

オブジェクト指向モデリング学習のための クラス図-オブジェクト図間の一貫性・明瞭性診断システムの提案と評価

野沢 光太郎†, 松澤 芳昭‡, 酒井 三四郎‡

概要

オブジェクト指向モデリングの初学者が、一貫性と明瞭性のある構造モデルを作成できるようになることを目的に、クラス図-オブジェクト図間の一貫性・明瞭性診断システムを開発した。本システムは、クラス図-オブジェクト図間の矛盾と、多重度に対するインスタンス例の不足を指摘する。UML(Unified Modeling Language)の入門教育を受けた者13名を対象として、本システムを利用する実験群と利用しない統制群による比較対照実験を行った。その結果、実験群は統制群より好成績を示した。実験群の被験者の解答過程を分析し、1)本システムの指摘により被験者がモデルの矛盾している箇所を発見し適切に修正ができたこと、2)本システムのインスタンス例の不足指摘により被験者が曖昧な多重度の再検証を行っていることを確認した。

Proposal and Evaluation of Clarity and Inconsistency Checking System between Class Diagram and Object Diagram for Beginners of Object-Oriented Modeling

Kotaro Nozawa†, Yoshiaki Matsuzawa‡, Sanshiro Sakai‡

Abstract

We have developed a system that diagnoses clarity and consistency between a class diagram and instance diagrams, in order for beginners to create an understandable model in the object-oriented modeling education. The system checks given diagrams to be sure they are mutually consistent in multiplicity, and also whether the multiplicity is unambiguous. The control experiment was conducted for thirteen students, then only the experimental group was allowed to use the proposed system. As a result, scores for the experimental group was higher than the control group, whereas the average times for finishing tasks were similar between the groups. We also confirmed that the proposed functions both consistency and clarity checking, successfully supported students in the experimental group, by the qualitative analysis of the recorded students' procedure.

1 はじめに

90年代にUML(Unified Modeling Language)が登場し、オブジェクト指向に基づく開発方法論の標準として定まった。UMLでは表記法の標準化に専念した。その結果、現在ではソフトウェアの開発において、開発者や利用者間の意思疎通のために使われるようになった[1]。分析・設計者が自分の意図を正しく他の開発者や利用者へ伝えるためには、一

貫性と明瞭性のあるモデルを作成する必要がある。

本研究で議論の対象とするのは、構造モデル(UML)のクラス図、オブジェクト図によって表記されるモデルである。構造モデルは、他の振る舞いや相互作用モデルの基礎となる重要なモデルである。モデリングの経験が浅い初学者は、クラス図を作成する時に多重度を誤って付けたり、クラスとインスタンスの関係を把握できずクラスとインスタンスが混在するような図を作成してしまう事がある。モデリングの成果物には一意の正解というものが無いため、初学者が自分だけで学習を行うことが難しい。

そこで本研究ではオブジェクト図に着目したクラス図読解支援を考えた。オブジェクト図は、クラス図を具体的に表現したもので、インスタンスによる構造を記述したものである。学習者は、クラス図と対応するオブジェクト図を作成することで、具体的なレベルでのモデル読解が可能になる。

† 静岡大学大学院情報学研究所
Graduate School of Informatics, Shizuoka University

‡ 静岡大学情報学部
Faculty of Informatics, Shizuoka University

構造モデルの間には、一貫性と明瞭性があるべきである。初学者は作成したクラス図とオブジェクト図の間に矛盾や曖昧な部分が存在しても気づくことができないことがあるという問題がある。その場合、クラス図を正しく読解できない。

そこで、本研究では初学者が「一貫性があり、明瞭性のある」モデルを描けるようになることを目的とし、そのためにクラス図とオブジェクト図間の矛盾指摘と、多重度に着目して曖昧であるものに対する注意を促す支援を提案する。提案する支援により、学習者がクラス図の多重度の誤りや曖昧な部分に気づくことを促進する。学習者の初期成果物の質が向上すれば、指導者による、命名の善し悪しや凝集度・結合度のような、より高次の添削実施が期待できる。

