

# プログラミング授業のための Eclipse Che を用いた学習支援システムの検討

北 大地<sup>†</sup> 井上 潮<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 東京電機大学大学院 工学研究科 〒120-8551 東京都足立区千住旭町 5 番

<sup>‡</sup> 東京電機大学 工学部 〒120-8551 東京都足立区千住旭町 5 番

E-mail: <sup>†</sup> 21kmc04@ms.dendai.ac.jp, <sup>‡</sup> inoueu@mail.dendai.ac.jp

**あらまし** 多くの教育機関では、プログラミング技術の習得を目的としたプログラミング授業が行われ、学習内容の定着を目的とした復習課題を課すことが多い。一方で、プログラミングを苦手とする学生や理解度が十分でない学生にとって、そのような課題自体の難易度が高い場合もあり、すべての学生に学習内容を定着させることは難しい。本研究では、Eclipse Che を用いたプログラミング環境において、学生の課題への理解度を向上させるための情報を提供するシステムを提案する。具体的には、課題実施前に行うクイズ形式の復習、課題実施中に発生するエラー文表現の易化、学習を通じて得られる称号の表示である。本稿では、現在までの取り組みと今後の指針を報告する。

**キーワード** プログラミング授業, Eclipse Che, 学習支援システム, Java

## 1. はじめに

情報化やグローバル化による社会の変化を背景として、各教育機関においてプログラミング教育の実施・拡充が行われている。平成 29・30・31 年改訂学習指導要領では、小学校においてプログラミング教育の必修化、中学校・高等学校において従来行われていたプログラミング教育の拡充などが盛り込まれ、2020 年度以降順次実施が進んでいる[1]。このように、教育機関におけるプログラミング教育の重要性は高まる一方、学習の段階に応じたプログラミング学習支援のあり方が模索されている。

現在行われているプログラミング授業は、他の科目等でも多く用いられているように授業内容の予習、実際の授業、授業内容の復習の 3 つを 1 サイクルとして繰り返すことで、授業内容の定着を図っている。特に、プログラミング授業においては、授業内容の復習の部分においてプログラミング課題を課すことが多い。この復習課題には、学生に授業内容の定着を図るとともに、プログラミング技術の習得を図る目的がある。しかし、授業内容の理解が十分にできていない学生やプログラミングそのものを苦手とする学生にとっては、このような課題自体の難易度が高い場合もある。結果として、そのような学生にとっては、課題に取り組むことによる学習内容の定着やプログラミング技術の習得という目的を達成できないことにつながる。

そこで、我々はこれまで開発してきた GUI プログラミング授業のためのフィードバック支援システム[2]の経験をベースに、新たに学生の授業内容および課題への理解度を向上させるための情報を提供するシステムを開発し、プログラミング学習を支援することにした。新しいシステムは、利用者の利便性を高めるために、これまでのクライアント・サーバの構成から Web

ベースの構成に変更した。さらに、課題実施前に行うクイズ形式の復習、課題実施中に発生するエラー文表現の易化、学習を通じて得られる称号の表示の機能を追加した。本稿では、この新しいシステム開発にあたってのこれまでの取り組みと今後の方針について述べる。

本稿の構成は次の通りである。第 2 章では、関連研究を紹介し、提案手法の方向性を述べる。第 3 章では、前提条件として使用する Eclipse Che[3]や対象とするプログラミング授業および課題について説明する。第 4 章では、事前調査として実際に学生が取り組んだプログラミング課題や受講者を対象として実施したアンケートの分析結果を示す。第 5 章では、提案手法で実際に提供を行う情報の内容や提供の方法について述べる。第 6 章では、全体のまとめと今後の予定について述べる。

## 2. 関連研究

プログラミング授業のための学習支援システムに関する研究は多く行われている。

土田ら[2]は、GUI プログラミング授業を対象としたフィードバック支援システムを開発した。このシステムは、ユーザアプリと管理者アプリの 2 つで構成される。このうち、ユーザアプリは学生が取り組んだ課題の採点結果と時系列のログ情報の取得を行う。一方、管理者アプリでは、取得したログ情報の前処理および分析を行う。このシステムにより、採点者は学生の取り組み状況を時系列に沿って把握することができ、システム導入以前と比較してより質の高いフィードバックを行うことが可能となった。しかし、システムのうちユーザアプリは、学生の所有する PC にダウンロードして使用するものであり、使用環境によっては上手

く動作しないなどの問題も発生した。また、時系列のログ情報は学生がファイルを保存するタイミングで取得されており、保存回数が少ない場合、十分な数のログ情報を得ることができない場合もあった。

