

IT クラフトマンシッププロジェクト ～ 小中学生によるドリトルプログラミング～

佐藤 和浩^{*}, 紅林 秀治[†], 青木 浩幸[‡], 西ヶ谷 浩史[§],
井戸坂 幸男[¶], 鎌田 敏之^{||}, 原 久太郎^{**}, 久野 靖^{††}, 兼宗 進^{‡‡}

概要

経済産業省による「IT クラフトマンシップ・プロジェクト」事業の一環として、小学校と中学校において授業実践を行なった。本稿では、2005 年 7 月と 11 月に小学校で行なった 4 日間の授業と 9 月以降に行なわれた中学校での授業を報告し、学校と NPO や大学などが連携することで初等中等教育で IT 人材の育成が可能であることを述べる。授業では、タートルグラフィックスを応用したゲーム作り、ロボット制御、プログラムによる音楽演奏を扱った。

First Programming Experience for Elementary School Students in IT Craftmanship Projects.

Kazuhiro Sato, Syuji Kurebayashi, Hiroyuki Aoki, Hiroshi Nishigaya,
Yukio Idosaka, Toshiyuki Kamada, Kyutaro Hara, Yasushi Kuno, Susumu Kanemune

Abstract

We conducted IT schools for elementary and junior high school students. Through this experience, students learned some IT concepts such as turtle graphics programming, object-oriented programming and controlling robotic cars.

1 はじめに

経済産業省の IT クラフトマンシッププロジェクト [1] の一環として、小学校と中学校において、高度な IT 人材を創出するための実践授業を行った。本稿では小学校で行った、タートルグラフィックスとロ

ボット制御を主体とした授業を報告し、それを中学校の通常の授業に応用した事例を報告する。

2 小学校における IT クラフトマンシッププロジェクト

2.1 概要

千葉市立おゆみ野南小学校において IT クラフトマンシッププロジェクトを実施した。期間は 2005 年 7 月と 11 月に 2 回ずつ行った。対象は近隣 3 校の小学 5,6 年生 17 名である。時間は 9 時から 16 時である。児童は弁当を持参して参加した。

場所はパソコン室を利用し、1 人 1 台の端末を使った。プログラミング言語にはドリトル [2][3] を使用

* 千葉市立おゆみ野南小学校

† 静岡大学 教育学部技術教育講座

‡ 東京学芸大学 総合教育開発情報教育

§ 藤枝市立青島中学校

¶ 松阪市立飯南中学校

|| 愛知教育大学 技術教育講座

** NPO ゆーらっぶ

†† 筑波大学 経営システム科学

‡‡ 一橋大学 総合情報処理センター

した。学校のコンピュータは市で管理されており、学校ごとのソフトウェアの自由なインストールが許されていないため、今回は CD から起動するドリトルを使い授業を行った。表 1 にカリキュラムを示す。

表 1 カリキュラム

授業	実施日	内容
1	7/27	タートルグラフィックス
2	7/28	ゲーム作品
3	11/5	ロボット
4	11/6	音楽とゲーム作品

2.2 ぼくもわたしもゲーム作家！(1,2 日目)

最初の 2 日間では、「ぼくもわたしもゲーム作家！」というタイトルで、タートルグラフィックスを使ったゲーム作品を作る授業を行った。図 1 に授業の様子を示す。



図 1 授業の様子

初日は教員と児童の自己紹介の後、最初にコンピュータの仕組みを説明した。マザーボードやソフトウェアのパッケージの実物などを見せながら、コンピュータが動いているしくみなどを紹介してから、ドリトルを利用した実習に入った。

今回の IT クラフトマンシッププロジェクトには、ドリトル経験のある児童 6 名(6 年生)と未経験の児童 11 名が参加した。キーボードからの入力が困難な児童が 2 名いたが、通常の学級での学習と同様な技能差であると言える。

