

平成 26 年 6 月 13 日現在

機関番号：33917

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500054

研究課題名(和文)クラウドコンピューティングを統合するソフトウェア開発方法論

研究課題名(英文)A Development Methodology of Hybrid Cloud Computing Systems

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：クラウドコンピューティングを統合する開発技術に関する次の成果を得た。1) Linked Dataを用いたクラウドデータ連携アーキテクチャの提案とプロトタイプによる実証評価。2) 構成定義言語TOSCAを用いたクラウド連携の設計方法論の提案とプロトタイプによる実証評価。これらの成果はクラウドコンピューティングに関する国際会議等で論文として発表している。さらに、Linked Dataを用いて複数組織間でデータを連携するためのインタフェース仕様を開発し、実証実験で有効性を示した。これは、国際標準化団体OASIS内にTCを設置し、本研究代表者が議長として国際標準化を進めている。

研究成果の概要(英文)：Major contributions of this research project include: 1) a proposal of an architecture for data interoperability across multiple clouds with linked data and its evaluation by a prototype, 2) a proposal of the design methodology of hybrid cloud with the topology definition language TOSCA, and 3) a proposal of an RDF-based common resource model to be exchanged by multiple organizations and its evaluation. The common resource model is under standardization process in a TC, chaired by the primary investigator of this project, of OASIS, an international standard body(https://www.oasis-open.org/committees/tc_home.php?wg_abbrev=oslc-promcode).

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 クラウドコンピューティング ハイブリッドクラウド 開発方法論 Linked Data
RDF TOSCA Semantic Web

1. 研究開始当初の背景

情報システムの基盤としてクラウドコンピューティングの研究開発と利用が進んでいる。実際にクラウドコンピューティングを利用するためには、既存の情報システムと連携したり、複数のクラウドコンピューティングシステムを連携する必要がある。このようなクラウドを連携したシステムの中で、最も重要なタイプのシステムはハイブリッドクラウドと呼ばれる企業内でのプライベートクラウドと一般に利用できるパブリッククラウドとを連携したシステムである。しかし、ハイブリッドクラウドの開発技術は萌芽的段階にあり、開発技術の研究開発が望まれている。

2. 研究の目的

ハイブリッドクラウドを開発するための基礎技術を開発することである。特に、異なるクラウドコンピューティング基盤が提供する異なるAPIによらず、クラウドコンピューティングを連携することを目標とする。

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) クラウドコンピューティング基盤の Linked Data によるデータ連携アーキテクチャの研究
- (2) 異種クラウドコンピューティング基盤を連携したハイブリッドクラウドシステムアーキテクチャの研究
- (3) クラウドコンピューティング連携の応用に関する研究

4. 研究成果

上述の3つの課題に対して、下記の研究成果を得た。

- (1) クラウドコンピューティング基盤の Linked Data による連携アーキテクチャの研究

複数のアプリケーション間でデータ共有、あるいは、連携するための Web 上の標準データ表現として RDF (Resource Description Framework)が注目されている。RDF は公共データなどの公開のための表現として Linked Data として用いられている。

一方、スケールアウトによる高いスケーラビリティを持つクラウドコンピューティング間で大量データやサービスの連携をするには、従来のサービスブローカでは負荷が集中し、スケーラビリティに限界がある。

本研究では、Linked Data を用いた新たなサービス連携アーキテクチャの提案とその妥当性を、スケーラビリティを尺度として示した[A5]。提案アーキテクチャは、図1に示すように連携を統制するメタレベルと連携を実行するベースレベルの2層アーキテクチャ LISA (LInked Services Architecture)を提案した。メタレベルでベースレベルでのピア・ツー・

ピアの連携を構成し、ベースレベルではブローカを介さず直接連携することにより高いスケーラビリティを実現する。

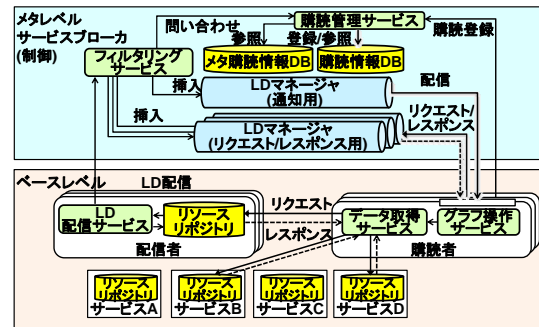


図1 LISA

提案アーキテクチャの妥当性を検証するために、図2に示すような LISA のプロトタイプを実装し、従来アーキテクチャに比べ高いスケーラビリティを実現できることを確認している。

