

# ハイブリッドクラウドのためのリシリエンシーメカニズム

内林俊洋<sup>a)</sup> アウドウハン・ベーナディ<sup>1,b)</sup> 白鳥則郎<sup>2,c)</sup>

クラウドサービスが爆発的に普及し、企業や研究機関が自社内やクラウドサービスを提供する企業のデータセンターなどにプライベートクラウドを構築するまでになっている。また、Amazon Web Services や Windows Azure などの大手だけでなく様々なクラウドサービス提供企業が、多様なパブリッククラウドサービスの提供を行い始めている。そこで、秘匿性の確保とアクセシビリティの維持の両立を行うために、ハイブリッドクラウドの構築が進みつつある。しかし、災害などによる障害が起きパブリッククラウドが停止した場合に、そのサービスの維持ができなくなるという問題がある。この問題を解決するためにハイブリッドクラウドのための「リシリエンシーメカニズムのアーキテクチャ」の提案を行う。さらに、アーキテクチャの第2層：異種クラウド間の相互運用機能と第3層：情報漏洩防止・対災害機能を対象とした「リシリエントハイブリッドクラウドシステム」を提案する。提案システムでは、パブリッククラウドに障害が起きた場合、同様のクラウドサービスを提供する別のパブリッククラウドを検索し選択する。その後、選択されたパブリッククラウドに仮想マシンを起動し設定を行う。障害発生から仮想マシンの設定までを自動的に行うことで、ハイブリッドクラウドを維持したままサービスを継続できる。本論文は、提案するリシリエントハイブリッドクラウドシステムの実装と確認を行う。

## 1. はじめに

クラウドサービスが爆発的に普及し、企業や研究機関が自社内やクラウドサービスを提供する企業のデータセンターなどにプライベートクラウドを構築するまでになっている。OpenStack[1] や Eucalyptus[2] などの OSS(Open Source Software)のクラウド構築ソフトウェアも充実し、プライベートクラウドを構築する環境も整ってきている。一方、Amazon Web Services[3]や Windows Azure[4]に代表されるような様々なクラウドサービス提供企業が、多様なパブリッククラウドサービスの提供を行い始めた。それに伴い、秘匿性の高い重要なデータはプライベートクラウドに置いておき、アクセスの多いであろうフロント部分のシステムはパブリッククラウドを使用するようなハイブリッドクラウドの構築が進みつつある。ハイブリッドクラウドとは、プライベートクラウドとパブリッククラウドを組み合わせたクラウド基盤と定義されている[5][6]。中小企業などの大規模なプライベートクラウドを持たない企業は、秘匿性の確保とアクセシビリティを両立するためにハイブリッドクラウドを利用する。しかし、災害などによる障害が起きた際に、継続してサービスを行うために別のクラウド事業者へサービスを移行しなければならない。しかし、クラウド事業者ごとに提供サービスの名称が異なるなどの問題があり、即座にデータの保管や処理を移行することは困難である。

本研究は、このようなハイブリッドクラウドの問題を解決するために、ハイブリッドクラウドのためのリシリエント(回復力に富む)メカニズムのアーキテクチャと、リシリエントメカニズムを適用したリシリエントハイブリッドク

ラウドシステムの提案を行う。

本論文では、第2章でハイブリッドクラウドの障害発生時の問題点を挙げる。第3章は、第2章で述べた問題点を解決するために、リシリエントハイブリッドクラウドシステムの提案を行う。第4章は、提案システムの詳細を述べ、実装と確認を行う。第5章は関連研究を紹介する。第6章は、まとめと今後の課題を示す。

## 2. ハイブリッドクラウド障害発生時の問題点

ハイブリッドクラウドで使用しているパブリッククラウドに災害などによる障害が起こった場合、パブリッククラウドで提供しているサービスが停止してしまう。このようなサービスの停止を回避するためには、停止していない別のクラウド事業者へデータや処理の移行をしなければならない。しかし、クラウド事業者ごとに提供しているサービスの表記が異なることが一般的であるので、1) 同様のサービスを提供するクラウド事業者を探すのは困難である。さらに、2) クラウド事業者ごとに提供するクラウドの仕様が異なるため、移行先のクラウドの仕様に合わせて変更する必要がある。インタークラウド[7]のように、事業者間のインターフェイスの標準化を行う動きもあるが、中小のクラウド事業者にはまだまだ浸透しておらず不十分である。また、VMware vCenter Site Recovery Manager[8]のようなサービスもある。しかし、ハイブリッドクラウドのように多様な仕様のクラウドサービスが混在する環境では効果が薄い。

本論文は、この災害などによる障害の問題点に焦点を当てて。

1 九州産業大学 情報科学部

2 早稲田大学国際情報通信研究センター

a) uchibayashi@is.kyusan-u.ac.jp

b) bob@is.kyusan-u.ac.jp

c) norio@shiratori.riec.tohoku.ac.jp

### 3. リシリエントハイブリッドクラウドシステムの提案

災害などによる障害時に、途絶えることなく継続して情報通信サービスを行うためには、サービス継続が不可能になったクラウドのサービスを、継続している別の適切なクラウドを早急に探し、そのクラウドへ迅速且つ安全に転送・移行しなければならない。そのようなハイブリッドクラウドの要求を満たすためのリシリエントメカニズムのアーキテクチャを提案する(図1)。

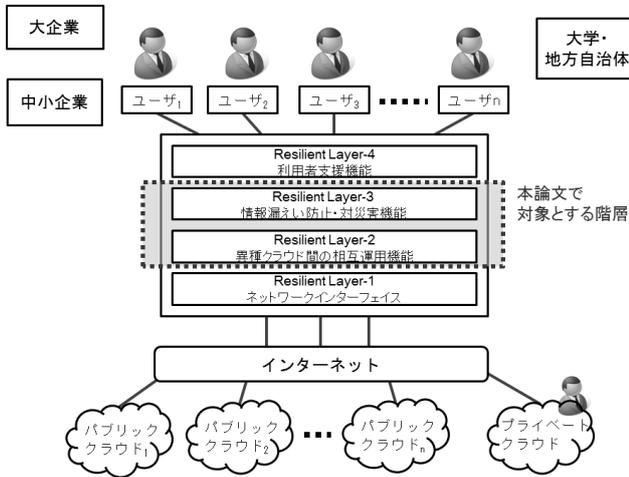


図1 ハイブリッドクラウドのためのリシリエントメカニズムのアーキテクチャ

アーキテクチャは、既存の TCP/IP 階層のアプリケーション層の中にあり、4層で構成する。第1層は、ネットワークインターフェイスである。この層は、クラウドコンピューティング環境を実現しているクラウド構築ソフトウェアやクラウド事業者の提供するサービス情報との接続を行う。

第2層は、ハイブリッドクラウドにおける異種クラウド間の相互運用機能である。1) 同様のサービスを提供するクラウド事業者を探すのが困難である問題と、2) クラウド事業者ごとに提供するクラウドの仕様が異なる問題を同時に解決する。具体的には、オントロジを用いてクラウドのサービスの表現を統一する。オントロジを用いて既存のサービス表記を統一することで、すべてのクラウドをまとめて検索することが可能になり、異種クラウド間の相互運用が可能となる。

第3層は、情報漏洩防止・対災害機能である。この層では、情報漏洩の防止のための暗号化やデータや処理の分割を行う。さらに、システムが災害の状況を自律的に把握し、システム構成やサービス形態を適用時に制御する。

第4層は、利用者支援機能である。具体的には、対話的にデータの保管や処理を分割するためのユーザインター

フェイスの提供を行う。このユーザインターフェイスを用いることで、利用者は下位層を意識することなく、情報漏洩の防止や対災害機能を既存のサービスへ適用することができるようになる。

本論文は、第2層と第3層を対象とするリシリエントハイブリッドクラウドシステムを提案する。第2層と第3層はアーキテクチャの中核となる層であり、この2つの層を実現することで、リシリエントハイブリッドクラウドを確認する。リシリエントハイブリッドクラウドシステムは、第2層に相当する異種クラウドの共通化と、第3層に相当するクラウドサービス発見支援で構成する(図2)。