杉野ら[4]は、Eclipse Che と Docker を用いたクラウド IDE によるプログラミング演習環境の構築を行った。この研究では、高等教育におけるプログラミング教育にゲームプレイを通じた学習効果を得ようとする教育手法の 1 つであるエデュテイメントのアプローチを用いて、その学習効果について調査を行った。調査にあたり、Eclipse Che と Docker を用いたクラウド IDE によるプログラミング演習環境に、Git による利用者の変更履歴の記録と収集ができるしくみを加えた環境を構築し、実際の授業に導入した。実験を通じて、構築した環境をプログラミング演習環境として提供するには可用性の点で不十分であったものの、発生した問題に対する改善策を提示するとともに、実装できなかったエデュテイメント要素の提案を行い、プログラミング授業におけるクラウド IDE によるプログラミング演習環境の提供の有用性を示した。

Ardimento ら[5]は、Eclipse Che の拡張機能として学生プロファイリングツールを開発した。この研究では、学生がプログラミング課題に取り組む中で発生しやすいエラー（構文違反）を分析し、報告することを目的とした学生プロファイリング手法を提案するとともに、この手法を用いてコーディング活動中の学生に有用なフィードバックを提供することを目的としている。開発した拡張機能を備えたプログラミング演習環境を実際の授業に導入し、実験を行ったところ、提案された手法が学生のコーディング能力を大幅に向上させることが明らかとなった。

また、近年教育分野において注目の高まっているゲーミフィケーションをプログラミング教育の分野で活用する研究も盛んに行われている。Deterding[6]によると、ゲーミフィケーションはゲーム以外のコンテキストでゲームのデザイン要素を使用している。教育分野におけるゲーミフィケーションはゲームのデザイン要素などを活用しながら学生の学習効果を高めることを目的として用いられることが多い[7][8]。

P.Vranešić ら[9]は、ゲーミフィケーションの手法を活用した報酬システムが学生のプログラミング学習におけるモチベーションに及ぼす影響について調査した。この研究では、ゲーミフィケーションの手法のうち、報酬を与えることによる取り組みの変化に着目した。具体的には、ICT コースを受講する学生を課題に対する取り組みによって報酬を与えるグループと与えないグループの 2 グループに分け、課題の得点や学生に実施したアンケートの結果にどのような差が生まれたの

かを分析した。結果として、報酬与えられないグループに対して与えられるグループのほうが課題の得点や授業に対する満足度などが高い傾向が見られた。

このように、プログラミング授業のための学習支援システムにおいてクラウド IDE を用いたシステムの普及が進んでおり、拡張機能などを活用することで学生のプログラミング能力の向上を期待することができる。さらに、システムにゲーミフィケーションの手法を取り入れることで学生のプログラミング授業への取り組み方を改善できると考えられる。これらを踏まえ、本稿では Eclipse Che を用いたプログラミング環境において、学生の課題への理解度を向上させるための情報を提供するシステムを提案する。

### 3. 前提条件

#### 3.1. Eclipse Che

Eclipse Che とは、ウェブブラウザ上で動作する統合開発環境 (Web IDE) である [3]。Eclipse Che は Kubernetes 開発者チーム向けのネイティブ IDE として、既存の Eclipse と同等の機能を有するとともに、Visual Studio Code の拡張機能に対応している。

#### 3.2. 対象のプログラミング課題

本研究では、東京電機大学工学部情報通信工学科の学部生を対象とした授業「インターネットプログラミング」のプログラミング課題を対象とする。この授業は Java の基本的なプログラミング技術の習得を目的として全 14 回実施され、授業内容に応じた演習課題が毎回出題される。なお、この授業を受講する学生は 1 年次に必修科目として C 言語の基本的なプログラミング技術の習得を目的とした授業を受講しており、一定のプログラミング技術を習得している。

### 4. 事前調査

今回のシステム提案にあたり、2021 年度の授業において、受講した学生を対象に事前調査を行った。調査内容は、課題の取り組みについての分析およびアンケートの実施とその内容の分析の 2 点である。

#### 4.1. 課題の取り組み方についての定義

学生がプログラミング課題に取り組む際には毎回おおよそ同じ過程をたどる。ここでは、その過程を大きく 3 つの工程に分け、定義する。

1 つ目は、問題文の情報を整理する工程である（以下、工程 1）。この工程では、「要素分解」「抽象化」「パターン認識」「アルゴリズム」の 4 つの要素で構成される計算論的思考が必要とされる。

