

実践ロボット教室における小学生の学び

Elementary School Students' Learning in a Practical Robotics Class

清水 益治*・勝美 芳雄**・八尋 博士***・仲島 浩紀****

Masuharu Shimizu, Yoshio Katsumi, Hiroshi Yahiro, Hiroki Nakajima

実践ロボット教室の終了直後に、参加した小学生に「今」と「ロボット教室参加前」のロボットやプログラミングに関する知識や技能の程度を評定させた。ロボット教室の参加によって、ロボットを組み立てること、プログラムを組んでロボットを動かすことなど様々な力が身についたことが明らかになった。

はじめに

先に我々(清水ら、2017)は、実践ロボット教室における大学生の学びを検証した。具体的には、①「ロボット 小学生」や「ロボット教室」をキーワードに CiNii で検索された論文を概観し、②帝塚山ロボット教室の企画・運営者(実行委員)である大学生に、実行委員会で何を検討したり、行ってきたのかを記述させ、③その中で大学生が何を学んだのかを明らかにし、④その学びによる大学生の変化を数値で表した。この研究は、帝塚山ロボット教室における大学生の学びの可視化である。

しかしながらその研究では、帝塚山ロボット教室に参加した小学生が何を学んだのかについては、明らかにしてはしていなかった。それは、「小中高大連携による『実践的ロボット教室』」をこども学科で単位化するための基礎資料を得るという目的に直接関係しなかったためである。本研究では、大学生が運営した帝塚山ロボット教室で、小学生が学んだことに焦点を当てる。

清水ら(2017)がまとめたように、小学生を対象としたロボット教室は、様々な形で開催されている。しかし、評価に焦点を当てると、教室の開催報告が中心で評価についてふれられていない論考(福田ら、2009; 小林ら、2013)、評価を保護者に対するアンケートで行っている論考(伊藤ら、2009; 川田ら、2012)、申し込み状況の分析から教室の内容を評価しようとしている論考(花島ら、2015)もみられた。もちろん多くの論考は教室終了後にアンケートを行い、評価を行っていたが、自由記述であったり(奥本ら、2009; 大西・森、2013)、楽しかったかどうかの簡単な質問をしていたり(福田ら、2008; 2010)、子どもが何を身につけたのかについての分析はしていなかった。3つの論文のみがロボット教室の前後でアンケートを用いて調査していた。以下ではそれらを紹介する。

* こども学科教授 ** こども学科教授 *** 帝塚山中学 高等学校教諭 **** 帝塚山中学 高等学校教諭

宮川ら（2007）は、小学生対象のロボット製作教室の効果として、課題意識が高まり、学習する目的が明確になること、コミュニケーション学習、友達や先生と協力した学習で評定値が肯定的な方向に動くことを示した。菊池ら（2013）は、「プログラムがどのようなものかを知っている」「自分の力でプログラムが考えられるようになりたい」の2項目で評定平均値が変化することを示し、ロボット教育の有効性を説いている。平間ら（2014）も、「プログラムがどのようなものかを知っている」で評定平均値が大きく変化したと報告している。

これらの研究はいずれも興味深いが、事前と事後を比較する際、評定の評価基準が異なること（清水ら、2013；2014）を考慮していない。そのため子どもたちに何が身についたのかを明らかにできていない。本研究では、清水ら（2014）や先の研究（清水ら、2017）が用いたような回想的な方法で子どもたちが学んだことを明らかにする。

方法

小学生に対して、4日間（①6月11日、②6月18日、③7月9日、④7月16日。いずれも14:00～17:00）のロボット教室を開催した。いずれも場所は帝塚山中学校高等学校物理実験室であった。参加した小学生は16名であった。このほかに実行委員の大学生6名、中学校・高等学校教員（理科部ロボット班顧問）2名、大学教員2名、プログラミングの指導を補助する中学1年生（帝塚山中学校高等学校の理科部ロボット班）12名と、ロボット制作やWROのコースを正確に走破する複雑なプログラミングのモデルとして高校2年生（帝塚山中学校高等学校理科部ロボット班）1名が教室に参加した。以下に、4日間、それぞれの教室の内容を示す。

< 1日目 >

1. 目標

以下の3点を目標とした。①この教室でのロボットの定義（「感じる」「考える」「働く」）を理解する。②ばらばらのパーツの状態からロボットの組み立てができる。③「順次処理」をプログラムできる。

2. 材料

小学生には一人1台のロボット（NXT）とノートパソコンを準備した。

説明には、図1に示すパワーポイントのファイルを用いた。

3. 手続き

スケジュールは表1の通りであった。

表1 1日目（6月11日）のスケジュール

時間	内容
14:00	挨拶（帝塚山中学校高等学校長）
14:05	教室の説明と全体の注意（中高理科部ロボット班顧問）
14:10	スタッフ紹介とロボット教室の注意（実行委員；大学生）
14:15	ロボット教室前半（実行委員；大学生）
15:15	休憩
15:25	ロボット教室後半（実行委員；大学生）
16:30	本日のまとめ（実行委員；大学生）
16:40	終わりの挨拶（実行委員；大学教員）

教室の説明では、ロボット教室を通じて、参加者にモノづくりの面白さ、難しさを体験してもらいたいとの説明があった。また、指導する大学生と補助にあたる中学生にとっても教えること

を通じて成長すること、すなわち、関係者全員にとって、学びの場であることを認識してもらいたいという教室全体の趣旨説明も加えられた。

ロボット教室前半では、ロボットは「感じる」部分、「考える」部分、「動く」部分からなっていることが説明された。また、それらがロボット教室で使う NXT では、センサー、プログラム、モーターに相当することが確認された。その後、ロボットの組み立てを行った。

ロボット教室後半では、先ずプログラミングについて説明があった。次に「直進せよ」として、前進、後進、回転（90°）の基本動作について指導がなされた。それぞれの動作について、小学生はノートパソコンでプログラムを組み、そのプログラムを NXT に送り、実際にロボットを動かした。90°の回転を4回繰り返すことで1回転させることも課題として出された。最後に WRO2016 ミドルコースについても情報が提供された。



図1 1日目に用いたパワーポイントの一部

< 2 日目 >

1. 目標

以下の4点を目標とした。①この教室でのロボットの定義がどのようなものかを後述できる。②3要素「順次処理」「反復処理（繰り返し）」「分岐処理（if文）」のプログラムができる。③タッチセンサー、光センサーが使えるようになる。④チームで協力できる。

2. 材料

前半、小学生には一人1台のロボット（NXT）とノートパソコンを準備した。後半は二人で1台のロボット（NXT）とノートパソコンにした。

光センサーを使って、指定した濃さのところに適切に停止させるため、グレースケールのコースを準備した。

説明には、図2に示すパワーポイントのファイルを用いた。

休憩時間に行われたプロフィール集めには、図3の様式が用いられた。なお、実際にはA4サイズの用紙に4名分のプロフィールを集められるシートとした。

3. 手続き

スケジュールは表2の通りであった。

表2 2日目（6月18日）のスケジュール

時間	内容
14:00	挨拶（実行委員；大学教員）
14:05	ロボット教室の注意（実行委員；大学生）
14:10	ロボット教室前半（実行委員；大学生）
15:15	休憩
15:25	ロボット教室後半（実行委員；大学生）
16:45	本日のまとめ（実行委員；大学生）

ロボット教室の前半では、まずはじめに、1日目に学習した内容（ロボットは「感じる」「考える」「動く」の3つからなること、「考える」部分であるプログラムを作成したこと、直進と90°回転の組み合わせを「繰り返し（反復処理）」をすると4角形が

できること）が確認された。次にタッチセンサーに関する指導がなされた。この指導では、センサーが押されたら停止するプログラムを2つの考え方で組むことが求められた。1つはセンサーが反応するまで前進するという考え方、もう1つは、前進してタッチされていないかを確認して、それを繰り返すという考え方であった。後者の考え方として「分岐処理（if文）」が導入された。

