

研究種目：若手研究（スタートアップ）  
研究期間：2007～2008  
課題番号：19800021  
研究課題名（和文） ソフトウェア再利用のためのドキュメント自動生成手法  
研究課題名（英文） Automatic Document Extraction for Component Reuse  
研究代表者  
石尾 隆（ISHIO TAKASHI）  
大阪大学・大学院情報科学研究科・助教  
研究者番号：60452413

研究成果の概要：ソフトウェア再利用を支援する手法として、開発者が注目するソフトウェア部品の周辺との関係をソースコードおよび実行履歴情報からそれぞれ抽出、可視化する手法を実現した。いずれの成果も、プログラミング言語 **Java** で書かれたソフトウェアを解析するツールとして実現している。実行履歴を用いる手法については、多くのソフトウェア開発者が設計段階で用いる **UML** のシーケンス図形式での可視化を採用し、ソフトウェア開発支援ツールとして公開した。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,350,000円	0円	1,350,000円
2008年度	1,330,000円	399,000円	1,729,000円
年度			
年度			
年度			
総計	2,680,000円	399,000円	3,079,000円

研究分野：ソフトウェア工学

科研費の分科・細目：ソフトウェア（1002）

キーワード：プログラム解析，ソフトウェア再利用，静的解析，動的解析，フェイズ検出

## 1. 研究開始当初の背景

ソフトウェアの多様化，大規模化に対応するために，過去に開発したソフトウェアの資産を再利用し，ソフトウェア開発のコストを低減することが求められている。

あるソフトウェア部品は，一般に，他の部品とデータの送受信を行うことで動作する。そのため，ある部品を再利用するためには，その部品が必要とする入力データや，連携して動作する部品が何であるかを列挙し，同等の入力データが新たなソフトウェアでも利用できるかを調査しなくてはならない。この

ような，部品の持つコンテキスト情報を把握する作業は自動化されておらず，再利用を促進する上で，大きな課題となっている。

## 2. 研究の目的

本研究は，開発者がソフトウェア部品群の再利用性を評価するための情報を開発者に提示することで，ソフトウェア部品の再利用を促進することを目的とする。

そのために，ソフトウェア部品を動作させるために必要な入力データや連携する部品

群といったコンテキスト情報をソフトウェア部品のソースコードから自動抽出する手法を実現する。部品の再利用に必要な情報をドキュメントとして開発者に提示することで、開発者がソフトウェア部品の再利用性を評価する作業を支援し、ソフトウェアの再利用を促進することを目指す。

### 3. 研究の方法

本研究の目的を達成するために、以下の3つの項目について、研究を実施した。

(1) プログラムスライシング技術を基盤として、部品群に対する入出力データ情報を抽出する手法を構築する。

(2) 部品間の関連を抽象化して可読性の高い形式で開発者に提示する方法を構築する。具体的には、実行時情報を用いて、ソフトウェア部品がプログラム実行時にどのように使用されているか、動作例を抽出する方式を選択した。

(3) プログラム解析手法を開発者が容易に利用できるように、開発環境に組み込むための枠組みを実現する。

### 4. 研究成果

研究方法で述べた3つの項目について、それぞれ、以下のような成果を得た。

(1) ソフトウェア部品の利用コンテキスト情報をプログラムから抽出するための手法として、プログラムスライシングに基づいて、あるクラスが所属する機能と周辺部品との関係を、関心事グラフとして抽出するツールの構築を行った。

本研究において開発したツールは、コンパイルされた Java のプログラムと、開発者が興味あると選択したクラス群を入力とし、その周辺のクラスとの関係を可視化することができる。出力例を図1に示す。

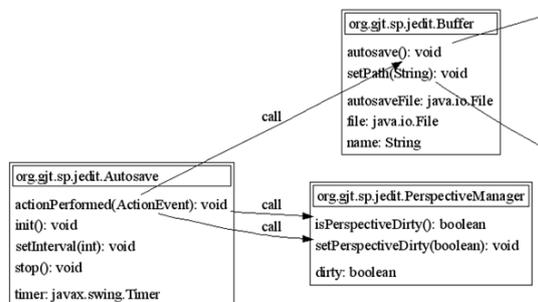


図 1 関心事グラフの例

(2) プログラムの実行時情報を解析し、開発者が注目するソフトウェア部品の利用例を抽出するため、以下に示す3つの手法を構築した。

①開発者にとって興味あるクラス群が、システムの特定の機能の実行でのみ使われる部品であるのか、あるいは複数の機能の実行に影響する部品であるのかを推測する方法の構築を行った。本手法は、図2に示すように、Javaで記述されたソフトウェアの実行経過で生じたイベント列を記録した実行履歴を対象とし、実行履歴中に含まれる時間軸上の区間(フェイズ)を、設計時に開発者が認識していた機能単位に半自動的に対応づける手法を実現した。これにより、ある部品が、機能に固有であるのか、そうでないのかを分析することが可能となった。今後、実行シナリオと実行履歴の対応関係を自動的に抽出する手法へと発展させることを検討している。

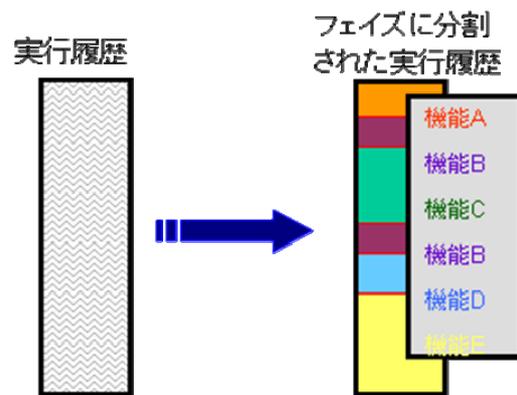


図 2 フェイズ検出手法

②ソフトウェア部品が各機能でどのように使用されているか、動作例を抽出・効果的に可視化するために、開発者が注目しているソフトウェア部品の振舞いを分類し、代表的な振舞いだけを抽出する手法を実現した。適用実験では、ソフトウェア部品の振舞いが相互に強く関連していることが示された。たとえば図3のように、ある部品Aの振舞いが2種類A1, A2という形で抽出され、また部品Bの振舞いがB1, B2として抽出されたとき、A1の動作を行う部品AはB1の動作をする部品Bとのみ相互作用を起こし、A2の動作はB2の動作とのみ相互作用を起こすというように、部品間の振舞いに明確な対応関係が出現していた。このような性質から、部品単独の動作例を提示する場合だけでなく、開発者が注目した2つのソフトウェア部品の相互作用を理解するという状況においても、開発

者にソフトウェア部品の動作例を効果的に提供できることを確認した。本手法については、デバッガ等に組み込むことで、部品の再利用という本研究の目的ではなく、異常な振舞いの原因を分析するといった役割にも適用可能であると考えている。

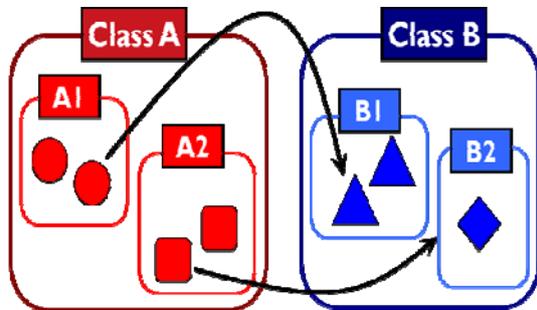


図 3 部品間の呼び出し関係の例

③ソフトウェア部品の動作例を図示する際、周辺に提示すべき関連部品と、省略してもよい部品を自動的に分類するための手法の開発を行った。本手法は、支配関係解析と呼ばれるソースコードの制御フロー解析で用いられていた手法を、プログラムの実行履歴に対して応用したものである。適用実験の結果、動作例として図示するメッセージ数を平均で 30%削減することに成功した。この効果をグラフで示したものが図 4 である。この結果は、開発者の手作業による「正しい」フィルタリングには及ばないが、図の情報量を全自動で大きく削減できるという点で意義がある結果である。

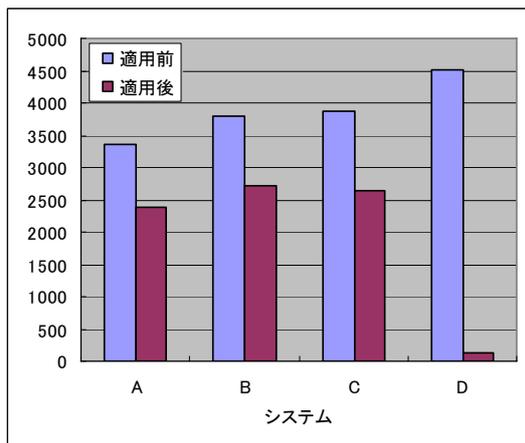


図 4 支配関係解析の効果

上記②①②③の一連の成果を、AMIDA というツールとして実現した。AMIDA は、Java プログラムの実行を観測し、開発者が設計段階で用いる UML シーケンス図の形式で、ソ

