

博士学位論文審査要旨

2019年7月6日

論文題目： 情報システム開発に向けた日本語要求記述からの概念モデルの構築とその活用に関する研究

学位申請者： 井田 明男

審査委員：

主査： 同志社大学大学院理工学研究科 教授 金田 重郎

副査： 同志社大学大学院理工学研究科 教授 下原 勝憲

副査： 京都大学名誉教授 田中 克己

要 旨：

実体関連図（UML クラス図，ER 図）を用いた概念モデリングは，ソフトウェア開発の上流工程における重要な開発フェーズのひとつである。しかし，わが国では，実体関連図を描くための方法論が確立しておらず，概念モデリングが実務で活用されることは少なかった。

上記問題を解決するため，本論文では，「ある」「なる」型の日本語特性に合致した，実体関連図の作成手法を提案している。そして，それから着想した「存在従属クラス図」に基づいて，ソフトウェア開発を効率化する方法論を提案している。

論文前半の3つの章では，概念モデルの構築と，構築したモデルの妥当性確認に焦点を当てている。第2章では，業務記述（日本語要求記述）をもとに，概念モデルとしてのイベント応答モデルを導く方策について論じている。第3章では，システム化の適用領域を，ドメインオブジェクト間の存在従属性に着目して，モデル化する研究の成果について論じている。第4章では，得られた概念モデルを多次元尺度構成法にて，その妥当性を確認する試みについて報告している。

論文後半の3つの章では，前半で提案した存在従属クラスを出発点としてソフトウェア開発を効率化する，幾つかの手法を提案している。具体的には，最初の第5章では，存在従属クラス図を入力として，業務システムのユースケース群を自動生成するとともに，同時にクラス間の依存関係を利用して，生成されたユースケース間の依存関係についても自動生成する研究について論じている。次の第6章では，存在従属クラス図から，それを扱う業務システムの機能規模を測定する研究について論じている。最後の第7章では，存在従属クラス図を入力として，データベースのスキーマを生成し，それらを業務リソースとして，リソースに対する包括的なアクセス手段を提供するサービスの仕様の生成について論じている。

本論文は，従来，ソフトウェア技術者の個人的スキルに依存して実施されて来た概念モデリング分野において，背後にある理論的裏付けを明確にただけではなく，情報システムの開発現場に役立つ可能性が高い手法を提案しており，理論・実践の両面から，概念モデリング技術の前進に寄与するものである。

よって，本論文は，博士（工学）（同志社大学）の学位を授与するにふさわしいものであると認められる。

学力確認結果の要旨

2019年7月6日

論文題目： 情報システム開発に向けた日本語要求記述からの概念モデルの構築とその活用に関する研究

学位申請者： 井田 明男

審査委員：

主査： 同志社大学大学院理工学研究科 教授 金田 重郎

副査： 同志社大学大学院理工学研究科 教授 下原 勝憲

副査： 京都大学名誉教授 田中 克己

要 旨：

本論文提出者は、1984年に文学部文化学科を卒業後、長らくソフトウェア開発業務に従事して来た経験を持つ。本論文の主たる内容は、情報処理学会、電子情報通信学会等のジャーナル論文7件、学術的国際会議3件等に掲載され十分な評価を受けている。2019年7月6日（土）午後1時半より午後3時半まで、学術講演会（公聴会）が開催され、種々の質疑討論が行われたが、提出者の説明により、十分な理解が得られた。講演会終了後、審査委員により学位論文に関連した諸問題につき口頭試問を実施した結果、十分な学力を確認できた。また、提出者は、英語による論文執筆や学術的国際会議における口頭発表も行っており、十分な語学能力を有するものと認められる。

よって、学力ならびに語学能力の確認の結果は合格であると認める。

博士學位論文要旨

論文題目： 情報システム開発に向けた日本語要求記述からの概念モデルの構築とその活用に関する研究

氏 名： 井田 明男

要 旨：

情報システムは、人間の社会的・経済的活動を支える膨大な情報を処理（捕捉、蓄積、検索、加工、管理）するためのシステムであり、その構成要素として人間そのものを含む複雑なシステムである。そのため、システム開発の最上流工程、すなわち要求分析段階で作成する「概念モデル」が重要である。概念モデルが不適切であったならば、開発される情報システムは、求められるものではなくなってしまうからである。

しかし、その重要性とは裏腹に、我が国では、概念モデルが広く SE（ソフトウェアエンジニア）の間に普及しているとは言い難い。本論文では、その大きな原因が、概念モデルの入力となる要求記述、即ち、業務課題やシステムに関する要望の論述が日本語である点に起因するとの独自の問題意識を提起する。「誰が、何を、どうした」という形式の行為文主体の英語とは異なり、「何が、どういった状況にある」という状況描写文（状態文）が多用される日本語記述は、概念モデルとの整合性が悪いからである。この日本語と概念モデルのギャップは、概念モデルを構築する際にも問題となるが、得られた概念モデルを用いてコミュニケーションする上でも、課題となる。

そこで、本論文では、(1) 日本語要求記述からより良い概念モデルを構築すること、(2) 構築した概念モデルを開発の要求定義以降の作業分野においても有効に活用すること、を目標とした。本論文では、概念モデルを、「業務を成立させる本質的な要素を、業務プロセスの側面、および、プロセスで扱うオブジェクト（以下、ドメインオブジェクトと称する）の側面から抽出し、それらの時間的、あるいは空間的に配置した、組織的かつ実装独立ではあるが実装にストレートに変換可能なモデル」と定義する。従って、本論文の概念モデルには、ユースケース以外にも日本語ビリヤードボールモデルと称する動的モデルと、存在従属クラス図と称する構造モデル（以下、ドメインモデルと称する）の両方が含まれる。

