

モデリング学習支援環境 SRPS における サブマシン状態導入に関する基礎的検討

A Fundamental Study on Introducing Submachine States into SRPS: A Modeling Learning Support Environment

興 仁浩^{*1}, 永井 孝^{*1,2}, 舘 伸幸^{*1}, 各務 正太郎^{*3}, 朴 時穂^{*3}, 香山 瑞恵^{*1}

Yoshihiro KOSHI^{*1}, Takashi NAGAI^{*1,2}, Nobuyuki TACHI^{*1}, Seitaro KAKUMU^{*3}, Shion PAK^{*3}, Mizue KAYAMA^{*1}

^{*1} 信州大学

^{*2} ものつくり大学

^{*1}Shinshu University

^{*2}Institute of Technologists

^{*3} 信州大学大学院総合理工学研究科

^{*1}Graduate School of Science & Technology, Shinshu University

Email: 22t2064e@shinshu-u.ac.jp

あらまし：本研究では、Model Driven Development の考え方に基づくモデリング学習支援環境 SRPS において、状態遷移図の複雑化という課題に対し、サブマシン状態の導入について基礎的に検討する。状態遷移の一部を段階的に抽象化・再利用する表現を取り入れることで、学習者が振舞の全体構造と詳細を分けて捉えられるよう設計した。提案手法により、モデリング学習における構造的理解の支援につながる可能性を示す。

キーワード：モデリング学習, Computational Thinking, 状態遷移図, サブマシン状態

1. はじめに

近年、Computational Thinking (CT)に代表されるように、問題を分解し、抽象化や構造化を通じて解決する思考力の育成が、情報教育において重要視されている⁽¹⁾。プログラミング的思考においても、対象の振舞を適切な粒度で捉え、構造として表現する力は、中等教育段階での重要な学習目標の1つである⁽²⁾。

このような背景のもと、Model Driven Development (MDD)の考え方にに基づき、ソフトウェアやシステムの振舞をモデルとして表現・理解する能力の育成が注目されている。状態遷移図は、対象の振舞を明示的に記述できる表現手法であり、モデリング学習として抽象化や構造化を学ぶための有効な手段である。

著者らはこれまでに、状態遷移図を用いたモデリング学習支援環境 SRPS を開発し、学習者が対象の振舞をモデルとして構築・検討する学習活動を支援してきた^(3,4)。しかし、扱う課題が高度化し、表現すべき振舞が複雑になるにつれて、状態数や遷移数が増加し、モデル全体の構造を把握することが難しくなるという課題が明らかになっている。図1に示すように、振舞を階層化を含まないフラットな状態遷移として表現した場合、学習者は局所的な遷移に注目しがちとなり、振舞のまとまりや階層的な関係を捉えにくくなる。

このような課題に対し、本研究では、状態遷移図の構造を明示的に整理し、学習者が振舞の全体像を把握しやすくするための方策として、サブマシン状態の導入に着目する。サブマシン状態は、状態遷移図の一部を一つの状態として抽象化する表現であり、複雑な振舞を階層的に記述することを可能とする。本研究の目的は、モデリング学習支援環境 SRPS に

おいてサブマシン状態を導入する設計の妥当性を検討し、その教育的意義を明らかにすることである。

2. モデリング学習における構造把握の課題

モデリング学習において、状態遷移図は対象の振舞を明示的に表現できる手法として広く用いられている。一方で、対象が複雑になるにつれて、状態数や遷移数が増加し、モデル全体の構造を把握することが難しくなるという課題が指摘されている。

特に、フラットな状態遷移として記述した場合、全状態・遷移が同一レベルで並列に配置されるため、振舞のまとまりや上位構造を捉えにくい。学習者は個々の状態遷移に注目しがちとなり、振舞全体の流れや構造的な関係性を意識した検討が困難になる。図1に示すように、状態数や遷移数が増加した状態遷移図では、全体像の一望が難しく、学習者にとって理解負担が高まる。

著者らが開発してきたモデリング学習支援環境 SRPS においても、同様の課題が確認されている。

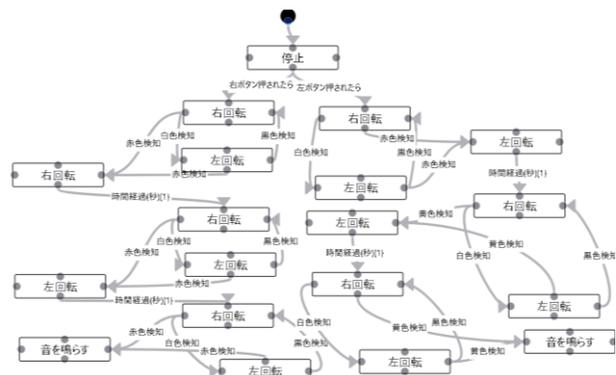


図1 複雑な振舞をフラットな状態遷移として表現した例

扱う課題が高度化するにつれて、学習者が作成する状態遷移図は複雑化し、モデル全体の構造を十分に把握できないまま記述や修正を行う場面が見られた。その結果、振舞の一貫性や構造的妥当性について十分に検討できないという問題が生じている。

このように、状態遷移図を用いたモデリング学習においては、振舞を単に記述するだけでなく、モデル全体の構造を把握しながら検討できる表現や設計方針が求められている。

3. サブマシン状態の導入と設計意図

サブマシン状態とは、状態遷移図の一部を一つの状態として抽象化し、その内部に別の状態遷移図を持たせる表現である⁽⁶⁾。本研究では、モデリング学習における理解負荷を抑えつつ、振舞の構造を明示することを目的として、サブマシン状態を導入する。具体的には、繰り返し現れる振舞や意味的にまとまりのある遷移を一つの単位として扱い、上位レベルでは振舞の大まかな流れを把握し、下位レベルでは詳細な遷移を独立して検討できるよう設計する。

図2は、サブマシン状態を用いて状態遷移図を階層化する概念を示している。本研究では、このサブマシン状態をモデリング学習に適した形で導入することを目的とする。具体的には、繰り返し現れる振舞や意味的にまとまりのある遷移を一つのサブマシン状態として表現することで、上位レベルでは振舞の大まかな流れを把握し、下位レベルでは詳細な遷移を確認できるようにする。このような階層化により、学習者は状態遷移の全体構造と局所的な振舞を段階的に理解することが可能となる。

図3は、サブマシン状態を段階的に用いて状態遷移図を構成する一例を示している。黒い線を1つのカラーセンサで追従する基本的な振舞を「ライトレース」というサブマシン状態として定義し、それを複数含む走行単位を「コースA」として抽象化することで、上位レベルではコース構成を、下位レベルでは具体的な制御をそれぞれ独立して検討できる。このようにサブマシン状態を入れ子状に用いること

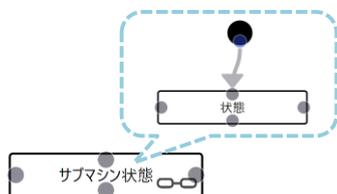


図2 サブマシン状態による状態遷移図の階層化

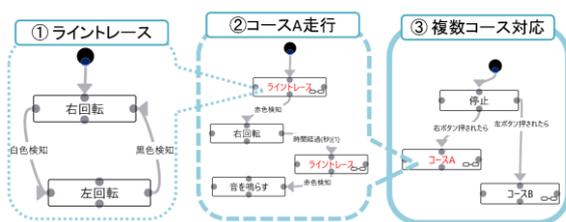


図3 サブマシン状態を段階的に用いた状態遷移図の階層化例

で、モデルの再利用性を保ちつつ、段階的な抽象化を通じた構造的な理解を支援できると考えられる。

なお、UMLにおけるサブマシン状態には履歴疑似状態などの拡張的要素が存在する⁽⁶⁾が、本研究では学習者の理解負荷や誤概念の発生を考慮し、これらは導入しない設計とした。あくまで、状態遷移の構造化と抽象化を支援するための最小限の機能に限定することで、モデリング学習での理解促進を図る。

4. 期待される学習効果

本研究で提案するサブマシン状態の導入により、モデリング学習において状態遷移図の構造的な理解が促進されることが期待される。状態遷移を階層的に表現することで、学習者は複雑な振舞を一度に把握するのではなく、上位レベルで全体像を捉えた上で、下位レベルの詳細へと段階的に検討することが可能となる。これは、振舞を意味的なまとまりとして再構成し、抽象化と詳細化を往復しながらモデルを設計する思考過程を支援するものである。

また、繰り返し現れる振舞や意味的にまとまりのある遷移をサブマシン状態として表現することにより、状態遷移図の見通しが向上し、モデル修正や拡張が容易になる。これにより、学習者は個々の状態遷移の記述にとどまらず、振舞間の関係性や構造を意識しながらモデルを構築することができ、CTの構造化や再利用の考え方の育成につながると考える。

本研究の設計方針の妥当性を確認するため、中学生を対象とした予備的な実践を行った。その結果、状態遷移の構造を階層的に捉えながらモデルを検討する様子が観察され、サブマシン状態の導入が理解支援につながる可能性が示唆された。

5. おわりに

本稿では、モデリング学習環境 SRPS に対してサブマシン状態を導入する設計の妥当性を検討した。今後の課題としては、サブマシン状態を導入したモデルと従来のフラットな状態遷移図を用いたモデルを比較し、学習者のモデル記述や理解の変化を分析する必要がある。また、階層化表現が学習者に新たな負荷や誤概念を生じさせていないかについても、実践を通じた検証が求められる。

謝辞：本研究は科研費 23K24957 に支援された。

参考文献

- (1) J.M.Wing : Computational Thinking, CACM, 49(3):33-35, 2006.
- (2) 文部科学省 : 情報教育の推進, https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1369613.htm (参照 R8.2.2)
- (3) 丸山 他: 中学校技術課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, IPSJ-DP, 4(2):85-97, 2023.
- (4) 各務 他: モデリング学習支援環境における状態遷移図拡張の効果検証, 信学技報, 125(279):29-36, 2025.
- (5) Object Management Group : OMG UMLanguage, Version 2.5.1. <https://www.omg.org/spec/UML/2.5.1/> (参照 R8.2.2).