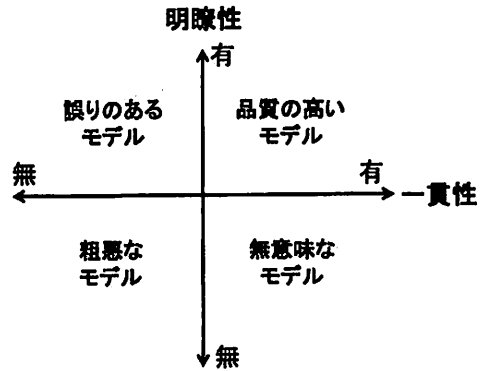


図 1: モデルの品質

2 関連研究

オブジェクト指向モデリングの支援に関する先行研究と本研究との関連について述べる。

Lucas らは UML モデルの一貫性保持支援ツールについて体系的にレビューを行っている [2]。レビューした 42 の論文のうち、約 50% はクラス図とシーケンス図、ステートチャート図といった静的なモデルと動的なモデルの間の一貫性の保持支援をするものである。本研究で扱うクラス図とオブジェクト図間の一貫性を保つための支援をするものは無く、クラス図の多重度に着目したものも無い。

Ervin らは、教育向けの UML モデリングツール「StudentUML」を開発し、その評価を行っている [3][4]。学習者が簡単に使える事を目標としている。StudentUML はクラス図とシーケンス図の一貫性をチェックする。矛盾の自動修正の機能がある。上記の研究はモデル間の一貫性に着目した点で、本研究と同様である。しかしながら、本研究では一貫性だけでなく、明瞭性を診断することで学習者の作成するモデルの質の向上を目指している。

久保田らはインスタンスモデルベースのクラス図検証としてインスタンス図導出システム (IDIS: Instance-Diagram Induction System) を構築している [5]。IDIS は、クラス図の制約条件下で作成可能な範囲でインスタンス図の作成を支援する。IDIS では、クラス図と矛盾しているインスタンス図が発生することなく、クラス図の検証を行える事が利点である。IDIS の問題として、チェックを行うツールと違い、生成するインスタンスをユーザが選択してインスタンス図を拡張するため、「必ず 1 のみ存在する」という場合など、対応できない多重度制約がある。

一般的にオブジェクト指向モデリングによる設計に利用される CASE (Computer Aided Software Engineering) ツールに搭載されている一貫性保持支援機能について述べる。Change Vision 社の「Astah*」では、クラス図とシーケンス図間で不整合検出機能が提供されている。これは、ライフラインのベースとなるクラスの存在やメソッドの存在、クラス間の関係、可視性についての不整合を検出する。

Sparx Systems 社の「Enterprise Architect」では、クラス図とシーケンス図間の一貫性をチェックする「シーケンス図チェックアドイン」が提供されている。これは、シーケンス図内の要素がクラス図と対応がとれているかどうかを検証する。ステートマシン図と状態遷移表を連携させることで、ステートマシン図内の考慮漏れや抜けを排除するための検証支援も行っている。

このように、クラス図とシーケンス図間の一貫性保持支援機能はほとんどの CASE ツールで提供されているが、静的モデル間の一貫性保持支援機能を提供する CASE ツールは無く、多重度に関する一貫性保持支援は行われていない。

3 提案システムの仕様

3.1 システムの目的

筆者らは、一貫性と明瞭性の 2 軸からモデルの品質について考慮するべきだと考えた。一貫性と明瞭性の有無によるモデルの品質を図 1 に示す。一貫性の無いモデルは、「誤りのあるモデル」である。一貫性が無いと、設計者の意図しているものとモデルが実際に表現するものに差異が生じる。一貫性があったとしても、明瞭性がないモデルは「無意味なモデル」である。明瞭性とは、モデルの表記に曖昧な部分が多く、モデルの意図が明確であることである。例えば、全ての関連の多重度が「*対*(多対多)」の場合、どのようにインスタンスがリンクしていくのかわからず、設計者の意図を他者に正確に伝える事が難しくなってしまう。モデルに一貫性と明瞭性の双方がある時、「品質の高いモデル」の前提条件を満たしているという。

本システムの目的は、クラス図とオブジェクト図を矛盾の無いように作成することのできないオブジェクト指向モデリング初学者が、多重度に関してクラ

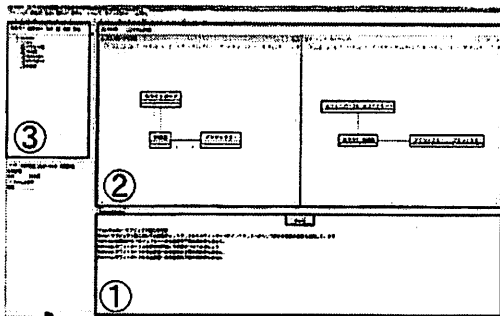


図 2: ユーザインタフェース

ス図とオブジェクト図を一貫性と明瞭性があるように作成できるようになることである。

3.2 システムの概要

本システムは作成されたクラス図とオブジェクト図を比較し、図間の一貫性と明瞭性を診断し、その結果をユーザに提示するものである。本システムのユーザインタフェースを図 2 に示す。本システムは、ChangeVision 社のソフトウェア設計支援ツール「astah*」のプラグインとして実装している。図 2 内の、数字を記入した場所の名称と機能を以下に列挙する。

- (1) 拡張タブビュー。本研究で実装した箇所であり、この拡張タブビューの上部中央にあるボタンが、クラス図とオブジェクト図間の一貫性と明瞭性の診断を実行するボタンである（以下チェックボタンとする）。診断結果は下部のテキストエリアに表示される。
- (2) 図ビュー。Astah*を利用して作成されるクラス図やオブジェクト図はここに表示される。
- (3) プロジェクトビュー。同一プロジェクト内に保存されている図やモデルがツリー上に表示される。

3.3 システムによる診断項目

3.3.1 一貫性診断

一貫性の診断では、オブジェクト図内のあるクラスのインスタンスから、あるクラスのインスタンスへのリンク数がクラス図内の対応する関連の多重度の範囲を逸脱しているという「矛盾」があるかをチェックする。

例を図 3 に示す。図 3 では、クラス「A」から見てクラス「B」の多重度は「1」とクラス図では表記されているが、オブジェクト図ではクラス「A」のイ

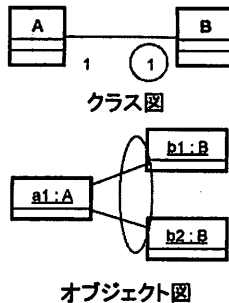


図 3: 多重度の範囲逸脱の例

ンスタンス a1 からクラス「B」のインスタンスへのリンク数が 2 になっており「1」（すなわち「1..1」）という範囲を逸脱している。多重度の範囲逸脱が起きている時に表示されるメッセージを以下に示す。

- オブジェクト図において A のインスタンスと B のインスタンスのリンク数が多重度の範囲を逸脱しています。

3.3.2 明瞭性診断

明瞭性の診断では、「インスタンス例不足」が存在し多重度が「曖昧」でないかをチェックする。「インスタンス例不足」とは、クラス図の関連に表記された多重度の上限・下限と同数だけ、対応するインスタンスとリンクしている例がオブジェクト図に存在しないことである。多重度の上限が「*(複数)」の場合、下限の例とそれ以外の場合の例が 1 つ以上無い時、明瞭性が無いと判断する。上限・下限の例が無い場合、その多重度が本当に適切かどうか判断することができない。適切でない場合、そのモデルは一意的なものでは無くなってしまう。

例を図 4 に示す。クラス「A」から見たクラス「B」への多重度は「*(0..*)」となっている。オブジェクト図では、クラス「A」のインスタンスからクラス「B」のインスタンスへリンクしている数が 1 つと 2 つ場合の例しかなく、下限である 0 の場合の例が無い。「インスタンス例不足」が発生している時に表示するメッセージを以下に示す。

- A から B への多重度の下限の例がありません。
- A から B への多重度の上限の例がありません。
- A から B へのリンク数が(下限数)以外のインスタンス例も描いてみましょう。

