

オンラインプログラミング学習システム Bit Arrow の紹介

長 慎也

明星大学

高校教科「情報」に対応した プログラミング環境 Bit Arrow

2022 年度から始まる高校教科「情報」では、必修科目の「情報 I」と選択科目「情報 II」に分けられ、必修科目情報 I でもプログラミングを行うことになった。そのため、すべての高校で利用可能なプログラミング演習環境が求められている。

現状の高校の PC 教室は、プログラミングのための環境をインストールする権限がないなどの理由で、インストールしなくても使えるメモ帳と Web ブラウザを用いた JavaScript のプログラミングなどが行われているが、そのような環境ではプログラムの入力支援が十分でなく、エラーが起きたときにエラーメッセージを確認することすら難しい、という問題が起きていた。

筆者らが開発してきた Bit Arrow^{☆1} は、Web アプリケーションとして動作する教育用プログラミング環境であり、教室の PC には Web ブラウザ以外のアプリケーションのインストールが不要である。また、入力支援やエラーの提示を分かりやすくする工夫がされており、Bit Arrow を実際の高校生に使用させた実践においては、エラーの発生を抑え、エラーの修正時間を短縮することが確認できた¹⁾。

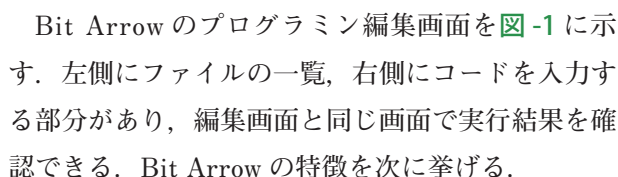
「情報 I」の指導要領においては、「(3) コンピュータとプログラミング」と「(4) 情報通信ネットワークとデータの活用」という単元において、データ分析にプログラミングを用いたり、情報システム（ネッ

^{☆1} <https://bitarrow.eplang.jp/>

トワークで接続されたコンピュータからなるシステム) の体験をさせたりするために、適宜プログラミングを活用することが望ましいとされている。これを受けて、Bit Arrow には、データの収集源として組み込み機器からのセンサデータの収集や、データ分析などの一部の処理を Web サーバ側でも行えるような実行系を備えてきた。また、データ分析に必要なファイル(データ)をアップロードし、共有するための仕組みも実装している。

本稿では、これらの機能について紹介していく。

Bit Arrow の特徴

Bit Arrow のプログラミン編集画面を -1 に示す。左側にファイルの一覧、右側にコードを入力する部分があり、編集画面と同じ画面で実行結果を確認できる。Bit Arrow の特徴を次に挙げる。

- Web ブラウザだけで、JavaScript, ドリトル, C 言語, Python などの複数のプログラミング言語で演習可能。
- ファイルや DB などのデータをアップロードし、プログラムから使用可能。また、クラス内で同じデータを共有可能。
- 組み込み機器からセンサデータを入力・アクチュエータに出力可能。
- 教員によるクラス管理・ユーザ(学習者)登録が可能。学習者がメールアドレスを持っていないくても、登録やパスワード再発行が可能。

- 教員や学習者がログを閲覧することが可能。進捗が遅い(つまりいている)学生を見つけることが可能。

□ 処理系とライブラリ

各言語のプログラムは実行を Web ブラウザ上で行えるようにしている。Web ブラウザでプログラミング演習が可能な環境は Bit Arrow のほかにも多くあるが^{☆2}、その多くは Web ブラウザで書いた内容を Web サーバに送信して実行し、実行結果を Web ブラウザに返却するものである。この方式では、実行が完了するまで実行結果が確認できないため、途中で入力のあるプログラム(ゲームなど)の実行を行うのは不向きである。そこで、Bit Arrow では原則として、各言語から JavaScript へ変換するトランスパイラを備えた Bit Arrow 独自の処理系を用いて、JavaScript をブラウザで直接実行する。これにより、アニメーションなどのインタラクションの多いプログラムも実行できるようにした。

Bit Arrow では、次の言語を利用できる。

- **拡張版 JavaScript** : JavaScript をベースに拡張した言語。DOM 操作やアニメーションに便利なラ

^{☆2} <https://paiza.io/> など

イブラリのセットを提供。

- **ドリトル** : 日本語の命令セットを持つ言語。学習者にとって身近なアプリケーションの作成が容易。
- **簡易 C** : C 言語のサブセット。ポインタや構造体の演習が可能。グラフィクス機能を標準で利用可能。
- **DNCL (どんくり)** : 情報科目の試験などに利用されている DNCL を拡張した言語。アルゴリズムの構築・評価が容易。
- **Python** : 統計処理、機械学習、ネットワーク通信のライブラリが豊富な言語。Bit Arrow では、Web ブラウザ側での実行のほかに、Web サーバでの実行、組み込み機器での実行もサポート。

