

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月 5日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2008～2011

課題番号：20300009

研究課題名（和文）

高信頼Webサービスウェアの効率的な開発手法

研究課題名（英文）

A Development Method for Dependable WebService-ware

研究代表者

阿草 清滋 (Kiyoshi Agusa)

名古屋大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：90026360

研究成果の概要（和文）：

Web サービスウェアは、ネットワーク上で分散実行される Web サービスを統合するソフトウェアシステムである。本課題では、Web サービスウェアの効率的な開発技法の確立を目指した。振舞モデルの定義に対してセッション型などの静的解析を適用する抽象的なモデル開発アプローチと、具体的プログラム記述から Web サービス統合として整合した再利用コードを発見する再利用アプローチを実施し、高信頼のサービスウェア構築を目指して研究を行った。

研究成果の概要（英文）：

We have investigated dependable developing method for 'WebService-ware' that integrates WebServices over the Internet. We studied behavioral models for WebService-ware via communications with static analysis techniques such as a session type system. We proposed a code mining to reuse program codes for efficient construction of WebService-ware.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	6,600,000	1,980,000	8,580,000
2009年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
2010年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2011年度	1,300,000	390,000	1,690,000
総計	14,200,000	4,260,000	18,460,000

研究分野：ソフトウェア工学

科研費の分科・細目：情報学・ソフトウェア

キーワード：Web サービス, コレオグラフィー, プログラム解析

1. 研究開始当初の背景

複数のサービスプロバイダが提供するサービスを組み合わせ、統合的なアプリケーションをサービス指向アーキテクチャ(SOA)に基づいて構築する技術に注目があつまっている。

このような考え方から、BPEL や XPD L などのワークフロー記述言語を拡張した仕様記述, Web Service-Transaction, WCAF など複数の Web サービスを連携する際のトランザクション処理のための仕様, WS-CDL といった協調動作記述が提案されている。これらの技

術は、ネットワーク上における Web サービスの急速な発展により、実現技術主導で急速にスケールアップされている。このため、ソフトウェアとしての信頼性を確保するためのソリッドな基盤モデルが十分認識されるとは言えない。

Web サービスによるソフトウェアの振舞いは、サーバ/クライアント間あるいはサーバ同士の通信に基づいて本質的に分散的な制御が行われるという点で、従来のソフトウェアの振舞いとは異なる。Web サービスに基づくソフトウェアシステムの解析は、従来の

ような関数的モデルにおける入出力と副作用に対する個別的解析技法の拡張ではなく、通信に基づく分散実行に基づく新たなソフトウェアモデルに基づく解析技法を確立しなければ、ソフトウェアの更なる信頼性向上は期待できない。

2. 研究の目的

本研究では、ネットワーク上で提供される Web サービスを統合することで構成されるソフトウェアシステムを Web サービスウェアとして定義し、高信頼で効率的な開発技法を確立したフレームワークの提案を目標とする。本研究では、通信指向プログラミングモデルに基づき、コレオグラフィー(Choreography)の考え方から Web サービスウェアを定式化して、全体的な通信の状況を記述した大域記述に対して、分散環境への適合性、分散実行の自動化を示す。さらに、分散コンポーネントの検索、開発の効率化を図り、通信指向プログラミングにおける抽象モデルと具体コードの整合性を陽に示すことによって、Web サービスを最大限に活用した Web サービスウェアに対して、高信頼で効率的な開発のフレームワークを提案する。

フレームワークは、抽象度の高い上流過程における整合性のとれたプログラムモデルの構築と抽象度の低いコーディングにおける整合性のとれたコンポーネント設計技法からなる。Web の分散実行を大域的に記述して、等価な分散記述を導出するエンドポイント射影を基本技術として、設計からコーディングまでの一貫性のある Web システムの構築手法を示すことで信頼性向上を目的とする。

3. 研究の方法

高信頼 Web サービスウェアの効率的な開発手法の確立を目標として、本研究では振舞モデルからトップダウンに行う手法と、実際のプログラム記述を対象として、ボトムアップに部品の再利用を支援する手法を組み合わせた統合モデルを構築することを目指した。ただし、当初より本研究期間では Web サービスウェアの高信頼な実現を具体的に提示する段階まで実施することは困難であることが予想されていた。このため、全体の統合となるモデルを設定せず、上流と下流のそれぞれからモデルの構築を試みることによって、Web サービスウェアにとって重要な概念の整合性を様々なアプローチで上げることを研究の最終方針とした。

