

論文の内容の要旨

論文題目	ゴール指向要求分析駆動によるUML設計手法 - ゴール指向ユースケースモデリングとロバストネス分析 -
学位申請者	本田 耕三

第1章：序論

要求定義工程，設計工程にはそれぞれゴール指向要求分析手法，UMLによるオブジェクト指向設計手法という有効な手法が存在する．しかし，抽出された要求をこれらの要求分析手法からユースケースモデルに反映するときに発生するギャップ，すなわち抽出した要求の情報が漏れてしまうことが，課題となっている．

この課題を解決するために，要求定義工程と設計・実装工程に，ゴール指向要求分析手法KAOS とUML による設計・実装プロセスICONIX をそれぞれ利用する．さらに，KAOS モデルをユースケースモデルやロバストネス図に変換テンプレートを介して体系的に変換するアプローチを提案する．こうして，既存手法の有効性を活用し，KAOSの成果である分析されて定義された要求定義モデルの情報をICONIX プロセスに反映させることができる．

第2章：既存技術

本章では，提案アプローチに活用している従来技術について説明する．まず，ゴール指向要求分析手法KAOSと洗練パターンについて説明する．次に，オブジェクト指向設計に対する入力，予備設計結果にそれぞれ対応するユースケースモデル，ロバストネス図を説明する．さらに，実務的に実績のあるオブジェクト指向設計プロセスであるICONIX を説明する．

第3章：関連研究

KAOSでの要求分析に基づいたオブジェクト指向設計へのアプローチの研究，KAOSに時相論理で定義した洗練パターンを適用することにより操作要求を介して設計工程へと移行する研究， i^* をベースにしたTroposとそれを拡張して時相論理を扱えるようにしたFormal Troposを使って要求定義から設計・実装までを一貫して実施する研究を説明する．これらの関連研究において依然として残る課題について説明し，それに対する本研究の位置づけを説明する．

第 4 章：ゴール指向要求分析駆動によるUML設計手法の全体像

KAOS による要求分析・定義の成果であるゴールモデルを、設計工程のICONIX における入力モデルであるユースケースモデル（ユースケース図，ユースケース記述：イベントフロー図），予備設計モデルであるロバストネス図にそれぞれ規則的に変換するアプローチを提案する．この結果，実績ある有効な従来技術KAOSとICONIXプロセスを活用でき，ユースケースモデルやロバストネス図にゴール指向による要求分析・定義の成果を反映できる．基本的な振舞いを暗黙的に表現する洗練パターンを根拠に，振舞いのシナリオを明示的に表現する変換テンプレートをモデルごとに導出し，それらを介した規則的な変換とした．これにより，振舞いのシナリオを規則的に効率よく継承できる．

第 5 章：モデル変換アルゴリズムと疑似コードによる具体化

ゴールモデルから操作モデルへのモデル変換アルゴリズム，及び操作モデルからユースケース図，イベントフロー図，ロバストネス図それぞれへのモデル変換アルゴリズムは，QVTによる変換規則で定義され，疑似コードで具体化される．QVT変換規則では，変換テンプレートのメタモデルを定義し，変換テンプレート間でモデル要素の情報をマッピングしている．モデル変換以外の処理アルゴリズムは直接疑似コードにより具体化される．

第 6 章：ゴール指向UML設計手法の適用事例

提案アプローチの適用方法を具体的に示すために，踏切制御に関する遮断バー安全制御のシステムを事例として提案アプローチを適用し，その適用手順と結果を変換ステップに従って順番に説明する．

第 7 章：適用実験による評価

米国ATMシステムを事例としたユースケースモデリングと国際航空券予約システムを事例としたロバストネス分析のふたつの適用実験を実施した．

前者では，ゴールモデルの洗練パターンによる要求定義シナリオはモデル変換において逐次継承されているか（洗練パターンの継承），モデル変換において属人性は排除されているか（属人性の排除）をそれぞれ評価した．実験の結果，洗練パターンの継承と属人性の排除は共に確認された．

後者では，その結果において，ゴールモデルとロバストネス図のモデル要素を比較し，ゴールモデルの洗練パターンがロバストネス図に継承されているかを評価した．両者の対応するモデル要素はすべて同等であると確認できたことにより，洗練パターンは継承されていると判断した．

第 8 章：結論

本論文では，KAOSの成果物である要求定義モデルを，ICONIX プロセスの入力モデル（ユースケースモデル）や予備設計モデル（ロバストネス図）に体系的に変換するアプローチを提案した．これによって，KAOS による要求定義モデルの情報をICONIX プロセスに体系的に反映することができ，要求定義工程と設計工程間にある情報が抜け落ちてしまうというギャップを埋めることができる．また，ふたつの適用実験により，提案アプローチの有用性を確認できた．今後さらに，KAOSの情報をICONIXプロセスの様々なフェーズに反映させるための方法やゴールモデリングの定型化などにより，提案アプローチの有効性向上が期待できる．