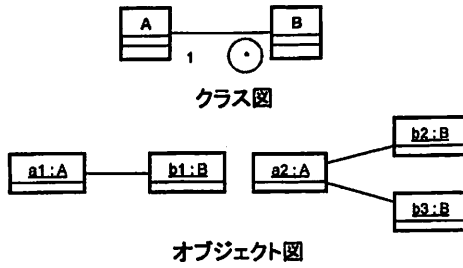


図 4: インスタンス例不足の例

3.3.3 その他

「クラス-インスタンス矛盾」は、オブジェクト図に存在する、あるクラスのインスタンスについて、そのクラスがクラス図に存在しないというものである。ただし、Astah*ではプロジェクト内に存在しないクラスのインスタンスを作成することはできない仕様のため、本システムでは出現しない。

本システムでは、多重度につけられていない場合は「多重度不明」と判断し、多重度の記入を求めるメッセージを出力する。

4 実験方法

4.1 実験課題

本システム評価のために実施する課題は、UMLモデリング技能認定試験入門レベルの問題集 [6] を参考に筆者らが作成したものを利用した。作成した課題は、「多重度補完課題」、「静的モデル作成課題」の 2 種類である。

4.1.1 多重度補完課題

多重度補完課題は、解答する要素を多重度に限定した時の本システムによる診断の有効性の検証を目的とする。

多重度補完課題は、多重度につけられていないクラス図と 3 つのオブジェクト図が用意されており、被験者はオブジェクト図と「矛盾」、「曖昧」が発生しないようにクラス図に適切な多重度をつける課題である。

多重度補完課題の評価基準は、(1)3 つのオブジェクト図と補完された多重度に「矛盾」が無い事、(2)クラス図に「曖昧」が無い事である。両者を満たしていれば正答、そうでなければ誤答とする。

例を以下に示す。

<課題> 図 5 のモデルを読み、クラス図に適切な多重度をつけなさい。あるエリア (地域) における店舗の管理モデルである。従業員に最大人数制限はない。

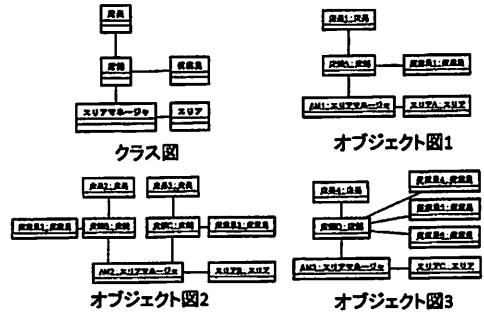


図 5: 多重度補完課題

この問題における解答例を述べる。「店舗」-「店長」の関連の多重度は「1 対 1」である。3 つのオブジェクト図全てにおいて、クラス「店舗」のインスタンスとクラス「店長」のインスタンスは、互いに必ず 1 つとリンクしているためである。

「店舗」-「従業員」の関連の多重度は「1 対 1..*」である。これは 3 つのオブジェクト図を見ると、「店舗」のインスタンスから「従業員」のインスタンスへのリンク数を見ると 1 から 3 となっているためである。従業員の最大人数制限は無いので、被験者は「店舗」から「従業員」への多重度に「1..*」とつける。「従業員」のインスタンスから「店舗」のインスタンスへは必ず 1 つだけリンクしている。同様に、「店舗」-「エリアマネージャ」は「1..* 対 1」、「エリアマネージャ」-「エリア」は「1 対 1」の多重度を付けることが正答である。以上が多重度補完課題の一例である。

4.1.2 静的モデル作成課題

静的モデル作成課題は、解答する要素をクラス図とオブジェクト図に増やした時の本システムによる診断の有効性の検証を目的とする。多重度補完課題と異なる点は、被験者がクラス図とオブジェクト図を作成する際に、クラス図とオブジェクト図の間だけでなく問題文とクラス図、オブジェクト図の間でも一貫性を保つ必要があることである。そのため、被験者の理解度を測るうえでは、静的モデル作成課題が重要である。

静的モデル作成課題は、抽象的にモデルを説明した記述 (以下、モデル記述と呼ぶ) とモデルのユースケースのある時点での一場面の記述 (以下、場面記述と呼ぶ) に矛盾ないようにクラス図とオブジェクト図を作成する課題である。

静的モデル作成課題の評価基準は、(1) クラス図がモデル記述の内容を表現している事、(2) 作成したクラス図とオブジェクト図の間に「矛盾」が無い事である。両者を満たしていれば正答、そうでなければ誤答とする。以下に問題例を示す。

