

# 初学者によるモデリング学習に関する基礎的検討 －状態遷移図による振舞いのモデリング－

## A Basic Study of Behavioral Modeling by Novice Learner - In the Case of Fundamental Practices with State Machine Diagram -

香山 瑞恵<sup>\*1</sup>, 横田 寛明<sup>\*1</sup>, 増元 健人<sup>\*2</sup>, 小形 真平<sup>\*1</sup>, 伊東 一典<sup>\*1</sup>, 橋本 昌巳<sup>\*1</sup>, 大谷 真<sup>\*1</sup>,  
Mizue KAYAMA<sup>\*1</sup>, Hiroaki YOKOTA<sup>\*1</sup>, Kento MASUMOTO<sup>\*2</sup>, Sinpei OGATA<sup>\*1</sup>,  
Kazunori ITOH<sup>\*1</sup>, Masami HASHIMOTO<sup>\*1</sup>, Makoto OTANI<sup>\*1</sup>,  
<sup>\*1</sup>信州大学

<sup>\*1</sup> Shinshu University

<sup>\*2</sup> 信州大学大学院理工学研究科

<sup>\*2</sup>Division of Science and Technology Master's Program, Shinshu University  
Email:kayama@cs.shinshu-u.ac.jp

**あらまし**：本研究の目的は、状態遷移図を用いた振舞いのモデリングの学習方法を検討することである。そのために、初学者が陥りやすい誤りの傾向を分析した。ここでは、振舞いのモデリングとして対象の動的な特性を表現する状態遷移図を取り上げ、その記述および読解の能力に着目する。本稿では、工学部情報系学科の入学直後の学生を対象に、2ヶ年分の同一問題への回答を定量的に分析することで、誤りの傾向とそれへの対策を検討する。

**キーワード**：振舞いのモデリング、状態遷移図、誤り分析、初学者

### 1. はじめに

問題解決すべき対象をモデリング能力は、情報化社会を生きる全ての者に必要なリテラシである<sup>[1]</sup>。特に、対象の動的モデルとしての振舞いを記述する状態遷移図は、情報専門教育の主要5分野(CS・IS・SE・CE・IT)はもとより、一般情報教育(GE)および高等学校での情報科におけるモデリング単元に関連する事柄である。しかし、これらの能力育成に関する初学者向けの教育方法論は未だに確立されておらず、国内外において長年研究が進められている。現在までに状態遷移図の作成における初学者の誤り分析を試みた研究の例はない。

### 2. 本研究の目的とアプローチ

本研究の目的は、初学者を対象としたモデリングに関する教育方法論を探究することにある。ここでの初学者とは、高校生や大学1年生など、専門的な勉強を始める前段階にある学習者を対象としている。これらの初学者に対して、動的モデルとしての振舞いのモデリングとして「対象世界を、ある一定の書式に従い、図として記述すること」を課した場合、どのような誤りを生じやすいのかを分析し、教育的考察を試みている<sup>[2]</sup>。実験の被験者は、大学入学直後の1年生である。本稿では、2つの年度の学生に

対する調査に基づき、状態遷移図の記述・読解における誤り分析について考察する。被験者数はA群89名、B群90名である。両群における能力差はない。

一般に、UMLで規定される状態遷移図の記法は多様かつ複雑であり、理解が難しい。そこで、本研究では状態遷移図の記述要素として、状態(開始状態・終了状態を含む)、遷移、イベントのみに着目することとする(図1参照)。

本研究では、まず被験者のモデル図記法に関する理解状態を確認するための実験(例えば、記述要素の名称の確認等)を行う。次に、要求文とモデル図との差異の読取を行わせた(読解実験)。また、要求文に対応する完全なモデル図の記述、および一部が空欄となっているモデル図の穴埋めを行わせた(記述実験)。その上で、要求文とモデル図の差異の指摘と、正しいモデル図の記述を行わせた(修正実験)。

A群に対する教育効果を分析した結果、モデル図の記法を曖昧に理解している事実が判明した。そのため、B群に対しては適切な記法への意識を徹底させる教育を与えた。

### 3. 実験結果

2つの異なる年度に入学した大学1年生に対する読解・記述・修正実験について示す。

#### 3.1 読解実験

**方法**：この実験では、状態遷移図の3要素：状態・遷移・イベントに着目し、それぞれに対する知識レベルを分析する。被験者には「ホテルの宿泊予約」に関する状態遷移図を示し、要求文と図とを対比させる。課題は3問であり、回答時間は30分とした。

**結果**：各課題の正答率を図2にまとめた。3問の

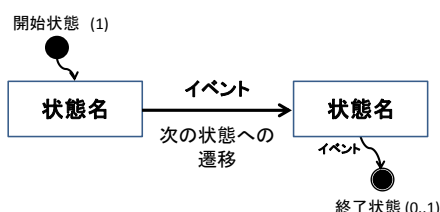


図1 本研究で用いた状態遷移図の記法

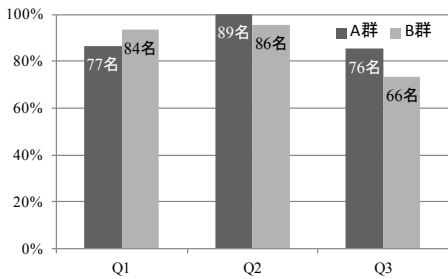


図2 読解実験 3問の正答率

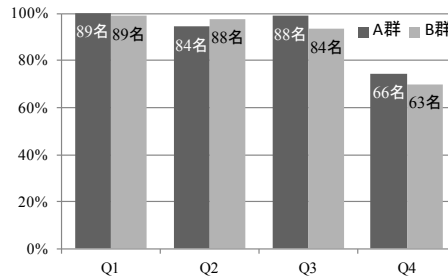


図3 記述実験 4問の正答率

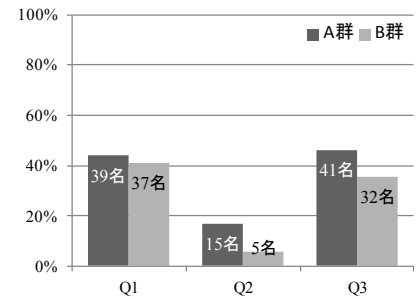


図4 修正実験 3問の正答率

平均値と分散については、AB 群間での有意差はない。両群に共通して、Q2(遷移)・Q1(状態)・Q3(イベント)の順で正答率が高かった。

**考察：**状態に関する誤りは、モデルには表現されていない事柄であっても、既存概念として有しているものは「正解」であるとしている誤答が大多数を占めていた。イベントに関する誤りでは、異なる複数の遷移に同名のイベントが存在した場合、そのイベントを同一のものともみなすかどうかを問う問題を誤る傾向にあった。

### 3.2 記述実験

**方法：**実験時期は両群共に読解実験の1週間後である。実験に先立ち、被験者全員に対して読解課題での誤り例を示しながら、レビューを行った。その後、再度、状態遷移図の記法を復習した上で、指定された要求を満たす状態遷移図を記述させた。課題は4問で、回答時間は45分とした。課題形式は2種であり、一部の要素は与えられており、不足している要素を追記する穴埋め型(Q1とQ2)と、状態遷移図の全ての要素を記述させる完全記述型(Q3とQ4)とした。

**結果：**各課題の正答率を図3に示す。両群共に、Q1~Q3では正答率が90%を超え、Q4では約30%の誤答が生じた。正答率の高低の傾向は共通である。全ての課題の平均値に有意な差はみられなかった。

**考察：**先行研究で確認されている誤りパターン(記法誤り9種、要求解釈の誤り3種)<sup>[2]</sup>が再び生じた。さらに、今回の調査では、要求解釈の誤りに関する新たなパターンが1種(イベント名あるいは遷移箇所が不適切)確認された。

両群における誤りの傾向は大きく異なった。特にQ4におけるA群では記法誤りが誤答の70%であるのに対して、B群では要求文を満たしていないモデルの記述が誤答の83%であった。これは、B群に対する教育方法の改良の影響であろう。

### 3.3 修正実験

**方法：**実験時期は両群共に記述実験の1週間後である。実験に先立ち、まず、状態遷移図の記法を再度復習した上で、記述実験で確認された誤りのレビューを行った。その後、9種の記法誤り中7種と、3種の要求解釈の誤り中1種を含む状態遷移図の誤りを指摘させ、さらに正しい状態遷移図を記述させる課題を課した。課題は3問、回答時間は30分とした。

**結果：**各課題の正答率を図4に示す。ここでの正答とは、意図的に含めた誤りを指摘でき、かつ正しく修正した状態遷移図を記述できていた回答である。特にQ2においてB群の正答率が低い。しかし、両群における平均値に有意な差は認められない。

さらに、個々の誤り指摘および修正図の記述に関して分析すると、両群の特徴をより明らかとなった。B群の方が記法誤りを指摘できていた率が高い。しかし、要求解釈の誤りの指摘は両群共に低率である。また、Q2では両群において「遷移とイベントが1:1ではない(複数の遷移に対して1つのイベント名を対応付ける)」誤りを指摘できていない。特に、B群においてはこの傾向が顕著である。一方で、指摘できないが図は適切に修正できた割合はB群の方が高い。Q3では、適切な修正図を記述できた者がB群で顕著に少ない。同時に、指摘はできているが適切な図が描けなかった者も多かった。

**考察：**実験前のレビューでは出現頻度の高かった誤りパターンのみを示した。その結果、レビュー対象としなかった記法誤りパターンに対する指摘は改善されなかった。発見されている誤りパターンは、記述実験での出現頻度によらずレビューが必要であろう。

## 4. おわりに

本稿では、状態遷移図を対象とした初学者における誤り分析の結果を示し、それらに基づく教育的考察を試みた。今回は極めて簡略化した状態遷移図を対象とした読解・記述・修正の3種の実験を行った。誤りパタンのうち、記法誤りは教育方法および教育環境の改善により少なくできる可能性を見出した。より実際のモデル図に近い、複雑な要素を有する状態遷移図を導入した際には、さらに要求解釈に関する誤りの詳細パターンが増えると考えられる。今後は、これらをふまえ、更なる誤り分析実験、状態遷移図に関する誤り指摘の自動化と、学習者のモデル図の評価能力の向上を意識した学習環境の設計を目指す。

### 参考文献

- (1) S. Sendall : “Model Transformation : The Heart and Soul of Model Driven Software Development”, IEEE SOFTWARE, Vol.20, No.5, pp.42-45 (2003).
- (2) 香山他 : “状態遷移図作成に際する初学者の誤り分析とそれに基づく教育方法の検討”, 情処研報, Vol.2012-CE-117, No. 7, pp.1-9 (2012).