

# 小学生を対象とした社会の問題発見・解決に対応できる モデルベース開発的思考教育の開発

広島大学大学院人間社会科学研究科 准教授 川田 和男  
Kawada Kazuo

## 研究の要旨

内閣府が提唱したSociety5.0に向けてイノベーション人材育成が様々な形で進められている。また、STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) 教育を推進する動きが国際的に急速に進んでいる。一方、産業界では機械システムやソフトウェアの開発において、「モデルベース開発」と呼ばれる、コンピュータ上に表現されたモデルを用いることで、効率的に短時間で開発できる手法が活用されている。そこで本研究では、小学生の発達段階を考慮し、プログラミング的思考と同時にモデルベース開発的思考を育むことができるプログラミング教育の学習方法を開発し実践した。また、マインドマップおよびアンケート結果から本教材と学習内容の評価を行った。

## 1. 緒言

内閣府の科学技術政策である第5期科学技術基本計画[1]では我が国が目指すべき未来社会の姿「Society5.0」(サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する人間中心の社会を作ること)が提唱された。このSociety5.0に向けてイノベーション人材育成が様々な形で進められている。また、STEM教育を推進する動きが国際的に進んでいる。米国では、科学技術人材育成のための国家戦略として、K-12教育(幼児教育/小学校から高校卒業までの12年間の教育)から大学までの教育システム再構築を目指した教育政策に取り組んでいる[2]。このようなことから、未来を生き抜く人材を育成するため、2020年度から小学校プログラミング教育が全面実施されている。中学校技術・家庭科技術分野では、すでに2008年に告示された旧中学校学習指導要領[3]により「プログラムによる計測・制御」が必修化されており、これからの技術教育では、さらにより深く、専門的な内容を取り扱うことが可能となってくる。高校情報科では「モデル化とシミュレーション」を用いた学習が盛んになり、複雑・混沌とした事象を抽象化(モデル化)により、問題の発見や解決[4]の手法を学ぶことになる。

一方、産業界でも高度化・高機能化が求められている機械やシステム、ソフトウェアの開発においては、「モデルベース開発」(MBD: Model Based Development)と呼ばれる、コンピュータ上に表現されたモデル(数理モデル)を用いることで、膨大で複雑なシステムを効率的に短時間で開発できる手法が注目され活用されている[5]。

そこで本研究では、小学生の発達段階を考慮し、プログラミング的思考と同時にモデルベース開発的思考を育むことができるプログラミン

グ教育の学習方法を提案する。具体的には、小学校段階におけるモデルベース開発的思考を育むプログラミング教育の教材を開発し、その教材を用いて小学5年生を対象にプログラミングの授業を行った。目的とする処理手順をフローチャートで表現し、コーディングに至るまでの過程を体験できるように、発達段階に応じた配慮を施した。またプログラミングの学習の導入時において、日常生活に含まれるプログラムの要素を取り上げることで、プログラミング初学者である児童がプログラミングを身近なものとして捉え、コンピュータの内部で行われている処理が特殊なことをしていないと感じるようにした。プログラミング方法には、インタプリタ型のプログラミング言語を採用した。本論文では、小学校5年生で扱う教材と学習内容について提案・実践し、マインドマップおよびアンケート結果から本教材と学習内容の評価を行った。

## 2. 発達段階とプログラミング的思考

プログラミング的思考とは、「コンピュテーショナル・シンキング(計算機的思考)」[6]の考え方を踏まえつつ、「プログラミング」と「論理的思考」の関係を整理しながら定義されたものである[7]。すなわち、プログラミング的思考とは、物事を筋道立てて考える論理的思考とコンピュテーショナル・シンキングに含まれる抽象的思考の2つの思考を必要とする。

小学校は6学年で構成されており、学年によって発達段階および学習内容が異なるため、心理学者ピアジェの認知発達理論[8-10]から、各学年の思考の特徴について整理する。ピアジェは、表1のように人間の認知発達段階を4つの段階に分けている。小学生は6歳から12歳であるため、前操作期、具体的操作期および形式的操

作期に該当する。5年生(満11歳)以降は、形式的操作期に突入し、徐々に大人と同じように、抽象的な内容を論理的に思考することが可能になる。そのため、プログラミング教育は、5年生以上が最適であると考え。一方で、1年生から4年生の児童は、具体的操作期に該当する。この時期の児童は、抽象的な内容を考えることは難しいが、具体物に即していれば、抽象的な内容を論理的に思考することが可能になる。そのため、1年生から4年生でプログラミング教育を行う場合は、コンピュータに指示する抽象的な内容を、具体物に置き換えて具体的かつ論理的に整理するための支援が必要である。支援方法として、「アンプラグドコンピュータサイエンス」[11]という方法がある。この方法は、コンピュータを使わずに紙と鉛筆などでコンピュータの概念を教えるための方法である。1年生から4年生までの発達段階では、具体物がない状態では、抽象的なことを論理的に考えることができない。

