

修士論文概要

概念モデル設計におけるモデル編集履歴とモデル自動評価ツールの効果の分析[†]

一戸 祐汰*

(2019年3月8日受理)

Analysis of Learners' Model Editing Process and Effectiveness of Automatic Grading Tool in Conceptual Modeling

Yuta Ichinohe

(Received March 8, 2019)

1 はじめに

1.1 背景

近年、データベースが管理するデータは多様かつ膨大になっており、エンジニア間で開発対象の認識が異なることが度々発生している。これは、文章のみを用いてコミュニケーションを取ることで、システムのイメージに差異が生じることが一因として挙げられる。このような問題を解決するためにERD (Entity Relationship Diagram) などのモデル表記法が提案されており、この記法によって設計した成果物を概念モデルと呼ぶ。ここで、「概念」は学生や学科などすべてのモノを指している。概念モデルを構成する要素は大きく分けて3種類あり、その例を図1に示す。図1の破線内が1つの概念を示しており、本研究ではこれを「クラス」と呼ぶ。クラスには区切り線があり、上部にその概念の概要を示すタイトル、下部にその概念が持っている情報を記述する。本研究では上部を「クラス名」、下部を「属性」と呼ぶ。また、「学生は学科に所属している」のような関係がある場合は、クラス間に実線を引いて表現し、本研究ではこれを「関連」と呼ぶ。このように、概念モデルは開発対象を図化することによって、文章のみで説明するよりも的確に表現することができる。ただし、クライアントの要求を満たすモデルを設計するためには、知識と経験が求められる。

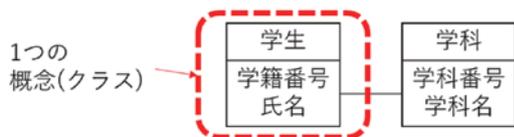


図1 概念モデルの例

大学などの教育機関では、モデル設計の演習を開講してエンジニアの育成に取り組んでいる。これらの講義では、学習者が講義中に十分なフィードバックを得られないことが課題として挙げられる。これは、講義中に学習者の成果物の評価を終えられないことが一因である。一般的に、学習者の成果物の評価手法は手動であり、多大な時間を要している。モデル設計の演習において学習者が十分なフィードバックを得るためには、教授者が学習者の成果物を評価してフィードバックを作成するまでの一連のプロセスを支援することが一例として挙げられる。

1.2 研究目的

本研究では、モデル設計の演習において学習者を支援することを目的とする。教授者の代わりに学習者のモデルを評価してフィードバックを提供するツールを開発することで、学習者が講義中に十分なフィードバックを得られる環境を実現する。開発するツールは既存のツールと比較して、フィードバックを作成する時に利用する学習者のモデルが異なる。既存のツールは最終成果物のみを用いてフィードバックを作成しているため、学習者が誤りを作り込んだタイミングを把握することが困難である。そこで、学習者がモデルを編集するたびにフィードバックを提供し、誤りを作り込んだタイミングを把握することを容易にする。また、支援の対象者は「モデリングの演習を経験したことがない学習者」とする。

2 予備実験

学習者を支援するために、モデリング演習向けの自動評価ツールを開発した¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。本章ではその取り組みによって明らかになった課題について述べる。

概念モデルにおけるクラス名と属性、関連を評価対象とし、学習者が設計したモデルと模範解答を比較した時の一致している度合いを学習者にフィードバックする。この度合いを類似度と定義し、式1と2に示す適合率(Precision)と再現率(Recall)から求められる、調和平均(F-measure.

[†] 本研究の一部は以下において発表した
・2017年電子情報通信学会総合大会論文集
・第24回ソフトウェア工学の基礎ワークショップ(FOSE)
・JCKBSE2018 (12th Joint Conference on Knowledge-Based Software Engineering)
* 電子情報メディア工学専攻 2178003 高瀬研究室

以下、F値)を用いて算出する。

$$\text{適合率} = \frac{\text{模範解答と一致する学習者の要素数}}{\text{学習者の成果物の要素数}} \quad (\text{式1})$$

$$\text{再現率} = \frac{\text{模範解答と一致する学習者の要素数}}{\text{模範解答の要素数}} \quad (\text{式2})$$

開発したツールは学習者がモデルを1回編集するごとにF値を算出して学習者にその結果をフィードバックする。学習者の編集回数に比例してフィードバックも増加するため、フィードバックは折れ線グラフを用いて可視化する。その例を図2に示しており、縦軸をF値、横軸を編集番号とし、クラス名と属性、関連の計3本の折れ線を表示する。F値が上昇している所は模範解答と一致する設計をしたことを示しており、F値が減少している所は模範解答と異なる設計をしたことを示しており、学習者が模範解答と異なった設計をした時点把握することが可能になる。



