

真性実世界と擬似実世界のオブジェクト指向モデリング の違いとその典型記述例での検証

島山 正行^{†1} 上田 賀一^{†1}
池田 陽祐^{†2} 三塚 恵嗣^{†2}

オブジェクト指向(OO)に基づくモデリングは業務支援システムを開発するためにソフトウェア工学が構築されて広く行われているが、科学・技術分野における再現シミュレーションプログラムを構築する方法は余り知られていない。それ故にソフトウェア工学における方法と混同されたり、前提となる知識の不足による奇妙な質問を受けたりすることがある。そこで磯田の論文を出発点として、業務支援システムを開発と再現シミュレーションプログラム構築をモデリングという視点から比較対照し、形式的で検証可能な作業の違いを見出し、記述例を持ちいてこれらの検証を行った。

Comparisons and Verifications on both Genuine and Pseud Real World based on the Object oriented Modeling Method Using Their Typical Examples

MASAYUKI HATAKEYAMA,^{†1} YOSHIKAZU UEDA,^{†1}
YOUSUKE IKEDA^{†2} and KEISHI MITSUKA^{†2}

The Object-oriented modelings have been developed for the work-related support system developments in the field of the Software Engineerings. On the contrary, the development methods for the programming to realize the reappeared simulation in the fields of the Science or Engineering have not enoughly been developed. Consequently, sometimes are confused with the concerning methods in the Software Engineering, or, strange questions have been given accompanied with the lack of fundamental knowledge. Therefore, we have started out of the Isoda's contributed paper, have drawn some comparisons with the work-related support system development method and the repeated simulation in the fields of the Science or Engineering from the modeling points of view. We have got some remarkable differences with some formal and verifiable operations. We have verified with these differences by using the description examples.

1. はじめに

オブジェクト指向(以降 OO と略す)に基づくプログラムやシステムの開発は、銀行、図書館、経理、営業、人事、経営等の業務支援のソフトウェア開発を専門とするソフトウェア工学の専門家やいわゆる developer 業務を行う企業等で広く行われている事は周知の通りである。一方、主として科学技術の分野におけるシミュレーションや化学合成などの設計等の研究開発にも OO が利用されており¹⁾⁻⁷⁾、我々の研究グループにおいても、そういう分野の研究者や開発技術者向けにオブジェクト指向記述言語等を研究開発している^{?)、9)-12)}。

しかし、後者の分野での研究開発は必ずしも進んで居らず、前者の業務支援向けのソフトウェア開発や組み込み系のソフトウェア開発等が圧倒的なシェアを誇っており、それ故にソフトウェア工学研究会等の研究者の集まり等においても後者の認知度は低い。それ故に、研究発表会等においても研究の前提そのものについての初歩的な質問が頻発する。

そこで本研究においては上記の業務支援ソフトウェア開発と自然現象の再現シミュレーションの両分野について、オブジェクト指向パラダイムやモデリングにおける適用とプログラム開発の方法の特徴とその違いを比較対照することで明らかにする。それにより、我々自身の記述言語とその支援環境の研究開発の方式を明快に強化すると共に、業務支援ソフトウェアに関する研究や開発を行っている専門家等に隣接分野に一見同じ様な方法で良さそうだけれども異なった方法論を採る分野があるんだという認識を新たにすて貰うことを狙った発表を行いたい。

この両分野の違いを明らかにする手がかりとなる研究が磯田によって行われた^{13)、14)}。磯田は表 1 に示すように、実世界のモデリングを 2 種類に分類し、それぞれのモデリング方法が異なることを述べている。^{*1}。そこで本論文では磯田の論文から出発し、二つのモデリング方法の違いを明らかにする事を目指す。特に、再現シミュレーションプログラムの作成

^{†1} 茨城大学工学部情報工学科
Department of Computer and Information Sciences, Ibaraki University

