



プログラミング教育における 発達段階に応じた思考力の育成


東京工業大学
栗山 直子
kuriyama@ila.titech.ac.jp

私のプログラミング研究の目的

- ①プログラミング教育の
実践研究とそこで得られた知見を示し、
プログラミング教育の
「発達段階に応じた思考力育成の可能性」を
検討すること
→出前授業などによる実践研究と調査
(共同研究)
- ②プログラミング教育を環境を整えること
→東工大
大学院科目「教育インターンシップ専修ⅠⅡ」

自己紹介：栗山 直子

- 東京工業大学 リハラルアーツ研究教育院 助教
環境社会理工学院 社会人間科学系
社会人間科学コース 助教
- 専門分野：認知心理学、教育心理学、教育工学
- プログラミング関係の研究
栗山直子, 森秀樹, 齊藤貴浩, 西原明法 (2021)
小学校のプログラミング教区の効果検証. コンピュータ&エデュケーション, コン
ピュータ利用教育学会, Vol. 50
Naoko KURIYAMA, Takahiro SAITO, Hideki MORI, Akinori NISHIHARA.
[Keynote Speech] Programming Education for Primary School Children,
International STEM Education Conference, Proceedings of the 2nd
International STEM Education Conference, July 2017.
SAITO Takahiro, KURIYAMA Naoko, MORI Hideki, NISHIHARA Akinori.
Trial of Programming Education for Junior High-school Students by
Using Bipedal Robots, The 4th International STEM Education Conference
(STEM-Ed 2019), The 4th International STEM Education 2019
Proceedings, pp. 312-318, July 2019.
楠見 孝, 西川一之, 齊藤貴浩, 栗山直子. プログラミング教育の授業実践に対する小中
学校教員の期待と意欲, 日本教育工学会論文誌, 日本教育工学会, Vol. 44, No. 2, pp.
265-275, Oct. 2020.



結論：発達段階に応じた思考力育成の可能性

- 低学年
操作への慣れ・プログラミング学習の動機づけ
詳細に観察するきっかけ
- 中学年～
試行錯誤
失敗からの学習
→メタ学習につながる
→自己効力感の育成
- 高学年～
試行錯誤・失敗からの学習に加え
モデル化 目に見えない仕組みへの理解
シミュレーション 規則・理論の理解から、予測へ
→小学校の学びから中学での学習の接続の役目を果たす

ICTに慣れる
関心をもつ
詳しく観察する

↓

学び方を学ぶ
粘り強く取り組む

↓

規則の確認
理論との整合性

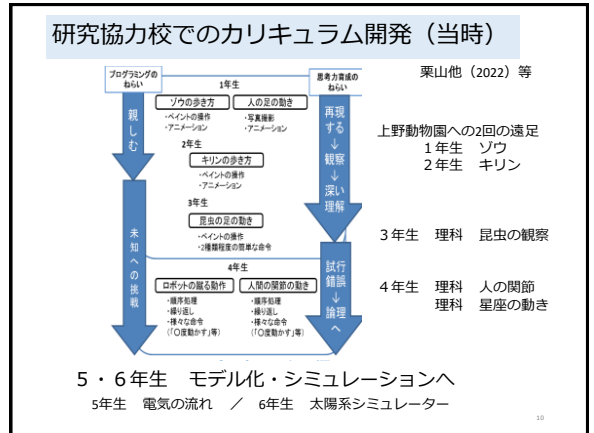
ITCを用いた
探究学習の基盤
STEM教育へ

私のプログラミング研究の目的

- ①プログラミング教育の
実践研究とそこで得られた知見を示し、
プログラミング教育の
「発達段階に応じた思考力育成の可能性」を
検討すること
→出前授業などによる実践研究と調査
(共同研究)
- ②プログラミング教育を環境を整えること
→東工大
大学院科目「教育インターンシップ専修ⅠⅡ」

カリキュラム開発





プログラミングとは?

