

技術・家庭分野融合型プログラミング学習ロボット教材による 女子生徒の学習動機づけに関する研究

Technology and Home Economics Integrated Programming Learning Robotics Materials for Improving Female Student's Learning Motivation

細川 靖[†] 津内口 夕奈[†] 齋 麻子[†]
Yasushi Hosokawa Yuna Tsunaiguchi Asako Sai

1. はじめに

現在, Society5.0 時代に向けた人材育成のため, 小・中・高等学校はプログラミング教育が必修化され, 教科横断的な育成, プログラミング教育充実が求められている[1]. 中学校の教育課程ではこれまで学習していた「プログラミングによる計測・制御」に加え, 「ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミング」を学習する. しかしながら, 中学校の教育課程において, 技術専科の教諭の不足によって家庭科教諭等の専門外の教諭が授業を担当する中学校が多く, 各学校間で指導内容に格差が生じることが課題となっている. また, 第 3 学年でプログラミング学習を実施する学校では, 第 3 学年の技術・家庭科全体の授業時数は 35 時間程度であり, 学習内容に「ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミング」の学習が追加されても授業時数は増加しないため, 学習内容に対して授業時数が少ないことも課題である.

一方, 大学生の理学分野・工学分野における女性の割合はそれぞれ 27.0 %, 14.0 %であり, STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) 分野を専攻する女性が少ないことが課題となっている[2]. STEM 分野を専攻する女性に関する問題は世界的な課題となっており, これは, 世間が女性に求めるイメージと理系に対するイメージの差から生じるステレオタイプによるものだと考える.

以上のことから, 本研究では, 生徒が直感的・視覚的に「プログラミングによる計測・制御」と「ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミング」を学習でき, インタラクションの工夫により女子生徒の学習動機づけ[3]を目指した中学校の技術・家庭科における技術分野と家庭分野の融合したプログラミング学習ロボットを試作し, それを用いた八戸工業高等専門学校 (以後, 本校と略す) 女子学生らによる出前授業のプログラミング学習教材提案を目的とする. 従来の制御プログラミング学習で用いられるロボットでは, コミュニケーションは生徒からロボットに対する一方向であったが, 本研究の提案では, インタラクションの要素を加え, 双方向にすることで生徒の興味・関心を喚起する.

2. 教材に用いるロボット

本研究で用いるロボットは図 1 に示す Keyes DIY Robot 社の「Keystudio Smart Little Turtle Robot V3」で, Arduino による制御を行う. このロボットは 2 輪制御ライントレース, 超音波センサ, 赤外線リモートコントロール, Bluetooth 通信, LED マトリックスの機能を備えている. 機

能が充実しているながら, 安価で一式の入手が容易であること, また, 本校では Arduino について学ぶカリキュラムがあり, 新しくハードや機能を追加するため, 学生がロボットの仕組みやプログラムについてブラックボックスでないことが選定理由である.



図 1. Keystudio Smart Little Turtle Robot V3.

3. インタラクション導入の提案とロボットの試作

3.1 家庭分野での衣装作製

ロボットやプログラミング学習に対するステレオタイプの緩和やオリジナリティによる愛着を狙い, ロボットの衣装を家庭分野「C 衣生活・住生活と自立」で作製することを提案する. 作製するロボット衣装の例を図 2 に示す.

「C 衣生活・住生活と自立」の授業時数は 6~8 時間と不足しており, 製作時間はさらに少ないため, 実際に作製する衣装は図 2 (a) に示す難易度の低いものを想定する. また, 技術を兼任する家庭科教諭のロボットに対する苦手意識の緩和も狙う. ロボットを覆う装飾による赤外線制御信号の遮断を防ぐために, 各制御信号の通信は Bluetooth 通信により行う.

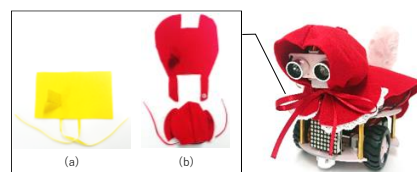


図 2. 作製する衣装の例.

3.2 生徒の学習量の可視化

学習量の可視化による学習意欲の向上, ロボット反応の可視化によるロボットへの親近感の向上を狙い, プログラムの起動回数を生徒の学習量とみなして, プログラムの起動回数に合わせて LED マトリックスの表示が変化する仕組みを提案する. これは EEPROM による起動回数カウントの実装により実現した. 実際の授業での使用を想定した場合の起動回数と LED 表示の対応を表 1 に示す. EEPROM によりカウントした起動回数の値を分岐条件として LED マトリックスの表示を変化させた.

[†] 八戸工業高等専門学校 National Institute of Technology, Hachinohe College

表 1. 起動回数と LED 表示の対応.

Arduinoの 起動回数	5回未満	5回以上 10回未満	10回以上 15回未満	15回以上 20回未満	20回以上
LED表示					

3.3 ロボットへの小動物的な愛らしさの付加

ロボット反応を可視化し、感情的な表現にすることで、ロボットへの親近感の向上を狙い、ロボットに動く「動物のしっぽチャーム」の取り付けを提案する。この「動物のしっぽチャーム」取り付けの一例を図 3 に示す。取り付けるサーボモータは Tower Pro Pte Ltd の SG90 である。ロボット前進時に「動物のしっぽチャーム」をサーボモータで回転するプログラムを実装した。このフローチャートを図 4 に示す。サーボモータの制御は、Arduino の servo.attach 関数を用いた場合、ロボット動作全体に不具合が生じたため、delay 関数によりサーボ信号を生成し制御を行った。



図 3. 「動物のしっぽチャーム」取り付け例.

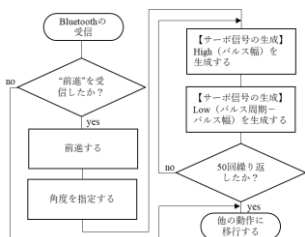


図 4. 動物のしっぽチャーム回転フローチャート.

4. アンプラグドプログラミング学習教材の試作

試作したプログラミング学習ロボットを活用した授業計画および「アンプラグドプログラミング」[4]学習教材を提案する。体験時間や難易度の制約から、アンプラグドプログラミングを意識した教材とした。ロボット体験等に基づいたアンプラグドプログラミングの手法を取ることで、プログラミングを知らない中学生に対し、プログラミング的思考やプログラミング入門への「きっかけづくり・学習動機付け」を目指している。中学生が日ごろから用いている「紙を使った教材」とすることで、パソコンが無くともプログラミング学習ができる。提案する授業計画およびプログラミング学習教材はプログラミング学習の入門を想定し、出前授業でのフローチャート学習を想定したものである。

出前授業 1 回分として、当初は 100 分を想定していたが、中学校側の要望により授業時間 50 分に想定した授業計画を以下に示す。授業は「導入」、「フローチャート」、「実践①」、「実践②」、「まとめ」で構成し、授業前に生徒各自が予習を行うこととした。

4.1 授業計画

授業計画は、「1. 導入」を 3 分、「2. フローチャート」を 5 分、「3. 実践①」を 20 分（実習内容説明 2 分、実習

15 分、成果発表 3 分）、「4. 実践②」を 8 分（実習内容説明 3 分、実習 5 分）、「5. まとめ」を計 9 分（プログラミング学習とは 3 分、試作ロボットを使ったプログラミング学習紹介 5 分、振り返り 1 分）とし、50 分以内で実施できるようにした。

4.2 出前授業の予習

授業時間不足のため、事前に予習プリントを配布し、プログラミングとは何か・身の回りでプログラミングが用いられているものの予想、技術分野の教科書を見ながらの文章穴埋め、フローチャートについての予習を課した。

4.3 出前授業「導入」

「導入」では、なぜプログラミングを学習するのか、プログラミングとは何かを学習する。図 5 に示すワークシート (1~2 ページ) の「1. プログラミングってなんだろう」に対応する。プログラミングとは「目的の動作をさせるためにその動作の手順を作成して与えること」で「作りたいものや問題解決を実現するために行うこと」と説明し、幅広い意味でのプログラミング学習を理解してもらおうと共に、従来のイメージとの違いを理解させることを狙う。

