

# オンラインで複数言語を扱うことができる プログラミング授業支援環境

長島 和平<sup>†1</sup> 本多 佑希<sup>†2</sup> 長 慎也<sup>†3</sup> 間辺 広樹<sup>†4</sup>  
兼宗 進<sup>†2</sup> 並木 美太郎<sup>†1</sup>

次期指導要領では初等中等教育でのプログラミングの充実が検討されており、実習用の PC などに事前のインストールなどの手間をかけずにさまざまなプログラミングを行える学習環境が望まれている。そこで Web ブラウザから手軽に利用できるオンラインプログラミング学習環境 Bit Arrow を提案する。Bit Arrow は代表的な Web ブラウザで動作し、複数のプログラミング言語を切り替えて使用できる。現在は JavaScript, C, ドリトルに対応している。教員が授業用の ID を伝えることで、生徒は教室や自宅から利用できる。作成したプログラムは自動的にサーバに保存され、教員が状況を確認したり、課題を評価したりすることが可能である。本発表では Bit Arrow の概要を紹介し、高校と大学で行った JavaScript と C の授業を報告する。

## Web-based Programming Environment Support Lecture and Multi-Programming Language

KAZUHEI NAGASHIMA<sup>†1</sup> YUKI HONDA<sup>†2</sup> SHINYA CHO<sup>†3</sup>  
HIROKI MANABE<sup>†4</sup> SUSUMU KANEMUNE<sup>†2</sup> MITAROU NAMIKI<sup>†1</sup>

To gain programming class in elementary and secondary education is considered in next curriculum guidelines. Learning environment which can use many programming languages and without installation is required. We propose Bit Arrow, a web-based programming environment. The environment includes multi-programming languages such as JavaScript, C and Dolittle. Students can learn programming with the environment developed on cloud systems. Teacher can check learners' state and evaluate their assignments. We present summary of Bit Arrow and report lectures: used JavaScript in high school and used C in University.

### 1. はじめに

従来のプログラミングの授業では、学習者は演習室で実習を行っていた。しかし、課題のプログラムを自宅で作成しようと考え、自宅に授業で使用する言語の環境を整える必要があったり、演習室で途中まで書き進めたファイルを持って帰るのに手間があったりと、いくつかの壁があった。これらの点は、コーディングと実行を Web ブラウザで行い、コードをクラウドで保存することで解決できる。

教員にとっても、Web ブラウザで学習させることによって、学習者のつまづきや進捗を一覧することができる。また、事前にソフトをインストールさせる必要がないことから、負担を軽減することができる。

こうした考えから著者らは先行研究として、Web ブラウザを用いて JavaScript を学習する環境 JSLesson を開発し、高校のプログラミング授業で使用した[1]。この授業では、JavaScript を用いて身近なアプリケーションの仕組みを教えることを目的とした。高校生の多くはスマートフォンで Web アプリやゲームに身近に触れているため、グラフィッ

クスを用いることと、スマートフォンと連動させる必要があった。そこで、JSLesson では、要素を操作するための API を用意したほか、QR コードを発行してスマートフォン上でプログラムを実行できるようにして授業を行った。

これらの概念を活かし、JavaScript に限らず複数のプログラミング言語を扱える授業支援環境 Bit Arrow[2]を開発した。他の言語を使用することができることで、教員は、自分が教えたい言語を使用し学習者の身近な題材を取り上げることができる。Bit Arrow を、大学の C の授業で使用した。

### 2. 現在行われているプログラミング授業

#### 2.1 高校におけるプログラミング

高校の科目「情報の科学」の教科書には JavaScript が使われることがある[3][4]。教科書で扱われるプログラムは、計算結果や、並べ替えの結果を画面に表示させるような単純なものである。この教科書では、順次、反復、分岐といったプログラミングの基本的な概念を扱っている。

高校生へのプログラミング演習にグラフィックスを扱うことができる Processing やゲーム制作を取り入れた事例[5][6]もあり、これらの演習で生徒の学習意欲を向上させることができる。JavaScript を用いることで、普段何気なく使

†1 東京農工大学

†2 大阪電気通信大学

†3 明星大学

†4 神奈川県立柏陽高等学校

用している Web アプリなどが動く仕組みなどを体験的に学ぶことができるが、高校で使われる教科書に JavaScript を用いてゲームを制作するサンプルはない。また、生徒が日常触れているスマートフォンなどと連携することで、生徒の理解の促進や学習意欲に好影響を与えることができると考えられる。

## 2.2 大学におけるプログラミング

大学のプログラミングでは、C や Java など、授業によって様々な言語が扱われる。多くの言語は、学生が自宅で学習をするにあたり環境の準備などが必要になるほか、プログラミングの授業が複数あり、それぞれ異なる言語を使う場合は、言語によってその環境の使い方も習得する必要があるため、プログラミング学習の本質とは異なることに労力が必要になる。また、授業の演習などで作成したプログラムを自宅で編集するためには、USB メモリなどを用いてファイルを持ち歩く必要がある。

