

サービスの擬人化に基づくネットワーク管理

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

巨大に成長するインターネットシステムに対して、これを管理運用する人手の不足が問題視されている。これを解決するため、ネットワークシステムが自律的に自らを管理することのできる機能の開発に期待が高まっている。近年では、クラウドを用いた状態監視[1][2]や、ビッグデータ技術を用いた高度なデータ可視化技術[3][4]が提供されているが、データレベルの蓄積・処理技術に対して、運用面の知識管理をサポートするツールが圧倒的に不足しているため、高度化する管理作業を人手で行う負担がむしろ増大しているといった問題もある。ネットワーク管理業務における知識管理の問題は、大きく分けると2つに集約される。1つは、UNIX やネットワーク機器のコマンドライン操作や、システムログの解釈などの、一般的な知識が、管理経験に基づいてトレーニングすることが一般的であり、逆に言えば、対応する管理業務が発生しないと知識を学ぶことができないという問題がある。他方では、ある管理対象ネットワーク固有のドメイン知識、つまりセキュリティポリシーや IP アドレス、ホスト名、ネットワーク構成などの知識は、障害対応などの簡易業務を行う際に必須の知識であるが、管理対象のネットワークによって異なるため、これらを把握する手間が大きく、常任の管理者がいないネットワークでは、継承が頻繁に発生するため、より深刻な問題となっている。これらの問題を解決するために、様々な知識管理・共有のためのツールが提供されてきた[5][6][7]が、各ツールに固有の表現方法や使い方を学ぶ必要があるため、人手の負担が大きい、また人同士の直接コミュニケーションで知識を継承する場合は、何度も同じ事を聞き返したり、応えたりといった反復が、ストレス増大させるといった負担の増大につながるため、有力な解が存在しない状況である。そこで、本研究では、人と人とのコミュニケーションツールに各機器やサービスを管理するエージェントを参画させ、エー

