



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Moodle上で動作するプログラミング学習環境とウェブ会議システムを併用した対面風オンライン授業の実践とその可能性
Author(s)	布施, 泉; Fuse, Izumi
Citation	高等教育ジャーナル : 高等教育と生涯学習, 29, 113-120
Issue Date	2022-03
DOI	https://doi.org/10.14943/J.HighEdu.29.113
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/84356
Type	departmental bulletin paper
File Information	HighEdu_29_113.pdf



Practice and Possibilities of Online Lessons that Mimic Face-to-Face Formats Using Moodle's Programming Learning Environment and Web Conferencing System

Izumi Fuse*

Information Initiative Center, Hokkaido University

Institute for the Advancement for Higher Education, Hokkaido University

Moodle 上で動作するプログラミング学習環境と ウェブ会議システムを併用した 対面風オンライン授業の実践とその可能性

布施 泉**

北海道大学情報基盤センター

北海道大学高等教育推進機構

Abstract — In this paper, we report on the practice of effective online lessons using the learner's program execution history and the web conferencing system. Online lessons aimed at completing tasks for a particular group of learners were performed using a web conferencing system. The teacher's materials were presented to learners. Learners were able to ask questions at any time. It was shown that the teacher could grasp the learner's condition and provide appropriate support by checking the learner's program execution history. In addition, it was shown that the lack of understanding of learners could be effectively pointed out even in a short time by providing opportunities for individual guidance using the web conferencing system. Compared to face-to-face lessons, online lessons in programming based on the execution history of the program can be effective while making clear the understanding status of the learners.

(Accepted on 4 January 2022)

1. はじめに

新型コロナウイルス感染症の拡大を一つの契機と

して、学校教育における教育のデジタル化が急速に進展している。2021年9月に発足したデジタル庁は、総務省、文部科学省、経済産業省とともに、2021

*) Correspondence: Information Initiative Center, Hokkaido University, Sapporo 060-0811, Japan
E-mail: ifuse@iic.hokudai.ac.jp

***) 連絡先：060-0811 札幌市北区北11条西5丁目 北海道大学情報基盤センター

年末現在、教育データ利活用にむけたロードマップの策定を行っている(デジタル庁 2021)。そこでは、教育のデジタル化のミッションを「誰もが、いつでもどこからでも、だれとでも、自分らしく学べる社会」と掲げ、そのためのデータの①スコープ(範囲)、②品質、③組み合わせ、の充実・拡大により、教育の質を向上させることを目指している。どのようなデータをどのように標準化し、どのようなルールで、どのように活用していくかが求められていると言える。

実際の大学の教育現場では、コロナ禍の中で、オンライン授業を行う他に、対面授業とオンライン授業を組み合わせたハイブリッド型、対面授業かオンライン授業かを学習者が選択可能なハイフレックス型の授業など、授業実施の工夫が様々になされている。このようなオンラインを用いた授業形態の多様化に加え、近年の大学教育においては、受動的な講義型授業ではなく、アクティブ・ラーニングによる主体的・対話的な深い学びが求められている。

大学教育に求められているこれらの動きは、多様な学習者に対し、前述した教育のデジタル化のミッションである「誰もが、いつでもどこからでも、だれとでも、自分らしく学べる社会」の実現に通じるものであるとも言える。

著者が行っている大学の一般教育としてのプログラミング教育では、独自の Moodle プラグインを用いて授業を行っている。オンラインでの実施にも適用でき、また様々な学習者の履歴を確認することで、学習者のアクティブ・ラーニングを支援する学習環境にも対応していると考えている。学習者のプログラムの編集・実行履歴の他、ウェブ会議システムを用いることで、実際の学習者と対話可能な状況で授業を行うことが可能である。

本稿では、プログラミング教育における学習者のコード編集・実行履歴を利用した対面風のオンライン授業の実施と学習者に個別対応した指導の可能性について報告する。また、どのような履歴が学習者の状況把握に役立つかについて論ずる。