休憩時間には、後半には二人一組になることを見越して、4人の名前、好きなものなどのプロフィールを集めるゲームが行われた。ゲームについて説明した後、図3の様式を印刷したものを配布した。

ロボット教室の後半では、光センサーに関する指導が行われた。まず光センサーは、前半で学んだタッチセンサーと同様の使用が可能であることが確認された。すなわち「分岐処理（if文）」を利用することで、同様にプログラミングが可能であることが押さえられた。しかし光センサーの値は、0～100のアナログ値であるため、コースの状況によって、またセンサーの個体によって反応が異なること、そのため事前にどのような値になるのかをViewによって測定しなければならないことが指導された。その後、グレースケールの特定の値で正確に止まることを二人一組で競争することが求められた。その際、if文だけではうまくいかないのか、なぜうまくいかないのかを考えさせ、前回学習した「反復処理（繰り返し）」を使うことに気付かせることを求めた。

< 3日目 >

1. 目標

以下の4点を目標とした。①二人一組のチームで、協力することができる。②ライントレース（黒い線上を進むこと）ができる。③3要素「順次処理」「反復処理（繰り返し）」「分岐処理（if文）」を組み合わせた複雑なプログラムができる。④WRO ベーシックの課題を知り、プログラムを考える。



図2 2日目に用いたパワーポイントの一部

みんなのプロフィールをあつめよう!	
お名前 _____ <small>(お名前でもOK!)</small>	お名前 _____ <small>(お名前でもOK!)</small>
しゅみ _____	しゅみ _____
好きな遊び _____	好きな遊び _____
一言どうぞ! _____	一言どうぞ! _____

図3 プロフィール集めに用いたシートの一部

2. 材料

小学生二人に1台のロボット(NXT)とノートパソコン、ライントレースのための黒い線のコース（直線、円、波線）を準備した。さらに、実際のWROのコース(ベーシックカテゴリの一部のみ)も用いた。説明には、図4に示すパワーポイントのファイルを用いた。

3. 手続き

スケジュールは表3の通りであった。

表3 3日目(7月9日)のスケジュール

時間	内容
14:00	挨拶(帝塚山大学長)
14:05	ロボット教室の注意(実行委員;大学生)
14:10	ロボット教室前半(実行委員;大学生)
15:15	休憩
15:25	ロボット教室後半(実行委員;大学生)
16:45	本日のまとめ(実行委員;大学生)



図4 3日目に用いたパワーポイントの一部

教室前半では、最初に、今まで学習した内容の復習が行われた。次に同じプログラムの構造で、ライトレース(黒い線上を進むこと)が可能であることが説明され、そのプログラムの以下4つの段階(①黒で右に曲がる、②モーターの出力時間を最小限にする、③繰り返す、④白なら左に曲がる)が解説された。小学生は二人一組(一組は3名)のチームで、先ず直線のライトレース課題、次に円のライトレース課題に取り組んだ。

教室後半では、ながらライトレースのプログラムが指導された。ながらライトレースは、ライトレースをしながら、壁にぶつかった場合(タッチセンサー利用)、ライトレースをやめて次の処理(静止する、回転するなど)を行うこととされた。小学生には二人一組(一組は3名)のチームで相談してプログラミングを行わせた。相談しても答えにたどり着かない場合は、中学生に補助をさせた。

< 4 日目 >

1. 目標

以下の4点を目標とした。①チームで協力することができる。②コースに合わせたロボットに改造することができる。③コースに合わせたプログラムを自分で考えて作成できる。④失敗しても繰り返し挑戦することができる。

2. 材料

小学生二人に1台のロボット（NXT）とノートパソコンを準備した。ロボットはあらかじめドライビングベースまでは組み立てたものを準備した。

実際のWROのコース（ベーシックカテゴリーの一部のみ）と高校のエキスパートコース（実演用）を用いた。

説明には、図5に示すパワーポイントのファイルを用いた。

3. 手続き

スケジュールは表4の通りであった。

表4 4日目（7月16日）のスケジュール

時間	内容
14:00	挨拶（帝塚山学園長）
14:05	ロボット教室の注意（実行委員；大学生）
14:10	ロボット教室（実行委員；大学生）
15:45	模擬大会
16:30	修了書 配布
16:45	ロボット教室のまとめ（実行委員；大学生、教員）