□ データ管理

Bit Arrow では、データサイエンス関連の演習を容易に行えるよう、データの収集・蓄積を行い、そのデータを学習者のプログラムから読み書きする仕組みを備えている。Bit Arrow の開発環境(IDE)から、ファイルをアップロードすることができ、それぞれのファイルはユーザ 1 人だけに見せるか、クラス全体で共有するかを選択できる。また、ファイル形式だけでなく、簡易的なデータベースを使用することもできる。

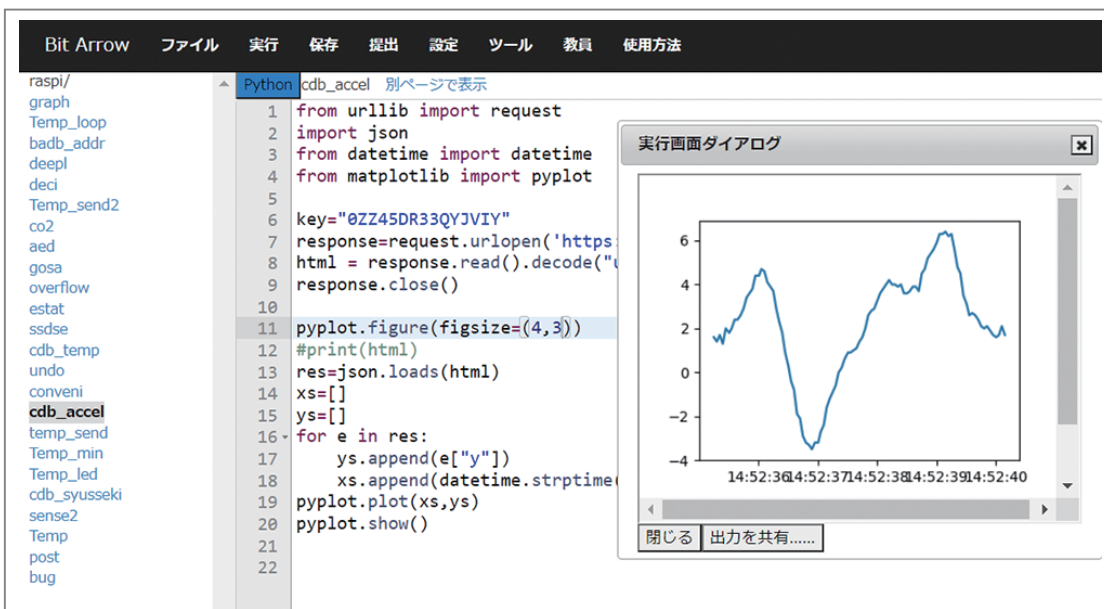


図 -1 Bit Arrow の動作画面



プログラム例

□ 情報システム

高校の指導要領においては、「プログラミングでアプリケーションソフトウェアが持つ機能の一部を実現」したり、「データベースや情報システムが提供するサービスがネットワーク上のシステムで稼働していること」を体験させたりする活動が求められており、生徒にとって身近なシステムを題材にして、これらの体験をできるようにすることが望ましい。ここでは、特に生徒にとって身近な存在といえる SNS について、その機能の基本的な部分を Bit Arrow を用いて構築した例を **リスト 1** に示す。これは、先述した簡易データベースを用いて実装されており、拡張版 JavaScript のプログラムから定期的にデータ読み書きすることで、SNS における会話の機能を再現している。

□ 組み込み機器からのデータ入力・分析

Bit Arrow は、教育用の組み込み機器（プログラムを用いてセンサやアクチュエータを制御できる機

器）である Raspberry Pi のセンサデータの入力にも対応している。Raspberry Pi には、ネットワーク機能を持つ機種と持たない機種があり、そのいずれにも対応している。前者の場合、Bit Arrow が稼働している Web サーバにセンサデータを HTTP 通信で送信し、先述した簡易的なデータベースへの書き込みを行うことができる。後者の場合、手元の (Bit Arrow にアクセスしている) PC に Raspberry Pi を USB ケーブル接続することで、Bit Arrow から Raspberry Pi に **リスト 2** のようなプログラムを転送し、Web ブラウザで実行結果を確認することができる。

また、実行画面ダイアログから出力結果をテキストファイル形式でデータファイルとしてアップロードすることが可能で、ファイルに保存した温度データは、**リスト 3** のように読み込み、**図-2** のように温度データをグラフ化することも可能である。このとき、リスト 2 の温度データ収集プログラム (Raspberry Pi で実行) と、リスト 3 のプログラム (サーバで実行) は同じプロジェクト内に置くことが

リスト 1 チャットプログラム

```
1 latestUpdate=0;
2 setGroup("sample");
3 onClick("send",send);
4 function send(){
5   var m=getText("message");
6   var n=getText("name");
7   addLog("chat",m,n);
8   setText("message","");
9   read();
10 }
11 function read(){
12   msg=findLog("chat");
13   var txt="";
14   for(var i=0;i<msg.length;i++){
15     txt+=msg[i].data1+"<BR>";
16   }
17   setText("talk",txt);
18 }
19 while(true){
20   read();
21   wait(10000);
22 }
```

リスト 2 Raspberry Pi による温度データの収集

```
1 import machine
2 import time
3 import utime
4
5 sensor_temp = machine.ADC(4)
6 conv = 3.3 / (65535)
7
8 print("time,temp")
9 for i in range(100):
10   reading=sensor_temp.read_u16()*conv
11   temperature=27-(reading - 0.706)/0.001721
12   (y, M, d, h, m, s, _1, _2)=utime.localtime()
13   t="{}/{} / {} {}:{}".format(y,M,d,h,m,s)
14   print("{} , {}".format(t, temperature) )
15   time.sleep(1)
```

リスト 3 温度データのグラフ化プログラム

```
1 import pandas
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 df=pandas.read_csv("user/temp_out.csv")
5 plt.plot(df["time"], df["temp"])
6 plt.show()
```

可能であり、データの収集から分析までを1つの画面で演習することができる。

また、Bit Arrow のドリトルを用いても Raspberry Pi のセンサーデータを制御できる。**リスト4**は、温度計測とLEDの点滅を行いながら、Bit Arrow が動作しているPCの画面上に、温度の値をリアルタイムに記録・表示するタートルオブジェクトを表示させている。

現状、対応している機器は Raspberry Pi のみであるが、本稿執筆中に micro:bit でも動作可能とする見通しが立っている。micro:bit はLEDディスプレイ (5 × 5) や加速度センサなどが組み込まれてお

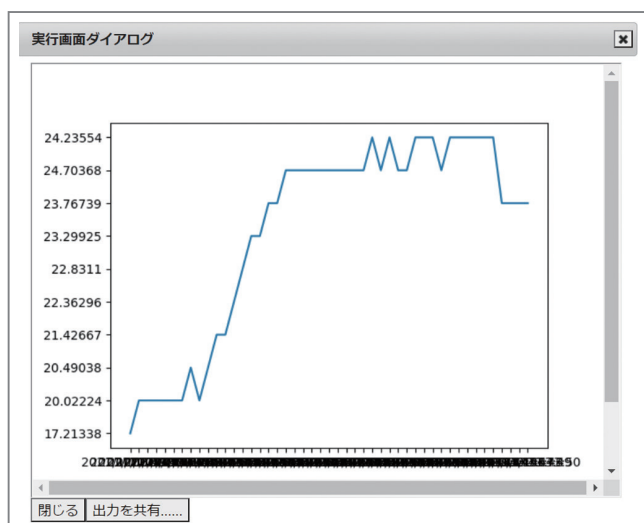


図-2 温度データのグラフ化

リスト4 ドリトルによる Raspberry Pi のセンサーデータのリアルタイム表示

- ```
1 センサ=ラズパイ！作る 接続。
2 かめた=タートル！作る。
3 温度表示=ラベル！作る -100 100 位置。
4 初期温度 = センサ！温度。
5 x=0。
6 タイマー！作る 30 時間「
7 y= センサ！温度。
8 温度表示！（y+ " 度 "）書く。
9 かめた！（x）（y*6）位置。
10 x=x+1。
11 「y> 初期温度」！なら「
12 センサ！ 1 LED。
13 」そうでなければ「
14 センサ！ 0 LED。
15 」実行。
16 」実行。
```

り、生徒にとってより興味を惹くプログラムも開発可能と考えられる。

## □ オープンデータの分析

指導要領において、政府統計の総合窓口 (e-Stat) などが提供しているオープンデータの可視化と問題発見が扱われている。特に、地理情報システム (GIS) を使った題材においては、実際に地図を表示してデータを分かりやすく可視化することが求められている。

Bit Arrow はデータのアップロード機能を持ち、オープンデータをアップロードして、プログラムから使用することが容易である。また、Bit Arrow の Python (サーバ実行) には、地図の表示機能を持つ。演習例として、e-Stat の統計 GIS から、AED の設置個所についてのデータ (csv 形式) をダウンロードし、地図上に可視化した例を**図-3**に示す (紙面の関係上、プログラムは省略)。この地図には、AED の設置個所だけでなく、各街区の人口密度のデータも重ね合わせて表示しており、たとえば、「人口密度に対して AED の設置個所が少ない街区」などを、目視またはプログラムをつかって分析するなど、発展的な内容につなげることもできる。

