

段階的詳細化を用いた個別問題の提供とフィードバックを行う プログラミング支援システムの提案

Proposal of a Programming Support System that provides individual problems and feedback using stepwise refinement

山下 賢治^{*1}, 香川 考司^{*2}

Kenji YAMASHITA^{*1}, Koji KAGAWA^{*2}

^{*1} 香川大学大学院工学研究科

^{*1} Graduate School of Engineering, Kagawa University

^{*2} 香川大学創造工学部

^{*2} Faculty of Engineering and Design, Kagawa University

Email: s20g486@stu.kagawa-u.ac.jp

あらまし: 本研究では、パーソナライズされた問題提供と自動評価を行うプログラミング支援システムを提案する。本システムでは、学習者ごとに抽象度の異なる問題を段階的に提示し、簡易ソフトウェアを実装させる。提出されたコードに対して、自動的に評価し、即座にフィードバックを提供する。本論では、試作システムとして、Github Actions を用いた実行環境の構築と、自動フィードバック機能を紹介する。

キーワード: プログラミング言語教育、オブジェクト指向教育、ソフトウェア開発教育、プログラミング支援システム、

1. はじめに

大学情報系学科では、初年次の初級プログラミング演習として、手続き型の C 言語を採用することが多い。ここで、基礎的な文法事項やデータ構造、アルゴリズムなどを習得する。続いて、C++/Java 言語を対象とし、クラス継承やインスタンス、メソッド生成など、オブジェクト指向に必要な基本的な文法を習得する。しかし、これらの授業で扱う課題は単なる文法の確認課題となりがちで、自身でクラスの設計、実装を一から行う経験が乏しくなる。結果として、オブジェクト指向の表現まで扱うことが難しくなり、手続き型言語のような処理の記述に留まってしまう学習者も多い。

本研究では、学習者の理解度に合わせて問題提供と自動評価を行うプログラミング支援システムを提案する。学習者ごとに抽象度の異なる問題を、段階的な設問により出題することで、継続的な開発経験とリファクタリングを誘導する。設問を組み合わせることで、各演習の目標であるソフトウェアを実装する。システムによる自動的なテストを実施し、フィードバックを行う。関連研究として、大規模クラスでの運用を想定した自動評価システム ArTEMis がある[1]。また、初級的な学生を対象とした研究として、オブジェクト指向開発を誘導する Java 演習支援システム TooDex がある[2]。本研究では、学習者に合わせた教育支援を目指す。

本論では、試作したプログラミング支援システム *plass* を紹介する。学習者の提出したコードを *git* で管理し、Github Actions で実行したテストの結果をフィードバックする。

2. 学習者の理解度に合わせて問題の概要

大学の演習では、40～60 名程度の学習者と教員、数名のティーチング・アシスタントで指導すること

が多い。学習者間で、理解度が異なっているにもかかわらず、全ての学習者に対して同一の演習課題が課されている場合が多く、学習者の理解度に合わせた指導が行われているとは言えない。そのため、共通で進行する内容に理解が追いつかず、学習意欲の消失と挫折する学習者が少なくない。

本システムでは、学習者の理解度を判断し、個別に最適な問題を提案する。実装する最終目標は同一にし、出題する内容の抽象度のみを変更することで、難易度を調整する。これは、問題のトイプロブレム化を防ぎ、ソフトウェア開発を擬似体験させることを目的とする。抽象度の度合いは、各演習で任意に設定する。例えば、オブジェクト指向演習では、抽象度の低い問題では、メソッド内のアルゴリズム等が明記されており、基本的な文法事項を学習しながら進める。抽象度の高い問題では、クラスやメソッドの概要から実装を進める。

3. プログラミング支援システム *plass*

本システムは、4 つのモジュールから構成される。それぞれのモジュールは、各サービス間と連携を行っており、データの共有、更新などを行う(図 1)。

ユーザ管理モジュールでは、主にシステムに関連するユーザの制御を行う。ユーザ個人に対して、Github 上にプライベートリポジトリを作成し、コードとビルド・テスト環境の管理を行う。リポジトリは認可されたユーザ以外はアクセスすることができず、他学習者による不正アクセスを防ぐ。

演習・問題管理モジュールでは、出題する問題の登録や変更、削除等をヘッドレス CMS で制御する。これらは、CMS サーバの管理画面から、容易に編集することができる。問題は科目、演習、問題の 3 つのモデルから構成される。科目は、授業としての科目と対応しており、授業の概要や開催期間を設定す

る。演習は、学習者が取り組む際の一つの目標であり、開発現場におけるプロジェクトに該当する。例えば、「図書管理システムの実装」、「映画館のチケット購入システムの実装」などが挙げられる。問題は、演習を達成するために設定する段階的な目標である。例えば、図書管理システムの実装では、本の貸し出しや追加、検索、ユーザー情報の管理などの機能要件が該当する。