ロボットの改造には、少なくとも、タッチセンサー1つと光センサー1つを付けることを制約として課し、それ以外はチームごとに改造するように求めた。

プログラムに関しては、コースの課題を説明するにとどめ、チームで考えるように促した。その際、チームごとに補助生徒（中学生）を付け、質問への応答や指導を担当させた。

模擬大会では、WROのベーシックのコースを各チームが作ったロボットに走らせた。その際、実際のルールを同じもので走らせた。

全8チームがコースを走らせた後、WROの高校カテゴリーのコースを紹介した。このコースでは、ロボットがブロックを拾い集めて、正確に所定の場所まで移動させることが求められた。その後、実際にそのエキスパート部門に取り組んでいる理科部員に、彼らが作成しているロボットを走らせてもらった。

模擬大会終了後、参加者一人一人に修了書を手渡した。

< ふりかえりと評価 >

毎ロボット教室の最後には、その日のふりかえりをしてもらった。そのふりかえりでは「今日のロボット教室に参加した感想を次の点から書いてください。」として、（1）よくわかったこと、（2）よくわからないこと、（3）おもしろかったこと、（4）おもしろくなかったこと、（5）そのほか、感想や意見を何でもの5点を自由記述で求めた。これらのふりかえりの視点は、市川（2008）にならったものであった。

4日目のロボット教室では、その日のふりかえりに加えて、ロボット教室全体のふりかえりも求めた。全体のふりかえりでは、先ず「今のあなたは、次のことがどのくらいできますか。1か

ら5の数字のどれか1つに○をつけてください。」として13項目を設定して図5の評定を求めた。続いて「このロボット教室に参加する前のあなたは、次のことがどのくらいできましたか。1から5の数字のどれか1つに○をつけてください。」として同じ項目に対して回顧的な評定を求めた。



図5 4日目に用いたパワーポイントの一部

結果

表5は、全体のふりかえりの評定平均値とその検定結果を示したものである。終了時は「今のあなたは、次のことがどのくらいできますか。1から5の数字のどれか1つに○をつけてください」、参加前は「このロボット教室に参加する前のあなたは、次のことがどのくらいできましたか。1から5の数字のどれか1つに○をつけてください」として求めた値である。5段階評定で、高得点ほど力があると考えていたことになる。

検定結果を見ると、「シ. 初めての友達と話しをすること」以外は、5%、1%、あるいは0.1%で有意差があった、効果量を見るといずれも.50以上であり、平均値の差が大きいことを示している。平均値を見ると、いずれも終了時の方が高く、ロボット教室への参加によって、測定したすべての力が付いたことが明らかになった。

表5 ふりかえりの評定

		まったくできない	少しできる	まあまあできる	完全にできる	他の人に教えられる
ア	ロボットを組み立てること	1	2	3	4	5
イ	プログラムでロボットを前進させること	1	2	3	4	5
ウ	プログラムでロボットを後進させること	1	2	3	4	5
エ	プログラムでロボットを回転させること	1	2	3	4	5
オ	ループを使ってプログラムをくり返すこと	1	2	3	4	5
カ	タッチセンサーを使って、かべに当たったらロボットを止めること	1	2	3	4	5
キ	光センサーを使って、黒い線でロボットを止めること	1	2	3	4	5
ク	光センサーを使って、あるこさの線でロボットを止めること	1	2	3	4	5
ケ	ラインレースができるようにプログラムを組むこと	1	2	3	4	5
コ	WROのコースにそってロボットを走らせること	1	2	3	4	5
サ	うまく動くように、ロボットを組み立て直すこと	1	2	3	4	5
シ	初めての友だちと話しをすること	1	2	3	4	5
ス	友だちと協力してプログラムを組むこと	1	2	3	4	5

