

制御プログラミング学習の効果について - 小学校の実践から -

紅林秀治[†], 兼宗進[‡]

静岡大学[†], 一橋大学[‡]

eskureb@ipc.shizuoka.ac.jp[†], kanemune@acm.org[‡]

概要

制御プログラミングの学習による効果について、調査を行ったので報告する。制御プログラミングの学習を経験した小学生と未経験の小学生に対して、エレベータ事故の新聞報道に対する理解の仕方を比較した。その結果、制御プログラミングを経験した小学生は、エレベータ事故の原因について理解できる割合が多いことがわかった。

The Effect of Learning Programing with Autonomous robots for Elementary School Students

Shuji Kurebayashi[†], Susumu Kanemune[‡]

Shizuoka University[†], Hitotsubashi University[‡]

We research the effect of Learning Programing with autonomous robots by the comparison of the understanding to the newspaper which reports the accident of an elevator, between students who learn and the students who not so. As a result, the students who experienced the control programming has understood the cause of the accident more than the students who didn't so.

1 はじめに

プログラミング学習の教育的価値は、今まで多くの実践で述べられてきた [1]。しかし、中学校や高校では、学習指導要領 [2][3] でプログラミングの扱いが選択または、「深入りしないこと」と規定されていることから、実施の割合は高くない。さらに小学校では、総合的な学習の時間で実施することも可能であるが、プログラミング学習を情報教育の一環として取り組む事例は指導要領改訂後ほとんどない [4]。その理由として、情報教育がコンピュータを利用した情報活用能力の育成に力点が置かれていることが挙げられる [6]。しかし、コンピュータの利用を学習するだけでは、ソフトウェアやハードウェアの仕組みを理解することはできない。さら

に、世の中で起きたコンピュータに関連する事件・事故に対して理解したり、関心を持つことなども困難になる。なぜなら、それらの報道の中で、事故の原因として器機の名前や仕組み、事故発生の経緯などの説明がなされるが、「プログラムのミス」や「システムのダウン」等の言葉を聞いた時、事件の概要を正確に想像できるかどうかは、コンピュータ操作に関わる知識だけでなくコンピュータの仕組みに関する知識が必要になるからである。

そこで、小学校でプログラミングと制御の学習を経験した児童と、まったく経験していない同学年の児童を対象に「シンドラー社エレベータ事故」[7]に関する新聞記事を見せ、事故原因の理解につながる知識について調査した。その結果、制御プログラミングの学習を経験した児童と未経験の児童では

事件の理解に差が生じていることがわかった。

本稿では、教材として取り扱ったプログラミング言語「ドリトル」、自律型ロボット、小学校の授業、アンケートに使用した資料、調査の結果の順に報告する。

2 実施した授業

藤枝市立大洲小学校の6年生2クラス(児童数64名)は、平成18年6月～7月にかけてドリトルのプログラミングとロボット制御の授業を「総合的な学習の時間」で行った。授業内容を表1に示す。

表1 授業内容

回	学習内容	時限
1	ドリトルの起動の仕方	2
2	ドリトルでカメ太を動かす	2
3	カメ太を変身、簡単な図形	2
4	カメ太を動かそう、タイマー	2
5	ロボットを動かそう	2
6	迷路に挑戦(1)	2
7	迷路に挑戦(2)、まとめ	2

※1時限は45分

パソコン教室には20台のパソコンが設置されており、二人で一台のパソコンを利用した。その仕様を示す。

- CPU: Celeron400MHz
- メモリ: 64MB
- OS: Windows98

2.1 ドリトルを利用したグラフィックプログラム

ドリトルは、教育用に設計されたオブジェクト指向言語である。簡潔な日本語による構文を採用しておりオブジェクトに呼びかける形でプログラムを記述できる。児童は、図1のようなプログラムを用いてアニメーションプログラムを作成した。

図の1行目では、タートルオブジェクトを生成する。2行目では、三角形を描く。3行目では、繰り返しを用いて図形オブジェクトを生成し、色を塗る。4行目と5行目では、タイマーオブジェクトを用いて図形を回転させている。

カメ太=タートル!作る。
「カメ太! 100歩 歩く 120度 右回り」! 3回 くりかえす。
三角=カメ太! 図形にする (赤) ぬる。
時計=タイマー! 作る 1秒 かんかく 10秒 時間。
時計! 「三角! 36度 右回り」実行。

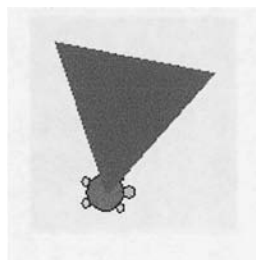


図1 ドリトルのプログラムと実行例

2.2 ロボットを利用した制御プログラミング

ロボットには maruki logob.com[6] を採用した。このロボットは CPU とメモリを内蔵しており、39ステップのプログラムを赤外線により外部から転送できる。図2に使用した自動車型(キャタピラを使用したクローラ型)のロボットを示す。

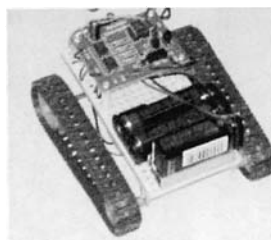


図2 使用したロボット

表2は、ロボット制御命令である。図3にロボットをドリトルから制御するプログラム例を示す。このプログラムでは、「ロボ次郎」という名前の通信オブジェクトを生成し、その内部に「転送命令」という名前でロボットに命令を送るメソッド(オブジェクトごとに記憶する小さなプログラム)を定義している。このメソッドは、通信ポートを開いた後で実行される。転送される命令により、ロボットは次の動作を行う。

- スイッチが押されたら実行を開始する。
- スイッチが押されるまで前進する。

- 何かぶつかったら後退し、左に向きを変える。
- 再びスイッチが押されるまで前進する。
- 何かにぶつかったら後退し、右に向き向きを変える

ボットが迷路を抜けるプログラムを作る課題を与えた。図4は、ロボットの動きを確かめている児童の様子である。

表2 ロボット制御命令

命令語	命令語の説明
ひらげごま	シリアルポートを開く。 (例) "com1"ひらげごま
とじろごま	シリアルポートを閉じる
左前	左タイヤを前転させる (例)10 左前
右前	右タイヤを前転させる (例)10 右前
前進	両タイヤを前転させる (例)10 前進
左後	左タイヤを後転させる (例)10 左後
右後	右タイヤを後転させる (例)10 右後
後退	両タイヤを後転させる (例)10 後退
はじめロボット	プログラムの最初に置く
おわりロボット	プログラムの最後に置く
前進・入力で停止	センサースイッチが押されるまで前進を続ける
うごけ	転送したプログラムを実行する
スイッチスタート	センサースイッチが押されるとプログラム実行を開始する

※前進などの引数は 0.1 秒単位

```

ロボ次郎＝シリアルポート！作る。
ロボ次郎：転送命令＝「！
はじめロボット
スイッチスタート
前進・入力で停止
10 前進 15 右前 15 左後
前進・入力で停止
10 後退 15 左前 15 右後
おわりロボット」。
ロボ次郎！"com1"ひらげごま。
ロボ次郎！うごけ。
ロボ次郎！とじろごま。

```

図3 ロボットを制御するプログラム例

児童には木枠で作った簡単な迷路を用意して、ロ

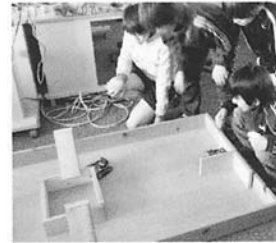


図4 ロボットの動きを確認する児童

3 アンケートについて

3.1 資料

2006年6月3日におきた、シンドラー社製のエレベータ事故の記事を資料とした。この事故を取り上げた理由は、原因がエレベータを制御するプログラムの欠陥によるものであり、コンピュータのプログラミングと制御に関係のある事故だったからである。また、エレベータは誰もが利用経験のある機械であるため、小学生でも事故の状況について理解しやすいことが期待できる。

