

## 審査の結果の要旨

氏 名 井上 拓

本論文は「ビジネスコンポーネントに跨る参照整合性のための UML/OCL 振舞いモデルの静的解析の研究」と題し、6 章から成る。情報システムのコンポーネントベース開発において、データの一貫性の保たれた高品質のソフトウェアを効率的に開発するために、仕様定義段階でビジネスコンポーネントに跨る参照整合性を確立することを目指した。OCL, UML Activity で記述されるビジネスコンポーネントの振舞いモデルを静的に解析することにより、参照整合性を決定する振舞いモデルの整合性を判定する手法を提案した。

従来、OCL 記述に関する誤り防止の研究が行われてきたが、実用的な計算量で、取りうるオブジェクト状態に対する完全な解析を行う方法は存在しなかった。また、これまでの Activity 解析の方法では、コンポーネント間のデータの依存関係を生み出す、Activity のオブジェクトの属性値の伝搬が考慮されていなかった。

そこで本研究においては、抽象解釈技術を用いて OCL 記述の意味の近似的な解釈を行い、OCL の振舞いモデルが表すデータアクセスを抽出する解析手法を提案している。これにより、OCL 記述中のデータアクセスに関する、モデル記述者の意図と利用者の解釈の整合性を判定することが可能になる。本研究ではさらに、Activity の属性依存のデータフローを解析し、Activity に跨るデータアクセス手順の整合性を判定する手法を提案している。これにより、大規模システムを構成する多数のコンポーネントの振舞いモデルの組み合わせにおける、データの流れに依存するデータアクセス手順の整合性の判定が可能になる。

本論文は以下の 6 つの章から構成されている。

第 1 章では研究の概要を述べている。続いて第 2 章では、前提となる背景知識と研究課題、関連研究を整理している。情報システムのコンポーネントベース開発の特徴と、UML/OCL に基づくビジネスコンポーネントの仕様モデルについて述べた後に、コンポーネント間の参照整合性を決定する振舞いの整合性と、その判定に関わる研究課題について説明している。そして、従来の整合性判定の既存研究と、本研究の土台となる抽象解釈とデータフロー解析の説明を行っている。

第 3 章では、コンポーネント操作の振舞いを表す OCL 事後条件を静的に解析して、代入・取得・照合のデータアクセスを識別する、OCL 記述の解析手法が提案されている。抽象解釈技術を用いて、抽象領域上で近似的な解析を行うことにより、OCL 記述が表現する制約を満たすオブジェクト状態の網羅的な取扱いが実現されている。そして、OCL 抽象構文木上のノード値の由来とデータの流向を特定することによって、OCL 記述の意味の厳密な解釈に基づく、データアクセスの種別の識別が行われる。さらに、抽象解釈技術を応用して照合の計算を効率化し、実用的な計算量での解析を可能にしている。一連の解析アルゴリズムは、手法の適用を支援するツールとして実装されている。

第4章では、コンポーネントの振舞いを表す Activity の組合せを静的に解析して、合成モデルの中で起こりうるデータアクセス操作の利用手順の正しさを判定する、Activity の解析手法が提案されている。この手法は、関係データベースの類比から参照整合性の確保に必要なデータアクセスの組合せを定義し、振舞いの正しさを判断するための基準を定めている。そして、Activity の属性依存のデータフローを解析することによって、Activity 中のデータの流れに依存する、複雑なデータアクセス手順の判定が実現されている。一連の解析アルゴリズムは、ツールとして実装されている。

第5章では、提案手法の評価について述べている。OCL 記述の解析、Activity の解析の特徴を考察し、手法の性能と有効範囲を明確化している。さらに、実システムの開発に対して実施した評価実験の結果を報告している。OCL 記述の解析手法の適用に関して、人手による作業では、データ流向の取違えと OCL の論理式が有する非決定性・不完全性の誤謬によって、データアクセスの識別の漏れや誤りが発生したが、支援ツールはそれらを正しく識別した。ツールは平均的なノード構成の事後条件の解析を2秒未満で実行し、実用上十分な効率を備えている。また、Activity の解析手法の適用に関して、人間が苦手とする、多数の Activity に跨る整合性判定を行う場合に、支援ツールを用いた自動判定が特に有用であることが分かった。

第6章では、研究結果をまとめ、今後の課題と展望を述べている。

以上のように本論文は、仕様定義段階でビジネスコンポーネントに跨る参照整合性を確立するという目標に向けて、着実に技術を進歩させている。特に、OCL 記述に対する抽象解釈の適用と、Activity の属性依存のデータフロー解析は、従来にない新たなアプローチである。また、提案手法は UML/OCL の言語標準に従うモデルの解析を行うため、広い適用範囲を持つ。さらに、提案した手法を実システムの開発に適用して、その有用性の確認を行っている。以上のように情報理工学における創造的実践の観点でも価値が認められる。

よって本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる。