

小学校におけるロボット教材を利用した プログラミング学習の提案[†]

神山 勇人*・鈴木 研二**・針谷 安男*
宇都宮大学教育学部*
宇都宮大学大学院教育学研究科**

私達が利用する機器は日々、高度化、複雑化、ブラックボックス化している。このため現代に生きる子どもたちには、これらの技術に関する知識・技能を身に付け、有効的に活用していく能力、すなわち技術的素養が必要とされている。学校教育では、中学校技術科と小学校の連携を示しているが、小学校では技術的素養を育成するための学習は行なわれていない。また、先行研究において、技術的素養の育成に有効であるプログラミング学習の小学生に対する授業実践は少数である。本研究では、小学校におけるロボット教材を利用したプログラミング学習の提案を目的とし、授業で使用するロボット教材の選定を行ない、それを利用した予備調査として授業実践を実施し、授業実践からその有効性について検証した。授業実践の結果、問題解決能力の育成、技術的な課題を解決するための手順や行動を継続する態度といった、技術的素養の育成に効果があることが明らかとなった。その結果をもとに、新たに改善した授業計画を提案した。

キーワード： 小学校教育，技術教育，ロボット教材，技術的素養，プログラミング，授業実践

1. はじめに

現代では携帯電話やコンピュータをはじめとする情報通信技術の発展が著しい¹⁾。その一方で、機器の原理や構造を知る機会が少なく、近年のタブレット型端末やスマートフォンなどの介入により、ますます機器の高度化、複雑化、ブラックボックス化が進んでおり、技術の発展に知識が追いついていない状態にある。このような現状により問題となっているのは、既存の技術や今後の新しい技術は本当に必要なものなのか、良いものなのか悪いものなのか、それがどのような影響を及ぼすのか、といった理解・判断ができなくなることである。21世紀を生きる子どもたちにはこのような技術に関する知識・技能を身に付け、技術に振り回されず、有効的に活用していく能力が必要であり、技術教育はこれらの能力の育成が可能である。

学校教育では、2008年に新学習指導要領²⁾が告示され、「生きる力」や、問題解決能力などの育成が記された。また、中学校学習指導要領、技術・家庭科技術分野（以下、技術科）では新たに「A 材料と加工に関する技術」、 「B エネルギー変換に関する

技術」、 「C 生物育成に関する技術」、 「D 情報に関する技術」の4つに再編され、選択授業が廃止されたことにより授業時数の減少が懸念されている。さらに、学習指導要領の中で小学校との連携が示されている一方、小学校の教育課程には技術科教育と関連のある教科は存在するものの、技術的素養を育成するための学習は行なわれていない³⁾⁴⁾。

これまで、小学校における技術教育の研究⁵⁾⁶⁾は多数行なわれているが、その多くはものづくりを中心とした学習であり、問題解決能力や技術的素養の育成において有効性が明らかとなっているプログラミング学習は少数である。

そこで本研究では、小学校において問題解決能力と技術的素養を育成することができると考えられるロボット教材を利用したプログラミング学習の提案を行なう。そのために、使用するロボット教材の選定を行ない、学習内容や授業計画を考案し、授業実践からその有効性の検証について述べる。

2. ロボット教材を利用したプログラミング学習 2.1 プログラミング学習

プログラミングとはプログラムを作成することを指し、それを通してコンピュータでの制御などについて学習することをプログラミング学習という。プログラミング学習を行なう上で近年では、教育用の

[†] Hayato KAMIYAMA*, Kenji SUZUKI** and Yasuo HARIGAYA*: Proposal of Programming Learning Using Robot Teaching Materials in Elementary School

* Faculty of Education, Utsunomiya University

** Graduate School of Education, Utsunomiya University

ソフトウェアやロボット教材が用いられている。

2. 2 ロボット教材の選定

現在ロボット教材は数多く存在しており、その種類や特徴も様々である。本研究では学習の対象を小学生とするため、近年用いられているロボット教材の中で、代表的な7つのロボット⁷⁾{WeDo, LEGO MINDSTORMS (RCX, NXT), キューブカート 2 (CC2), ロボデザイナー (RD)}を以下のような条件で比較・検討を行なった。比較結果を表1に示す。

