

## 論文の内容の要旨

論文題目 An Algebraic Approach to Object-Oriented Software Engineering  
代数仕様技術に基づくオブジェクト指向ソフトウェア工学の研究

氏名 中島 震

フォーマルメソッドとオブジェクト指向技術はソフトウェアの生産性と品質を向上させる2つの主要な技術であり、1970年代初頭からの長い歴史を持つ。オブジェクト指向技術はプログラムの構成法や対象問題のモデリング技法を中心とし、実用的な見地からのフィードバックを得た結果、産業界で不可欠な技術となっている。一方、フォーマルメソッドは、基礎的な研究の段階にあり、未だ、日常のソフトウェア開発で用いられる段階に至っていない。両者を融合することで、より良い開発技術を実現できる可能性がある。

オブジェクト指向技術の中心概念はオブジェクトであるが、広範な技術を含む複合性に特徴がある。情報隠蔽、多相性、継承、というオブジェクト指向パラダイムの基本概念をベースに、オブジェクト指向フレームワークやコンポーネントと呼ぶ再利用アーキテクチャならびにオブジェクト指向分析設計方法論を含み、産業界で重要な位置を占めるに至った。ここで、オブジェクト指向フレームワークは複数の構成オブジェクトが協調して一連の機能を提供する部品である。情報隠蔽、多相性、継承、という基本機構を組み合わせることで実現可能となるので、オブジェクト指向ソフトウェアの特徴をよくあらわしている。プログラムの構造的な側面に主眼を置くことで高い再利用性を実現する基本的な技術であるため産業界での重要性が大きい。

フォーマルメソッドの一分野である代数仕様技術は、データ抽象概念を基礎とし、ソフトウェアシステムを代数としてモデル化する。データ抽象とオブジェクトは共に1960年代に考案され

たプログラミング言語 SIMULA が源にある。また、代数仕様技術は指標 (シグネチャ) と呼ぶ概念によって、ソフトウェアコンポーネントのインタフェースを厳密に表現する手法を提供した。指標を用いると、オブジェクトの外部からみた性質を規定することができる。以上より、フォーマルメソッドとオブジェクト指向技術を融合するアプローチとして代数仕様技術が有力である。しかし、代数仕様技術は、理論的な側面や言語設計の基礎的な研究が中心であり、実用的な言語や仕様作成支援ツールが少ない。Z 記法や VDM ならびに B メソッド等と比較して、適用実績に欠けるため産業界での実用性が疑問視されているという問題がある。

本稿では、Futatsugi による代数仕様言語 CafeOBJ/CAFÉ 環境を用いて、実用的なオブジェクト指向ソフトウェア開発に代数仕様技術を適用する研究を報告する。代数仕様技術を実用化する上での 3 つの課題に対して 4 つの方向から具体的に議論する (第 3 章～第 6 章)。すなわち、(a) 広範な設計モデルを表現することが可能か、(b) 大規模仕様を得る際のモジュール分割ガイドラインは何か、(c) 既存開発技術と融合した開発プロセス / 管理はどうあるべきか?、という 3 つの課題を考察する。

第 2 章では、既存研究を概観することで本研究の背景をまとめ、オブジェクト指向フレームワーク開発に代数仕様技術を適用することの重要性を述べる。

第 3 章では、CafeOBJ を用いたオブジェクト仕様表現の基礎技術として、Meseguer による Maude 並行オブジェクトモデルの実現方法を述べる。次いで、Maude モデルと Cardelli と Gordon による Ambient Calculus とを統合する方法を提案する。これにより、協調動作を行なうなど強く関連する複数のオブジェクトをまとめて操作対象とすることがはじめて可能になる。応用として、複数オブジェクトが共有する資源の排他制御や、移動分散ソフトウェアのアーキテクチャ仕様記述が容易になることを示す。課題 (a) に関連すると同時に、以降の仕様作成で必要となる基本的な表現手法を与える。

第 4 章では、CafeOBJ によるオブジェクト仕様表現とシナリオ中心モデリング技法とを融合する手法を提案する。シナリオ中心モデリングでは、システム全体が持つ機能を分析して構成オブジェクトの抽出を行なった後、構成オブジェクト間の相互作用をもとに個々のオブジェクト機能を求める。本研究では、このモデリング技法と CafeOBJ のギャップを埋める中間的な設計記法 GILO を提案する。GILO の導入によりはじめて、実行可能な CafeOBJ 記述を得る系統的な手法が明確になる。中規模問題への適用例として、「酒屋在庫管理問題」を対象とするケーススタディを行ない、モデリングから GILO を経て系統的に CafeOBJ 記述を得る過程を具体的に示す。課題 (a)(b)(c) に関連する。

第 5 章では、標準勧告文書への CafeOBJ 適用手法を考察する。ITU-T 等の標準勧告は整合性や厳密さが要求されることから、フォーマルメソッドの重要な適用分野の一つであった。本研究では、ITU-T と OMG が共同で策定した ODP トレーダ文書記載の仕様を CafeOBJ で記述する。種々の観点からツールによる解析が可能のため、ODP トレーダ仕様の理解を助けることができる。また、ODP トレーダ仕様は多様な性質からなるため、従来は複数の異なる仕様言語を用いる必要があると考えられていた。本研究では、単独の言語 CafeOBJ で、その多様さをカバーできることをはじめて示した。課題 (a)(b) に関連する。

第6章では、ODPトレーダサーバをオブジェクト指向フレームワーク技術で構築する開発過程でCafeOBJを用いる方法を提案する。本ケーススタディは、ODPトレーダサーバの分析段階からJavaを用いたプログラム開発段階までの開発ライフサイクル全体を扱う。代数仕様技術とオブジェクト指向フレームワーク構築を統一的に議論したはじめての試みである。そのために、トレーダサーバの本質的な設計モデルを導く問題依存の設計技法を提案する。本設計技法では、複雑なODPトレーダ機能を高い独立性を持つ複数の設計アスペクトに分割し、各々の設計アスペクトの結果モデルをCafeOBJで記述する。その結果、設計結果モデル記述をCafeOBJ/CAFE環境を用いて解析することが可能になり、設計品質の向上に寄与する。その後、設計結果モデル記述を入力仕様として、既存のオブジェクト指向設計やデザインパターンを用いることでJavaを用いたオブジェクト指向フレームワークを構築する。また、開発過程モデルや開発管理といった日常開発業務で重要となる側面とフォーマルメソッドの関係について、CafeOBJを用いた本開発事例をもとにして具体的に議論する。課題(a)(b)(c)に関連する。

最後に、本研究の成果をまとめ、今後の研究課題を報告する。