

# AR を用いたサービス擬人化手法のエージェント型 IoT システムへの拡張に関する研究（延長）

研究代表者 笹井 一人 茨城大学 大学院理工学研究科 准教授

## 1 はじめに

知的インタラクションを行う計算モジュールが様々なモノの中に搭載されるというユビキタス・パーベシブコンピューティング[1][2]の概念に基づいて、モノのインターネットである IoT の急速な普及が進んでいる。ユビキタス・パーベシブコンピューティングの概念は、モノに搭載される知的モジュールに対して、それを利用するユーザからは見えず、その存在が強調されないように、そっとユーザに対して知的サービスを提供することを要求している（アンビエント・インテリジェンスとも呼ばれる）。これに対して、本研究では、ある特定の場合、例えば IoT デバイスに障害が発生した時などには IoT のアンビエント性がユーザにとってネガティブ要素となる可能性があることから、逆にユーザが IoT の上で活動する知的モジュール（ここではエージェントと呼ぶ）の存在を認識でき、さらにその可視性を保ったままエージェントとインタラクションできるようにすることで、解決しようとする。このような考えは、仮想世界と実世界の関係性をより考慮した直行的な世界観によるものであると考えられる。菅沼らは、サイバー世界と物理世界を互いの存在を強調するように融合することを共生と呼び、共生コンピューティングの概念を提唱している[3]。また、人間と機械の融合系という概念も提唱されている[4]。さらには、仮想世界のエージェントを具現化することで、人間がエージェントと違和感なくコミュニケーションをとろうとする Embodied Agents の概念もある[5]。

図 1 に本研究で提案しようとするアイデアの概念図を示す。

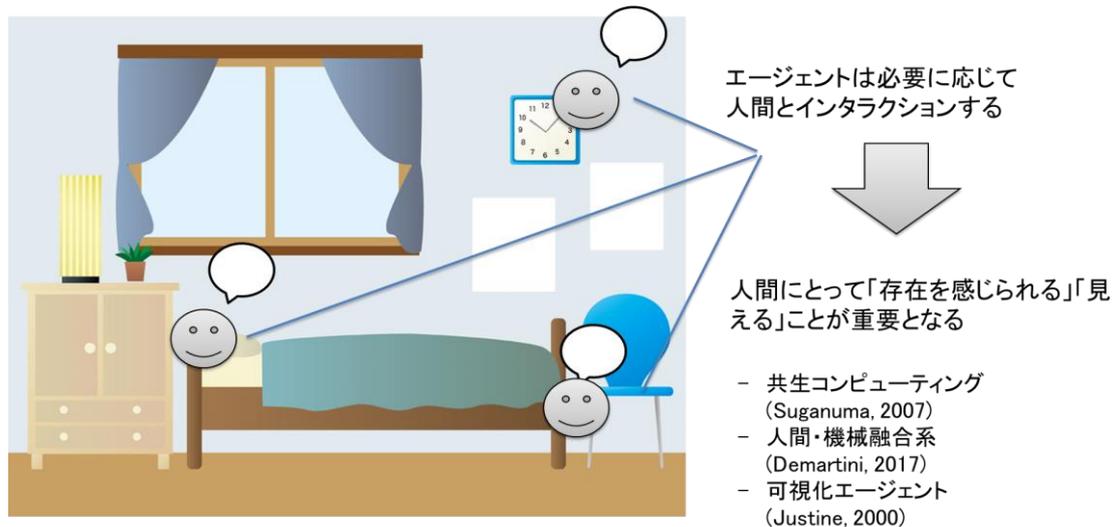


図 1 本研究で提案する概念の模式図

我々はこれまで、複雑化するネットワーク管理において、ネットワーク管理における様々な業務をソフトウェアエージェントに代行させ、それらが協調・連携することで自律的に管理者を支援するエージェント指向ネットワーク管理システム (Agent-oriented Network Management System, ANMS) を開発してきた[6][7][8][9]。本研究の前身となる、昨年度行ったプロジェクトでは、ANMS の管理者支援機能を対話システム型のインタフェースによって提供することで、管理支援サービスを擬人化する「サービス擬人化」手法を提案し、試作システムを用いた評価によって、支援機能提供の機会を大きく拡大することに成功した[10]。本プロジェクトの詳細については、前年度の報告書を参照されたい。本研究では、これを IoT に拡大し、ANMS を IoT の自律的管理に拡張しているエージェント指向 IoT 管理システム (AIoT) [11]へと展開することで、前述の IoT システムの管理に関する問題を解決し、また人間であるユーザと周囲を取り巻く IoT システムとの新しいインタラクション、および利用形態の提案を行うものである。

本研究を進める計画として、2段階のプロセスを経る。第1に、昨年度の研究成果として得られたサービス擬人化手法の試作システムに対して、より物理的な関係性を強調するための拡張現実インタフェースを追加し、より高度な障害解決事例における、人間・エージェントの協調的問題解決を検証する。第2に、その対象をIoTシステムへと拡張することで、目的とするシステムの実現を目指す。

## 2 拡張現実を用いたサービス擬人化手法

### 2-1 サービス擬人化手法の拡張現実型インタフェース

図2に拡張現実を用いたサービス擬人化手法の概要を示す。先行研究となるサービス擬人化手法は、人間の管理者を支援するソフトウェアエージェントの支援メッセージを、自然言語を用いた対話システムのインタフェースを用いて提供することで、これまでエージェント同士が協調するための専用プロトコルであるエージェントメッセージを人間が理解する事のできる表現へと翻訳することで、人間がエージェントとの連携形式を意識することなく行うことができる。結果として、これまでエージェントの管理支援機能に依存して行われてきた管理業務を人間ができることを肩代わりするなどの新しい協働の形態が生まれ、事前にあらかじめ準備された知識・機能が存在にしない場合でも問題解決が可能となる。

しかしながら、この対話型インタフェースにはチャットシステムが用いられていたために、管理者の側に管理対象に関する知識が不足していた場合、対話モデルにおける共通基盤の形成が十分に行われなかったために、有効なメッセージの理解が難しいという問題がある。そこで、本研究では、管理対象のネットワークシステムに関する知識を十分に持たない管理者でも高度な管理作業を行えるようにするため、メッセージの発信対象が物理的な対象とどのように関係するかを明示的に表現するものとして、拡張現実を用いたユーザインタフェースを開発し、それによって、より直感的な情報交換・コミュニケーションを可能とする。