- ・ プログラミングの難易度
 - プログラムの形式
 - 操作性
 - 画面の見易さ (分かり易さ)
- ・ 製作の難易度
 - 製作に必要な工具
 - 作業の細かさ
 - 製作時間
- ・ 価格
 - 1つ当たりの購入価格

表1 ロボット教材の比較

	We Do	RCX	NXT	OJ2	TJ3	CC2	RD
1	GUI	GUI CUI	GUI CUI	GUI CUI	GUI CUI	GUI CUI	GUI CUI
2	○	△	○	◎	◎	○	○
3	◎	◎	○	◎	◎	◎	○
4	◎	○	○	◎	◎	◎	○
5	無し	無し	無し	半田ごて ペンチ など	ペンチ ニッパ ドライバ など	半田 ごて ニッパ など	ペンチ ドライバ など
6	○	○	○	△	○	△	△
7	◎	○	○	△	△	△	○
8	◎	○	○	△	○	△	△
9	■	■	■	□	◇	□	◇

- 1: プログラミングの形式 2: 操作性
 3: 画面の見易さ (分かり易さ)
 4: プログラミングの難易度総合 5: 製作に必要な工具
 6: 作業の細かさ 7: 製作時間 8: 製作の難易度総合
 9: 価格
 ◎: 適している ○: 比較的適している
 △: 工夫・改善を要する
 □: 3,000 円以下 ◇: 3,000 円～15,000 円 ■: 15,000 円以上

GUI: Graphical User Interface
 CUI: Character User Interface

これらの結果から、TJ3 を選定した。TJ3 の外観を図1、TJ3 のプログラミングソフト「C-Style」の画面を図2に示す。選定に至った理由は、プログラミングの難易度を最も優先し、TJ3 のソフトウェア「C-Style」は GUI 型のプログラムであり、アイコンが直観的にも分かりやすくマウスのみでプログラムが作成できるからである。

また、TJ3 本体も電源ボタン、スタートボタン、リセットボタンから構成され、扱いが容易である。センサはタッチセンサ、ラインセンサ、ボールセンサとあり、その中でも仕組みが分かりやすいタッチセンサが3つ付いているので、センサを用いたプログラミングをする場合にも適している。

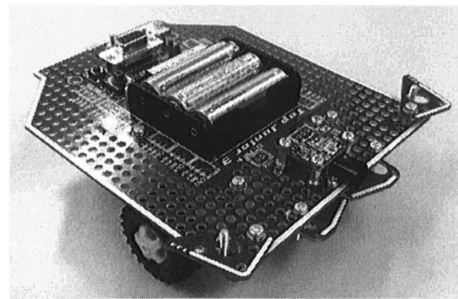


図1 TJ3の外観

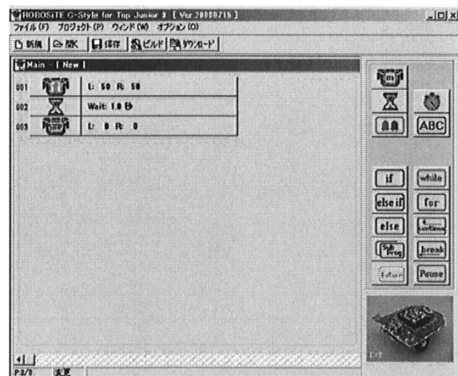


図2 C-Style プログラミング画面

3. 授業計画

3. 1 学習のねらい

ロボット教材を使ったプログラミング学習は、プログラムや計測・制御、アルゴリズムなどの基礎について学習することができる。さらに知識だけでなく、コンピュータとロボットを実際に動かすことにより、体験的な活動をすることが可能である。

ロボット教材やプログラミング学習は小学生にとっては初めての体験になると想定されるので、より

分かりやすくする必要があるのである。そのため、子どもたちの生活に関連付けた学習内容を設定した。

また、フローチャートやプログラミングの学習の際に、予想を立てて試行錯誤を繰り返すという学習の進め方を導入することで、技術的素養と問題解決能力を育成することをねらいとする。

