

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 24 日現在

機関番号：35410

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23501036

研究課題名(和文) 日本語プログラミング言語による科学リテラシー獲得を目指した情報教育の実践的研究

研究課題名(英文) Practical study of the information education aiming at the scientific literacy acquisition by a Japanese programming language

研究代表者

山田 耕太郎 (YAMADA, KOTARO)

比治山大学・現代文化学部・准教授

研究者番号：20353120

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円、(間接経費) 900,000円

研究成果の概要(和文)：情報教育に科学教育のテーマや要素を取り入れ、日本語プログラミングとセンサーを利用した教材で学習活動を展開し、その教育効果を調査した。その結果、センサーを導入することによって学生の興味・関心が高まることが確認できた。また天気予報や緊急地震速報などの身近なテーマを情報教育と科学教育の両面から扱ったことで、情報システムと自然現象の関係を有機的に理解させることができた。

研究成果の概要(英文)：We adopted a theme and a factor of the science education for information education. Then we performed the learning activity with the teaching materials using Japanese programming language and a sensor, and investigated the education effect. As a result, it was confirmed that the interests of students is enhanced by the introduction of a sensor. Moreover, the information system and the natural phenomenon were able to be made to understand organically by having treated familiar themes, such as a weather report and an earthquake early warning, from both sides of information education and science instruction.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学, 科学教育

キーワード：日本語プログラミング 情報教育 科学教育 科学リテラシー センサー

1. 研究開始当初の背景

情報教育において、コンピュータの仕組みとその動作原理を理解することは、コンピュータの本質を知る上で重要である。しかし、グラフィカルな画面で視覚的かつ直感的な操作に慣れ親しみ、パソコンの内部を見た経験のない多くの学生にとって、コンピュータは全くのブラックボックスであるため、「CPUが命令を実行する」「ソフトウェアは特定の機能を実行させたり処理を行わせるための命令の集まり(プログラム)である」などの説明は、コンピュータ内部で実行される「命令」がどのようなものであるのかが理解できなければ、動作原理をイメージすることも困難である。この困難を少しでも解消するためには、プログラミングによって学生にコンピュータ内部の処理を体験させ、処理過程を追う練習が効果的であると考え、平成18年度から日本語プログラミング言語「なでしこ」を使ったプログラミング教育を実践してきた。

日本語でプログラムできることの最大の利点はソースコードの可読性の高さにあり、プログラミング初心者でも直感的にプログラムの内容が理解できることである。この利点を活かし、情報を専門としない学生を対象にしたプログラミング教育の実践によって、本研究の開始当初までに以下の成果と知見を得ていた。

- 学生のプログラミングに対する興味やモチベーションが向上した。
- 英語ベースの言語を使った授業では到達の難しかった「関数」の利用まで到達できた。
- 目的のプログラムを学生が自力で組むレベルに達することは難しいが、サンプルプログラムを与えて改良を加えさせる教材は効果的である。
- 「命令ひとつで音が鳴ることに驚いた」「パソコンを自分で操作できることを知らなかった」などの反応があり、プログラミング教育によってコンピュータに対する理解が深まる教育効果が確認できた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、情報教育と科学教育を融合した教育手法と教材の開発を行い、授業実践によってその効果を確かめることである。

情報教育では単にコンピュータの利活用だけでなく、コンピュータの仕組みや動作原理を正しく知り、情報を科学的に理解する学びが重要である。この学びは、実験や観察を通して自然の基本原則や法則を発見的に理解する科学教育と共通する部分が多い。本研究ではそのような「情報教育」と「科学教育」の共通項を活かし、情報教育の学びの中に科学的な思考を要するテーマや活動を取り入れて、「なぜ？」や「どうなっている？」といった問いかけを通じて科学リテラシーの獲得を目指すものである。そして、その学び

の要となるものが日本語プログラミング言語「なでしこ」によるプログラミング教育と、センサーやアクチュエータの導入による体験的学習である。

3. 研究の方法

(1) 物理教育教材の利用

本研究開始までに筆者は、物理現象を「なでしこ」でアニメーション表示させる電子教材の制作を行い、物理教育への日本語プログラム利用を提案していた。物理現象としては「自由落下」や「投射」「衝突」などの単純なものであるが、例えば「落下」をアニメーションするためには物体画像をどのように連続表示すべきかをプログラミングの段階で意識しなければならない。このような思考を通じて日常の身の回りの現象を「なぜ?」「どうして?」という素朴な疑問とともに見つめ直すきっかけとするものである。

(2) センサーの利用

パソコンは主にマウスとキーボードで操作を行うが、それ以外の装置を用いてもプログラミングによってコンピュータ操作に利用することができる。従って、マウスとキーボード以外の装置でコンピュータの操作を行うという体験はプログラミングや動作原理の理解に有用であると考えられる。そこで、光センサーやタッチセンサー、温度センサー、音センサーなど、様々なセンサーを授業で利用する。

センサーの利用は、情報教育的な見地からは、コンピュータの汎用性に気付かせるツールとして、科学教育的な見地からは身の回りにあふれる様々な物理的要素(光・音・力・温度など)に気付かせるツールとしての役割を期待したものである。

(3) ネットワークの利用

天気予報や地震観測、緊急地震速報などを行う情報システムはネットワークなしでは成り立たない。天気予報や地震観測システムでは多くのセンサーが使われており、日夜観測データを自動的に蓄積し解析を行っている。つまり、天気予報や地震観測は、気温や湿度、気圧、風速、雨量、震度などの科学教育的な要素と、ネットワークや情報システムなどの情報教育的な要素が融合した優れたテーマとなっている。そこで、センサーをネットワーク越しに利用できる教材を開発し、学生が自分のパソコンやスマートフォンから直接操作することで遠隔操作の体験を行えるようにする。そしてこの学習活動の中で気象や地震についての理解も深める。

4. 研究成果

(1) 物理のための電子教材の開発

コンピュータグラフィックスによって物理現象を視覚的に理解するための電子教材を、日本語プログラムで開発した。この教材

では、プログラムの実行結果を単に見るだけでなく、プログラムのソースコードを直接書き換えてシミュレーションを行うことで、プログラミング（情報教育）と現象の理解（科学教育）を行き来しながら学ぶことを目的としている。

図1は水平投射をシミュレーションする日本語プログラムと実行結果である。このプログラムを発展させると、宇宙空間を飛行するロケットの動きをシミュレーションして確かめることができる。図2は、エンジンを停止した状態で横方向に飛行しているロケットが、エンジンを点火したり停止させたときに運動がどのように変わるのかをシミュレートしているときのスナップショットである。このシミュレーションでは、エンジンの推進力でロケットの前方方向に速度が生じるとエンジンを停止しても慣性の法則で斜め方向に飛行することが確認できる。また、エンジンを点火したままにすると前方方向に加速度が生じるため、放物線運動となることも確かめることができる。

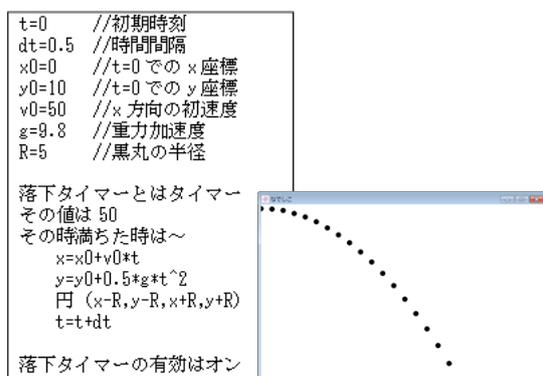


図1 水平投射のプログラムと実行結果

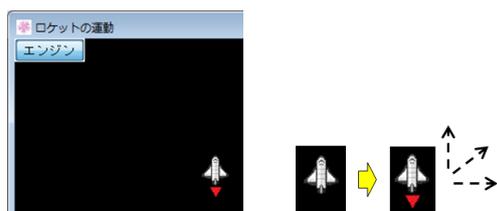


図2 ロケットはどちらに進むか

(2) Phidgets ライブラリの開発

(1)の「物理のための電子教材の開発」はパソコンの画面上でシミュレーションを行うものであり、実体を伴わない。そこで身の回りの現象の観察を通じて実体を伴わせるために Phidgets と呼ばれるセンサー群を用いることとした。

PhidgetsはUSB接続で利用できる様々なセンサーやアクチュエータであり、多くのプログラミング言語に対応したAPIが提供されているため、比較的簡単にセンサーの計測値を取得したり装置の制御を行ったりすることができる。しかし日本語プログラミング言語に対応したAPIは提供されていなかったため、

