

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 20 日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350282

研究課題名(和文) オブジェクト図自動生成とシナリオ反映度検査機能を有したモデリング学習支援システム

研究課題名(英文) The modeling learning support system incorporated with automatic generation function of object diagrams and consistency check function with scenarios

研究代表者

酒井 三四郎 (SAKAI, Sanshiro)

静岡大学・情報学部・教授

研究者番号：70170553

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)： オブジェクト指向モデリング教育支援を目的として、クラス図に対応したオブジェクト図を自動生成し学習者に提示するシステムを開発した。本システムが想定する2つのユースケースは「学習者が作成したオブジェクトモデルの検証、クラスモデルの多重度誤りの発見、である。

また、UML静的モデルの多重度を診断するシステムを開発した。本システムの特徴はクラス図-オブジェクト図間の矛盾の指摘(一貫性の診断)だけでなく、曖昧である箇所の指摘(明瞭性の診断)を行うことにある。一貫性と明瞭性の2軸によってモデルを評価することで、初学者がモデルを曖昧にして矛盾を解消しようとするのを防ぐ。

研究成果の概要(英文)： The authors have developed a system which can generate sample object diagrams from a class diagram in order to support learners of object-oriented modeling with UML. The system supports two usecases for learners: (1) supporting verification of an object model created by learners, and (2) supporting identifying inconsistencies between a class model and a specification.

They have developed a system that diagnoses issues of multiplicity between a class diagram and object diagrams. The system checks a given diagram to ensure that not only it is mutually consistent in multiplicity, but also that the multiplicity is unambiguous. The system was designed to prevent students from revising the model into an ambiguous model in the process of solving inconsistencies.

研究分野：ソフトウェア工学

キーワード：オブジェクト指向モデリング クラス図 オブジェクト図 一貫性 明瞭性 学習支援 UML

1. 研究開始当初の背景

(1) モデリングとは業務の流れやシステム構造といった、目に見えないものを可視化するためのシステム構築技法であり、一般に業務やシステムに存在する情報、情報間の関係、情報の流れを、四角や矢印といった記号(言語)を使って表現する。現在ではモデリング言語として UML (Unified Modeling Language) が広く使用されている。モデリングは、システム構築の工程で、序盤から中盤にかけて実施される。例えば、開発者がユーザの目的を聞き出す際や、システムの設計図を作る際に用いる。可視化の目的は、システムの構築にかかわるユーザや開発者たちが、開発対象の業務やシステムに対する共通の認識を得て、問題点を洗い出すことである。

(2) このようなモデリング能力を学生に身に付けさせることは大学教育として不可欠である。本研究では主に以下の能力を身につけさせる学習活動を対象とする。

ユースケースやその実例であるシナリオからインスタンス図やクラス図を作成できる。

作成したクラス図(モデル)がユースケースで要求されている仕様を満たしているかどうか吟味できる。

ところが、授業・演習を担当する立場からすると、これは困難がつきまとう。授業で一般的な原則や方法を教授することはできても、演習段階では、個々の学生ごとに戸惑いの原因が異なり、「正解」も一つではないために、個別の対応が必要になるが、人手不足で十分に対応できない。また、できる限り、多くの課題で学習することが効果的であるが、そのためには学生が演習時間外に自主的に学習できる支援環境が必要である。

2. 研究の目的

(1) 本研究は初学者のモデリング学習活動

を支援し、その習得を促進しようとするものである。学習者はモデリング言語として UML を使用して、情報システム構築に関わるユーザや開発者の立場で、開発対象の業務やシステムをモデル化するために必要な講義を受ける。そして、教員の設定した課題に対して、演習を通じてその知識を確かなものにしようとしている状況を仮定する。本研究ではその学習活動の中でそれを支援するシステムを開発する。そのシステムは主に、クラス図からインスタンス図を自動生成する機能、クラス図とインスタンス図間にある矛盾を検査する機能、シナリオのインスタンス図への反映度検査機能を有する。

(2) 本研究は初学者の行う以下のようなモデリング学習活動を支援し、その習得を促進しようとするものである。これらの学習活動を分析し、それを支援する方式を考案し、学生が利用できるシステムを開発する。

