

子ども向け授業にリンクした保護者・教師向け プログラミングコースの検討

倉橋 農^{1,a)} 越智 徹² 尾崎 拓郎³ 島袋 舞子⁴

概要：筆者らは、小学生向けにプログラミング的思考を促す目的で、対話的／スクリプト的実行、順次・分岐・反復を盛り込んだアンブラグド授業を実践している。本報告では、子ども向けの授業で用いるプログラミングのモデルとリンクした大人向けコースを提唱し、保護者・教師の理解を深めることを目指す。また同時に、子ども向けのコースの内容を検討・実践することで、教師が型や変数への代入、言語の仕様といった、より高度なテーマを学ぶことを射程に入れている。

キーワード：プログラミング教育, 大人向け, 子ども向け, アンブラグド

1. はじめに

1.1 背景と目的

2020年の小学校プログラミング教育導入に向け、小林ら[1]などに代表されるように、小学生向けの実践事例が多数、報告されている。一方で現状では現場の教師や保護者にも、「どの言語を習得するのか」という質問に代表される混乱が見られ、コンピューテーショナル・シンキングやプログラミング的思考自体についての理解が追いついていないのが現状である。

筆者らは、小学生向けにプログラミング的思考を促す目的で、対話的／スクリプト的実行、順次・分岐・反復を盛り込んだアンブラグド授業を実践している。本報告では、子ども向けの授業で用いるプログラミングのモデルとリンクした大人向けコースを提唱し、保護者・教師の理解を深めることを目指す。また同時に、子ども向けのコースの内容を検討・実践することで、教師が型や変数への代入、言語の仕様といった、より高度なテーマを学ぶことを射程に入れている。

1.2 先行する事例

1.2.1 Switched on Computing

イギリスでは、2014年9月から公立小学校1年生(5歳)から、新教科 Computing が実施されている。これ以前に

は、1995年から教科 ICT が全学年で実施されていたが、コンピュータ・サイエンスの内容が大幅に取り入れられ、ICT が Computing に置き換えられた。Computing では、教科書や教材、カリキュラムが特に定められておらず、学校の裁量で自由に決定できる。そのため、様々な教材が提供されているが、Rising STARTS が発行する“Switched on Computing”シリーズが比較的多くの学校で導入されている。この教材は、Computing を推進するための機関 CAS (Computing At School) や Naace (The National Association for all those interested in technology in Education) らと共同で開発され、様々な教育リソースも提供されている[2]。

1.2.2 サンドイッチ・ロボ

前述の Switched on Computing 1年生用の教材[3], p. 25では、教師扮するサンドイッチ・ロボが児童の指示を受け、実際のサンドイッチを作るという指導案が紹介されている。サンドイッチ・ロボは指示通りにしか動作せず、不適切な指示を与えると、ナンセンスな動作を行う*1。これらサンドイッチ・ロボットは、アルゴリズムという概念の理解、コンピュータが厳密で曖昧性のない指示 (precise and unambiguous instruction) により動作することの理解を目的としている。本報告の提案する授業は、これに着想を得たものである。オリジナルの案と本報告の案の差異については、次節で述べる。

¹ 大阪大学 サイバーメディアセンター

² 大阪工業大学 情報センター

³ 大阪教育大学 情報処理センター

⁴ 大阪電気通信大学 メディアコミュニケーションセンター

a) kurahasi.minori@cmc.osaka-u.ac.jp

*1 他に、類似した「ジャムサンド・アルゴリズム」という授業も提唱されている[4]。

2. ハンバーガー・ロボット

2.1 概要

本報告の提案する授業は主に前述の Switched on Computing [3], p. 25 に着想を得たものであるが、本節で詳述するように、オリジナルの案とは大きく異なっている。本提案では題材をハンバーガーに変更しており、以後これを「ハンバーガー・ロボ」と呼び区別する。

ハンバーガー・ロボは、受講者の口頭の指示または単語カード*2 (図 1) を配したスクリプト・シート*3 (図 2) により、食材の絵カード (図 3) を組み合わせて、メニュー (図 4) やリクエストに応じたハンバーガーを完成させる。