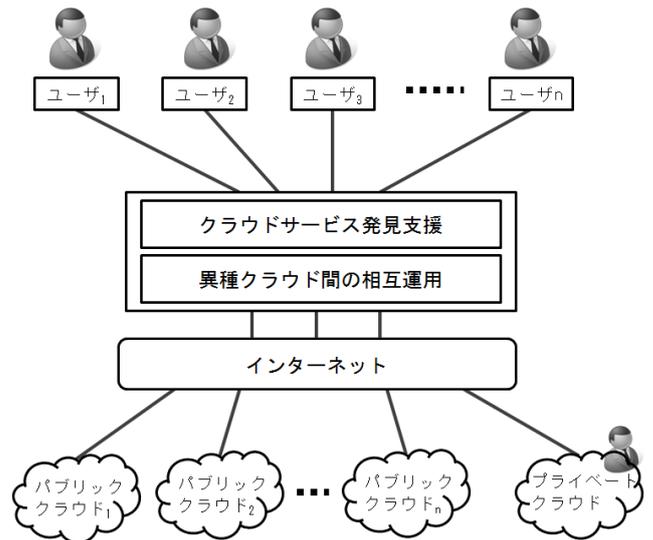


図2 リシリエントハイブリッドクラウドシステム

#### 3.1 クラウドサービス発見支援

我々の提案したクラウドサービス発見支援[9]を使用する。クラウドサービス発見支援は、ハイブリッドクラウドを対象とした、オントロジとエージェントを使用したクラウドサービスの収集と検索である。ブローカサーバとクラウド(プライベートクラウド、パブリッククラウド)で環境を構成する(図3)。

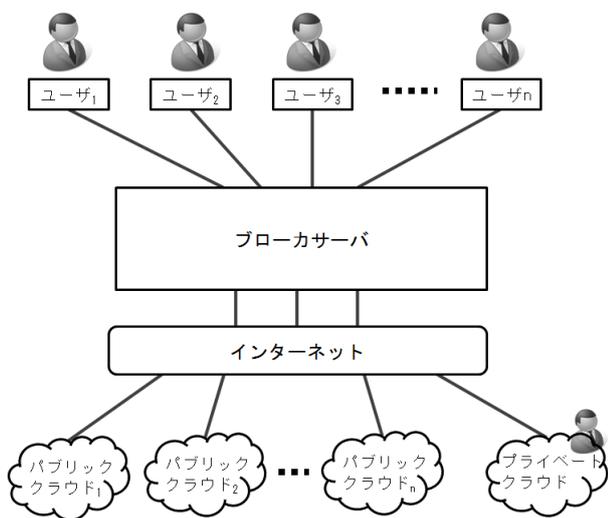


図3 クラウドサービス発見支援の環境

すべてのクラウド情報はブローカサーバに集約され、ブローカサーバでクラウドサービスの検索を行う。パブリッククラウドには、自身の提供しているクラウドサービスのインスタンスタイプや利用料金などの情報を格納したデータベースがある。プライベートクラウドは、本システムではパブリッククラウドと同等のクラウドの資源として扱い、プライベートクラウドとパブリッククラウドの区別を行わない。それは、どちらのクラウドもクラウドサービスを提供しているクラウドとして認識するためである。

クラウドサービス発見支援は、クラウド情報の収集とクラウド情報の検索で構成される(図4)。クラウド情報の収集では、クラウドサービス発見システムはクラウドとインターネットを介して繋がっている。クラウドに保管されているクラウドサービスの情報の収集を行い保管する。クラウド情報の検索では、収集したクラウドサービスの情報の検索を行う。ユーザは要求する条件と使用するアルゴリズムを指定してクラウドサービスの検索を行うことができる。

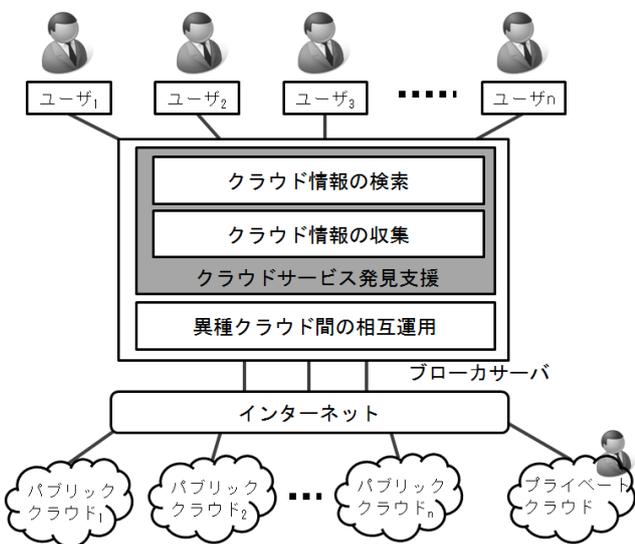


図4 クラウドサービス発見支援の構成

### 3.1.1 クラウド情報の検索

クラウド情報の検索は、収集したクラウドサービスの情報の検索を行う。ユーザは要求する条件と使用するアルゴリズムを指定してクラウドサービスの検索を行うことができる。クラウド事業者の提供するサービスの表記は共通化がされていない。クラウド事業者によって表記が異なるため、災害や障害が起こった際に同性能のクラウドを迅速に探しだして契約し、サービスを移行するのは困難である。そこで、クラウド事業者の提供するサービスの表記を、オントロジを用いて統一する(図5)。オントロジを用いて表現の統一を行うため、クラウド事業者は従来の表記を変更する必要がない。

