

令和4年度 東京情報大学総合情報研究所プロジェクト研究
研究実績報告書

1. 研究課題名

対話型プログラミング実習環境の構築及び実行ログのリアルタイム可視化システムの開発

2. 研究組織

| 区分 | 氏名 | 所属・職名 |
|-------|------|-------------------|
| 研究代表者 | 村上洋一 | 総合情報学部 総合情報学科・准教授 |
| 研究分担者 | 井関文一 | 総合情報学部 総合情報学科・教授 |
| | 鈴木優介 | 総合情報学部 総合情報学科・学部生 |
| | 林子易 | 総合情報学部 総合情報学科・学部生 |

3. 研究期間

2022年4月1日～2023年3月31日

4. 研究の目的

本研究では、プログラミング授業のための対話型実行環境を構築し、学生の学習状況をリアルタイムに把握することを目指し、次の①と②に取り組む。

- ① JupyterHub を用いたプログラミングの対話型実行環境を構築する。
- ② ①で開発した対話型実行環境上の実行ログを取得・収集し、解析結果をリアルタイムに可視化するシステムを開発する。

5. 研究報告

① JupyterHub を用いたプログラミングの対話型実行環境の構築

近年、Jupyter を用いた対話型実行環境が注目されている。この環境は、ウェブブラウザ上で動作するため、新たな情報機器やアプリケーションを準備する必要がなく低コストで運用可能であり、互換性やライセンスの管理といった環境構築にかかる手間を減らすことができるというメリットがある。すなわち、利用者はインターネット環境とウェブブラウザがあれば、いつでもすぐに対話型実行環境を利用することができる。また、Jupyter 上で作成した教材を容易に共有することが可能であるため、教材や指導方法を引き継ぐことで教材不足や教員不足を解消することができるというメリットもある。本研究では、複数の学生にプログラミングの対話型実行環境の提供を行うために、ユーザ認証のインタフェース機能を備えた JupyterHub を用いて構築を行なった。また簡易的な動作テストを行い、JupyterHub に登録された利用者が、ウェブブラウザから Jup

yterHub にアクセスして認証し、ウェブブラウザ上でプログラミングを対話的に実行できることを確認した。

② 対話型実行環境上の実行ログの取得・収集及び解析結果のリアルタイム可視化システムの開発

Jupyter サーバと Jupyter クライアント（利用者側）間では、プログラムコードの入力フィールドであるコードセルの実行や実行結果などは **Message** という JSON 形式のデータとして、**WebSocket**（双方向通信を行うための通信規格）を介してして通信されており、また **WebSocket** 間の通信は **Proxy**（内部ネットワークと外部ネットワークの中継するシステム）を介して転送されている。本研究では、この **Proxy** の機能を提供するモジュールに、**Message** データを蓄積するサーバに送信する独自の処理（**Hook 処理**）を加えた（図 1）。なお、Jupyter サーバと蓄積サーバは、別々サーバで稼働している。

蓄積サーバでは、受け受け取った **Message** から、実行セッション ID（**MessageID**）、実行ユーザ名、コードセルの詳細、標準出力データ、画像出力データ、実行結果やエラー情報などの実行ログを抽出し（図 2）、ドキュメントとしてデータベースに保存する機能を実装した。また、その保存されたドキュメントを解析し、蓄積サーバからその解析結果をフロントエンドに送信して可視化するシステムを開発した。

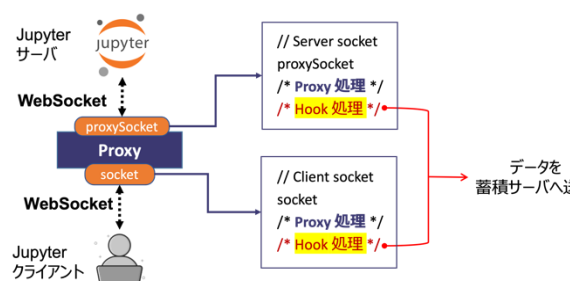


図 1. Jupyter サーバと Jupyter クライアント間の実行ログデータの取得



図 2. 取得した Message の解析

構築したプログラミングの対話型実行環境と、実行ログの取得・収集及び解析結果のリアルタイム可視化システムの有効性に関する検証実験を、2022 年 6 月 16 日に東京情報大学・先端データ科学研究センターセミナーで実施した。参加した学生 42 名に対して、構築した対話型実行環境を用いて 45 分間の模擬授業を実施し、その間の実行ログの取得・収集及び解析結果のリアルタイム可視化を行なった。

その結果、開発したリアルタイム可視化システムでは、ある特定の学生（利用者）がコードセルに入力したプログラムやその実行結果（図 3）、各問題に対する利用者一人の実行時間や実行回数（図 4）を正しく可視化できることが示された。また、利用者全

体のエラー状況、すなわち各問題で発生した構文エラー (SyntaxError)、変数名の間違いやスペルミス (NameError)、また異なるデータ型同士の演算や組み込み関数にて処理が行われた場合に発生したエラー (TypeError) の回数を積み上げ棒グラフとして可視化 (図 5) し、利用者全体のリアルタイムな進捗状況 (図 6) を可視化できることが示された。コードセルの実行から可視化までの処理時間は、ネットワークの通信状況に依るが、今回の実験で使用したキャンパスエリアネットワークでは1秒以内であった。

今後はより大規模な検証実験を通じて、可視化システムのフロントエンドの改良やデータ可視化方法の検討、またエラーや実行内容の解析方法の検討などを行う予定である。

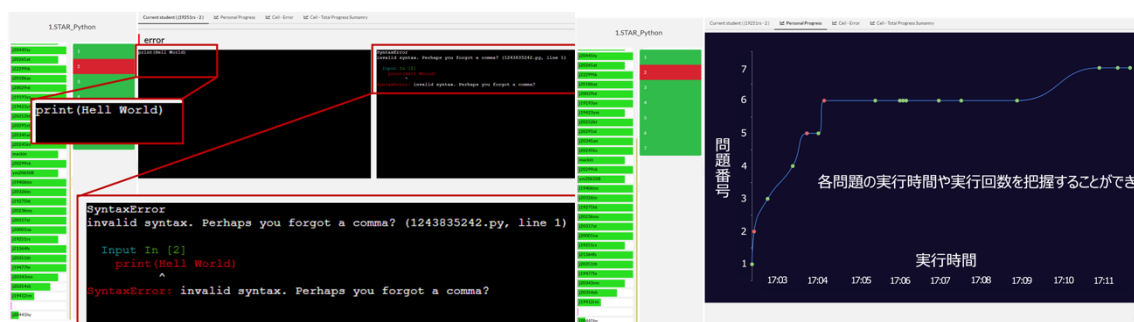


図 3. コードセルの実行結果

図 4. 利用者一人の進捗状況



図 5. 利用者全体のエラー状況

図 6. 利用者全体のリアルタイム進捗状況

6. 成果の公表

上記の研究活動に関する成果は、以下の研究会で公表した。

- Ziyi Lin, Yusuke Suzuki, Fumikazu Iseki, and Yoichi Murakami, “Implementation of real-time learning progress monitoring system using Jupyter - A new tool for teaching programming efficiently”, 電子情報通信学会技術研究報告, vol.122, no. ET-191, pp. 42-47(ET), 2022.9.