表1 ピアジェの認知発達理論

段階 (おおよその年齢)	特徴
感覚運動的 操作期 (誕生-2歳)	見る、吸う、握る、落とすなどの反射的な運動を繰り返すことによって、感覚運動的なシエマ(思考の枠組み、概念)を形成する
前操作期 (2歳-7歳)	イメージや言葉といった象徴的な水準で環境に適応できるようになっていく
具体的 操作期 (7歳-11歳)	具体物を扱う場合に限りにおいては、論理的な操作が可能になる
形式的 操作期 (11歳-)	具体的な場面から離れて、抽象的に思考し、言語や記号を媒介とした仮説演繹的な思考が成人と同じように可能となる

### 3. プログラミング的思考とモデルベース開発的思考

プログラミング的思考は、「コンピューショナル・シンキング」の考え方を踏まえつつ、「プログラミング」と「論理的思考」の関係性を整理しながら提言されたもので「小学校段階における議論の取りまとめ」に以下のように記されている。

「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」

小学校段階において、モデルベース開発的思考を導入するにあたり、プログラミング的思考との共通点は、次の部分にあると考える。

一つ目が、図1に示す、最終的に自分が実行

させたい意図する一連の活動を細分化し、必要な動きを考え出す段階(具体的に思考する段階)である。つまり、モデルベース開発的思考に用いられている、最終ゴール(複雑なシステム)から単純な動き(サブシステム)に分解する機能分解という過程である。

二つ目が、図2に示す、意図した一連の活動を実現するために、機能分解された単純な動きをどのような順番で組み合わせれば良いのかを思考する段階(論理的に思考する段階)である。つまり、最終ゴール(複雑なシステム)に近づくように、機能分解された単純な動きの順番に並び、アルゴリズムを構築する過程である。

三つ目が、図3に示す、構築されたアルゴリズムをもとに、動きをプログラミング言語の命令に置き換える段階(抽象的に思考する段階)である。つまり、アルゴリズムからコーディングする過程である。

以上の三つの過程は、バックキャストिंगの考えに基づいた過程である。本来は、コンピュータによって自動的に処理される部分が多いが、小学生が三つの過程を体験することでモデルベース開発的思考の素養を育むことができると考える。

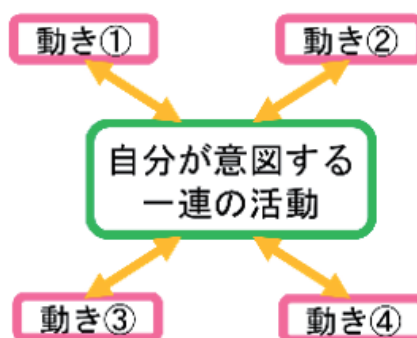


図1 機能分解

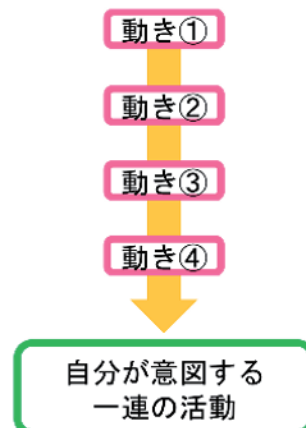


図2 アルゴリズム構築

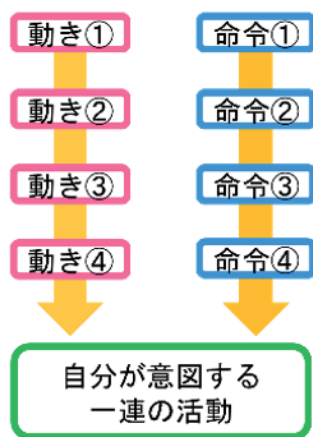


図3 コーディング

さらに、小学校算数の内容を導入したモデルベース開発的思考として、次の2つの過程を導入する。

一つ目が、図4に示す、実験データよりモデルと見なす、表やグラフを作成することで、可視化する過程である。

二つ目が、図5に示す、モデルと見なす、表やグラフを用いて、アルゴリズムによる動きの予想をする過程である。

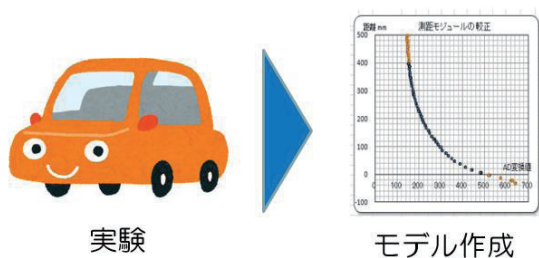


図4 実験データよりモデル作成



図5 モデルから予測し実験

以上の内容を取り入れたモデルベース開発的思考を育む教材および教育内容を開発した。

#### 4. 開発した教材および教育内容

##### 4. 1 開発した教材および教育内容

小学生5年生を対象にモデルベース開発的思考を育む教材を開発した。実践の対象である児童の住む広島県は自動車産業が盛んであり、地域産業に関心を持たせることは大切なことであるため、先進的な技術を知ること学習の上でとても効果的であることから自動車の衝突被害

軽減ブレーキを題材とした。

教材に用いるぶつからない車の模型を図6に、プログラミングに使用するコンピュータを図7に示す。ぶつからない車の模型は、センサとして測距センサ(GP2Y0A21YK0F)、マイクロコントローラとしてLPCマイコン(LPC1114FN28)、アクチュエータおよび表示部として駆動用モータおよびブレーキランプ用LEDを搭載している。プログラミングに用いるコンピュータとしてIchigoDyhook[12]+IchigoJam改(IchigoDyhookでマイクロコントローラに書き込みできるように改造したもの)を採用した。IchigoDyhook+IchigoJam改は、図7に示すようにIchigoDyhookというディスプレイおよびキーボードがパッケージ化されており、簡単にパソコンを介さずに直接コーディングできる。また、IchigoJam改に搭載されているマイクロコンピュータLPC1114FN28は、デジタル入出力およびアナログ入出力ポートを備えている。また、IchigoJam改から取り外すことができるようにゼロプレッシャで固定されているため、コーディングを行った後に、ぶつからない車の模型に組み込むことができる。また、IchigoJam改は、IchigoJamBASICと呼ばれるBASIC言語ベースのプログラミング言語を使用し、各命令をインタプリタ方式で実行できる。そのため、命令を実行してすぐに動作確認できる。また、テキスト型のプログラミング言語であるため、ビジュアルプログラミング言語と異なり、偶発的にプログラムが完成することはない。



図6 ぶつからない車模型



図7 コンピュータ (IchigoDyhook+IchigoJam改)

また、開発した教育内容は、3章の内容を取り入れ、小学校の教員が実践できるように配慮した。表2に示すような時間と内容で行い、全部で45分×4回で完結するようにした。

表2 学習内容

時間	内容
45分	生活の中のプログラムについて知る活動
45分	ぶつからない車を例題に必要な動作とその順序について考える活動
45分	プログラムによる車の動作を確認する活動
45分	・プログラム中の数値を変更し、その動作からモデル(表・グラフ)を作成する活動 ・モデル(表・グラフ)から意図した動きを予想し、確認する活動

#### 4.2 生活の中のプログラムについて知る活動

児童にプログラミング教育を行う際には、プログラムを身近なものとして認識させることが大切である。そのため、プログラムを構成する要素について理解させる。プログラムは、順次処理、条件分岐処理、繰返処理といった要素で構成されており、これらの要素は、処理手順を考える上で重要である。これらの要素は、中学校技術・家庭科技術分野の内容であり、小学校教育では体験の中で触れるということでは十分であるとされている[13]。日常生活の中には、アルゴリズムが含まれており、順次処理、条件分岐処理、繰返処理について触れることができる。

小学生は、日々決まった生活習慣で生活している。朝起床してから、夜就寝するまでの間に決められた生活習慣を順番に行っている。また、平日は同様のことを毎日繰り返す。このことに触れることは、プログラムにおける順次処理および繰返処理に繋がる。また、信号機のある横断歩道を渡る場合の人の行動は、信号機を見て、信号機が赤から青になるまで信号機を見る動作を繰り返し、青になったら右を見て、左を見て、もう一度右を見て手を挙げて横断歩道を渡る。この一連の動作の中には、条件分岐処理の要素が含まれている。

プログラミング授業では、「生活の中のプログラムの学習」で、図8および図9のスライドを用いながら、自分の生活習慣や信号機に対する自分の行動を考えることで、プログラムを身近なものとして認識させるよう工夫した。

#### 4.3 ぶつからない車に必要な機能と順序について考える活動

児童にぶつからない車の模型を使って壁の手前で止まる動作(最終ゴール)を見せ、ぶつからない車に必要な機能について説明する。近年の製品は、ブラックボックス化が進み、具体的に、どこにコンピュータやセンサがあるのか、わか

らなくなっている。そこで、何を用いて障害物があることを検知しているのか、何を用いて障害物(物)があるかないかを判断しているのかを説明する。また、計測・制御システムについて、小学生は理解できていないため、人の体と対比させて説明をする。図10のようにセンサと目を対比させ、図11のようにコンピュータと脳(頭)を対比させることで、それぞれの動作(役割)を認識できるようなスライドを作成した。



図8 生活の中の順次処理と繰返処理

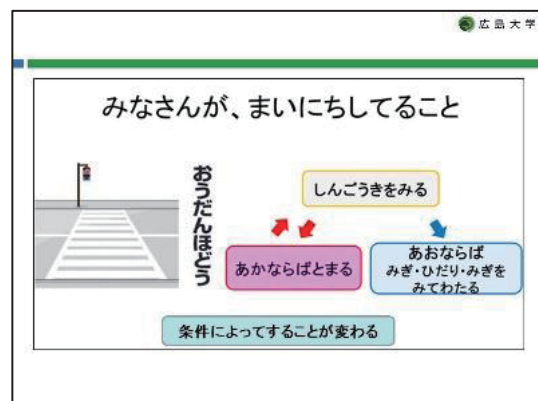


図9 生活の中の条件分岐処理



図10 センサと目

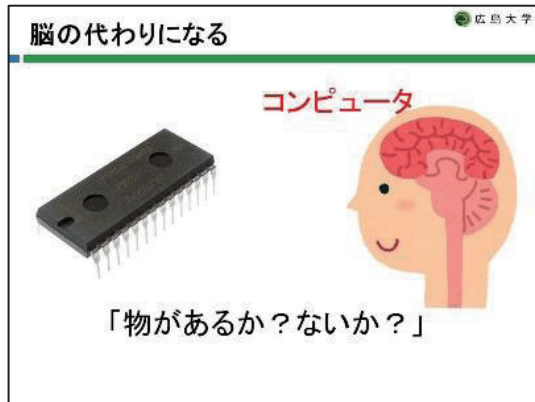


図 11 コンピュータと脳（頭）

ぶつからない車をつくるために必要な動作を認識させるために、図 12 のようなスライドを作成した。前を見るセンサと物があるかないかを判断するコンピュータの2つについて説明する。ここで、プログラミング的思考とモデルベース開発的思考の共通部分である機能分解を導入している。

