

ロボットサービスネットワークプロトコルを利用した パーソナルクラウドシステムの構築

加藤 由花^{†1} 土屋 陽介^{†1} 成田 雅彦^{†1}

パーソナルクラウドは、家庭やオフィスに設置した PC やハードディスクドライブを、個人用のクラウドサービスとしてインターネット経由で参照できる仕組みである。ソフトウェア製品やアプライアンス製品等も販売されており、注目が高まっている。本研究では、Robot Service Network Protocol (RSNP) を利用することにより、セキュア、多機能、高信頼なパーソナルクラウドシステムを構築できることを示す。RSNP はロボットサービスのネットワーク化のために策定された仕様であるが、ロボットの自律動作への対応、ファイアウォール越え機能等を実現しており、パーソナルクラウドへの適用が可能である。

A Personal Cloud System using Robot Service Network Protocol

YUKA KATO,^{†1} YOSUKE TSUCHIYA^{†1}
and MASAHIKO NARITA^{†1}

Personal cloud is a technology that we can use our PCs, HD drives etc. located into our homes and offices via the Internet as personal cloud services. Software products and appliances for the technology have already existed, and they are taking many attentions recently. In this paper, we propose a personal cloud system with a security function, high reliability and some other functions, using Robot Service Network Protocol (RSNP). Though RSNP is a specification to connect robot services to the Internet, it can be applied to personal cloud technologies because it has a function of autonomous motion of robots and firewall traversal.

^{†1} 産業技術大学院大学
Advanced Institute of Industrial Technology

1. はじめに

近年、クラウドコンピューティングの普及が急速に進み、利用技術に関する議論が活発化してきている。クラウドという用語に対する明確な定義は存在しないが、米国 NIST (National Institute of Standards and Tehcnology) では、クラウドの定義、特徴、サービスモデル、展開モデルを下記のように定めている¹⁾。

- 定義: Cloud computing is a model for enabling convenient, on-demand network access to a shared pool of configurable computing resources that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service provider interaction. This could model promotes availability and is composed of five essential characteristics, three service model, and four deployment models
- 特徴: On-demand self-service, Broad network access, Resource pooling, Rapid elasticity, Measured Service
- サービスモデル: SaaS, PaaS, IaaS
- 展開モデル: Private, Community, Public, Hybrid

サービス導入の容易さ、コスト優位、位置透過性等多くのメリットがある一方、下記に示すような懸念事項が存在し²⁾、利用を躊躇する個人や企業も多い。

- 個人や企業のデータを第三者のクラウド事業者任せなくてはならない
- ネットワーク経由でサービスが提供されることから性能が低下する
- 不正アクセスによる情報漏洩など情報セキュリティに関する問題がある
- サービス提供企業のシステムや運用が見えにくく責任分界点が不明確である
- 一度サービスを契約すると他の事業者への移行が困難である

これらの問題を解決する一つの方法は、閉域網内にプライベートクラウドを構築することである。ただし、ある程度の規模以下の事業者では、導入の負担が大きいのに関わらずスケールメリットはほとんどなく、導入する意味が見いだせない。ここで、インターネット経由でどこからでもサービスを利用できるメリットを活かしつつ、重要なデータは自身の手元 (ex. 構内 LAN 上) に置いて管理したいという要求が出てくる。これを実現する手法の一つに、パーソナルクラウド^{*1}と呼ばれる技術がある (例えば、Pogoplug³⁾ 等)。これは、

*1 Evernote, Dropbox, iCloud 等、個人向けに提供されるクラウドサービスをパーソナルクラウドと呼ぶ場合もあるが、本稿ではこれらのサービスは考察対象としない。

自分の手元に置いた専用ハードウェアや PC を利用し、自分専用のクラウドを実現する技術であり、ストレージ容量に制限がない、アップロードの手間が省ける、セキュリティレベルを自身で管理できる等のメリットがある。一方、クラウドの一番の特徴であるスケールアウトおよび頑健性については自身で対応する必要がある、一般的な意味でのクラウドコンピューティングとは異なる方向性を持つと考えられる。現状では、ファイル共有サービスが中心であるが、プロセスや各種機能の共有等、パブリッククラウドと同等の機能提供が実現すれば、様々な分野での普及が期待できる。