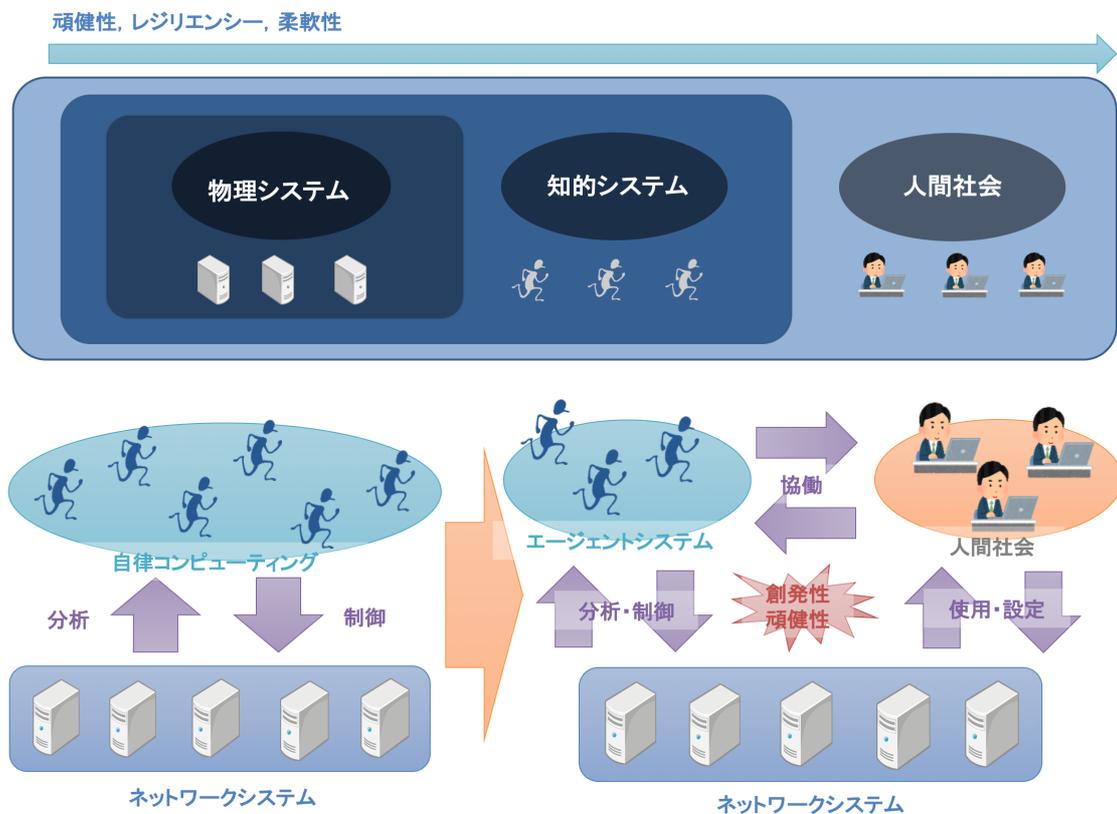


図 1 人間とエージェントが協働するネットワーク管理

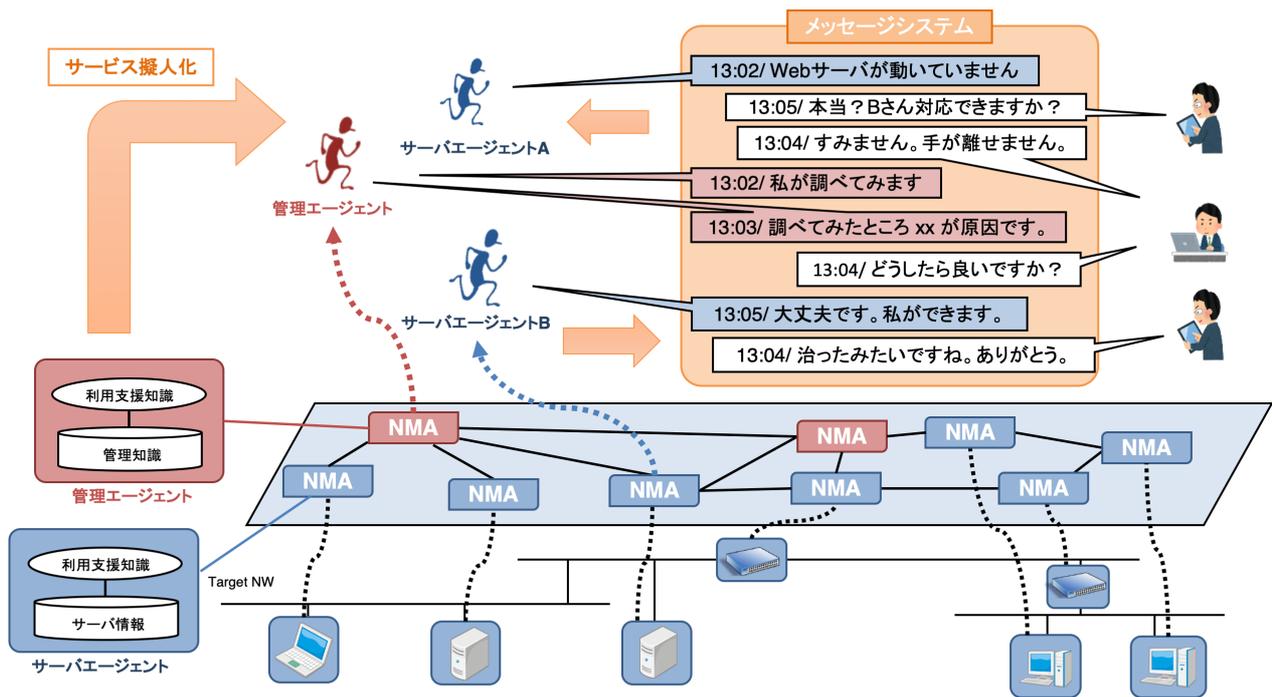


図 2 サービス擬人化エージェントの概念図

エージェントが人と人の知識継承からオンラインに学習する手法を提案することで、人からエージェント、エージェントから人、さらにはエージェント対エージェントという自律的な知識継承を実現し、効率な知識継承の実現を目的とする。

我々はこれまで、ネットワーク管理における管理者の知的負担を軽減するため、ソフトウェアエージェントに基づく能動的情報資源 (Active Information Resource, AIR) および、AIR を利用したネットワーク管理支援システム (AIR-based Network Management System, AIR-NMS) について、研究開発を行ってきた [8][9][10]。これまでの研究では、機器やサービスなどのネットワーク構成要素に関する AIR と、障害解決のための方策や原因究明といったメタレベルの管理知識を管理する AIR の 2 種類の AIR を設計し、それらの協調・連携により、自律的な管理タスクの実行や、高度なレベルの管理者支援を可能にしてきた。しかしながら、AIR-NMS がその高度な支援機能を発揮するためには、各情報資源が適切に管理され、必要な情報・知識が保存されているということが前提となっていたため、メンテナンスのコストについては、従来の NMS と同様の問題点を抱えていた。このような問題は、開発者があらかじめ知識や機能を入力し、利用者は決まった方法で、利便性を享受するという固定されたシステムと人間の関係性により生じる問題であるとされている [11][12]。近年では、DevOps[13]のような使用と開発を同時に行うソフトウェア開発モデルも導入されつつあるが、利用者側のコミットを促すことは容易ではないため、普及していかないという課題もある。筆者はこのような問題が、システムを利用したり、開発したりといったことに、楽しさや面白さの要素が少ないことが根本的な原因であると考えた。そこで、本研究では、すでにエージェント化された AIR にチャットボットを用いた擬人化機能を付与して、より能動的かつ積極的に人とコミュニケーションとらせることで、ネットワークシステムの管理運用経験の乏しい利用者であっても楽しさや面白さを感じ、自然にセキュリティや障害管理といったネットワーク管理への参加を促し、人とシステムがよりフラットで柔軟な関係性を実現しているための、基盤作りを行いたいという着想に至った。

図 1 に本研究が目指す人間とエージェントの協働によるネットワーク管理の概念を示す。本研究では、申請者の所属する研究グループが開発している AIR-NMS の試作システム[10]を利用し、各エージェントにチャットへの参加機能を付与するためのチャットボット機能の研究開発を行う。現在開発中の AIR-NMS はソフトウェアエージェント開発フレームワークである ADIPS/DASH[14]を用いている。本研究では、DASH エージェントに ChatOps[15][16]のインタフェースとして用いられる、クラウドベースのサービスである Slack[17]、そしてチャットボットのソフトウェアである Hubot[18]を用いて、チャットに対して発言する機能を付与し、