モデルのアプローチは、プロセス計算に基づく並行計算モデルに基づいて、分散化のための概念に関して研究を行った。当初は、分散化手法の実践的な手法について研究を行った。この過程で、各コンポーネントの通信プロトコルの整合性に重点を置いて研究を

進めた。さらに、信頼性を向上させるためには時間に基づく暗黙の同期が重要であり、時間による振舞の整合性について研究を進めた。ここで、一般に実時間実行の実現メカニズムとして優先度をモデルの振舞に導入し、時間制約のある実行の実現との整合性を調べる。

実際のプログラム記述を対象としたアプローチでは、サーバサイド、クライアントサイドの双方を対象に再利用性の高いコードフラグメントの抽出技法を研究した。クライアントサイドのプログラムとして広く利用されている JavaScript 言語を対象に、実際に Web 上に散在するコードを収集・蓄積・解析基盤の構築を行った。サーバサイドの言語として Java 言語を対象として、それぞれのコーディングパターン発見手法を研究した。さらに、複雑な振る舞いを内包するサーバサイドのプログラムを理解する支援手法の開発を行った。

以上のような観点で、Web サービスウェア高信頼性の基盤となる整合性について研究を進め、統合した概念によるサービスウェア構築を目指して研究を行った。

4. 研究成果

1) Web サービスウェアの振舞いモデル

Web サービスウェアの基本的振舞いモデルについて検討した。Web サービスウェアを実現するフレームワークの候補の一つとして apache cocoon の振舞いモデルとして FTG(flowscript transition graph)を提案し、振舞いをモデル検査の枠組みで網羅的に検証する枠組みについて研究を行った。

2) セッション型の検査機構

Web サービスの振舞いの性質を表現できるセッション型の型推論機構を提案し、Haskell の型プログラミングによる型推論を実現した。

3) コレオグラフィに基づく高信頼通信指向プログラミング手法

GUI アプリケーションの開発に対して、エンドポイント射影を応用し、その振る舞いをユーザ・内部システム・GUI コンポーネントの間の通信系列で特徴化し、通信指向プログラミング手法を適用することで、高信頼の GUI プログラミングを実現する手法を提案した。GUI アプリケーションの大域的な記述として GUI-CDL、局所的な記述として GUI- π を定義し、GUI-CDL から GUI- π への変換 GUI-EPP を定義した。

4) 時間を用いた同期の振舞の整合性

本プログラミング手法を実時間システムに適用するためには、これまでの研究で得ら

れた知見の中で、優先度をもつ計算メカニズムとセッション型に対する実際的な検査機構が必要であることが分かってきた。このために、以下の2点について重点的に研究を進めた。①計算メカニズムを記述する枠組みの基本となる π 計算に優先度を組み込む新たな体系の提案、②Haskellに基づくセッション型推論の新たな体系の提案

さらに従来から研究を行っている優先度を導入した実時間計算モデルである制御オートマトンの研究を進めた。これは、ターゲットとなるシステムに割込み処理を追加するための基礎となることが期待できる。

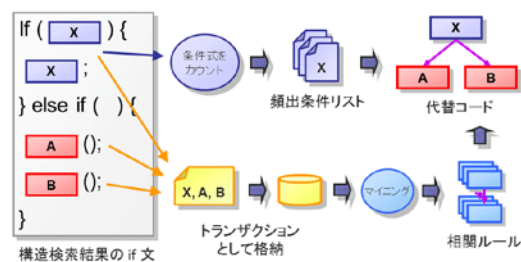
5) 優先度実行に対する整合性

本プログラミング手法の主なターゲットとなる実時間システムへの適用において、優先度を含む振舞の拡張と、セッション型に基づく型推論体系が重要であることが、これまでの研究の知見からわかった。このため、本年度は、基本体系である π 計算へ優先度を導入した新たな体系と、Haskellによる型推論機構の実現について研究を進めた。

6) JavaScript コードの収集・蓄積・解析基盤の構築と、コーディングパターン発見手法

Web サービスを利用するアプリケーションのクライアントサイドでの代表的な実装言語である JavaScript は、その実行環境の多様性から環境に適用させるための実装を必要とする。

本課題では、Web 上に散在する JavaScript を収集・蓄積・解析する基盤を開発・整備した。基盤開発と並行して、多量の JavaScript コードから環境に適用させるためのコード片をデータマイニング技術を適用して、効果的に発見する手法を提案した。(下図)