3. 2 授業計画

学習のねらいを踏まえた上で、作成した授業計画を表2に示す。

表2 授業計画

時数	学習内容
1	身の周りや社会で活躍する自動制御機器(ロボット)について ・身の周りの自動制御機器 フローチャートの学習 ・基本的な図形, 描き方 ・順序処理型, 条件繰り返し型, 条件分岐型 ・自動制御機器のフローチャート化
2	フローチャートの学習 ・演習問題 プログラムの学習 ・TJ3, C-Style の使い方
3	プログラムの学習 ・プログラミング課題
4	プログラムの学習 ・プログラミング課題 最終課題 ・お届けロボットの説明
5	最終課題 ・お届けロボット
6	最終課題 ・お届けロボット
7	まとめ ・発表会, 評価

4. 授業実践

4. 1 実践概要

プログラミング学習の有効性を検証するために、予備調査として大学生を対象に授業実践を行なった。期間は平成23年11月4日(月)~12月26日(月)にかけて、宇都宮大学教育学部技術教育専攻の学生7名を対象に、7単位時間(1単位時間:45分)実施した。

授業は二人一組で行ない、プログラミング学習で使用するパソコンは一人一台準備し、TJ3 本体は二人で一台使用することとした。また、TJ3 のプログラミングソフトである C-Style もあらかじめ使用するパソコンへインストールしてあるものとする。

4. 2 受講生の実態

授業実践を行なう前に受講生の実態を把握するため、事前アンケート調査を行なった。なお、受講生は大学の講義においてプログラミング学習を経験済みである。調査結果を表3, 図3に示す。

アンケートの回答は5件法で行ない、数値が大きいほど肯定的意見である。質問項目は問1~3がロボット学習に関する関心・意欲, 問4~5がロボット・プログラムに関する知識・理解, 問6~8がプログラムに関する関心・意欲(問8は自由記述), 問9が授業に対する関心・意欲である。

表3 事前アンケート調査結果

質問項目	平均値
1.コンピュータに興味がある	3.86
2.ロボットに興味がある	3.14
3.ロボットについていろいろなことが知りたい	3.86
4.身の周りの機器やロボットがどのように動いているか理解している	2.57
5.プログラムがどのようなものか知っている	3.29
6.プログラムに興味がある	3.29
7.プログラミング(プログラムの作成)をしてみたい	2.86
8.プログラミングでどのようなことができると思うか, またはしてみたいか	ロボットの操作 リモコン操作 四則演算
9.これから行なう授業が楽しみたい	3.71

平均点

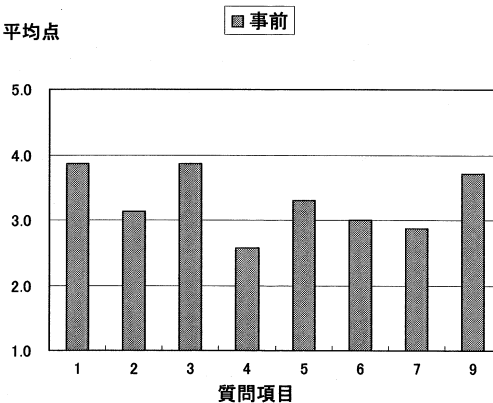


図3 事前アンケート結果

事前アンケートの結果から、興味・関心は全体的に高く、特に項目1, 3のコンピュータ, ロボットに対する興味・関心, 項目9の授業に対する興味・関心は比較的高い平均値を示した。

4.3 授業展開

授業計画に基づいた各時間の授業展開と受講生の様子について述べる。

(1) 身の周りや社会で活躍する自動制御機器 (ロボット) について、フローチャートの学習 (1 時間目)

授業のはじめに事前アンケート調査を行ない、この授業の概要を説明した。授業は、ワークシートを中心に進行した。まず、「自動制御」の意味を説明し、身の周りではどのような自動制御機器があるか例を挙げ説明した。次にそれらはどのように動いているのかグループごとに考えた後、文章で説明させ、発表させた。これらの動作を文章などで説明すると伝えにくいなどということから、これらの手順を表す方法として、フローチャートの学習に繋がるように意図した。