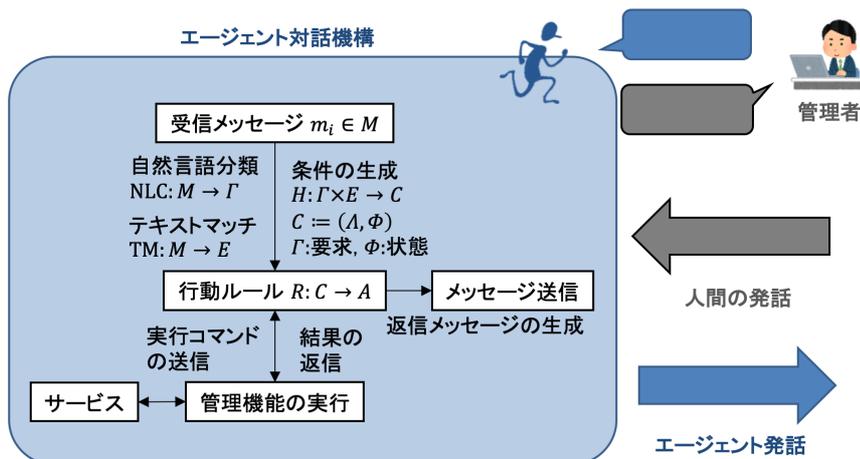


図 3 エージェント対話機構の流れ

その上で、エージェントの動作知識として AIR の管理する情報資源に関連したつづやきを行うためのモデルを構築する。例えば、サーバに置いて負荷が少ないときには「まだまだがんばれる」や「ひまだなあ」などのつづやきを行うなどである。また、研究開発の進捗により、利用者からの簡単な質問に答えることのできる質問応答機能の実装も行いたいと考えている。これにより、利用者が管理情報をやり取りするチャットインタフェースをより活発に利用するようになると期待される。

2 サービス擬人化エージェント

本章では、サービス擬人化の概念およびその実現方法について説明する。図 2 にサービス擬人化の概要を示す。本研究における擬人化の対象となるエージェントは、これまで我々が開発してきたエージェント型ネットワーク管理システム (Agent-based Network Management System, ANMS) [8] を構成するエージェント群である。ANMS は、管理知識を内包する管理エージェントと、それぞれのネットワーク機器の情報を内包する機器エージェントの 2 種類からなる。後述するが、各々のエージェントは、それぞれが持つ機能に対する要求を受け付け、その要求に応じた結果の応答を行う形で、連携しながら管理作業を自律的に実行することができる。しかしながら、1 章で述べたように、自律エージェントは、独立して様々な状況に対応することを必要とされているため、あらかじめ膨大な知識を用意しておく必要があるとともに、想定外の状況が発生した場合には、その状況に適応するように知識の更新を行う必要がある。しかしながら、そのためには専門的な知識を有する開発者兼管理者が付き添わなければならないため、多様な環境に適応しなければならないネットワークシステムの管理作業を支援するものとしては、既存の ANMS は十分な機能を有しているとは言えない。そこで本研究では、ANMS を構成するエージェント群に人間の管理者と直接自然言語のメッセージを交換できるようにするサービス擬人化機構を提案する。これにより、専門的な知識を有しない初級の管理者でも、エージェント群と協調して問題解決を行うことが可能となると考えられる。

2-1 エージェント対話機構

本研究で最初に定義するのは、前述したエージェントに対話機能を付与するために必要な機構の設計である。図 3 に提案する擬人化エージェントの基盤となるエージェント対話機構の構成を示す。対話機能とは一般に、ある自然言語のメッセージから意図を抽出し、その意図に対して応答メッセージを生成する機能のことを指す。本研究で擬人化対象となっているネットワーク管理エージェントはネットワーク管理における部分化された業務を分担する機能を持つ。そのため、ここでの対話機構の設計は、意図を管理エージェントの機能に結びつけるための対応関係を用意することが設計の要件となってくる。

まず、従来のネットワーク管理エージェントの仕組みについて説明する。ネットワーク管理エージェントは、ユーザである管理者からの支援要求を受けて、自身に定義された行動ルールに基づいて行動を行う。こ

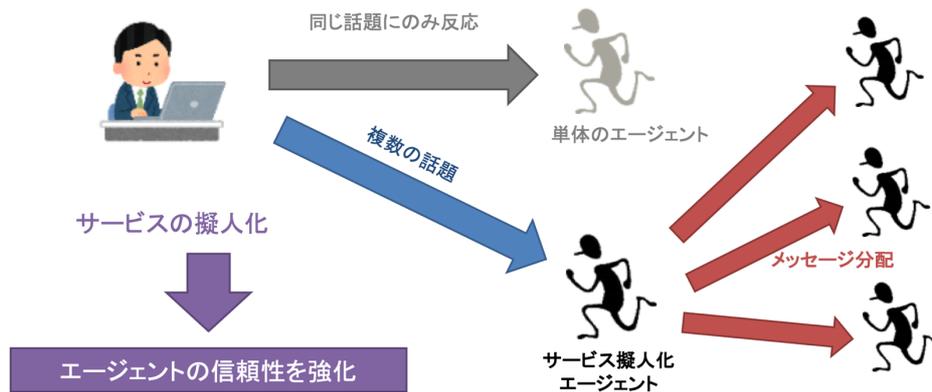


図 4 階層型対話機構の概念図

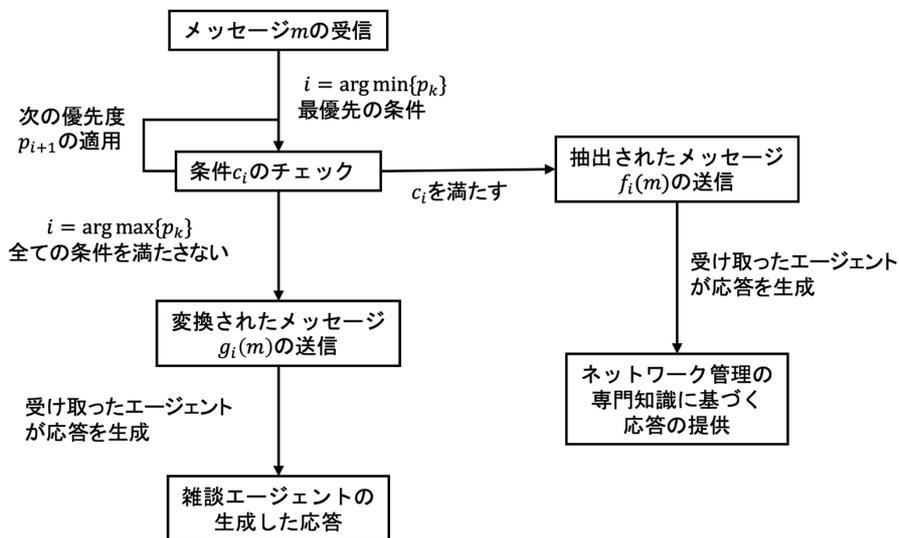


図 3 階層型対話機構の流れ

こで行われる行動とは、エージェントが担当するネットワーク管理業務を実行するための機能を実行するアプリケーション部分である。これらの行動を駆動するためのルール R は一般に $R: C \rightarrow A$ として表現される（ここで、 C は行動を実行するトリガーとなる条件、 A は条件によって駆動されるアクションを指す）。ネットワーク管理エージェントの行動が駆動される原理として、[8]では、要求ベース駆動とアラーム駆動の2通りの駆動方法が定義されている。よって、行動条件 C は $C := (A, \Phi)$ （ここで、 A はユーザから送られた支援要求、 Φ はネットワークシステムの状態情報を指す）のように表現することができる。

従来のネットワーク管理エージェントの構成を考慮し、エージェント対話機構は、ある所与の受信メッセージ $m_i \in M$ に対して、本研究では2通りの意図抽出法を組み合わせ要求 $\lambda_i \in A$ を抽出する。一つは、自然言語分類 (Natural Language Classification, NLC) である。NLCは、あるメッセージを機械学習により分類されるクラスへとマッピングする関数 $NLC: M \rightarrow \Gamma$ として定義できる。また、もう一方の意図抽出法として正規表現などの方法を用いて定義されるテキストマッチング $TM: M \rightarrow E$ を準備する。テキストマッチングでは、特定のキーワードによって示される、固有性の高い指示対象（特定のパラメータや名前など）を含んだ要求の抽出を構成することができると考えている。通常の意図抽出においては、片方の手法のみが使用されることが多いが、本研究で2通りの意図抽出を行う大きな理由は、ネットワーク管理エージェントが受け付ける要求は抽象的なものだけではなく、具体性の高い情報が含まれているため、テキストマッチングとクラス分類を混合させた条件定義を行なっている。条件の評価により得られた行動 $a_i \in A$ は主にエー

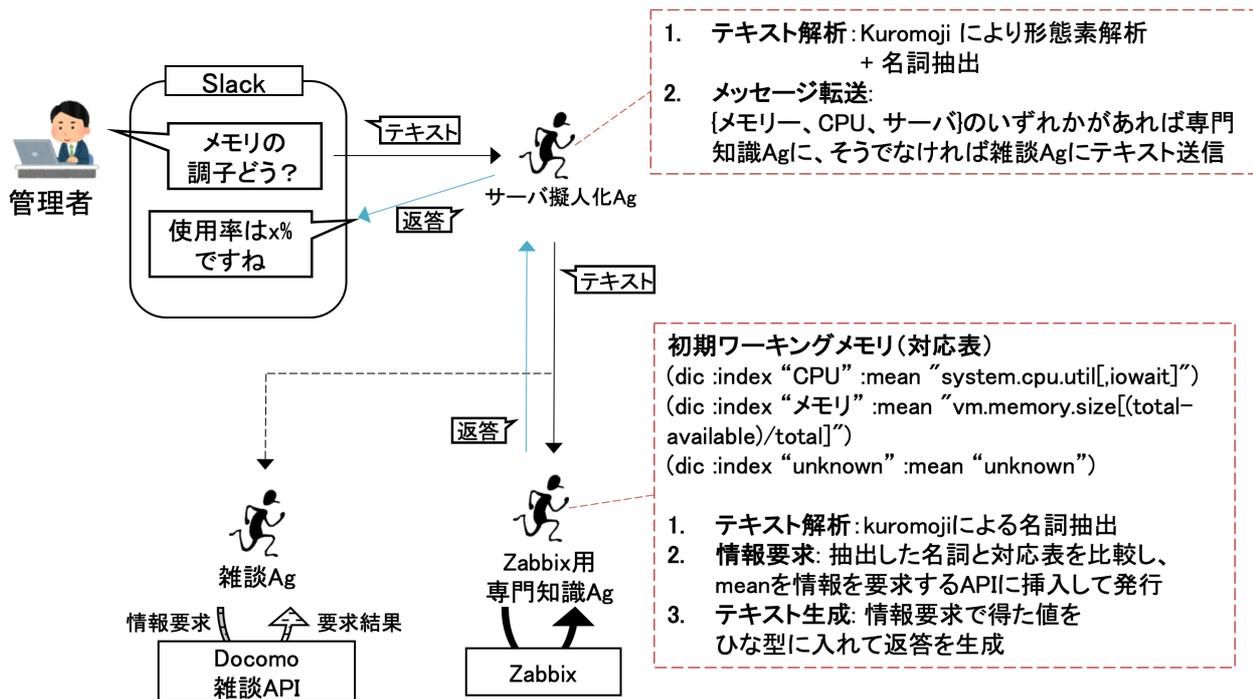


図 6 試作エージェントの構成

エージェントが担当する管理機能の実行を行う。さらに、機能実行の結果として得られた情報を提示したり、結果に応じた応答メッセージを返信として生成したりすることが含まれる。メッセージ生成の方法は、エージェントの知識に埋め込まれた発話テンプレートに、得られた情報を埋め込んで生成する方式を採用している。

