

平成22年6月2日現在

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2007年～2009年

課題番号：19500023

研究課題名 (和文) ソフトウェアの新しいモジュール化技術の研究

研究課題名 (英文) A study on new modularization technology for software

研究代表者

千葉 滋 (CHIBA SHIGERU)

東京工業大学・大学院情報理工学研究科・教授

研究者番号：80282713

研究成果の概要 (和文)：

本研究では、オブジェクト指向言語の言語機構のひとつである predicate dispatch を拡張し、比較的簡潔な言語機構で、アスペクト指向言語の pointcut-advice 機構に匹敵する機能を実現した。本研究で研究開発した言語機構は、いわゆるリファイン機構の一種であるとも位置づけられる。アスペクト指向言語の pointcut-advice 機構はその強力な記述力とは裏腹に、使い方が難しい言語機構であるが、本研究で開発した言語機構は比較的簡単な機構で pointcut-advice に匹敵する記述力を備えている。研究開発した言語機構は、Java 言語処理系に組み込まれ実際に利用できる。

研究成果の概要 (英文)：

This research has developed a language construct based on predicate dispatch, which is one of the constructs proposed for object-oriented programming. The developed language construct is categorized into the refine mechanism but it provides for programmers as good expressiveness as the pointcut-advice construct used in aspect-oriented programming. The pointcut-advice construct is powerful but difficult for programmers to use. The language construct developed in this research is relatively easy to use while providing as powerful expressiveness as the pointcut-advice construct. This research developed a Java-based language system, in which the developed language construct is available.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	700,000	210,000	910,000
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・ソフトウェア

キーワード：ソフトウェア開発効率化・安定化、ソフトウェア学

1. 研究開始当初の背景

プログラミング言語の設計では、その言語が提供するモジュール化機構の設計が重要な課題である。例えばオブジェクト指向は優れたモジュール化機構として 1970 年代から 90 年代にかけて盛んに研究され、実用上も大きな成功を収めた。しかしながらオブジェクト指向は万能の機構ではなく、その欠点や限界も研究と同時に明らかになってきた。これに反応して、90 年代後半からはオブジェクト指向を補間、あるいは拡張する様々なモジュール化機構が研究されてきており、現在も続いている。その中でも特に有望とされているのがアスペクト指向であり、これまで多数の研究者によって研究され、その有用性が明らかになってきた。

アスペクト指向の研究の特徴は、従来のモジュール化技術ではうまくモジュール化できない処理（これを関心事と呼ぶ）が存在することを具体的に明らかにし、それを解決することを研究のゴールに置いたことである。このような処理は本質的に他の処理と密接なつながりがあり、他から独立性の高いモジュールとして実装できない。アスペクト指向では、これを横断的関心事と呼び、現実のソフトウェアの中に非常に多く見られることを明らかにした。またソフトウェアの実装にだけでなく、より上流の設計や要求分析など、ソフトウェア工学的な分野についても横断的関心事が多数存在することも明らかになってきている。アスペクト指向の研究は、この横断的関心事をモジュール化する言語機構その他を研究開発するべく、これまで研究が行われてきている。横断的関心事をモジュール化する言語機構はいくつか提案されたが、研究開始当初の段階では、AspectJ 言語で採用されている `pointcut-advice` 機構が最も有望な言語機構として認知されていた。

しかしその一方、AspectJ 言語に代表される `pointcut-advice` 機構は研究室レベルでは非常に有用であることが世界的に明らかになったにもかかわらず、産業界へはあまり普及していない。これは `pointcut-advice` 機構が非常に強力な記述力をもっているものの、その分、簡単でわかりやすい機構とはいえず、開発者の学習が必ずしも容易ではないためである。また、`fragile pointcut` 問題など、技術的にも解決を要する問題を含んでいることが明らかになった点も理由としてあげられる。

2. 研究の目的

本研究では、リファインと呼ばれる言語機構を発展させ、AspectJ のようなアスペクト指向言語に匹敵する強力な表現力をもつ、高度なモジュール化機構を開発することを目標とする。リファインは継承機構に似たもので、既に知られている言語機構であるが、これを発展・強化し、高度なモジュール化機構にする。リファインはオブジェクト指向開発で使われる継承機構に似ており、開発者にとって直感的でわかりやすい。リファインにアスペクト指向言語の言語機構なみの表現力を持たせることができれば、表現力の強力さと、開発者にとっての使いやすさ・わかりやすさを両立させた言語機構となる。具体的にはリファインに、指定された条件を満たしたときだけ対象となるクラスのメンバーの修正をおこなえるよう、条件付の修正機能を付加すればよい。

3. 研究の方法

研究代表者らの過去の研究で蓄積されたプログラミング言語の設計ノウハウ、実装技術を活用し、実際に目的の言語機構を設計し、それを組み込んだ言語処理系を試作、実際のプログラミングで評価、それを元にして改良版の言語機構を設計、試作、… というサイクルを繰り返すことで、最終的に優れた言語機構を研究開発する。開発する言語機構を組み込む先としては、産業界でも広く使われている主要開発言語であり、研究代表者らがノウハウを持っている Java 言語を用いる。とくに試作にあたっては、研究代表者が主体となって開発し産業界でも国際的に広く使われおり動作が安定している Java バイトコード変換系である Javassist を活用する。

4. 研究成果

初年度である平成 19 年度は、リファインと呼ばれる言語機構を改良し、それを備えた Java 言語ベースのアスペクト指向言語 GluonJ を試作した。この言語は、比較的簡単な言語機構しかもたないにも関わらず、AspectJ のようなアスペクト指向言語に匹敵する強力な表現力をもつ。GluonJ の表現力を評価するため、第三者によって Java 言語で開発されたアプリケーション・ソフトウェ