フローチャートの学習では、基本的な図形や描き方の説明をし、順序処理型、条件繰り返し型、条件分岐型について説明した。その後、自分の生活についてフローチャートで表し、自動制御機器について文章で説明したものをフローチャートで表すという活動を行なった。これにより、フローチャートで表すと分かりやすくなり、人にも伝えやすいということを理解させた。

受講生の様子は、身近な自動制御機器でも文章で説明するのは意外と難しく、機器の仕組みや構造を見直す良い機会になっているようであった。授業の様子を図4に示す。

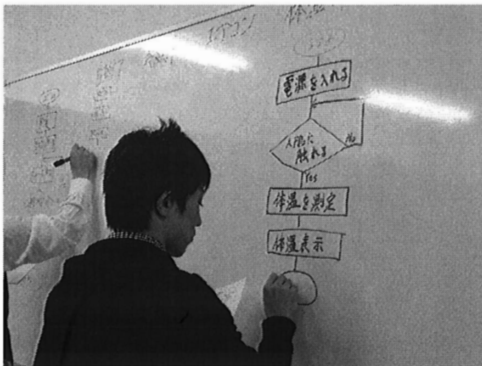


図4 フローチャート学習の授業風景

(2) フローチャートの学習, プログラムの学習 (2 時間目)

前時の続きとして、フローチャートの演習問題を

行なった。その後、プログラムの定義を説明し、ワークシートを用いて TJ3, C-Style, プログラムの転送方法等の説明を、C-Style の操作画面を映しながら一斉に行なった。その授業の様子を図5に示す。

その後、説明と共に実際に TJ3 を動かし、プログラミング課題を行なった。

受講生の様子は、大学の講義においてプログラミングの経験もあるということで、プログラムの作成に特に問題はなく順調に進行した。また、二人一組でグループを組んでいたため、分からないところは相談し合いながら進めている様子が見られた。

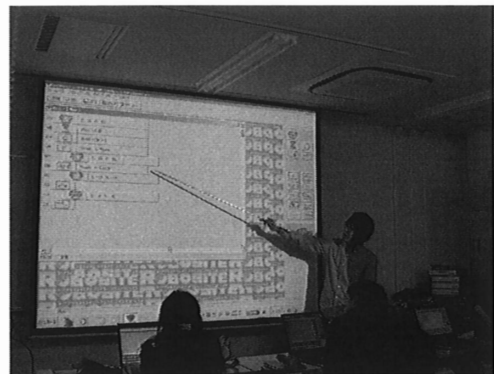


図5 C-Style の説明の授業風景

(3) プログラムの学習 (3 時間目)

ここでは、前時の続きとして、プログラミング課題を行なった。プログラミングの課題内容を表4に示す。フローチャートを書いてからプログラムを組むという進め方だったので、予想以上に受講生たちは手間取っていた。そのため課題をすべてクリアできた受講生は少数であった。授業の様子を図6に示す。

表4 プログラミング課題

番号	課題内容
1	1秒前進して1秒後退して止まる。
2	その場で5秒間、時計回りに回転して止まる。
3	「2秒前進して2秒後退」この動作をし続ける。
4	正方形・正三角形を描いて、スタート位置で止まる。
5	前進し続けて、壁にぶつかったら赤1のLEDを3秒間点灯させてから、180度回転し、また走り続ける。
6	黒の線を右回りで走り続ける。

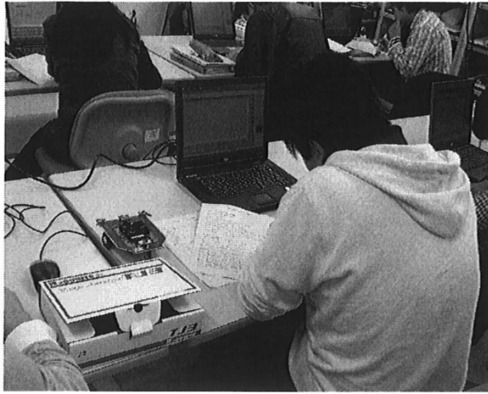


図6 プログラミング課題の授業風景

(4) プログラムの学習, 最終課題 (4,5,6 時間目)

ここでは, 前時の続きとして残りのプログラミング課題を行なった. このプログラミング課題で使ったプログラムを次の最終課題で活かせるように, 直角に曲がるには何秒かかるかなどをメモさせるよう促した.

