

研究種目：若手研究（B）  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18700033  
 研究課題名（和文） 動的データを処理する Web サービスの自動高速化に関する研究  
 研究課題名（英文） A Study of Automatic Optimization for Web Services Processing Dynamic Data

## 研究代表者

小池 英勝 (Hidekatsu Koike)  
 札幌学院大学・社会情報学部・准教授  
 研究者番号：60405636

## 研究成果の概要：

本研究は、Web サービスをより効率的かつ正確に開発するための核となる方法を提案した。この方法の特徴は、システムの設計図に相当する形式的仕様に関して正しいプログラムの集合を数学的に定義し、その中から効率的なものを探索するので、生成されるプログラムの正当性と効率を両立できることである。Web サービスは社会的な重要性和需要を増しつつあり、開発工期が従来よりも短い中で、高速に動作し、かつ、信頼性の高いプログラムを開発する必要がある。本研究の成果はその実現のための基礎となる可能性がある。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,400,000	0	1,400,000
2007年度	1,100,000	0	1,100,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	270,000	3,670,000

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：ソフトウェア工学

## 1. 研究開始当初の背景

研究開始当時 Web サービスの普及が始まっていた。Web サービスは、REST、SOAP、WSDL、UDDI などの技術により通信プロトコルや機能の公開方法を共通化することで、プログラム言語やプラットフォームに依存しないアプリケーションソフト間のインタラクションを実現可能にした。これによって複数の異なるシステムが連携しながら、イン

ターネット上に分散して存在するデータを処理することが可能になった。その結果、企業や団体、個人の壁を超えてインターネット上の情報やサービスの共有、公開、融合を自動的に行うことが可能になり、社会に与えるインパクトは大きいと予想された。

しかし、Web サービスが普及するにつれて、経済活動、生命、安全などに係る社会的に重要な場面での利用や需要の増加により利用頻度が高まると Web サービス間の相互作用

を、いかに信頼性を確保しながら効率化するかが大きな問題になると予想された。これは、通信プロトコルに従来よりも汎用的なものを採用し、多様な接続を可能にした代償として通信のオーバーヘッドが大きくなったことが大きな一因である。その解決策として、キャッシングの導入やロジックの最適化などの高速化が必要になるが、従来の人手で行う手法は、コーディングやテストに大きなコストがかかりソフトウェアの信頼性の確保と効率化の両立は困難である。さらに、変化の激しいインターネットの性質から Web アプリケーションの拡張や仕様変更が従来のアプリケーション以上に頻繁に起こり、その問題は更に深刻になると予想された。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は Web サービスを人が直接プログラミングして構築するのではなく、形式的仕様を記述しそこから効率的なプログラムを自動生成することによって、変化に強く効率的で信頼性の高い Web サービスを構築する技術を開発することである。

## 3. 研究の方法

異なる複数の Web サービスから得られた情報を用いて新しい情報を出力するサイトを自動生成し同時に効率化も行うための方法論を検討した。実験システムとして、価格.com や Amazon.co.jp 等の異なる Web サービスから情報を取得し、独自の処理で加工し新しい情報を出力するシステムを構築した。サイト毎に、情報の取得方法、結果の出力形式が異なるので、その差異を解消して比較するシステムの形式的仕様(節集合)を記述し、その形式的仕様を満たすプログラム(等価変換ルール集合)を生成することでシステムを構築した。プログラムの生成には等価変換に基づくプログラム自動生成法を採用した。既存の自動生成法について Web サービスのための拡張の必要性などを検証した。

Web サービス上のデータは宣言的な記述である XML 文書なので節集合に変換可能である。Web サービス上のデータを節集合に変換したものを DD とする。また、異なるサイトの異なる形式の出力の関係も節集合で記述できる。この集合を DC とする。さらに、Web サービスからデータを取得するシステムも節集合で記述し、どのように結果を比較し出力とするかを節集合で記述した。この集合を DS とする。これまでのプログラム生成が仕様の宣言的意味 MP(DC U DS)に関して等価変換であるルール集合を構築する問題であったのに対して、本研究ではプログラム生成を MP(DC U DS U DD) に関して等価変換であるルール集合を構築する問題に拡張した。

DC と DS は静的な仕様なので、従来のプログラム自動生成法が適用できた。DD は動的な部分であるが一度内容が決まると従来既存の方法がそのまま適用できることが分かった。ただし、DD が変化した場合、再度自動生成を行ってプログラムを更新する必要があった。よって、プログラム生成のタイミングと範囲を適切に決定し、実用的な処理時間で十分に効率的なプログラムを生成するための方法論を考察した。

本研究の内容をまとめると以下のようになる。

### (1) 理論の構築

本研究では等価変換に基づく形式的仕様からのプログラム自動生成法を用いて、Web アプリケーションの形式的仕様からプログラムを自動生成する方法を提案した。既存の理論では、Web 上の動的な仕様 (DD) をどのように扱えばよいのか明らかではなかった。本研究では Web 上の動的に変化する仕様からプログラムを自動生成するための理論の拡張を試みた。

### (2) 独自の言語処理系の開発

本研究では、等価変換に基づくプログラム生成法を採用するため、その生成方法の要件を満たす独自の言語処理系を採用する必要があった。実験システムを構築するために、この言語処理系に Web サービスのための機能を追加した。

### (3) 実験システムの構築

独自の言語処理系を用いて実験的な Web サービスプログラム自動生成システムを構築した。このシステムは節集合として形式的仕様 (DC U DS U DD) を与えるとそこから実行可能なプログラムを出力する。出力されたプログラムは独自の言語処理系で動作するものだが、コンパイラによってさらに C++ のプログラムに変換可能である。

### (4) 実験

構築した実験システムを動作させてデータを収集した。システムの一般的なロジックを記述する仕様 (DS) と、各システムのデータ形式の差異を吸収するための仕様 (DC)、そしてデータを宣言的に記述した動的な仕様 (DD) を節集合として与え、実行プログラムを生成し生成されたプログラムが正しく動作することを確認した。

## 4. 研究成果

本研究は、等価変換に基づき形式的仕様から効率化されたプログラムを自動生成する方法を Web サービスに適用する試みである。本研究の成果を用いると Web サービスを複数組み合わせて新しいサービスを作り出すマッ

シユアッなど、より短期間に効率的かつ信頼性のあるプログラムが開発できる可能性がある。一般的にプログラミングのコーディングは人手で行われるが、本研究で開発する技術を用いることにより、開発者はシステムの形式的仕様を記述し、形式的仕様に関して正当で効率的なプログラムを自動生成できる。形式的仕様の記述は、手続きの意味を考慮せずにシステムの設計を記述できるのでプログラムを直接記述する一般的な開発方法よりも上流工程に集中でき開発者の負担を大きく減らすことが出来る可能性がある。等価変換に基づくプログラム自動生成を実現するために、自動生成のための必要な性質を満たす言語処理系を独自に開発する必要があった。本研究では、この言語処理系に Web サービスのための機能を追加・拡張を行い、ネットワーク上にあるデータを形式的仕様の一部として扱うことを可能にした。拡張した言語処理系を用いて、実存する Web サービスに接続しデータを取得しながら形式的仕様を構成しそこからプログラムを自動生成するシステムを試作し実験を行った。具体的な研究成果は以下の通りである。

- ① Web サービスシステムの自動生成と効率化の実現可能性の確認：  
仕様からのプログラム生成方法が Web サービスにも用可能であることが確認できた。
- ② Web サービスのためのプログラム自動生成の理論拡張：  
これまでのプログラム生成が仕様の宣言的意味  $MP(DC \cup DS)$  に関して等価変換であるルール集合を構築する問題であったのに対して、本研究ではプログラム生成を  $MP(DC \cup DS \cup DD)$  に関して等価変換であるルール集合を構築する問題に拡張した。
- ③ Web サービスの効率化に関する知見：  
本研究のプログラム自動生成と効率化の方法は、データキャッシングと実行時コンパイルによる効率化を一般化できる可能性があることを発見した。今後これらの研究を更に進め論文を発表する予定である。
- ④ 本研究で開発した言語処理系の公開：  
本研究で開発した言語処理系はインターネットで公開し誰もが利用可能である。また、この言語処理系を用いて、これまでに多くの実験システムや、プログラムの自動採点などの教育システムが作成された。

以上の成果により、今後 Web サービスがより社会的重要性を増し経済活動、生命や安全に関わる場面で利用される状況でもその適用範囲を限定する（従来のソフトウェア開発の問題から起こる）要因を大幅に取り除くこと

ができる可能性がある。本研究は Web サービスやクラウドなどのインターネットを介したシステムの集合体として新しいサービスを構築するための技術の発展に貢献する可能性がある。

#### 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 7 件）

- ① 西田 好孝, 赤間 清, 小池 英勝: "メタ計算に基づくプログラム生成実験システム", 信学技報, Vol.107, No.392, 31--36(2007.12), 査読無
- ② Hidekatsu Koike, Kiyoshi Akama, Chiharu Ishikawa, Nagatomo Nakamura, Shinya Watanabe, "Toward a Software Development Model for Automatic Marking Software", Proc. of ACM Special Interest Group on University and College Computing Services (SIGUCCS) Fall 2007 Conference, pp. 190--193, (Oct. 7-10, 2007, Orland, Florida, America), 査読有
- ③ Yoshinori Shigeta, Kiyoshi Akama, Hiroshi Mabuchi, and Hidekatsu Koike, Converting Constraint Handling Rules to Equivalent Transformation Rules, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol.10 No.3, 2006, pp.339--348, 査読有
- ④ Hidekatsu Koike, Kiyoshi Akama, and Hiroshi Mabuchi, Dynamic Interaction of Syntactic and Semantic Analyses Based on the Equivalent Transformation Computation Model, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol.10 No.3, 2006, pp. 302--311, 査読有
- ⑤ Hidekatsu Koike, Kiyoshi Akama, Hiko Morita, Katsunori Miura, Using an Automatic Marking System for Programming Courses, Proc. of ACM Special Interest Group on University and College Computing Services (SIGUCCS) Fall 2006 Conference, pp. 173--177, 2006 (Nov. 5-8, 2006, Edmonton, Alberta, Canada), 査読有
- ⑥ Kiyoshi Akama, Ekawit Nantajeewarawat, Hidekatsu Koike: Program Generation in the Equivalent Transformation Computation Model using the Squeeze Method,

Perspectives of System Informatics,  
Lecture Notes in Computer Science,  
Vol. 4378, Springer Verlag, Heidelberg,  
pp. 41-54 (2006), 査読有

- ⑦ 小池 英勝 (Hidekatsu Koike),  
Nantajeewarawat, Hidekatsu Koike,  
Componentwise Program  
Construction: Requirements and  
Solutions, WSEAS Transactions on  
Information Science and Applications,  
Issue 7, Volume 3, pp1214-1221, (July  
2006) (ISDN 1790-0832), 査読有

[その他]

ホームページ等

<http://assam.cims.hokudai.ac.jp/eti/>  
言語処理系 ETI の HP

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

小池 英勝 (Hidekatsu Koike)

札幌学院大学・社会情報学部・准教授

研究者番号：60405636

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

なし