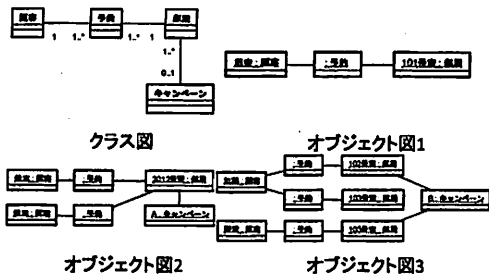


図 6: 静的モデル作成課題解答例

<課題> 以下の問題文を表現する静的モデルを記述しなさい。あるホテルの部屋予約管理システムのモデルである。

モデル記述

- (A) 顧客はホテルにある部屋を予約する。1つの予約で確保できるのは1部屋である。
- (B) 顧客は1人で複数の予約をすることができる。
- (C) 宿泊日が違えば、1つの部屋に対し予約を複数することも可能である。
- (D) 部屋にはキャンペーン割引が1種類割り当てられる事がある。複数の違う部屋に同じキャンペーンが適用される事もある。

場面記述

- (i) 顧客の田中さんは101号室を予約した。キャンペーンは適用されていない。
- (ii) 顧客の鈴木さんと増田さんは違う日に2012号室をそれぞれ予約した。2012号室にはキャンペーンAが適用されている。
- (iii) 顧客の加藤さんは102号室と103号室をそれぞれ予約した。顧客の野沢さんは105号室を予約した。102号室と105号室にはキャンペーンBが適用され、103号室では何も適用されていない。

この問題の解答例を図6に示す。オブジェクト図1, 2, 3はそれぞれ場面記述(i), (ii), (iii)に対応したものである。

4.2 実験計画

実験は、システムを利用して問題を解く実験群と利用しない統制群を用いた計画で実施された。

本実験は、大学院の講義でモデリングを受講中の13名を対象に行った。被験者は、オブジェクト図とクラス図の記述(多重度, 属性, 操作, 継承等)について学習を終えている。被験者は、条件を等質化する

ためにランダム・サンプリングを用いて実験群6名と統制群7名に分けた。

問題は全3問あり、多重度補完課題を2問(以下、TaskA-1, TaskA-2)と静的モデル作成課題を1問(以下、TaskB)実施した。両群とも、TaskA-1, TaskA-2, TaskBの順で解答する。TaskA-1, TaskA-2は同程度の難易度である。問題では、4クラスまたは5クラスで3つまたは4つの関連からなるモデルを扱う。

実験の過程を分析するために、デスクトップキャプチャソフトを用いて各被験者の作業を録画した。

4.3 実験の手順

本実験の手順を以下に示す。括弧内の数字は要した時間である。

1. システムの使い方の説明(4分):デモ動画を用いて本システムのAstah*への導入方法と利用方法について説明する(実験群のみ)。統制群はこの間、何の作業もしていない。
2. 多重度補完課題の説明(5分):動画を用いて多重度補完課題の解法を説明する。
3. 多重度補完課題解答(10分):TaskA-1とTaskA-2を各5分間実施する。
4. 静的モデル作成課題の説明(5分):動画を用いて静的モデル作成課題の解法を説明する。
5. 静的モデル作成課題解答(20分):TaskBの解答を実施する。
6. アンケート(5分):本システムに対する印象に関するアンケートを実施する。

5 実験結果

5.1 課題結果

5.1.1 多重度補完課題結果

多重度補完課題の結果を表1に示す。表1は多重度補完課題における被験者の正答率と平均解答時間を示したものである。実験群の正答率はTaskA-1, TaskA-2ともに100%である。統制群では、TaskA-1で1名の誤答、TaskA-2で2名の誤答があった。

作業の様子を録画した動画から、誤答した被験者の解答過程を分析した。誤答の原因として、多重度のつけ忘れが2件、リンクの見落としが1件であった。実験群でも同様のミスをしていた者が1名いた。実験群はシステムの診断によりミスを発見した結果、適切な修正を行い正答しているため、統制群と実験群で正答率に差が出た。

表 1: 多重度補完課題結果

	TaskA-1	TaskA-2
統制群	85.7 % (6/7) 3:06	71.4 % (5/7) 2:18
実験群	100 % (6/6) 3:28	100 % (6/6) 3:01