説明用に用いた資料には、朝日新聞インターネット版の解説記事 [7] および日本エレベータ協会の解説 [8] を利用した。配布した資料を付録 (図5, 図6) に示す。資料1には、事件の概要を示す記事載せた。資料2には、事故原因について述べられている記事載せ、「プログラムの欠陥」という文字を太文字に変えた。また、エレベータの仕組みに関する図を加えた。

3.2 質問内容

児童は資料を読んだ後、アンケートに回答した。質問1~4に対しては、5段階の尺度 (5. 強く思う, 4. 思う, 3. どちらともいえない, 2. 思わない, 1. まったく思わない) で答えるように指示した。質問5,6に関しては、記述式で答えるように指示した。なお質問5と質問6は、質問3と質問4の内容をどこまで理解しているか調べるために行ったもの

である。

質問1 エレベータ事故のニュースは知っていた。

質問2 エレベータの仕組みは理解できる。

質問3 事故の原因が「制御プログラムの欠陥（制御プログラムの間違い）」と聞いて何が悪かったのかわかる。（制御＝コントロール）

質問4 事故の原因を他の人に説明できる。

質問5 制御盤は何を制御（コントロール）する機械だと思いますか？資料のエレベータの仕組みをみて答えなさい。

質問6 このような事故を二度と起こさないためには、エレベータの会社の人にどんなことを気をつけてもらいたいのか、自分の考えを書いてください。

3.3 アンケートの採り方について

アンケートの採り方は、学級担任に以下の内容を伝え、制限時間 20 分で実施した。小学生にとって難しい漢字や難しい文書が多いため、内容に関する説明が必要であるが、アンケートの性質上エレベータの仕組みや制御プログラムに関する説明はしないように指示した。

指示事項1 資料については、担任は読み上げる。

指示事項2 わからない漢字について尋ねられたら答えてもよい。

指示事項3 エレベータの仕組みや制御プログラムの意味についての質問には答えない。

3.4 比較群

プログラミング未体験の小学校として藤枝市立藤枝中央小学校の6年生（29名）を対象とした。児童のコンピュータの操作経験は、インターネットでの調べ学習やワープロ、ペイントソフトによる描画など、アプリケーションソフトを利用した程度であり、プログラミングやロボット制御を経験した児童はいなかった。

4 結果

平成18年10月にプログラミングと制御の学習を経験した小学6年生64名と経験していない小学

6年生29名を対象にアンケートを行った。その集計結果を表3～表8に示す。以下5,4を肯定的な回答、1,2を否定的な回答として扱う。

表3 質問1「エレベータ事故のニュースを知っていた」

	5	4	3	2	1
経験あり	29.7	50.0	6.3	6.3	7.8
経験なし	24.1	44.8	17.2	3.4	10.3

表4 質問2「エレベータの仕組みを理解できる」

	5	4	3	2	1
経験あり	4.7	23.5	40.7	28.2	3.2
経験なし	3.4	6.9	58.6	10.3	20.8

質問1「エレベータ事故のニュースを知っていた」に関しては、制御プログラミングを経験した児童（以後、経験あり児童という）と未経験の児童（以後、経験なし児童という）に大きな差はなく、ニュースに対する認知度は同等である。質問2「エレベータの仕組みは理解できる」に関しては「理解できる」と考えた経験あり児童は28.2%であるが、経験なし児童は10.3%と低い。これらの結果から、ニュースに対する認知度が同等でも、制御プログラミング体験の有無がエレベータの仕組みの理解に影響を与えていると考えられる。

表5 質問3「何が悪かったのかわかる」

	5	4	3	2	1
経験あり	11.0	39.1	32.8	14.1	3.15
経験なし	0.0	0.0	44.8	20.7	34.5

表6 質問4「事故の原因を他の人に説明できる」

	5	4	3	2	1
経験あり	4.7	25.0	32.9	29.7	7.8
経験なし	0.0	3.4	27.6	37.9	31.8

質問3「何が悪かったのかわかる」に関しては、経験あり児童で「わかる」と答えた児童が50.1%に対して、経験なし児童は0%であった。質問4「事故の原因を他の人に説明できる」に関しては「できる」と答えた経験あり児童が29.7%に対して、経験なし児童は3.4%である。これらの結果から、制御プログラミング体験の有無が、事故原因の理解に影響を与えていることがわかる。

表7 質問5「制御盤は何をコントロールする?」

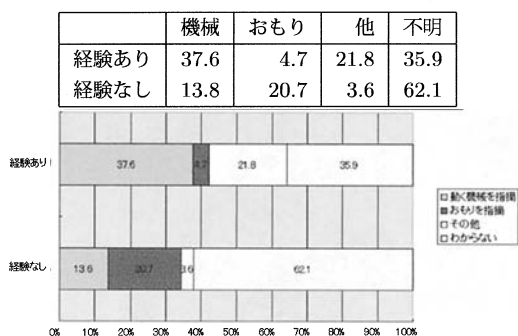


表8 質問6「このような事故を2度と起こさないためには何をしてほしい?」

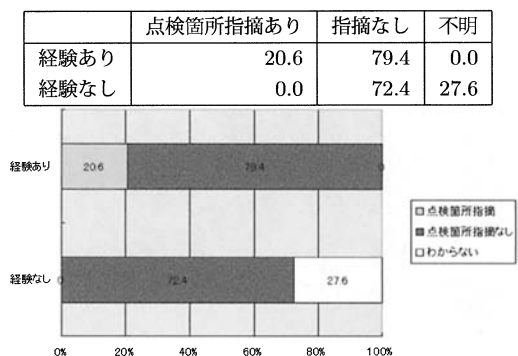


表7と表8は、質問5と質問6の自由記述の内容を分類してその割合をグラフ化したものである。質問5「制御盤は何をコントロールする機械か」に関して、記述で「(巻き上げ機やドア等の) 動く機械を指摘」「おもり(つりあいおもり)を指摘」「その他(不明確な文章)」「わからない」に分類した。その結果、「動く機械を指摘」した経験あり児童は、37.6%であるのに対して、経験なし児童は13.6%であった。また「わからない」と答えた児童の割合も経験あり児童35.9%に対して経験なし児童は62.1%と非常に多いことがわかる。また、制御に関係ない「おもりを指摘」する児童の割合にも差が出ている。質問6「このような事故を2度と起こさないためには何をしてほしいか」に関しては、「(制御盤やプログラム等の) 点検箇所を指摘する」

記述と” しっかり点検して欲しい” という文に代表される「点検箇所を指摘しない」記述、「わからない」と答えた記述に分類した。その結果、経験あり児童と経験なし児童では「わからない」という記述が0%と27.6%と差が大きく、同様に点検箇所を指摘した児童の割合も20.6%と0%と大きな差があることがわかる。以上の結果から経験あり児童と経験なし児童の間では、エレベータ事故の事故原因を理解できる児童の割合に差が生じていることがわかる。これらの結果から、制御プログラミングの学習体験の有無がエレベータ事故報道から、事故原因を具体的に把握することや点検方法に対する考え方に影響を与えたといえる。

5 考察

今回の調査では、児童にプログラミングの知識ではなく、新聞報道の内容に対する理解を調べた。経験ありの児童が経験なしの児童に比べて、質問3や質問4に対して「わかる」「できる」と考える児童が多いのは、制御プログラミングの体験を通じてプログラムでエレベータの何を制御しているのか想像しやすかったことが原因と考えられる。なぜなら、質問5に対する記述で経験あり児童の37.6%が、制御盤の制御の対象としてエレベータの動作する機械を指摘しているからである。経験なし児童よりもその割合が多いのは、プログラムによりモータを動かしたり止めたり、センサースイッチにより動作を切り替えたりというプログラミングによるロボット制御体験を実感していることが、エレベータの動きと結びついて考えることができた結果であると考えられる。それは、制御の対象に「つりあいおもり」を指摘する児童の割合と「わからない」と答える児童の割合の差にも表れている。また、経験なし児童は質問6の答えとして、点検箇所を指摘できた児童が全くいなかったことから、制御プログラミング体験の有無がエレベータ事故に対する理解を深める効果に影響があったといえる。

6 まとめ

制御プログラミング学習の有無による、エレベータ事件の理解度を調べた。小学校6年生で調べた結果、理解に差がでることがわかった。世の中の事件や事故に対して関心を持たせるために、小中学生に調べ学習などを総合的な学習で取り上げる実践がある。しかし、関心を持てるか持てないかは意欲の問題だけでなく、その事件の原因や背景などを報道資料から理解できる素養があるかないかに関わる問題である。情報教育を情報活用能力の育成の視点から取り上げるだけでなく、「専門家の話を聞いて技術を理解し、使用し、評価し、管理する能力」である技術リテラシー [9] の問題としても捉える必要がある。また、今ある技術が常にリスクを持っているということを理解し適切に使用し管理できる市民を育てるためにも、プログラミング学習の体験が必要であると考ええる。

授業実践とアンケート調査にご協力いただいた藤枝市立大洲小学校と藤枝市立藤枝中央小学校の職員および児童のみなさんに感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 佐伯胖. コンピュータと教育. 岩波新書, 岩波書店, 1986
- [2] 文部科学省. 中学校学習指導要領. 1998
- [3] 文部科学省. 高等学校学習指導要領. 1999
- [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. 情報処理学会研究報告, CE(78), pp57-63, 2005
- [5] 和田勉. 韓国の初中等情報教育と日本の教科「情報」. 高校教科情報処理シンポジウム 2006, 情報処理学会 情報処理委員会, pp50-59, 2006
- [6] Shuji Kurebayashi, Toshiyuki Kamada, Susumu Kanemune. Learning Computer Program with Autonomous Robots, Lecture Notes in Computer Science, No.4226, pp138-149, 2006
- [7] Asahi.com. エレベーターに挟まれ、高2男子が死亡 東京・芝. <http://www.asahi.com/special/060718/TKY200606030420.html>

- [8] 財団法人日本エレベータ協会. インフォメーションスクエア. http://www.n-elekyo.or.jp/square/elevator_01.html
- [9] 桜井宏. 社会教養のための技術リテラシー. 東海大学出版, 2006

付録

アンケートで使用した説明資料。

技術料資料：エレベータ事故

No.1

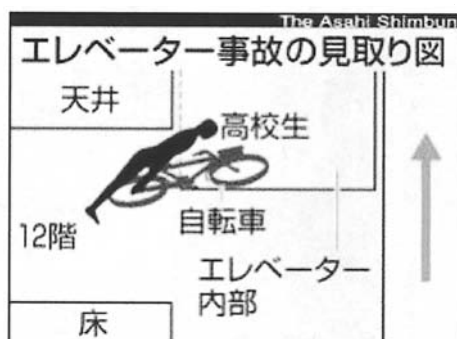
エレベーターに挟まれ、高2男子が死亡 東京・芝

2006年06月03日 23時20分

3日午後7時20分ごろ、東京都港区芝1丁目の公共住宅「シティハイツ竹芝」(23階建て)12階で、この階に住む都立高校2年市川大輔(ひろ・すけ)さん(16)がエレベーターから降りようとしたところ、扉が開いたまま上昇し、市川さんは内部の床部分と12階の天井の間に挟まれた。市川さんは約50分後に救出されたが、全身を圧迫されたほか頭の骨が折れており、まもなく死亡した。エレベーターは、扉が閉まりきるまで動かない仕組みにするよう建築基準法施行令で定められており、警視庁は業務上過失致死の疑いで調べている。



エレベーター
事故の見取り図



エレベーター事故があった

「シティハイツ竹芝」= 3日午後8時45分、
東京都港区芝1丁目で

三田署の調べでは、市川さんは自転車をひきながらエレベーターから後ろ向きに降りようとしていた。扉が閉まらないまま動き出したエレベーターの床と12階の天井の間に体が挟まれたという。(途中略)

<http://www.asahi.com/special/060718/TKY200606030420.html> より

図5 資料1

シンドラー社、各地で部品交換 八王子はすでに交換済み

2006年06月17日 20時20分

シンドラー社製エレベーターの制御プログラムの欠陥が明らかになったことから、同社は17日、東京、愛知などで問題のエレベーターの部品を交換した。しかし東京都八王子市内のホールのエレベーターは、点検の結果、すでに交換されていたことが分かり、社内の連絡態勢の不備を露呈した。

同社は16日、八王子市の「市芸術文化会館いちょうホール」を含む全国6カ所の9基が改修漏れなどでそのまま稼働していると発表。同ホールには同夜、担当者が点検に入った。

点検の結果、4月22日に扉が開いたまま上昇するトラブルが発生したのを受け、直後に点検した際、新しいプログラムに交換していることが分かったという。

横田敏之館長は「きちんと引き継ぎされていないのは、あまりにお粗末だ」と話しており、今後、第三者機関に点検を依頼し、結果が出るまで該当するエレベーターは稼働させないという。

<http://www.asahi.com/special/060718/TKY200606170352.html> より

エレベーターの仕組み

トラクション式・機械室ありタイプ

http://www.n-elekyo.or.jp/square/elevator_01.html より転載

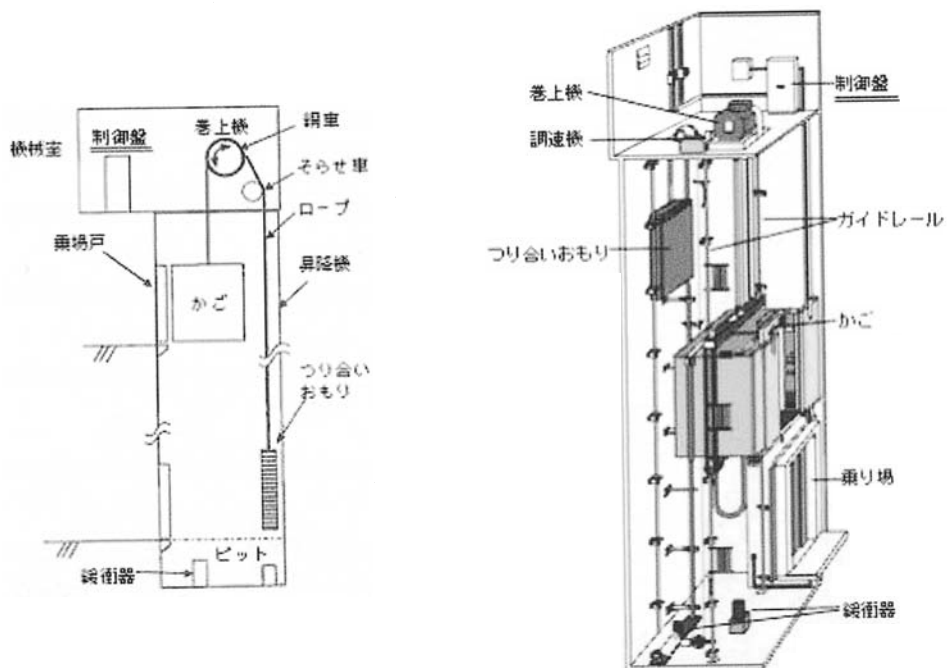


図6 資料2