なでしこから Phidgets の API を使うためのライブラリを開発し、センサーの計測値をなでしこのプログラムから取得したりデータ処理が行えるようにした。

このライブラリの有効性を確かめるために、振り子の周期測定をなでしこのプログラムで行った。図3は振り子の周期測定中の様子となでしこの計測画面である。装置は赤外反射センサーで振り子の1周期毎の時間を計測するものである。この測定では、おもりとして南京錠を使っており、糸の長さ（吊り下げ位置から南京錠のおよその重心までの距離）は約16.5cmであった。重力加速度を980cm/s²とすると周期の理論値は0.815秒となる。一方、計測値は平均0.821秒となっていることが読み取れる。従ってこのような簡易的な装置での測定値としては十分な精度で計測が行われていると考えられる。周期計測のプログラムは50行程程度で実装できるため、プログラミング教育の教材としても適したものとなっている。

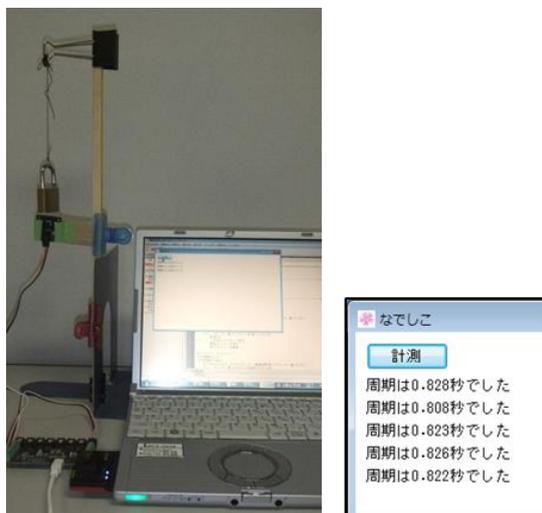


図3 振り子の周期計測の様子

(3) 計測・制御のための教材開発

中学校の技術科で「プログラムによる計測・制御」が必修化されたことを受けて、なでしこで計測・制御を行うための教材開発を行った。授業で使った教材は、気象データ（気温・湿度・気圧など）を連続的に計測したり、授業中に高所の気圧を計測したり、気象庁から天気図を自動的・定期的にダウンロードするプログラムなどである。また、ネットワークの仕組みを理解するためのものとして、ネットワーク越しに計測値を取得（計測）したり、LEDの点灯・消灯（制御）を行う教材を開発した。図4に教材と授業展開時のネットワークの模式図を示す。この教材ではネットワークでデータが送られる仕組みを理解するために、教室内のパソコン1台をなでしこプログラムによってサーバに仕立て、教室内のネットワークを通じてセンサー（図4では音センサーを使っている）の計測値を学生用パソコン（クライアント）側で取得したり、

LED の点灯と消灯が行えるようにしている。ただしこの教材はセンサーの計測値とLEDの点灯・消灯には何も関係はなく、ロボット教材のように計測と制御を同時に行うものではない。

計測と制御を同時に行うものとして、光センサーを複数個並べ、一番強い光が当たっているセンサー方向を指し示す教材を作成した。図5は光センサーを8個並べ、一番強い光が当たっている方向を判断してサーボモータを制御し、カップに入ったぬいぐるみがその方向を向くようになっている。この教材の狙いは、光の強さの最大値を求めるためのアルゴリズムがどのようなものであるかを考えることである。また、ぬいぐるみが植物を抱えているのは、植物が光を好むことに気付かせることを狙いとしている。つまり、データの最大値や最小値を求める基本アルゴリズムを考えるという情報教育の要素と、植物と光の関係を考える科学教育的な要素を融合させた教材となっている。

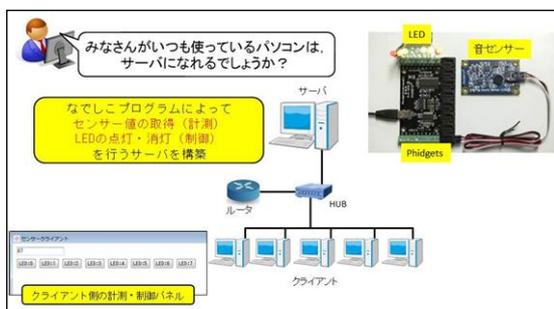


図4 ネットワークの学習教材と環境

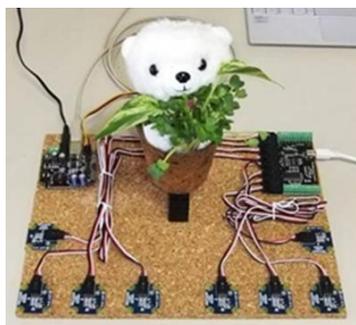


図5 計測と制御の学習教材

(4) 授業実践

(3)の「計測・制御のための教材開発」で開発した教材を幾つか用いて、授業実践を行った。図6は緊急地震速報を疑似体験するための教材である。白い紙コップの中に振動センサーが入っており、パソコン側で常時センサーの計測値を測定している。そして一定の強さ以上の振動を観測すると自動的に「地震が来ます」というアラートを画面に表示すると同時に、メールで地震情報を配信するようになっている。この授業の前に「緊急地震速報がどのように発せられているか」というアンケートを取ったところ、半数以上の学生が「地震を予知している」と誤解しているこ