論文審査の結果の要旨

学位申請者氏名	本田 耕三
審査委員主査	大須賀 昭彦
委員	田中 健次
委員	田原 康之
委員	古賀 久志
委員	石川 冬樹

一般にソフトウェア開発においては、要求定義工程で何が必要かを定義し、それをどう実現するかを設計工程で設計する。要求定義工程は人手による作業がほとんどであるため、抽出した要求の根拠や体系が不明瞭な場合が多い。それに基づいた設計の結果、要求の意図がずれたり修正による矛盾が生じたりすることが問題となっている。要求定義工程、設計工程にはそれぞれゴール指向要求分析手法、オブジェクト指向設計手法という実績ある手法が存在する。ゴール指向要求分析手法は、要求を体系的論理的に抽出・分析してその根拠を明確にできると定評がある。オブジェクト指向設計手法は、システムの振舞いをユースケース図、イベントフロー図、およびロバストネス図などの視覚的な図を用いて明確にできると定評がある。しかし、両者の間には要求定義情報のいくらかが抜け落ちたり曲解されてしまうと言われているギャップが存在する。そこで本研究では、要求定義工程、設計工程にそれぞれ実績ある既存技術であるゴール指向要求分析手法KAOS、オブジェクト指向設計手法ICONIXプロセスを活用し、前者の成果である要求定義モデルを後者の入力モデルに体系的に変換するアプローチを提案している。その結果、既存技術の活用、ゴールモデルの体系と要求の論理的根拠を設計工程に反映できること、要求シナリオの設計工程への継承、及び変換の自動化への期待と属人性の低減が効果として期待できる。さらに適用実験による評価の結果、提案アプローチの有用性が確認されている。

第2章では、提案アプローチで活用している既存手法であるゴール指向要求分析手法KAOS、洗練パターン、ユースケースモデルとロバストネス図、ICONIXプロセスについてそれぞれ説明している。

第3章では、ゴール指向要求分析・定義モデルを、次の設計工程に一貫性を持って効率良く反映させるいくつかの試みについて述べている。KAOSや洗練パターンの特徴を活かした研究、i*やTroposにより要求定義から設計、実装工程を一貫

して実施する研究などである。しかし、いずれも設計者の知識や経験則への依存、また時相論理習得の負荷が大きいなどの課題が残っている。本研究は、アルゴリズム的変換手順の提案などによりそれらの課題に対処している。

第4章では、振舞いを暗黙的に表現している洗練パターンをベースに変換テンプレートを新規に導入し、変換テンプレートで構成されたゴールモデルを前提として、それからユースケース図、イベントフロー図、ロバストネス図にそれぞれ規則的に変換する提案アプローチの全体像をわかりやすく説明している。提案アプローチは、洗練パターンにおいて暗黙的なものであった振舞いの情報を、変換テンプレートにおいて明確化し、設計工程において容易に継承可能とした点で、独創的かつ有用なものといえる。

第5章では、それぞれのモデル変換アルゴリズムをQVT変換規則で定義し、さらにそれに基づき、擬似コードを使って具体化している。そこでは、メタモデルに基づいたQVT変換規則それぞれの定義方法など詳細に説明している。またモデル変換以外のアルゴリズムについては、直接擬似コードにより具体化している。これにより提案アプローチの自動的に実行可能な部分が実際にプログラムとして実装可能であることが示されており、提案アプローチの実用性が明確となっている。

第6章では、踏切の遮断バー安全制御システムを事例として、そのゴールモデルからガード条件導入とその下位のケース分解それぞれの洗練パターンによる一次のANDグラフを抜粋し、提案アプローチの全ステップ1から9までに順次適用している。それぞれのステップにおいて、適用方法と適用結果が順を追って分かり易く説明され、処理手続きと適用効果の理解に貢献している。

第7章では、米国ATMシステムを事例としたユースケースモデリングの適用実験でそれぞれの変換における洗練パターンの継承と属人性の排除を評価し、国際航空券予約システムを事例としたロバストネス分析の適用実験ではゴールモデルからロバストネス図への洗練パターンの継承を評価している。それぞれの評価方法と判断基準、並びに洗練パターンの継承と属人性の排除が評価結果として確認できたこと、それぞれが明確に説明されており、提案手法の有用性が明らかになっている。

第8章では、提案内容、及び評価内容と結果をまとめ、提案アプローチが要求定義工程と設計工程間にあるギャップを埋めることに有用で効果があることを示している。また、両工程に既存技術を活用し、その両者を提案アプローチで結ぶことにより、効率的に要求定義情報を設計に反映することができ、設計者の負荷を軽減する効果も期待できる。

以上で述べてきたように、本研究成果はオリジナリティに富み、有用性と実用性においても高い価値を持つものである。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値を有するものと認める。

以上