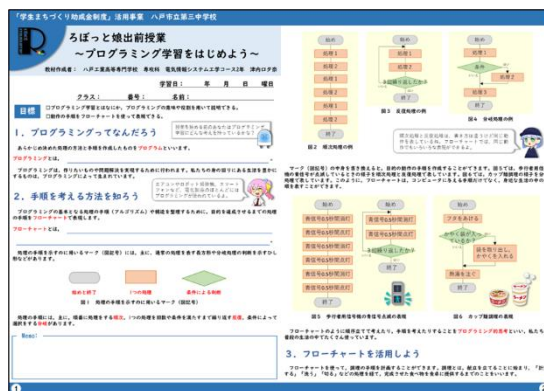


図 5. ワークシート(1~2 ページ).

4.4 出前授業「フローチャート」

「フローチャート」では、プログラミングの基本は処理の手順の作成であること、処理の手順を考える方法を学習する。図 5 に示したワークシートの「2. 手順を考える方法を知ろう」に対応する。プログラミングの基本となるアルゴリズムや構造を整理するために目的を達成するまでの処理の手順をフローチャートで表現することやフローチャートの基礎を説明する。「順次」と「反復」の例に歩行者用信号機の青信号点滅の表現を用いて、同じ処理でも様々な表現ができることを理解させることを狙う。また、「分岐」の例にカップ麺調理の表現を用いて、このように順序立てて考えたり手順を考えたりすることをプログラミング的思考といい、普段の生活の中でも多く利用していることを理解させることを狙う。なおこれらの学習は技術分野の教科書である東京書籍「新編 新しい技術・家庭 技術分野 未来を創る technology」[5]の 238~239 ページに対応する。

4.5 出前授業「実践①」・「実践②」

「実践①」・「実践②」では、フローチャートを活用した手順表現の習得を狙う。図 6 に示すワークシート (3~4

ページ) に示す授業資料の「3.フローチャートを活用しよう」に対応する。「実践①」では、フローチャートで調理の計画を立て、思考から手順をフローチャートで表現できるようになることを狙う。フローチャート作成の題材に家庭分野の内容を用い、教科横断的な学習にすることで、プログラミング学習に対するステレオタイプの緩和や、技術分野を担当する家庭科教諭等の専科外教諭のプログラミング学習に対する苦手意識の緩和を狙う。生徒は「煮込みハンバーグ」か「シチュー」の調理を選び、その計画をフローチャートで作成する。なお、「煮込みハンバーグ」の調理は家庭科の教科書である開隆堂「技術・家庭 家庭分野」[6]の 106~107 ページ、「シチュー」の調理は開隆堂「技術・家庭 家庭分野」109 ページを参考に行う。

実践例には「とん汁」調理のフローチャートを用いた。実践例フローチャートの「〇分経ったか」のような「条件による判断」について、コンピュータでは一つ一つの処理に時間がかかることを生徒が感覚的に理解することは難しく、分岐で条件を満たさず反復する際「条件による判断」の真上に戻るだけでは、なぜいづれ条件が満たされるのか理解が困難と考え、反復に「少し待つ」のような「1 つの処理時間」を挟むこととした。なお、「とん汁」の調理は家庭科の教科書である東京書籍「新しい技術・家庭 家庭分野 自立と共生を目指して」[7]の 68 ページを参考にした。

「実践②」では、ロボットの動作を見ながら、その動作をフローチャートで表現し、ロボットにどのようなプログラムが与えられているかを考える。実際の動作から手順をフローチャートで表現できるようになることを狙う。またフローチャートが考えられると、プログラムによって身の回りの機器やロボットに動作を与え、制御できることを理解させることを狙う。ロボットには試作ロボットを用い、「前進するときしっぽを振る動作」「後退する動作」「右回転する動作」「左回転する動作」を行う。実践例には「後退する動作」のフローチャートを用いた。

作成したフローチャートは「実践①」と「実践②」で作成するフローチャートの解答例を授業後に配布し、各自で採点を行うこととした。

4.6 出前授業「まとめ」

「まとめ」では、プログラミング学習とは何か、授業後の生徒自身の考えをまとめる。図 6 に示したワークシート(3~4 ページ)の「4.プログラミング学習ってなんだろう」に対応する。



図 6. ワークシート(3~4 ページ).