第2章では、著者が授業で用いている Moodle 上で動作する独自のプログラミング学習環境について機能の概要を紹介する。第3章では、ウェブ会議システムを用いた授業実施手順と学習者個別への対応

内容を示すとともに、対面風授業の実施時における学習者の状況把握方法と学習者への対応状況を紹介する。第4章で、本プログラミング環境とウェブ会議システムの併用による効果的な授業実施の可能性と有益な履歴情報について考察し、第5章でまとめを行う。

2. Moodle 上で動作するプログラミング学習環境

著者らの開発したプログラミング環境の詳細は、先行研究を参照されたい(布施 2021, 布施ほか 2018)。学習支援システムの一つである Moodle のプラグインとして開発をしており、Moodle コースの権限に応じた管理ができる。2022年1月現在で対応可能なプログラミング言語は、Ruby, Python, JavaScript である。本システムでは、Moodle コースで教師権限を有する利用者(授業のティーチングアシスタント(TA)を含む)が、学習者の以下のような各種履歴を確認する機能を有する。

【学習者の状況確認一覧に関する可視化機能】

- ・学習者の最新実行履歴の一覧
- ・複数の学習者(指定可能)を各行に並べ、指定時間帯、時間幅による色分けされた可視化ログ一覧(図1参照)

緑：実行および実行完了(エラーなし)

赤：実行エラー

(クリックで該当エラーコードへ遷移)

薄青：編集開始

橙：質問を投稿

黄：質問に回答

濃青：ファイル保存

紫：教師資料の閲覧

桃：ライブラリ閲覧

【学習者毎に確認可能な履歴】

- ・学習者毎の教授者による資料の取得数、閲覧数の確認：学習者による資料の取得数や閲覧状況等に問題があるか否かを確認できる。
- ・プログラムの実行履歴・実行回数：実行履歴はそ