ハンバーガー・ロボへの指示と実行は、単純化されたプログラム・コードとその実行を可視化したモデルと考えることができる*4。これにより、厳密で曖昧性のない指示、対話モード/スクリプトによる実行、順次・反復・分岐、ブロックといったプログラミングの重要な概念を理解可能となっている。

特徴として以下の点が挙げられる。

2.1.1 アンプラグド

コンピュータ上でのプログラミングは、利用者側に負担なく、幾度でも試行錯誤が可能である。これはコンピュータを利用する際の本質的な利点であるが、学習時には当て

したのパン	うえのパン
おにく	レタス
をとって	を おいて
↓ここから	↑ここまで
回	して

図 1 単語カード

1
2
3
4
5
6

図 2 スクリプト・シート



図 3 食材カード



図 4 メニュー

*2 3 節で述べる子ども向け実践では、名刺大のカードを利用した。

*3 3 節で述べる子ども向け実践では、各材料を A4 サイズにプリントした。

*4 このモデルと実際のプログラミングの対応については、4.1 で改めて取り上げる。

ずっぽうを繰り返し正解に辿り着くこともできてしまう。アンプラグドでは、実行の際に教師ないし受講者自身の労力が求められるため、筋道を立てて考える必要を実感できる。

アンプラグドの手法を採用することで、コンピュータの操作や環境に気を取られず、プログラミング的な思考・概念に集中が可能となると考えられる。

また、かつての情報教育には、コンピュータ自体と触れ合うことが目的の一部として含まれていたかもしれない。しかしながら、現在の学習者の多くは、すでにスマートフォンを始めとする情報機器に接する機会を得ており、実際の情報機器への以降に困難はないと思われる*5。

2.1.2 エラー

プログラミング教材の多くでは、できる限り構文上のエラーが生じないように設計されている。Scratch 2.0 以降では、スクリプト・エラー検知機能が除かれた [5], [6] はその例を紹介している。また、ビジュアル言語 Viscuit について開発者である原田は、エラーを出さないことに重点を置いたと述べている [7], [8]。

一方で、ハンバーガー・ロボットへの児童による指示は、自由度を高く設定しており、頻繁に構文上のエラーを発生させる。これは曖昧性のない指示が必要であることを強調するとともに、デバッグの訓練も視野に入れているためである。

2.2 サンドイッチとハンバーガー

Switched on Computing [3] によるサンドイッチ・ロボとハンバーガー・ロボの違いに着目し、ハンバーガー・ロボの特徴を紹介する。

2.2.1 単語カードとスクリプト・シート

サンドイッチ・ロボは音声*6による対話的な順次処理を扱う。これに対しハンバーガー・ロボでは、単語カードと、それを配置するスクリプト・シートによる指示を導入した。これにより、反復や分岐を含む複雑なスクリプトを記述可能となる。また、事前に文法を定義することでロボットの動作を統一したものとすることができる。サンドイッチ・ロボにおける指示は自由度が極端に高く、ロボットがどのように反応するべきか、その場で教師が判断しなくては行けない。

2.2.2 仕様と実装

サンドイッチ・ロボでは、サンドイッチの完成形を思い浮かべながら指示を出す。対してハンバーガー・ロボでは、あらかじめ用意されたメニュー、あるいは別の受講者の希望にそったハンバーガーを考え、作成のための指示を出す。

*5 提案手法は最終的に実際のコンピュータ上でのプログラミングへと移行する、あるいはそれと組み合わせて用いることを前提としており、アンプラグド以外の手法自体を否定するものではない。

*6 「ジャムサンド・ロボット」[4] では単語リストに基づく自由筆記。

これは要件定義や仕様の策定と実装を分けて考えることに相当する。

2.2.3 実物と絵カード

サンドイッチ・ロボは実際の食材を用いてサンドイッチを作成する。実物の導入は端的に受講者の興味を引き、また「食べられないものを作ってしまう」という緊張感が生ずることで、真剣な取り組みが期待される。ハンバーガー・ロボでは、食材を教室で扱うことの手間と、複雑なハンバーガーを作成することを考え、各食材を絵カードで表している。

2.3 ハンバーガー言語

ハンバーガー言語の仕様について、簡単に述べる。この文法について受講者が明示的に意識する必要はないが、教師は正確に把握している必要がある*7。

2.3.1 語彙

関数

<材料> をとって

<材料/ソース> をとって

<ソース> をかけて

材料 うえのパン, おにく, トマト, ...

ソース ケチャップ, カラシ, マヨネーズ, ...

数 1, 2, 3, ...

2.3.2 制御構造

ブロック ↓ここから = ↑ここまで

反復 <ブロック> <数> 回 = して

分岐 <条件> なら = <ブロック> = して

2.3.3 例

図5は、図6に示される注文「レタス・ケチャップ・パテを3重にしたハンバーガーを2つ」作するためのスクリプトである。

2.4 ロボットの動作

サンドイッチ・ロボは以下の発話しか行わない。

「シジ シテ クダサイ」

「オイシイ ハンバーガーヲ ツクリマス」

「スミマセン ワカリマセン」

「エラー デス」

事前に定義された文法と語彙に基づく指示にのみ従い、それ以外の指示については「スミマセン ワカリマセン」または「エラー デス」と答え動作を停止する。

3. 子ども向け授業

本報告は、保護者・教師を中心とした大人向けのプログラミング教育コースの提案を行うものであるが、これを子

ども向けの授業とリンクさせる。本節では、筆者らが大阪電気通信大学において実践した、小学生向けプログラミング教室*8をもとにした授業案を紹介する*9。(図7, 図8)

3.1 概要

教師の扮するハンバーガー・ロボットに児童が指示を出し、ハンバーガーを完成させる。最初は声による命令・実行を順次行う対話モードでの指示を行い、次いで単語カードとシートを導入、スクリプトとして実行する。また、第三者の注文による実行を導入する。その後、注文に従う形で反復、ブロックの概念を導入する。

3.1.1 想定する構成

- 教師：進行役、ロボット役（TAを用いるか、進行役が兼任でもよい）
- 対象：小学校3～6年、15人程度、プログラミング未

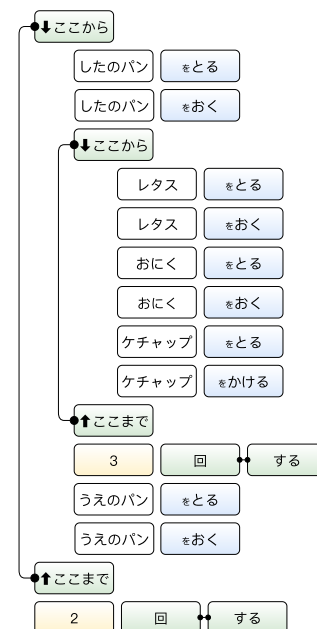


図5 スクリプト

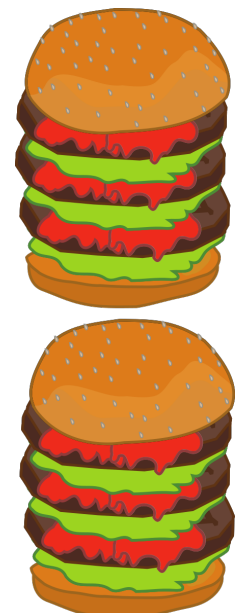


図6 注文



図7 ロボット、スクリプト、ハンバーガー



図8 スクリプトシートと子どもたち

*7 単語カードを「カード」, 引数を <引数> として表し、対で利用するカードは「=」で結んでいる。

*8 <https://www.osakac.ac.jp/news/2019/1769>

*9 本節の内容は本報告のために書き改めたものであり、実践で行われた授業内容とは若干異なっている。

経験

- 時間：45 分 3 コマ

3.1.2 教材

単語カード 名刺カードに印刷。動詞や構文を示すカードは色を変える。対で利用するカードは紐で結びつける。
(図 1)

スクリプト・シート 名刺カードを配することができるように、20 行の行番号と罫線を付す。(図 2)

材料絵カード 各食材を A4 に印刷。ロボットが受講者の指示を受け、材料コーナーから選び、黒板に貼り付けてハンバーガーを作る。(図 3)