筆者らが行ったプログラミング学習の成果として「試作ロボットの開発」を体験談として説明し、プログラミング学習とは「やりたいこと・つくりたいものを実現する力を身につけるための学習」であることを伝え、ロールモデルとなることで、プログラミング学習への学習動機づけを狙う。また、ロボット開発過程の体験談の中で「実践②」で作成したものと同等のフローチャートを掲示し、実践の内容がものづくり・制御に繋がっていることを実感させることで、プログラミング学習への学習動機づけを狙う。最後に、プログラミング学習を続けるとできることが増えることや、生徒が所持している技術分野の教科書でプログラミング学習が続けられることを伝え、学習の継続を促す。

5. 試作プログラミング学習教材の評価

令和 4 年 3 月 14 日に、試作プログラミング学習教材を用いたオンライン出前授業を実施し、出席した八戸市立第三中学校第二学年の男子生徒 48 人、女子生徒 45 人、計 93 人に対してアンケート調査を行った。出前授業による生徒の学習達成度とプログラミング学習に対する印象の変化を調査するもので、出前授業終了後に紙面で行った。5 段階評価形式の設問と自由記述形式の設問に分け、5 段階評価では肯定側を 5、否定側を 1 とした。

5.1 生徒の学習達成度調査

表 2 より、「プログラミングの意味や役割について」は、全員が 5 ととても理解できた/4 理解できたと回答した。

「フローチャートについて」は、5 ととても理解できた/4 理解できたと回答したのは男子 47 人、女子 44 人の 97.8% であった。「フローチャートを使った手順の表現」を、5 ととてもできた/4 できたと回答したのは男子 46 人、女子 45 人の 97.8% であった。「プログラミング学習の理解」は、5 ととても理解できた/4 理解できたと回答したのは男子 48 人、女子 44 人の 98.9% であった。「授業全体の内容の理

表 2. 生徒の学習達成度と印象の変化調査結果.