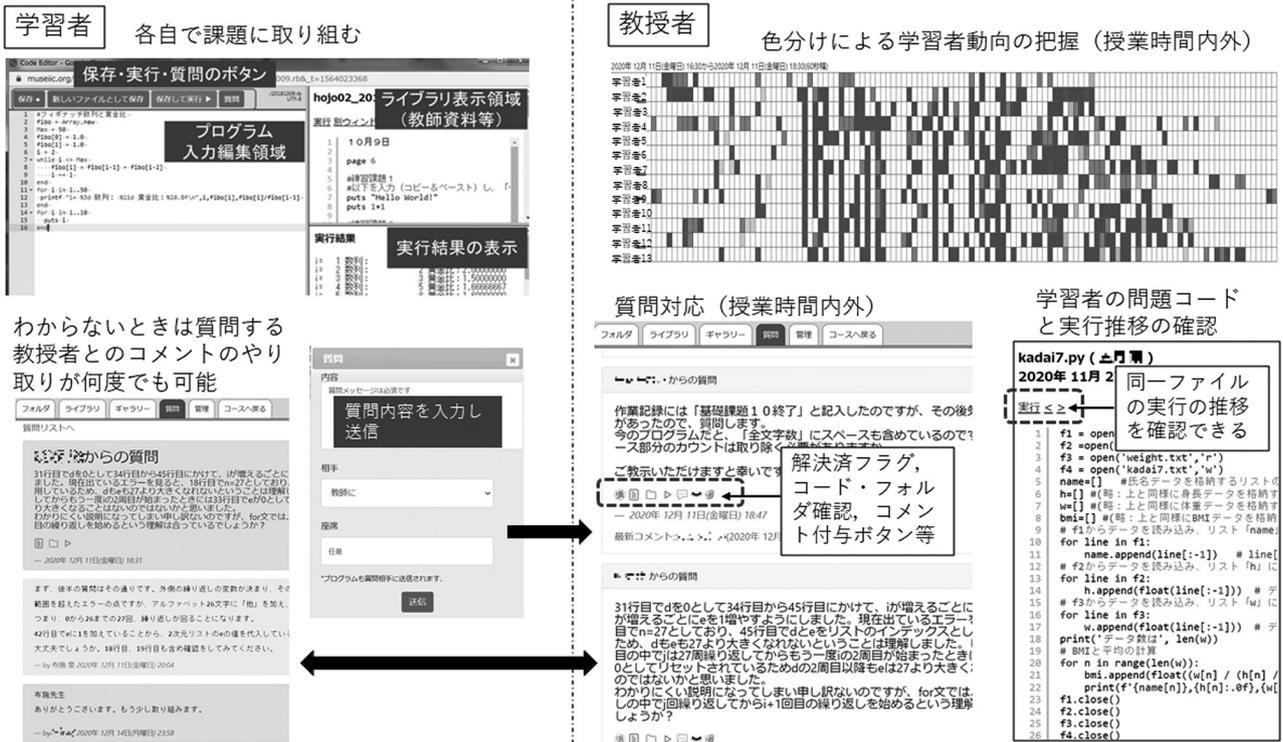


図 1. プログラミング学習環境を用いた学習者と教授者との授業実施状況の概略 (機能例の抜粋)

の時に実行したプログラムとともに教授者が実行して確認することが可能である。また、同一ファイル名であれば、実行ログの時間変化をワンクリックで追うことができる。

- プログラム実行時の各学習者のフォルダ内容の確認：例えば、ファイル入出力を用いたプログラムであれば、利用した入力ファイルや出力ファイルを確認することができる。

【学習者支援機能】

- 一画面上でのプログラムの編集・保存・実行：学習者は、一画面上でプログラムを編集・保存・実行できる (図 1 参照)。
- 一画面上での資料閲覧：学習者は、教授者等が提供する資料を各自のライブラリ領域に保存し、プログラム編集時に一画面上で参照することができる (図 1 参照)。
- プログラム編集・実行時の質問：学習者は、編集しているプログラムに関する質問をプログラム編集・保存・実行画面上で行うことができる (図 1 参照)。
- 質問回答機能：教授者は、前述の学習者の質問に対し、該当プログラムをワンクリックで参照でき、

同プログラムの前後の変更内容や実行内容を確認することができる。また、回答やコメントを付与できる。回答やコメントは、教授者と学習者の間で何度もやり取りが可能である。教授者の回答やコメントに対し学習者は再度質問ができる (図 1 参照)。

- 質問解決フラグ：教授者は質問一覧を表示でき、解決した質問には解決済みのフラグを付けることができる。

本システムを用いた授業における学習者と教授者の実施状況の概要を図 1 に示す。

3. ウェブ会議システムを用いたアクティブ・ラーニングの実践手法

3.1 ウェブ会議システムを用いた授業進行手順

著者らは、2020 年度と 2021 年度ともに、大学の一般教育としてのプログラミングの授業 (半期 2 単位) を、対面を使わずオンラインのみで行っている。スタッフは数名の教員と TA とで構成され、学習者

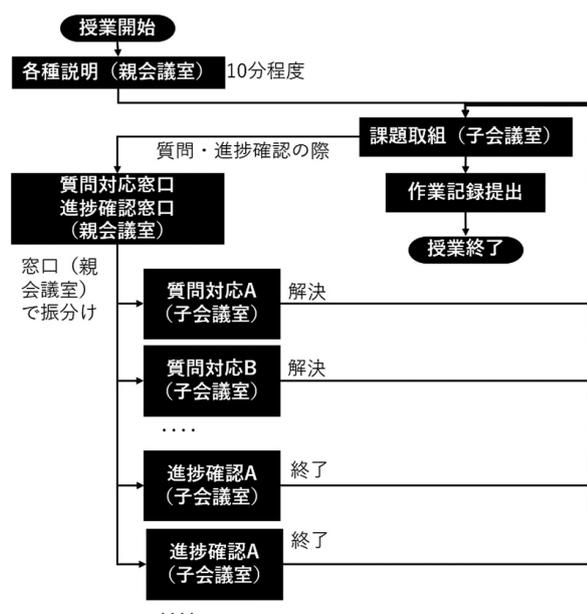


図2. ウェブ会議システムでの授業実施手順概略

は、概ね 100~120 名程度に限定している。学習者は、授業の開始時に指定されたウェブ会議システム (2020 年度は BigBlueButton, 2021 年度は Zoom を利用) にアクセスし、次の流れで授業に取り組む。

- ・授業開始時に各種説明 (10 分程度)
- ・自習用の子会議室に移動：説明後、特段の質問がない場合は、学習者は予め指示された自習用会議室に移動し、各自で課題を進める。
- ・進捗確認の実施：教授者が毎時間、順番を決めて一人 5 分程度の進捗確認を個別に行う。各学習者に対し、概ね 3-4 週に一度のペースで行い、半期で計 3 回の個別指導を行う。この進捗確認の時間が近づいたら、親会議室で待機し、TA の指示により子会議室に移動して教授者の指導を受ける。
- ・授業時の質問：質問がある場合は、随時、親会議室に学習者が訪れ質問をする。主に TA が質問対応を行う (状況に応じ、子会議室を用いる)。
- ・作業記録の提出：授業終了時に、学習者は用意された作業記録に、授業時に行った学習内容を記載して提出する。

この授業時の流れの概略を図 2 に示す。

本授業における課題は、プログラムの基本事項を学ぶための基礎課題と、テーマを決めて各自で取り組む応用課題から構成している。

基礎課題は、到達の目安を学習者に提示すると

もに、関連の補助資料を、プログラミング学習環境上に提供している。また基礎課題のプログラムは、全てプログラミング環境上で実施することを学習者に求めている。それにより、プログラムの実行履歴はすべてプログラミング環境上に蓄積されるため、教授者は、学習者の誤ったコードなどを確認することで、学習者の理解の程度を把握することも可能である。実際に、授業終了時に記述させる作業記録内容等を踏まえ、学習者の実行履歴を確認し、コメント等の支援を行うこともある。

3.2 対面風授業の実施と参加した学習者の動向

基礎課題は基本事項の内容で構成しているものの、既に学んだ複数の学習項目を組み合わせで解決することが必要な課題が含まれている。そのような課題は、学習者にとって比較的難易度が高い。比較的多くの学習者が困難を感じた課題では、授業時に補足説明を行う時間を設け、躓いた学習者のみを特定のウェブ会議システム上に集め、教授者による説明を行った。オンライン上にいる学習者は、その説明に沿ってプログラムを実際に作成し、実行させ、エラーが生じた際には手 (リアクションボタンにおける挙手等) や声を上げて支援を求めるといった対面授業で行っている形態と似た形で課題の実施を支援した。以下、このようなオンラインでの授業の実施形態を「対面風授業」と称する。

2020 年度、2021 年度ともに対面風授業を一回実施した。2020 年度は 12 月 11 日に行ったが、この時の学習者のプログラミング環境の利用状況とウェブ会議システムの画面例を図 3、図 4 に示す。図 3 は、授業時間における参加学生の履歴を可視化したものである。横軸は時間の流れで、一マスで 1 分を表す。縦軸は、各学習者に対応する。図 3 では、この補足説明時にウェブ会議システムを訪れた 13 名の学習者のみの状況を示している。便宜的に、以降では上から順に「学習者 1」から「学習者 13」と称する。図 3 では、プログラムのエラーなし実行 (緑) と実行エラー (赤) の区別をモノクロ上で視認できるように、○と×の文字を各枠上に重ねたものとした。