2-2 擬人化エージェントの提案

2-1 で示した対話機能は、あくまでこれまでのネットワーク管理エージェントを対話型のインタフェースに拡張するための機構である。しかしながら、この機構のみでは、例えばユーザが十分なネットワーク管理に関する知識を持たない時や、ネットワーク管理に親しみのないユーザの場合には、親近感や信頼性の不足から、エージェントとのインタラクションが十分に行われれないということが考えられる。そこで、本研究では、ネットワーク管理エージェントに対して、ユーザと積極的かつ能動的にインタラクションを行うことで、ユーザとの協働を深化させるエージェントを擬人化エージェントと呼び、これをネットワーク管理における問題解決支援に適用することを提案する。図 4 に、サービス擬人化エージェントの概念図を示した。これまでのネットワーク管理エージェントは、自分の管理機能に対する要求にのみ応答可能であったため、例えばそれ以外の話題をユーザが発話した場合には何も反応しない。そこで、サービス擬人化エージェントでは、人とのインタラクションをより深化させるために、複数の話題に反応することができる機能を構成しつつ、ネットワーク管理の専門的な支援要求にも対応可能な対話機能を構成するため、階層型対話機構を導入する。階層型対話機構は、IP ルーティングに発想を得て、ネットワーク管理専門のエージェントに加えて雑談に対応することのできるエージェントを組み合わせる利用できるように、話題に応じてそれに答えることのできるエージェントにメッセージを振り分け、その返答を利用して応答を生成する。これを行うことのできるエージェントを本研究では、サービス擬人化エージェントとして定義する。これによって、利用者はより自然かつ継続的な形でエージェントと対話を行うことが可能になると考えており、さらにそれが協働をより良い方向に導くことができると期待される。

図 5 に階層型対話機構の動作の流れをフローで示した。まず、メッセージ m が受信された際に、それに対応する条件 c_i について、定義された優先度 p_k に基づいた順序でチェックを行い、該当した場合には、その条件に紐づけられたアクションとしてのメッセージ送信を行う機能として定義される。また、どの条件にも当てはまらない場合には、そのメッセージを設定されたエージェント（ここでは雑談エージェント）に送信する。



図 7 試作エージェントを用いた動作試験

2-3 試作エージェントの動作試験

サービス擬人化エージェントの階層型対話機構の動作を確認するために、試作エージェントを作成し、試験を行なった。図 6 に試作システムの構成を示した。試作エージェントの作成には、以下に挙げるツールや実装環境を用いた。まず、ソフトウェアエージェント開発環境として ADIPS/DASH [14] およびその開発環境である IDEA [19] を用いた。ネットワーク管理エージェントの管理機能部分として Zabbix [20]、雑談エージェントは Docomo 雑談 API [21] を使用して試作した。2-2 で示したフローに従って、送信されたテキストメッセージを処理するために、Kuromoji [22] にて形態素解析を行い抽出した名詞について、{メモリー、CPU、サーバ}のいずれかがあれば Zabbix エージェントに、それ以外は雑談エージェントに送信するようにルール付けを行った。

図 7 に動作試験の結果を示す。図 7(a) は、従来通りのネットワーク管理エージェントのみを用いた場合の結果である。ネットワーク管理エージェントのみを用いた場合においては、専門知識に基づく発話については、現在の状態情報を用いて応答が行われるが、それ以外の話題に関する発話の場合は、答えられていない。図 7(b) は雑談エージェントのみを用いた場合であるが、一般的な話題について返答できているが、専門分野の話題についても、一般的な回答をしており、管理者の要求を満たしていない。図 7(c), (d) は階層型対話機構を用いた場合の結果である。両方の場合において、管理者の要求している情報にも答えつつ、専門的な話題に対する回答を実現することができている。