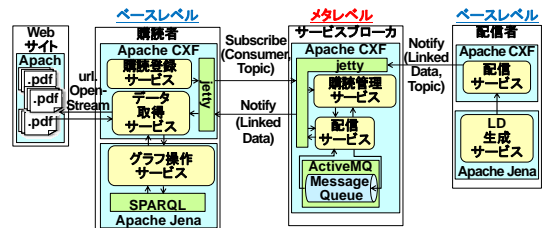


図2 LISA のプロトタイプ

さらに、本研究では、RDF/Linked Data に基づき、異なるシステム間でデータ連携するためのインタフェース仕様を提案した[A1, A4]。特に、複数組織が連携してソフトウェアを開発する場合、組織間で開発データの連携が重要である。図3に示すように、この開発データの標準モデルとそれに対応する RDF 記述、ならびに、Excel から RDF へ変換するアダプタの自動生成ソフトウェアを開発した。この一連の技術体系を PROMCODE (PROject Management for Contracted Delivery)と呼ぶ (<http://www.promcode.org>)。PROMCODE のインタフェース仕様は、国際標準化団体 OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standards)で技術委員会(議長:青山幹雄)を設置し、標準化を進めている (https://www.oasis-open.org/committees/tc_home.php?wg_abbrev=oslc-promcode)。

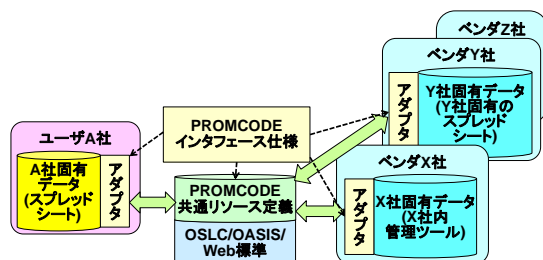


図3 PROMCODE の技術

(2) 異種クラウドコンピューティング基盤を連携したハイブリッドクラウドシステムアーキテクチャの研究

クラウドコンピューティングの発展に伴い、異種クラウドコンピューティングを連携したシステム構築の必要性が高まっている。特に、図4に示すように、プライベートクラウドとパブリッククラウドの異種クラウドを連携したハイブリッドクラウドは、研究と実用の両面で課題が多い。

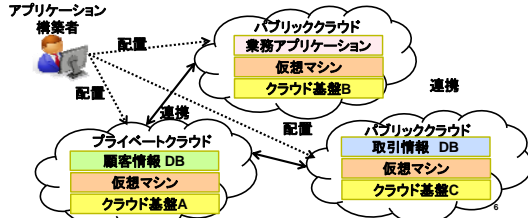


図4 ハイブリッドクラウド

本研究では、クラウドを連携するためのクラウドブローカーアーキテクチャを提案し、異なるクラウド基盤のAPIを抽象化した仮想クラウド基盤の概念を提案し、クラウド連携のトポロジー定義言語 TOSCA (Topology and Orchestration Specification for Cloud Applications)と組み合わせることによりクラウド連携を実現するアーキテクチャを提案した(図5)[A2]。

提案アーキテクチャの妥当性を検証するために、代表的なクラウド基盤であるAmazon Web Services とオープンソースソフトウェアのクラウド基盤 OpenStack を対象として、図6に示すような提案アーキテクチャのプロトタイプを実装し、その評価を示した。

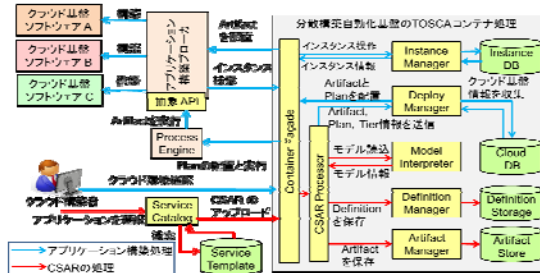


図5 異種クラウド連携によるハイブリッドクラウドを実現するブローカーアーキテクチャ

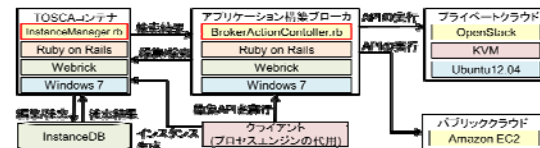


図6 提案アーキテクチャのプロトタイプ

(3) クラウドコンピューティング連携の応用に関する研究

クラウドコンピューティング連携の応用として、次の2つの分野を対象として研究を行った。

a) 医療情報システムへの応用
医療情報システムをクラウドコンピューティング上で実現するためのサービス指向アーキテクチャに基づく設計方法を提案した。特に、図7に示すように、患者などの個人情報を扱うサービスとそうでないサービスを分離し、セキュリティレベルに応じてサービスの提供を実現するアーキテクチャを提案した[A6, A8]。