^{†2} 茨城大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University

^{*1} タイトルにもあるが、この二つのモデリング方法は、二通りの解釈が可能である。

(1) 真性実世界、擬似実世界という二つの世界に対するそれぞれのモデリングがある。

(2) 一つの実世界に対する真性モデリングと擬似モデリングとの二種類がある。

本論文では、上田の意見に従って(2)を用いたが、第 4 章ではそのネーミングに異議を唱えている。

するシステムを提案している我々としては、業務支援システムとのソフトウェア構築法が大いに異なることを形式的な検証の場に持ち込むことを目標とする。それにより同じオブジェクト指向に基づく開発においても大きく異なる世界とモデリングの方式の存在についてソフトウェア工学の分野の人々の認識を深めたい。

2. 実世界モデル化有害論 (磯田の論文) の要約

2.1 二つの実世界モデル化の用途

用途 (1) : 対象世界や問題空間の理解のためにモデリング。

対象世界や問題空間の理解のために表現する。ただし、特にプログラム化することはない。例えば、会社の業務改善のために組織の分析を行うなど。

用途 (2) : 再現シミュレーションのためのプログラムを作成のため。

実世界の問題空間あるいは対象世界を忠実に再現シミュレーションするプログラムを開発するためにモデリングする。例としては衝撃波流れのシミュレーションプログラムの作成。

用途 (3) : 業務支援 (自動化) ソフトウェアの開発目的

実世界の人間の業務の支援や自動化するソフトウェアを開発するためにモデリングする。作られたソフトウェアは実世界に組み込まれて使われ、実世界を構成する事物の一つとしてなる。例えば、銀行の CD(Cash Dispenser) システムがある。

2.2 二つの実世界モデル化の定義

真性実世界モデル化定義は以下の通りである。

- (a) 実世界を構成する事物にクラスを識別する。
- (b) 機能に対応した操作 (動きに応じた振舞い)
- (c) 属性
- (d) 事物間の相互関連

一方、擬似実世界モデル化定義は以下のようである。

- (a') 自動化する業務の処理対象となる事物の情報にクラスを識別する。
- (b') クラスに与える操作は設計に依存する。
事物が持つ機能に対応してクラスに操作は与えない。
- (c) 属性 (変更無し)
- (d) 事物間の相互関連 (変更無し)

真性実世界モデル化と擬似実世界モデル化とは (a) と (b) が変更になっている。

2.3 擬似実世界モデル化のモデル化規則

モデル化規則 1 : 自動化しようとする業務が処理対象とする事物に対応してクラスを識別する。業務が処理対象としない事物をクラス図に取り入れてはならない。これにはシステムそのもの及びシステムのアクターも含まれる。

モデル化規則 2 : 実世界の事物をモデル化してクラスを作るとき、事物の持つ属性はクラスに与えて良いが、事物の持つ機能はクラスに (操作として) 与えてはならない。クラスに与える操作は設計に依存する。

2.4 ナイーブな実世界モデル化による誤り

真性実世界と擬似実世界の両世界のモデリングの混同や誤解をして単純に合成とか組み入れたりするモデリングを行ったりすると、奇妙なあるいは誤ったモデリングしてしまうという障害が発生する可能性があることが述べられている。そのようなモデリングを磯田はナイーブな (naive, 単純な, 認識の甘い意) モデリングと呼んでいる。

2.5 磯田の論文と本論文の立位置

当然のことながら、磯田の論文は業務支援システムを構築するための擬似実世界モデル化の誤りやすいモデリングの指摘が主題であり、我々の論文がテーマとする真性実世界モデル化の方法が主題ではない。そこで本論文では磯田が論究する擬似実世界モデル化を一方とし、磯田が少ししか述べていない真性実世界モデル化を磯田の提案する方法との差異を考慮しながら我々の研究に基づく真性実世界モデル化を述べて比較対照することで、「業務支援システム向けのモデリング」と「再現シミュレーション世界のモデリング」との方法の違いを明らかにする。それに基づいてまえがきで掲げた目的に対する知見を抽出する。