プログラミング = 手紙

プログラミングはコンピュータにどのように動いてほしいかを書いた「手紙」のようなもの

伝わるように書かないと動かない
= コンピュータとのコミュニケーション

研究協力校でのカリキュラム開発

- 2012年～2016年
- 東京都の区立小学校1校
- 東京都のサイエンス教育の指定校
- サイエンス（理数系）カリキュラムに合わせたプログラミングのカリキュラム開発を行う

(実践例) 1-2年ソウ/きりんの歩き方・ヒトの歩き方 4年人の関節の動きのシミュレーション

1年 ソウの歩き方を発見しよう
(SC見学では動物園で「ソウ博士になろう」を実施済み。)

- ソウの歩き方をビデオで観察
- ソウの歩き方を分解し、仮説作成
- アニメーションを作成し、実行
(試行錯誤? 動いただけで満足。)

3年 ヒトを動かしてみよう

- ヒトをどのように動かすか、考える
- 「回す」と、「待つ」のコマンド、または制御コマンドを使って動かす
- 試行錯誤して思い通りに動くように挑戦
(試行錯誤)

栗山他 (2015) 等

(実践例) 4年足の関節の動きのシミュレーション
5年てんびんを作ろう

4年 かつこいいキックを作る
(足の関節の動きのシミュレーション)

1. かつこいいキックとは？をグループでディスカッションし、設計。
2. 2つの関節の動きだけでキックを表現
3. メモを取りつつ、格好いいキックに近づくように挑戦 (試行錯誤)

Artecブロックを使用

5年 てんびんを作ろう

1. カのモーメントを計算して、その大小によってコスチュームを変える部分だけをプログラミングさせる
2. 「ミッション」を、自分のプログラミングしたモデルで確かめる

13

プログラミングすることの良い点

書かれたプログラム = 思考を可視化

- ・自分の思考を整理しやすい
- ・ふりかえって自分の思考をおえる
- ・うまくいかない場合に、どこがまちがっているか見直しやすい

15

(実践例) 地球が太陽の周りを回るプログラム

太陽

地球

14

プログラミングを通じて学習できること

目的を達成するために必要な要素を選ぶ

順番を考えながら組み合わせる

試してみる

目的通りに動かない場合
どこが間違っているか探して、修正する

失敗から学び、試行錯誤を繰り返す

17

(実践例) ゲームを作る

ゲームを確認する

・プログラムをつくりながら 画面で確認する。

ゲームをする発表するときに押す

基本形を教える(全員)
↓
「面白いオリジナルゲームを作ってください」(各自)

「ボールの動き」のプログラム

順次処理

- ①スペースキーを押す
- ②1秒で、ボールを少しずつ上に動かす
- ③もしバナナに当たったら
1点入れる
ボールを元に戻す
- 当たらなかったら
ボールを元に戻す

条件の判断

15

低学年の調査結果

ゾウのアニメーション (齊藤他, 2013)

「気がついたこと」の記述内容

<事前：動画を観察>

- ・足について(動きに関する) 5人
- ・足について(動きではない) 8人
- ・無関係 5人

<事後：プログラミング後>

- ・足について(動きに関する) 17人
- ・足について(動きではない) 2人
- ・無関係 3人
- ・プログラミングについて 16人

18

＜気が付いたことの具体的な記述内容＞

事前：動画を観察(足の動きについての記述：5人)

- ・うしろあしがいたら、前足がでる、でもかたほうずつ。(児童A)
- ・まえ足、うしろ足、かならずクロスすることがわかりました。(児童B)
- ・右がでると左はうしろ、左が出るとうしろがでる。(児童C)
- ・まえあしがすすんだら、うしろあしがうごく。(児童D)
- ・うしろあしがまえあしについていった。(児童E)

事後：プログラミング後(足の動きについての記述抜粋 11人/17人中)

- ・かた足のうしろがさきにふんで、かた足の前がすぐにふむ。(児童A)
- ・ぞうの足は、ほんたいにっているのがわかりました。(児童B)
- ・左が出るとうしろ、右がでると左がうしろになることがわかりました。(児童C)
- ・ひだり、みぎ、とどこいっていました。
- ・まず右のまえ足からさきにいて、そしてたら、右のうしろ足がいて、左のまえ足がいて、左のうしろ足がい。
- ・足がいついよはうごいていないのがわかりました。
- ・あしをこうごにしている。
- ・まえ足の右とかからじゅんばんにいところわかりました。
- ・ゾウのうしろ右足とまえ右足をいついよごかさのいのがわかりました。
- ・右足がまえにでたら左足がまえにでていることがわかった。

＜動き以外の足の記述例＞

- ・まえ足に体いゆうがかかっている。
- ・まえ足のあしとむらあしとのあいたに空かんがあることにきづきました。
- ・足のつきかたがばらばらだった。
- ・しっぽがうしろにあがっている。

19

大規模調査の結果のまとめ

プログラミング学習に対する動機 児童版批判的思考尺度

- ・ **プログラミング学習への動機が高い児童は、**
 「探究心」(新しいことをつぎつぎにやってみたいと思う)
 「考えの深め方」(他の人の考えを自分の言葉でまとめてみる)
 「意見の聞き方」
 (意見を聞くときは話におかしいところがないか考えながら聞く)

