

# Web技術を活用したプログラミング学習基盤の開発

## — LOGRAM：学習データを活用したプログラミング学習 —

### 1. 背景

プログラミングの概念を習得する段階では、ブロックプログラミングのような教育に最適化した学習環境がよく使われている一方で、プログラミング言語の学習では実際の開発者と同じような開発環境を用いられることが多く、その教育に最適化した学習環境が整っていない。また、2022年度から全高校生が必修化された情報Ⅰの授業でプログラミングを学ぶことになるが、情報科の教員が十分にいない地域が多く存在する。このような教育格差があるにも関わらず、GIGAスクール構想では最終的な目標として生徒の教育データを収集、分析し個別に最適化した学習を一貫して実現させることを掲げているが、それを可能にするプログラミング学習のための環境は普及していない。高等学校において個別に最適化した学習を実現させるのが難しい原因として、法律・条例が挙げられる。現状では個人情報保護に関する法律・条例が地方自治体でそれぞれ制定されたものも含めて2000個近くあり、それぞれで個人情報の定義や解釈が異なる部分もあり、学習データを収集する際のハードルとなっている。また、高等学校では個人の端末を授業で利用するBYOD (Bring Your Own Device) を前提としていることから、GIGAスクール構想による端末導入の補助がないため、生徒一人ひとりの端末に合わせて実行環境の構築と管理をする必要がある。そのため、多くの学校でオンラインの実行環境を利用してプログラミングの授業を行うことが考えられるが、現存するオンラインの実行環境では実行ボタンを押してから結果が表示されるまでが遅いことなどにより、生徒に使いにくいという印象を与えている。

### 2. 目的

本プロジェクトではプログラミング言語の学習に最適化した、生徒のプログラミングに関する学習データを収集、分析し効率的で最適な学習を行うための、環境構築が不要なプログラミング学習基盤を開発する。また、本プロジェクトで収集する学習データは個人情報保護の法律に則って適切にユーザに提供されるように、システムを設計・開発する。

### 3. 開発の内容

本プロジェクトの開発成果として、大きく分けて「プログラミング学習環境」と「管理プラットフォーム」の二つの開発し、それをLOGRAMと名付けた。

本プロジェクトで開発したプログラミング学習環境では、WebAssemblyで動作するPythonインタプリタを使用してブラウザ上で単独で動作させ、Progressive Web Appsに対応することでローカルのデスクトップにインストールすることができる。WebAssemblyとProgressive Web Appsを併用することで、環境構築が不

要というオンラインの開発環境のメリットと、オフラインでも使用することのできるローカルの開発環境の両方のメリットを享受した実行環境を開発した（図1）。

また、本プロジェクトでは独自の学習コンテンツを開発するのではなくJupyter Notebook形式に対応し、データ構造の互換性を保ちつつ拡張する形をとっている。これにより、既存のJupyter Notebook (.ipynb) ファイルのimportが可能となっている。これまでの知見が溜まったJupyter Notebook上での学習体験をそのまま持ち込んで、さらに学習データなどを活用した学習の質の向上ができるようにすることで、使ってもらうためのハードルを下げられると考えられる。また、外部ライブラリのimportやmatplotlibなどの画像の描画を可能としてデータサイエンスの学習にも対応することができる（図1）。

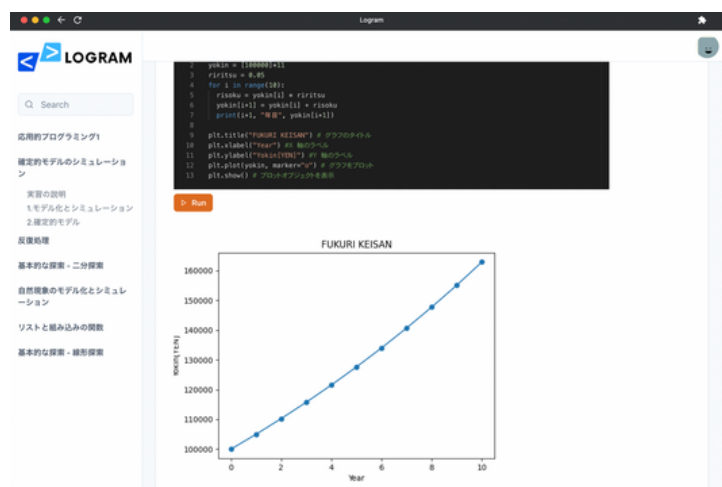


図1. ブラウザ単体で動作するプログラミング学習環境

本プロジェクトでは、生徒のプログラミングの過程と合わせて経過時間やエラー内容など生徒のプログラミングに関する情報を記録しておくことで、生徒の時系列な学習データとして自動で収集する機能の開発を行った。学習データは図2の4種類に識別して収集している。

収集した時系列な学習データを管理プラットフォームで生徒/クラス単位で読み込むことで、生徒の学習データの分析・可視化し、生徒のプログラミングの過程を把握することができる（図3）。

またローカルのファイルシステムから読み書きを行うことのできるFilesystem Access APIを使用し、オンラインで学習データのやり取りは行わず、学習データの収集から活用までを一貫してオフラインで行なっている。そうすることによって個人情報保護に関する法律に則って適切に学習データを活用することができる。また持続可能性といった面でWebAssemblyを使用してサーバサイドでプログラムの実行を行うこと、膨大な量になる学習データをデータベースに保存せずにローカルのファイルシステムで管理することで、大幅なコストの削減に成功している。



図2. 収集する学習データ



図3. 管理プラットフォームのデータ分析画面

また、プログラミング学習環境では学習データを収集する段階で学習データの活用を行っており、生徒のエラーが要因のつまずきを検知した際に、生徒の状況に合わせて段階的に自己解決に向けた支援を自動で行うことや、質問を促すといったサポートを行う機能を実装している（図4）。1、2段階目では発生しているエラーの内容を動的に日本語で説明したものを通知し、3段階目には図4にある「質問する」というボタンをクリックすると生徒がノートブックでプログラミングをしてきた過程のログを提示する。このログは、学習者がそこまでたどり着くまでのプログラミングの過程を読み取るヒントとして表示している。そのため、このログを見せながら質問をすることで「なにが分からないのか分からない」という言語化できていない状態でも質問をするきっかけを作る。

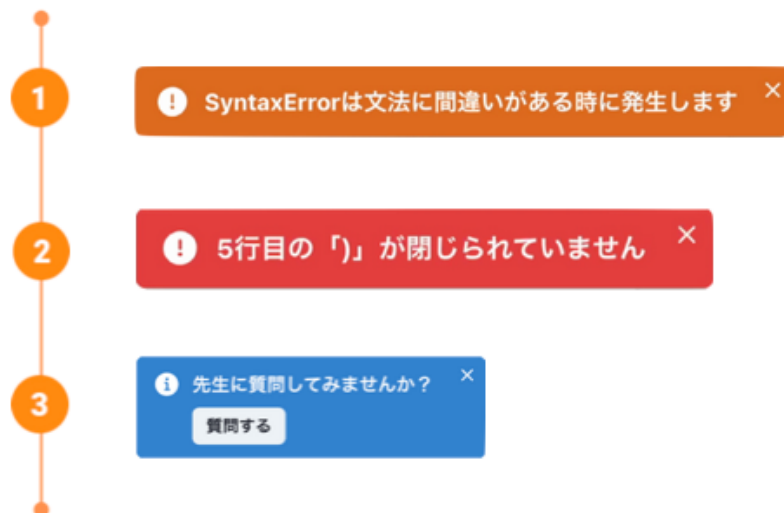


図4. 段階的に自動サポートを行う機能の通知

#### 4. 従来の技術（または機能）との相違

従来のプログラミング学習環境では、オンラインでプログラミングや学習コンテンツの作成、進捗の管理を行うことのできるものは存在する。

本プロジェクトで開発したプログラミング学習基盤ではオンラインのプログラミングや進捗管理に留まらず、学習データ収集、分析し、つまづきの検知やその解決に向けた支援を自動で動的に行うことなどの、効率的で最適なプログラミング学習をブラウザのみで行うことができる。

#### 5. 期待される効果

本プロジェクトでは、プログラミング学習コンテンツではなく、環境構築が不要で、簡単に学習データの収集から活用までを行うことのできる基盤を開発した。

授業の教え方の方針は多様で、コンテンツではなく学習データを活用したプログラミング教育のサポートを行うことのできる学習基盤を開発することで全てのプログラミング教育の現場で先生、生徒の能力を吸収して多様な授業のやり方で学習の質と効率の向上が見込まれる。

#### 6. 普及（または活用）の見通し

普及のためのランディングページの開発やユーザテストを通して、本プロジェクトで開発したプログラミング学習基盤LOGRAMを、継続して改善を重ね広めていく。

#### 7. クリエータ名（所属）

坂口 楽（成蹊大学 理工学部 情報科学科 3年）