また、概念モデルは、設計用途だけでなく、関係者の意思疎通や合意形成に用いられる。このため、誰もが簡単に表記でき、読みやすく、直感的に理解しやすいものでなければならない。そこで、分析結果の表記法についても、研究対象としている。さらに、概念モデルは、要求を可視化し合意して、それで終わりではなく、要求分析以降の開発の作業分野においても有効活用できないなければならない。前節において、「実装独立ではあるが実装にストレートに変換可能なモデル」と定義したのはそのためである。具体的には、本論文では、構築した概念モデルを入力として、システムの機能規模の見積もりを行ったり、システムユースケースを自動生成したり、あるいは、データベースのスキーマ定義とデータベースにネットワーク越しのアクセス手段を提供するサービスの仕様の自動生成も研究対象に含めている。

本論文の特徴としては、(a) 概念モデルの構築の際に、行為文よりも状況描写文が頻出する日本語の特性を考慮に入れていること、(b) ドメインモデルとしての存在従属クラス図を、ドメインオブジェクトの存在に由来する時間的前後関係の制約を含意した動的モデルと位置づけていること、(c) 多次元尺度構成法を応用した定量的な概念モデルの妥当性の確認を含めていること、(d) 概念モデルの構築だけでなく、その有効活用も含めた包括的な提案していること、を挙げることができる。

以上より、本論文の目的は、情報システムの開発を対象に、日本語要求記述を出発点とし、よりよい概念モデルが構築できるように、また構築した概念モデルが有効に活用できるように、そのための方法について提案可能なモデリング手法、モデル化のためのガイドライン、そして、モデル化対象に適した設計成果物の表記を確立することである。

本論文は、緒論、本編 6 章、および結論の全 8 章で構成されている。第 1 章では、緒論として、研究の背景と問題意識、本論文の目的、および本論文の構成を記している。

本編の前半の 3 つの章では、概念モデルの構築と、構築したモデルの妥当性の確認について焦点を当てている。その最初の章である、第 2 章では、業務についての記述（日本語要求記述）をもとに、概念モデルとしてのイベント応答モデルを導く方策について論じている。具体的には、行為者から飛来する、業務プロセス起動の契機に対して、業務で行うべき処理や応答を、認知言語学の成果の一つである、ビリヤードボールモデルを援用して考案した様式に則って形式化する手法について論じている。これにより、日本語要求記述の中でも注目すべきは、動態プロセス（そのプロセスの結果、世界の状態が変化するプロセス）であることを明らかにし、業務プロセスを、ビジネスイベントを単位に、概念的に独立した単位として切り分け、分割されたプロセスについて、参与者（ドメインオブジェクト）と、それぞれの状態変化を抽出して、形式的に記述することを可能とした。

第 3 章では、システム化の適用領域を、ドメインオブジェクト間の存在従属性に着目して、モデル化する研究の成果について論じている。本章では、これを存在従属分析と呼び、その成果物を存在従属クラス図と称する、UML のクラス図表記をカスタマイズした表記にてモデル化する提案をしている。存在従属分析のガイドラインは、母語の文法に依存せずに適用できる上、この手法により、正規化理論を陽に使うことなしに、第 4 正規形以上の正規化レベルを有するドメインモデルが得られることを確認した。これにより、存在従属クラス図は、十分に正規化された実体関連図（ER 図）と等価である、と言えるようになった。

第 4 章では、得られた概念モデルを多次元尺度構成法にて、その妥当性を確認する試みについての結果を報告している。本章では、ドメインモデルを知識の責務（ドメインオブジェクト群、および、それらの属性群）の 2 次元空間布置と見做した上で、既存手法の代表として、ソフトシステムズ方法論に着目し、それによって得られたドメインモデルと存在従属分析によって得られたドメインモデルを比較している。そして、両者は、矛盾しない構造を有することを確認した。本編の後半では、存在従属クラス図によって可能になった事柄について、3 つの研究成果を紹介している。

第 5 章では、存在従属クラス図を入力として、業務システムのユースケース群を自動生成するとともに、同時にクラス間の依存関係を利用して、生成されたユースケース間の依存関係についても自動生成する研究について論じている。その結果、使用性（ユーザビリティ）を向上させる

ユースケース以外は高い網羅性にて抽出できることを確認した。

第6章では、存在従属クラス図から、それを扱う業務システムの機能規模を測定する研究について論じている。本章で提案している測定手法は、業界で広く用いられている COSMIC 法よりも、簡便でかつ、開発プロセスの早い段階で適用可能でありながらも、その測定結果は COSMIC 法を用いた測定結果と比較しても差がほとんどないことを確認している。

第7章では、存在従属クラス図を入力として、データベースのスキーマを生成し、それらを業務リソースとして、リソースに対する包括的なアクセス手段を提供するサービスの仕様の生成について論じている。存在従属クラス図をテキストベースで表記可能な文法を有する DSL を定義し、DSL で記述したドメインモデルを試実装のコンパイラで翻訳することにより、その後の開発作業で必要となる設計成果物、すなわち、データソースのスキーマ定義、定義されたデータソースにネットワーク越しにアクセスする手段を提供する Web サービスインターフェース群、およびそのドキュメントを自動生成することができる。このことにより、アプリケーション・インターフェース（API）の原型定義に規則性と網羅性がもたらされたことを報告している。

以上、本論文では、日本語要求記述から概念モデルを構築し、得られた概念モデルを有効に活用する手法の提案を行った。

以上