自宅で学習するためにある問題点は、Web ブラウザを用いてコーディングを行い、プログラムをクラウドで保存することで解決する。

## 3. Web ブラウザでプログラミングを学習できる環境

Web ブラウザ上で複数の言語を使うことができるプログラミング環境は複数存在する。ideone[7]、codepad[8]、paiza.IO[9]といった環境が、Web ブラウザ上でコーディングと実行ができる環境として挙げられる。

しかし、これらの環境は、授業支援のための環境ではないため、課題プログラムの提出などに他のシステムを使用する必要がある。また、教員側では学習者の進捗を把握することなどができない。

## 4. Bit Arrow

著者らは Web ブラウザで複数言語を扱うことができるプログラミング授業支援環境として Bit Arrow を開発した。本環境は、プロジェクトを作成する際に、言語を選択することができる(図 1)。

また、編集画面は図 2 の通りで、中央に編集エディタ、右に実行画面を配置しており、すぐに実行結果を確認することができる。

3 で述べた環境は、記述したプログラムをサーバへ送信し、そこで実行している。この方式では、新しい言語を入れるたびにサーバ側のプログラムに手を加える必要があるため、教員が使いたい言語を自ら加えることができない。本環境は、プログラムの実行をサーバで行わず、記述されたプログラムをクライアント側で JavaScript に変換して実

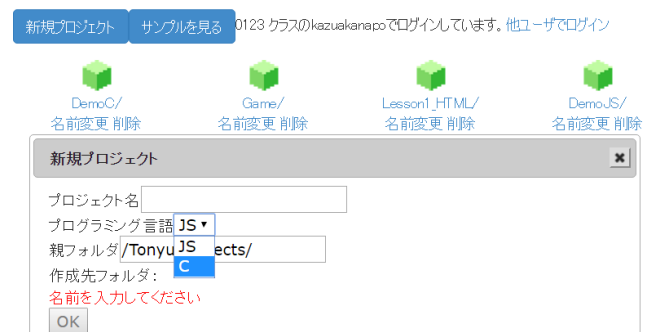


図 1 Bit Arrow のプロジェクト作成ダイアログ

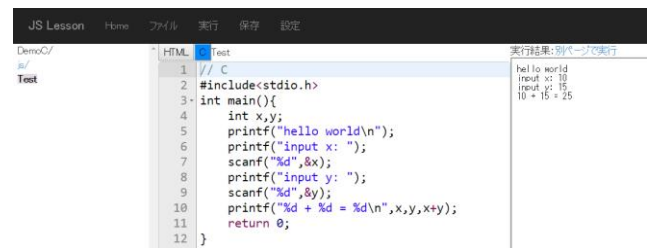


図 2 Bit Arrow のコード編集及び実行画面

行する。また、Bit Arrow では、教員が使用したい言語をプラグインとして追加できる機能を実装する予定である。教員は、使用したい言語を JavaScript へ変換する仕組みを作り、それを登録することで、その言語を本環境上で扱うことができる。このとき、サーバ上にプラグインの js ファイルを置く必要はあるが、これはサーバにとって静的なファイルであり、サーバサイドで実行するプログラム(CGI 等)を新たに追加する必要はない。また、JSLesson で用いた API を、各言語共通の API として提供する予定である。API を提供することで、他の言語を使っても同じ内容を扱うことができる。現時点では JavaScript と C を扱うことができる。

本環境では、元の言語を JavaScript に変換して実行するため、言語仕様の差異が生じる。C を JavaScript に変換するとき、例えば C の配列を JS の配列にそのまま変換するのではなく、C のメモリモデルを模倣したライブラリを用意し、そのライブラリ関数を呼び出す形に変換しており、言語間の差異の吸収は行っている。配列の範囲を超えたアクセスがあった場合、JavaScript はそれを許容するが、C では動作が不定になる。このとき、本環境の C では、エラーを送信し、これはしてはいけない操作であることを学習者に知らせるような設計を行っている。そのほかにも、型の互換性のない変数同士の代入や表示操作に対して、例えば、%d に対して float の値を表示させようとしたとき、C ではまったく違う数値が表示されるが、本環境の C ではエラーとなるよう実装している。これらのような工夫で、言語仕様の差異を吸収している。

本環境は、Web ブラウザ上でコーディングと実行を行うことができ、記述したプログラムをサーバと同期すること

で、自宅でもプログラムの続きを行うことができる。また、実行したプログラムの QR コードを発行することで、学習者は自身が記述したプログラムをスマートフォンで動かすこともできる(図 3)。