問1 プログラミングの意味や役割について理解できましたか?					
評価値	5とても理解できた	4理解できた	3どちらでもない	2理解できない	1全く理解できない
女[人]	22 23.66%	23 24.73%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%
男[人]	34 36.56%	14 15.05%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%
合計[人]	56 60.22%	37 39.78%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%
問2 フローチャートについて理解できましたか?					
評価値	5とても理解できた	4理解できた	3どちらでもない	2理解できない	1全く理解できない
女[人]	25 26.88%	19 20.43%	0 0.00%	1 1.08%	0 0.00%
男[人]	30 32.26%	17 18.28%	1 1.08%	0 0.00%	0 0.00%
合計[人]	55 59.14%	36 38.71%	1 1.08%	1 1.08%	0 0.00%
問3 フローチャートを使って手順を表現することができましたか?					
評価値	5とてもできた	4できた	3どちらでもない	2できなかった	1全くできなかった
女[人]	15 16.13%	30 32.26%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%
男[人]	16 17.20%	30 32.26%	1 1.08%	1 1.08%	0 0.00%
合計[人]	31 33.33%	60 64.52%	1 1.08%	1 1.08%	0 0.00%
問4 プログラミング学習とはなにか理解できましたか?					
評価値	5とても理解できた	4理解できた	3どちらでもない	2理解できない	1全く理解できない
女[人]	25 26.88%	19 20.43%	1 1.08%	0 0.00%	0 0.00%
男[人]	25 26.88%	23 24.73%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%
合計[人]	50 53.76%	42 45.16%	1 1.08%	0 0.00%	0 0.00%
問5 授業全体の内容について理解できましたか?					
評価値	5とても理解できた	4理解できた	3どちらでもない	2理解できない	1全く理解できない
女[人]	26 27.96%	18 19.35%	1 1.08%	0 0.00%	0 0.00%
男[人]	33 35.48%	15 16.13%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%
合計[人]	59 63.44%	33 35.48%	1 1.08%	0 0.00%	0 0.00%
問6 プログラミング学習と家庭科の内容と関連させることで、プログラミング学習に対するイメージは変わりましたか?					
評価値	5とても変わった	4変わった	3どちらでもない	2変わっていない	1変わっていない
女[人]	21 22.58%	15 16.13%	5 5.38%	4 4.30%	0 0.00%
男[人]	16 17.20%	20 21.51%	6 6.45%	4 4.30%	2 2.15%
合計[人]	37 39.78%	35 37.63%	11 11.83%	8 8.60%	2 2.15%
問7 今回の授業を通して、プログラミング学習に対するイメージは変わりましたか?					
評価値	5とても変わった	4変わった	3どちらでもない	2変わっていない	1変わっていない
女[人]	19 20.43%	19 20.43%	4 4.30%	3 3.23%	0 0.00%
男[人]	17 18.28%	23 24.73%	3 3.23%	4 4.30%	1 1.08%
合計[人]	36 38.71%	42 45.16%	7 7.53%	7 7.53%	1 1.08%
問8 今回の授業を通して、今後もプログラミング学習をしたいと思いましたか?					
評価値	5とても思った	4思った	3どちらでもない	2思わなかった	1全く思わなかった
女[人]	25 26.88%	19 20.43%	1 1.08%	0 0.00%	0 0.00%
男[人]	26 27.96%	19 20.43%	3 3.23%	0 0.00%	0 0.00%
合計[人]	51 54.84%	38 40.86%	4 4.30%	0 0.00%	0 0.00%

解」は、5 とても理解できた/4 理解できたと回答したのは男子 48 人、女子 44 人の 98.9%であった。

5.2 家庭科との関連によるイメージの変化調査

「実践①」におけるプログラミング学習と「家庭科の内容の関連によるプログラミング学習に対するイメージの変化」について表 2 より、プログラミング学習に対するイメージが、5 とても変わった/4 変わったと回答したのは男子 36 人、女子 36 人の 77.4%であった。3 どちらでもないは男子 6 人、女子 5 人の 11.8%、2 変わっていないは男子 4 人、女子 4 人の 8.6%、1 全く変わらなかったと回答したのは男子 2 人の 2.2%であった。

技術を兼任している家庭科教諭は、家庭科との関連によってプログラミング学習に対するイメージがとても変わったと回答した。また、プログラミング学習の指導に抵抗感や不安をととても持っていたが、家庭科と関連させることによりとても緩和されたと回答した。

5.3 授業全体によるイメージの変化調査

出前授業全体を通しての「プログラミング学習に対するイメージの変化」について表 2 より、プログラミング学習に対するイメージが、5 とても変わった/4 変わったと回答したのは男子 40 人、女子 38 人の 73.1%であった。3 どちらでもないは男子 3 人、女子 4 人の 7.5%、2 変わっていないは男子 4 人、女子 3 人の 8.6%、1 全く変わらなかったと回答したのは男子 1 人の 1.1%であった。

5.4 学習動機づけ調査

今後のプログラミング学習への意欲について表 2 より、今後もプログラミング学習を 5 とてもしたい/4 したいと回答したのは男子 45 人、女子 44 人の 95.7%で、3 どちらでもないは男子 3 人、女子 1 人の 4.3%であった。

6. 考察

6.1 プログラミング学習ロボットに対する考察

アンケート調査のコメントから、女子生徒は男子生徒と比較してロボットやプログラミング学習に堅さや冷たい印象を持っていることが多いことがわかった。これに対して、ロボット衣装を家庭分野で作成し装着すること、「動物のしっぽチャーム」を用いた小動物的な愛らしさを付加し「動物のしっぽチャーム」が動くことによるロボット反応の可視化かつ感情的な表現によって、「ペットのよう」や「ぬいぐるみみたい」というコメントが得られ、ステレオタイプの緩和や親近感の向上が行えたと考える。

LED マトリクスを用いた生徒の学習量の可視化について、ロボット反応の可視化による親近感向上、生徒の作用によってロボットが変化するインタラクションにより、「ハートが学習につれて赤く染まってゆくところが好き」というコメントから、学習意欲向上が可能と考える。

以上のことから、本研究で提案するインタラクションは女子生徒の学習動機づけが期待できる。

6.2 プログラミング学習教材に対する考察

アンケート調査の結果から、本教材を用いた出前授業により、導入からフローチャート学習までのプログラミング学習は十分に達成できたといえる。さらに、プログラミン

グ学習に対するステレオタイプ・“難しいという思い込み”の緩和や、学習動機づけができたといえる。また、技術分野を兼任している家庭科教諭への調査結果から、家庭分野などの技術分野以外の身近な要素を取り入れることで、技術分野を担当する家庭科教諭等の専科外教諭のプログラミング学習に対する苦手意識を緩和できたと考えられる。

プログラミング学習に対するステレオタイプ・“難しいという思い込み”の緩和や、取り組みやすさの改善された要因は、学習内容を家庭分野との融合など、生徒にとって身近なものとの関連付けたことだと考えられる。さらに、調査対象の中学生からは「難しく自分にはできないと思っていたが意外と簡単にできた」という意見が多く得られたことから、第一段階として、「誰でもできるもの」という認識を与えることが重要だと考えられる。

学習動機づけの要因は、知的探究心が芽生えたことや出前授業での達成感・充実感が得られたこと、プログラミングは役立つスキルだと知ったことが考えられる。プログラミング学習の意味や生徒にとって実は身近なものであることを伝えたことで、生徒の「自分には必要ない、関係ない」という考えが変わり、学習動機づけに繋がったと考える。

7. まとめ

本研究では、プログラミング学習における女子生徒の学習動機づけを目的とし、プログラミング学習ロボットへのインタラクション導入の提案と試作、プログラミング学習の導入・フローチャート学習を想定したアンブラグドプログラミング学習教材の試作を行った。ロボットやプログラミング学習を生徒にとって身近な存在にすることで、女子生徒のみならず、男子生徒にも学習動機づけができた。これらのアンブラグドプログラミング学習教材導入によって、「プログラミングは難しい」というイメージを払拭し、プログラミング学習の充実と教育現場の課題解決だけでなく、STEM 分野を専攻する女子生徒の増加が期待できる。

今後は、インタラクションを導入したロボットでできるプログラミング学習の範囲を広げ、生徒がロボットを用いて学習できる場を増やしたいと考えている。そのためには、生徒が直感的・実践的にプログラミングできるソフトウェアの開発や環境づくりなど、改善が必要である。

参考文献

- [1] 文部科学省, 情報教育の推進, https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1369613.htm (accessed 21 Jun 2022).
- [2] 森永康子, 女性は数学が苦手 -ステレオタイプの影響について考える-, *Japanese Psychological Review*, No. 1, pp. 49-50, 2017.
- [3] 鹿毛雅治, 学習動機づけ研究の動向と展望, *教育心理学年報第 57 集*, pp. 155-170, 2018.
- [4] 永田奈央美, プログラミングの思考を育成するためのアンブラグド型の教育実践, *情報システム学会 全国大会論文集*, 14, S1-B3-1-4, 2018.
- [5] 田口浩継 他, 「新編 新しい技術・家庭 技術分野 未来を創る technology」, 東京書籍, pp.238-241, 2021.3.
- [6] 大竹美登利 他, 「技術・家庭 家庭分野」開隆堂, p.106-107, p.109, 2018.3
- [7] 佐藤文子, 志村結美他, 「新しい技術・家庭 家庭分野 自制と共生を目指して」東京書籍, p.68, 2021.3.