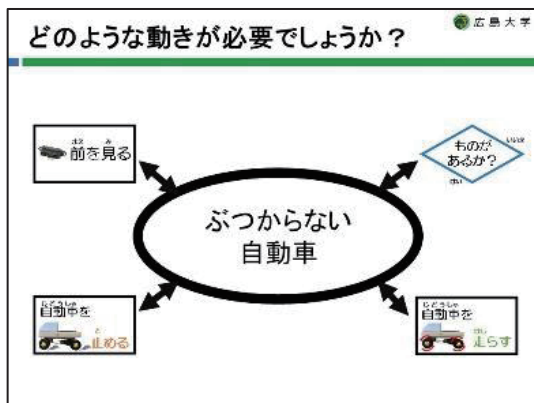


図 12 4つの機能分解

機能分解の後、急に車が止まると後の車がぶつかることをアニメーションで見せ、ブレーキランプの重要性を認識させる。その際、図 13 のようにブレーキランプは単純なものであるが、社会の問題解決の1つであることを説明する。この説明の後、図 14 のように6つの機能分解させるためのスライドを作成した。

6つの機能分解をした後、それぞれの機能をどのような順序にすると、ぶつからない車ができるかを考えさせる。すぐには順序を考えたことができないため、図 15 のような自転車が壁にぶつからないときどのような順序で動作しているかのヒントとなるスライドを作成した。4つの機能の順序作成の後、図 16 のようなブレーキランプを追加した6つの機能の順序作成をする。機能の順序作成に用いるカードには、図 17 のように表に動作、裏に命令を記入しており、カードを

裏返すことでプログラムの流れを認識できるように工夫した。このカードの裏に書かれている命令を順序通りに記入することで図 18 のプログラムができることを説明する。ここで、プログラミング的思考とモデルベース開発的思考の共通部分であるアルゴリズムの構築とコーディングを導入している。



図 13 ブレーキランプ

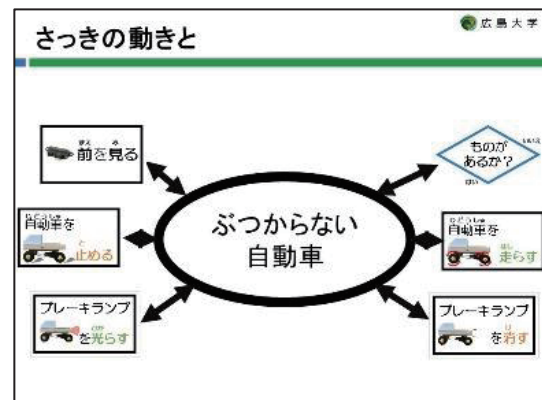


図 14 6つの機能分解

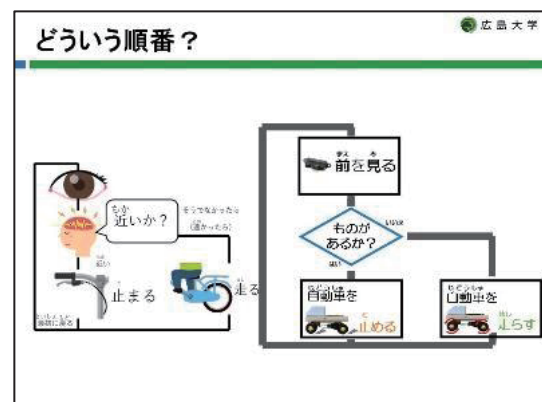


図 15 4つの機能の順序

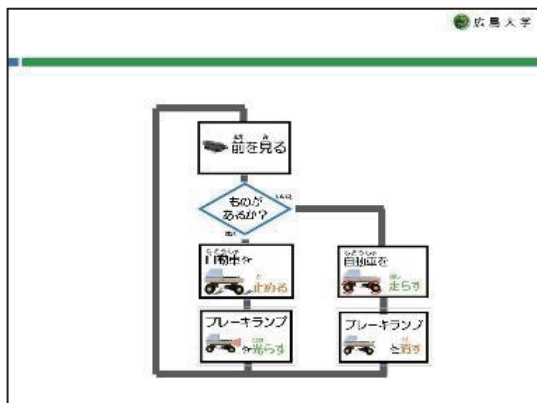


図 16 6つの機能の順序 (カード表)

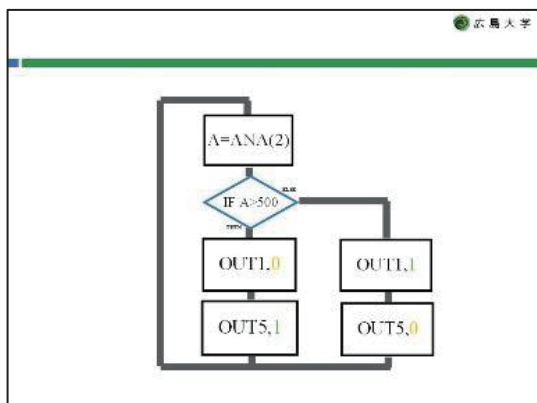


図 17 6つの機能の順序 (カード裏)

```

10 A = ANA (2)
人間の言葉では 前を見る

20 IF A>500 THEN GOTO 30 ELSE GOTO 40
人間の言葉では ものがあったら30行目へ なかったら40行目へ

30 OUT1,0: OUT5,1: GOTO 10
人間の言葉では 自動車を止める ブレーキランプを光らす 10行目へ

40 OUT1,1: OUT5,0: GOTO 10
人間の言葉では 自動車を走らす ブレーキランプを消す 10行目へ
    
```

図 18 プログラム

#### 4. 4プログラムによる車の動作を確認する活動

4. 3節まででつくったプログラムによりぶつからない車が壁の手前で停止し、ブレーキランプが点灯するかの確認をする。うまく動作しなかったとき、グループによりプログラムのどこに入力ミスをしているのかを発見させる。また、きちんと動作したとき、ぶつからない車のセンサで発見できない物はどういうものかを考えさせ、センサの取り付け位置についても検討させる。これにより、新たな課題発見を促すことができる。

#### 4. 5モデルを作成する活動・モデルから予想し確認する活動

最後の時間に、図 19 の教材により探究的活動を行う。図 18 のプログラムの 500 の値を変更し、ぶつからない車が壁の手前何 cm で停止(ブレーキランプが点灯し、駆動輪が停止)するかを調べる教材である。図 20 のようにぶつからない車の模型を台に乗せ、ぶつからない車の模型と壁の間の距離をメジャーで計測するようになっている。このメジャーで計測した距離を図 21 の表にまとめ、この表を用いてグラフを作成するようになっている。これにより、ぶつからない車の模型のプログラム中の値と壁の手前で停止する距離の関係を表とグラフ(モデルと考える)の作成により可視化できることを知ることができる。ここで作成したグラフ(モデル)を活用し、例えばぶつからない車の模型を壁の手前 30cm で停止させるには、プログラム中の数字をいくつにすればよいかを図 22 のように予想させる。その数字によりプログラムを改良し、図 20 の方法で目標の距離の 30cm で停止するか確認実験を行う。もし、目標の距離で停止しない場合は、グループで相談させ、なぜうまくいかなかったのかを考えさせ、改善させる。ここで、モデル(表やグラフ)を用いた可視化およびモデル(表やグラフ)を活用した予想するモデルベース開発的思考を導入している。



図 19 探究的活動の教材

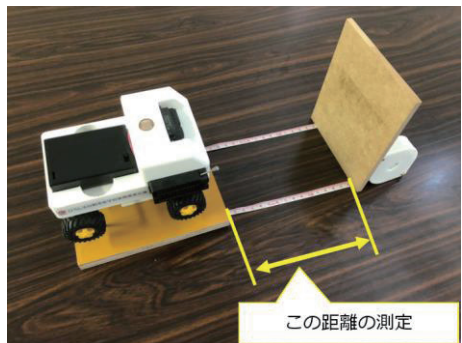


図 20 計測の仕方

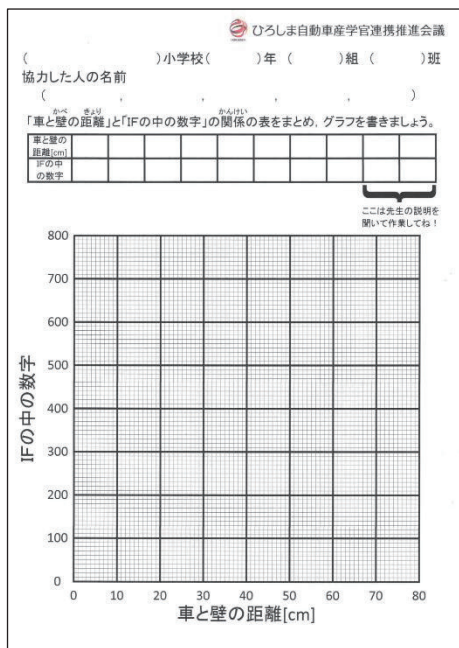


図 21 表とグラフ (モデル)