図2 F値の可視化の例

日本工業大学工学部情報工学科2年生を対象とした「データベース設計」を受講した42名の学生の協力を得て、ツールの予備実験を実施した。この講義は1週間に1回開講し、講義時間は100分である。問題には教科書⁵⁾の演習問題を改変した問題を使用し、模範解答を図2に示す。予備実験は基礎知識が十分に身についたところで実施したかったため8週目に行なった。加えて、学習者は演習問題を解く際に、自動評価ツールを自由に使うことができる。



図3 模範解答

従って、大半の学習者のF値が終了時点では1.00となることを期待したが、約3割の学生のF値は1.00に到達しな

かった。受講者別の関連のF値を図4に示す。

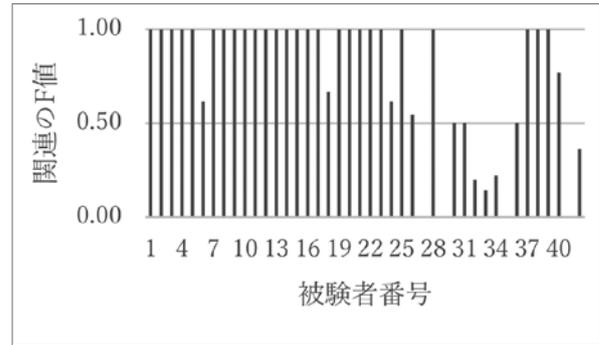


図4 受講者別の関連のF値

F値が1.00とならなかった学習者のモデリングの結果を閲覧してみたところ、局所的には完成度が高い部分が存在するものの、モデル全体を俯瞰してみると矛盾や問題点が残っている傾向が見受けられた。このような結果となった原因として、著者はモデリングの過程で全体を俯瞰するような行動を取っていないことが問題ではないかと考え、以下のようなResearch Question (以下、RQ)を設定した。

- 全体を俯瞰しながら作成したモデルは、局所的に作り込みながら作成したモデルよりも完成度が高いのではないか？

3 提案手法

RQについて調査を行なうためには、モデル設計時の編集過程の収集と評価が必要となる。

本研究ではモデリングツールとして田中ら⁶⁾が開発したKIFUを用いているため、モデル設計時の編集過程のすべてを記録・再現することができる。しかしながら、KIFUはモデル設計時の編集過程を定量的に分析するための機能を備えていないため、本研究では履歴を定量的に分析する機能を追加で開発することとした。

3.1 戦略

ここで、学習者のモデル設計時の編集過程の評価方法について述べる。Stikkolorumら⁷⁾はモデル設計時の特徴をStrategy (以下、戦略)と定義し、以下の4種類の戦略を定義している。

- Depth First Strategy
- Breadth First Strategy
- Depth-less Strategy
- Ad Hoc

本研究では、これらの戦略からモデルに不備がある場合の戦略であるDepth-less Strategyと一貫した戦略を持っていない場合のAd Hocを取り除き、Depth First Strategy (以下、深さ優先戦略)、Breadth First Strategy (以下、幅優先戦略)の2つを戦略として採用することとし、以下のよう

に定義した。

● 深さ優先戦略

特定のクラスの要素（属性や関連）を集中的に編集し、それが完成すると、次のクラスを集中的に編集することを繰り返す方法。

● 幅優先戦略

各クラスの要素(属性や関連)を並行して編集し、各クラスを少しずつ完成させる方法。

従って、RQを検証するためには学習者がどの程度「幅優先戦略」をとっているのかを明らかにすれば良いことになる。

3.2 編集過程の分類

学習者は演習において、最初から最後まで常に一貫した戦略を採るとは限らない。これは編集過程を前述の2つの戦略に分類しようとする場合に問題となる。この問題に対処するために、本研究では概念モデルの編集過程が相対的にどちらの戦略に近いかという度合いを求め、その度合いを戦略の評価に用いることとした。具体的には、学習者の一つ一つの編集過程が前述のどちらの戦略に属するかを決定し、それらの相対的な比率を求めることで学習者の戦略を決定することとした。これにより、戦略が混在しているような学習者においても戦略の評価が可能になる。