とが分かった。そこで地震のメカニズムと揺れの伝わる速さの関係を調べ学習で確認した上で疑似体験をすると正しい理解が深まることが確認できた。

気象データを使った学習活動では「上空の気圧は高い」という誤解があったため、授業中に気圧センサーを持ち出して5階建ての建物を上り下りしながら気圧計測を行った。図7はそのときの結果であり、青線が実測値の推移、赤線が実測値を移動平均したものである。グラフの横軸は時間で縦軸は気圧であり、気圧を計測しながら1階から5階まで上って下りてきたときの気圧変化を表している。センサーの気圧分解能が2.5ヘクトパスカルであるため5階付近での気圧の低下に伴い実測データのグラフが楕形になっているが、移動平均で均したグラフからは1.5ヘクトパスカル低下していることが読み取れる。5階の高さが15.5mであり、10mの高さで気圧が約1ヘクトパスカル低下することから、実測と計算値がほぼ合致していることがわかる。このように、実際にデータを実測し、その場で上空の気圧を確認できたことで、学生の興味・関心を喚起できたことがアンケートから確認できた。

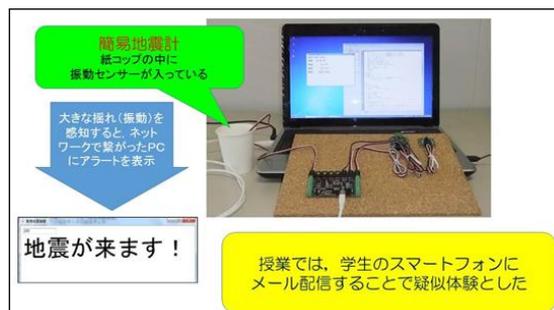


図6 緊急地震速報疑似体験システム

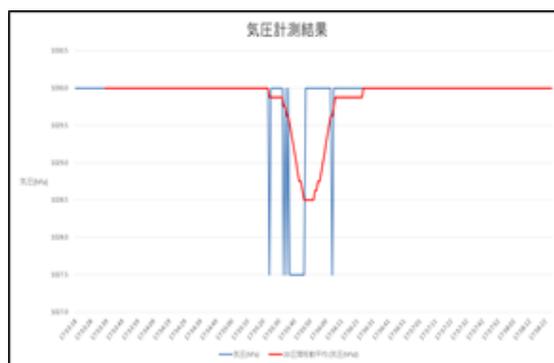


図7 上空の気圧計測結果

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計2件)

① 山田 耕太郎, 日本語プログラミングによる計測制御のための教材開発, 情報処理学会第76回全国大会講演論文集(4), 査読無, 2014,

pp. 375-376

②山田 耕太郎, 日本語プログラミングでセンサーを利用する情報教育のための教材開発, 教育システム情報学会研究報告, vol. 27, no. 6, 査読無, 2013, pp. 27-30

〔学会発表〕(計5件)

①山田 耕太郎, 日本語プログラミングによる計測制御のための教材開発, 情報処理学会第76回全国大会, 2014年3月12日, 東京電機大学

②山田 耕太郎, 情報教育で理科!, 第18回物理教育研究会, 2014年2月22日, 広島県情報プラザ

③山田 耕太郎, 日本語プログラミングでセンサーを利用する情報教育のための教材開発, 教育システム情報学会, 2013年3月16日, 山口大学

④山田 耕太郎, 日本語プログラミングで力学を学ぶ ~センサーを使って~, 第17回物理教育研究会, 2013年2月16日, 広島県情報プラザ

⑤山田 耕太郎, 情報教育で力学も学ぶ, 第16回物理教育研究会, 2012年2月18日, 広島県情報プラザ

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山田 耕太郎 (YAMADA, Kotaro)
比治山大学・現代文化学部・准教授
研究者番号: 20353120