図8に示すように、提案アーキテクチャを医療機関における健康診断受診者へのナビゲーションシステムとして実現し、中規模病院においてその有効性を確認している。

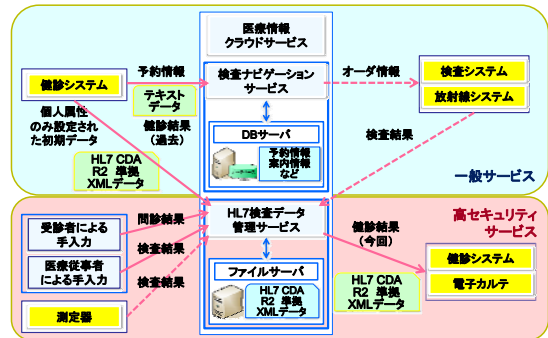


図7 医療情報システム向けセキュリティアーキテクチャ

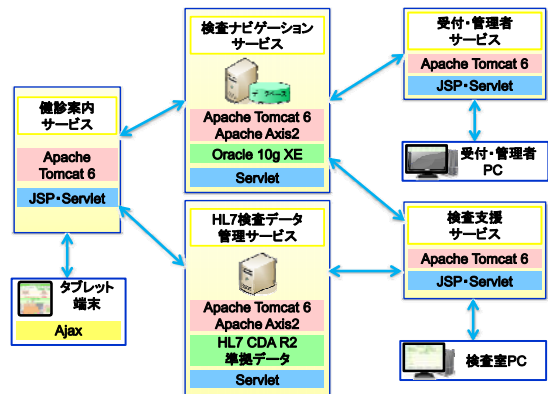


図8 医療向けセキュリティアーキテクチャの実現

b) 自動車とクラウドとの連携への応用

自動車へ無線ネットワークを介して、様々なサービスが提供されている[A7, B3]。その発展として、クラウドコンピューティングとの連携が研究されている。

本研究では、クラウドと自動車ソフトウェアとのサービス連携[B4]、クラウドを利用した自動車への高度なサービス提供[B1]、車載ネットワークで連携された複数のコンピュータで実現される自動車ソフトウェアシステムのアーキテクチャ設計に関する一連の研究を行っている[A9]。

例えば、図9に示すように、機械学

習を利用したコンテキストウェアサービス提供アーキテクチャの実現がある。走行中の自動車のセンサから得られる多様なデータをクラウドコンピューティング上でオントロジによりフィルタリングし、機械学習ソフトウェアにより適切なサービスを選択し、自動車のカーナビゲーションシステムを介して提供する[B1]。高度な計算処理をクラウドコンピューティングうえで行うことにより、制約の厳しい自動車ソフトウェアに対して、高度なサービスが適用可能となる。

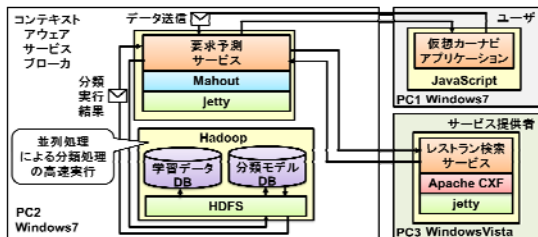


図 9 機械学習による自動車へのコンテキストウェアサービス提供サービスシステム

c) マルチテナントクラウドサービスの設計問題への応用

クラウドコンピューティングを利用してアプリケーションを多様なユーザーへ提供するために複数ユーザー企業が同一のアプリケーションサービスを共用するマルチテナントクラウドコンピューティングのアーキテクチャが提案されている。しかし、マルチテナントクラウドコンピューティングのアーキテクチャの設計原理は確立されているとはいえない。本研究では、メタデータによるマルチテナント制御をプロダクトラインの変異性モデルでモデル化し、マルチテナントクラウドコンピューティングアーキテクチャの変異性をモデル化する方法を提案している[A3]。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 28 件)

[A1] M. Aoyama, T. Kamimura, K. Yabuta, S. Inomata, T. Niwa, T. Chiba, and K. Sakata, A Resource-Oriented Services Platform for Managing Software Supply Chains and its Experience, Proc. IEEE ICWS (Int'l Conf. on Web Services) 2014, 査読有, IEEE Computer Society, Jul. 2014, 8 pages [採録決定済].

[A2] 高木 裕之, 青山 幹雄, TOSCA を拡張したハイブリッドクラウド上のアプリケーション分散構築アーキテクチャの提案と評価, 情報処理学会研究報告 (第 183 回ソフトウェア工学研究会), 査読無, Vol. 2014-SE-183, No. 12, Mar. 2014, pp. 1-8.