最終課題として, お届けロボットのプログラム作成を行なうことを知らせ, その内容を説明した. 学習の進め方として, まずワークシートのコースにロボットがどのように進むか鉛筆等で描かせた. その後プログラムを予想し, フローチャートを描いてプログラミングを行ない, 必要であればプログラムの修正や改善を行なうという流れで進行した.

プログラムを作成してからの進め方は, ゴール出来ずにどこかで止まってしまったら, そのプログラムの問題点を書き出し, 解決策を考えてまたプログラムの作成を行なうという形にした. 受講生が記入した問題点と解決策のワークシートを図7に示す.

問題点	解決策
・壁にぶつかる	→ 後退して方向転換。
・距離を測れない, 多い	→ 秒数を調整。

問題点	解決策
直進しない (右に曲がる)	右のモータのパワーを少し上げる →

図7 問題点と解決策

また, ゴールまでの所要時間を計測し, できるだけ短時間でゴールできるプログラムを作成するようにさせた. さらに, プログラムの作成にあたり受講生が大学生ということから, 条件を2つ設定した. ①使えるセンサはタッチセンサのみ ②プログラムは今まで使ったことのあるコマンドのみ使用可能, である

6 時間目になると, 徐々にクリアする受講生も出てきたので, 発表会の準備のために改めて問題点と解決策の整理をさせた.

受講生の様子は, フローチャートに悩んでいる受講生が多く, ロボットを動かすまでに時間がかかった. プログラムを作成しロボットを動かしてからは, 問題点を見つけては徐々に改善していき, 少しずつ進んでいくようになっていた. 授業の様子を図8に示す.

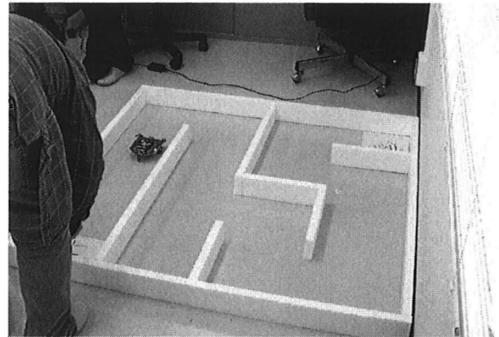


図8 お届けロボットの授業風景

また, 条件が設定されていたために, タッチセンサを使ってクリアしようとする受講生と時間制御でクリアしようとする受講生が見られた.

時間制御でクリアしようとする受講生はロボットが何秒で90度曲がり, どれくらい進むか, ということを計測していた. また, スタート位置や最初の方角によっては途中止まってしまうことがあるので, 何回も試行錯誤している様子が見られた. 時間制御のプログラムを図9に示す.

図9の場合, 行番号001, 002で直進し, 行番号003, 004で右折といったようにして壁にぶつからないように進んでいく. 行番号001のアイコンは右回転になっているが, これはTJ3の左右のモータのパワーが同じであると直進しないことから, 受講生がTJ3を直進させるために左右のモータのパワーの調整を工夫したためであり, 実際に走らせた場合には直進するようになっている.