3 擬人化エージェントにおける対話機能の強化

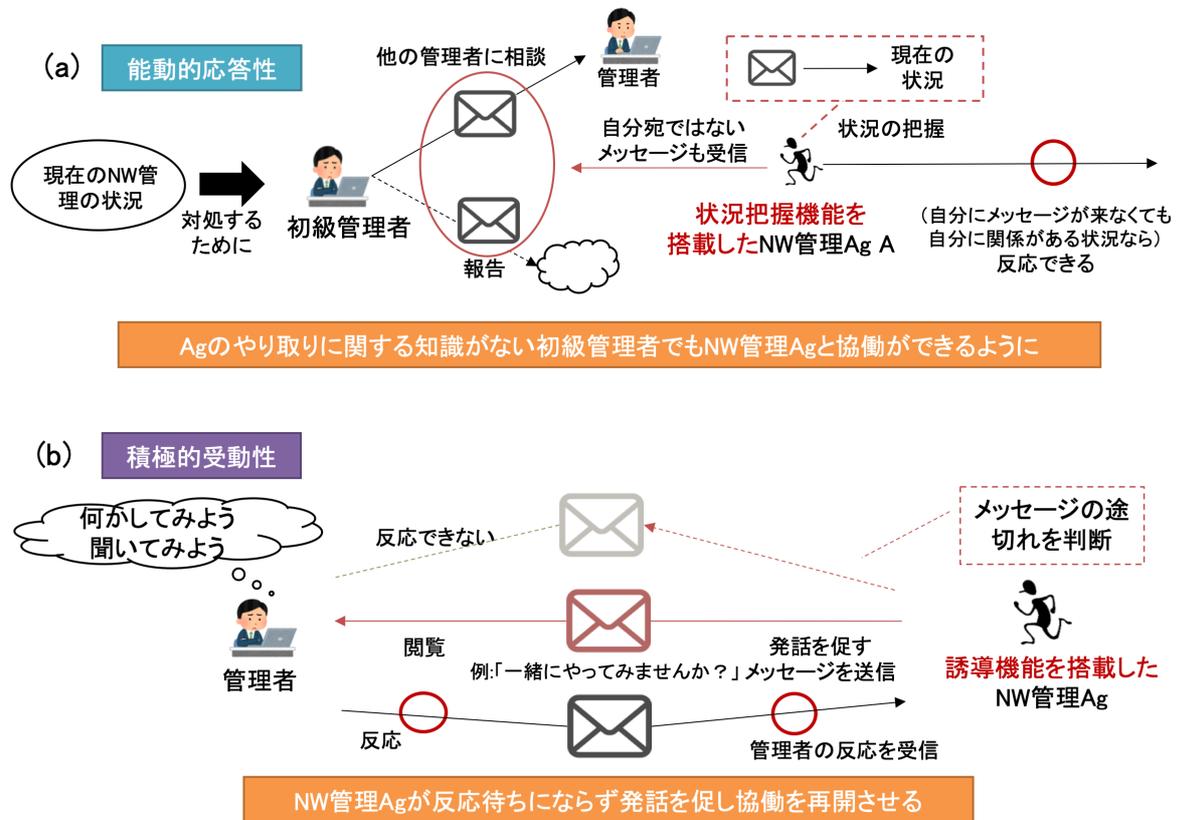


図 8 対話機能の強化についての概念図

本章では、前章で述べた擬人化エージェントの機能を強化する手法について議論する。ジェニングスらが主張している Human-Agent Collectives (HACs) [23] にあるように、今後の人間・エージェント協働系は、これまでの1対1のインタラクションから、より複数同士の人間とエージェントが混ざり合った集合的な環境下における協働を検討する必要があると考えられている[24]。特にネットワーク管理においては、管理に用いられているシステムが分散的に存在するため、専門的知識の乏しい管理者は、ある障害に対してどのシステムを用いるべきか、選択することが難しいと考えられる。エージェント型ネットワーク管理システムにおいては、システムを利用する人間の管理者が様々な知識・スキルを持っていること、ネットワーク管理業務を分担するエージェントが多様であることを考慮する必要があるという問題として読み替えることができる。このような問題を解決するために、本研究では、サービス擬人化エージェントに「能動的応答性」「積極的受動」の二つの機能を加えて拡張する。次節以降において、これらの機能について説明する。

3-1 能動的応答性

図 8(a)に能動的応答性の概念図を示す。能動的応答性は、エージェントに自分宛て以外のメッセージに対して対応を行うための行動ルールを定義するものである。例えば、ある障害が発生した際に、管理者同士で相談するメッセージが交換された際に、エージェントがそのやりとりから状況を把握して先回りして支援機能を提案するような行動を指す。具体的な行動ルールの設計について、図 9 に示した。エージェントはまず自分宛かどうかに関わらず全てのメッセージを受信し、メッセージの内容(テキスト、発言者、発言時刻)を取得する。次に、受信したテキストを入力として、機械学習による言語処理や正規表現によるキーワードマッチを利用し、メッセージを分類した結果を状況として出力する。その後、メッセージの解釈結果として得られた状況を入力として、事前に設定した状況と管理エージェントの対応によって、管理操作を行う管理エージェントの名前を出力し、その後は2章で示したメッセージの解釈機構へとつながるようにする。以上