拡張現実を用いたインタフェースを設計するにあたり、本研究では管理作業を行うエージェントが関係している物理的な対象との関係性を以下のように表現する：物理的な対象が認識された画面上の位置に対して吹き出しのオブジェクトを重畳させて表示し、まるでその物理的な対象が会話しているかのように感じさせる。これによって、提示される情報の情報源が明示的に表現され、指示された作業を明瞭に理解することが可能となると考えられる。

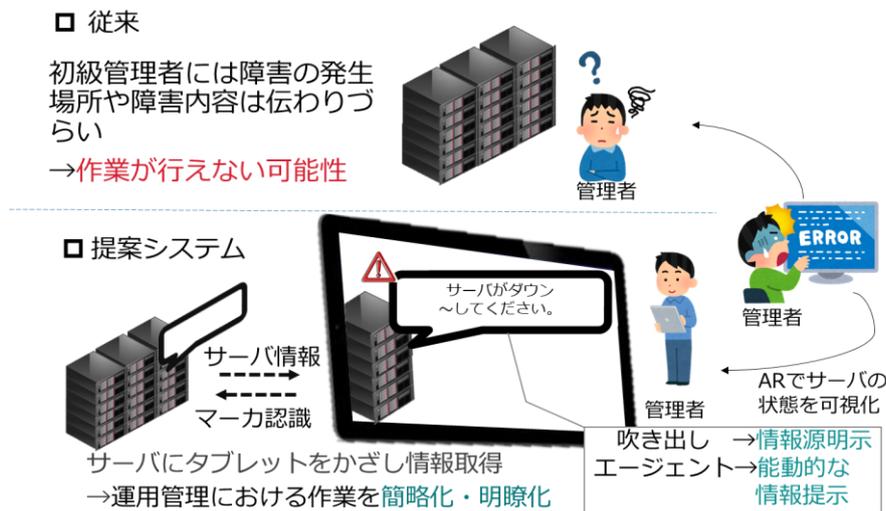


図2 拡張現実を用いたサービス擬人化手法

図3に提案インタフェース実現のためのエージェント識別方法に関する概念図を示す。拡張現実型インタフェースを用いる上で最も問題となるのは、ディスプレイ上で認識されたオブジェクトとメッセージを転送するエージェントをいかにして結びつけるかということである。ここでは、エージェントの選択方法を記憶させたエージェントを配置して、拡張現実型インタフェースによって認識された識別情報をエージェントの識別情報に変換している。本研究では、エージェント識別情報とオブジェクトの識別情報のマッチングに関

して複数の方法を混在させるように設計した。例えば直接的な識別情報の参照関係の記述だけではなく、メッセージ内のキーワードとも合わせて識別できるようにしている。

識別された結果の情報は、ネットワーク監視ツールと連携するエージェントによって受け取られ、監視ツール上のステータス情報と照合して、得られたステータスなどの状況に関してユーザへの情報提供を行う。

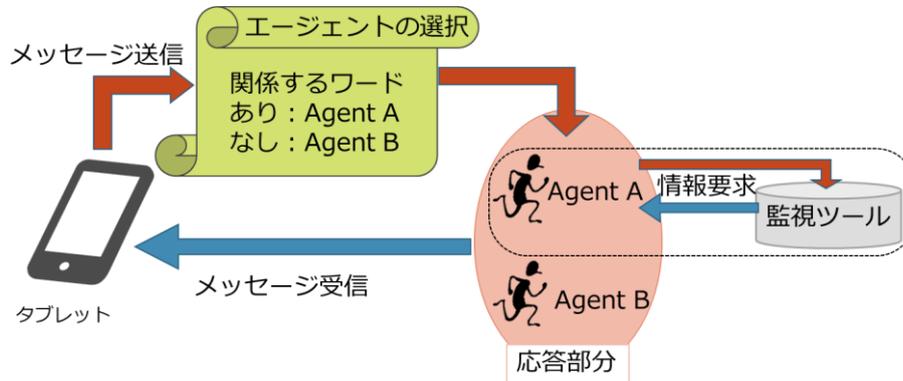


図3 メッセージ送信先の同定

他方、エージェント型に必要となる機能について、状況変化に関する推論を行うメカニズムが追加が必要となる。ANMSでは、障害解決を支援するための推論方法として、障害を同定するための情報を「障害症状」、「原因」そして「対策案」の3つのフェーズに分類して同定している。まず、利用者が入力した情報は、障害症状の項目とマッチングされ、マッチした項目とリンクする障害原因に関する仮説を導き出す。導き出された各仮説に従って、実際の機器上の情報が参照され、障害原因の仮説が検証される。仮説として導き出された原因がこの診断プロセスによって同定された場合、その障害原因の解決に役立つ対策案が提示される。これまでの研究では、利用者からの管理支援要求に対して、対策案の提示までを自律的に行うように設計していたが、本研究の目的とする人間がシステムの問題解決を手助けする協働関係の構築のために、本研究では、新たにタスク管理の機能を設計する。

図4にタスク管理機能の概要を示す。ここでのタスク管理とは、ANMSの推論過程において現在どの段階にいるかという状況を管理することを指す。タスク管理を行うことによって、利用者から送信されたメッセージが、障害解決におけるどの段階で処理されるべきなのかを決定しながら、メッセージの送信先を同定している。これによって、利用者はよりコンテキストを意識した対話を行うことが可能となる。

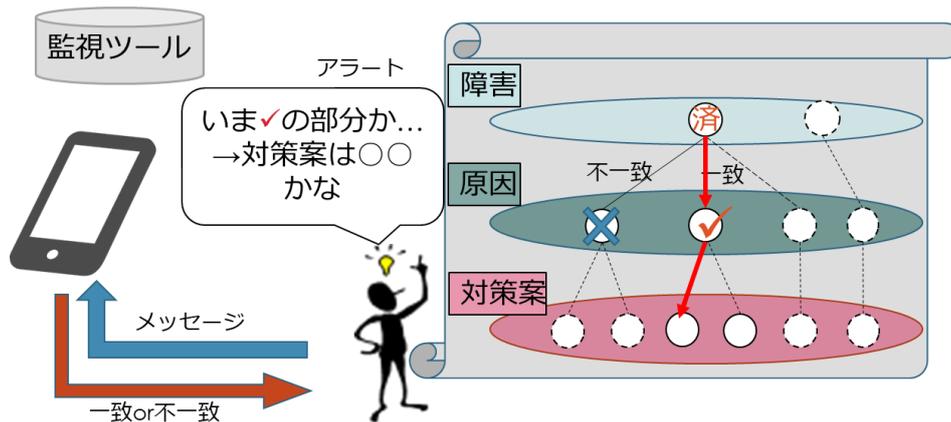


図4 タスク管理機能の概要

図5に上述した2つの設計要素を含めた本研究で提案するシステムの全体像を示す。本システムはマルチエージェントシステムという、複数のエージェントが協調連携することで問題解決を行うシステム形式をとる。本研究では、システムを構成するエージェント群を3つのレイヤーに分類する。一つは「サーバ管理エージェント層」である。タブレット端末上に配置された拡張現実アプリケーションと連携するタブレットエージェントがメッセージを受信した際には、そのメッセージが解釈され、サーバ管理エージェントによって

