

## プログラミング導入教育を目標にした SIST オンラインジャッジシステムの開発と運用 Development and operation of SIST online judge system for introductory programming

國持 良行<sup>†</sup>  
Yoshiyuki Kunimochi

### 1. はじめに

オンラインジャッジシステム(OJS)は、プログラミングコンテスト等によく使われるプログラムの自動採点する Web サイトである[2]。先行研究[3-9]などを参考にして、プログラミングの導入教育に活用するために、クラウド上に **Sist Online Judge システム**(SOJ と略す)を開発した。学生が正課外でプログラミングを自主的に学習し、その能力を高めることを目標としている。ここでは、このシステムによる授業等における活用事例を紹介し、その効果について検証する。また、現状の課題について考察する。

### 2. SOJ 概要

#### 2.1 SOJ の使い方

SOJ は、一般に Web 上のサーバが学習者から提出されたプログラムを自動採点し、その結果をデータベース(DB)へ記録、学習者へフィードバックするシステムである。

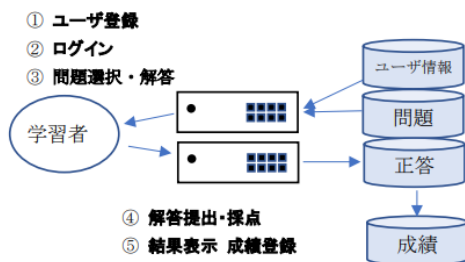


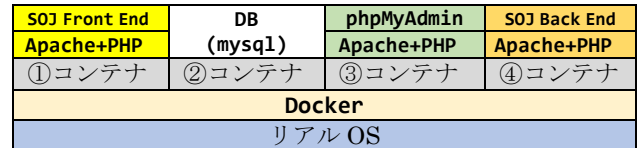
図 1 SOJ での学習方式

図 1 のように、学習者は、初回利用時に① ユーザ登録をする。そして、② そのユーザ名でシステムにログインする。③ 用意された問題の中から 1 つの問題を選択して、プログラムを作成する。学習者は、プログラムを作成し終わったら、④ そのソースコードを提出欄に添付して提出(submit)する。提出後直ちに、システムは自動採点を行い、⑤ 学習者へ結果を返して、データベースに成績情報を記録する。

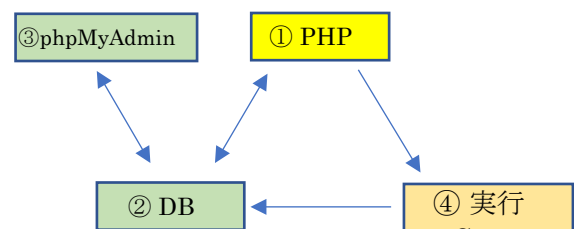
上記の学習過程③～⑤を繰り返す、学習者はプログラミング能力を向上させることができる。SOJ では、とくに家庭学習での自主的な利用を期待している。

#### 2.2 SOJ のシステム構成

SOJ は、クラウド上の専用サーバに構築された Web サイトである。システムは①～④の Docker コンテナとして実現されている。① ユーザインターフェース(UI)を担当する PHP コンテナ、② ユーザ、問題、成績、コンテストなどを記録する DB コンテナ、③ DB のグラフィカルインターフェースを担う phpMyAdmin コンテナ、④ プログラムの正誤を判定する実行コンテナからなる(図 2)。



(a) システム動作環境



(b) システムの処理の流れ

図 2 システム概要図

① **PHP コンテナ**は、利用者との対話(front end)を担当する。HTML/CSS, PHP, JavaScript などの言語を使って各種の画面を実現している。問題一覧のページでは問題を番号やキーワードで検索したり、分野や難易度でフィルタをかけたりし、利用者の使い勝手を向上させている。

