想定してそのカリキュラム開発を行う。このような科目では、一方でプログラミング経験の少ない初学者を対象とする点では一般教育としての情報教育で取り上げるプログラミング教育と問題を共有している。他方で高度ではないものの限られた学習時間の中で自立したプログラミング能力を獲得させるという点では限られた時間数でプログラミングの体験などを扱う科目とは学習目標が大きく異なっている。これは専門教育の目標に近いが、時間をかけて体系的に行われる専門教育とは異なり限られた学習時間の中で能力を身に付けられるように取り扱う内容厳選して編成する必要がある。

本研究では京都大学で教養共通教育の2単位の演習科目として実施されている「プログラミング演習(Python)」を実践の場とした。この科目は多様な学部、学年の学生が選択科目として履修可能な科目であり、実際、プログラミングの経験の乏しい文科系学部を含む1年生が多く履修している。本研究はそこでの授業計画と教科書を開発を通じて実際の科目設計の参照モデルを提供することを目的として実施した。

3. 研究の方法

京都大学では2016年度からの教養共通教育の改革の一環として2018年度より教養共通教育の2単位の選択科目「プログラミング演習(Python)」を後期に開講し、文科系を含むすべての学部・学年の学生の受講を可能にしている。この科目では実際のプログラミング能力の獲得を目的に掲げており、単にプログラミング言語を紹介するだけでなく、初学者が出会うプログラムのエラーとそれへの対応の明示的な体験、プログラムのフレームワークとしてイベント駆動の考え方やそこでもユーザインターフェイスと計算対象モデルの分離、具体的な要求仕様からプログラムを設計し、段階的なコーディングとテストを通じてプログラムを完成させるプロセスなども学習内容として組み込んでいる。

本課題の研究代表者は同科目の開講当初より科目設計と実施を担当している。2018年度の実施を踏まえ2019年度には同科目用の教科書を作成、公開した。またコロナ禍でオンライン授業を余儀なくされた2020年度には同科目をWeb会議システムを用いた同時双方向型のオンライン授業として実施した。

本課題では同科目の実施経験を踏まえ2021年度～2023年度の授業機会を実践の場として、以下の4点に配慮した科目設計の改善と教材開発を行った。

1) 大学設置基準が想定している授業時間外学習の実質化に向けたプログラミング教育に適した反転授業の構成、2) 多様な学部の主に1年生が履修する科目での学習動機の維持と成果の可視化のための段階的目標設定と形成的評価、3) プログラミング言語だけではないプログラミングに関する知識・スキルの明示化、4) 多様なメディアを活用した教材開発。

具体的には1)については、本科目では2019年度に開発した教科書を用いて毎週の授業時間外の課題として、教科書掲載のプログラムを作成、実行してくるという躓きの生じにくい予習を課し、それを用いて授業内で指示に従ってプログラムを改変することを教員の即時の支援のもとで求める反転授業型の運用を進めてきた。これにも関連し2)については、これらの課題はすべてLMSで提出させ、原則、次週の授業までに必要に応じてコメントをつけて採点、返却を行っている。これにより学生の学習について形成的評価を行うとともに、教員も学生の学習上の躓きなどをモニタリングしている。また、単元の進行と並行して、学生には時間をかけて取り組む自由課題も課しており、学生の履修動機や興味関心を把握するとともに、学生自身による主体的な学習に必要な支援の参考としている。さらに3)についてはGUIフレームワークやプログラムの設計プロセスなどを単元に組み込むとともに、自由課題でこれらを主体的に体験できる機会としている。本課題では、このような実践の中で、学生の学習における躓きを軽減し、学習目的を達成するために、取り上げる単元やその編成の改善、自学自習に配慮した教科書の改善と公開などを行う。これに加え、4)については、日本語を用いるプログラミングにおける躓きと学習環境として用いられるWindowsとmacOSでの文字コードの扱いの相違の吸収を図ることを目的としたフォント開発ならびに留学生の学習を支援するための教科書の英訳などとも

に動画教材の利用の検討を行った。

4. 研究成果

本研究の成果として、2021 年度には前年度までの受講生の課題の提出状況と Python という言語の特性に配慮して取り扱う単元の順序を変更した。具体的にはこれまで、複数のデータを一括して取り扱う「リスト」の単元を授業の後半で扱っていたが、むしろ初期の段階で扱うことにより、制御構造として扱う繰り返し文の中で操作対象としてリストを扱うことが自然に行えるようになった。これに加えて、科目の中盤で扱う Turtle グラフィクスや tkinter を用いた GUI プログラミングなどはコードが長くなりがちで難しさを感じやすいという学生からの意見があり、課題の提出状況からもそれがうかがえたが、順序変更により該当単元までの準備期間を長くとることができるという利点もあり授業の実施がより円滑になった。これは教科書の改訂と英訳にも反映させている。

これに加えて、それまで 2 回課していた自由課題に追加する形で、その前段階として主な文法的事項の学習後の力試しとして、数値計算課題でのエラー処理や対話的な計算手順の作成、収束計算を用いた数値計算の他の具体例への取り組み、2 重の for ループの具体的な適用事例を示しての学習などからなる選択式の演習課題を開発した。これについては 2022 年度の授業に組み込むとともに、2023 年度版の教科書に収録した。

さらに日本語を用いるプログラミング教育では、いわゆる全角文字と半角文字の混同が文法エラーを招くだけでなく、プログラミング上重要な意味を持つ記号の字形が Windows と macOS で異なること、空白による字下げがプログラムのブロック表記に使われる Python において、教科書として採用している pdf 形式が連続する空白の文字数情報を保持しないという問題、学生が混同しやすい文字について学生の背後から画面を見て指導する教員にとっての視認性の改善などを要求仕様にフォント k2pfe を京都市立芸術大学と共同で開発した。これを教科書でのソースコードの記述に用いるとともに学生の学習環境に導入してもらった。これにより Python を学ぶ学生の側で生じる全角文字、半角文字の混同や字下げにともなうブロックのエラーなどの問題が軽減された。

また、本科目の導入部分では平方根を近似計算する例題を使っている。これは高校からの数学的な知識の接続と近似値と繰り返し計算で求める数値計算技法の体験との両方を勘案して選択した例題であるが、オンラインで本教科書をダウンロードして利用している複数の方から、学習者はこの例題に難しさを感じることもある、との意見が寄せられた。そこで 2023 年度版の教科書では平方根が身近にあることなどを示し、唐突な導入とならないように記載を工夫した。

動画教材については、Web 会議システムを用いた授業の録画や自習用に授業では取り扱わない内容の自習用動画を作成した。これはプログラムを書いて実行するという行為も、実際のプログラムの実行状況も動的なプロセスである一方で、PDF 形式の教科書は静的なメディアであることからうまく伝わらない事項が散見されたことによるものであり、これについて動的なメディアで補完する試みである。具体例としてコード作成から実行までのプロセスなど学生が初期段階で躓きやすい箇所について動画を併用することにより適切な指導ができた。

これらの研究成果の内、作成された教科書の 2021 年度版、2023 年度版については、自由利用を促進するためクリエイティブコモンズライセンスを付与して、京都大学の学術情報リポジトリ KURENAI で公開している。(2021 年度版和文 <http://hdl.handle.net/2433/265459>、同英文 <http://hdl.handle.net/2433/265460>、

2023 年度版和文 <http://hdl.handle.net/2433/285599>、同英文：
<http://hdl.handle.net/2433/285600>)

またプログラミング教育用フォント k2pfe については 2023 年度版の教科書に添えて同じく京都大学の学術情報リポジトリ KURENAI で公開している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Hajime Kita, Yoshitaka Morimura and Masako Okamoto
2. 発表標題 Design and Practice of an Elective Python Programming Course in General Education
3. 学会等名 IFIP WCCE 2022（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 喜多 一, 森村吉貴, 岡本雅子
2. 発表標題 自学自習に配慮したPython プログラミング教科書の開発
3. 学会等名 大学 ICT 推進協議会 2023 年度年次大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

教科書 プログラミング演習 Python 2021 年度版（和英） http://hdl.handle.net/2433/265459 http://hdl.handle.net/2433/265460 教科書 プログラミング演習 Python 2023 年度版（和英） http://hdl.handle.net/2433/285599 http://hdl.handle.net/2433/285600
--

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