などの項目が有意に高い。

22

結論：中・高学年の調査の結果

＜順序処理・繰り返し・条件分岐のミニテストの結果＞

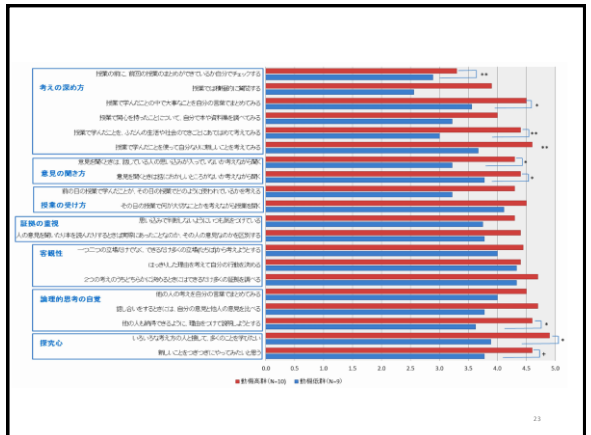
- ・ **条件分岐の得点に学年の有意差あり(伊藤他,2016)**
 →条件分岐の取り扱いは高学年以上がよい

＜授業後の感想より＞

- ・ 見えないものでもイメージできる
- ・ ふだん見えないこともプログラミングでモデル化できる
- ・ 見えないものをプログラミングでモデル化するととても分かりやすい

「モデル化について」21名中9名が記述

20



大規模調査の内容

- ・ 2016年～2017年
8校に拡大
- ・ 都内区立小学校
33クラス1026名
- ・ 教育委員会の協力のもと募集
- ・ 内容は小学校の希望する講座とした

栗山他(2022)等

＜プログラミング講座の内容＞	クラス数*
ネコをこころそう	3
水風船に魚をおよがそう	5
ゲームをつくらう	10
モーターをこころおちやをつくらう	4
ロボットの目をこころおちやをつくらう	4
星雲をシミュレーションしよう	5
電気の流れをシミュレーションしよう	1
水爆素をシミュレーションしよう	1

＜学年(N=750,回収した数)＞	N	%
1年	36	4.8%
2年	58	7.7%
3年	151	20.1%
4年	304	40.5%
5年	101	13.5%
6年	100	13.3%

＜性別(N=716)＞	人数	%
男	356	49.8%
女	359	50.2%

＜プログラミング学習の経験(N=662)＞	人数	%
未経験	514	77.6%
3回程度	105	15.9%
10回程度	27	4.1%
毎週やっている	16	2.4%

＜プログラミング学習を行った場所(経験者の複数回答)＞	人数
小学校	98
自宅	59
その他**	46

*1クラスのプログラミング授業、**大学・企業への講座受講

21

ここまでのまとめ

- ・ 低学年
プログラミング学習後は、足が動く「仕組み」について、より詳しい観察が自発的に促されることが観察された(齊藤他, 2013) 物事をもっと詳細に観察したり、観察記録だけでは気がないことに気づくことが確認された。
- ・ 中学年～
プログラミングの基本である「順序処理」「繰り返し」などを生かしたカリキュラムを展開、もし思った通りに動かない場合は、どこが間違っているかを確認、そしてそこを修正するというサイクルを繰り返すことによって、試行錯誤と失敗からの学習の体験ができる。
→課題に粘り強く取り組む自己効力感の育成・メタ学習につながる
- ・ 高学年
中学年からの「試行錯誤」や「失敗からの学習」などの学習のやり方を学ぶことに加え、「条件判断」も取り入れてより複雑なプログラムが作成できるようになる。
さらに、中学、高校において学んでいく科学的な見方を見据え、見えないものを表現するための「モデル化」、予測のための「シミュレーション」なども取り入れていくことで、小学校の学びから中学での学習の接続の役割を果たす。

24

私のプログラミング研究の目的

①プログラミング教育の
実践研究とそこで得られた知見を示し、
プログラミング教育の
「発達段階に応じた思考力育成の可能性」を
検討すること
→出前授業などによる実践研究と調査
(共同研究)

②プログラミング教育を環境を整えること
→東工大
大学院科目「教育インターンシップ専修ⅡⅠ」

レゴプログラミング×算数の授業 (5年生)

速さ×時間＝道のり



東京工業大学 大学院科目
教育インターンシップ専修ⅡⅠ

・教職の大学院科目 (専修免許状)
修士のキャリア科目として修了単位としても認定

・講義の概要とねらい

授業の情報化、プログラミング活動を含めた情報教育、教科の
指導法の改善などをテーマに、地域の学校現場との連携・協力の
下、教材開発や授業実践など、教員に求められる実践的問題解決
活動を行い、学校と地域ならびに研究者との連携や協働の在り方
について考える。

・到達目標

既に一種免許状を持っている者 (履修の条件を参照) が、学部
の教育実習では体験できなかった教育実践研究を行いながら、教育
現場の現状を理解し、より良い教育の実現を目指した問題解決
能力を身につけることを目標とする。

速さ	時間	道のり
例 5	4	
3	5.5	
2	6.6	
1	11.9	
12	2.5	
15	2.54	

今後の課題

- ・思考支援につながるカリキュラム開発
分類・比較 (必要な要素・どのように組み合わせるか)
抽象化を促す・批判的思考を高める
- ・小学校段階だけではなく、中学校の「技術・家庭科」、
高校の教科「情報」のプログラミング接続の検討・他教
科の探求学習、クロスカリキュラムなどと
- ・ICT教育におけるプログラミング学習のありかた、STEAM
教育や教科教育との関連などについての検討
- ・教職課程におけるICT関連の教育についての検討
- ・教師の支援 (楠見他,2020 等) ・地域からの貢献の検討
一研修の充実・大学院生のインターンシップ科目

謝辞:協力小学校の児童の皆様、先生方、協林区教育委員会指導課の皆様にご感謝します。
本研究は、科学研究費補助金:基盤研究(C)(26350268)・基盤研究(B)
(18H01049)、東工大基金(理科教育振興支援)の助成を受けています。 30

参考文献

- ・ 西藤貴志, 栗山直子, 菅谷佳穂, Aimes, Theresa Susan Avancena, 西原明法 (2013) 小学校におけるプログラミング教育の取り組み: 教員教育への活用と教育実践の開発をねらいとして、日本教育工学会第29回全国大会, 日本教育工学会 第29回全国大会, Sept.
- ・ 栗山直子, 西藤貴志, 菅谷佳穂, 西原明法 (2015) 小学校におけるプログラミング教育の取り組みへ実践授業: 小学1年生「ソウの足の動きを再現しよう」～、日本教育工学会第31回全国大会, Sept.
- ・ 伊藤満里奈, 森田裕介, 西藤貴志, 森秀樹, 栗山直子, 西原明法 (2016) 小学校のプログラミング学習における理解度と批判的思考態度の関係についての一検討、日本教育工学会第32回全国大会, 2a-8-207-04, Sept.
- ・ 栗山直子, 西藤貴志, 森秀樹, 西原明法 (2016) 小学1年生の「ソウの足の動きを再現しよう」に関するプログラミング学習の振り返り～、日本教育工学会第32回全国大会講演論文集, P1p-10, Sept.
- ・ 栗山直子, 西藤貴志, 森秀樹, 森田裕介, 西原明法 (2017) 小学1年生の「ソウの足の動きを再現しよう」に関するプログラミング学習の振り返り～、日本教育工学会第33回全国大会講演論文集, pp.423-424, Sept.
- ・ Naoko KURIYAMA, Takahiro SAITO, Hideki MORI, Akinori NISHIHARA, [Keynote Speech] Programming Education for Primary School Children, International STEM Education Conference, Proceedings of the 2nd International STEM Education Conference, July 2017.
- ・ SAITO Takahiro, KURIYAMA Naoko, MORI Hideki, NISHIHARA Akinori, Tidal of Programming Education for Junior High-school Students by Using Bipedal Robots, The 4th International STEM Education Conference (STEM-Ed 2019), The 4th International STEM Education 2019 Proceedings, pp. 312-318, July 2019.
- ・ 松尾孝, 西川一, 西藤貴志, 栗山直子, プログラミング教育の授業実践に対する小中学校教員の期待と課題, 日本教育工学会論文誌, 日本教育工学会, Vol. 44, No. 2, pp. 365-375, Oct. 2020.
- ・ 栗山直子, 森秀樹, 西藤貴志, 西原明法 (2021) 小学校のプログラミング教育の効果検証: コンピュータ&エデュケーション, コンピュータ利用教育学会, Vol. 50
- ・ 栗山直子, 小学生のプログラミング学習における発達段階を考慮した思考支援の可能性, 日本教育工学会研究報告集, 日本教育工学会, Volume 2023, Issue 1, pp. 9-12, May 2023.