

論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名 青谷知幸

本論文は、アスペクト指向プログラミング言語のポイントカット機構の改良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、横断的関心事、すなわち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ることができるものとして注目を集めている。なかでも AOP 言語のポイントカット機構はアスペクトの記述力を決定する重要な要素であり、これにプログラム解析をとりいれてアスペクトの表現力を高める研究がこれまでにいくつか試みられている。本論文は、ポイントカットにプログラム解析をとりいれるための実用性の高い手法を提案し、処理系の構築と理論化によってそれを示したものである。

第一章では、上記のような論文の背景について述べている。第二章では AOP 言語の紹介と、プログラム解析に基づくポイントカットの応用例について示している。ここでは、これまでに知られている応用例だけでなく、プログラム誤り検出システムを統合できることや、実行効率の最適化に応用できるという新たな応用例も示されている。第三章では、AOP 言語のポイントカットにプログラム解析をとりいれる際の問題点を整理し、先行研究ではプログラム解析が適用される対象範囲が、明確に定義されていない、あるいはアスペクトが期待通りに動作するには不適切になっている、のどちらかであると指摘している。

第四章は、プログラム解析をとりいれたポイントカットの定義方法を提案している。この方法は、多くの AOP 言語に備わっている《条件ポイントカット》と《自己反映計算機構》を用いるもので、AOP 言語の文法を変更しない。従来の研究がプログラム解析のために独自のモデルと記述言語を定義していたのに対し、(1) 言語の文法を変更しないためコンパイラ・開発環境などの既存の言語処理系資産をほとんどそのまま利用でき、(2) 既存のプログラム解析ライブラリを利用することができるため少ない労力で様々な解析をとりいれることができるため、従来よりも実用性を大きく高めたものになっている。

第五章は、前章で提案された方法によって記述されたプログラムのコンパイル手法の提案である。プログラム解析をとりいれた AOP 言語に関する先行研究では、解析をプログラム実行時に行わなければいけないため速度が非常に遅いものか、高速に動作はするが解析範囲が不適切であるかのどちらかであったのに対し、提案手法は《二重コンパイル》と《バックパッチング》という 2 つの手法によって問題を解決している。また、この方法は既存の AOP 言語処理系の多くの部分を利用できるため、実現のための労力が小さいとい

う点でも優れている。第六章では既存のプログラム解析ライブラリを第五章で提案したコンパイラとともに使用するための方法を示している。

第七章は、ポイントカットの組み合わせにおける誤りを発見する方法の提案である。プログラム解析をとりいれたポイントカットを他のポイントカットと組み合わせる場合には、ポイントカットの種類を適切に選ばなければいけないため、これまでの AOP 言語よりも誤りを起こしやすいという実用上の問題があった。本論文では多重継承と制約を用いた型システムによって、組み合わせの誤りを発見する方法を提案し、またその型システムの健全性を証明した。これによってより安全にアスペクトを定義する手法を実現する方向性を示している。解析を伴わないポイントカットに限定すれば、誤りを発見する手法はこれまでもいくつか提案されているが、本論文の提案はこれらと比較しても発見できる誤りの種類が多い、より一般的なものとなっている。

第八章は、第五章で提案したコンパイラの性能と、第七章で提案した型システムの評価を行っている。実用的なアプリケーションプログラムを用いて既存のコンパイラと性能を比較した結果は、コンパイル時間の増加は数パーセント以内であることと、実行時最適化後の実行速度の増加はほぼゼロとなることを示し、提案手法が十分に実用的であることを示している。また、型システムについてはポイントカットの誤り検出能力についての定性的な比較を行い、5つの先行研究と提案手法の中では、提案手法が最も多くの種類の誤りを発見できると結論している。

第九章は関連する研究について述べている。第十章は本論文の結果がまとめられている。

本論文の提案は、これまで主に理論的な可能性のみが論じられてきた AOP 言語の機能を実用化するにあたっての課題を解決する重要なものである。また AOP 言語だけでなく、プログラム解析の結果によってプログラムの挙動を変化させるような言語機構一般に対する示唆を持つ意義のあるものだと言える。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。