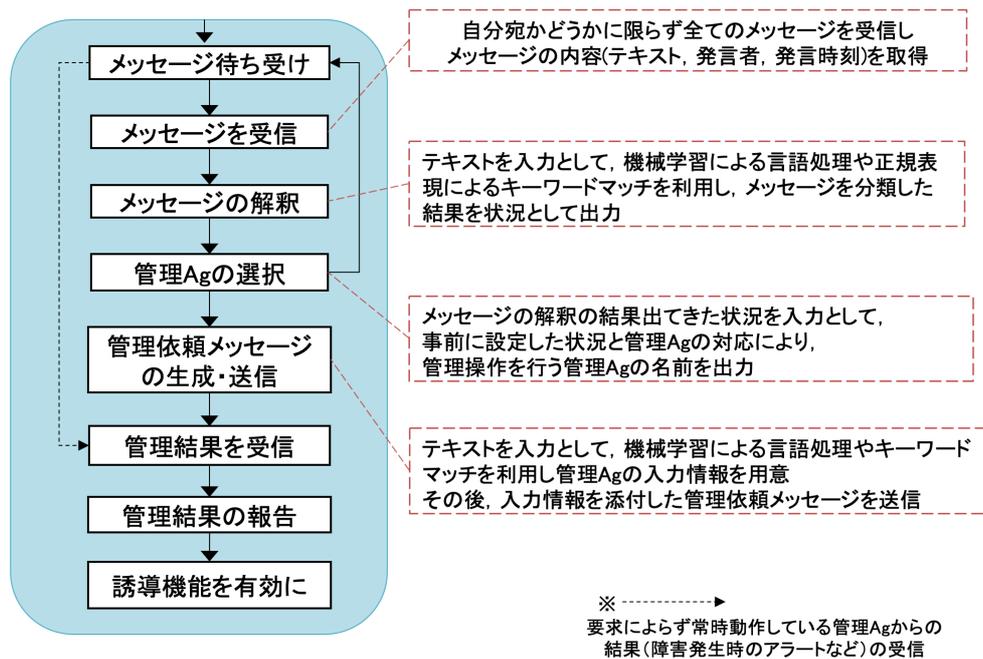


図 9 能動的応答性に関わる行動ルールの流れ

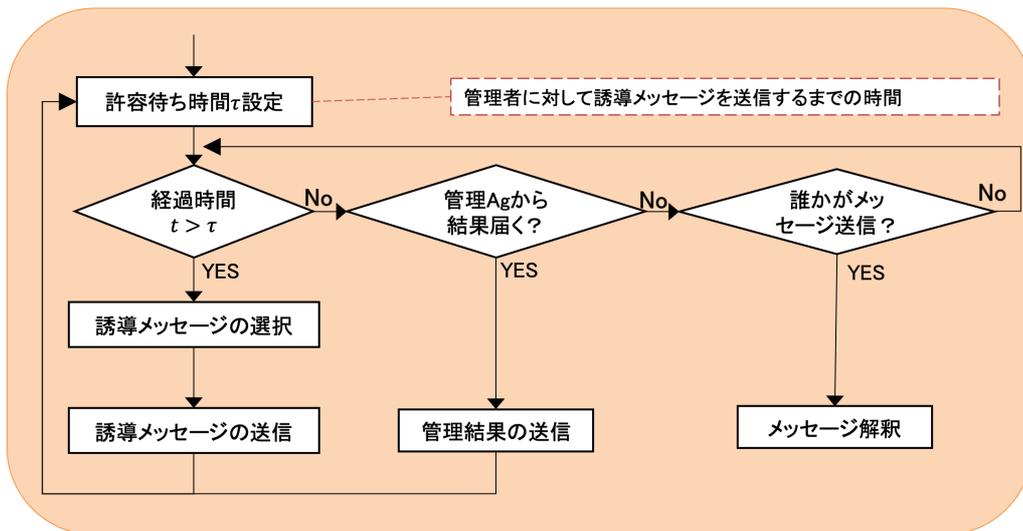


図 10 積極的受動性に関わる行動ルールの流れ

の流れによって、自分以外のメッセージから状況を推定し、能動的に応答を行うエージェントの行動を実現する。

3-2 積極的受動性

図 8 (b) に積極的受動性の概念図を示す。積極的受動性とは、例えばエージェントによる支援機能がユーザからの応答を必要とするような場面において、ユーザがエージェントの情報提供に関する十分な知識を持ち合わせていないために、回答できないような状況にある場合に、エージェントがその状況を認識して、相手の応答を引き出すような行動のことを指す。これは、人間同士のコミュニケーションであれば、一方の人が発言をした際に、もう一人の人がなかなかリアクションを行わなかった場合、発言をした人は「自分の発言に何か問題があったのではないかと」考え、自分の発言をフォローするような発言を行うことは多々ある

