

八王子市におけるプログラミング教育強化方法の提案

プログラミング的思考の教育強化で八王子をプログラミング教育先進地域へ

Proposal on how to strengthen programming education in Hachioji City
Establishing Hachioji as a Leading Region for Programming Education through
Strengthening Programmatic Thinking Education

田崎 誠人
指導教員 三木 良雄

工学院大学大学院 工学研究科 情報学専攻

小学校等でプログラミング言語の授業が展開されている。しかし、幅広い思考力を育成するプログラミング的思考の教育は実施されていない。本研究ではプログラミング教育の中核であるプログラミング的思考の新規教育教材の提案と、八王子市での実施を提案する。

キーワード：プログラミング教育，プログラミング的思考

1. はじめに

2020年度から初等教育において小学校プログラミング教育が開始された。これはプログラミング的思考を育成することを中核とし、コンピュータや情報通信技術を活用する能力を育成することも同時に目指している。[1]

プログラミング的思考とは、自分が意図する一連の活動を実現するために、どのような動きの組合せが必要であり、一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか、記号の組合せをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といったことを論理的に考えていく力[1]とされている。プログラミング的思考を習得することで、社会に出てから、型どおりの作業をこなすのではなく、定型化・言語化されていない曖昧な問題を自ら頭を使って整理し、解決策を見出すことができるようになる。

2. 教材の提案と効果の検証

プログラミング的思考の既存教材として、文部科学省が学習指導要領に示しているもののほか、アルゴリズムなどについて学ぶものがある。本章で提案するプログラミング的思考の教材は、純粋な数理最適化以外にも、実社会で経営者などが抱える問題を包含しているとされるオペレーションズリサーチ(OR)を題材とし、通常あらかじめ設定されている問題の定義を明確にし、変化させることで、物事の解決までのアプローチに対し複数の選択や新たな選択肢を持つことができる思考を育成するものである。

2.1 ハンドベルモデル

上述の課題を解決するための提案手法をハンドベルモデルと呼ぶ。図1にモデルを図解する。通常の間では、問に対して解は1つに絞られており、一本の道筋を通り単一の解にたどり着く。それに対し、提案するハンドベルモデルでは、解決までを以下の3つのフェーズに分ける。

①最初に解決する対象(問題・目的)を設定・提供する。従来の

教育手法と同様に通常の問題を与える。

②制約や目標といった前提条件を明確にする。第一段階で提供した問の前提条件と共に、目的を達成するための別の前提条件を提供する。

③自ら前提条件を考え、思考を発散させる。第二段階では提供”されて”いた前提条件を受講者自らが考え自ら解答する。

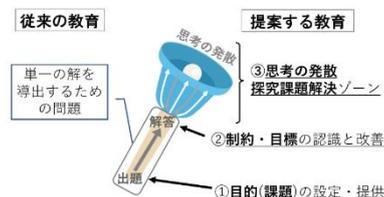


図1 ハンドベルモデル[2]

2.2 有効性の検証

2.1のハンドベルモデルの効果を確認するために初等・中等教育課程の児童と生徒、計30名を対象に効果検証を行った。効果検証は、処置の前後を比較する前後比較試験で実施した。ハンドベルモデルの教材として、ORの代表的な例題である巡回セールスマン問題(TSP)を改変したものを使用した。

前後比較試験に用いる事前・事後テストには、ナップサック問題の前提条件を変更可能とした問題を使用した。回答欄は自由記述とし、思考を十分にアウトプットできるように設計した。

前後比較試験に使用した教材は3章以降の分析のために、以下の3ステップ、合計9観点により評価を行った。ただし、ステップ1及び2はナップサック問題を純粋に解けているか。ステップ3は提案したハンドベルモデルによりプログラミング的思考が育成されているかを評価している。

ステップ1:問題を理解できているか

1.1. 問題の理解 出題意図を理解して解けているか
ステップ2:問題が理解されているか

- 2.1. 解の正解性 必要度が正解に近づいているか
 - 2.2. 条件への到達度 条件に対し、問題を解けているか
 - 2.3. 最適化の思考 複数の選択肢、最適な組合せか
 - ステップ3:プログラミング的思考に到達しているか
 - 3.1. 解への実現性 実現可能な案が提示できているか
 - 3.2. 選択の合理性 目的に沿った選択ができるか
 - 3.3. 前提条件の明確化 適切な前提条件設定か
 - 3.4. 選択の適切性 社会通念上相当な選択ができるか
 - 3.5. 制約の自由性 制約を適切に変更できているか
- 以上の3ステップ9項目の評価規程において、項目ごとに3レベル(0点~2点)で評価を行った。

3. 効果の分析

2.2 で得られたデータをもとに教材の効果について分析を実施した。本章ではまずはデータの特徴を述べ、その後t検定を実施し、有効性を確認する。

3.1 効果推定とデータ補正

表1は2.2の評価規程で評価した事前テストと事後テストの結果である。また図2は事前テストと事後テストの合計得点を単純に比較したものである。このグラフからハンドベルモデルによるプログラミング的思考の育成を実施した後は明らかに点数が増加している。理想的には対象実験としてハンドベルモデルによるプログラミング的思考の育成を実施しない対象群に対して、事前テストと事後テストと実施することが考えられるが、対照群の被験者に処置群と同様のナップサック問題だけを解かせることは現実的でない上に、事前事後という意味では有意な差が無いのが当然である。そこで本研究では次のように、見かけの効果となりうる成分に着目し、より正確な効果推定を行う。