緑：実行および実行完了 (エラーなし) ○

赤：実行エラー ×

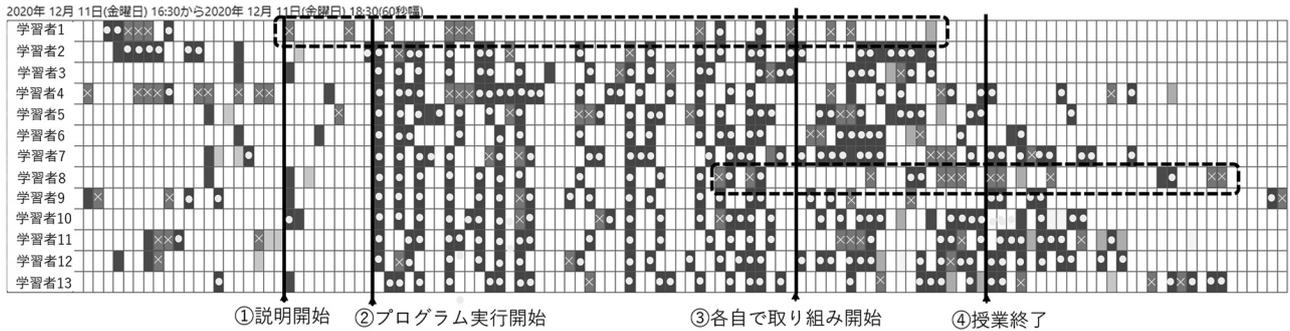


図3. 2020年度「対面風授業」実施時における参加者のプログラミング環境の利用状況の可視化

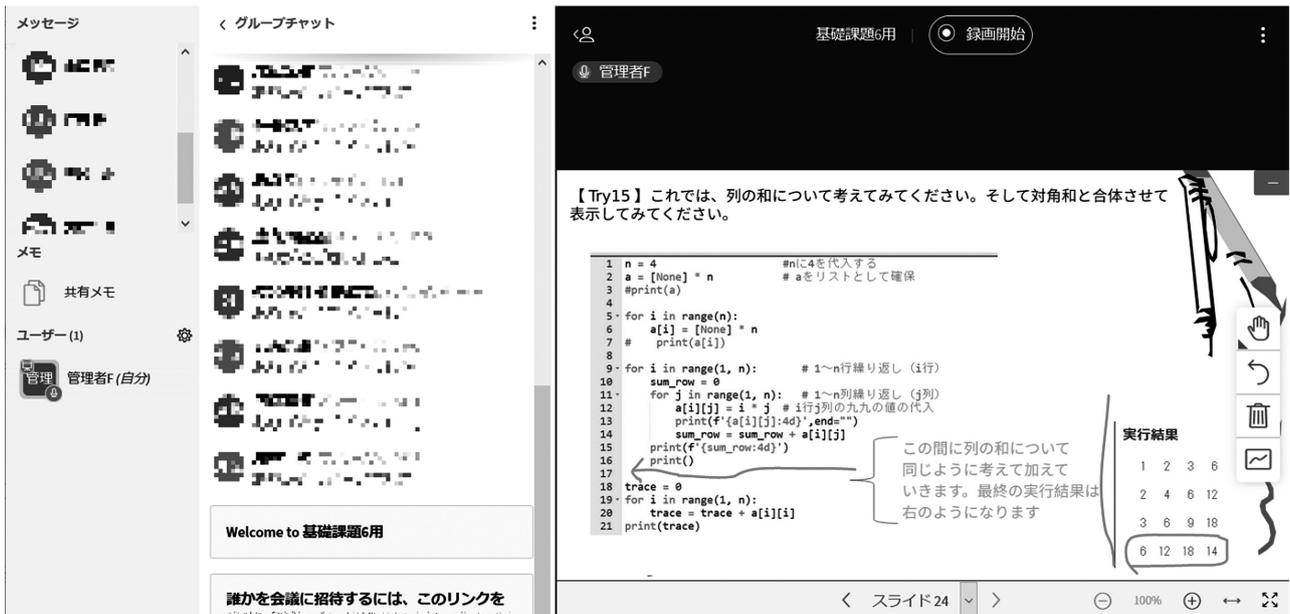


図4. 2020年度「対面風授業」におけるウェブ会議システムの使用例 (BigBlueButton を利用)