児童の学習は、大きく 3 つのステップで進んでいった。以下に、それぞれの様子を示す。

(1) はじめてのプログラミング

ドリトルの画面上にあるボタンなどの説明を受けた後、編集画面より次のコードを入力した。

```
かめた=タートル!作る。  
かめた!100 歩 歩く。
```

ここで実行ボタンをクリックすると、児童から歓声が上がった。言われるままに文章を入力して実行ボタンを押したら、かわいいカメが現れて画面上で動いたのである。

続いて次のコードを追加した。これで前進と回転ができるようになった。

```
かめた!90 度 右回り。
```

(2) 制御構造の習得

次の段階では、逐次的なプログラムで正方形を描かせた。そして、同じコードが何度も出てくことを気づかせたところで次のように繰り返しを教えた。

```
「かめた!100 歩 歩く 90 度 右回り」!2 回 繰り返す。
```

繰り返しの概念は全員が理解できたが、実際の児童の作品では繰り返しを使う児童と使わない児童に分かれた。観察すると、小学生の発達段階では、逐次的な処理を書き連ねることに大きな抵抗がないようである。図 2 に繰り返しを使わずに星を描いた児童のプログラムを、図 3 に繰り返しを使った児童のプログラムを示す。^{*1}

1 日目は、このようにタートルグラフィックスを主体として、自分が文字で書いたプログラムが、画面上でグラフィカルに実行される様子を体感した。また、ボタンオブジェクトによる GUI 部品の活用、タイマーオブジェクトによるアニメーション、衝突メソッドによる跳ね返りを紹介し、プログラミングに

^{*1} 星を描くときの外角は 144 度が正しいが、計算で角度を求めることは小学生には難易度が高い。試行錯誤で角度を求めたプログラムでは、145 度など星らしく見える近似値が使われていた。

```

亀1号=タートル!作る。
亀1号!145度 右回り。
亀1号!100歩 歩く。
亀1号!145度 右回り。
亀1号!100歩 歩く。
亀1号!145度 右回り。
亀1号!100歩 歩く。
亀1号!145度 右回り。
亀1号!100歩 歩く。
亀1号!145度 右回り。
亀1号!100歩 歩く。

```

図2 児童の作品

```

かめた=タートル!作る。
「かめた!100歩 歩く 144度 右回り」!5回 繰り返す。

```

図3 繰り返しを使った例

よりどんなことが可能になるかというイメージを持たせた後で、自分の作りたいゲームプログラムを考えてくることを宿題にした。

(3) 作品づくり

2日目は、ボタンやタイマー、衝突など、ゲームで必要になる機能を解説した後、各自が自分の作品作りを行った。

児童は各自のイメージをもとに多様な作品を作っていた。作品は大きく、迷路を抜けるゲーム、シューティングゲーム、絵や模様が動くアニメーションに分けられる。

図4に、ゲームの作品例を示す。この作品では、画面上で回転しながら移動する円や四角などの図形オブジェクトに衝突しないようにウサギを動かす。衝突すると回数がカウントされる。ゲームの実行中には音楽機能を利用したBGMが演奏されており、終了時の点数によって異なるファンファーレが演奏される作品になっていた。

2日目の午後は、最後に作品の発表会を行った。図5に、作品発表会の様子を示す。



図4 生徒作品(衝突ゲーム)

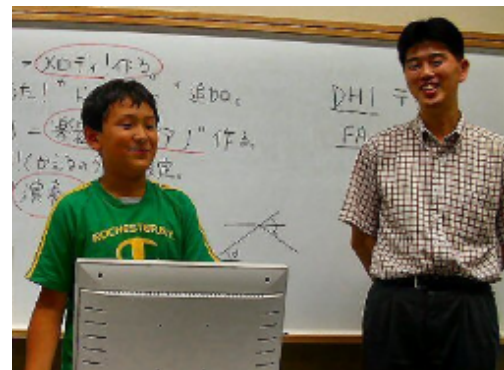


図5 作品発表会

2.3 ロボット制御(3日目)

3,4日目は会場校の都合から3ヶ月後に行った。3日目はのテーマはロボット制御[4][5]である。画面の中だけでなく実物を動かす体験は児童にとって魅力的であり、嬉しそうに取り組む姿が多く見られた。

授業では、1人1台ずつ、プログラムを転送して制御できるロボットカーを与え、次の3つのステップで行った。

- (1) TV リモコンを使った手動でのリモコン操作
- (2) ドリトルで作成する制御プログラミング
- (3) 実際に紙に描いたコースを走るプログラミング

以下にそれぞれを説明する。

(1)TV リモコンでの操作

ロボットカーにはモーターが 2 個搭載されており、プログラムからは、左右のモーターを前後に回転させる命令を送ることで動きを制御する。

今回使用した logob.com[6] というタイプのロボットカーは、コンピュータからプログラムを転送して制御するほかに、TV リモコンによっても操作することが可能である。そこで、授業の最初に TV リモコンで操作することにより、児童がロボットカーを操作する要領を感覚的に体験できるようにした。今回の授業では、この機能はとても有効であった。図 6 に、TV リモコンで操作する様子を示す。



図 6 TV リモコンでの操作

(2) プログラムでの操作

続いて、ドリトルで作成したプログラムを転送する形の制御プログラミングを体験した。図 7 に、プログラムをパソコンからロボットカーに赤外線で転送している様子を示す。

図 8 の制御プログラム例をスクリーンに映し、基本部分を入力させた後、自由にプログラミングを行った。児童たちは、最初は TV リモコンと違いリアルタイムに操作できないという不便さを感じつつも、自らが入力したコードの通りにロボットカーが動くことを体験することで、リモコン操作とは違った達成感をもって取り組んだ。



図 7 赤外線によるプログラム転送

```
かめた＝シリアルポート！作る。  
かめた：転送命令＝「！はじめロボット  
スイッチスタート  
  
// この部分に 10 前進 や 20 後退 などを記述する。  
  
おわりロボット」。  
かめた！”com1” ひらけごま。  
かめた！転送命令。  
かめた！うごけ。  
かめた！とじろごま。
```

図 8 制御のプログラム例

表 2 に、生徒が使用した主な制御命令を示す。

表 2 制御コマンド例

制御コマンド	内容
n 前進	0.n 秒間、前進する
n 左前	0.n 秒間、左モータを正回転させる
n 右前	0.n 秒間、右モータを正回転させる
n 後退	0.n 秒間、後退する
n 左後	0.n 秒間、左モータを逆回転させる
n 右後	0.n 秒間、右モータを逆回転させる
スイッチスタート	スイッチでプログラムを開始する
前進・入力で停止	スイッチが押されるまで前進する
はじめさぶ 1	サブルーチン 1 の開始宣言
おわりさぶ	サブルーチンの終了宣言
うごけさぶ 1	サブルーチン 1 へのジャンプ

(3) コース走行

児童がプログラムによる制御に慣れてきたところで、新たな課題を与えた。模造紙 2 枚分に簡単なコー

スを描き、それを描かれたとおりに完走するという課題である。

今回使用したロボットカーには地面のコースを見分けるための光センサーは搭載されていないため、児童は描かれた線を計り、「○○歩進んだら○○度曲がる」という形のプログラムを試行錯誤しながら作成した。図 9 に、コース走行を行う様子を示す。



図 9 コース走行

3 日目の授業では、児童のモチベーションに大きな差が現れた。熱中し、夢中で取り組む児童がいる一方、取り組むものの、熱中するまでには至らない児童の姿も見られた。1,2 日目はみな同じようなモチベーションで取り組んでいたため、興味深い現象であった。

2.4 音楽機能を取り入れた作品づくり (4 日目)

4 日目は再びドリトルのプログラムを行った。内容としては 1,2 日目の続きになるが、日程が 3 ヶ月間空いてしまったため、音楽をテーマとして取り上げ、新たな気持ちで取り組めるよう配慮した。

音楽演奏は、2 日目までの授業の中で、一部の児童から「自分のゲーム作品に音楽を付けたい」という希望があったため、サンプルプログラムを示す形で体験した。図 10 に 2 日目に示したサンプルプログラムを示す。

ピアノ 1 = 楽器！『ピアノ』作る。
チューリップ = メロディ！作る。
チューリップ！『ドレミドレミー』設定。
ピアノ 1！（チューリップ）設定。
楽器！演奏。

図 10 2 日目に示した音楽サンプル

ドリトルの音楽機能では、階名がわかれば口ずさむ感覚で音楽を演奏することができる。児童の中には、オルガンが置かれた教室まで走って行き、メロディの階名を確認してからプログラムに打ち込む生徒の姿も見られた。図 11 に、音楽作品を制作中の様子を示す。



図 11 音楽プログラム作り

その後、ドリトルの音楽機能を改良した [7] ことから、4 日目に改めて音楽機能を説明した。図 12 にサンプルプログラムを示す。

チューリップ = メロディ！作る『ドレミドレミー』設定。
チューリップ！演奏。

図 12 4 日目に示した音楽サンプル

その結果、音楽演奏について「難しい」と感じた児童の割合は、2 日目の 38% から 4 日目に 15% に減少した。ドリトルでは当初から旋律を簡潔に記述できたが、今回の改良によって、小学生でも簡単に記述できるようになったことが確認できた。

新しい音楽機能では、スコア譜のような表現が行なえるようになったので、別々の楽器（パート）を作成しやすくなった。また、付点のリズムや全体のテ

ンボも可変できるようになり、表現力が豊かになった。図 13 に、児童のプログラム作品例を示す。

マイケル=メロディ！作る。
マイケル！『ドーミーソー---ミソーラーソー---ミ
ソーラー-----ソ-----ミソーソー---ミファー
ミーレ---ドレーミー---レ---ド---』追加。
僕の楽器=楽器！『アコーディオン』作る。
マイケル！（僕の楽器）設定。
伴奏=マイケル！作る 5 音上げる。
伴奏！（楽器！『ベル』作る）設定。
グループ=バンド！作る（マイケル）追加（伴奏）追加。
グループ！演奏。

図 13 児童の作品（こげよマイケル）

2.5 考察

4 回の授業の内容は、「タートルグラフィックス、ゲーム、音楽」を扱った 1,2,4 日目の内容と、「ロボットカーの制御」を扱った 3 日目の内容に分けられる。これらのそれぞれの内容についてアンケートを実施した。

表 3 は、何日目が楽しかったかという質問である。タートルグラフィックス、ゲーム、音楽と答えた児童が 2/3、ロボット制御と答えた児童が 1/3 という結果であり、それぞれの内容を楽しんでいたことがわかる。講師が授業を観察した結果でも、ゲーム作りで才能を発揮した児童とロボット制御で才能を発揮した児童は異なっており、音楽に強い関心を示す児童もいたことから、小学校でプログラミングを行う上では、複数の異なる題材を扱い、興味や関心の異なる児童の才能を複数の面から引き出すことが重要であることがわかった。

表 3 アンケート結果（いちばん楽しかったこと）

回答	人数 (人)
タートルグラフィックス、ゲーム、音楽	7
ロボット制御	4

表 4 は授業全体の感想である。いちばん多かった

感想は、「楽しかった、またやりたい」で 7 人 (41%) である。実際、児童から「もう終わってしまうのか。次はないのか」という声が多く聞かれた。

2,3 番目に多かった感想は、「思っていたより簡単だった」と「難しかったが楽しかった」でそれぞれ 3 人 (18%) である。当初は初めて体験する不安が存在したが、最後は自分でも作れたという自信につながった。また、プログラミングは決して簡単なものではないが、それにチャレンジしつつ、達成感を感じて楽しめたことが現れている。

4,5 番目に多かった感想は、「自分の考えを実現できた」と「大切なことや役に立つことを学んだ」でそれぞれ 2 人 (12%) である。与えられた課題を入力するだけでなく、自分で工夫することで独自の作品を作れたことと、自分たちの作っているものと実社会のソフトウェアを結び付けて、役に立つソフトウェアを作っているという実感を得ることができた。

表 4 アンケート結果（4 日間の感想）

回答	人数 (人)
楽しかった、またやりたい	7
思ったより簡単だった	3
難しかったが楽しかった	3
自分の考えを実現できた	2
大切なことや役に立つことを学んだ	2

表 5 に、「うまく動かないときに何をしましたか」に対する回答を示す。画面上でゲームなどの作品を作っている場合には、動かない原因は自分のプログラムにあるという実感を持ち、必死に考えたり先生などに助言を求めていることがわかる。一方、ロボットカーを紙のコースの上で動かすプログラムの場合には、アルゴリズムというよりは歩く歩数や回転する角度の調整の比重が大きくなることから、少しずつパラメータを変えながら試行錯誤する姿が見られた。どちらも同じ生徒が同じ言語でプログラムを作成しているが、デバッグに対する考え方に差が見られたことは興味深い結果となった。

表5 アンケート結果 (うまく動かないときにやったこと)

回答	ゲーム (人)	ロボット (人)
自分で原因を考えた	5	3
友だちや先生に聞いた	4	1
何度も試行錯誤した	3	9

3 中学校の授業

小学校における IT クラフトマンシッププロジェクトとほぼ同じ内容を、中学校の授業で実践した。対象は松阪市立飯南中学校の生徒である。授業は 2005 年度の 2,3 学期に、3 年生の選択と必修の技術・家庭科で行った。飯南中学校のある地区はケーブルテレビによるインターネットの普及に力を入れていることから、約 8 割の生徒は自宅でパソコンを使いインターネットを利用している。また、小学校でもインターネットを利用した調べ学習を行っているため、文字入力をはじめ基本的なアプリケーションソフトは問題なく使えるレベルである。

場所はパソコン室を利用し、1 人 1 台の端末を使った。プログラミング言語にはドリトルを使用した。表 6 にカリキュラムを示す。

表6 カリキュラム

単元	時間数
(1) タートルグラフィックス	4
(2) タイマーによるアニメーション	4
(3) ボタンによる対話的な操作	4
(4) 音楽演奏	4
(5) ロボット制御	4

本稿の執筆時点では、授業は (4) の音楽演奏まで進んだ段階である。(3) のボタンによる対話的な操作が終った時点でアンケートを実施した。これは自由記述方式で、「プログラミング学習をして役に立ったことがあれば記入せよ」という質問を行ったものである。表 7 に結果を示す。

表7 アンケート結果 (役に立ったこと)

回答	人数 (人)
数学 (座標、関数、角度)	25
集中、根気、難しいことを考える	12
楽しい	7
発想、想像力、応用力	5
ソフトの仕組み	4
PC 操作の上達	4
プログラムの難しさ	3
わかりやすかった	3

今回の授業は通常の授業の中で行われたため、生徒を公募したクラフトマンシップの授業とは生徒の興味や学んだ内容が異なっていることがわかる。

いちばん多かったのは「角度、座標、関数など数学の概念を学べた」という回答で 25 人 (40%) であった。角度に関しては、タートルグラフィックスで図形を描くときに意識して使うことで、内角と外角を区別できるようになった生徒が多い。座標に関しては、描いた図形を画面上の特定の場所に移動するために絶対座標で位置を指定したことにより、座標平面や座標軸の正負について理解することができた。また、XY 座標を理解することで、数学の時間に扱っていた $y = ax$, $y = ax^2$ などの一次関数や二次関数が理解できるようになったという感想が多く存在した。このような数学への効果は意図したものではないが、入門のために導入したタートルグラフィックスが、プログラミング以外にも役に立つツールであることを証明した形になった。