編集過程がどちらの戦略に基づいているかを分類するためには、直前に作成した要素が属しているクラスを基準とし、基準となるクラスが変化している場合には幅優先、していない場合には深さ優先とした。

編集過程の分類のルールの詳細を表1に示す。

表1 編集過程の戦略による分類ルール

#	編集過程の種類(α)	(α)の直前の編集過程の種類(β)	(α)と(β)は同一クラスか?	分類
1		クラスの作成	はい	深さ優先戦略
2			いいえ	幅優先戦略
3	属性の作成	属性の作成	はい	深さ優先戦略
4			いいえ	幅優先戦略
5	関連の作成	関連の作成	はい	深さ優先戦略
6			いいえ	幅優先戦略
7		クラスの作成	はい	深さ優先戦略
8			いいえ	幅優先戦略
9	関連の作成	属性の作成	はい	深さ優先戦略
10			いいえ	幅優先戦略
11		関連の作成	はい	深さ優先戦略
12	いいえ		幅優先戦略	

戦略の度合いの算出に用いる編集過程は属性の作成と関連の作成の2つとし、クラスの作成を補助的に用いる。これはモデリングツールの仕様上、クラスの定義なしでは属性や関連が作成できないため、クラスの編集過程が正確に

分類できないためである。分類された編集過程を用いて、学習者の戦略の傾向を求める。以下に幅優先戦略の傾向の求め方を示す(式3)。

$$\text{幅優先戦略の度合い} = \frac{\text{幅優先戦略と判断した要素数}}{\text{属性と関連の要素数}} \quad (\text{式3})$$

4 評価

RQを確かめるために、前節で述べた提案手法を予備実験で得られたデータに適用した結果を図5に示す。被験者は幅優先戦略の度合いが高い順に並んでおり、被験者1の幅優先戦略の度合いが最も高く、被験者42の幅優先戦略の度合いが最も低い。図6に被験者42の最終成果物を示す。

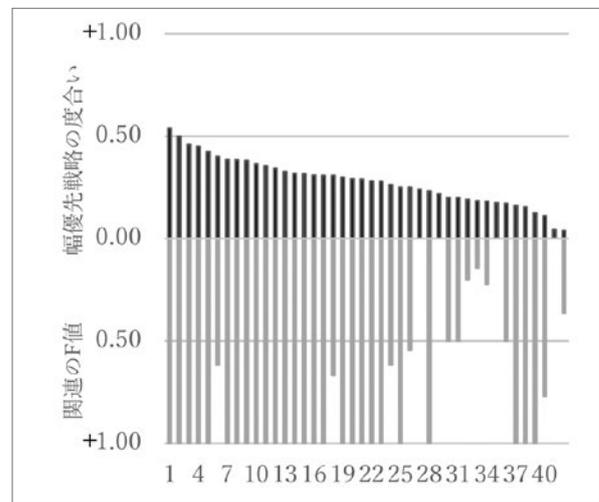


図5 関連のF値と幅優先戦略の度合い

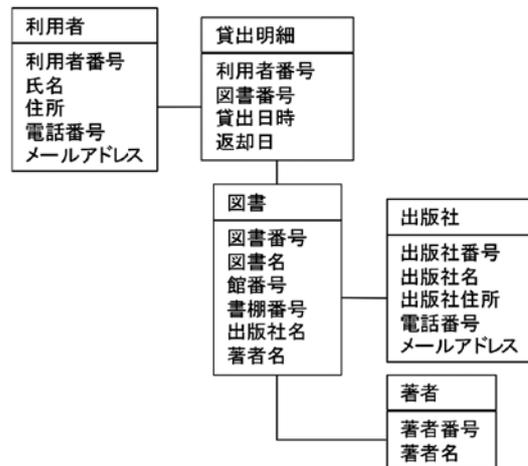


図6 被験者42の最終成果物

5 考察

図5より、幅優先戦略の度合いが高い被験者は度合いが低い被験者よりもモデルの類似度が高い傾向があることが示唆されている。

幅優先戦略の度合いに差が表れた一因として、図5に示

す被験者1は特に属性を幅優先戦略に基づいて設計し、図5に示す被験者42はモデル設計の全体を通して深さ優先戦略に基づいて設計していたことが挙げられる。被験者1は属性を1~3つ作成するごとに他のクラスの属性の設計に切り替えていた。この特徴が幅優先戦略の度合いが高くなったことに大きく貢献していた。一方で、被験者42はクラス単位の作成を繰り返していたため、他の被験者と比較して幅優先戦略の度合いが低い結果となった。

F値に差が表れた一因として、関連実体の作成の有無が挙げられる。図6に示す被験者42は「貸出明細」クラスは設計しているものの、「貸出履歴」クラスと混在していることで誤りを作り込んでいる。また、「著作」クラスを設計していない。このため、クラス名のF値が1.00に到達せず、そのクラスに属している属性やクラス間の関連のF値も1.00に到達しなかった。

このような結果を踏まえ、幅優先戦略の度合いが低い被験者はモデルに誤りを作り込んでいる可能性が高いと考え、戦略を基準に被験者を分類することに一定の価値があると考え。ただし、被験者37~39は幅優先戦略の度合いが低いものの、F値が比較的高い。また、被験者6は幅優先戦略の度合いが高いものの、F値が比較的低い。このように一部の被験者は今回明らかになった傾向に一致していないため、妥当性について検証する必要がある。

5. 1 関連研究

Stikkolorumら⁷⁾の研究と比較して、本研究ではフィードバックを学習者に提供する環境下を対象とし、定量的に戦略を分析して幅優先戦略の完成度が高いと結論づけた。一方で、Stikkolorumらはフィードバックを学習者に提供しない環境下を対象とし、定性的に戦略を分析して深さ優先戦略の完成度が高いと結論づけた。戦略の分析手法が異なるため厳密な比較は困難であるものの、結論が異なる一因としてフィードバックの有無が挙げられる。また、本研究の提案手法は戦略を定量的に分析していることに一定の価値があると言える。

6 まとめ

本稿では、モデル演習において学習者を支援することを目的としたツールを開発した。学習者がモデルを1回編集するごとに自動でフィードバックを提供するため、学習者は誤りを作り込んだタイミングを把握できる。また、学習者のモデル設計時の編集過程の特徴を定義し、定量的に評価する手法を提案した。実験結果から、提案手法の有効性を確認し、戦略によってモデルの完成度に差があることを確認した。今後は関連実体に着目した評価手法を実装し、今回明らかになった傾向について分析したい。

謝 辞

本研究の一部はJSPS科研費JP17K00475とJP18K11579、平成30年度大学院生研究成果国際発信支援経費の助成を受けた。

参 考 文 献

- 1) 一戸祐汰, 橋浦弘明, 田中昂文, 樋山淳雄, 高瀬浩史, “クラス図の類似度に着目したソフトウェア設計評価手法の提案,” 2017年電子情報通信学会総合大会論文集, p. 115, Mar. 2017.
- 2) 一戸祐汰, 橋浦弘明, 田中昂文, 樋山淳雄, 高瀬浩史, “概念モデル設計学習における類似度に基づいた学習者への自動フィードバックツールの初期評価,” 第24回ソフトウェア工学の基礎ワークショップ (FOSE), pp. 245-246, Nov. 2017.
- 3) Yuta Ichinohe, Hiroaki Hashiura, Takafumi Tanaka, Atsuo Hazeyama, Hiroshi Takase, "Effectiveness of Automated Grading Tool Utilizing Similarity for Conceptual Modeling," Proc. of the 12th Joint Conference on Knowledge-based Software Engineering (JCKBSE2018), Smart Innovation, Systems and Technologies (SIST), Vol. 108, pp. 117-126, Springer, Cham, Aug. 2018.
- 4) 一戸祐汰, 橋浦弘明, 田中昂文, 樋山淳雄, 高瀬浩史, “概念モデル設計におけるモデル編集履歴とモデル自動評価ツールの効果の分析,” 信学技報, 2019 (To Appear).
- 5) 大木幹雄, 小峯嘉明, “データベース技術 初版,” 情報理工出版会, Nov. 2006.
- 6) Takafumi Tanaka, Hiroaki Hashiura, Atsuo Hazeyama, Seiichi Komiya, “Do Learners to Create an Artifact with Good Quality Make a Number of Trials and Errors during the Editing Process?,” 2015 3rd International Conference on Applied Computing and Information Technology/2nd International Conference on Computational Science and Intelligence, pp. 28-33, Nov. 2015.
- 7) D.R. Stikkolorum, Truong Ho-Quang, M.R.V. Chaudron, “Revealing Students’ UML Class Diagram Modelling Strategies with WebUML and LogViz,” 2015 41st Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications, pp. 275-279, Oct. 2015.

論文審査委員

審査委員 (主査) 教授 高瀬 浩史
審査委員 (副査) 准教授 勝間田 仁
審査委員 (副査) 准教授 松田 洋
助教 橋浦 弘明