実際に Web 上から JavaScript コードを収集し、そのデータに対して提案手法を適用することで、提案手法によって実際に環境適用のためのコード片を発見できることを確認した。実験結果を分析して、より多くのパターンを発見できるよう手法を改良した。解析対象をメソッド呼び出しの集合から、代入文およびメソッド呼び出しの系列へ拡張し、適用するデータマイニング手法を変更することでより多量の再利用コードの取得に成

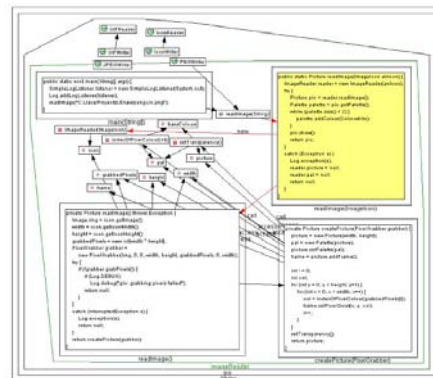
功した。

7) Java 言語を対象とした再利用性の高いコードフラグメント発見およびプログラム理解のための可視化手法の開発

Web サービスを実現するサーバサイドでの代表的な実装言語である Java 言語を対象として、再利用性の高いコードフラグメントの発見手法と、複雑なプログラムの動作を理解する支援手法を開発した。

Java ソースコード群から頻出するコードパターンを抽出する手法を拡張した。メソッド呼び出しの一部を展開させることで実際に利用される呼び出し順を静的に解析し、オブジェクトに割り当てられた責務単位を考慮した解析を行う手法を提案した。複数のクラス/オブジェクトにまたがって Web サービス呼び出しを行い一連の処理を実現しているコードを発見するための基盤を整えた。

開発者が複雑なプログラムの動作を理解することを支援することを目的として、プログラムの効果的な可視化手法を開発した。ソースコードを読み進める際の理解支援手法として、複数の抽象度を同時に可視化することで、大域的な関係を考慮しながらソースコードを辿ることを可能にするソフトウェアマップ手法を開発した(下図)。



また、実際の実行結果を効果的に可視化するために、メタパターンの観点で抽象化することで振る舞い理解の観点では不要となる実行トレース情報を削減する手法を開発した。

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 13 件)

- (1) Keigo Imai, Syoji Yuen, Kiyoshi Agusa: A session type system with subject reduction, IEICE Transaction 査読有、(採録決定)
- (2) Kunihiro Noda, Takashi Kobayashi, Shinichiro Yamamoto, Motoshi Saeki, Kiyoshi Agusa: Reticella: An Execution Trace Slicing and

Visualization Tool based on a Behavior Model, IEICE Transactions on Information and Systems, 査読有 Vol.E95-D, No.4, 2012, pp.959-969

- (3) 大須賀俊憲, 小林隆志, 渥美紀寿, 間瀬順一, 山本晋一郎, 鈴木延保, 阿草清滋, CX-Checker: 柔軟にカスタマイズ可能な C 言語プログラムのコーディングチェッカ, 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol. 53 No.2, 2012, pp.590-600
- (4) Keigo Imai, Shoji Yuen, and Kiyoshi Agusa, Session Type Inference in Haskell, Electronic Proceedings in Theoretical Computer Science, 査読有, Vol. 69, 2011, pp.74-91
- (5) 濱口毅, 酒井正彦, 馬場正貴, 阿草清滋, 例外処理を持つ関数型プログラムの停止性・非停止性証明法, 情報処理学会論文誌 (トランザクション) プログラミング, 査読有, Vol. 4 No.1, 2011, pp.13-30
- (6) 小林隆志, 林 晋平, データマイニング技術を応用したソフトウェア構築・保守支援の研究動向, コンピュータソフトウェア, 査読有, Vol. 27 No.3, 2010, pp.13-23
- (7) 蛭牟田英治, 小林隆志, 末次亮, 大須賀俊憲, 山本晋一郎, 阿草清滋, JavaScript ソースコードドリポジトリを用いた代替コード発見, コンピュータソフトウェア, 査読有, Vol. 27 No.2, 2010, pp.129-134
- (8) 上原伸介, 小林隆志, 大須賀俊憲, 山本晋一郎, 阿草清滋, 多粒度な可視化によるソフトウェア理解支援, コンピュータソフトウェア, 査読有, Vol. 27 No.2, 2010, pp.116-121
- (9) 小林隆志, 沢田篤史, 山本晋一郎, 野呂昌満, 阿草清滋, On the Job Learning: 産学連携による新しいソフトウェア工学教育手法, 情報システム学会誌, 査読有, Vol. 5 No. 2, 2010, pp.32-45
- (10) 安藤恭平, 金子伸幸, 山本晋一郎, 阿草清滋, テスト実行に基づくコンポーネント検索, コンピュータソフトウェア, 査読有, vol.25 No.3, 2008, pp.194-207