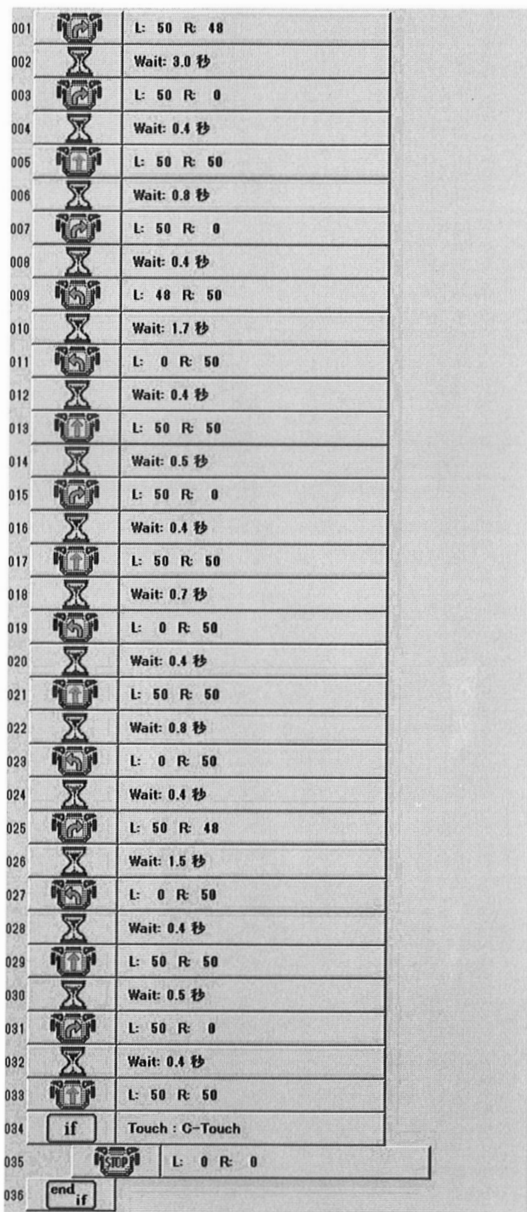


図 9 時間制御のプログラム

タッチセンサを使ってクリアしようとする受講生は一回走行させた後、フローチャートやプログラムを見直し、ある程度時間をかけて試行錯誤する様子が見られた。タッチセンサを使ったプログラムを図 10 に示す。

図 10 は左の壁に沿って進むプログラムとなっている。左のタッチセンサが触れると一旦右方向に回転し、すぐまた左に向かうという動作を繰り返すことで壁に沿って進むようになっている。

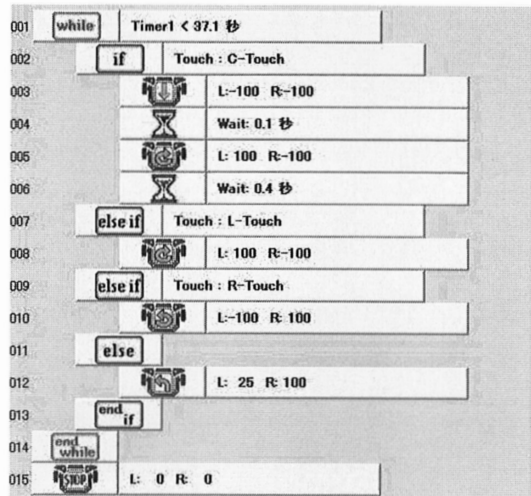


図 10 タッチセンサを使ったプログラム

(5) まとめ (7 時間目)

最後のまとめとして、お届けロボットの発表会を行なった。発表会の進め方は、①コースを走行 ②口頭でのプログラムの改善・工夫点の説明 ③質疑応答、である。受講生が 7 人ということで一人ずつ発表させたが、プログラムの転送トラブルや通信エラーによって、発表時間が足りなくなってしまった。

また、発表の進め方として、一人の発表が終わる度ワークシートに評価を記入し、全員が書き終わってから次の受講生が発表する、という形をとっていたため効率が悪くなってしまったことも挙げられる。そのため、一人ずつの発表ではなく、グループごとの発表または十分な発表時間の確保が必要である。

受講生の様子は、質疑応答において、プログラムに対する質問だけでなく、「ここでこのセンサを使ったのは良かった」などと技術的な評価をする様子も見られた。受講生の記入した評価の一部を図 11 に示す。

評価 (良かったところ, 思ったこと, 気付いたこと)
ロボットが安定して走行しているので、少しプログラムを変更すればゴールできると思います。自分にはなかなか考え方が、とてし難いと思います。
速く、きれいにスムーズにゴールしていたので、完璧なプログラムだと思います。微細な調整もプログラムしているので、精度が高いのかなと思いました。
ループを使って、上手くプログラムを組んでいたと思います。早く走行させることは、環境に合わせた調整がなされていることがよいと思いました。