コード管理モジュールは、学習者のコードを git を用いて管理する。各演習の開始時に、演習用の開発環境を構築し、学習者リポジトリに更新する。学習者は出題された問題を解答し、システムから提出することでリポジトリの更新を行うことができる。また、認可された学習者は、システムを利用せずに、学習者個人の環境で、git を用いて管理することもできる。その場合はブランチの切り方やプレフィックスなど、一定のルールを課すことでチーム開発の流れの一部を体験させる。

フィードバックモジュールは、テスト結果に基づいたフィードバックを制御する。これらは学習者に表示するだけでなく、教師用画面にもリアルタイムで反映する。進捗と結果が著しくない学習者を検知し、教師に通知し対応を行う。

演習は、以下の 8 つの手順で進行していく(図 2)。

1. 教師による演習問題の事前準備:
2. 学習者による演習開始:
3. システムによる学習者用の演習環境の構築
4. 演習問題の解答
5. 演習問題の解答提出
6. 提出されたコードのビルド・テストの実行
7. テスト結果をフィードバック
8. レビューを確認し、演習を続ける

4. 本システムにおける評価機能

本システムは、複数言語での利用を想定している。そのため、テスト環境を容易に準備可能な Github Actions を用いて環境構築を行う。

本論では、オブジェクト指向を対象とした演習を想定している。そのため、ビルドシステムである Gradle とテストツールである JUnit を採用している。

学習者の解答に対する、システムの動作は以下のようになる。まず、学習者は、各問題について、学習者自身の環境で実装を進める。実装要件を満たしているかを確認するには、システムの Web 画面上で該当するファイルを選択し、提出する。システム側では、対象学習者の git リポジトリを操作し、コードを更新する。Github Actions がコード変更を検知後、自動的に workflow を走らせ、プロジェクトのビルド、テストを実行する。テスト結果は、Gradle により、xml 形式で記録される。これらをパースし、webhook を用いてシステムと学習者の Web 画面上に表示してフィードバックする。この時、いくつかのテストには、事前にメッセージを設定し、テストに失敗し

たときのヒントとして表示する。

5. おわりに

本研究では、パーソナライズされた問題提供と自動評価を行うプログラミング支援システムを提案し、支援システム *plass* の開発を行っている。*plass* は、提出されたコードに対して、Github Actions 上で各環境に合わせたビルド、テストを自動的に実行し、フィードバックする。

本論では、学習者の提出した解答に対し、自動的にテストを実行し、採点結果をフィードバックする機能を実装した。複数言語の利用を想定し、Github Actions を用いたビルド環境を構築した。今回は、ビルドシステムとして Gradle を利用しており、JUnit を用いてテストを実行する。テスト結果は、Gradle により作成された xml をパースし、事前に設定したメッセージと合わせて、学習者の Web 画面上に表示することでフィードバックする。今後の課題として、まずはシステムの残りの機能の実装を行う。試行実践を行い、支援システムとしての有用性を検証する。その後、理解度に合わせた問題の提案方法を検討し、システムに組み込む。

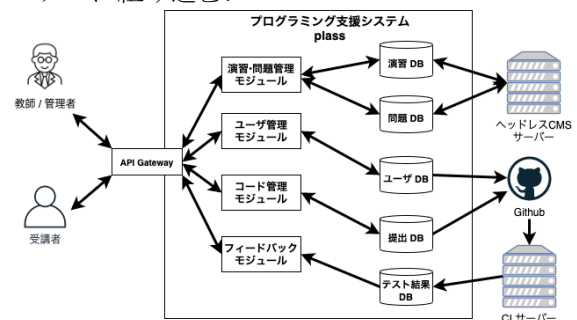


図 1 支援システム *plass*

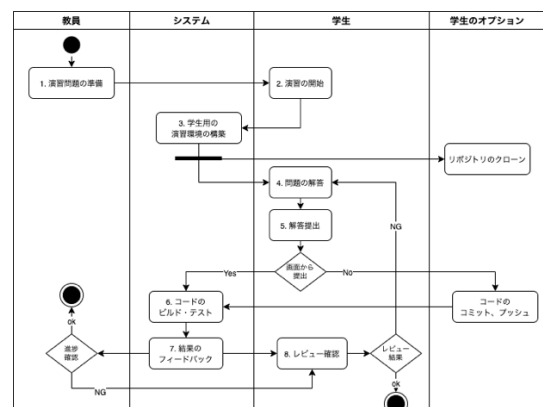


図 2 演習の進行手順

参考文献

- (1) Krusche, S., Seitz, A.: “ArTEMiS - An automatic assessment management system for interactive learning”, ACM SIGCSE'18, Vol.40, pp.284~289 (2018)
- (2) 石井伶央, 辻健人, 富永浩之, “段階的詳細化によるオブジェクト指向開発を誘導する Java 演習支援システムの実装”, 情報処理学会第 82 回全国大会講演論文集, pp.771-772 (2020)