我々はこれまで、ロボットサービスのインターネット化を実現するためのプロトコル仕様である Robot Service Network Protocol (RSNP)⁴⁾ の策定を行ってきたが、本稿ではこの RSNP を利用して、パーソナルクラウドを構築することを考える。RSNP は、ロボットサービスイニシアチブ (Robot Services Initiative: RSi)⁵⁾ の活動を通じ、オープンなロボットサービス基盤として標準化が進められてきた。Web サービス技術を用いている点に特徴があり、RSNP2.3 (現在のバージョン) では、ロボット側のセキュリティに配慮したサービス側からの PUSH の仕組み (擬似 PUSH 機能^{*1)} や、ロボット側から画像やセンサ情報をアップロードする仕組みを提供している。パーソナルクラウドでは、インターネット側から LAN 内の計算機資源への PUSH 通信をセキュアに実現する必要があり、この機構に RSNP が利用できると考えられる。つまり、LAN 内の計算機資源をロボットとみなし、インターネットに接続したロボットへの遠隔操作の機構を、ネットワーク経由で LAN 内の計算機資源にアクセスする手段として利用する。我々はこれまで、RSNP を利用した統合プラットフォームとして Network Service Platform (NSP)⁶⁾ の研究を進めており、その一実装として研究用サイト RSi-Cloud⁷⁾ の構築も行ってきた。本稿ではこれらの仕組みを応用することにより、パーソナルクラウドシステムの構築を試みる。

2. 関連研究

現在、クラウドサービスとして、様々なプラットフォームが存在している。ここでは主なサービスとして下記の 3 つを上げておく。

*1 通常 HTTP 通信は、クライアントからサーバへのリクエストをトリガとしてコネクションを確立するが (PULL 型通信)、これに対しサーバからクライアントへ通知を行う方式を PUSH 型通信と呼ぶ。PUSH 型通信を実現する方式の一つとして、クライアントがあらかじめサーバに対してリクエストを発行し、サーバは受け付けたりクエストにレスポンスを返さず待機状態に入ることにより類似的に PUSH 型通信を実現する方式がある。我々はこれを擬似 PUSH 機能と呼んでいる。

- Amazon Web Services (AWS)⁸⁾: Amazon が提供するクラウド上に、サービスを構築するためのプラットフォームである。様々な API が提供されているが、IaaS としては EC2/S3 などがあり、安価、管理不要、開発における制約が少ない等の特徴がある。
- Google App Engine (GAE): Google の提供するクラウド上で Web アプリケーションを開発・実行するためのフレームワークである。アプリケーションを容易にクラウド上に実装できるメリットがあるが、フレームワークに則った開発を行う必要がある。
- Windows Azure¹⁰⁾: Windows Azure Platform の開発環境、ホスティング環境、サービス管理環境として機能するクラウド OS である。既存アプリケーションとクラウドサービス間の統合が可能である他、携帯電話や各種デバイス向けのサービス提供も想定している。ただし、Windows 環境の利用が前提である。

いずれもクラウド上へのアプリケーション配備が必要であり、本稿で意味するところ「パーソナルクラウド」とは方向性が異なる。Amazon EC2 は IaaS であるため、これを利用して自身でパーソナルクラウドシステムを実装することは可能であるが、スクラッチからの開発となり現実的ではない。また、Windows Azure は、オンプレミスサービスとクラウド上のサービスのシームレスな統合が可能であるため、これを利用したパーソナルクラウドシステムの構築も考えられる。しかし、Windows 環境の利用が前提となり自由度が制限される。

一方、自身で管理するマシン上の機能やデータを、インターネット経由で利用する仕組みとしては、P2P ネットワークをベースにしたフレームワーク (PIAX 等¹¹⁾) を利用する方法等も存在する。しかし、提供するサービス自身をシステムに登録し、サービス単位で管理する仕組み、サービス単位でのユーザ管理の実現等、既存のフレームワークでは考慮されていない (中心課題ではない)、多くの課題が存在している。

本稿では、ロボットサービスモデルを適用することにより、これらの課題を解決していく。

3. システムの提案

3.1 RSi のロボットサービスモデル

提案するシステムの説明の前に、まず、RSi のロボットサービスモデルについて説明する。RSi では、ロボットサービスを、ネットワークを介してロボットが提供する情報サービス、もしくは物理的なサービスと定義している。図 1 にモデルの概要を示す。このモデルは、ロボットやサービスプロバイダ、サービスポータル、ユーザなどから構成され、同期・非同期の通信による動作や動作パターンの指示や結果の取り出し、ロボットからプロバイダへの問い合わせ・通知、サービスの提供、ユーザを含む外界とのやり取りを行うことができる。

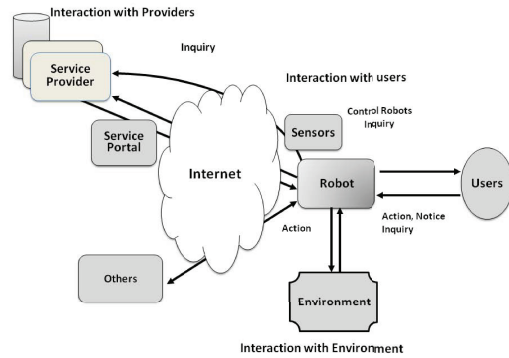


図 1 RSi のロボットサービスモデル
Fig.1 The robot service model on RSi.

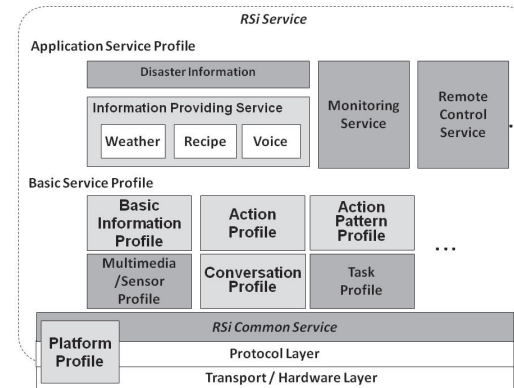


図 2 RSNP のシステムアーキテクチャ
Fig.2 System architecture of RSNP.

RSNP は、このモデルに従ってサービスのプロトコルを規定しており、異なるベンダで独立して開発したロボット/サービスの間での相互運用を実現している。RSNP のシステムアーキテクチャを図 2 に示す。

プラットフォームのベースは、インターネットやシステム構築向け通信基盤である Web サービス基盤を利用している。そのため、高信頼メッセージング機能、セキュリティ機能等、インターネットとの整合性の高い標準化された機能を利用可能である。プラットフォーム自身は共通サービスとロボットサービスから成り、共通サービスでは、各種サービスをサポートするために、PULL 型・PUSH 型、同期・非同期型の通信モデルを提供している。一方、ロボットサービスは基本プロファイルと応用プロファイルから成り、カメラ・音声入出力などのマルチメディア機能や、前後回転動作など単純な動作・パターン動作などのロボットの動きを基本プロファイルとして提供し、情報サービス・天気サービス・防災情報サービス・見守りサービス・リモート制御などのサービスを応用プロファイルとして提供する。

RSNP2.3 準拠のライブラリ実装としては、富士通研究所で開発された FJLIB がある。これは、ロボット用 API (クライアント側) とサービス用 API (サーバ側) のそれぞれに対して呼び出し側のインタフェース実装と、呼び出された側の処理を記述するためのフレームワークを提供している。サービス開発実行環境を図 3 に示す。FJLIB では、RSNP の下位層に 2 経路の HTTP 通信を使用し、それぞれ上り方向、下り方向の通信を担っている。

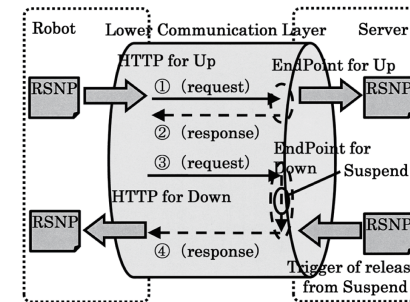


図 3 RSNP2.3 におけるサービス開発環境
Fig.3 Service Development Environment on RSNP 2.3.

上り方向通信は、HTTP リクエストのペイロードにデータを入れサーバへ送信し、下り方向の通信は、HTTP レスポンスのペイロードにデータを入れロボットへ送信する。下り方向の通信は、迅速にデータを転送するために Comet を使用している。図 3 はロボット 1 台に対してサービス 1 つの例であるが、本方式では、ロボットからサーバへ接続する 2 本の HTTP セッションを用いて、①~④の経路により同期・非同期通信を実現している。

3.2 設計指針

本稿では、パーソナルクラウドシステムの構築にあたり、以下の設計指針を策定した。

- (1) インターネット経由で LAN 内の計算機資源を利用できること。このとき、インターネット側からは、計算機資源がサービスとして認識できること。
- (2) 様々な種類の計算機資源を利用できること。データストレージに特化せず、ユーザの提供したいサービスをユーザが定義できること。
- (3) 信頼性の低いネットワーク環境でも利用できること。また、テンポラリなサービス提供が可能であること。
- (4) データロックオンを避けるために、インターネット上に配備する機能は最小限とし、疎結合のシステム構成とすること。