[A3] M. Aoyama and N. Kurono, An Extended

Orthogonal Variability Model for Metadata-Driven Multitenant Cloud Services, Proc. of APSEC 2013, 査読有, IEEE Conference Publishing Services, Dec. 2013, pp. 339-346.

[A4] M. Aoyama, K. Yabuta, T. Kamimura, S. Inomata, T. Chiba, T. Niwa, and K. Sakata, PPROMIS: A Management Platform for Software Supply Networks Based on the Linked Data and OSLC, Proc. of 2013 IEEE COMPSAC 2013, 査読有, IEEE Computer Society, Jul. 2013, pp. 214-219.

[A5] M. Aoyama and H. Kojima, LISA: Linked Services Architecture Based on the Linked Data and Service Broker, Proc. of the IEEE ICWS 2013, 査読有, IEEE Computer Society, Jun.-Jul. 2013, pp. 617-618.

[A6] 河原 芳昭, 青山 幹雄, 大倉 浩平, Facebook ページと連動する SOA による健康診断ナビゲーションシステムの提案と評価, 第 32 回医療情報学連合大会 (第 13 回日本医療情報学会学術大会) 論文集, 査読有, Nov. 2012, pp. 1480-1481.

[A7] M. Aoyama, Computing for the Next-Generation Automobile, IEEE Computer, 査読無(招待論文), Vol. 45, No. 6, Jun. 2012, pp. 32-37.

[A8] 河原 芳昭, 青山 幹雄, 松永 昌樹, SOA とクラウドコンピューティングによる健康診断ナビゲーションシステムの提案と評価, 情報処理学会研究報告 (第 175 回ソフトウェア工学研究会), 査読無, Vol. 2012-SE-175, No. 24, Mar. 2012, pp. 1-8.

[A9] 青山 幹雄, 田邊 隼希, 振舞いプロパティに基づく自動車組込みソフトウェアの協調制御アーキテクチャ設計方法の提案と評価, 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol. 53, No. 2, Feb. 2012, pp. 535-547.

[学会発表] (計 19 件)

[B1] 鈴木 健太, 青山 幹雄, コンテキストの類似度を用いた動的コンテキストウェアサービス提供アーキテクチャの提案と評価, 情報処理学会第 76 回全国大会 講演論文集, Vol. 3, No. 4X-10, Mar. 11-13, 2014, 東京電機大学, pp. 411-412.

[B2] 青山 幹雄, 次世代ソフトウェア工学への展望: A(gile), B(ig Data), C(loud), D(evOps)が提起する機会と課題, 情報処理学会ソフトウェア工学研究会ウィンターワークショップ 2014・イン・大洗 論文集, Jan. 23-24, 2014, ホテル大洗, pp. 81-82.

[B3] M. Aoyama, Research Challenges for Smarter Automotive: Convergence of Automobile, Transportation Network, and Information Technology (Invited Talk), The 5th Int'l Symposium on IT Convergence Engineering, Jul. 11-12, 2013, POSTECH, Korea.

- [B4] 濱千代 正弥, 中道 上, 青山 幹雄, 自動車クラウドサービスにおける連携データモデルの提案, 情報処理学会第 75 回全国大会 講演論文集, Vol. 1, No. 1N-2, Mar. 5-7, 2013, 東北大学, pp. 489-490.
- [B5] 青山 幹雄, 連続的サービスサプライネットワークとそのモデルの提案, 情報処理学会ソフトウェア工学研究会ウィンターワークショップ 2013・イン・那須 論文集, Jan. 24-25, 2013, ラフォーレ那須, pp. 73-74.
- [B6] 青山 幹雄, ソフトウェア工学の新たな挑戦: つながる時代, 爆発するソフトウェアが求める新たなソフトウェア工学 (招待講演), 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 2012, Aug. 27-29, 2012, 東京電機大学.
- [B7] 青山 幹雄, クラウドサービス工学への挑戦, 情報処理学会ソフトウェア工学研究会ウィンターワークショップ 2012・イン・琵琶湖 論文集, Vol. 2012, No. 1, Jan. 19-20, 2012, 琵琶湖コンファレンスセンター, pp. 11-12.

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

- (1) ホームページ等
研究室のホームページ
<http://www.seto.nanzan-u.ac.jp/~amikio/NISE/>
- (2) 共通リソースインタフェース (PROMCODE) プロジェクトのホームページ
<http://www.promcode.org/>
- (3) 共通リソースインタフェース (PROMCODE) の国際標準化プロジェクトのホームページ
https://www.oasis-open.org/committees/tc_home.php?wg_abbrev=oslc-promcode

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・教授
研究者番号: 40278073

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし