

# モデリング学習支援環境における小学生のモデリング過程についての プロセスマイニングによる基礎的検討

## A baseline study of modelling process analysis of primary school students in a modelling learning support environment using the process mining method

朴 時穂<sup>\*1</sup>, 香山 瑞恵<sup>\*1</sup>, 各務 正太郎<sup>\*2</sup>, 永井 孝<sup>\*1,3</sup>, 舘 伸幸<sup>\*1</sup>  
Shion PAKU<sup>\*1</sup>, Mizue KAYAMA<sup>\*1</sup>, Seitarou KAKUMU<sup>\*2</sup>, Takashi NAGAI<sup>\*1,3</sup>, Nobuyuki TACHI<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 信州大学工学部

<sup>\*1</sup> Faculty of Engineering, Shinshu University

<sup>\*2</sup> 信州大学大学院総合理工学研究科

<sup>\*2</sup> Graduate School of Science & Technology, Shinshu University

<sup>\*3</sup> ものづくり大学技能工芸学部

<sup>\*3</sup> Faculty of Technologists, Institute of Technologists

Email: 21t2116h@shinshu-u.ac.jp

**あらまし**：近年、小学校教育でプログラミング的思考の育成が重要視されている。本研究では、小学生を対象にモデリング学習支援環境を用いたモデリング過程をプロセスマイニングの手法で分析した。プログラミング的思考の習得過程の可視化と、習得の助けとなる知見を得る事を目的とした。分析の結果、前課題を応用して課題に取り組む学習者が少ない事が確認された。本稿では、分析の概要と結果から得られた学習者の解法について述べる。

**キーワード**：モデリング学習、プログラミング的思考、プロセスマイニング

### 1. はじめに

近年、小学校教育において、「プログラミング的思考」の育成が重要視されている<sup>[1]</sup>。プログラミング的思考には抽象化の能力が含まれており、それを育成する方法の1つとして、システム開発でのモデリング手法が適用されている。モデリング学習の評価は、モデル図やモデルに基づくシステムの振舞等が対象となることが多く、モデリング過程の評価はあまりなされていない。

我々は2012年より初中高等教育を対象にモデリング教育を実施している。この教育では2022年から、モデリング学習支援環境：Simple Rule Practice System（以下SRPS）<sup>[2]</sup>を用いている。SRPSは操作ログ記録機能を有する。この機能により、学習者のモデリング過程を解析（プロセスマイニング、以下PM）・評価が可能になった。2023年には大学生へのモデリング教育を対象にPMを試みた。学習者の操作に基づくPMと、モデル図の構造変化に基づくPMの手法を具体化し、学習支援に資する知見を抽出する可能性を見出した。本稿では、操作のPMと構造のPMを組み合わせた新たなPM手法を提案し、小学生によるモデリング過程を評価した成果を示す。

### 2. 研究目的

本研究の目的は、モデリング学習のPMを通して、学習支援に資する知見を具体化することである。そのために、先行研究で提案されたPM手法を組み合わせ、モデル図の構造変化と、個々の学習者の操作特徴とを統一的に可視化する手法を提案する。

### 3. 解析対象

本研究でPMの対象としたのは、小学5-6年生を対象としたワンディワークショップである。全参加者がその日に初めて状態遷移図によるモデリングを行う。PMの対象課題を表1に示す。3種の課題においては、個別の語彙（動作とイベント）が提供される。学習者は、それらの語彙とモデル図要素（状態と遷移）を組合せることで、課題のモデル図を作成する。課題が進む毎に新たな語彙が1つ追加される。モデル図の完成は、モデルから生成されたプログラムを対象デバイス上で動作させた振舞を観察することで確認した。各課題のモデル図を作成するための最少操作回数は8, 10, 12である。解析対象者数は19名である。全員が3課題のモデル図を完成させた。

各課題におけるモデリング時間を図1に、完成までに要した操作回数を図2に示す。課題1では、15

表1 各課題の語彙（●は新規追加語彙）

	動作			イベント	
	停止	前進	右旋回	バナーが離された	黒色を検知
課題1	●	●	-	●	-
課題2	●	●	-	●	●
課題3	●	●	●	●	●

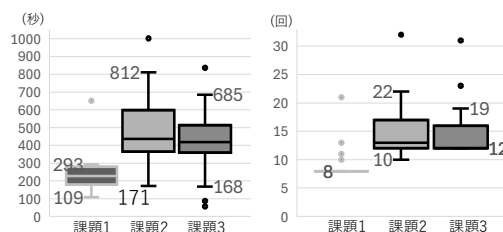


図1 モデリング時間

図2 操作回数

名が最少操作回数でモデル図を作成した。モデリング時間の中央値は227秒であった。課題2では最少操作回数は4名、モデリング時間の中央値は436秒であった。課題3では最少操作回数は9名、モデリング時間の中央値は418秒であった。課題2において、モデリング時間と操作回数の中央値は、共に3課題での最長・最多となった。