付与された ID がサーバ名に変換される。サーバ名に変換されたメッセージはその後、「メッセージ分類エージェント層」に送られる。メッセージ分類エージェント層では、送信されたメッセージを元に自然言語処理が行われ、そのメッセージがどのような意図によって送られたものであるか、その発話意図を抽出する。本研究では、自然言語処理の手法として、テキストメッセージからのキーワード抽出を行う方法と、クラウドベースの WatsonAPI を用いて分類を行う方法をそれぞれ別のエージェントとして構築している。この機構は先行するプロジェクトから引き継いでいる機能である。詳しくは、先行するプロジェクトの報告書を参照されたい。メッセージ分類エージェント層を経処理されてきたメッセージは最終的に反応エージェント層の送られる。反応エージェント層に配置されているエージェント群が元々の ANMS を構成するエージェント群、およびサーバ擬人化のために新しく設計した雑談エージェントなどを含む。それぞれのエージェントの役割については省略するが、先行研究に対して本研究が新たに追加したエージェントとしてアラート問い合わせエージェントがある。先行研究では、各サーバの管理支援を行えるエージェントはそれぞれのサーバの状態情報、すなわち監視情報を直接サーバより取得していた。これに対して本研究では、より現実的な状況として、サーバの状態情報をネットワーク監視システムから獲得する方法をとる。アラート問い合わせエージェントは、タブレットエージェントによって同定されたオブジェクトの識別情報を元に抽出されたサーバ名のサーバに関する状態情報を該当するネットワーク監視システムに問い合わせる機能を持つ。この機能によって、拡張現実インタフェース上に表示されているサーバに関する情報取得から吹き出しによる提示までをつなげることができる。

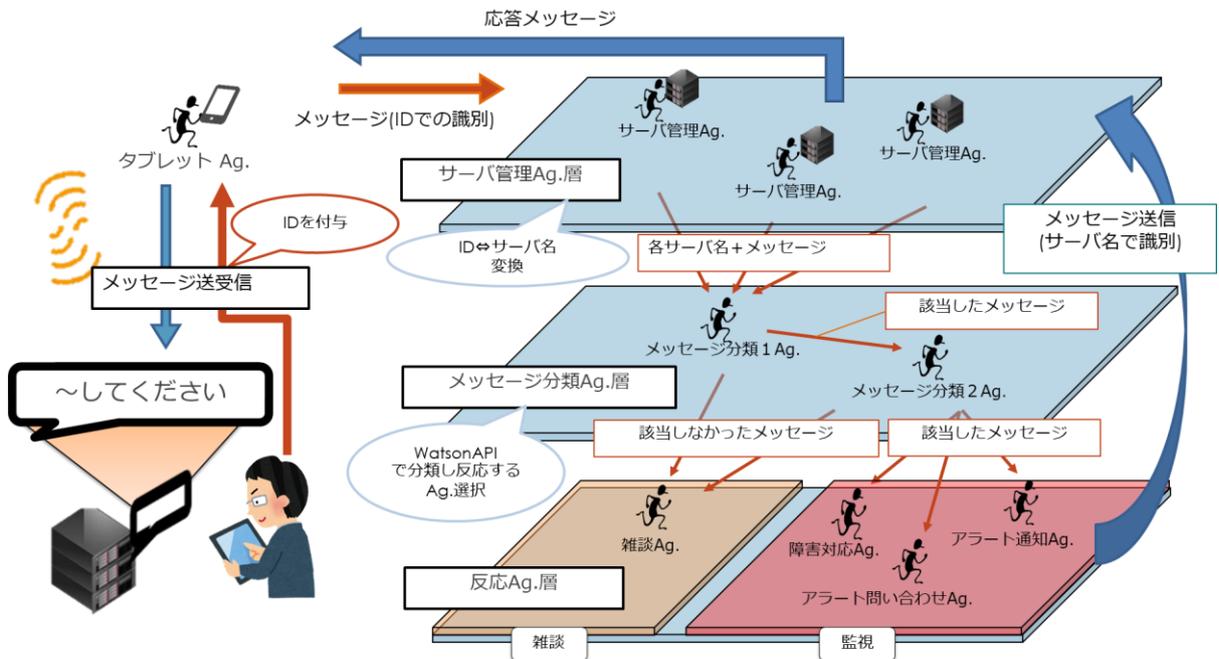


図5 提案するシステムの設計概要

本研究で設計したシステムを実際に試作したシステムのインタフェースを図6に示した。試作システムでは管理対象を同定する手法として AR マーカを採用した。本研究では、拡張現実上のオブジェクト認識手法が評価に大きな影響を与えるとは考えにくいため、簡単のためにマーカを使用している。実験環境を研究室内のサーバラックとして、当該マーカをそれぞれの機器の正面に貼り付け、図6のように認識されたマーカの位置に吹き出しを表示するように実装している。図の写真にあるケースでは、監視システム上の状態情報によって、正常状態にあるものはそのように表示されているのに対して、使用されていないサーバには、そのような表示がなされている。また、インタフェース下部にはテキストエリアが用意され、表示されている識別番号をタップし、テキストエリアに文章を入力することで、メッセージを送信することができる。つまり、吹き出しに表示されたメッセージに対して応答することで、拡張現実インタフェースを通して、目的のエージェントと対話することができるのである。これにより、より擬人化を強調することができると思われる。