図 11 プログラムの評価

5. アンケート結果

5. 1 事前・事後アンケート結果

授業実践前の事前アンケートと授業実践後の事後アンケートの結果を分析した。事前・事後アンケート調査の結果と t 検定による分析の結果を表 5、図 12 に示す。

有意水準 1% で t 検定を行なった結果、項目 4・5・9 において有意な差が見られた。

事前・事後アンケート調査の比較から、ロボットやプログラムに関する知識・理解の面、授業に対する関心・意欲の平均値が増加したことが分かった。

表 5 事前・事後アンケート結果

質問項目	事前	事後	t 値
1.コンピュータに興味がある	3.86	3.57	1.55
2.ロボットに興味がある	3.14	3.57	0.42
3.ロボットについていろいろなことが知りたい	3.86	3.57	1.55
4.身の周りの機器やロボットがどのように動いているか理解している	2.57	3.43	6.00*
5.プログラムがどのようなものか知っている	3.29	4.00	3.87*
6.プログラムに興味がある	3.00	3.00	0.00
7.プログラミング（プログラムの作成）をしてみたい	2.86	3.00	0.55
8.プログラミングでどのようなことができると思うか、またはしてみたいか（事後アンケート）	レスキューロボット 電化製品の自動化		
9.これから行なう授業が楽しみだ	3.71	4.43	3.87*

n=7 *有意差 1% t>3.71

平均点

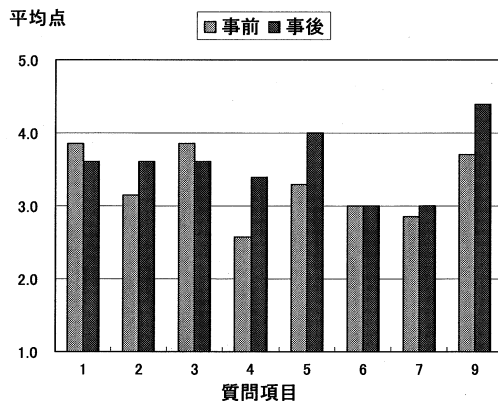


図 12 事前・事後アンケート結果

5. 2 他研究との比較

これらの研究結果を、渡邊ら¹²⁾の研究結果と同一項目について比較した。事前・事後アンケート調査の平均値の差について比較した結果を表 6、図 13 に示す。

表 6 事前・事後アンケート調査の平均値の差

質問項目	平均値の差	
	渡邊	本研究
1.コンピュータに興味がある	-0.3	-0.3
2.ロボットに興味がある	0.6	0.5
3.ロボットについていろいろなことが知りたい	0.8	-0.3
4.身の周りの機器やロボットがどのように動いているか理解している	1.9	0.8
5.プログラムがどのようなものか知っている	2.0	0.7
6.プログラムに興味がある	0.3	0.0
7.プログラミング（プログラムの作成）をしてみたい	0.4	0.1
8.これから行なう授業が楽しみだ	0.6	0.7

平均点の差

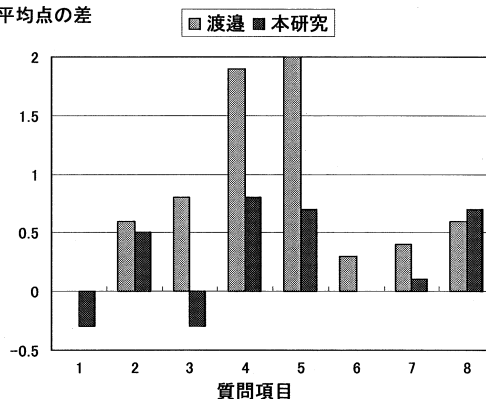


図 13 事前・事後アンケート調査の平均値の差

渡邊らの実践と比較すると、本研究の結果では平均値の差の増加分が 1 以上の項目はないが、項目 1・3・6 以外においては平均値の差の増加が見られ、学習効果が維持できていると考えられる。

5. 3 授業の感想

授業中のワークシートの記述項目による、受講生の感想を以下に示す。

- ・ 授業の初めにプログラミングと身近な生活との関わりを伝えていたのでよかったと思う。フローチャートに関しても、身近な家電などの動きや自分の生活などをフローチャートにしていたので、理解しやすいと感じた。
- ・ 「プログラムの作成→実行」の流れを繰り返し、そのたびに問題点を見つけて解決していく作業で、少しずつ課題解決に近づいていくのが実感できた。
- ・ 最後に発表会をすることで自分では考えつかなかった解決方法を知ることができ、まだ作業を続けたいという気持ちを持つことができた。