評価規程のステップ2はナップサック問題という制限のもと問題を解くのにに対し、ステップ3は前提を自身で設定し問題を解くため、解答の自由度により、点数が偏る。すなわち、ステップ2と3はトレードオフの関係にある。

またステップ1では、事前テストと事後テストの間で点数の増加がみられる。ハンドベルモデルの教材として、ナップサック問題を扱っていないにも関わらず、事後テストの点数に増加があった原因として、事後テストではナップサック問題を解くのが2回目であったため、問題を解くことに慣れてきたことが考えられる。

以上より、本手法の効果推定においては、(1)直接得られた結果データ、(2)評価規程のステップ1を除外したデータ、(3)(2)に対して、評価基準のステップ2は事前テストと同じ結果となることとしたデータの補正方法が異なる3種に対して評価を

行った。

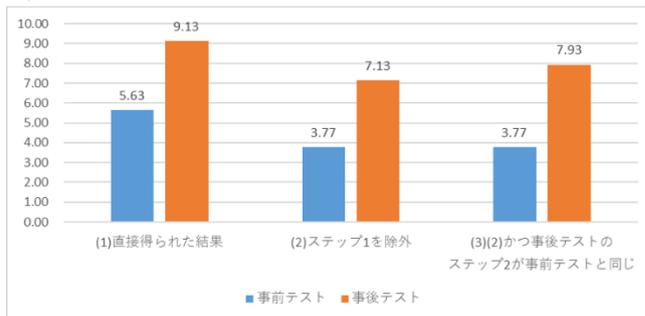


図2 補正方法ごとの事前・事後テストの得点比較

3.2 t検定

2の補正方法(1),(2),(3)に対し、Welchのt検定を実施した。以下の表2に補正方法ごとの検定結果を示す。ただし、危険率は $\alpha=0.05$ である。

3.1で述べたように図2及び表2の(2),(3)は見かけの効果効果を補正している。表2において、t検定のt値の絶対値は

表2 補正方法ごとのt検定

	(1)直接得られた結果		(2)ステップ1を除外		(3)(2)かつ事後テストのステップ2が事前テストと同じ	
	事前テスト	事後テスト	事前テスト	事後テスト	事前テスト	事後テスト
平均	0.6259259	1.0148148	0.4708333	0.8916667	0.470833333	0.991666667
分散	0.5963272	0.3358642	0.4341071	0.2278571	0.434107143	0.232301587
観測数	9	9	8	8	8	8
仮説平均との差異	0	0	0	0	0	0
自由度	15	15	13	13	13	13
t	-1.208354	-1.208354	-1.462978	-1.462978	-1.804568723	-1.804568723
P(T<=t) 片側	0.1228082	0.1228082	0.0836139	0.0836139	0.047174214	0.047174214
t境界値 片側	1.7530504	1.7530504	1.7709334	1.7709334	1.770933396	1.770933396
P(T<=t) 両側	0.2456165	0.2456165	0.1672278	0.1672278	0.094348428	0.094348428
t境界値 両側	2.1314495	2.1314495	2.1603687	2.1603687	2.160368656	2.160368656

(2),(3)と増加しており、見かけの効果効果を補正すると、有意になる、すなわち、提案したハンドベルモデルには効果があるという結果となった。

4. 八王子市での展開

本研究を推進するにあたり、八王子市教育委員会、市立小学校へのヒアリングをさせて頂いた。いくつかの学校ではScratchなどのコンピュータ言語教育が熱心に行われていることが確認されたが、プログラミング的思考を直接教育するような活動は確認されなかった。理想的なプログラミング教育を実施するにあたっては、講師の不足、教材の不足が絶対的な課題であり、今回作成の教材と方法論を教科書とし、コンソーシアムメンバーの大学で分担して講師派遣することで、八王子市を全国的にも先進的なプログラミング教育都市として打ち出せるのではないかと考える。

参考文献

[1]文部科学省, ”小学校プログラミング教育の手引き(第三版)”.

[2]田崎誠人, 三木良雄, “プログラミング教育におけるプログラミング的思考の教育方法と教材の提案”, 情報処理学会第86回全国大会講演論文集, pp.925-926 (2024).

[3]田崎誠人, 三木良雄, “プログラミング教育におけるプログラミング的思考教材の効果検証”, 第23回情報科学技術フォーラム講演論文集, 第4分冊, pp.317-318(2024).

表1 評価規程ごとの事前・事後テストの平均得点

ステップ	項目	事前テスト	事後テスト
1.問題自体が分かっているか	1.1 問いの理解	1.87	2.00
	2.1 解の正確性	1.30	1.07
2.問題が解けているか	2.2 条件への到達度	1.70	1.43
	2.3 最適性の思考	0.40	0.10
	3.1 解への実現性	0.13	1.00
3.プログラミング的思考	3.2 選択の合理性	0.23	0.70
	3.3 前提条件の明確化	0.00	0.47
	3.4 選択の適切性	0.00	1.53
	3.5 制限の自由性	0.00	0.83
	3.5 制限の自由性	0.00	0.83