図4は、ウェブ会議システム上での説明状況を示す。説明の最中は、問題が生じた場合には都度、音声で質問を上げることが求めるとともに、各自で取り組む時間帯には、質問や完了の際にチャットで報告を行うように促した。補足を行った基礎課題と補足内容の概略は以下の通りである。

【課題】

(本課題の前に取り組んでいる) 九九の表のプログラム例を変更し、九九の表に1行・1列追加して、各行・各列の和と対角和も表示するプログラムを作成する。

つまり、この課題のポイントは以下の3点である

1. 二次元配列 (リスト) を作成し、各要素に九九の値を代入し、表の形で表示させるプログラム例 (ここで求めている九九の表のプログラム例

は既出) の内容変更

2. 各行の和、各列の和、対角和の計算
3. 元の九九の表への、各行、各列、対角の和の追加表示

本課題に対する学習者の困難のレベルは様々である。例えば以下のような困難が挙げられる。

- ・既出の九九の表を求めるプログラム例の内容をそもそも理解しておらず、変更箇所が分からない。
- ・二次元配列 (リスト) における各要素を用いた和の計算が行えない。
- ・行の和と列の和を混同する。
- ・対角和の計算ができない (すべての要素の和となっている等)。
- ・和は計算できるが、プログラムの表示の仕方 (print文の使い方) がわからず、意図した表を作ることができない。

このような困難レベルが異なる学習者に対する本課題の解決方法は一通りではない。学習者は既に課題に取り組んでおり、学習者によりプログラムの作成方法が異なっていることが予想される。

補足説明では、そもそも二次元配列（リスト）の理解が不十分な学習者への対応を優先することとし、学習者により、違う求め方をしていた場合にも、必ず教授者の説明に従って実際にプログラムを記述し、実行するように念を押した。

なお、本説明では九九そのものではなく、単純化した3×3の表を例としてあらわに和を計算し、その後、一般化する形で構成した。さらに、その和の結果を表として組み込む方法を具体的に示した上で、表示内容の書式を整えることとした。

学習者には、まずは具体的な内容を自分で考え、その後それを一般化する方向で考えていく方針を伝えた上で説明を開始した。

図3の利用状況を確認しながら参加した学習者のプログラム実行履歴との関係を考察する。まず、授業開始10分後に補足説明のためのウェブ会議システムに集合させた（「①説明開始」時刻）。その後10分程度、教授者による方針の説明を行ったうえで、個別の説明に従って学習者にプログラムを記述させ、実行を開始させた（「②プログラム実行開始」）。行の和と対角和の説明までは教授者が学習者と一緒にプログラムの説明を行い理解させたうえで、列の和については学習者個別に行わせた（「③各自で取り組み開始」）。その後、完成した場合や質問がある場合には、システムによる「質問」機能を使い、状況把握に努めた。図3に記載の「④授業終了」が授業終了時刻である。終了時刻までに完了しなかった学習者は、授業終了後も、概ね各自の区切りまで課題に取り組んでいた。

このように、教授者の説明とともに学習者が同じようにプログラムを作成し実行していくことを想定していることから、図3では、理想的には、同じタイミングの時刻で縦に実行フラグが並ぶはずである。しかし図3を参照すると、一番上の「学習者1」のみ、他の学習者と大きく別の行動をしていることが把握できる（図3の上側の破線内容が他学習者のパターンと明らかに異なる）。

授業終了後、学習者1のプログラム内容と実行状

況を確認したところ、教授者とは別の方法で事前にプログラムに取り組んでおり、そのプログラムの完成に固執していたことがわかった。この場合、補足説明時の教授者の説明は、きちんと聞こうとしているのではなく、役に立つヒントがもしあれば使おうと考えていたことが推察される。結果的に、学習者の誤りは改善せず、図3の「③各自の取り組み」に入る直前頃に教授者の説明内容に合流したが、説明の理解が不十分なために、授業時間内に課題解決に至らなかった。学習者には（ページ指定の上）補足資料の内容を確認するように連絡し、最終的に解決に至った。