② **DB コンテナ**は、MySQL を稼働させて、それがユーザ情報、管理情報、問題情報などを管理する。ユーザ情報は、アカウント名、パスワード、アクセス権限、メールアドレスなどが含まれる。アクセス権限にて、アカウントを「教師」と「学習者」に分けている。教師には、専用の管理ページから、クラス編成、コンテスト開催などが可能である。クラス編成は担任するアカウントを登録し、利用者状況を把握できる。コンテスト機能は、日時や制限時間を付けて演習や試験を行う機能である。その結果は CSV ファイルで取得できる。

③ **phpMyAdmin コンテナ**は、PHP 言語で記述されたグラフィカルな MySQL サーバの管理ツールである。DB コンテナの運用や監視に利用している。定期的なデータのバックアップ作成などに利用している。

④ **実行コンテナ**は、学習者が解答(プログラム)提出時に選択した言語処理系へ渡して、実行結果と正答データと比較して、正誤を判定する。現在採点できる言語は C, C++, Python3, JavaScript, Java, Ruby, C# の 7 言語である。

正答データは、テスト入力(ファイル)とそれに対する正しい出力が格納されたファイルの集まりである。すべてのテスト入力に対して、提出プログラムが正しい結果を出力した場合に、正解(AC)と判定する。1 つでもテスト入力に誤った出力をすると不正解(WA)と判定する。制限時間内に実行が終わらなければ、その実行を強制的に打ち切り、「制限時間オーバー」(TLE)を判定する。また、実行中に

エラー(例外など)が発生したときにも、強制的にプロセスを停止し、「実行時エラー」(RTE)と判定する。その他に、コンパイルエラー(CE)の判定がある。悪意のあるプログラムが入力される恐れがあるので実行コンテナの実行権限、ファイルアクセス権限は最低に設定する。

### 3. 運用結果

直近では 2021 年度に利用状況を分析した。その概略を示す。また、2022 年度開発したコンテスト機能を紹介する。

#### 3.1 SOJ の利用状況

静岡理科大学情報学部 1 年生後期必修「プログラミング演習」の担任クラス(対面実施、履修者数 23 名)において、2021/11/23 から翌年 1/24 までの利用状況を報告する。1/17 と 1/24 には実力テストを実施した。学生には、SOJ および実力テストの結果は成績には反映しないが、純粋にプログラム能力向上が目的であることを伝えて利用を促進した。この間、総提出件数は 536 件であった。その内訳は、正解(AC)の数:240 (44.8%)、不正解(WA)の数:237 (44.2%)、コンパイルエラー(CE)の数:54 (10.1%)、実行時エラー(RTE)の数:0、制限時間エラー(TLE)の数:5 (0.9%)であった。冬休み中と授業時には比較的使用が高かった。曜日ごとの提出件数は、月～水曜日が多く、金土曜日が少なかった。1 時間単位の時間帯別の提出回数を集計してみると、朝から午前中にかけての利用は少なく、夕方と深夜の時間帯に利用が多かった。今回、SOJ でのアクティビティは成績に反映しないことから、利用率があまりあがらなかった。

#### 3.2 SOJ の利用と実力の相関

上記 2 回の実力試験にて、SOJ の効果を調査することにした。試験配点は、読解(配点 36)、知識(配点 20)、記述(配点 44)の計 100 点満点である。1 回目の平均点は 29.6 点、2 回目の平均点は 48.3 点であった。図 3 は SOJ の AC 数と実力テスト得点(1 回目●マーカ、2 回目×マーカ)との散布図である(試験欠席者は y 座標負の領域にプロットした)。●の場合の相関係数(欠席者は除く)は 0.55、×の場合の相関係数は 0.27 であった。これは、SOJ の低利用者(図中の領域 A)、および利用はしたが低得点者/欠席者(図中の領域 B)がいることが大きな要因である。