RSNP は、擬似 PUSH 機能を利用することで、構内 LAN やファイアウォール内に配備されたロボットにインターネット経由でデータを送受信する仕組みを持っている。この仕組みを計算機資源に拡張すると、クラウド上に機能配備することなく、インターネット経由で機能を利用する仕組みが実現できる。これにより、(1) (2) に対応する。また、自律性を持つロボットをネットワーク経由で操作する場合、ネットワーク接続が切れても自律的に動作し、再接続した後は処理のリカバリを行うことが要求される。現在の RSNP では対応していないが、今後、高信頼メッセージングの仕組みを導入予定で、これにより (3) に対応する。さらに、提案システムでは、動的かつ柔軟な分散リソースの発見と連携を目指し、クラウド側に持たせる機能を最小限（認証、処理のディスパッチ等）としたシステムアーキテクチャを採用することで、(4) に対応する。

3.3 システムの構成

前章で示した設計指針に基づき、パーソナルクラウドシステムを設計した。システムの構成を図 4 に示す。提案システムは、RSNP サービスフロント、RSNP サービス部品、RSHi (Robot Service HTML interface)、アカウント管理、ポータル GUI の 5 つのモジュールから構成される。以下、それぞれについて説明する。

3.3.1 RSNP サービスフロント

図 4 の RSNP Service Front の部分に相当し、クラウド上のサービスを実行するモジュールである。RSNP で定義されたプロファイルのうち、情報取得プロファイル（サーバ・ロボット間で相手の提供コンテンツを取得するためのプロファイル）およびデータ PUSH プロファイル（サーバ・ロボット間で自身の持つデータを相手先に送信するためのプロファイル）を利用することで、様々な RSNP サービス部品とのデータのやりとりが可能になる。

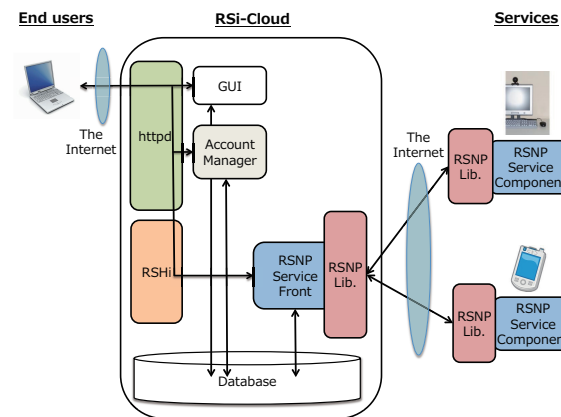


図 4 システムの構成
Fig. 4 The system architecture.

このとき、RSNP サービス部品の実装はプロファイルに隠蔽されるので、この実装を意識せずにクラウド上でサービス提供が可能になる。

3.3.2 RSNP サービス部品

図 4 の RSNP Service Component の部分に相当し、構内 LAN 上に実装されるサービス部品に相当するモジュールである。提案システムでは、このサービス部品をロボットと同様に扱い、該当計算機資源を、インターネット経由で提案システムに接続可能なネットワーク上に配備する。イメージを図 5 に示す。この例では、クラウド上に実装されていた顔認識機能を、外部の計算機資源に移動している。ユーザがこの機能を利用する場合、RSNP の擬似 PUSH 機能を利用し、クラウド経由でファイアウォール内部の機能にアクセスする（詳細については文献⁶⁾を参照のこと）。

提案システムでは、サービス部品の同時利用を可能とするために、キューイング機構を導入している。ここでは、クラウドが受信したサービス要求をキューイングし、サービス部品に割り当てていく。提案システムでは、本機能は共有メモリとして実装され、実行可能サービスに対応する 1 つのスロットに処理が割り当てられる。これにより、複数の要求が同時に実行可能になる。スロットの状態は「サービス可能」「実行待ち」「実行中」「完了」「空き」の 5 種類である。サービスフロントは、アクティブなサービススロットを検索し、サービス部品本体にサービス要求を通知する。その後、処理の完了を待ち、スロットをクリアする。

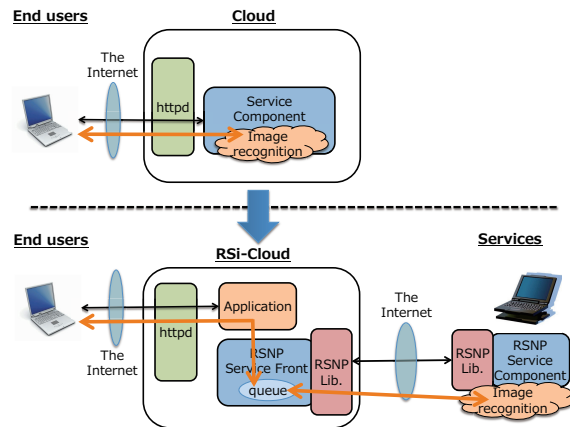


図 5 RSNP サービス部品のイメージ
Fig. 5 An image of service functions.