[学会発表] (計 53 件)

- (1) Noritoshi Atsumi, Mitsuaki Oba, Takashi Kobayashi, Shinichiro Yamamoto and Kiyoshi Agusa, An XML Representation of Preprocessed Code for Static Analysis, IEEE 22nd annual International Symposium on Software Reliability Engineering (ISSRE 2011) Hiroshima, Japan, 29 Nov.-2 Dec. 2011.
- (2) 山下 訓昭, 小林 隆志, 横田 治夫, 阿

草 清滋: ファイルアクセス履歴から抽出した参照関係に基づくファイル検索手法 第 4 回 Web とデータベースに関するフォーラム 東京, 4 Nov. 2011

- (3) Yasunari Takai, Takashi Kobayashi, Kiyoshi Agusa, Software Metrics based on Coding Standards Violations, the Joint Conference of the 21th International Workshop on Software Measurement and the 6th International Conference on Software Process and Product Measurement (IWSM/MENSURA2011), Nara, Japan, 3-4 Nov. 2011
- (4) 中堂園 貴幸, 結縁 祥治, Alloy によるタスクスケジューリング解析, 組込みシステムシンポジウム 2011, 東京 19-21 Oct, 2011
- (5) Motohiro Akiyama, Shinpei Hayashi, Takashi Kobayashi, Motoshi Saeki, Supporting Design Model Refactoring for Improving Class Responsibility Assignment, ACM/IEEE 14th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems (MODELS 2011), Wellington, New Zealand, 16-21 Oct. 2011
- (6) Noritoshi Atsumi, Shinichiro Yamamoto, Takashi Kobayashi, Kiyoshi Agusa, An XML C Source Code Interchange Format for CASE Tools, the IEEE Signature Conference on Computers 2011, Software, and Applications Munich, Germany, 18-21 Jul. 2011
- (7) Yasunari Takai, Takashi Kobayashi, Kiyoshi Agusa, Preliminary Assessment of Software Metrics based on Coding Standards Violations, Joint Workshop on Software Science and Engineering (IEICE Technical Report No.IEICE-SS2011-12), Seoul, Korea, 30 Jun.-1 Jul. 2011
- (8) Takuya Iwatsuka, Shoji Yuen, An Extension of DynAlloy with Concurrency, IEICE SIGSS (Joint Workshop on Software Science and Engineering) (IEICE Technical Report No.IEICE-SS2011-1), Seoul, Korea, 30 Jun.-1 Jul. 2011
- (9) 岩塚卓弥, 結縁祥治, 並行処理記述のための DynAlloy の拡張, 第 13 回プログラミングおよびプログラミング言語ワークショップ, 北海道, 2011.03.10
- (10) 結縁祥治, 太田正悟, 名前渡しプロセス計算における優先度ガード, 第 13 回プログラミングおよびプログラミング言語ワ

- ークショップ, 北海道, 2011.03.10
- (11) 小林隆志, 林晋平, データマイニング技術を応用したソフトウェア構築・保守支援, 第 17 回 ソフトウェア工学の基礎ワークショップ FOSE2010, 新潟, 2010.11.17
 - (12) 上原伸介, 小林隆志, 渥美紀寿, 山本晋一郎, 阿草清滋, トレースに基づくデバッグにおける欠陥箇所発見支援手法, 第 17 回 ソフトウェア工学の基礎ワークショップ FOSE2010, 新潟, 2010.11.17
 - (13) 渥美紀寿, 谷聡貴, 大塚直也, 小林隆志, 山本晋一郎, 阿草清滋, 組込みソフトウェア製品ファミリにおけるコンパイルスイッチによる構成管理手法, 第 17 回 ソフトウェア工学の基礎ワークショップ FOSE2010, 新潟, 2010.11.17
 - (14) 渥美紀寿, 山本晋一郎, 小林隆志, 阿草清滋, CASE ツール・プラットフォームのための C ソースプログラムの XML 表現とその応用, ソフトウェアシンポジウム 2010, 東京, 2010.9.1
 - (15) Tetsutaro Watanabe, Takashi Kobayashi, Haruo Yokota, Searching Keyword-lacking Files Based on Latent Interfile Relationships, 5th International Conference on Software and Data Technologies (ICSOFT2010), アテネ・ギリシャ, 2010.07.18
 - (16) Guoqiang Li, Xiaojuan Cai, Shoji Yuen, Modeling and Analysis of Real-Time Systems with Mutex Components, 12th Advances in Parallel and Distributed Computing Models, Atlanta, USA, 2010.04.19
 - (17) Keigo Imai, Shoji Yuen, Kiyoshi Agusa, Session Type Inference in Haskell, PLACES '10: Programming Language Approaches to Concurrency and Communication-cEntric Software, Paphos, Cyprus, 2010/3/21
 - (18) 今井 敬吾, 結縁 祥治, 阿草 清滋, 極性をもたないセッション型システム, 第 12 回プログラミングおよびプログラミング言語ワークショップ PPL2010, 香川, 2010/3/3
 - (19) Eiji Hirumuta, Takashi Kobayashi, Noritoshi Atsumi, Kiyoshi Agusa, Finding Alternate Javascript Codes with a Code Repository, the IASTED International Conference on Software Engineering 2010, Innsburk, Austria, 2010/2/17
 - (20) Kunihiro Noda, Takashi Kobayashi, Shinichiro Yamamoto, Kiyoshi Agusa, Sequence Diagram Slicing, Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC) 2009, Penang, Malaysia, 2009/12/1
 - (21) 蛭牟田英治, 末次亮, 大須賀俊憲, 小林隆志, 山本晋一郎, 阿草清滋, JavaScript ソースコードリポジトリを用いた代替コード発見, ソフトウェア工学の基礎ワークショップ 2009, 箱根, 2009/11/13
 - (22) Hiroshi Kazato, Rafael Weis, Shinpei Hayashi, Takashi Kobayashi, Motoshi Saeki, Model-View-Controller Architecture Specific Model Transformation, 9th OOPSLA Workshop on Domain-Specific Modeling (DSM09), Orlando, USA, 2009/10/25
 - (23) 上原伸介, 小林隆志, 大須賀俊憲, 山本晋一郎, 阿草清滋, 多粒度な可視化によるソフトウェア理解支援, ソフトウェアエンジニアリングシンポジウム, 東京, 2009/9/8
 - (24) 大須賀俊憲, 小林隆志, 間瀬順一, 渥美紀寿, 山本晋一郎, 鈴村延保, 阿草清滋, CX-Checker: C 言語プログラムのためのカスタマイズ可能なコーディングチェッカ, ソフトウェアエンジニアリングシンポジウム, 東京, 2009/9/8
 - (25) Guoqiang Li, Shoji Yuen, Masakazu Adachi, Environmental Simulation of Real-Time Systems with Nested Interrupts, 3rd IEEE International Symposium on Theoretical Aspects of Software Engineering (TASE2009), Tianjin, China, 2009/7/29
 - (26) 今井 敬吾, 結縁 祥治, 阿草 清滋, A Full Implementation of Session Types, 第 11 回プログラミングおよびプログラミング言語ワークショップ PPL2009, 岐阜, 2009/3/10
 - (27) 谷 聡貴, 小林 隆志, 山本 晋一郎, 阿草清滋, スタックトレース情報を用いた問題解決経験の検索, ソフトウェア工学の基礎ワークショップ FOSE2008, 兵庫, 2009/11/14
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
阿草 清滋 (Kiyoshi Agusa)
名古屋大学・大学院情報科学研究科・教授
研究者番号 : 90026360
 - (2) 研究分担者
結縁 祥治 (Shoji Yuen)
名古屋大学・大学院情報科学研究科・教授
研究者番号 : 70230612

小林 隆志 (Takashi Kobayashi)
名古屋大学・大学院情報科学研究科・
准教授
研究者番号：50345386

濱口 毅 (Takeshi Hamaguchi)
名古屋大学・大学院情報科学研究科・助教
研究者番号：90263284

(3) 連携研究者
()

研究者番号：