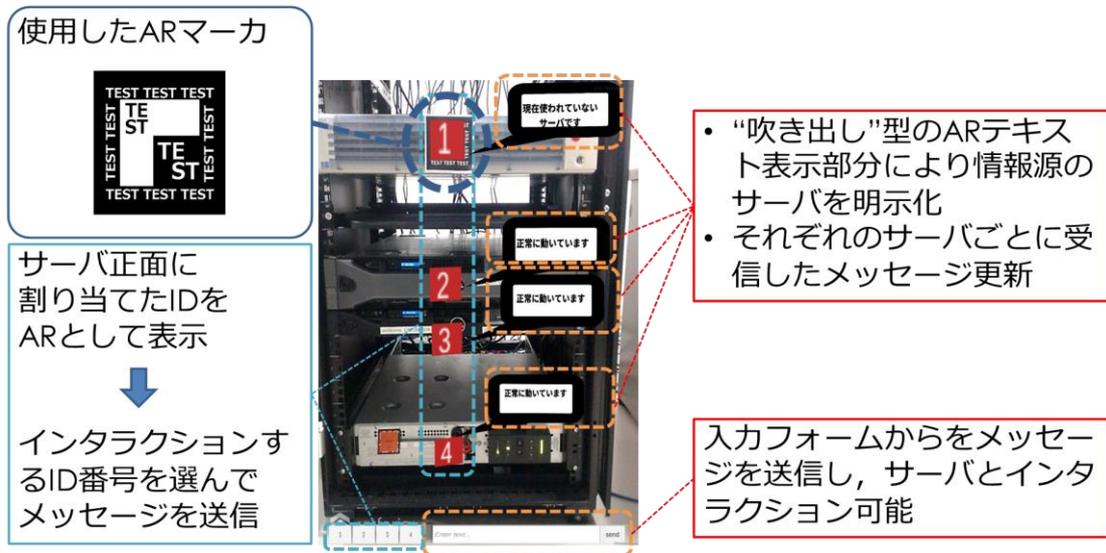


図6 試作システムのインタフェース

実装した試作システムの効果を検証するために、障害解決の例を用いた評価実験を行った。図7～10は、評価実験を行った際の例である。実験のシナリオは、次の通りである。今回の実験で検証する障害は、LANケーブルの物理的な抜け落ちである。LANケーブルの抜け落ちや、コネクタの不良、断線などはよくある障害であるが、障害症状として認定されるのは、ネットワーク上の異常であり、システム上のみから同定するのは困難である。障害解決プロセスの中で、人間によって物理的な脱落を同定し解決する。

図7は、実験の初段階の状況を示している。サーバラックにかざされた拡張現実インタフェース上には、3番のサーバで、「Unavailable by ICMP ping」と提示されている。ここで、利用者は例えば「どうしたらいい？」などのメッセージを送信することができる。



図7 実験シナリオ①

図8は、上述のメッセージを送信した際のサーバからの応答を示したものである。Pingが通らないというメッセージに対してどのようにすればよいかという質問をされた際の回答として、「赤いLANケーブルはどうなっていますか」という表示がなされている。ここで、利用者はサーバラックの裏側に回り、ケーブルを確認して、「ささっていない」「ささっている」などの回答をすることができる。

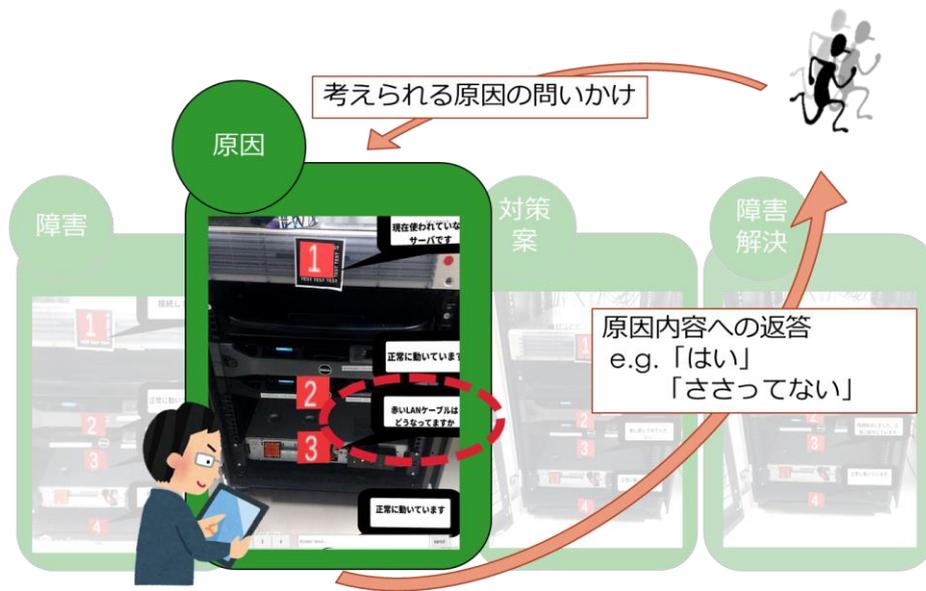


図8 実験シナリオ②

図9では、「ささってない」と答えた際の回答を示している．ここでは同定されて原因に対して「直し直してみてください」と対策案を提示している．利用者は提示された情報に対して，ケーブルの直し直しを実行して，その結果を回答することができる．例えば「対処しました」のようである．

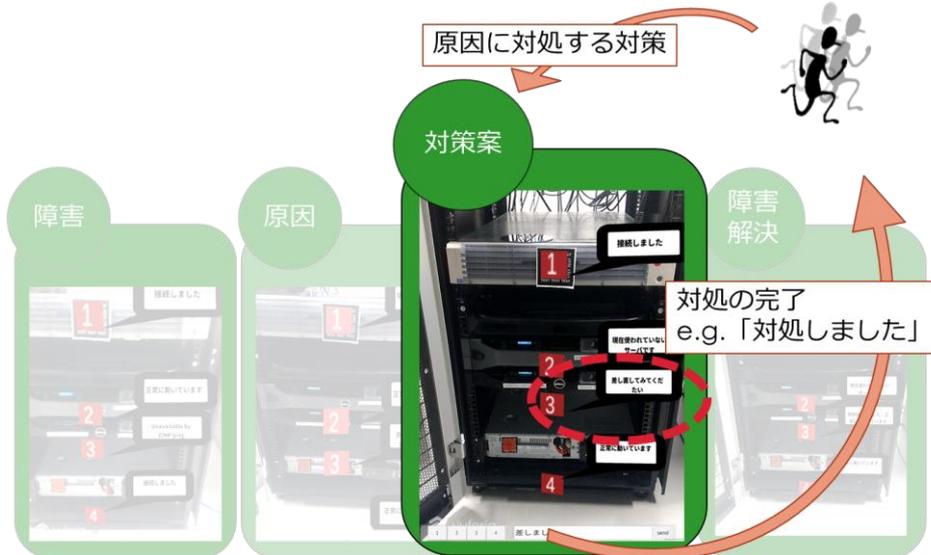


図9 実験シナリオ③

図10に，提示された対処法である「直し直してみてください」に対して，それを実行した際の表示を示している．利用者が作業完了の報告を行うと，エージェントは対象サーバの状況を更新し，もし状況が改善していれば，更新された情報を提示する．ここでは，「問題解決しました。正常に動作しています」と表示されている．このようなプロセスを経ることで，人間とエージェントが協働して問題解決を行うことができた．