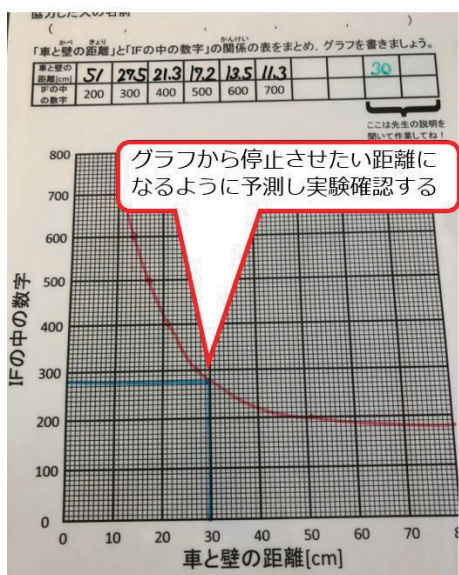


図 22 表とグラフ (モデル) による予想

### 5. モデルベース開発的思考教育の実践

開発したモデルベース開発的思考教育の授業実践を、11月22日に広島県内のS小学校で行った。5年生2クラス(49名)に対して、表2の学習内容で実施した。最初の2時間は、図23のように体育館で2クラス合同の授業を行い、最後の2時間は、図24のようにクラスごとに教室で授業を行った。4~5名を1グループとして活動をさせた。筆者が授業を行い、学生3名がティーチングアシスタントを担当した。この授業実践の最初と最後に「プログラミング」についてのマインドマップ(3分)を採った。また、実践授業終了後、アンケートを行った。



図 23 体育館での授業



図 24 教室での授業

### 6. 探究的活動, マインドマップおよびアンケート結果

4.5節の実験データから表やグラフ(モデル)の作成および作成したグラフ(モデル)から予想することについて、児童が作成したグラフを確認した。12グループすべてがグラフ(モデル)の作成ができており、作成したグラフ(モデル)を用いて目標の達成のための予想もできていた。具体的には、目標の設定された距離に対して3回以内の予想で±1cm以内に収まるようにプログラム中の数字の設定ができていた。

実践授業の最初と最後に行った「プログラミング」についてのマインドマップの結果を図25(クラス1)および図26(クラス2)に示す。それぞれ、横軸は個人番号を示しており、縦軸はマインドマップに記入されたキーワードの数を示している。ここで用いたマインドマップは、思考の可視化方法の一つである。「プログラミング」という言葉から連想されるキーワード(形容詞や名詞等)を線をつなげて書く。このキーワードのつながり(ネットワーク)により児童がどのような思考をしているのかを探ることができる。

図25および図26より、プログラミングについて授業の前後で大きく増えていることからプ

プログラミングに関して理解していることが考えられる。定量的に評価できるように、それぞれのクラスごとのキーワードの数の平均および分散を表3に示す。

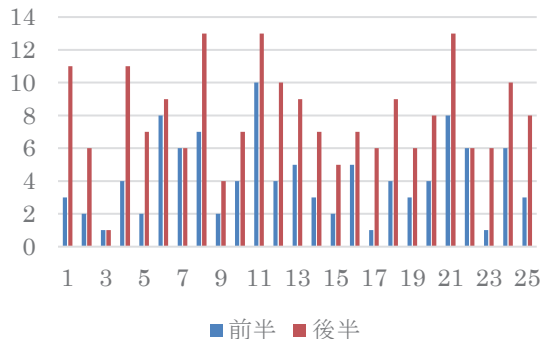


図25 マインドマップ (クラス1)

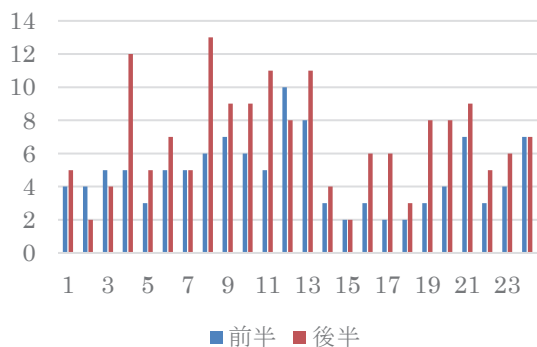


図26 マインドマップ (クラス2)

表3 マインドマップの変化

	クラス1		クラス2	
	前	後	前	後
平均	4.2	7.9	4.7	6.9
分散	5.5	8.2	4.0	8.8

次に、アンケート項目を以下に示す。

1. プログラミングの授業が楽しかったですか？
2. プログラミングの授業を受けて、どう思いましたか？
3. 「人とコンピュータの同じところを見つける」活動を、どう思いましたか？
4. 「ぶつからない車」の必要な動きを書く活動を、どう思いましたか？
5. 「ぶつからない車」のカードの順番を並べる活動を、どう思いましたか？
6. 「ぶつからない車」のカードからプログラムを入力する活動を、どう思いましたか？

7. プログラミングの授業の中で、楽しかった活動を書いてください。
8. プログラミングの授業の中で、楽しくなかった活動を書いてください。
9. プログラミングを使ってできそうなことを書いてください。
10. 2人以上で活動した人に聞きます。どのようなことが助け合えましたか？
11. 感想を書いてください。

アンケート結果を図27から図32に示す。

図27より、開発したモデルベース開発的思考教育による授業に対して児童は肯定的に受けていたことがわかる。プログラミングの授業が、パソコンの中で完結するのではなく、作ったプログラムの動きを、模型を使って確認できることが良かったのではないかと考えられる。

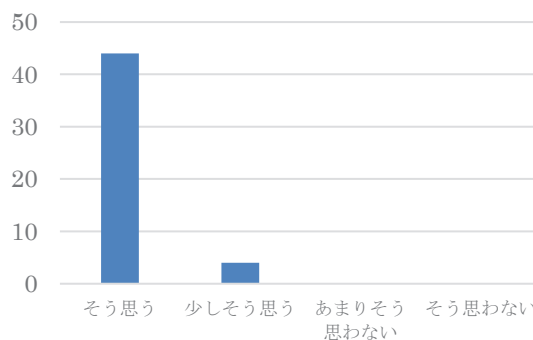


図27 プログラミングの授業が楽しかったですか？

図28より、やや難しいと感じている児童が多いことがわかる。これは、体験型のプログラミングの授業とは異なり、今までに経験したことのない表やグラフ(モデル)の作成やそれを活用した予測があったからだと考えられる。

図29より、やや難しいと感じている児童が多いことがわかる。人とコンピュータの同じところを見つける活動は、今までそのような見方や考え方をしたことがなかったためと考えられる。

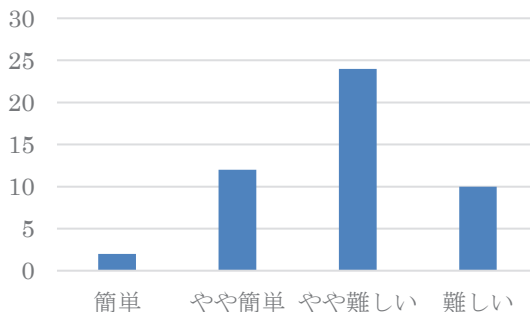


図28 プログラミングの授業を受けて、どう思いましたか？



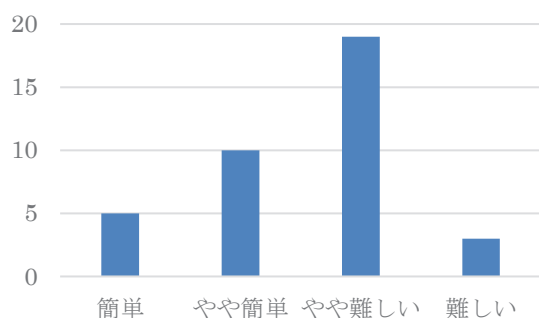


図29 「人とコンピュータの同じところを見つける」活動を、どう思いましたか？

図30より、やや簡単と感じている児童が多いことがわかる。このことから、モデルベース開発的思考教育とプログラミング的思考の共通部分である機能分解は児童に理解しやすい内容であるといえる。

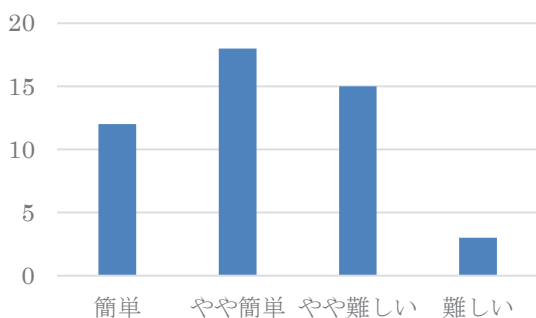


図30 「ぶつからない車」の必要な動きを書く活動を、どう思いましたか？

図31より、大きく二つ（簡単とやや難しい）に分かれていることがわかる。このことから、簡単な動作を順番に並べる論理的思考が得意な児童とそうでない児童がいることと考えられる。

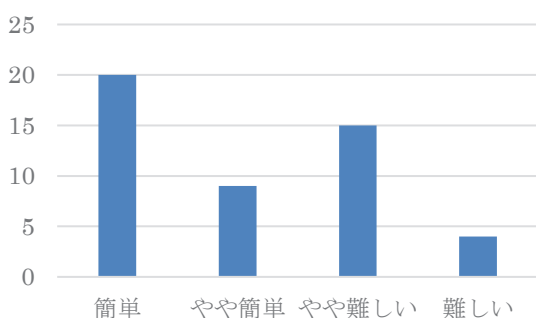


図31 「ぶつからない車」のカードの順番を並べる活動を、どう思いましたか？

図32より、やや簡単とやや難しいが多いことがわかる。このことから、キーボードで文字を入力する経験が少ないためであると考えら

れる。また、アルファベットのキーを探すことに苦労したとも考えられる。

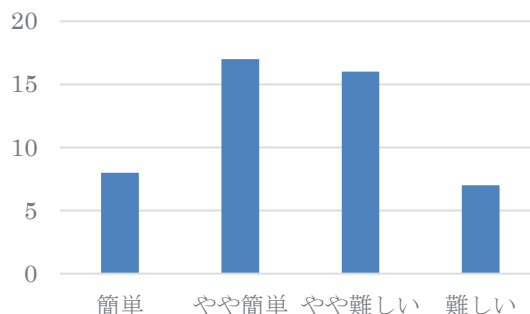


図32 「ぶつからない車」のカードからプログラムを入力する活動を、どう思いましたか？

「プログラミングの授業の中で、楽しかった活動を書いてください。」の記述を見ると、「ぶつからない車の模型を動かしたことが楽しかった」と記述している児童が20名、「プログラムを入力することが楽しかった」と記述している児童が16名いた。このことから、プログラムしたものが実際に動くことが児童の達成感につながっていることが考えられる。また、テキスト型のプログラミング方式でも児童は満足していることがわかった。