表 2: 静的モデル作成課題結果

	TaskB
統制群	57.1 % (4/7) 18:18
実験群	83.3 % (5/6) 19:05

5.1.2 静的モデル作成課題結果

静的モデル作成課題の結果を表 2 に示す。表 2 は静的モデル作成課題における被験者の正答率と平均解答時間を示したものである。実験群は、正答率が 83.3 % である。統制群の正答率も 57.1 % と、両群とも課題の正答率は TaskA と比べ減少している。実験群では 1 名が誤答している。統制群で誤答した者は 3 名で、そのうち 1 名が TaskB のみ誤答、1 名が TaskA-2 も誤答、1 名が全問誤答している。

誤答した実験群の被験者の解答過程を分析したところ、原因は 5.3.3 項の事例によるものであった。統制群の被験者における誤答の原因として、多重度の範囲の逸脱が 1 件、クラス図がモデル記述の内容を表現していないことによる誤答が 2 件であった。

5.2 システムによる診断の結果

被験者が実験中、システムをどのように活用したかを観察するために、システムによる診断回数と「矛盾」と「曖昧」の指摘回数を表 3 に示した。表 3 における「チェック」とはシステムのチェックボタンを押下してシステムによる診断を行った回数である。「OK」は、「矛盾」も「曖昧」も指摘されなかった回数である。「矛盾」は、多重度の範囲逸脱が指摘された回数である。「曖昧」は、「インスタンス例不足」が指摘された回数である。1 回の診断で、「矛盾」と「曖昧」が同時に指摘された場合は両方の指摘回数を増やす。TaskA(1,2) における各回数は、TaskA-1 と TaskA-2 における合計回数を示す。

「矛盾」や「曖昧」を指摘された場合、該当する問題で正答した被験者は全員「OK」が出るようにクラス図またはオブジェクト図を修正している。これより、本システムにより被験者に、作成したモデルの修正を促すことをできたと考えられる。

TaskB において、被験者 E は一度もシステムによる診断を行っていない。理由として、クラス図やオブジェクト図の作成に時間がかかり、システムを利

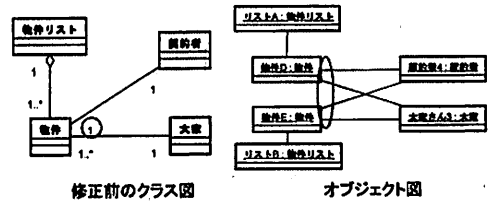


図 7: 事例 1: 矛盾の指摘によるクラス図の修正の例

用する余裕がなかったこと等が考えられるが、被験者 E の解答過程を分析しても明確な理由は判明しなかった。

5.3 個別の解答過程の分析結果

実験中の作業を録画した動画から、実験群の個別の解答過程を分析した。分析結果により、被験者が実際にどのようにシステムを利用し課題を解答したかという過程を示す。事例を以下に 4 つ示す。

5.3.1 事例 1: 矛盾の指摘によるクラス図の修正

本システムの矛盾指摘によって、どのように被験者が修正を行ったのかを事例を用いて説明する。事例を図 7 に示す。TaskA-2 において、被験者 E は診断を行った際に「契約者のインスタンスから物件のインスタンスへのリンク数が多重度の範囲を逸脱している」というメッセージが表示されている。「契約者」クラスと「物件」クラスの関連では、多重度は 1 対 1 をつけている。しかし、オブジェクト図には「契約者」クラスのインスタンスが「物件」クラスのインスタンスに複数リンクしている例があった。それを確認した被験者 A は、多重度を「1 対 1..*」へと適切な修正をしている。修正後、診断をもう一度行い指摘された「矛盾」が無くなったことを確認している。

5.3.2 事例 2: 曖昧の指摘によるクラス図の修正

本システムの曖昧指摘によって、どのように被験者が修正を行ったのかを事例を用いて説明する。事例を図 8 に示す。TaskB において、被験者 D が診断を行った際に「キャンペーン割引から部屋への多重度の下限の例がありません」とメッセージが表示されている。被験者 D の作成したオブジェクト図では「キャンペーン割引」クラスのインスタンスが存在する時に、「部屋」クラスのインスタンスへリンク数の最低数は 1 であった。被験者 D は、リンク数が 0 の場合は存在しないと判断したためか、「キャンペーン割引」から「部屋」への多重度を「0..*」から「1..*」へ変更し、曖昧であった多重度を適切に修正している。