3. 両実世界自体とそのモデリング方法の違いの分析

本章では表 1 に挙げる二つの業界/世界を比較対照し、その違いを明らかにする。

3.1 対象世界自体の違い

擬似実世界モデリングとはそもそも「実世界」のモデリングなのであろうか。それが素朴な疑問である。むしろ「計算機世界内部における実世界」であるといった別世界扱いの方が

適切なのではないか。何故ならば、その世界内部で事物を駆動させるための「駆動する/させる仕組や機構」が全く異なるし、それに必要なデータ等も全く異なるからである。

更に言えば、擬似実世界モデリングの対象世界は少なくとも当初については現実には存在する世界ではない。全くの当初はシステムの開発を計画した人間の論理的に構築されたイメージ上の世界に過ぎない。したがって、擬似実世界の当初は既存世界ではなく、人間の頭から造り出されたモノであると言わざるを得ない。

表 1 業務支援システムを構築する人々の業界と、再現シミュレーションを目指す人々の業界の比較

二つの世界の比較項目	再現シミュレーション世界	業務支援システムの世界
開発者	アプリケーション作成ユーザ	ソフトウェア開発専門技術者
システム規模	小規模・中規模プログラム	大規模・超大規模システム
主要分野	科学・技術・工学分野	ビジネス・社会業務分野(経理、金融、営業)
開発者、利用者	作成者は利用者でもある。	作成者と利用者が画然と別れている。
システム開発	開発非専門家	開発専門家
言語学習	新規言語学習を避ける。	必要なら新規言語を学習する。
プログラミング	プログラミング不得意	プログラミング得意かつ専門家
CASE ツール	CASE ツールを避ける	必要なら CASE ツールを利用する
UML	UML は殆ど知らない。	UML は当然知っているべき常識言語
OO 技術	OO 概念は一応分かる	OO は充分に分かり、実装経験も多い。
開発実績	開発実績は自身の分のみ	多様な実務処理分野の開発経験あり
教育	初心者教育が必要である。	専門家教育を受けている。
作業	プログラムの作成	システムの開発
目標	計算/処理データ取得がゴール	プログラム(システム)開発がゴール
価値評価	計算データが大切/重要	プログラムが大切/重要
開発方法	開発方法論は試行錯誤の我流	開発方法論はシステムマティックな OOSE

3.2 分析か設計かのモデリング段階の区別

磯田の論文の擬似(実世界)モデリングと真性(実世界)モデリング自体は、ソフトウェア工学でしばしば用いられる分析、設計、実装の何処に位置するかは明確には示されていない。そこで擬似実世界のモデリング内容を考慮すると、それは、通常の辞書的な意味に照らして設計段階に分類できる内容が一部に含まれていることが分かる。何故ならば、設計段階では担当者が意図的に対象世界の忠実なモデリングから外れて行う作業が含まれているからである。そこで、擬似実世界モデリングはむしろ、第4章で改めて定義する「設計モデリング」をその一部に含むモデリングであるとした方が良いと考える。

次に、真性実世界モデリングは対象世界の忠実なモデリングであるとするには我々も異論が無いので、真性実世界モデリングを同じく第4章にあえて改めて定義として掲げる「分析モデリング」と呼び直すところとちょうど当て嵌まる。すると目標とする業務システム構築のためにモデリングするのは任意性のあるモデリングを『設計モデリングを一部に含むモデリング』とでき、既に厳然と存在する(自然)現象世界の忠実な分析は『分析モデリング』とできるので、真性モデリング、擬似モデリングと呼ぶよりも字義的にもより明確になることが分かる。

3.3 分析や設計するモデリング方法の違い

対象世界の忠実なモデリングであるとするのが真性実世界モデリングであり、業務支援システムを現実の世界に導入しようとする、つまり設計意図を顕在化させる意図的なモデリングを行うのが擬似実世界モデリングである。つまりモデリングの最も基本となる primitive な3つの作業^{*1}である着目、抽出、名前付けの各作業において、ある素要素に着目し、

*1 モデリングの3つの作業とは、ソフトウェア工学で言うところの「クラスを識別すればその操作や処理、属性、関連などもモデリングする」までの纏まった複数の作業を指すのではなく、最も primitive な素要素に対して行う作業を表す。

1. 抽出作業において抽出した要素をそのまま名前付けして取り込むか、
2. 抽出した要素は参考にするだけで意図的に別の新要素に変更して取り込むか、
3. 抽出した要素の内には存在しない要素を新たに考案して持ち込むか、
について、2. や3. のモデリング方法を必要に応じてある程度以上採用することで、擬似実世界モデリングを行っていることになる。真性実世界モデリングでは原則が1. であり、例外的に2. や3. を用いる。

4. 実世界モデリングに対する我々の考え方

第2章で見たように、磯田は二つの実世界モデリングがあることを述べている。しかし、本節以降では、同じ実世界に対する二つのモデリングという考え方ではなく、実世界である対象世界そのままの忠実な“分析モデリング”と、実世界を業務に適するようにモデリング担当者の改良意図を表現する“設計モデリング”という見方である。実世界を意図的に単に“捨象する”以上に担当者の体系的な点に関する変更する意図を導入するモデリングを設計モデリングと呼ぼう、という見方でもある。

4.1 分析と設計の用語の再定義

本論文では前章の表1で述べたようなソフトウェア工学の専門家やソフトウェア技術者向けの用語としての分析と設計という定義ではなく、計算機の世界に適用できるけれどもごく一般的な辞書に近い用語として分析や設計という用語を定義したい。それ故に、以下のような定義とし本章以降ではこの簡潔な定義に従った使い方を行う。

分析モデリング：対象世界を忠実にモデリング（着目，抽出，名前付け）した要素をそのまま採用するモデリング作業を指す。

設計モデリング：忠実なモデリングから外れ，モデリング担当者の意図したシステムのソフトウェアを作成するために行う任意のモデリング作業を指す。

4.2 忠実と意図的な両モデリングの比重と設計の関わり

分析モデリングと設計モデリングに分類するとしても、現実世界においてモデリングするにはどちらかが100%でもう一方が0%、という状況は考え難い。モデリングという作業そのものが対象世界に100%忠実ということはあり得ないことは周知の事実であるからで

表2 同じく実世界に対する分析と設計モデリング、擬似と真性のモデリングの定義

分析モデリング ＝真性モデリング	対象世界全部に対して忠実な抽出と記述を作成するためのモデリング (ただし、理想化のための捨象モデリングは含まない)
設計モデリング	モデリング担当者の意図的な変更を行うモデリング 対象世界の一部に対する業務支援機能を導入するためのモデリング
擬似モデリング	業務支援機能を対象世界の一部に導入するべく、着目する要素の一部に対する変更を意図的に導入するモデリング

ある。したがって、対象世界に忠実なモデリングと変更する意図的なモデリングとは、重要性/重点の比重の置き方の違い程度と考えることとする。したがって、量的なあるいは数値的な基準値等を設けることはしない/出来ない。その状況を図1に示す。

図1右に擬似世界モデリング作業プロセスの概念図を示した。最上部の円は現実の実世界を表す。そしてその(現)実世界に対してモデリングを行う時にはまず、対象世界の一部についてそのまま残す真性モデリング(＝分析モデリング)を行うと共に、業務でのシステムの利用を想定したユースケースを考慮しながらの設計モデリングを行う。したがって図では分析と設計が順次的(sequential)なモデリングとして表されているが、必ずしも常に順次的に行われるわけではない。