「プログラミングの授業の中で、楽しくなかった活動を書いてください。」の記述を見ると、43名のほとんどの児童が「ない」と記述していた。このことから、本学習内容に対して肯定的に感じていることがわかった。

「プログラミングを使ってできそうなことを書いてください。」の記述を見ると、「わからない」と記述していた児童が16名、「車」と記述していた児童が5名、「ゲーム」と記述していた児童が5名、「ロボット」と記述していた児童が3名いた。このことから、学習した内容を別の新たなものに適用するのは難しいことがわかった。

「2人以上で活動した人に聞きます。どのようなことが助け合えましたか？」の記述を見ると、「助け合えた」や「協力できた」の協力の記述をした児童は16名、「キーボード入力を教えた」の記述をした児童は14名、「役割分担した」の記述をした児童は13名いた。このことから、グループ活動は機能していたことがわかる。グループ内で協力できるよう役割を児童に知らせることで効率的な実験やプログラミングができる可能性があることがわかった。

「感想を書いてください。」の記述を見ると、全体的に肯定的な感想がほとんどだった。「プログラミングで表や図などを使うから算数な

どの方の教科の勉強しないとできないなと思いました。また自分で家族でやりたいです。」というようなモデルベース開発的思考教育で用いた算数の知識が大切であることに気付く児童もいた。

以上のことから、教材および学習内容によりプログラミング的思考およびモデルベース開発的思考は育成できていると考えられる。細かい指導の部分では改善の余地があるが、全体の流れとしては問題ないとする。

## 7. 結言

本研究では、小学生の発達段階を考慮し、プログラミング的思考と同時にモデルベース開発的思考を育むことができるプログラミング教育の学習方法を提案した。具体的には、小学校段階におけるモデルベース開発的思考を育むプログラミング教育の教材を開発し、その教材を用いて小学5年生を対象にプログラミングの授業を行った。マインドマップおよびアンケート結果から本教材と学習内容の評価を行い、プログラミング的思考およびモデルベース開発的思考を育むことができていることがわかった。

今後の課題として、児童がやや難しいと感じたり、簡単と感じたりしていた活動の教育内容レベルの調整ができるよう資料や説明の改善をおこなう予定である。また、中学校技術・家庭科技術分野の情報の技術における教材および学習内容の開発に着手する予定である。

## 発表論文

川田和男, 森重智年, ひろしま自動車産学官連携推進会議: 小学校における「豊かな生活とものづくり(情報)」を意識させる授業の開発と実践, 日本産業技術教育学会第63回全国大会(千葉), オンライン発表(2020.9.6)

川田和男, 森重智年, ひろしま自動車産学官連携推進会議: 小学校におけるモデルベース開発を意識したプログラミング教育の開発と実践, 日本産業技術教育学会第64回全国大会(札幌), オンライン発表(2021.8.28)

川田和男, 村井啓太, 諏澤侑汰, 森重智年: 小学校段階におけるモデルベース開発的思考力を育む教材の開発と実践, 日本産業技術教育学会第37回四国支部大会, オンライン発表(2021.12.4)

川田和男, 村井啓太, 諏澤侑汰, 森重智年: 義務教育におけるモデルベース開発的思考を育む教材の開発, スマートシステムと制御技術シンポジウム2022, 対面発表(2022.1.9)

## 参考文献

- [1] 内閣府: 科学技術基本計画 (2016)  
<https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/5honbun.pdf>  
(2022/1/13 参照)
- [2] 千田有一: 「米国における科学技術人材育成戦略: 科学, 技術, 工学, 数学 (STEM) 分野卒業生の 100 万人増員計画」, 文部科学省科学技術政策研究所科学技術動向研究センター「科学技術動向」, Vol.133, pp.17-26 (2013)
- [3] 文部科学省: 中学校学習指導要領解説 技術・家庭科編 (2008)
- [4] 文部科学省: 高等学校学習指導要領解説 情報編 (2018)
- [5] 登坂和洋: マツダー広島大―県の連携支える「4つの技術」, 産学官連携ジャーナル, 15 巻, 6 号, pp.20-23 (2019)
- [6] J.M. Wing: “Computational Thinking”, Communication of the ACM, Vol.49, No.3, pp.33-35 (2006)
- [7] 文部科学省: 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)(2016)
- [8] 湯澤正通: 教育特別講座 第3巻 子どもの発達と教育, 協同出版 (2014)
- [9] 谷田貝公昭: 子ども心理事典, 一藝社 (2011)
- [10] B.J. Wadsworth: “Piaget’s Theory of Cognitive and Affective Development”, Foundations of Constructivism (Allyn & Bacon Classics Edition) (2003)
- [11] T. Bell, I.H. Witten, and M. Fellows: “An enrichment and extension pro-gramme for primary-aged children”, Computer Science Unplugged (2006)
- [12] PCN ホームページ  
<https://pcn.club/sp/dyhook/> (2022/1/13 参照)
- [13] 文部科学省: 中学校学習指導要領解説 技術・家庭編 (2019)

## 謝辞

本研究を実施するにあたり、助成していただいたマツダ財団, ならびに研究協力いただいたマツダ株式会社 森重智年様, 広島大学大学院人間社会科学科博士課程前期1年 村井啓太様, 広島大学教育学部4年 諏澤侑汰様に謝意を表します。