フトウェア部品の動作例を抽出する。一般の開発者が使用できるよう、インターネット上での配布を開始した。

(3) プログラム解析手法によって得られた結果を開発者に提供する手段として、開発者が情報タグをソースコードに付与し、その情報を入力とした解析の結果もまた情報タグとしてソースコード上に提示する手法を考案した。具体的な実現手法としては、開発者が記述した識別子、すなわち変数やソフトウェア部品などの名前に対して、ソースコード上で開発者が自由に注釈を関連付け、また閲覧することができるよう、統合開発環境 Eclipse の機能拡張という形で試作を行った。図 5 は、試作ツールのスクリーンショットである。

プログラム解析手法との連携というだけでなく、複数の開発者がそれぞれ自由に独自の注釈をソフトウェア部品に追記し、開発者間で交換することで、知識を効果的に共有できるという利点を確認した。今後、一般の開発者に提供するには、ツールの完成度を作り込む必要があるが、プログラム解析に関する研究の成果を開発者に提供するための基盤ツールとして使用することを計画している。

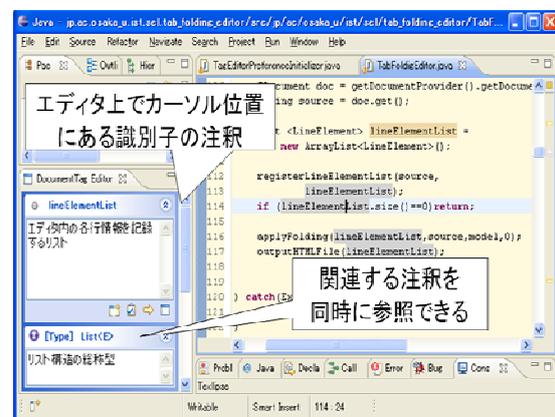


図 5 試作ツールのスクリーンショット

## 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 1 件)

①石尾 隆, 仁井谷竜介, 井上克郎: プログラムスライシングを用いた機能的関心事の抽出, コンピュータソフトウェア, Vol.26, No.2, pp.127-146, 2009, 査読有り

〔学会発表〕(計8件)

①田中昌弘, 石尾 隆, 井上克郎: プログラム理解のための付加注釈DocumentTagの提案, 情報処理学会第163回ソフトウェア工学研究会, 2009年3月19日, 化学会館, 査読無し

②宗像聡, 石尾隆, 井上克郎: 類似した振舞いのオブジェクトのグループ化によるクラス動作シナリオの可視化, 情報処理学会第163回ソフトウェア工学研究会, 2009年3月19日, 化学会館, 査読無し

③Yui Watanabe, Takashi Ishio, Katsuro Inoue: Feature-level Phase Detection for Execution Trace Using Object Cache, The International Workshop on Dynamic Analysis (WODA 2008), July 21th, 2008, Seattle Hilton Hotel, USA, 査読有り

④伊藤芳朗, 渡邊 結, 石尾 隆, 井上克郎: オブジェクトの動的支配関係解析を用いたシーケンス図の縮約手法の提案, 情報処理学会第160回ソフトウェア工学研究会, 2008年6月19日, 化学会館, 査読無し

⑤Takashi Ishio, Yui Watanabe, Katsuro Inoue: AMIDA: a Sequence Diagram Extraction Toolkit Supporting Automatic Phase Detection, The 30th International Conference on Software Engineering (ICSE2008), May 14th, 2008, Congress Center Leipzig, Leipzig, Germany, 査読有り

⑥田中昌弘, 石尾 隆, 井上克郎: 情報伝播によるオブジェクト指向プログラム理解支援の提案, 情報処理学会第70回全国大会, 2008年3月14日, 筑波大学筑波キャンパス, 査読無し

⑦石尾 隆, 田中昌弘, 井上克郎: ソースコード上での情報タグ伝播によるコードリーディング支援, 情報処理学会ウィンターワークショップ2008・イン・道後, 2008年1月24日, 愛媛大学, 査読有り

⑧渡邊 結, 石尾 隆, 井上克郎: オブジェクト指向プログラムの実行履歴に対する機能単位での自動分割, 電子情報通信学会ソフトウェアサイエンス研究会2007年12月研究会, 2007年12月18日, 島根大学松江キャンパス, 査読無し

〔その他〕

動的解析ツール「AMIDA」公開URL  
<http://sel.ist.osaka-u.ac.jp/~ishio/amida/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

石尾 隆 (ISHIO TAKASHI)

大阪大学・大学院情報科学研究科・助教

研究者番号: 60452413