図1左には真性実世界モデリングの作業プロセスの概念図を示した。最上部の円で表される(現)実世界を真性モデリング性高くモデリングを行う。ただし、分析モデリングにおいても擬似的なモデリングがゼロであるとは必ずしも言えない。それはモデリングの目的によっては一種の理想化を対象世界に対して多少とも想定/施した上で真性モデリングを行う場合があるからである。更に設計モデリングの段階においては、擬似モデリングと異なって真性モデリングした対象世界のモデル記述を計算機世界向けの記述にしていない故に、それらの適合しない項目を変更するために計算機世界に向けて変換する部分に対してある種の擬似モデリングに相当する部分を作成する。

4.3 分析と設計、真性と擬似、モデリング方法の纏めと議論

本章での分析を表3に纏めた。真性実世界モデリングと擬似実世界モデリングとの差異が少し明らかになったと考えられる。

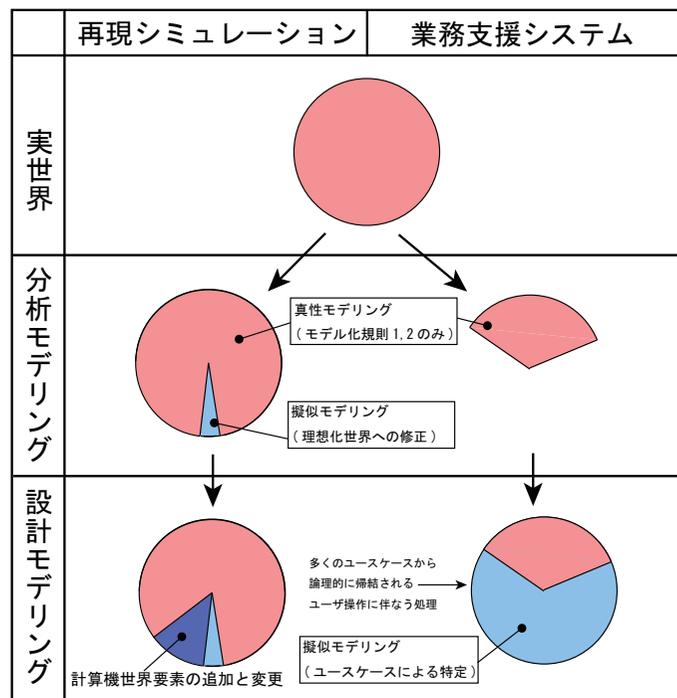


図1 実世界のモデリングの方法の比較

5. 擬似実世界モデリング作業の特徴

擬似実世界モデリングについての「意図的な変更」をどう導入するか、それがモデリング作業に於いてどのような差異をもたらすかについて議論する。その顕著な違いの原因はアクターとユースケースの扱い、特にユースケースの扱いにある。すなわち、前章までに分析したモデリング方法で最も形式的でもあり、目に見える違いとして指摘出来るのはアクターの挙動と、ユースケース記述の多少であろうと考える。実際に我々が作成した問題についても、我々自身が例えば、アクターの挙動を分析したり、ユースケースを書いた記憶が殆ど存在しない。

そもそも真性実世界モデリングでは対象世界を計算機世界内部に作り込み、稼動させるこ

表3 同じ実世界に対する分析と設計モデリング、擬似と真性のモデリングの定義の比較 (2.1 節参照)

分類と用途	分析モデリング	分析と設計の両モデリングを並行して行う	設計モデリング
用途 (1) : 対象世界や問題空間の理解	理解のために詳細に行う	×	×
用途 (2) : 再現シミュレーション・プログラムの作成	対象世界を忠実に再現するためのモデリング	×	対象世界を計算機世界内部で忠実に再現するためにだけ導入する。
用途 (3) : 業務支援システムのソフトウェア開発	×	意図的な変更も行う 擬似実世界モデリング	

とに最も神経が注がれ、作り込まれた世界と外部に存在する「観測アクター」がどのように操作するかについては殆どといって良いほど、特段の注意を注がれない。むしろ極端な場合には、作り込まれた対象世界をシミュレーション起動するだけで、後は独立独歩に駆動させておき、計算が終わったら、駆動(振舞い)の結果を出力して終わり、というケースさえ珍しくない。これをソフトウェア工学的な見方に変えれば、どのような振舞いが生じるかを見たい、あるいは、どのようなユースケースが生じるかを見たいケースなのだとしても良い場合さえある。これでは業務支援システム開発では必須のアクターやユースケースの出番はない。

いっぽう業務システムにおいては、アクターからの細かい指示に従って、システムは操作や処理を繰り返す、その結果自体もユーザの指示に従ってしてリターンすることも多い。従って、アクターのユースケースがシステムの機能そのものを定義することと同等になることさえあり得る。したがって、アクターからの指示や操作がシステムの機能発揮の全体を形成し、それ故にそれら無しではシステムは一步も動けない場合もあり得る。

その結果、業務システムではユースケース駆動方式が有用あるいは最重要、必須であるが、真性実世界では原則不要であることも多い。この結果は作業は「ユースケース作業の有無」という drastic なモノでは無いが、重要な違いとしてあげるべき項目の1つであろう。

6. モデリング記述例を用いた検証

本章では、前章までに分析や議論をした事項を記述例を用いて検証する。ただし、モデリ

ング表現図を用いる概略的なモノとなるので、詳細な議論は困難である。なお表記は磯田の用いている OOSE の方法^{13),14)} の方に合わせて表現した。

さて、図 2 と図 3 は再現シミュレーションを目的とした自然現象の分析記述の図である。図 2 において shock_tube が current_cell を中心として直接あるいは間接に関わる cell を集約している図である。表現した本人にとっては、これだけあれば流れは十分に再現できるので、分析段階としては本質的にはこれで完成であると考えている。実際には各 cell の内部のアルゴリズムを表す振舞い (処理) 記述によって再現性の良し悪しの精度が決まるが、図 3 は擬似実世界モデリングを行った図であるが、この図には対象世界の分析記述だけでなく、制御するための設計段階の記述も含まれた図になっていることが分かる。この図にはユースケースらしい記述は不要である故に制御パネル程度しか書かれていない。再現シミュレーションを目的とする我々にとっては、計算機世界に分析記述を持ち込むために必要な入出力とか、制御用あるいは細かい流れのパラメータの設定とかを行う部品までが接続された完成システムの様子である、というイメージである。

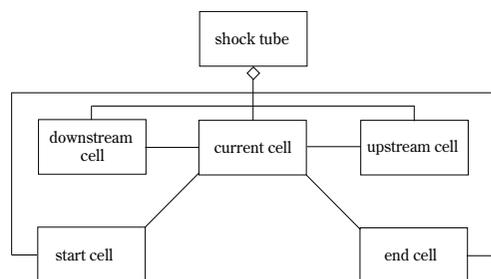


図 2 自然現象 (衝撃波流れ) の世界の真性実世界モデル図

図 4 と図 5 は磯田の論文に掲載されている銀行 CD の世界を 2 つの方法でのモデリングを行った結果である。図 4 の真性実世界モデリングを用いた銀行 CD システムは確かにこれで十分な仕組みを表現しているので、分析モデリングとしては問題無い。しかし顧客へのサービスを目的とする業務支援システムにおいては図 4 の customer と cash card は銀行 CD システムの外部に存在すべきモデル要素なので、このままモデリングを続ければ、磯田の言う「naive なモデリング」に落ち込みかねない。したがって、このような場合、つまり業務支援システムの構築目的には擬似実世界モデリングが必要であり、図 1 の左の路線から

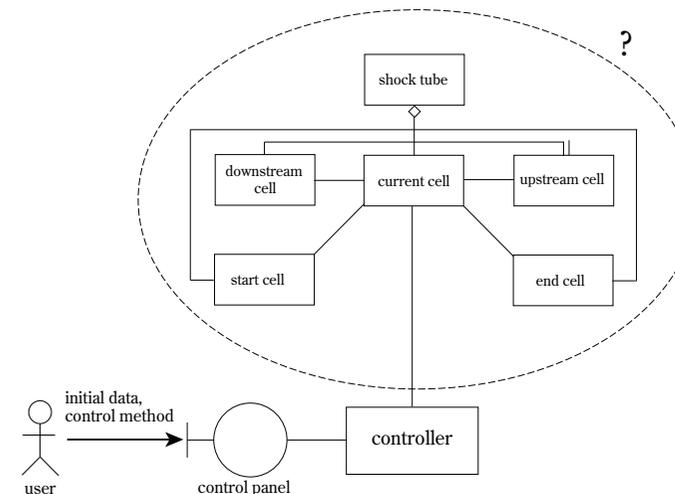


図 3 自然現象 (衝撃波流れ) の世界の擬似実世界モデル図

引き返して (そのまま右の路線には乗り移ったらあやまり) 右の路線で改めてモデリングしなければならない。

更に、銀行 CD システムは多様で多数の顧客の細かい要望に応えるところにその最も重要な機能を持たせているべきシステムであるので、図 5 の銀行 CD を表す破線円の外側に顧客との取引に必要なインタフェース (境界オブジェクト) を揃えてそのやり取りに必要なデータや形式を全項目記述する必要がある。むしろ、重点は図 5 左の入出力の部分にあるように見える。したがって、ユースケースは膨大になろうし、そのユースケースが銀行 CD のシステムの振舞いを決めるという点も頷ける。むしろ、破線の円の内部には CD 固有の処理や計算、振舞い等があるのではなく、顧客が発した要求を満たすための処理が走るだけである。この点も図 2、図 3 の衝撃波の流れが、ある状況下に置かれれば固有の振舞い (衝撃波の伝搬) の連続で外部のユーザは単なる観測者に過ぎないというケースと大きく異なる。この点は 2.2 節の真性と擬似のモデリングの違いを顕著に表している。

以上の論点は各モデル表現の内部の振舞いや操作に至ればもっと大きな違いが表面化してくるが、本論文の議論はここに留めておく。

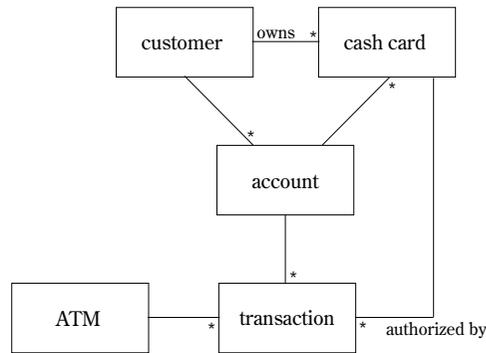


図4 業務世界（銀行 CD）の世界の真性実世界モデル図

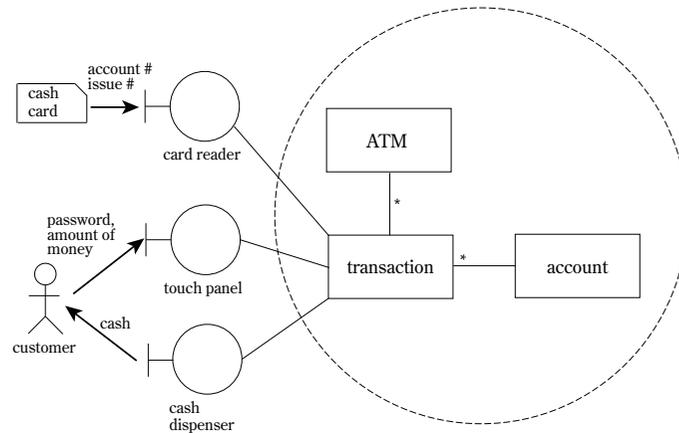


図5 業務世界（銀行 CD）の世界の擬似実世界モデル図

7. 考察と結論、今後の発展的な問題への提案

実世界の真性モデリングと擬似モデリングは第3章にも述べたように多くの点で両者の違いは大きい事は良く知られているが、それがモデリングのどの様な側面にどの様に現れてくるのかは、必ずしも明らかにされてこなかったようである。本論文においても