2 番目に多かった感想は「集中できるようになった」「根気よく考えるようになった」「難しいことを考えるようになった」というもので 12 人 (19%) であった。プログラミングでは 1 回でプログラムが動くことは稀であり、エラーや意図したとおりに動かない原因を考えながらの試行錯誤が必要になる。このような試行錯誤は他の教科の学習でも同様に必要であるが、通常の授業では、自分の回答が正解と同

じかどうかを見るだけになりがちであり、何度も見直して考える学習をすることは容易ではない。一方、プログラミングにおいては、プログラムの動きやエラーという形でその場で視覚的なフィードバックを得られるため、普段の学習では自分のミスを何度も繰り返して見直さない生徒が、集中して取り組んだ自分の姿を発見して驚いている様子がうかがえる。これはプログラミングの学習が、プログラムを作るというだけではなく、「ひとつのことに集中して取り組む」「頭を使い原因を考える」といった学習全般のよい訓練になる可能性を示している。

3 番目に多かった感想は「楽しかった」で 7 人 (11%) である。また、4 番目に多かった感想は「発想力や想像力がついた。自分で応用するようになった」という回答で 5 人 (8%) であった。与えられた課題を入力するだけでなく、自分で考えることで、楽しみながら独自の作品を作っていたことがわかる。

5 番目以降に多かった感想は、「ソフトの仕組みを理解できた」「PC の操作に上達した」「プログラムの難しさがわかった」などである。

今回の授業では、プログラミングを体験することで、「ソフトウェアの原理などを体験的に学ぶ」という当初の目的に加えて、「プログラミングを通して数学的な考えに触れる」、「ひとつの課題に集中して取り組む」、「自分の発想で独自の作品を作り上げる」といった、多くの貴重な経験を生徒が体験的に学べることがわかった。今後、このような効果についても掘り下げて調べていきたいと考えている。

4 おわりに

今回は IT 人材の創出を目指したプロジェクトを小中学校で行った。発達段階を考慮すると、この年代では特定の分野に特化した教育を行うよりは、さまざまな経験を通して自分の興味や可能性を発見し、自分の将来について多くの可能性を見つけることが大切である。

今回の授業では、ドリトルを利用して、オブジェク

ト指向プログラミングと、ロボット制御、プログラムによる音楽演奏を扱った。これらを体験することで、児童生徒たちは「ゲームのような普段使っているソフトウェアはプログラムで書かれており、自分たちでも作れること」「ロボットのような機械をプログラムによって制御できること」「音楽は構造を持ち、プログラムでも演奏できること」などを学ぶことができた。今回の体験を通してプログラミングに興味を持つ児童生徒が現れ、将来の IT 人材の創出につなげていくことができれば幸いである。

また、学校の授業の中だけでは体験できることが限られているため、今回のプロジェクトを通して、NPO、企業、大学などの外部と協力する形で授業を行うことができたのは、たいへん有意義な体験であった。今後も機会があれば継続的に実施していきたい。

参考文献

- [1] 経済産業省. IT クラフトマンシップ・プロジェクト. <http://www.meti.go.jp/information/data/c50428ej.html>
- [2] 兼宗進、中谷多哉子、御手洗理英、福井眞吾、久野靖. 初中等教育におけるオブジェクト指向プログラミングの実践と評価. 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.SIG13, pp58-71, 2003.
- [3] プログラミング言語ドリトル. <http://kanemune.cc.hit-u.ac.jp/dolittle/>
- [4] 佐藤和浩, 紅林秀治, 兼宗進. 小学校におけるプログラミング活用の現状と課題. 情報処理学会コンピュータと教育研究会, CE(78), 2005.
- [5] 紅林秀治, 兼宗進. 制御と計測を取り入れた情報教育の提案. 情報処理学会 コンピュータと教育研究会, CE(76), 2004.
- [6] 教材のマルキ. maruki@vcs.wbs.ne.jp
- [7] 辰己丈夫, 兼宗進, 久野靖. ドリトルと「情報教育の音楽化」情報処理学会コンピュータと教育研究会, CE(82), 2005.