サービス部品本体は「空き」のスポットを見つけ、自身をアクティブサービスとして登録する。この状態でサービス要求を待ち、要求があった場合にはサービス部品本体を呼び出し実行する。処理が終了すると、終了通知をサービスフロントに通知する。

3.3.3 RSHi

RSNP サービス部品を利用すると、クラウド上に実装されていた機能の外出しが可能になるが、ユーザがブラウザから操作する GUI を持つアプリケーションについては、この仕組みをそのまま使うことはできない。このようなアプリケーションはクラウド上に実装するという解決策もあるが、提案システムでは、クラウド上の機能を必要最小限とした疎結合システムを実現するために、アプリケーションの外出しを試みる。サービス部品の場合は、サービス部品をロボットとみなし、ロボットと同等の仕組みでサービスを実装することが可能であるが、アプリケーションの場合は、クラウド上にブラウザからの呼び出し情報をアプリケーションに PUSH 通信する機能を追加する必要がある。また、アプリケーションで生成された HTML を、ブラウザに応答する機能が必要になる。提案システムでは、この機能を Robot Service HTML interface (RSHi) としてクラウド上に実装する¹²⁾。この仕組みを利用すると、Web ブラウザからインターネット経由でアクセスできるアプリケーションを構内 LAN 上に作成することができる。RSHi のイメージを図 6 に示す。この例では、クラウド上に実装されていた顔認識アプリケーションを、外部の計算機資源に移動している。

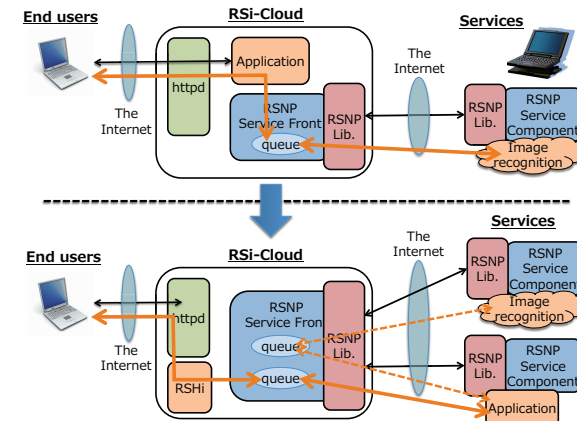


図 6 RSHi のイメージ
Fig. 6 An image of RSHi processes.

処理の概要を以下に示す。

- (1) ブラウザとやりとりするサービス機能 RSHi をクラウド上に配備する。
- (2) アプリケーションの本体は、開発者のローカルマシンに配備し、RSNP サービス部品の仕組みを利用し RSNP サービスフロントに接続する。
- (3) RSHi を介してアプリケーションにはブラウザからの呼び出し情報を渡し、アプリケーションは表示する HTML を生成し、RSHi を介してブラウザに返答する。

3.3.4 アカウント管理

図 4 の Account Manager の部分に相当し、アカウント管理機能を提供するモジュールである。RSNP サービスフロントへのアクセス制御等を実現するためには、RSNP サービス部品やそのユーザを管理する機能が必須であり、プラットフォームとして本機能を提供している。サービス部品の追加、登録情報の修正、変更、削除等はこの機能を介して実施され、管理情報はデータベースに保存される。なお、現在の設計では、ユーザは利用者（サービス部品を利用できる）、サービス部品管理者（サービス部品の追加、削除ができる）、グループ管理者（サービス部品管理者の追加、削除ができる）の 3 種類に分類されている。

3.3.5 ポータル GUI

図 4 の GUI 部分に相当し、システムのフロントエンドの役割を果たすモジュールである。Web サーバとして実装され、エンドユーザは Web ブラウザ経由でこの GUI にアクセスす

る。GUIを別途実装することも可能であるが、提案システムでは、基本サービスとして最低限のログイン画面を提供している。

4. 利用例

サービス部品およびRSHiを利用したサービス例として、サービス部品化した画像認識エンジンを利用し、送信された画像から人を検知し、人が検知された場合のみ、サービス部品化されたデータストアに画像を蓄積するアプリケーションを、ファイアウォール内に配備する例を図7に示す。この例では、エンドユーザは、RSHi経由でクラウド外に配備されたアプリケーションを利用する。このアプリケーションは、RSNPサービスフロント経由で、サービス部品化された画像認識エンジンとデータストアを利用する。

この利用例は、既存のクラウドプラットフォームであれば、クラウド上に全ての機能を実装することにより実現可能である。しかし、ハードウェア実装された特殊な画像認識エンジンを利用する場合などは機能を外出しせざるを得ない。また、送信された画像を自組織内に蓄積したい場合もあるだろう。これらの場合には提案システムが有効に機能する。一方、既存のパーソナルクラウド技術では、提供機能が限定され、サービス提供者が望む機能が利用可能であるとは限らない。提案システムでは、RSNPのプロファイルを利用することで、任意のサービスの提供が可能になる。

5. まとめ

本稿では、ロボットサービスネットワークプロトコルを利用することにより、セキュア、多機能、高信頼なパーソナルクラウドシステムを構築できることを示した。提案システムは、疎結合、自律性を実現するプラットフォームであるが、プロトコル処理、処理分散等によるオーバーヘッドの増加がみこまれ、性能劣化は避けられない。今後、実装性能評価を進めながら、処理性能の向上に関する検討を進めていく予定である。

参考文献

- 1) National Institute of Standards and Technology : <http://www.nist.gov/itl/cloud.cfm/>
- 2) クラウドサービスレベルのチェックリスト (経済産業省) : <http://www.meti.go.jp/press/20100816001/20100816001-4.pdf>
- 3) Pogoplug : <http://www.pogoplug.com/>
- 4) 成田雅彦, 村川賀彦, 植木美和, 岡林桂樹, 秋口忠三, 日浦亮太, 蔵田英之, 加藤由花 : インターネットを活用したロボットサービスの実現と開発を支援するRSi (Robot Service

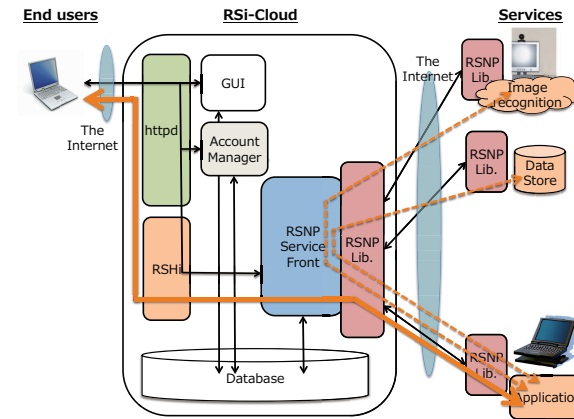


図7 実装例
Fig.7 An implementation example.

- Initiative) の取り組み, 日本ロボット学会誌, Vol.28, No.7, pp.829-840 (2010).
- 5) RSi - Robot Services initiative : <http://robotsservices.org/>, (2011).
 - 6) Narita, M., Kato, Y. and Akiguchi, C.: Enhanced RSNP for applying to the Network Service Platform - Implementation of a Face Detection Function -, *Proc. 4th International Conference on Human System Interaction (HSI2011)*, (2011).
 - 7) Kato, Y., Izui, T., Tsuchiya, Y., Narita, M., Ueki, M., Murakawa, Y. and Okabayashi, K.: RSi-Cloud for Integrating Robot Services with Internet Services, *Proc. 37th Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON2011)*, (2011). (to appear)
 - 8) Amazon Web Services : <http://aws.amazon.com/>
 - 9) Google App Engine : <http://code.google.com/intl/ja/appengine/>
 - 10) Windowz Azure Platform : <http://www.microsoft.com/windowsazure/>
 - 11) 吉田幹, 奥田剛, 寺西裕一, 春本要, 下條真司 : マルチオーバレイと分散エージェントの機構を統合したP2PプラットフォームPIAX, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.1, pp.402-413, (2008).
 - 12) 成田雅彦 : ロボットサービスイニシアティブのコンセプトとロボットネットワークサービスプロトコルの設計指針, 信学技報, 2011-08-CNR, (2010). (発表予定)