2 つ目は、プログラムを実際に書き起こす工程である（以下、工程 2）。この工程では、工程 1 で整理した情報をプログラムとして書き起こすための手法の知識や

調査する能力が求められる。

3 つ目は、プログラムを動作させる工程である（以下、工程 3）。この工程では、問題文で求められる動作および解答を得るために文法エラーやコンパイルエラーを修正する能力が求められる。

#### 4.2. 課題の取り組みについての分析

著者は、当該の授業において副手を担当し、学生の取り組んだ課題の採点を行った。課題の採点は「プログラムが正常に動作すること」「課題に応じたテストケースに対して正しい解答を得ることができること」などを考慮して行われる。

各回の採点を行う過程において、課題の得点が低い、言い換えれば、授業内容または課題内容を十分に理解できていない学生に共通する 2 つの特徴が見られた。

1 つ目は、工程 1 が十分にできていないというものである。特に、与えられた問題文において必要とされる処理を行うためのアルゴリズムを正しく構築することができていない学生が多く見受けられた。また、これによって続く工程 2 を行うことのできない学生も一定数見られた。

2 つ目は、工程 3 が十分にできていないというものである。特に、処理としては正しいものの、プログラムも文法として適切でないことから生じる文法エラーやコンパイルエラーによって、プログラムが正常に動作せず、評価基準を満たさない学生が多く見受けられた。

#### 4.3. アンケートの分析

前節では、採点者としての立場から理解度が低いと思われる学生の特徴を示した。これに加えて、学生側の視点を取り入れるため、当該授業を受講した学生を対象にアンケートを実施し、受講者数 114 名に対し、89 名から解答を得た。アンケートは大きく 2 つの項目に分かれており、それぞれ授業そのものに関する質問とプログラミングに対する意識に関する質問である。

このアンケートの分析によって、学生のプログラミング授業およびプログラミング課題への取り組み方について 3 つの特徴が明らかとなった。

1 つ目は、エラーを解消することのできない学生の存在である。アンケートでは、Java を用いたプログラミングを行う場合に発生頻度の高い `NullPointerException` および `ArrayIndexOutOfBoundsException` について質問を行った。質問内容は、「当該のエラーが発生したことがあるか」「発生した場合、エラーを解消することができたか」の 2 点である。アンケートの結果を表 1 および表 2 に示す。この結果から受講者の約 1/3 が各エラーを経験したことがある一方、エラーを解決できなかった、言い換えれば、プログラムを正常に動作させることができなかった可能性のある学生が一定数存在することが判明した。

2 つ目は、プログラミングそのものへの苦手意識の存在である。アンケートでは、「1 年次のプログラミング授業の経験を活かすことができたか」「プログラミングに苦手意識があるか」について質問を行った。その結果、「1 年次のプログラミング授業の経験を活かすことができたと感じるか」について「感じる」「やや感じる」と回答した学生が計 74 名(83.1%)だった一方、「プログラミングに苦手意識があるか」について「感じる」「やや感じる」と回答した学生が計 61 名(68.5%)だった。この結果から、一定のプログラミングの経験がある学生でもプログラミングに対する苦手意識があることが判明した。

表 1 `NullPointerException` に関する質問への解答

	はい	いいえ
発生したことがある	33 名 (37.1%)	56 名 (62.9%)
解消できた	26 名 (29.2%)	7 名 (7.9%)

表 2 `ArrayIndexOutOfBoundsException` に関する質問への解答

	はい	いいえ
発生したことがある	30 名(33.7%)	59 名(66.3%)
解消できた	25 名(28.1%)	7 名 (5.6%)

※各割合はアンケート解答者 89 名に対する比率

### 5. 提案手法

調査の結果を踏まえ、学生の課題への理解度を向上させるための情報を提供するシステムを提案する。このシステムは、以下の 3 つの機能を組み合わせたものである。

1 つ目は、課題実施前に行うクイズ形式の復習を行う機能である（以下、機能 1）。この機能は、工程 1 における計算論的思考および工程 2 におけるプログラムの作成を支援することを目的としており、授業内容の振り返りを行うとともに、課題に取り組む上で必要な情報を提供する。具体的には、講義内容について用語やプログラムの処理などを問う設問と、提示された課題に取り組む上で必要な数学的知識やアルゴリズムなどを問う設問を想定している。本システムにおいては、Microsoft Forms のクイズ機能を利用して、授業ごとに課題に対応したクイズ作成し、学生に提供する。このクイズには、各項目に正誤に応じた得点が与えられ、この得点を 3 つ目の機能である称号の一部に反映させる。なお、学生は期間内であればクイズに何回でも解答することができ、最終解答をその生徒の得点とする。この機能の実装イメージを図 1 に示す。

2 つ目は、課題実施中に発生するエラー文表現の易化を行う機能である（以下、機能 2）。「4.2. 課題の取り組みについての分析」でも取り上げたように、当該

課題に取り組んだ学生の中には、プログラム実行時に文法に関するエラーメッセージが表示されているにもかかわらず、そのまま課題を提出する者が見受けられた。実際のアンケート結果からも、このようなエラーが発生したことがあるものの、解決方法を見つけないで済んだ学生が存在が確認できる。このような学生が存在を踏まえ、工程3におけるコンパイルエラーやプログラム実行時に発生する文法エラーのうち、アンケートでも取り上げた `NullPointerException` や `ArrayIndexOutOfBoundsException` など頻出するものについて、日本語での説明を行うとともに、一般的な解決方法を提示する機能が2つ目の機能である。この機能の実装イメージを図2に示す。

3つ目は、学習を通じて得られる称号を表示する機能である（以下、機能3）。この機能は、学習内容に対応した称号を機能1の得点および各課題の得点や取り組みに応じて与えるものである。称号には「未実施または0点」「取り組んでいるものの理解が不十分」「取り組んでおり理解が十分」3つのクラスを設けられている。この機能自体は、学生の理解度向上に直接寄与するものではないものの、ゲーミフィケーションの手法を活用した学生の習熟度や学習サイクルの定着向上を通じて、プログラミングへの理解を深めることを目的としている。この機能の実装イメージを図3に示す。

「インターネットプログラミング」第2回復習&課題確認テスト

今回は第2回の講義内容に関する問題を出題します。

こんにちは、DAICHI。このフォームを送信すると、所有者に名前とメールアドレスが表示されます。

\* 必須

復習テスト

1. 以下の文書を実行した時、実行結果として正しいものを一つ選びなさい。\* (10点)

System.out.println("57 + 32 = " + 57 + 32);

☐ 57 + 32 = 89  
☐ 57 + 32 = 5732  
☐ 89 = 89

次へ

図1 機能1の実装イメージ

プログラム実行

称号

プログラムを実行します。実行ボタンを押してください。

ここにエラー内容を表示します。

実行

図1 機能2の実装イメージ

プログラム実行

称号

ex01

授業内容A	授業内容B	課題

ex02

授業内容A	授業内容B	課題
		未

ex03

授業内容A	授業内容B	課題
未	未	未

図2 機能3の実装イメージ

## 6. まとめ

本稿では、事前調査によって得られた情報を分析し、プログラミング授業において課題に取り組む学生の理解度を向上させるために必要と考えられる情報を提供するシステムを提案した。現在、提案システムを構成する拡張機能の開発およびプログラミング実行環境の構築を行っている。今後、提案システムの開発を完了した後、実際の授業において導入を行い、評価を行う予定である。

## 参考文献

- 文部科学省：“平成29・30年改訂学習指導要領のくわしい内容”，[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/1383986.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1383986.htm), 2022-01-01 参照 I. Tanaka and J. Suzuki, “Web and Database Technologies”, Proc. of ACM SIGMOD, pp. 10-22, 2010.
- 土田浩輝, 北大地, 井上潮：“GUI プログラミン

グ授業のためのフィードバック支援システムの検討”，情報処理学会第 83 回全国大会，2ZG-05

- [3] Eclipse Foundation 2022: ” Eclipse Che ” , <https://www.eclipse.org/che/>, 2022-01-11 参照
- [4] 杉野雄大, 新村正明, 岡野浩三, 小形真平: “Eclipse Che と Docker を用いたクラウド IDE によるプログラミング演習環境の構築”, 信学技報(IEICE Technical Report), KBSE2019-57(2020-03)
- [5] Pasquale Ardimento, Mario Luca Bernardi, and Marta Cimitile: “Software Analytics to Support Students in Object-Oriented Programming Tasks: An Empirical Study”, IEEE, DOI:10.1109/ACCESS.2020.3010172, 2020.
- [6] S. Deterding, D. Dixon, R. Khaled and L. Nacke: “From Game Design Elements to Gamefulness: Defining Gamification”, Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments, 2011.
- [7] A. Sanchez-Mena and J. Marti-Parreno: “Gamification in Higher Education: Teachers' Drivers and Barriers”, International Conference The Future of Education, 2016.
- [8] S. Krunic and S. Lugovic: “Supporting education and learning with game design elements”, Proceedings of 19 th International Conference on Engineering Education , 2015.
- [9] P. Vranešić, K. Aleksić-Maslać, and B. Sinković: “Influence of Gamification Reward System on Student Motivation”, IEEE, DOI:10.23919/MIPRO.2019.8756848, 2019.