図 3 実行中のプログラムの QR コード

## 5. Bit Arrow を用いた実践

### 5.1 高校での実践

Bit Arrow を、2015 年度文部科学省委託事業のプログラミング教育実証授業の対象となった神奈川県立柏陽高等学校にて用いた[10]。この授業は高校 1 年生約 300 人が受講し、はじめにドリトルを用いてプログラミングへの導入の授業が 3 コマ、HTML と JavaScript を用いて Web ページの作り方、ゲーム制作を通じたプログラミング学習を扱う授業が 5 コマ、PHP を用いて Web の仕組みとサーバサイド技術を学習する授業が 2 コマ、合計で 10 コマ行われた。Bit Arrow はこのうち、HTML と JavaScript を使用した 5 コマ目から 8 コマ目で使用された[11]。

ゲーム制作のために、通常の JavaScript を扱うことは難しいと考え、Bit Arrow の JavaScript には要素の操作を助ける API を用意した。これを用いてゲームを制作するための教材を作成した。

この授業を通じて、高校生はゲーム制作と、自分の記述したコードがスマートフォン上で動作する経験をした。一部の生徒は、授業終了後にもゲームのコードを独自に改良していた様子が見られたほか、授業を受けた生徒へのアンケートでは、多くの生徒がもう一度学びたいと答えたことから、生徒の学習意欲を大きく刺激することができた。

### 5.2 大学での実践

大阪電気通信大学の C を使ったプログラミング授業で、約 100 人の学生が Bit Arrow を用いて演習を行っている。サーバと同期しているため、ファイル名を指定してプログラムを保存させることで、提出忘れなどをなくすることができる。

本稿執筆時において、学習者の実行ごとのログを取得している。このログには、ソースコード、実行結果のほかに学生番号、実行した時刻などが含まれている。ログの中には休日、深夜、早朝といった、学外での活動を示す記録も

見ることができ、学外でも演習に取り組むことができていることを確認できた。

## 6. まとめと今後の課題

Web ブラウザで複数の言語を使うことができるプログラミング授業支援環境 Bit Arrow を開発し、授業で使用した。

Bit Arrow は本稿執筆時、JavaScript と C を使ってプログラミングをすることができるほか、初学者向けのプログラミング言語であるドリトルの実装も行っている。また、授業支援システムとしても、課題の自動採点機能や、教員から全体の進捗を把握する機能などを追加する予定である。現在プログラムの実行時には、ログを蓄積している。このログを活かし、エラーなどで学習者がつまづいた場合に、以前同じエラーが起きた際の解決策などを提示することで学習をスムーズに行えるような仕組みの実装にも取り組んでいく(図 4)。

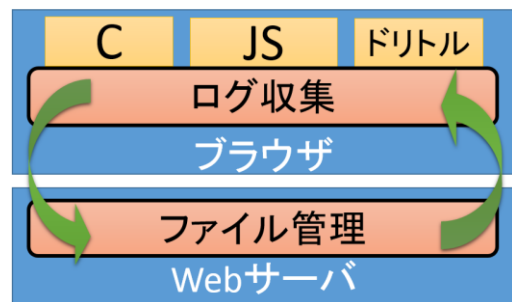


図 4 システムの構成図

## 参考文献

- 1) 長島和平, 長慎也, 間辺広樹, 並木美太郎, 兼宗進: JSLesson - 高校生向け JavaScript 学習環境, 情報処理学会研究報告コンピュータと教育, 2016-CE-134, 16, 1-9(2016).
- 2) 情報科学を楽しく学ぼう. <http://kanemune.eplang.jp/>
- 3) 水越敏行, 村井純, 生田孝至ら: 情報の科学, 日本文教, (2012).
- 4) 赤堀侃司, 永野和男, 東原義訓ら: 情報の科学, 東京書籍, (2012).
- 5) 土肥伸一, 今野紀子: Processing による高校生を対象としたプログラミング入門体験 2, 情報教育シンポジウム 2014 論文集, 2014, 2, 119-126(2014).
- 6) Mohammed Al-Bow, et al. : Using game creation for teaching computer programming to high school students and teachers, ACM SIGCSE Bull. 41, 3, 104-108(2009).
- 7) ideone.com. <https://ideone.com/>
- 8) codepad. <http://codepad.org/>
- 9) paiza.IO. <https://paiza.io/>
- 10) プログラミング教育に関する実証校及び協力団体 実証

校及び協力団体一覧

[http://www.mri.co.jp/news/press/public\\_offering/uploadfiles/201509115result.pdf](http://www.mri.co.jp/news/press/public_offering/uploadfiles/201509115result.pdf)

- 11) 間辺広樹, 長島和平, 長慎也, 並木美太郎, 兼宗進: 高等学校における複数言語によるプログラミング教育の提案～情報システムの理解を目標としたドリトル, JavaScript, PHP の連携～, 情報処理学会研究報告コンピュータと教育, 2016-CE-133, 3, 1-10(2016).