次に学習者8の履歴に注目する（図3の下側の破線）。「③各自で取り組み」開始前に少々のプログラムエラーを出していた。各自での取り組みでは、思考時間が長く、かつプログラムエラーが頻発している。エラーの内容は、変数の初期化がなされていない、括弧やコロンが足りない、等の単純なものであり、基本的なプログラムの構文が理解されていないことが見受けられる。本学習者に対しても、エラーの原因を伝えるとともに、授業資料をもう一度確認するように促し、最終的に解決に至った。

この他、対面風授業時には音声が発しなかった学習者についても、実行履歴や作業記録、課題提出内容を確認した上で問題が生じていることが確認されたことから、適宜コメントを行うことで効果的な支援を行えることを確認した。

2020年度の授業後の個別対応状況を鑑み、2021年度の対面風授業では、TAに学習者の実行履歴一覧の可視化を継続的に行ってもらい、問題が起こった学習者の支援を対面風授業時にすぐに行えるように対処した。

3.3 進捗確認による学習者への個別対応

対面授業を行っていた2019年度までは、PC教室で一般教育としてのプログラミング教育の授業を行っていた。質問は主に学習者の挙手等の能動的アクションにより対応するため、一部の学習者のみが教授者を専有する事象も発生することがある。このような学習環境では、各学習者のプログラムの編集・実行状況はそもそも詳細に確認することはでき

ない。各学習者のプログラム内容を確認するには、学習者の PC 画面をのぞき込むしかなかった。オンライン授業を行うに際し、このような状況は顕著に改善している。

学習者の実行した履歴内容を確認できることにより、質問を殆どしない学習者の状況も教授者は把握可能になった。そのため、各学習者に対し、教授者はコメントを効果的に行うことができる。このような状況を踏まえ、一人あたり 5 分程度の進捗確認の時間を作り、半期の授業の中で 3 回、個別対応を行う機会を作ることとした。初回の進捗確認は、教授者への質問がしやすくなるような導入とプログラミング環境の使い方の確認を目的とする。2 回目は、出席や課題の取り組み状況で気になる点があれば指摘するとともに、課題の提出内容でのエラーがあれば、その内容を具体的に指摘する。また、プログラム作成に滞っている場合には、実行履歴を予め確認しておき、適切なコメントを付与することを目的とする。3 回目は、応用課題に取り組んでいる学習者にはレポートについての補足説明や基礎課題の不備があればその確認と改善、基礎課題が未完の場合には、基礎課題完了に向けたコメントを付与している。

5 分という短い時間であり、また半期に 3 回に限られるが、プログラム内容と実行状況を学習者と教授者と共有し、かつウェブ会議システムの共有機能を利用することで、個別対応の時間を効果的に用いることができる。例えば、プログラムに不備がある学習者に対しては、当該プログラムをウェブ会議システムで画面共有させることができれば、そのプログラムの問題点を、教授者がペンを使って直接コメントを書きながら指導することができる。事前に学習者の実行履歴を確認し、学習者の到達レベルを鑑みて、個別にオーダーメイド可能な指導にできることが最大の長所であると考えられる。なお、学習者は、スマートフォンでウェブ会議システムに入り、PC でプログラミングを行っている場合があるが、その場合には、教授者側で当該学習者の問題プログラムを共有し、指導することも可能である。

4. 考察

本章では、本授業で用いたプログラミング環境とウェブ会議システムを併用することによる効果的な授業実施の可能性について検討し、その際に有益と考えられる履歴情報について考察する。

前章で述べた通り、本プログラミング環境上の各種利用履歴を確認することで、学習者に対し様々な学習支援を行うことが可能である。特に、複数の学習者に対して同時に指導する対面風の授業時においては、学習者毎の利用状況をその場で一覧可視化することで、他の学習者とは異質な利用状況である学習者がいた場合の検出が可能である。TA 等の支援者がつく授業の場合、このような可視化情報を用いて、学習者集団の理解状況を把握しながら、授業を実施することが可能になると考えられる (2021 年度は実際に TA に学習者のエラー状況を確認させ、適宜支援を行わせた)。