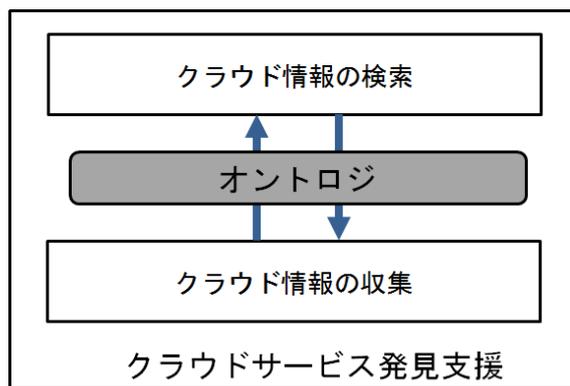


図5 オントロジを用いた表現の統一

### 3.1.2 クラウド情報の収集

エージェントを使用してクラウド事業者が保持しているクラウドサービスの情報を監視し、変更があればそれを収集する。クラウド事業者は、自身の提供しているクラウドサービスのインスタンスタイプや値段などの情報を格納したデータベースを保持するものとする。データベースの情報とオントロジを連携させ、格納されている情報に共通の意味づけを行う。さらに、これらの意味づけされた情報とオントロジをブローカサーバに集約する。

ユーザがクラウドサービスを検索する場合は、ブローカサーバに集約された情報を検索することで、希望する性能に最も近いクラウドサービスを提供するクラウド事業者を探すことができる。主な特徴は、オントロジを用いて、パブリッククラウドごとに表現の異なるインスタンスタイプの共通化を行うということである。情報の共通化にオントロジを使用する利点は、既存のデータを利用できることである。オントロジで体系的に用語を定義することで、パブリッククラウドごとに異なる表現を用いて同様のものを指しているも、元のデータを変更することなく表現の統一を行うことができる。



サーバのデータベースに蓄積する。ユーザは、クラウド情報の検索機能に、事前に緊急時に必要とする仮想マシンの性能を登録しておく。そうすることで、災害などの障害が起きた際に、自動的に同等のクラウドサービスを検索して仮想マシンを起動することができる。クラウド情報の検索には、クラウド情報の収集の機能がデータベースに蓄積した情報を使用する。しかし、表現が統一されていないため、オントロジを使用して表現の統一を行い検索する。検索結果はクラウドの選択の機能で1つに絞り込む。異種クラウド間の相互運用の機能を介して、絞り込まれたクラウドサービスを提供するパブリッククラウド上に仮想マシンを起動する。本システムを、2つのケーススタディを用いて確認する。

まず初めに、要求する性能と同じサービスを提供しているパブリッククラウドが存在する場合を確認する。ユーザはすでに、[CPU 3GHz, メモリ 2GB, ストレージ 30GB]のサービスをパブリッククラウドで実行している。しかし、障害の発生により、一時的にクラウドにつながらない状態が続いた。ユーザは自身の提供しているサービスを監視しており、障害を検知する。この障害の検知をリシリエントハイブリッドクラウドシステムに送り、ブローカサーバが受け取ることで移行が始まる。障害が起きた仮想マシンと同性能のクラウドサービスをキューとした、クラウド情報の検索を行う。検索の結果は要求する性能の近いものから順に5件抽出する。さらに、クラウドの選択において、最も近い性能のクラウドサービスを1つ選択する。今回は、要求する性能と同じクラウドサービスを提供する、パブリッククラウド1のsmall2が選択された。その後、異種クラウド間の相互運用を用いて、パブリッククラウド1に[CPU 3GHz, メモリ 2GB, ストレージ 30GB]の仮想マシンを起動した。起動時にユーザが事前に用意しておいたchefを仮想マシン起動時に実行することで、障害が起きたサービスと同等のサービスを作成することができ、自動的にサービスを移行することが確認できた。

次に、要求した性能と同じサービスと同等のサービスを提供しているパブリッククラウドがない場合を確認する。ユーザはすでに、[CPU 2GHz, メモリ 4GB, ストレージ 20GB]のサービスをパブリッククラウドで実行しているものとする。クラウド情報の検索結果までは同じである。クラウドの選択において、CPUなどの各要素のランク付けを行い、要素ごとに要求の近いものから点数をつける。点数の最も高いクラウドサービスを1つ選択する。この場合は、パブリッククラウド3のtype2を選択する。その後、異種クラウド間の相互運用を用いて、パブリッククラウド3に[CPU 2GHz, メモリ 4GB, ストレージ 20GB]の仮想マシンを起動したことを確認した。

## 5. 関連研究

災害などによる障害の問題点を解決するためには、同等のサービスを提供するパブリッククラウドの発見と仕様の相互性の確保が必要である。クラウドストレージサービスの選択[12]では、要求に一致するクラウドストレージサービスを選択するための自動化されたアプローチを提案している。ストレージサービスを切り替えることでコストの削減を行うことを目的としている。対象がストレージサービスという点が異なっている。しかし、XMLベースのデータを利用してサービスの選択をしている点は同じである。オントロジベースのクラウド基盤サービスの選択 [13]では、OWLをベースとしたクラウドコンピューティングオントロジ(CoCoOn)を提案。さらに、CoCoOnを使用したシステムのアーキテクチャの提案を行っている。オントロジを使用してクラウドサービスの発見を行っている点は本研究と同じである。しかし、名称の意味付けだけにオントロジを使用しており、本研究のように表現の統一には使用していない点異なる。本研究は、パブリッククラウドが保持しているクラウド情報を変更することなく、オントロジによって名前の解決を行っている。

## 6. まとめと今後の課題

ハイブリッドクラウドには、情報の漏えいと災害などによる障害という問題がある。その問題を解決するために、リシリエントハイブリッドクラウドアーキテクチャの提案を行った。さらに、アーキテクチャの第2層異種クラウド間の相互運用機能と第3層情報漏洩防止・対災害機能を対象としたリシリエントハイブリッドクラウドシステムを提案した。災害などによる障害に焦点を当て、システムの実装を行い機能の確認を行った。よって、災害などによる障害時に、途絶えることなく継続して情報通信サービスを行うことができるようになる。

アーキテクチャの中核となる第2層と第3層を実現できた。今後は、残りの第1層と第4層を加えることで、リシリエントハイブリッドクラウドの実装と検証を行いたい。

## 謝辞

本研究はJSPS 科研費 24500100 の助成を受けたものです。

## 参考文献

- 1) Open Source Private and Hybrid Clouds from Eucalyptus | Open Source. AWS-compatible. Private Clouds(online), available from (<http://www.eucalyptus.com/>)
- 2) OpenStack Open Source Cloud Computing Software (online), available from (<http://www.openstack.org/>)

- 3) Amazon Web Services, Cloud Computing: Compute, Storage, Database(online), available from (<http://aws.amazon.com/>)
- 4) Windows Azure: Microsoft's Cloud Platform | Cloud Hosting | Cloud Services (online) , available from (<http://www.windowsazure.com/>)
- 5) Rajnikant Palwe, Gurudatt Kulkarni, and Amruta Dongare, A New Approach to Hybrid Cloud, International Journal of Computer Science and Engineering Research and Development (IJCSEED), Vol.2, No.1, pp.01-06, 2012.
- 6) Anil Kumar Gupta, and Manoj Kumar Gupta, A New Era of Cloud Computing in Private and Public Sector Organization, International Archive of Applied Sciences and Technology, Vol.3, pp.80-85, 2012.
- 7) David Bernstein, Erik Ludvigson, Krishna Sankar, Steve Diamond, and Monique Morrow. Blueprint for the Intercloud - Protocols and Formats for Cloud Computing Interoperability. In Proceedings of the 2009 Fourth International Conference on Internet and Web Applications and Services, pp328-336,2009.
- 8) VMware vCenter Site Recovery Manager (online), available from (<http://www.vmware.com/jp/products/site-recovery-manager>)
- 9) Toshihiro Uchibayashi, Bernady Apduhan, and Norio Shiratori, Towards a Resilient Hybrid IaaS Cloud with Ontology and Agents, The 14th International Conference on Computational Science and its Applications, pp.70-73,2014.
- 10) Apache Libcloud is a standard Python library that abstracts away differences among multiple cloud provider APIs | Apache Libcloud (online), available from (<https://libcloud.apache.org/>)
- 11) Deltacloud API (online) , available from (<https://deltacloud.apache.org/>)
- 12) Arkaitz Ruiz-Alvarez, Marty Humphrey, An Automated Approach to Cloud Storage Service Selection, 2nd International Workshop on Scientific Cloud Computing, pp.39-48, 2011.
- 13) Miranda Zhang, Rajiv Ranjan, Armin Haller, Dimitrios Georgakopoulos, Michael Menzel, Surya Nepal, An Ontology-based System for Cloud Infrastructure Services' Discovery, 8th International Conference on Collaborative Computing: Networking, Applications and Worksharing, pp.524-530, 2012.