

機関番号：33917

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20500040

研究課題名(和文)非同期サービス指向アーキテクチャの統一的设计・検証方法に関する研究

研究課題名(英文) A Unified Design and Verification Methodology on Asynchronous Service-Oriented Architecture

研究代表者

青山 幹雄 (AOYAMA MIKIO)

南山大学・情報理工学部・教授

研究者番号：40278073

研究成果の概要(和文)：

ソフトウェアの機能をサービスとして遠隔に利用し、Webを基盤とする情報システムを開発する技術であるサービス指向アーキテクチャ(SOA)を拡張する。従来、サービス利用は主として同期的であったが、ワークフローなどの非同期なサービス利用を同期サービスと統合して実現する非同期サービス指向アーキテクチャ UniSOA を提案した。プロトタイプを開発し、提案技術の妥当性を検証した。さらに、クラウドコンピューティング、自動車テレマティクスサービスへ応用し、有効性を評価した。

研究成果の概要(英文)：

This research extended SOA (Service-Oriented Architecture) in order to accommodate asynchronous service usage. We proposed a UniSOA, a model and design methodology for integrating Asynchronous SOA with Synchronous SOA. We proved the concept by prototyping of UniSOA and demonstrated the effectiveness by applying UniSOA to Cloud Computing and Automotive Telematics Services.

交付決定額

(金額単位：円)

|        | 直接経費      | 間接経費      | 合計        |
|--------|-----------|-----------|-----------|
| 2008年度 | 1,500,000 | 450,000   | 1,950,000 |
| 2009年度 | 1,000,000 | 300,000   | 1,300,000 |
| 2010年度 | 900,000   | 270,000   | 1,170,000 |
| 年度     |           |           |           |
| 年度     |           |           |           |
| 総計     | 3,400,000 | 1,020,000 | 4,420,000 |

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，サービス指向アーキテクチャ，クラウドコンピューティング，ソフトウェアアーキテクチャ，ソフトウェア設計技術，リアルタイムソフトウェア，自動車ソフトウェア，ホームネットワーク

## 1. 研究開始当初の背景

社会における情報システムの基盤として Web サービスが普及している。Web サービスを用いて情報システムを開発する技術としてサービス指向アーキテクチャ(SOA)の研究が注目されている。さらに、Web 上でソフトウェアをサービスとして提供する SaaS (Software as a Services)が、将来のソフトウェア開発の基盤とし

て、萌芽してきている。

## 2. 研究の目的

Web サービスや SaaS の利用において、サービスの利用者がサービスの提供者と直接連携して、同期的にサービスを利用する形態が主であった。しかし、サービス利用の効率向上と Web というグローバルなネットワーク環境におけるスケラビリティを考慮すると、非同期にサービスを

利用できることは極めて重要である。非同期サービスはワークフロー、予約システムなど、現実には多くの場面で利用されているが、構造や振舞いが多様であることから、個別的な開発技術に留まっていた。

本研究の目的は、非同期サービスを従来の同期サービスと統合して提供可能とする非同期サービス指向アーキテクチャのモデルと設計方法を確立することにある。

### 3. 研究の方法

本研究では研究目的を次の3つの課題に分けて行った。

- (1) 非同期 SOA の一般モデルの導出：SOA の一般的なモデルの基礎となるメタモデルの開発と、メタモデルに基づき、階層毎のメッセージ交換パターンと階層全体のメッセージ交換アーキテクチャの組み合わせを定義するアーキテクチャ記述言語の開発。
- (2) サービス指向アーキテクチャの統一開発方法論の提案：(1)で開発したモデルとアーキテクチャ記述言語に基づき、選択したアーキテクチャに階層毎に定義されたメッセージ交換パターンを組み込むことにより、同期サービスと非同期サービスの両方を包含する統一的なアプリケーション開発方法論の研究。
- (3) SOA の検証方法の提案：モデルに基づき合成された非同期 SOA の振舞いをモデル検査により検証する方法の研究

### 4. 研究成果

上述の3つの課題に対して、研究成果を説明する。

- (1) 非同期 SOA の一般モデルの導出
 

まず、これまでの SOA の技術の整理、体系化を行い、論文誌 ACM Transactions on Software Engineering and Methodology[8]、ならびに、情報処理学会ソフトウェアエンジニアリングシンポジウムの論文[6]としてまとめた。この整理に基づき、同期/非同期メッセージ交換を包含する SOA としてユニバーサルサービス指向アーキテクチャ (UniSOA: Universal SOA) の概念を提唱し、メタモデル(図 1)とパターンによりモデル化した[7]。これらの成果は、SOA の設計技術に関するオリジナルな成果であり、これをまとめた論文は SOA に関する最大の国際会議である IEEE ICWS (International Conference on Web Services) で採択された。また、関連論文を国内外の会議などの論文として公開した。

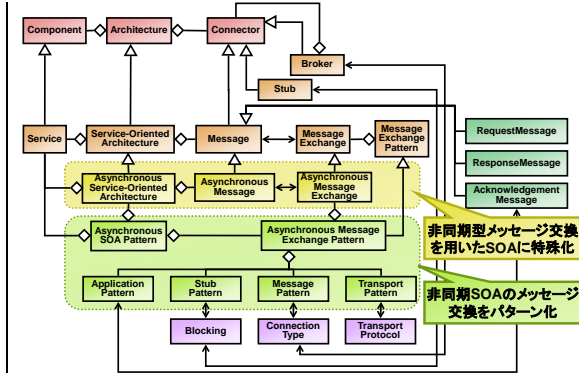


図 1 UniSOA のメタモデル

- (2) サービス指向アーキテクチャの統一開発方法論の提案

#### ① UniSOA の統一設計方法論 UDM の提案:

前年度に提案したユニバーサルサービス指向アーキテクチャ (UniSOA: Universal SOA) の概念に基づき、メッセージ交換パターンに基づく統一設計方法論 UDM (Unified Design Method) を提案した。さらに、システムの属性 (Attribute) に着目し、属性を中心に UniSOA を統一的に設計する方法を提案した(図 2)。この成果を論文にまとめ[4]、国内外の会議などの論文として公開した。

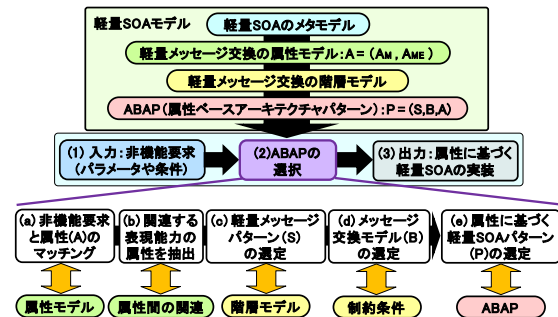


図 2 属性とパターンに基づく設計プロセス

#### ② UniSOA のリアルタイムシステムへの拡張

UniSOA を自動車ソフトウェアなどのリアルタイム性が要求されるドメインへの適用を考慮し、時間制約を満たすためのリアルタイム性を保証する設計方法を提案した(図 3)[3]。この方法では、サービスインタフェースを拡張し、タイミング条件などを形式的に表現する方法を提案し、それに基づき、タイミング要求を満たせるかどうか検証可能とする方法し、ツールとして実装した。

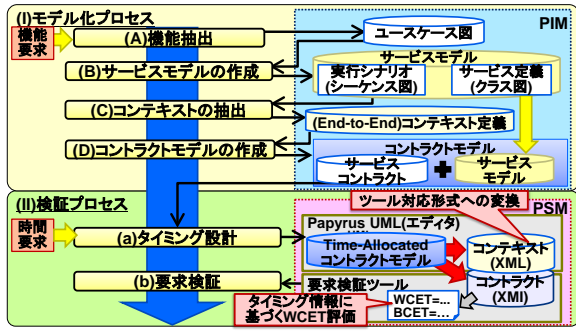


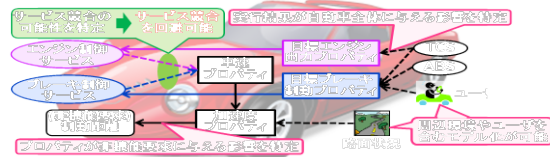
図3 リアルタイム SOA のモデル駆動開発

### ③ UniSOA の協調制御への応用

UniSOA のリアルタイムシステムへの応用として、自動車ソフトウェアへ適用した。特に、複数のプロセッサのサービスが協調して制御を行う協調制御の問題を SOA によりモデル化を行った。本研究では、制御対象の振舞いの性質をモデル化したプロパティ(Property)を中心に設計する方法を提案した(図4)[2]。プロパティ間の相互作用を分析することにより、サービスが自動車の振舞い

に対する影響を分析できる。

さらに、DSM(Design Structured Matrix)の表現を拡張した拡張 DSM を提案し、プロパティに加え、リアルタイム性などの影響伝播を分析する方法を提案した。これに基づきサービス実行のトレースを分析することにより、サービス間の競合の可能性を分析できる。提案方法を現在の自動車で最も高度な協調制御である車両運動統合制御システム (VDM: Vehicle Dynamics Management system)に適用し、提案方法の妥当性、有効性を評価した(図5)[2]。



ABS : Antilock Brake System TCS : Traction Control System

図4 自動車のプロパティ制御

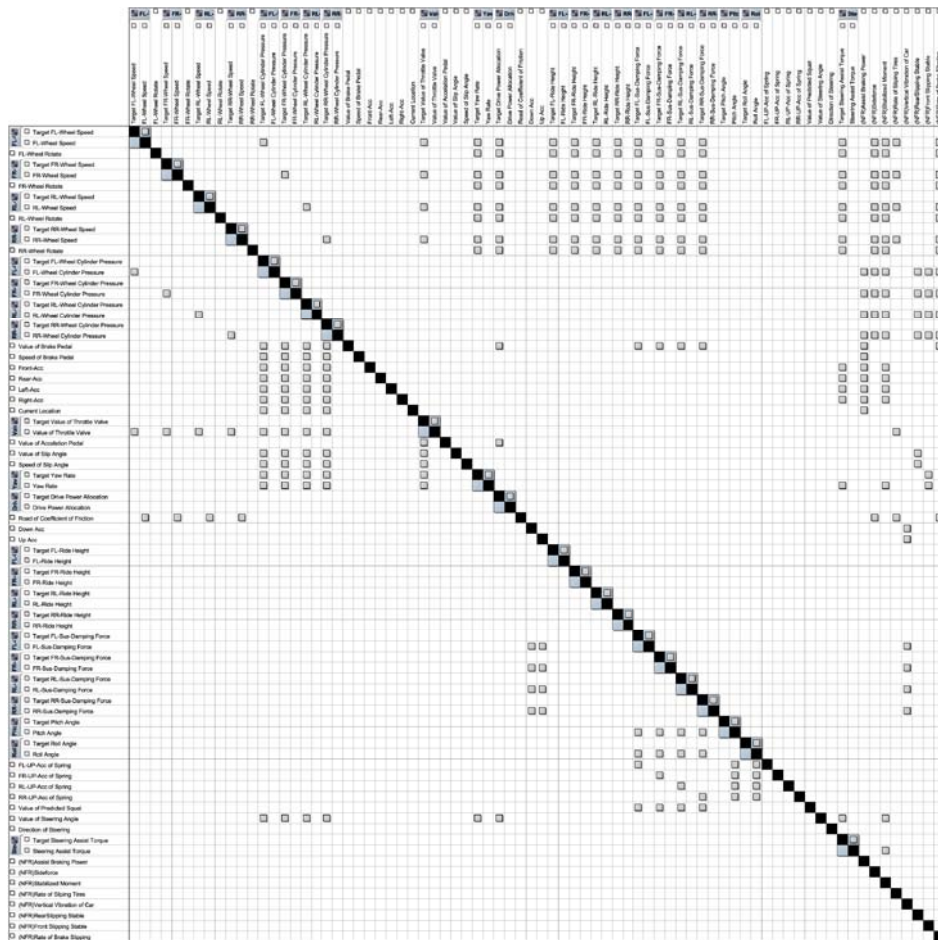


図5 VDM の拡張 DSM

④ UniSOA のクラウドコンピューティングとの連携への応用

UniSOA の応用として、自動車テレマティクスサービスを介したクラウドコンピューティングへ適用し、自動車ソフトウェアとクラウドコンピューティングを連携した ACSS(Automotive Cloud Service System)のアーキテクチャ DARWIN を提案した(図 6)。

DARWIN では、Web 上にある多様なサービスを、状況に応じて利用し、高度なサービスの提供を可能とする。電気自動車上でプロトタイプを実装し、応答時間などの性能を測定し、提案アーキテクチャの妥当性を確認した。

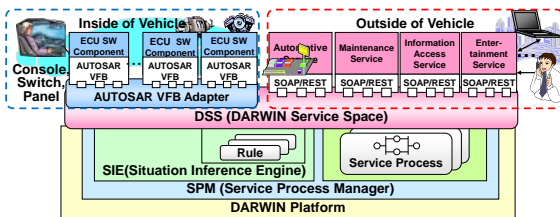


図 6 SOA に基づく ACSS アーキテクチャ

(3) SOA の検証方法の提案

提案方法の妥当性の検証，ならびに，有効性の評価を行った。

UniSOA を自動車ソフトウェアなどの実行時間が重要な要求となるソフトウェアへ適用するために，実行時間を評価，検証する方法を提案し(図 7)，自動的に検証を行うためのソフトウェアツールのプロトタイプを開発した(図 8)。

提案した検証方法とツールを自動車テレマティクスサービスへ適用し，提案方法の妥当性と有効性を評価した。これらの方法とツールによって，多数のプロセッサを搭載し，大規模で複雑化する自動車ソフトウェアの安全性，信頼性の向上を支援できることが期待できる。これらの研究成果は情報処理学会などの論文としてまとめ，公開している[3]。

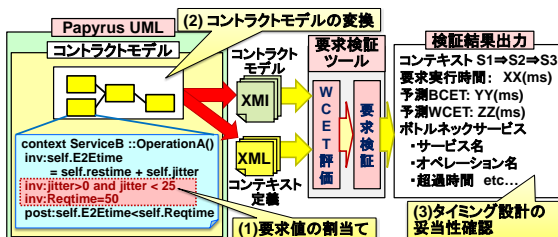


図 7 リアルタイム SOA 検証方法

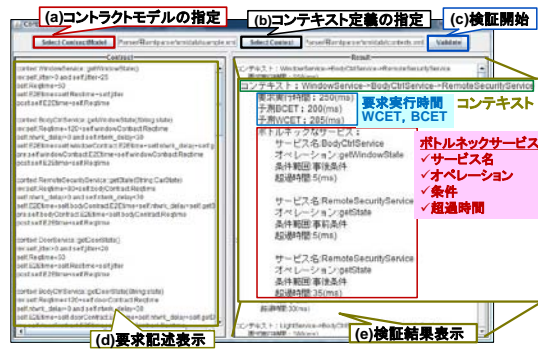


図 8 リアルタイム SOA 検証結果の例

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 25 件)

- [1] A. Iwai and M. Aoyama, Automotive Cloud Service Systems Based on Service-Oriented Architecture and Its Evaluation, Proc. IEEE CLOUD 2011, 査読有, Jul. 2011, IEEE Computer Society, 8 pages [採録決定済].
- [2] 青山 幹雄, 田邊 隼希, 自動車組込みサービス指向ソフトウェアアーキテクチャ設計方法, 自動車技術会論文集, 査読有, Vol. 42, No.4, Jul. 2011, 6 pages [採録決定済].
- [3] 永東 丈寛, 青山 幹雄, 中道 上, 佐藤 洋介, 岩井 明史, サービス指向車載ソフトウェアのリアルタイム協調サービス制御の設計方法と評価, ソフトウェアエンジニアリング最前線 2010, 査読有, 近代科学社, pp. 63-68.
- [4] M. Aoyama, T. Ikezaki, and N. Nakamichi, Attribute-Based Architecture Patterns for Lightweight Service-Oriented Architectures, Proc. APSEC 2009, 査読有, IEEE Computer Society, Dec. 2009, pp. 119-126.
- [5] 青山 幹雄, 中道 上, 佐藤 二郎, 小島 裕次, 車載ソフトウェアのサービスプラットフォームのモデルとアーキテクチャ, 自動車技術会論文誌, 査読有, Vol. 40, No. 6, Dec. 2009, pp. 1599-1604.
- [6] 青山 幹雄, サービス指向アーキテクチャの誕生と進化, ソフトウェアエンジニアリング最前線 2008, 招待論文, 近代科学社, Sep. 2008, pp. 9-16.
- [7] M. Aoyama and A. Mori, A Unified Design Method of Asynchronous Service-Oriented Architecture Based on the Models and Patterns of Asynchronous Message Exchanges, Proc. 2008 IEEE ICWS 2008, 査読有, IEEE Computer Society, Sep. 2008, pp. 537-544.

- [8] W. Emmerich, M. Aoyama, and J. Sventek, The Impact of Research on Middleware Technology, ACM Transactions on Software Engineering and Methodology (TOSEM), 査読有, Vol. 17, No. 4, Article 19, Aug. 2008, pp. 1-48.

[学会発表] (計 26 件)

- [1] 青山 幹雄, スマートソーシャルサービスシステムの構想: SOA は社会を目指せ, 情報処理学会ソフトウェア工学研究会ウインターワークショップ 2011・イン・修善寺, 2011 年 1 月 20 日, ラフォーレ修善寺.
- [2] M. Aoyama, Challenges and Opportunities of Cloud Computing R&D, IEEE Asia-Pacific Services Computing Conference, 2010 年 12 月 8 日, Huagang HNA Resort Hotel, Hangzhou, China.
- [3] 青山 幹雄, クラウドがもたらす次世代情報システムのアーキテクチャ, 電子情報通信学会 CEATEC JAPAN 2010, 2010 年 10 月 7 日, 幕張メッセ 国際会議場.
- [4] 青山 幹雄, クラウドコンピューティングのサービス品質モデルと課題, 情報処理学会ソフトウェア工学研究会ウインターワークショップ 2010・イン・倉敷, 2010 年 1 月 21 日, 倉敷市芸文館.
- [5] 青山 幹雄, サービス開発のサービス化を実現する統一サービスシステム USS (Unified Service Systems)の提案, 情報処理学会ソフトウェア工学研究会ウインターワークショップ 2009・イン・宮崎, 2009 年 1 月 23 日, 宮崎市民プラザ.

[図書] (計 1 件)

- [1] M. Aoyama, et al., Springer, Intentional Perspectives on Information Systems Engineering, 2010, pp. 471.

[産業財産権]

なし

[その他]

<http://www.seto.nanzan-u.ac.jp/~amikio/NISE/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

青山 幹雄 (AOYAMA MIKIO)

南山大学 情報理工学部 ソフトウェア工学科・教授

研究者番号: 40278073

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

なし