表 3: チェック回数と結果

被験者	TaskA(1,2)				TaskB			
	チェック	OK	矛盾	曖昧	チェック	OK	矛盾	曖昧
A	4	2	2	0	8	1	5	6
B	2	2	0	0	7	1	5	2
C	2	2	0	0	4	1	0	3
D	3	2	1	0	4	0	4	4
E	4	2	2	0	0	-	-	-
F	2	2	0	0	6	1	4	5

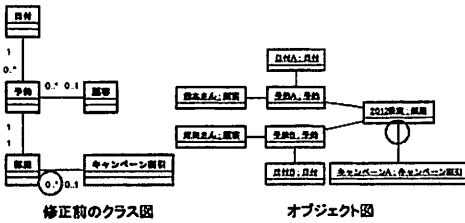


図 8: 事例 2: 曖昧の指摘によるクラス図の修正の例

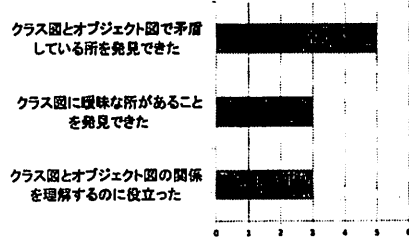


図 9: システムを利用して良いと感じた点

5.3.3 事例 3: システム利用における修正の失敗

事例 2 で述べたように、被験者 D は曖昧の修正を行っているが TaskB を誤答している。解答過程の分析の結果、制限時間終了間際にチェックを行った時、クラス図と各オブジェクト図の間の「矛盾」が複数指摘され、それを修正しきれなかったことが誤答の原因であったことがわかった。「矛盾」の要因を特定することに時間がかかることが考えられる。制限時間終了間際に「矛盾」が指摘されてもその数が 1, 2 つ程度の場合、被験者は制限時間内に修正を正しく行っている。

5.3.4 事例 4: 想定外の修正

実験群では、筆者らの想定していなかった修正方法を行った者がいた。被験者 F は、TaskB において多重度が 1 対 1 の関連に対し、オブジェクト図における対応するインスタンスは 1 対 2 の関係になっており、「矛盾」をシステムが指摘した。その時、既存のインスタンスとインスタンス名まで全く同じインスタンスを 1 つ新たに作成する事で、1 対 1 の関係のものを 2 組作成した。これにより、「矛盾」を修正した。これは、同じインスタンスが同時に存在していることになり、好ましくない「矛盾」の回避方法である。

5.4 アンケート結果

課題解答後に行ったアンケートの結果について述べる。システムを利用して良いと感じた点について尋ねた結果を図 9 に示す。

本システムを利用して、クラス図とオブジェクト図間の矛盾を発見したと回答した被験者は 5 名であった。本システムの矛盾指摘が初学者にとって有用であったと考えられる。残る 1 名は、TaskA, TaskB においてシステムによって「矛盾」が指摘されなかった。

システムの利用によって曖昧な部分を見つけたと回答した被験者は 3 名であった。本システムによって、学習者は曖昧な部分を認知し、明瞭性のあるモデル作成を意識させることができたと考えられる。

システムの利用によってクラス図とオブジェクト図の関係を理解するのに役立ったと回答した被験者は 3 名であった。システムを利用して一貫性と明瞭性のある構造モデルを作成する過程で、被験者のクラス図とオブジェクト図の関係への理解が促進されたという副次的な学習効果があったと考えられる。

その他の自由記述として、「作成した図に自信が無いのでチェックがあることで安心する」、「メッセージの内容が理解しづらい」といった意見が見られた。

6 考察

本章では、実験結果を検証し、本システムの効果について考察を行う。

6.1 一貫性診断の効果

実験では、3つの全ての問題について統制群より実験群の方が正答率が高いという結果が得られた。その要因として、TaskA-2とTaskBにおいて本来ならば誤答になる解答が本システムの診断をきっかけに修正され、正答になった事例が存在したことが挙げられる。これはシステムによって、被験者は適切にモデルの検証と修正を行うことができたということである。そのため、本システムの一貫性診断は学習者に対し有効性があると言える。