#### 4. 操作と構造を組み合わせたPM

状態遷移図作成時の、特定の複数操作を一つにまとめる「記号化」を図った。ここでの記号化においては、対象となる操作の順序は問われない。そのため、記号化された操作後には同じ構造のモデル図が記述されていることとなる。記号化された操作群とその名称を以下に示す。名称における「全て」とは、各課題の模範モデル図に含まれる数を指す。

- All state** (全ての状態追加)
- All transition** (全ての遷移追加)
- All action** (全ての動作選択)
- All event** (全てのイベント選択)
- All state All action** (全ての状態追加と動作選択)
- All transition All event** (全ての遷移追加とイベント選択)

この提案手法を用いて課題1をPMした結果を図3に示す。ここでは最少操作回数でモデル図を作成した15名のモデリング過程を可視化している。記号化された操作群は、図中赤と青の矩形で示されている。また、課題1の模範モデル図を図3左上点線枠内に示す。課題1は3つの状態と動作、2つの遷移と1つのイベントから構成される。

最少操作回数でモデル図を作成した15名の回答過程は9パターンに整理された。その内、一操作目が記号化された操作群となったのは5パターンであり、10名の学習者が相当した。その10名の内、『All state All action 後、All transition All event』(図中右端)は2名であった。『All state 後、All transition』の過程を

含んだのは1名、『All state 後、All action あるいはAll transition 以外の操作をした』のは7名であった。

#### 5. 考察

本研究で記号化した操作群は、課題の模範モデル図に必要な状態数や動作などの過不足ない記述を表現している。そのため、回答過程における記号化の有無は学習者が「課題の解法を見通していること」を判断する目安になると仮定する。

図3において一操作目が記号化されなかった5名と、冗長な操作回数で回答した(図3には示されていない)4名は、モデリング開始時には課題の解法を見通してはいなかったことが推測できる。他の課題においても同様に整理した結果、課題1で47%、課題2で89%、課題3で79%の学習者が、モデリング開始時には課題の解法を見通していない可能性があることが分かった。この結果から、3章で述べた結果と同様に、課題2は最も解法の見通しが困難であったことが推察される。

#### 6. おわりに

本稿では、モデリング学習のPMを通して学習支援に資する知見を具体化することを目的に、モデル図の構造変化と、個々の学習者の操作特徴とを統一的に可視化するPM手法を提案した。19名の小学5-6年生によるモデル図の解析を通して、支援を必要とする学習者の存在をより早期に発見できる可能性を見出した。今後は提案手法をSRPSに組み込み、学習支援の効果を検証していく。

#### 参考文献

- [1] 文部科学省, "小学校プログラミング教育に関する概要資料", [https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyouhou/detail/1416328.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1416328.htm) (参照 2025-01-14).
- [2] 丸山凌騎他, "中学校技術科での利用を想定したモデリング学習支援環境とその授業実践", 情処論デジタルプラクティス, vol.4, no.2 pp.85-97, 2023.

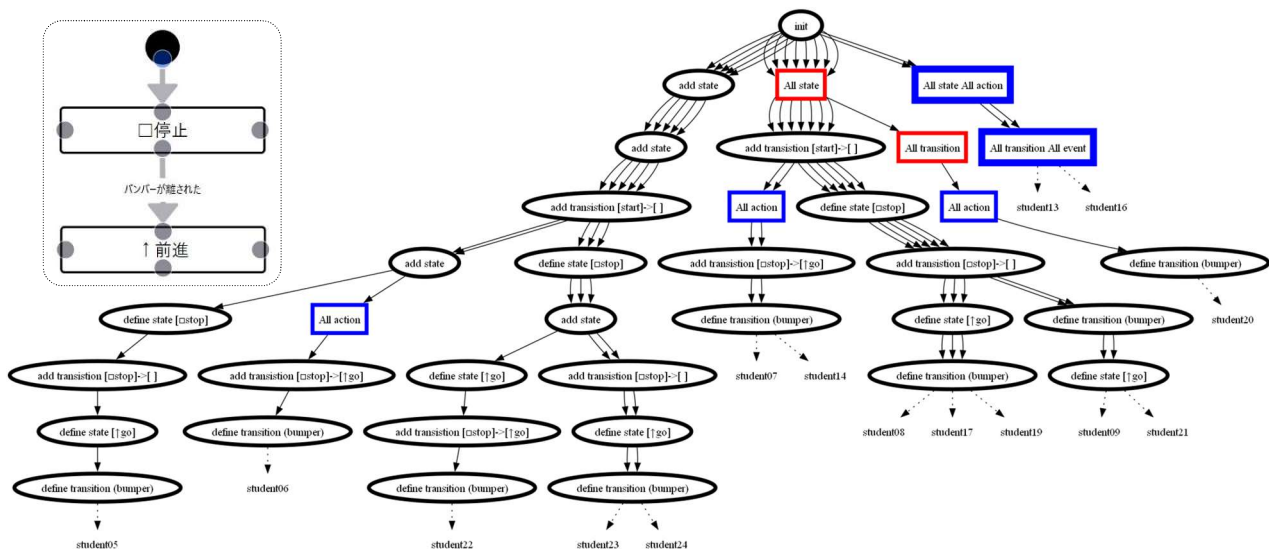


図3 課題1に対する提案手法によるPM結果と模範モデル図(左上)