ユースケースやその実例であるシナリオを読み取って、システムを表現したインスタンス図を作成する。

ユースケースやその実例であるシナリオを読み取って、で作成したインスタンス図も参考にしながら、システムを表現したクラス図を作成する。

クラス図を読み取って、そのモデルが表現する具体的な状況(インスタンスレベル)を理解し、インスタンス図を書く。

作成したクラス図を読み取って、で作成したインスタンス図も参考にしながら、そのクラス図がシステムへの要求が満たしているかどうかを吟味する。

必要に応じてクラス図やインスタンス図を修正する。

3. 研究の方法

(1) シナリオに対応するインスタンス図作成支援機能の実現

一般に複数のユースケースがあり、一つのユースケースに複数のシナリオが存在する。そして、一つのシナリオに対して、一つのインスタンス図を作成するが、それはシナリオの進行に伴って変化するので、いくつかのスナップショットを作成する必要がある。既存のUML図エディタは図一つ一つを作成する機能は有するが、このような一群のインスタンス図を効率よく作成する機能はない。一群のインスタンス図には共通する部分が多いことを手がかりに効率化の手法を採用したインスタンス図作成支援機能を実現する。次項(2)で述べるインスタンス図自動生成機能も効率化の一手法として活用する可能性を追求する。

(2) クラス図からインスタンス図の自動生成機能の実現

「二つのクラスとその間の関連」を表現したような簡単なクラス図からインスタンス図を作成する技術については既存研究がある。しかし、数個のクラスおよびその間にある関連、集約、汎化などを含んだクラス図全体に対して有用なインスタンス図を作成することは困難であり、以下に示す課題を解決する必要がある。

有用なインスタンス図の選択：一般に、指定したクラス図から導かれるインスタンス図は無限に近いほど多数存在する。そこで、「有用な」という定義を確実にする必要があるが、現時点では学習者が必要とする物に近いこととする。学習者が「必要な」という条件を如何に指定させるかが問題であるが、学習者自身も何が必要なのかがよくわかっていないことを踏まえた選択手法を開発する。

インスタンスの命名：自動生成するインスタンス図中のインスタンス名が自動生成故に「顧客 1、顧客 2、...、...」ではそのインスタンス図の認知負荷が高い。ユースケース記述やシナリオに登場する名詞を活用し

たり、辞書を作成したりすることによって、理解しやすい命名を(半)自動で行う方法を開発する。

インスタンスの配置：インスタンスの配置はそのインスタンス図の理解容易性にとって重要である。既存の自動レイアウト技術を応用しつつ、元になる(比較対象なる)クラス図との対応関係を生かした配置手法を開発する。

(3) クラス図とインスタンス図間の矛盾検査機能の実現

想定する「矛盾」として インスタンス図中にあるインスタンスのクラスがクラス図中に存在しない、インスタンス中でのリンクとクラス図中の関連が対応していない、インスタンス図中のリンク数がクラス図中の関連の多重度の範囲を逸脱している、が分かっている。その他に集約関係と汎化関係に關係した矛盾を想定している。これらを網羅した「矛盾」を定義するとともに、それらを自動的に検出する機能を開発する。検出した矛盾を学習者に提示する方法にも工夫が必要である。

(4) シナリオのインスタンス図への反映度検査機能の実現

一般にシナリオは自然言語で記述される。そのままの形で検査対象とするか、学習用であることから教師によるタグ付けを行って検査しやすい形態にするかを検討する。その上で、シナリオ文中の単語がインスタンス図中にインスタンス名、属性名、属性値、関連名として「適切に」登場しているかを検査する機能を実現する。正確には「登場」しているだけでは不十分であり、「適切に」の中身を定義する必要がある。自然言語処理の研究成果を利用して、係り受けの解析に基づいて、できる限り正確に、どの部分が反映できていないかを助言をできるように工夫する。また、

「反映度」を定量的に評価できるメトリクスを考案する。

(5) 総合評価とそれに基づく改良

各機能の実装が終わり次第、個別の評価実験を実施する。被験者にユースケース記述とシナリオを与え、クラス図やインスタンス図を書かせる演習を、本研究で開発した機能を使う場合と使わない場合に分けて、エディタの操作履歴をログとして収集するほか、ビデオカメラで記録する。これらから学習活動の違いを分析すること、最終的に作成されたクラス図等の評価、質問紙調査等によって評価する。

最終年度には実際の授業（演習）で使用できるレベルの実用システムを開発し、総合評価を行い、その結果に基づいて改良を実施する。

4. 研究成果

(1) オブジェクト指向モデリング教育支援を目的として、クラス図に対応したオブジェクト図を自動生成し学習者に提示するシステムを開発した(図 1)。本システムが想定する2つのユースケースは 学習者が作成したオブジェクトモデルの検証(図 2)、クラスモデルの多重度誤りの発見(図 3)である。オブジェクト図の生成アルゴリズムについては、あるクラスのインスタンスを1つ生成し、そのインスタンスの関連先のクラスのインスタンスについて、多重度制約を考慮して無作為抽出し生成する。大学院生 13 名を対象として、本システム利用有無による対照実験を行った。被験者には、継承を含む3関連、5クラスで構成される程度のモデルに対して、本システムが想定する2つのユースケースに関する問題が与えられた。実験結果は、実験群の正答率が統制群を上回った、実験群の解答プロセスでは想定されたユースケースが機能していた、本システム利用の時間

コストは無視できる程度に小さい、であり、提案システムの有効性が示された。

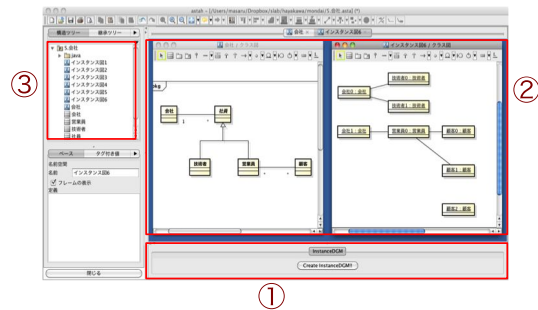


図 1 オブジェクト図自動生成システム

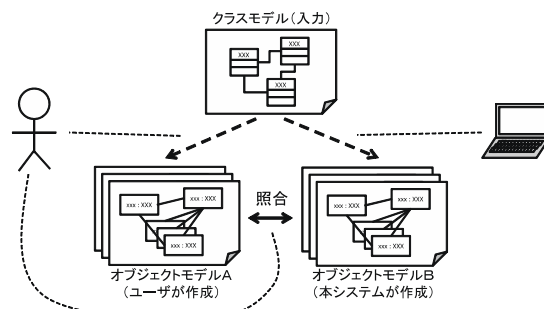


図 2 オブジェクトモデルの検証

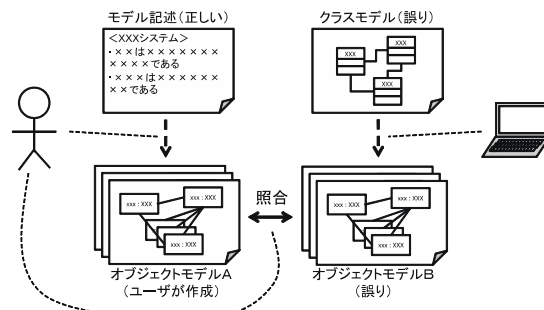


図 3 クラスモデルの多重度誤りの発見

(2) UML (Unified Modeling Language)によるオブジェクト指向モデリング初学者の最初の目標は「クラス図を用いた第三者との正確なコミュニケーション能力」の獲得である。本研究では、この目標に到達するための学習支援を目的として、UML 静的モデル(クラス図とオブジェクト図)の多重度を診断するシステムを開発した(図 4)。本システムの特徴は、クラス図-オブジェクト図間の矛盾の指摘(一貫性の診断)だけではなく、曖昧で

ある箇所の指摘（明瞭性の診断）を行うことにある。一貫性と明瞭性の2軸によってモデルを評価することで、初学者がモデルを曖昧にして矛盾を解消しようとするのを防ぐ。UMLの入門教育を受講中の社会人22名を対象として、本システムの利用の有無による比較対照実験を行った。被験者には、継承、再帰関連、多重関連を含む8関連、9クラスから構成される程度のモデルと、そのモデルの「読み」および「書き」能力を測定する問題が与えられた。その結果、「読み」「書き」共に実験群は統制群より好成績を示し、「書き」の問題に関しては有意差が認められた。実験群の解答過程を分析し、好成績の要因が提案する2軸の診断モデル（図5）が有効に機能した結果であることを示した。

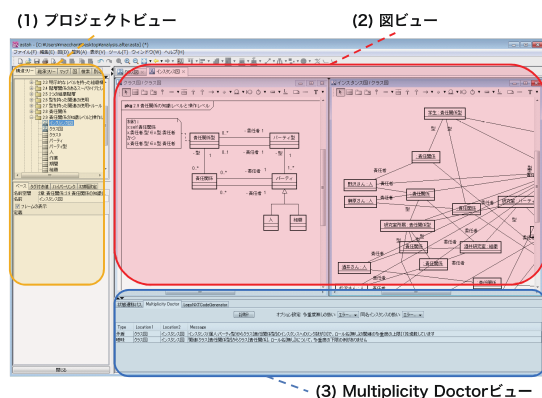


図4 一貫性・明瞭性診断システム

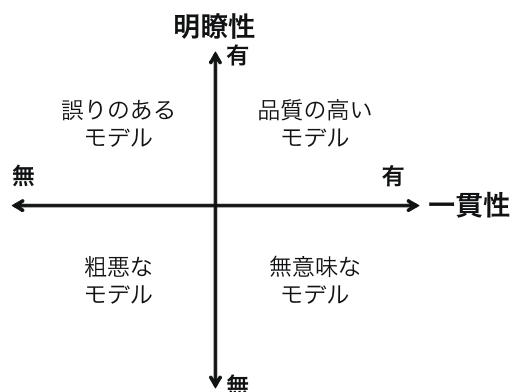


図5 品質の2軸診断モデル

(3) 近年、ソフトウェアの開発言語が高水準化し、システム開発において、オブジェク

ト指向に基づくUML(Unified Modeling Language)を用いたソフトウェア設計が標準となっている。UMLの図の中の1つにクラス図がある。クラス図で扱う「クラス」は抽象的な概念であり、モデリング初学者にとってクラス図の内容をすぐに理解することは難しい。

そこで、本研究では、オブジェクト図に着目したモデリング学習者に対するクラス図読解支援を考えた。オブジェクト図はクラス図の表現しうる一場面を表現する図であり、オブジェクト図を利用することで、モデルを抽象的に表現するクラス図を理解することができると考えたためである。本研究では、クラス図から「制約条件」を付加して、オブジェクト図を自動生成できるシステムを設計・実装した（図6）。クラス図理解のためにオブジェクト図を生成する先行研究はあるが、生成するオブジェクト図の内容を制御するものはない。本システムは、条件を付加することによって、学習者が作成(想像)したオブジェクト図に近いオブジェクト図を自動生成し、学習者のクラス図の読解を支援する。

オブジェクト図生成時に指定できる制約条件は、インスタンス数、インスタンス名、リンクの3つである。学習者はそれぞれの条件を必要に応じて指定して、オブジェクト図を生成することができる。

作成したシステムを実際にUML初学者に使ってもらうことで評価を行った。課題内容は、クラス図修正課題、オブジェクト図作成課題の2種類とし、先行研究のシステムとの比較を行った。その結果、クラス図修正課題において、本研究のシステムが正答率において先行研究を上回る結果を示し、本システムがクラス図の理解支援、特にクラス図の誤りを発見することに有効であることが確認できた。

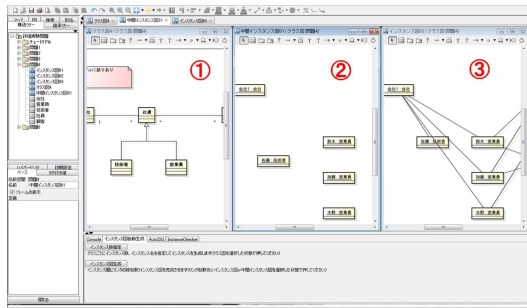


図6 制約条件を付加できる
オブジェクト図自動生成システム

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

野沢光太郎, 松澤芳昭, 酒井三四郎: 一貫性・明瞭性診断による静的 UML モデリング学習支援システムの設計と評価, 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol. 55, No. 5, pp. 1-14 (2014).

〔学会発表〕(計 2 件)

江間新也, 酒井三四郎: オブジェクト指向モデリング教育のための制約条件を付加できるオブジェクト図自動生成システム, 教育システム情報学会 2013 年度学生研究発表会, pp. 15-16 (2014), 名城大学名駅サテライト (愛知県・名古屋市).

江間新也, 酒井三四郎: オブジェクト指向モデリング教育のための制約条件を付加できるオブジェクト図自動生成システムの設計, 情報学ワークショップ WiNF2013 論文集, pp. 122-127 (2013), 愛知工業大学自由ヶ丘キャンパス (愛知県・名古屋市).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

酒井 三四郎 (SAKAI, Sanshiro)

静岡大学・情報学部・教授

研究者番号: 70170553

(2) 研究分担者

太田 剛 (OHTA, Tsuyoshi)

静岡大学・情報学部・教授

研究者番号: 40213730