5.3.3項で示したように、図の修正が間に合わない者がいた。システム内での「矛盾」の要因がどこにあるかをわかりやすく表示し、学習者が混乱する事が無いようにすることが今後の課題である。学習者が、5.3.4項で述べたような同一のインスタンスを作成することによる「矛盾」の回避を防ぐことも今後の課題とする。

6.2 明瞭性診断の効果

TaskBにおいて、5.3.2項で示したように被験者が曖昧な多重度をより適切なものへ修正する事例が見られ、システムの曖昧指摘によって、学習者が明瞭性のあるモデルを作成するための支援ができたと考ええる。しかしながら、そのような事例は実験では5.3.2項で示したもののみであった。ただし、アンケート結果から本システムによって3名の被験者が「曖昧」を認知しているため、修正する必要が無くともどの様なインスタンス例がオブジェクト図に必要なかを検証させることができたと考ええる。

このように、「曖昧」の指摘によって学習者が作成すべきインスタンス例を把握したり、多重度の検証を行うことが期待される。従って、本システムの明瞭性診断はTaskBのようにクラス図もオブジェクト図も自分で作成するような実践的な場面で、有効性があると考えられる。

6.3 図の複雑さとシステムの有効性

本実験で扱ったモデルには継承や再帰関係といった複雑な要素は使用されていないが、実験群と統制群で正答率に差がある。この事から、5クラス、4関連程度の継承や再帰関係を使用しない単純なモデルであっても、本システムの有効性はあると言える。

筆者らの仮説では、クラス図に継承や再帰関係などの要素が使用された場合、本システムの有効性がより顕著に示される。それらの要素を含んだモデルへの本システムの対応と、有効性の検証が今後の課題となる。

6.4 システムの対象者

本システムは、3.1節で述べたようなクラス図とオブジェクト図を矛盾なく作成できない初学者を対象

に開発した。しかしながら、モデリングの熟達者に対しても本システムの有効性が確認されるのではないかと考えられる。実験において、システムの利用によって「矛盾や曖昧が無い事を確認する」、「多重度のつけ忘れ等のケアレスミスを発見」といった事例も見られた。このことから、本システムは作成した図に自信が無い者に対して不安を除去したり、単純なケアレスミスを防止することができると考えられるためである。

7 おわりに

本稿では、UMLのクラス図とオブジェクト図の間の一貫性と明瞭性を診断する機能を持ったシステムの概要と、それをUML演習に用いた場合の学習者への効果について述べた。UMLのオブジェクト指向モデリングの経験が浅い者に対して実施した評価実験より、システムを利用した実験群は利用しなかった統制群より高い正答率を示し、本システムの有効性を確認できた。クラス数が多く継承や再帰関係などが含まれた複雑なクラス図の構造理解のためにオブジェクト図を作成する時に、本システムはより有効であると考えられるため、そのようなクラス図へのシステムの対応と有効性の検証が今後の課題である。

参考文献

- [1] 児玉公信: UMLモデリングの本質 良いモデルを作るための知識と実践, 日経BP社(2004).
- [2] Francisca J. Lucas, Fernando Molina, and Ambrosio Toval: "A systematic review of UML model consistency management", *Information and software Technology* 51, pp.1631-1645(2009).
- [3] Ervin R et al: "StudentUML: An Educational Tool Supporting Object-Oriented Analysis and Design", 11th Panhellenic Conference in Information, pp.363-373(2007).
- [4] Dimitris Dranidis: "Evaluation of StudentUML: an Educational Tool for Consistent Modeling with UML", *Proceedings of the Informatics Education Europe II Conference IEEEI 2007*, pp.248-256(2007).
- [5] 久保田吉彦, 上原幹正, 増田英考, 笠原宏: 対話的にオブジェクトモデルを確認するためのインスタンス図導出システムの作成, *情報処理学会全国大会講演論文集第57回平成10年後期(1)*, pp.203-204(1998).
- [6] 竹政昭利: UMLモデリング技能認定試験<入門レベル(L1)>問題集-UML2.0対応, 技術評論社(2007).