以上のように、お届けロボットをはじめとしたロボット教材を利用したプログラミング学習は、興味・関心や学習意欲を高めることが可能である。また、問題解決能力、技術的な課題を解決するための手順や、行動を継続する態度といった技術的素養を高めるのに効果があることが明らかとなった。

5. 4 授業計画の再検討

今回の予備調査として行なった授業実践の結果と考察を踏まえて、授業計画を再検討した。予備調査では7名を対象としたが、小学校では1クラス約30人以上と想定されるので、1つの学習に対して今回の予備調査の2倍以上の授業時間数が必要になると考えた。この結果を踏まえ、小学生を対象に作成した授業計画を表7に示す。

表7 授業計画

時数	学習内容
1	身の周りや社会で活躍する自動制御機器（ロボット）について
2	・身の周りの自動制御機器
3	フローチャートの学習
4	・基本的な図形、描き方
5	・順序処理型、条件繰り返し型、条件分岐型
6	・自分の生活、自動制御機器のフローチャート化
7	プログラムの学習
8	・パソコンの操作方法
9	・TJ3, C-Styleの使い方
10	・プログラミング課題
11	最終課題
12	・お届けロボットの課題の説明
13	・お届けロボット
14	まとめ
15	・発表会、評価
16	・技術と生活や社会との関わり

6. まとめ

本研究では、小学校におけるロボット教材を利用したプログラミング学習の提案を目的として行なった結果、以下のことが明らかになった。

- ① 授業で使用するロボット教材を比較・検討した結果、TJ3 (C-Style) を選定し、学習内容や授業計画などの検討を行なった。
- ② 授業計画の有効性と教育効果を検証するために、予備調査として大学生を対象に授業実践を行なった。その結果、ロボット教材を利用したプログラミング学習は、フローチャート及びプログラム

などに関する知識・理解を深め、問題解決能力の育成、技術的な課題を解決するための手順や行動を継続する態度といった技術的素養の育成に効果があることが明らかになった。

- ③ 以上の、予備調査として授業実践を行なった結果をもとに、新たに小学生を対象にした授業計画を提案した。

今後の課題として、新たに作成した授業計画を用いて小学生を対象とした授業実践を行ない、その効果を検証することが望まれる。

参考文献

- 1) 社会実情データ図録：パソコン世帯普及率・携帯電話普及率, <http://www2.ttcn.ne.jp/honkawa/index.html> (2012.2.22 最終アクセス)
- 2) 文部科学省：中学校学習指導要領解説技術・家庭編, 教育図書 (2008)
- 3) 文部科学省：小学校学習指導要領解説図画工作編, 日本文教出版 (2008)
- 4) 文部科学省：小学校学習指導要領解説理科編, 大日本図書 (2008)
- 5) 大田区矢口小学校：ホームページ「ものづくり科」3年間の取り組み, <http://yaguchi.elementary-school.p/article/0023100.html> (2012.2.22 最終アクセス)
- 6) 文部科学省開発学校：第2年次研究紀要, 持続可能な社会の構築を目指し、考え、行動する児童・生徒の育成—創造的なものづくり活動を通して— (2010)
- 7) LEGO Education WeDo: <http://www.legoeducation.jp/wedo/> (2012.2.22 最終アクセス)
- 8) アフレル: <http://www.afrel.co.jp/> (2012.2.22 最終アクセス)
- 9) ORCA 研究所: <http://bl.orca-labo.com/> (2012.2.22 最終アクセス)
- 10) スズキ教育ソフト: <http://www.suzukisoft.co.jp/products/cubekart2/> (2012.2.22 最終アクセス)
- 11) JAPAN-ROBOTECH: <http://www.japan-robotech.com/> (2012.2.22 最終アクセス)
- 12) 渡邊渉, 山菅和良, 糀谷隆雄, 他1名: 自律型ロボットを用いた教材の開発—生活にいかす力を育てる学習方法の工夫—, 宇都宮大学教育学部教育実践総合センター紀要, 第33号, pp.109-116 (2010)