- (1) 分析モデリングと設計モデリングの重点の違いが顕著であること。
- (2) ユースケースの重要さの違いが非常に大きい。
- (3) 再現シミュレーションの世界と業務支援システムにおける、真性と擬似の両モデリングの比率が非常に大きく違う。

等が明らかになったのみで、モデリングという視点からは両者は概観的に見た第3章の違いほどには「形式的で検証可能な違い」は見出せなかった。

今後は、システム的设计段階や実装段階等にも目を向けて、再現シミュレーションの世界と業務支援システム開発の世界の違いを明らかにしてゆきたい。

参考文献

- 1) Jerry Banks (ed.), Handbook of Simulation, Principle, Methodology, Advances, Applications, and Practice, John Wiley & Sons, Inc. 1998.
- 2) M. Hatakeyama, M. Watanabe, T. Suzuki, "Object-oriented Fluid Flow Simulation System", Computers and Fluids, Vol.27, Nos.5-6, pp.581-597,1998.
- 3) 矢川元基, 関東康祐, オブジェクト指向計算力学入門 C++による数値解析プログラミング, 培風館, (1999).
- 4) 「オブジェクト指向と計算力学」, 「計算力学におけるオブジェクト指向アプローチ」, 日本機械学会第六回計算力学講演会論文集, 35/60, (1993).
- 5) Object-Oriented Approaches in Computational Mechanics, in Computational Mechanics '95 (Proceedings of ICES '95), 1, 14/68, S.N. Atluri and G. Yagawa eds., Springer (1995).
- 6) 日本計算工学会誌「計算工学」, 1-2, 5/30 (1996).
- 7) 吉岡理文, 石谷久, 松岡隆治, オブジェクト指向的手法による大規模発電所排熱の有効利用評価, 日本シミュレーション学会誌, 13-2, 67/74 (1994)
- 8) 畠山正行, 岩坂篤志, 池田陽祐, 三塚恵嗣, 涌井智寛, オブジェクト指向記述言語 OOJ における日本語単文の自動変換機構, 第167回 SE 研究会報告, 2010-SE-167, (2010).
- 9) 池田陽祐, 大木幹夫, 片野克紀, 加藤木和夫, 涌井智寛, 畠山正行, オブジェクト指向一貫相似性記述言語 OOJ の設計と検証, 第159回 SE 研究会報告, 2008-SE-159, pp.65-74, (2008).
- 10) 畠山正行, オブジェクト指向に基づく一貫相似性モデリング過程の実現とその検証方法の提案, 第62回 MPS 研究会報告, 2006-MPS-62, pp.45-48, (2006).
- 11) 大木幹夫, 片野克紀, 三塚恵嗣, 沼崎隼一, 涌井智寛, 加藤木和夫, 池田陽祐, 畠山正行, 三言語独立のオブジェクト指向記述言語 OOJ の実装と検証, 第163回 SE 研究会報告, 2009-SE-163, pp.49-56, (2009).
- 12) 池田陽祐, 大木幹夫, 三塚恵嗣, 畠山正行, 単言語方式のオブジェクト指向プロセス記述言語 OOJ の設計, 第163回 SE 研究会報告, 2009-SE-163, pp.57-64, (2009).

- 13) 磯田定宏, 実世界モデリング有害論—オブジェクト指向モデリング技法の解明, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J83-D-I, No.9, pp.946-959, (2000).
 - 14) 磯田定宏, オブジェクト指向モデリング (コンピュータ数学シリーズ 22), (株) コロナ社, 1998 年.
-