メニューカード 注文を指定するときに用いる。(図 4)

3.2 シナリオ

3.2.1 導入

- (1) ハンバーガー・ロボに指示を出してハンバーガーを作ってもらうことを説明する。
- (2) 事前に用意されたメニューを提示し、説明無しで指示を出させる。「チーズバーガー!」「チーズバーガー作って!」などが想定されるが、ロボットは「すみません ワカリません」で答える。
- (3) 特定の方法で指示をすれば、正常に動作することを示す。
- (4) 事前に用意されたメニューから選ばせ、指示を出させる。
- (5) 誰かのリクエストを聞き、どんなハンバーガーか把握した上で指示を出させる。

3.2.2 スクリプト・カードの導入

- (1) 一度に把握できないような複雑な注文を教師が出す。
「おにくが 3 枚、激辛がいいな、ピクルス山盛り、あと、おにくの間にチーズ挟んでね。」
- (2) メモや絵カードを用いて、黒板上に注文内容を整理する。
- (3) 単語カードとスクリプト・シートを導入する。

3.2.3 反復とブロック

- (1) 「レタス・ケチャップ・おにくを 3 重にしたハンバーガー」という注文を出す。
- (2)

回	=	する
---	---	----

を導入。
- (3) 反復の範囲を

↓ここから

 =

↑ここまで

 カードで明示する必要を述べる。
- (4) 上記のハンバーガーを複数個注文する。(図 5, 図 6)

4. 大人向け授業

3 節で紹介した子ども向けの授業におけるロボットへの指示と実行は、単純化されたプログラム・コードとその実行を可視化したモデルと考えることができる。本報告では、このモデルを用いて以下のような大人向けコースを提

唱する。

子ども向けの授業を実際の教材を示しながら説明することから始める。プログラミングの経験や知識が全く無い場合、子ども向けの授業内容を短縮して行った上で、対応する文法や概念を導入することが考えられる。

なおテーマごとに節ごとに分けているが、実際には複数の節の内容を組み合わせることが可能である。

4.1 実際のプログラミング言語との対応づけ

簡単なプログラミングの経験がある場合には、表 1 に示すように、ハンバーガー・ロボに対する指示や実行時の動作を実際のプログラミングの概念と対応づけることで、各概念の明示的な理解への寄与が期待される。また、習得済みのプログラミング言語での実装も効果的であろう。

【例題】ハンバーガー・ロボで用いた道具立てや指示をプログラミングの一般的な概念と対応づけなさい。また、習得済みのプログラミング言語で、ハンバーガーを作成するプログラムを書き、ハンバーガー・ロボのスクリプトと比較しなさい。

4.2 授業案の作成

3 節で述べた子ども向けの授業を、対象者・内容を作り変えて新たな案を作成する。少なくとも以下を検討する必要があるが、とくに後者 2 点については、4.1 節の対応づけに加え、4.3 節「モデルの拡張」「言語仕様の策定」を考慮に入れることで、理解が深まると期待される。

- 対象者の年齢や人数、プログラミング経験の有無
- 理解すべきプログラミングの概念
- ハンバーガー・ロボでの実現方法

【例題】子ども向け授業にデバッグを導入しなさい。注文通りでない結果が得られた場合と、エラーでロボットが停止した場合に分けて考えること。

4.3 高度なプログラミングの理解

高度な理解のため、次のような課題を設定することが可

表 1 実際のプログラミング概念との対応

ハンバーガー・ロボ	プログラミング概念			
命令ミス	タイプミス			
ロボット	実行環境			
音声による指示と実行	対話モード			
カードによる実行	スクリプト・モード			
<table border="1"><tr><td>回</td><td>=</td><td>する</td></tr></table>	回	=	する	反復
回	=	する		
<table border="1"><tr><td>なら</td><td>=</td><td>する</td></tr></table>	なら	=	する	条件分岐
なら	=	する		
<table border="1"><tr><td>ここから</td><td>=</td><td>ここまで</td></tr></table>	ここから	=	ここまで	ブロック
ここから	=	ここまで		
動詞	関数			
カード	予約済みリテラル			
カードの色	シンタックス・ハイライト			

能である。これは教師・保護者のみならず、情報科学を専門とする中・高等教育の現場でも有用と考えられる。

4.3.1 モデルの拡張

子ども向けのモデルを拡張することを考える。どんなカードやロボットの行動で表現可能か、実際のプログラミング言語ではどう実装されているか、プログラミング上のどの概念と対応するかを考える必要がある。

【例題】以下の拡張を考えなさい。

- 右手・左手・皿・材料庫など複数の場所
- 飲み物の導入
- 2以上項を持つ動詞
- ユーザによる任意の材料・動詞の導入

【例題】サンドイッチ言語に型を導入する場合、どのような方法が考えられますか。

4.3.2 言語仕様の策定

前節で述べた拡張を含め、ハンバーガー言語の仕様を策定する。どのようなカードを作り、ロボットがどう動作するのかも定義する。文と式、組込関数、型、演算子、制御構造などに加え、エラーの出力についても考えなくてはならない。

【例題】何をどのようなエラーとすべきか考えなさい。例えば、`おにく` `をかける` で何が起るかを検討しなさい。

- 未定義動作としてエラー
- 型エラー
- エラーとせず、ロボがパティを振りかける動作を行うが、結果にはなにも出力されない

【例題】仕様にユーザによる関数の定義を導入しなさい。

5. おわりに

5.1 まとめ

以上、ハンバーガー・ロボのアイデア、子ども向けコース、それとリンクする大人向けコースを提案した。ハンバーガー・ロボへの指示と実行は、単純化されたプログラム・コードとその実行を可視化したモデルと考えることができ、これはプログラミングの本質についての理解を促すものである。ここで用いたモデルを実際のプログラミングと対照し、また拡張することで、大人を対象とした高度なプログラミングの理解へとつなげることが可能となる。特に教師・保護者にとっては、子どもが実際に利用する教材とリンクして学習することで、教育に際して助けとなることが期待される。

5.2 展望

具体的な実践活動として、小規模クラスでの大人向けコースを試験的な実施する予定である。また、小学校教師を対象として、授業用小学生向けコースの紹介と、プログラミング入門を併せたコースの計画を進めている。

そのほか、以下のようなアイデアを検討中である。

- 現在の大人向けのコースを大学生の初年度教育用にアレンジする
- 授業用リソースをウェブ上で提供するなど、広く利用可能な状態にする
- ハンバーガー・ロボの AR/VR アプリ化

謝辞 大阪電気通信大学における小学生プログラミング教室に参加いただいた小学生と保護者の皆さん、大人向けコース試行時に、重要なアドバイスをいただいた協力者の皆さんに感謝します。

参考文献

- [1] 小林祐紀, 兼宗進, 白井詩沙香, 白井英成 (著, 監修, 編集): これで大丈夫! 小学校プログラミングの授業 3+α の授業パターンを意識する [授業実践 39], 翔泳社, 2018.
- [2] 石塚丈晴, 堀田龍也: 英国の公立小学校における教科「Computing」におけるプログラミング教育の内容, 情報処理学会研究報告, Vol. 2015-CE-131, No. 12, pp. 1-4 (2015).
- [3] Miles Berry, “Switched on Computing Year 1” (2nd Edition), Rising Stars, 2014.
- [4] “Jam Sandwich Algorithm” <http://code-it.co.uk/unplugged/jamsandwich> (2019/05/14 閲覧)
- [5] “Error Catching,” Scratch Wiki https://en.scratch-wiki.info/wiki/Error_Catching (2019/05/14 閲覧)
- [6] 「Scratch はエラーにおおらかなプログラミング言語」. <http://www.howisit.jp/2016/05/21/forgive-error/> (2019/05/14 閲覧)
- [7] 原田康徳: 子供向けビジュアル言語 Viscuit とそのインタフェース, 情報処理学会研究報告, Vol. 2005-HCI-116, No. 114, pp. 41-48 (2005)
- [8] 原田 康徳: ビスケットー誰でもプログラミングの楽しさを一, E スクエア・エポリユーション成果発表会, (2005). <http://www.cec.or.jp/e2e/symp/17seikapdf/E2-A2.pdf> (2019/05/14 閲覧)