実際に数人の協力者に依頼し，この障害解決シナリオがうまく機能するかどうかを検証した．結果としてすべてのケースにおいて実験は成功し，障害解決を最後まで行うことができた．特筆すべき点として，実験協力者の中にはネットワーク管理の経験がほとんどない初級の管理者がいたが，その協力者も問題なく解決に至ることができた．このことから，本研究が提案している拡張現実がインタフェースによる人間とエージェントの協働支援は大きな効果があるということがいえる．



図10 実験シナリオ④

### 3 IoT サービス管理支援のための拡張現実を通した人間・エージェント協働

#### 3-1 拡張現実型インタフェースのIoT環境への適用

本章では、2章で説明してきた拡張型インタフェースに基づくサーバ擬人化手法の拡張をIoT環境に適用し、本研究の目的を達成する。図11に、本研究で提案する拡張現実型インタフェースのIoT環境への適用を提案する図を示す。2章で説明してきたインタフェースをIoT適用することで、これまでサーバに適用してきた対話による管理作業の支援を家電製品などのモノへ拡張することが可能となる。

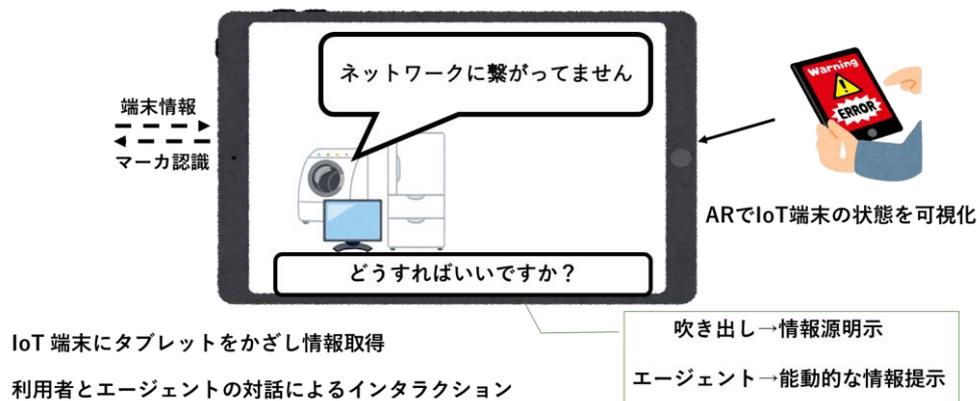


図11 拡張現実型インタフェースのIoTへの適用

図12に、IoT環境へ適用された拡張現実型インタフェースおよび、それをを用いた人間・エージェント協働による問題解決支援システムの設計概要図を示す。基本的な設計部分は、図5を踏襲して適用している。特に、IoT端末を管理するための識別情報の同定を行うIoT端末管理エージェント群を新たに設計している。IoT端末は種類も多様にわたっているし、その用途も様々であるため、識別に関して有効な手法もより幅広く存在している。しかしながら、IoT環境の管理支援にマルチエージェントシステムが有効であると示されているように、多様な環境への適用が可能な多様なエージェントの協調連携が有効性を担保しているということである。また、雑談エージェントや障害解決に関する支援を行うエージェントに関してもIoTに適した知識へと拡張する必要があったため、対応している。

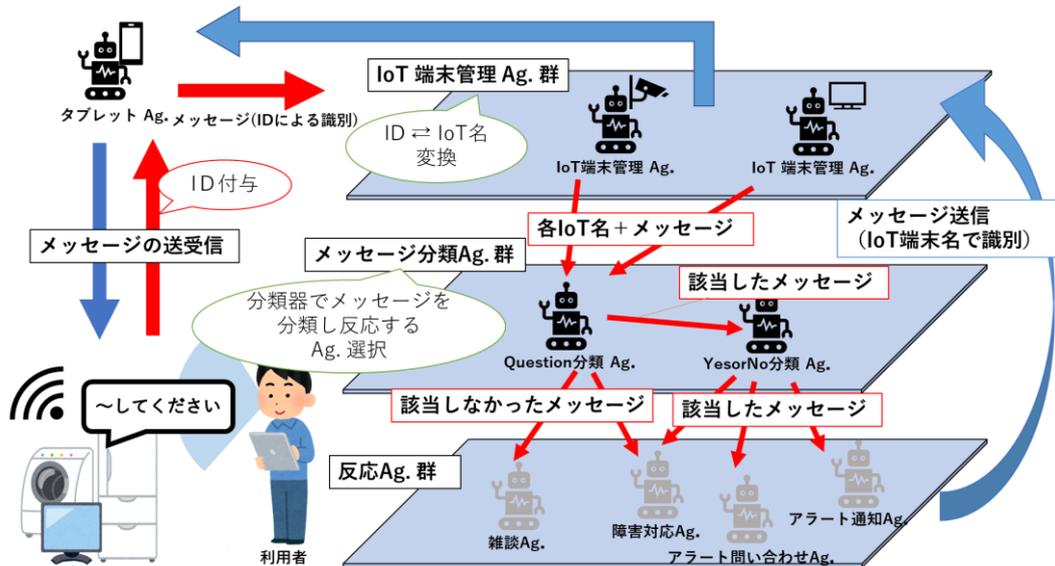


図 1 2 IoT 環境へ拡張されたサービス擬人化手法の概念図

IoT 環境へと拡張した拡張型インタフェースを用いたサービス擬人化システムの試作インタフェースを図 1 3 に示した。サーバ擬人化のケースと同様に、AR マーカを用いて、IoT システムを同定し、その位置に吹き出しを重畳して表示する方式を採用している。また、インタフェース下部には入力フィールドを設置して、認識された IoT 端末を担当するエージェントとメッセージのやりとりが可能となっている。インタフェースのスクリーンショットに示されているように、サーバ擬人化のケースでは、サーバ管理を行うエージェントからのアラーム情報や状態情報の提示が、機械的な印象のメッセージであったのに対して、本試作システムにおいては、より擬人化を協調するために、利用者に問いかけのような表現となるように変更した。

対話システムの研究においても長く議論されてきたように、対話システムにおいてシステム（エージェント）の発話をどのような雰囲気にするかという問題は、重要な問題である。特に、見た目と機能のバランスは非常に重要であり、「適応ギャップ」と呼ばれている。それを防ぐために、より対象が自分に語りかけるような述語の表現形式をとっている。各エージェントの説明は以下の通りである：

(1) タブレットエージェント

タブレットエージェントはベースプロセスにおいて利用者が使用するタブレット端末上のアプリケーションと websocket と通信している。利用者がアプリケーションの入力フォームにて書き込みを行うとタブレットエージェントはメッセージデータをベースプロセス経由で受け取り、IoT 端末管理エージェント群が存在するワークスペースに送信する。また、IoT 端末管理エージェントから送られてきたメッセージデータを受け取りタブレット側に送信も行なっている。これにより、利用者が使用するタブレット端末上のアプリと IoT 端末擬人化機構との通信機能を実装した。他にも、アプリケーションとの websocket 通信が接続されたことを確認すると、アラート問い合わせエージェントにすべての管理対象のアラート情報を要求し、アラートの情報をタブレット端末に送信する。

(2) IoT 端末管理エージェント

IoT 端末管理エージェントは各管理対象に一体ずつ存在し、管理対象の情報をファクトとして持っている。ファクトとはエージェントが扱うことのできる OAV (Object-Attribute-Value) 形式で示された情報である。また、IoT 端末管理エージェント群が存在するワークスペースにメッセージが送られてきたときにファクトの情報をを用いて送られてきたメッセージデータの ID がファクトの番号と一致した場合のみエージェントが反応する。そして、id と一致した IoT 名と送られてきたテキストをメッセージ分類 1 エージェントに送信するものである。

(3) メッセージ分類エージェント

メッセージ分類エージェントは利用者からのメッセージをマッピングすることで利用者の意図を解釈し、メッセージの内容に応答するエージェントを変化させるエージェントである。メッセージ分類エージェントが IoT 端末管理エージェント群から送られてきたメッセージデータを受け取るとうけとったメッセージのテ

キストと IoT 名を確認し、機械学習を行う API である Watson の自然言語器を用いてテキストが本研究の管理運用に関わるかどうかを分け、発言が肯定的なものか否定的なものかをさらに分類することで利用者から送られてきたメッセージの意図を解釈する。分類器を2つに分けたのは1つの分類器によって多数の分類クラスを作成すると意図しない方向に分類される可能性が増大すると考え、処理を2段階に分けることで分類をより細かい表現に対しても行えると考えたからである。

具体的には、メッセージ分類エージェントにおいて、送られてきたメッセージが Watson の自然言語分類器によって分類されたクラス condition をベースプロセスから受け取り、ファクトとして保持しておいたメッセージとともに反応エージェントにメッセージを送信する。メッセージ分類エージェントで用いる分類器によって“疑問”；“Zatsudan”；“その他”に分ける:送られてきたメッセージが“疑問”と分類された場合;障害対応エージェントにメッセージを送信“:Zatsudan”と分類された場合は雑談エージェントにメッセージを送信する“:その他”に分類された場合は;メッセージ分類エージェントにメッセージを送信する。

メッセージ分類エージェントは送られてきたメッセージを分類器によって送られてきたメッセージを watson の自然言語分類器を用いて肯定的か否定的かを分類し;その結果を障害対応エージェントに送信する。このように処理を行うことで利用者から送られてきた自然言語でのメッセージを解釈し、ACL によって記述された従来のエージェントの記述形式と同じ設計が可能となる。また、送信する処理を他のエージェントは従来通りの設計で変化することがなく、処理の負荷を減らしつつ利用者から送られたメッセージの選択が行える。

#### (4) アラート通知エージェント

アラート通知エージェントは管理対象に障害が生じた場合に関しツールからアラート(というメッセージ)を受け取り IoT 端末管理エージェントにメッセージを送信するものであり、本研究では IoT 端末の監視ツールとして Zabbix を用いた。Zabbix とはサーバやネットワークの状態を一元的に監視するシステム監視ソフトである。SNMP(Simple Network Management Protocol)によって同一ネットワーク上で働く IoT 端末を Zabbix による ping(エコー要求)で死活監視を行うツールとして用いた。これによって IoT 端末にアラートが生じた場合に通知することで利用者は IoT 端末に障害が発生したことを認識できる。

#### (5) アラート問い合わせエージェント

アラート問い合わせエージェントはメッセージ分類エージェントからメッセージが送られてきた場合、アラートの問い合わせを行うメソッドを呼び出す。そして、ベースプロセスからアラートの内容とアラートが発生した管理対象名を取得し、IoT 端末管理エージェントへのメッセージとして管理対象名を送信することで管理対象ごとの障害として分けられるようにしている。

また、本実装では、タブレットエージェントとアプリケーションとの接続開始時にアラートの問い合わせを行い、管理作業が完了した際にも問い合わせを行うことで管理対象におけるアラートの有無によって作業が終了する目安としての役割をアラート問い合わせエージェントが行っている。また、アラートが生じていた場合、障害の内容と発生している管理対象の情報を障害対応エージェントにメッセージとして送る。

#### (6) 雑談エージェント

雑談エージェントは管理運用に関わらない非タスク型の対話を行い、利用者と限定された話題以外のインタラクションも行えるように設計した。これによりメッセージ分類エージェントによって管理運用に関わる反応エージェントが選択されなかった場合にも利用者には何かしらの反応が返答として戻るようにすることで協働が停止してしまうことを防ぐことができると考える。本研究では、雑談機能としてリクルートが提供する A3RT (アート) API の TalkAPI を用いた。メッセージ分類エージェントから送られたメッセージからテキストを入力としてベースプロセスからの返答をメッセージとして IoT 端末管理エージェント群にメッセージデータを送信する。そして、IoT 端末管理エージェントからタブレットエージェント、利用者の持つタブレット端末上のアプリケーションにメッセージデータを送ることで利用者と管理運用に関わらない非タスク型の対話を IoT 端末としているように行える。