さらに学習者のプログラム実行時のエラーの履歴を用いた学習者の理解度把握を行うことができれば、より効果的にシステムを利用できる可能性がある。本プログラミング環境の管理機能として、学習者毎にプログラム実行回数等の一覧を表示することが可能であるが、プログラムのエラー回数の一覧はこれまで示していなかった。今後、各学習者プログラムの実行エラー数を表示させ、学習者毎のエラーリストを一覧表示できると学習者の状況把握に役立つ可能性がある。また、現状ではプログラムの実行履歴は、授業時間か否かで分離してはいない。今後、実行履歴を授業時間内外に分離する機能を付与することで、学習者の授業に対する取り組み状況を把握できる可能性があると考えられる。

本授業では個別指導と集団指導において、学習者の実行履歴を参照することによる効果的な授業実施の可能性について示したが、一般にプログラミングではグループによる協調活動を行い、グループとしての成果物を提出するような取り組みも行われている。2021 年度現在では、大学入学時におけるプログラミング経験者は少数であることから、一般教育としてのプログラミング教育では初学者を前提とした授業構成で行わざるを得ず、現状の授業構成ではグループ活動の実行は難しい。しかし、高等学校でプ

プログラミング教育が必修化される新学習指導要領を経た学習者が2025年度以降に大学に入学することとなっている。2025年度に向け、グループ活動を視野に入れたプログラミング学習環境と対応する履歴収集を検討することも今後の課題となる。Moodleを用いた本授業環境では、グループ活動を検討するに際し Moodle のグループ機能を利用した特定のグループメンバーによるプログラミングのコード共有と編集、コメント付与等の機能拡張が考えられる。今後検討していきたい。

5. まとめ

本稿では、国による教育のデジタル化のミッションを踏まえ、大学の一般教育としてのプログラミングの授業を例に、学習者のプログラムコードの編集と実行履歴を利用したオンライン授業の効果的な実施の可能性について報告した。著者が授業で用いている Moodle 上で動作する独自のプログラミング学習環境の各種実行履歴情報に加え、授業で利用するウェブ会議システムを併用することで、ある程度の人数の学習者に対し、オンライン上で「対面風授業」を効果的に実施可能であることを示した。当該授業時に学習者が行ったプログラムの実行履歴を随時確認できることから、授業中や授業後のフォローアップが容易であり、通常の対面授業以上の効果的な実施ができる可能性があることにも言及した。

さらに、学習者の実行ログを事前に確認することで、各学習者への短時間の個別指導を効果的に実施可能であることも報告した。このように学習者の学習データを利用することによる授業改善は十分に可

能であると考えられる。今後は、大量の実行エラーデータを用いての学習者の学修状況の把握と理解度の向上に向け、検討を進めていきたい。

なお、本報告で示したプログラミング学習環境とウェブ会議システムは、全く別のシステムであり、アカウント等が連携されているわけではない。第一章で、国として教育のデジタル化のミッションを達成させるために、データの①スコープ（範囲）、②品質、③組み合わせ、の充実・拡大の重要性が指摘されていることを示したが、そこでは別組織へのデータの授受を想定したデータ標準についての検討がなされている。その前にまず、本授業のように、一つの授業においても、複数のシステムを利用する場合を想定する必要があると考えられる。今後、このような複数のシステムにおけるアカウントのシームレスな連携についても検討していきたいと考えている。

参考文献

- デジタル庁 (2021), 「教育データ利活用ロードマップ」, <https://www.digital.go.jp/policies/posts/education/> (2022年2月21日閲覧)
- 布施泉 (2021), 「初学者を主対象とする大学の一般プログラミング教育のオンライン授業による実施」, 『高等教育ジャーナル—高等教育と生涯学習—』 28, 65-72
- 布施泉・中原敬広・岡部成玄 (2018), 「プログラムの相互利用と相互評価が可能な初学者用プログラミング授業支援環境の構築」, 『教育システム情報学会誌』 35 (2), 221-226