5段階評定なので、ランダムな反応であれば、平均は3.0となる。そこでこの値との有意差を検定した。3.0よりも有意 ($p < .05$) に大きな値は、フォントサイズを上げてボールド体にした。逆に3.0よりも有意 ($p < .05$) に小さな値は、フォントサイズを下げてボールド体にした。終了時には、ア・イ・ウ・エ・オ・カ・ケ・スの8項目で平均値は3.0よりも有意に大きかった。参加前では、オ・カ・キ・ク・ケ・コ・サ・スの8項目で平均値は3.0よりも有意に小さかった。オ・カ・ケ・スの4項目では有意に小さな値から有意に大きな値へと顕著に変化した。

考察

本研究の目的は、帝塚山ロボット教室に参加した小学生に、何が身についたのかを明らかにすることであった。表6に示したように、測定したすべての項目で評定値は有意に変化し、これらの項目の内容が身についたと言える。「オ. ループを使ってプログラムをくり返すこと」「カ. タッチセンサーを使って、かべに当たったらロボットを止めること」「ケ. ラインレースができるようにプログラムを組むこと」「ス. 友だちと協力してプログラムを組むこと」の4項目では、特に顕著な変化が見られた。

表6 評定平均値と検定結果

		参加前	終了時	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>r</i>
ア.	ロボットを組み立てること	3.0	3.9	3.174	15	0.006	0.634
イ.	プログラムでロボットを前進させること	2.6	4.4	4.652	15	0.000	0.768
ウ.	プログラムでロボットを後進させること	2.6	4.4	4.719	15	0.000	0.773
エ.	プログラムでロボットを回転させること	2.3	4.1	5.461	15	0.000	0.816
オ.	ループを使ってプログラムをくり返すこと	1.9	3.8	5.724	15	0.000	0.828
カ.	タッチセンサーを使って、かべに当たったらロボットを止めること	2.1	3.9	4.583	14	0.000	0.775
キ.	光センサーを使って、黒い線でロボットを止めること	1.8	3.6	4.719	15	0.000	0.773
ク.	光センサーを使って、あるこさの線でロボットを止めること	1.8	3.6	4.728	15	0.000	0.774
ケ.	ライトレースができるようにプログラムを組むこと	1.8	3.6	4.785	15	0.000	0.777
コ.	WROのコースにそってロボットを走らせること	1.5	2.9	4.373	15	0.001	0.749
サ.	うまく動くように、ロボットを組み立て直すこと	1.8	3.0	2.965	14	0.010	0.621
シ.	初めての友だちと話しをすること	2.8	3.2	1.962	15	0.069	0.452
ス.	友だちと協力してプログラムを組むこと	2.1	3.7	3.930	15	0.001	0.712

小学校段階における論理的思考力や創造性、問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議（2016）は、昨年6月に「小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について（議論の取りまとめ）」を報告した。この取りまとめの中には、小学校時代にプログラミング教育で目指すこととして、次の3つがあげられている。①【知識・技能】身近な生活でコンピュータが活用されていることや、問題の解決には必要な手順があることに気付くこと。②【思考力・判断力・表現力等】発達の段階に即して、「プログラミング的思考」を育成すること。③【学びに向かう力・人間性等】発達の段階に即して、コンピュータの働きを、よりよい人生や社会づくりに生かそうとする態度を涵養すること。本研究では、これらに加えて、友達と協力してプログラムを組むことが目指せることを示した。

帝塚山ロボット教室の企画や運営は、こども学科の3回生が担当した。帝塚山中学校高等学校の生徒が補助に入ったものの、入ったのは中学1年生であった。これらのことは、小学生を対象にプログラミング教育に取り組む際の教員のハードルが低いことを示唆するものである。もちろん教室に参加した小学生は、ロボットやプログラムに興味があるなど、学びに向かう姿勢があらかじめ備わっていたことは否めない。この意味では「補助」の存在が重要であると考えられる。プログラミング教育を実施するには、小学校教員と大学生等との協働が必要になると言えよう。

引用文献

- 福田哲也・原田岳志・森本弘一・谷口義昭：大学生と中学生による地域の小学生のためのロボットセミナーの実践、教育実践総合センター研究紀要、pp.235-241、2008.3
- 福田哲也・松原正之・北川雅尚・森本弘一・谷口義昭：奈良からロボット教育の風を--地域に根ざしたロボット教育の推進、教育実践総合センター研究紀要、pp.195-201、2009.3
- 福田哲也・森本弘一・田中琢也・麴谷慶太・谷口義昭：大学生と中学生による小学生のためのロボット教室--3年間の比較と考察、教育実践総合センター研究紀要、pp.129-134、2010.3
- 花島直彦・高氏秀則・相津佳永・道垣内拓人・三門明由美：室蘭地域で開催された小中学生向けのロボット教室における参加者の動向解析、日本ロボット学会誌、33、pp.141-147、2015
- 平間啓太郎・菊地智美・菊池貴大・松原真理：小学生を対象にしたロボットを用いたプログラミング教室、宇都宮大学教育学部教育実践総合センター紀要、37、pp.141-148、2014.7
- 市川伸一：「教えて考えさせる授業」を創る―基礎基本の定着・深化・活用を促す「習得型」授業設計（教育の羅針盤）、図書文化社、2008.5
- 伊藤隆洋・荒井純樹・伊勢谷光輝・柿元泰・澤野野太・宮崎亮一・坂田光輝・金田忠裕：自律型掃除ロボット「Beauto」を用いた多人数向けロボット工作教室、高等専門学校の教育と研究：日本高専学会誌、14、pp.9-12、2009.10
- 川田和男・長松正康・山本透：2P1-D03 幼稚園児および小学生を対象とした救助ロボット工作教室の取り組み（ものづくり教育・メカトロニクスで遊ぶ、2）、ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集、2012、pp."2P1-D03 (01)"-"02P01-D03 (04)"、2012.5
- 菊池貴大・鈴木研二・岩波正浩・松原真理：小学生のためのロボット教材を用いたプログラミング学習、宇都宮大学教育学部教育実践総合センター紀要、36、pp.249-256、2013.7
- 小林賢一・山崎徹・今福健一・塩川克久・伊東圭昌・名倉英紀・石上さやか・中山舞美：8-2-1-509NPO ロボティック普及促進センターの取り組み：神奈川大学×就活塾×学童×ロボット教室=未来志向の地域連携（8-2-1:活動事例紹介、領域8:工学教育、総合テーマ「海を越え、国を越え、世代を超えて!」）、機械力学・計測制御講演論文集、2013、pp."509-501"-"509-511"、2013.8
- 宮川こずえ・坂本弘志・古平真一郎・金橋寛明・針谷安男：自律型ロボットを用いた学習プログラムの開発：初等技術教育用学習プログラムの提案、宇都宮大学教育学部教育実践総合センター紀要、30、pp.559-568、2007.7
- 奥本幸・義永常宏・兼重明宏・中村真沙枝・村田正樹：「小学生がつくるロボットコンテスト」を通じた協同教育の実践、工学教育、57、pp.67-70、2009.5
- 大西義浩・森慎之助：小学生を対象に開催したロボット教室についての一考察、愛媛大学教育学部紀要、60、pp.161-166、2013.10
- 清水益治・小椋たみ子・松尾純代・鶴宏史：DVDを用いた子どもとの関わり記録作成の効果、帝塚山大学現代生活学部紀要、9、pp.53-64、2013.2
- 清水益治・小椋たみ子・鶴宏史・松尾純代：DVDを用いた子どもとの関わり記録作成の効果Ⅱ、帝塚山大学現代生活学部紀要、10、pp.123-137、2014.2
- 清水益治・勝美芳雄・八尋博士・仲島浩紀：実践ロボット教室を活用した学びの可視化、帝塚山大学現代生活学部紀要、13、pp.49-58、2017.2

謝辞

本研究は平成28年度学校法人帝塚山学園特別研究費（研究課題：実践ロボット教室を活用した学びの可視化）に基づくものです。関係者に記して感謝いたします。