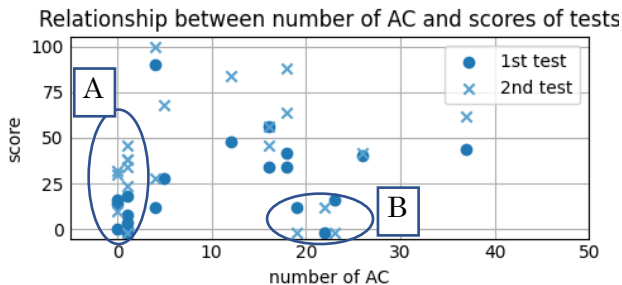


図 3 SOJ の AC 数と実力テストの関係

#### 3.3 コンテスト機能

プログラミング能力の測定をするために、2022 年度にはコンテスト機能を追加した。教師(モードのユーザー)はコン

テスト開催日時、出題問題、配点等を設定する。開催日時には、利用者は参加表明し、コンテストを受験する。採点については間違えた回数を配点から減点して順位に差をつける。教師は受験結果を csv 形式のファイルでダウンロードできる。授業での演習にも利用しており、正常に動作している。しかし、ブラウザの戻るボタンを押してしまうとセッションが切れたり、試験中に順位表が閲覧できなかったりなど、使い勝手の課題が残されている。

### 4. おわりに

本論文では、静岡理科大学におけるオンラインジャッジ SOJ の開発と運用状況について報告をした。2023 年 6 月現在、問題数は 365、アカウント数は 311、総提出総数は 13032 である。正課内での演習に効果を上げている。課題としては、正課外での利用率の向上、コンテスト機能の充実、問題の分野分類と難易度の算出、利用者プログラミング能力の判定などが挙げられる。AI の著しい進歩に伴って、AI は基本の頻出問題についてはほぼ正解に近いプログラムを生成している。感覚的には問題の難易度や抽象性の高い場合、非テキストや図形を含む場合などは AI の正解率は高くない。しかしながら、SOJ を利用したユーザにアンケートをとると、問題の正解やヒントが欲しいという意見が多い。このことから、AI による支援は学習者がプログラムの組立てや記憶には十分役に立つと思われる、共存を図っていくのが得策である。

#### 参考文献

- [1] 山下 颯也, 國持 良行, "プログラミング導入教育を目標にした SIST オンラインジャッジシステムの試作と提案", 静岡理科大学紀要, 29, pp. 109-117 (2021-08-31)
- [2] 渡部有隆, "オンラインジャッジの開発と運用-Aizu Online Judge", 情報処理, 56, 10, pp. 998-1005 (2015)
- [3] 松永賢次, "導入プログラミング教育におけるオンラインジャッジシステムの活用の試み", 情報科学研究, 31, pp. 25-41 (2011)
- [4] 古谷勇樹, 林 真史, 山本 隆弘, 長尾 和彦, "RK-003 オンラインジャッジシステムと連携可能な Moodle プラグインの実装と比較 (K 分野: 教育学・福祉工学・マルチメディア応用, 査読付き論文)", 情報科学技術フォーラム講演論文集, 14, 3, pp. 89-94 (2015)
- [5] 長尾 和彦, 古谷 勇樹, 峯脇 さやか, "オンラインジャッジシステムのプログラミング演習への導入と評価", 第78回全国大会講演論文集, 1, pp. 537-538 (2016)
- [6] 古谷 勇樹, 林 真史, 山本 隆弘, 長尾 和彦, "オンラインジャッジシステムを用いたプログラミング学習環境の構築と比較", 教育システム情報学会 2014年度学生研究発表会
- [7] 松本彩花, 松原 南美, 渡邊遥輔, 多田 拓, 倉光 君郎, "Sumomo: ブロックチェーンを用いた教育用オンラインジャッジの提案", 情報教育シンポジウム論文集 2019 (2019): 321-325.
- [8] 岩本舞, 中村真人, 小島俊輔, 中嶋卓雄, "不正コピー検出手法を備えたオンラインジャッジシステムの開発", 情報処理学会論文誌教育とコンピュータ (TCE) 1.4 (2015): 38-47
- [9] 関根達, 伊藤恵, 奥野拓. "数学文章題を利用したオンラインジャッジシステム向け問題自動生成手法の提案", 教育システム情報学会 2019 年度第 5 回研究会, (2020)