#### (7) 障害対応エージェント

障害対応エージェントは専門的知識を持たない利用者による管理運用の依頼を行うエージェントであり、障害とそこから考えられる原因のパターンの組の知識をファクトとして持っている。同様に原因とそれに対する対策案の組の知識もファクトとして持っている。障害対応エージェントは、利用者に対して、管理対象の状態に応じた管理依頼メッセージを送信することで利用者によるシステムのみでは解決できない作業を依頼する。内容把握機能を用いて能動的に送信するメッセージを変更できるようにする。次に、メッセージ分類機能に

よってマッピングされたメッセージを受け取ると障害の内容から考えられる原因を順番に利用者に確認してもらうためのメッセージを送信する。そして返答されたメッセージの内容によって他の原因を探るか、対策案を利用者に依頼する状態遷移に移行するか管理者にメッセージを送る。次にメッセージ分類エージェントから送られたメッセージを受け取ると事実として持っていた情報から障害の内容から考えられる原因を利用者に確認してもらうためのメッセージを送信する。その時に原因を探していることをエージェント側で把握するためにフラグを立てる。また、フラグとして保持している番号を変化させることでエージェントがフラグの番号と同じ値の原因とマッチングを行うことで他の原因を探索できるようにする。

そして、返答メッセージの内容によって他の原因を探るかもしくは対策案依頼を行う状態に遷移するか分岐を行い、利用者にメッセージを送信する。対策案の依頼を行う際にもフラグをたてて、エージェント側で状態を把握することで能動的な管理依頼を行えると考える。

対策案を実行すると監視ツールに問い合わせを行い、フラグを全て消去することによって初期状態に戻す。障害が残っていた場合にはまた原因の探索から開始することで障害が複数存在する場合にも解決まで行うことを可能とした。

タブレット端末上で起動しているアプリケーションの動作画面

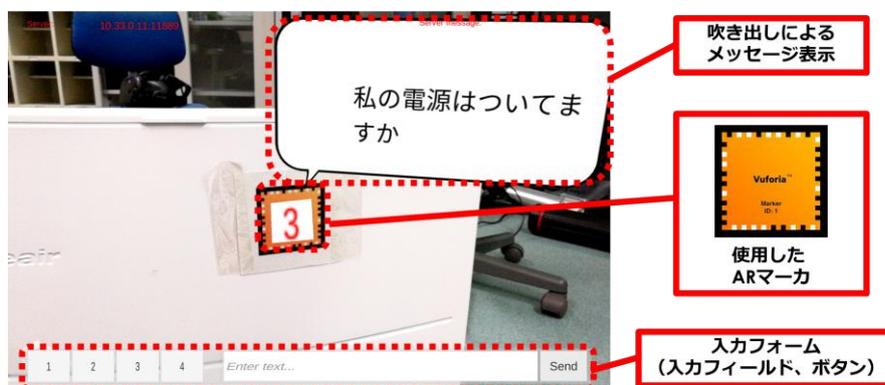


図 1 3 IoT に拡張したインターフェースのスクリーンショット

図 1 4 を用いて試作システムを用いた評価実験を説明する。実験環境として、いくつかの IoT 機器を助成金により購入した。その中で IoT 家電の一種である、空気清浄機を用いて実験を行う。その他の機器についても今後実験を行っていく予定である。今回実験するシナリオは次のようである：

- (1) まず、今回は空気清浄機の WiFi が非接続になっている状況から開始する。この際には、メッセージとして「大変です！ネットワークにつながっていない」というメッセージを表示している。このメッセージを見て、利用者は、例えば「どうすればいい」などの支援要求を送信することができる。その後、送信されたメッセージが反応エージェント群に送信されて実際に起こっている状況と照合してメッセージが生成される。
- (2) 次に、症状を同定したシステムは、症状を生み出すと考えられる障害原因に関する仮説を複数生成し、それらの検証を行う。システム上、つまり必要なエージェント同士のメッセージのやりとりによって、自動的に取得可能な情報については、自動で収集を行うが、なかにはシステムのみでは収集不可能な情報が入り交じっている可能性がある。そのような場合には、利用者へのメッセージを送信して、情報の補完を要求する。ここでは、仮説の一つである、コンセントの抜け落ちについて検証するために、「コンセントが奥までささってますか」というメッセージを表示している。利用者はこのメッセージに従い、コンセントをチェックしてその結果をメッセージで入力することができる。入力されたメッセージによって、障害原因に関する仮説を検証することができ、もし同定された障害原因が合った場合には、その解決策が提示されることになる。
- (3) 障害原因が同定された際には、その同定された原因を解決するための対策案が提示される。ここでは、仮説として提示された「コンセントが奥までささっていますか」というメッセージに対して、「ささっていない」という趣旨のメッセージが返信された場合、それによって障害原因が「コンセント脱落」と同定され、対策案としての「コンセントを指し直してください」というメッセージを提示する。これに従って、利用者は先ほど確認したコンセントを指し直す行動を行い、その作業の

完了を報告するメッセージを返信する。

- (4) システムが提示した対策案である「コンセントを差し直してください」というメッセージに対して、利用者から完了報告のメッセージを受けると、システムは実行された作業による効果を確認するために、アラート問い合わせエージェントよりネットワーク監視システムへと情報が要求され、現在の状態が確認される。確認の結果、同定された障害原因が解消されていたら、問題は解決されたと認識して、「正常に稼働しています」というメッセージを表示し、問題の解決が確認されることとなる。

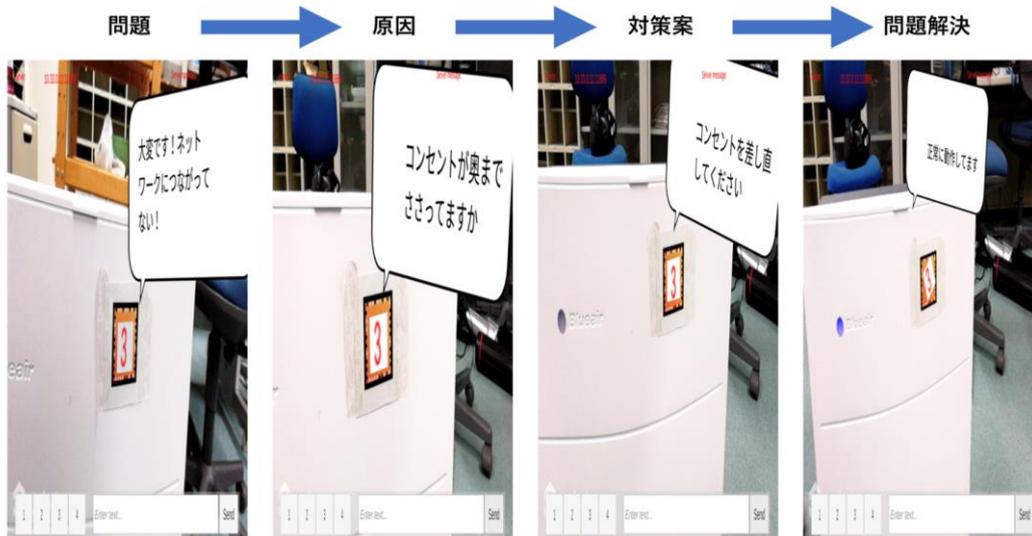


図 1.4 評価実験のシナリオ

試作システムを用いて IoT 環境の管理運用における障害対応の動作確認を行った。動作確認から管理対象の障害発生場所の特定が吹き出し表示機能によって行えることを示した。また、障害に対する原因と対策案を IoT 端末の状態に合わせて提供もしくは作業依頼として能動的かつ段階的に提供することで障害対応を行えることも示せたので利用者にも理解しやすい情報提示が行えたことを考えられる。以上より、IoT 環境の管理運用における問題解決のための人-エージェントの協働支援を実現できたと考える。しかし、新たな課題点として拡張現実を利用する際に AR マーカを用いる場合には AR マーカを認識してからでないと人とエージェントのインタラクティブを開始できない点が見つかったため、拡張現実を用いて人とエージェントの協働を支援するには AR マーカ以外の手段を検討する必要がある。

#### 4 おわりに

本研究では、先行研究で行ったチャットシステムを用いたサービス擬人化の手法を拡張現実型インタフェースを用いて拡張することで、物理的なコンシステンシーを高め、より直感的にネットワーク管理作業を行うことを可能とする。さらには、人間と機械の関係性を変化しうるものとして定義する新しい人間・エージェントインタラクションの手法を協調的問題解決において実現する。本研究では、まず第 1 にサービス擬人化手法に拡張現実型インタフェースを適用し、その有効性を検証した。試作システムを用いた実験においては、知識が十分ではない初級管理者でもネットワーク管理における問題解決をシステムと協働して行うことが可能となった。また第 2 に、前述のシステムを IoT に適用することで、その有効性が確認され、IoT 環境では、特にネットワークの知識に乏しい素人でも問題解決を行うことができた。これは今後より一層浸透する IoT 環境において有効な技術となり得る可能性を示したといえる。

#### 【参考文献】

- [1] Mark Weiser, “Ubiquitous Computing”, Computer, Vol. 26, No. 10, pp. 71-72, 1993.

- [2] Emile H.L. Arts, José Luis Encarnaç o, “True Visions: The Emergence of Ambient Intelligence,” Springer, 2006.
- [3] Takuo Suganuma , Kenji Sugawara , Norio Shiratori , “Symbiotic Computing: Concept , Architecture and Its Applications,” Proc. of International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing, pp. 1034-1045, 2007.
- [4] Gianluca Demartini , “Hybrid human-machine information systems: Challenges and opportunities”, Vol. 90, pp. 5-13, 2015.
- [5] Justine Cassell , Joseph Sullivan , Scott Prevost , Elizabeth F . Churchill , “Embodied Conversational Agents”, The MIT Press, 2000.
- [6] Kazuto Sasai, Johan Sveholm, Gen Kitagata, and Tetsuo Kinoshita, “A Practical Design and Implementation of Active Information Resource based Network Management System”, International Journal of Energy, Information and Communications, Vol.2, No.4, pp.67-86, 2011.
- [7] Kazuto Sasai, Yusuke Tanimura, Hideyuki Takahashi, Gen Kitagata, Tetsuo Kinoshita, “An Agent-based Data Analytics Support Tool for Network Management Intelligence,” International Journal of Energy, Information and Communications, Vol. 8, No. 1, pp. 51-64, 2017.
- [8] Tetsuo Kinoshita, Gen Kitagata, Hideyuki Takahashi, Kazuto Sasai, Khamisi Kalegele, “An Agent-based Network Management System Using Active Information Resources,” International Journal of Advanced Smart Convergence (IJASC), Vol.2, No.2, pp. 10-15, 2013.
- [9] Yusuke Tanimura, Kazuto Sasai, Gen Kitagata, Tetsuo Kinoshita, “Knowledge-Based Network Management System for Movable and Deployable ICT Resource Unit,” Journal of Computer and Communications, Vol.5, No.7, pp.135-151, 2017.
- [10] Kazuto Sasai, Takuya Hoshino, Hiroki Nagawasa, Ryota Fukutani, Tetsuo Kinoshita, “A Flexible Collaboration Mechanism Between Humans and Agents on Disaster Recovery of Network Systems,” Proc. of 2018 IEEE 7th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2018), pp.187-188, 2018.
- [11] Taishi Ito, Yasuhiro Kurita, Hideyuki Takahashi, Kazuto Sasai, Gen Kitagata, Tetsuo Kinoshita, “A Cooperative Multi-agent System Infrastructure for Heterogeneous Sensor Environment,” International Journal of Energy, Information and Communications, Vol.4, No.2, pp.55-70, 2013.

〈 発 表 資 料 〉

| 題 名   | 掲載誌・学会名等   | 発表年月     |
|---|--|----------|
| An Agent-Based Intelligent Data Presentation Mechanism for Multifaceted Analysis  | In: Barolli L., Hussain F., Ikeda M. (eds) Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems. CISIS 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 993, pp. 587-595               | 2019年6月  |
| Augmented Interaction Mechanism for Physically Consistent Collaboration Between Humans and Intelligent Agents in Network Management | In: Sato H., Iwanaga S., Ishii A. (eds) Proceedings of the 23rd Asia Pacific Symposium on Intelligent and Evolutionary Systems. IES 2019. Proceedings in Adaptation, Learning and Optimization | 2019年12月 |
| その場の環境に適応する人とエージェントの協働インタフェース   | 第20回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会論文集  | 2019年12月 |
| IoT サービス擬人化エージェントのための拡張現実型インタフェース   | 共創学会第3回年次大会予稿集, pp. 140-142  | 2019年12月 |