アにいくつかの機能拡張を施す作業を AspectJ と GluonJ で試みた。この試みにより、わずかなコード行数の増加でほぼ同じ機能を実装できることを確かめた。また AspectJ 言語で書かれた別のアプリケーション・ソフトウェアを入手し、このソフトウェアに含まれるアスペクトを GluonJ で書き直した場合の影響を調査した。調査の結果、比較的わずかなコード量の増加で GluonJ による書き直しが可能であることがわかった。これにより、コード量など多少の欠点があるものの、従来のアスペクト指向言語で使われている複雑な言語機構を学習せずとも、本研究で開発している簡素な言語機構を使うことで十分アスペクト指向開発の恩恵を受けられることが明らかになった。また、研究している機構をさらに改良し、これを動的なアスペクトの配備 (deploy) に利用する研究もおこなった。これにより、例えばテストコードの自動実行の際など、動的な文脈に応じてアスペクトを切り替えたいときに、本研究で開発している機構が有用であることを明らかにした。

平成 20 年度には、GluonJ 言語の専用構文を Java 言語に対する拡張として定義し、処理系の実装をおこなった。処理系は GluonJ から Java へのソースコード変換系として実装し、基盤ソフトウェアとして JastAdd を用いた。この処理系により前年度に試作した言語処理系に比べ、より直感的で短い記述で同じ処理内容を記述できるようになった。一方で、今年度に試作した処理系はソースコード変換系として実装されているため、従来あったいくつかの機能がない、いくつかの機能の実行効率が悪く、などの欠点もある。この欠点を改善するため、ソースコード変換系として試作と並行して、ロード時バイトコード変換系として実装方法についても検討をおこない、高速化の技法の基本的なアイデアを得た。ソースコード変換系として実装された処理系に、このロード時バイトコード変換による高速実行の技術を導入すれば、十分小さなオーバーヘッドで GluonJ プログラムの実行が可能になると思われる。

平成 20 年度はまた、GluonJ 言語の研究の位置づけを、広くアスペクト指向言語の研究やプログラミング言語のモジュール化、コンポーネント化技術の研究の中で考察し、本研究の成果を predicate dispatch の拡張型としてリファイン機構を実現したものとして、その考え方を論文で発表した。さらに GluonJ 言語および関連言語がかかえる技術的な課題についても研究をおこない、結果を論文として発表した。

平成 21 年度は研究最終年度であるので、

predicate dispatch の拡張による横断的關心事のモジュール化技術についての、これまでの研究成果をまとめ、現状で最適と考えられるモジュール化機能を備えたプログラミング言語を設計、実装した。設計、実装にあたっては、これまで開発してきたプログラミング言語 GluonJ を改良した。試作した処理系は JastAddJ を拡張して開発したソースコード変換系の前処理系とロード時バイトコード変換系 Javassist を用いた後処理系を組み合わせたもので、メソッド起動の高速化技術も組み込まれている。後処理系単体で用いることもできるので、標準的な Java 言語の範囲内で今回研究開発したモジュール化機能を試すこともでき、実応用が容易になるように配慮した。実験により、開発した技術の実行時オーバーヘッドは無視できるほど小さいことが確認できた。最終的な研究成果の評価の一環として、GluonJ 言語の型システムを Fetherweight Java を拡張する形で作成し、GluonJ 言語がもつモジュール化機能の言語全体としての整合性についても評価をおこなった。さらに GluonJ 言語と従来から存在する他の言語、例えばアスペクト指向言語 AspectJ などとの比較評価もおこなった。また研究開発した言語の試作版をオープンソースソフトウェアとして公開した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件、全て査読有)

[1] Salikh Zakirov, Shigeru Chiba, and Etsuya Shibayama, How to Select Superinstructions for Ruby, 情報処理学会論文誌:プログラミング, vol.3, no.2, pp.1-8, 2010.

[2] Michihiro Horie and Shigeru Chiba, Aspect-oriented generation of the API documentation for AspectJ, Proc. of DSAL'09 workshop, pp.15-20, 2009.

[3] Kenichi Kourai, Hideaki Hibino, and Shigeru Chiba, Application-Level Scheduling Using AOP, Transactions on Aspect-Oriented Software Development V, no. 5490, pp.1-44, 2009.

[4] Muga Nishizawa and Shigeru Chiba, A Small Extension to Java for Class Refinement, In Proc. of the 23rd Annual ACM Symposium on Applied Computing (SAC 2008), pp.160-165, March 16-20, 2008, Fortaleza, Ceara, Brazil.

[5] Shigeru Chiba, Predicate dispatch for Aspect-Oriented Programming, In Proc. of VMIL' 08 Workshop, pp.1-5, 2008.

[6] 熊原奈津子・光来健一・千葉滋、例外処理のためのアスペクト指向言語、情報処理学会論文誌:プログラミング、vol. 48, no. SIG 10(PRO 33)、pp.189-198、June 2007.

〔学会発表〕(計1件)

[1] 別役浩平・千葉滋、ユーザ毎にカスタマイズ可能 Web アプリケーション用のフレームワークの実装、情報処理学会 SWoPP 2009、August 4-6、宮城県仙台市、2009.

〔その他〕

ホームページ:

www.csg.is.titech.ac.jp/projects/gluonj

6. 研究組織

(1) 研究代表者

千葉 滋 (CHIBA SHIGERU)

東京工業大学・大学院情報理工学研究科・
教授

研究者番号: 80282713

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし