

論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名 櫻井孝平

本論文は、アスペクト指向プログラミング言語を拡張する2つの言語機構について述べたものである。アスペクト指向プログラミング (AOP) 言語は、セキュリティや実行記録などのように、従来のプログラミング言語ではプログラムの全体にわたる記述が不可避であった処理をアスペクトと呼ばれるモジュールにまとめられるものとして注目を集めている。しかし現状の AOP 言語は、提供する機能の抽象度が低く原始的であるため、プログラムの表現力や保守性に限界があることが指摘されている。本論文は特に (1) 抽象化機能として (a) データや部品間の「関連」や (b) 実行履歴を表わすためのものが不十分であることと、(2) アスペクトがプログラムの細部の設計に依存することによってプログラムの保守性が低下すること、という問題を解決するための2つの言語機構を提案したものである。

第一章では、ソフトウェア開発におけるモジュール性が果たす役割と、モジュール化のためのプログラミング手法の1つである AOP 言語について述べている。第二章では、AOP 言語の研究開発についての現状を分析し、特に上記 (1),(2) の問題がプログラムの表現力および保守性にとって重要となっていることを指摘している。

第三章は、上記 (1)(a) の問題に対して「連想アスペクト」と呼ばれる機構を提案している。連想アスペクトは、データや部品間の「関連」を表わす抽象概念を、具体的なアスペクトとして表現するための機構であり、アスペクトのインスタンス化、関連の追加と削除、関連に基づいてアスペクトの動作を制御する「ポイントカット」から成っている。この章ではまた、連想アスペクトの効率的な実現手法を示し、その実行性能を評価している。実験結果からは、連想アスペクトを用いるオーバーヘッドは、それを用いずに低レベルで同等の動作をするプログラムと比べて高々19パーセントであり、提案機構が十分に実用的な性能を持っていることを示している。さらにこの章では、連想アスペクトを用いて既存のアプリケーションプログラム2つを密に連携させたアプリケーションプログラムを実現する事例研究を行い、連想アスペクトが実用規模のソフトウェアに利用可能であることと、従来の言語よりも簡潔な記述を達成していることを示している。この連想アスペクトの提案は、それまで抽象度の低い機能だけで構成されていた AOP 言語に対し、より抽象度の高い機構を組み込むことの有効性を言語設計・実現方式・事例研究に渡って示しており、学術的に高い貢献が認められる。実際、この機構を用いた新しい研究や、この機構を改良する提案などの研究も他の研究者によって行われており、国際的にも高い評価が得られている。

第四章は、上記 (1)(b) および (2) の問題に対して「テストに基づくポイントカット」機構を提案している。従来の AOP 言語では、アスペクトを動作させるタイミングとして、対象プログラムの詳細な振舞いを指定しなければならず、特に実行履歴を抽象化するような場合にアスペクトの開発や保守を困難にしていた。提案機構は、履歴を含めたタイミングの指定をテストプログラムを通して間接的に行わせるものである。この章では、提案機構の設計と、テストプログラムの実行履歴を記録・比較するコード埋め込み技法を用いた実現方式、実行性能・記述力・プログラム保守性に関する実験について述べている。従来の言語で抽象度の低い記述を行った場合に対する比較では、実行オーバーヘッドは最大でも 2.5 倍に抑えられたこと、プログラムの更新に対する頑健性が向上したことが確認されている。また、実際の web アプリケーションプログラムに対して提案機構が適用できることも示されている。これまでの AOP 言語の研究では頑健性を向上させるためにアスペクトの能力を強く制限するものであったのに対し、本提案ではテストプログラムを通じた指定という独創的なアイデアによって、頑健性と表現力の向上が両立できることを示した画期的なものとなっており、今後より高水準のプログラミング言語の設計につながる重要な指針を与えるものと期待ができる。

本論文は、AOP 言語の発展にとって重要となっている 2 つの課題それぞれについて独創的な解決策を提案しただけでなく、効率的な処理系の作成方法や、実用規模のアプリケーションプログラムに適用した事例研究を通して高い実用性を示した、完成度の高い研究である。したがって、本審査委員会は博士 (学術) の学位を授与するにふさわしいものと認定する。