## ログ閲覧

Bit Arrow は、学習者のプログラミング活動をログとして閲覧する機能がある。ログにはソースコードの差分、実行結果 (エラーも含む) が含まれ、エ

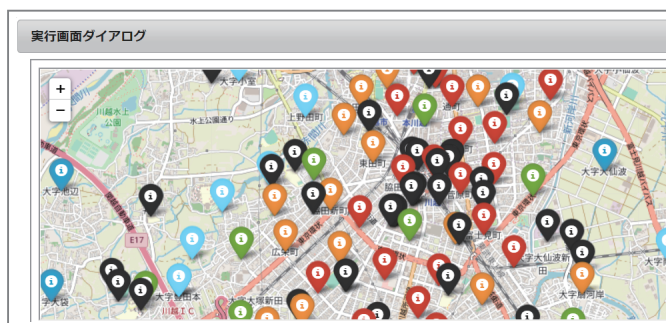


図-3 AED 位置情報の地図への表示の実行結果



ラーを頻発させている学習者や、手が止まっている学習者を一覧することができる。また、**図-4**のように、学習者ごとにソースコードの変更・実行の履歴を表示する機能もある。ソースコードの差分を自動的に解析することによって、その学習者が課題をどのように完成させたか（順調に完成できたか、途中で試行錯誤を行っていたか）を記号や色分けで示すこともできる。

## Bit Arrow の利用について

Bit Arrow は、高校教科「情報」で学習が想定される「情報システム」「アルゴリズム」「モデル化とシミュレーション」「オープンデータの分析」「センサーデータの収集・分析」「身近なアプリケーションの構築」などを学習できる。また、科目の施行に先立ち、情報化の教員向けに作成された「高等学校情報科『情報I』教員研修用教材」のプログラミングに関

係する章に掲載されているプログラムが Bit Arrow で動作させられることを確認できている。また、高校以外にも大学の初年次教育に活用されている。

Bit Arrow の利用については、Web サイト<sup>☆3</sup>にて教員ユーザ登録をさせていただくと、自由にクラスの作成やユーザ登録が可能になる。プログラミング教育の一助としていただければ幸いである。

### 参考文献

- 1) 長島和平, 長 慎也, 間辺広樹, 兼宗 進, 並木美太郎: Web ブラウザを用いたプログラミング学習支援環境 Bit Arrow の設計と評価, 情報処理学会論文誌教育とコンピュータ (TCE), Vol.4, No.1, pp.57-69 (2018). (2022年1月27日受付)

☆3 <http://bitarrow.eplang.jp/>



長 慎也 (正会員) cho@eplang.jp

2005年早稲田大学理工学研究科にて博士号取得(情報科学), 2010年より明星大学情報学部准教授, 2017年より同学部教授。プログラミング言語処理系やプログラミング教育の研究に従事。

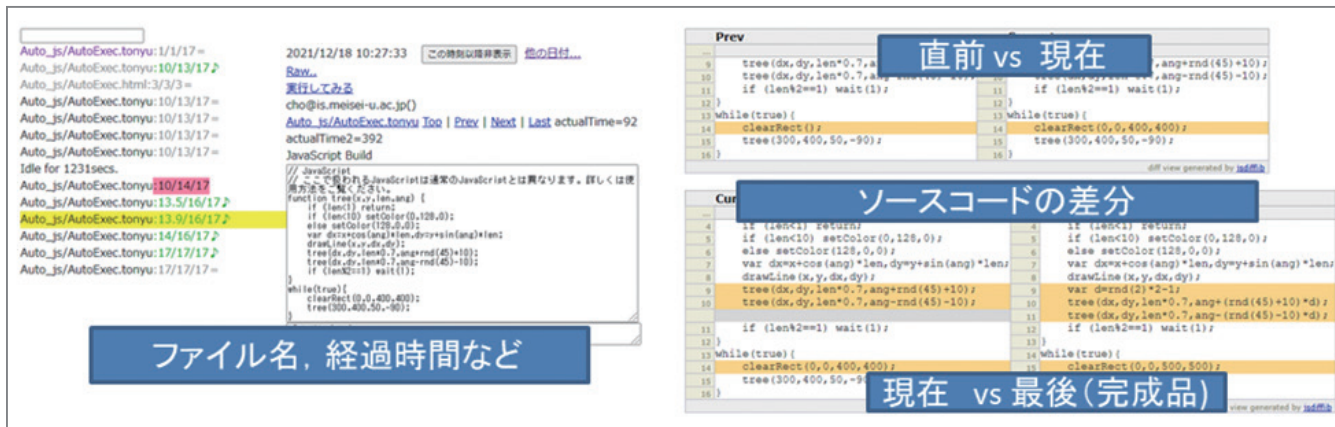


図-4 ログ閲覧機能