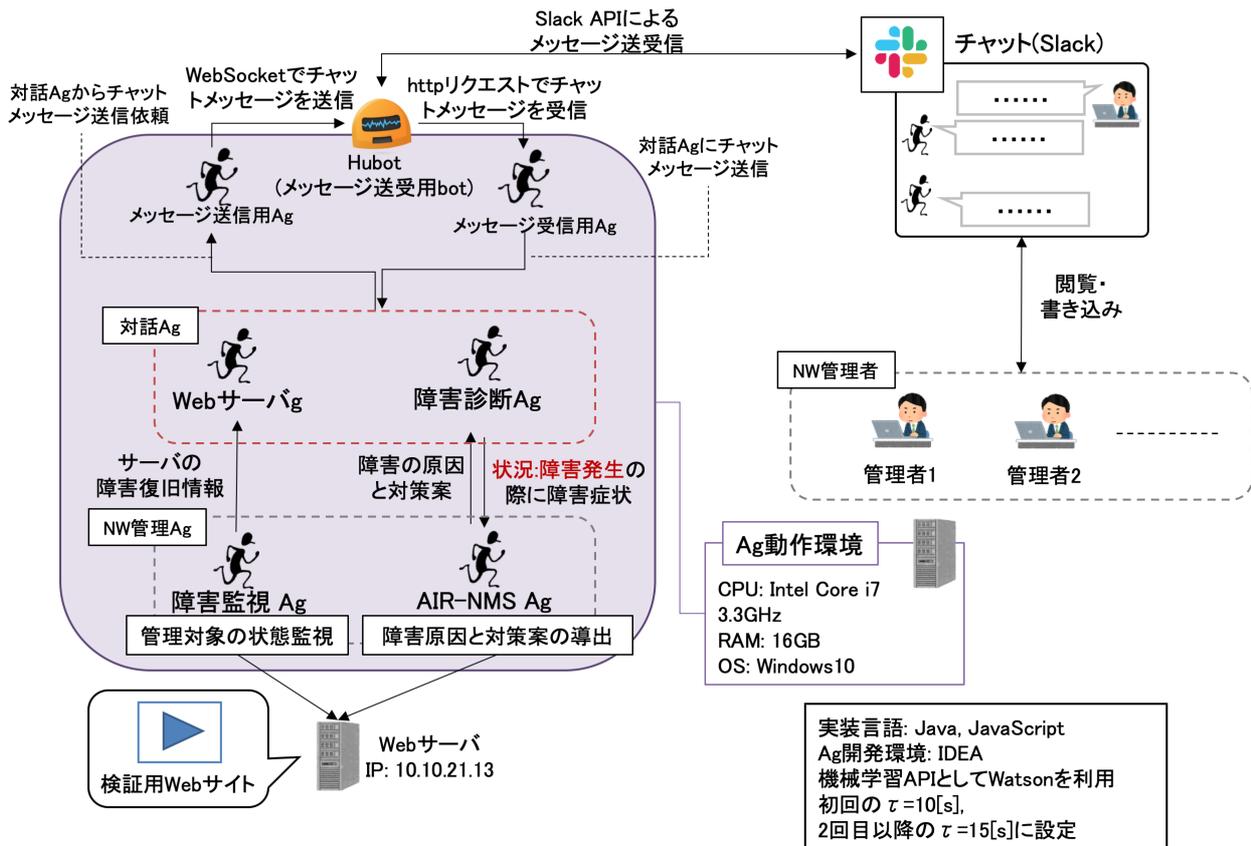


図 11 試作システムの構成

と思われる。本行動ルールは、そのような人間同士のコミュニケーションにおいて、互いの協力によって協働を円滑に進めるための行動ルールに発想を得たものである。図 10 に積極的受動性の行動ルール設計を示した。ここでは、あるエージェントの積極的受動性を時間的な性質、つまり相手の沈黙時間によって行動を変化させるようなルールとして定義し、設計を行う。まず、あるエージェントが発話を行なった際に、許容待ち時間 τ を設定し、経過時間 t が τ を超えない範囲で誰かがメッセージを送信すれば、待ち時間はリセットされ、もしも τ を超えてもメッセージが受信されない場合は、応答を誘導するメッセージを知識の中から選択し送信する。これによって、エージェントとのコミュニケーションに消極的なユーザであっても、今日どうした問題解決が可能となる可能性が期待される。

4 評価実験

本研究ではサービス管理を行う自律エージェントを擬人化することによって、親しみや非専門家への支援能力を向上させ、困難な管理作業を協働して行うことを目標としてきた。本章では、提案したサービス擬人化エージェントの支援効果の評価するため行なった、稼働中サービスの障害解決を題材とした実験について解説する。

4-2 試作システムの実装

図 11 に今回試作したシステムの構成図を示す。まず、人とエージェントが協働する空間として、近年普及しているインスタントメッセージングシステムである Slack[17]を用いている。Slack を選択した理由は、現在普及しているチャットサービスの中で最も豊富な API が用意されており、Bot 開発の環境が整備されていることである。今回は Slack とのインタフェースとして著名な Bot フレームワークである、Hubot[18]を用いた。試作システムには下記に示す、6 種類のエージェントを実装した。

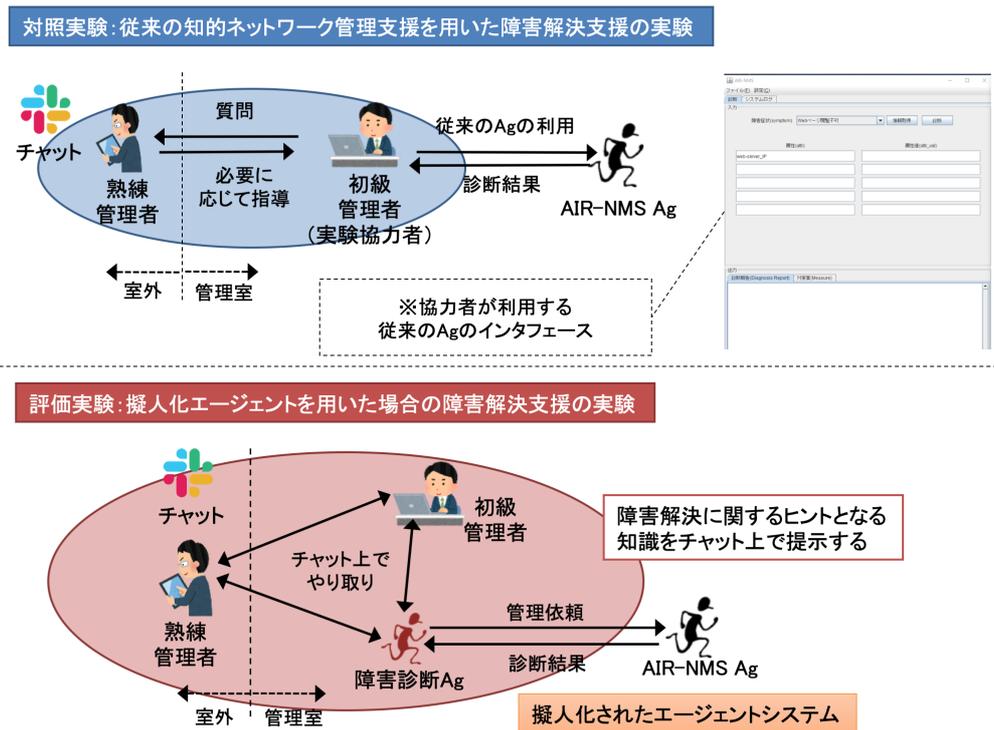


図 12 評価実験のシナリオ

- メッセージ送信エージェント
 - 他のエージェントから受信したテキストを Hubot を通じて Slack に送信するエージェント。テキストの加工など、コンテンツの部分は影響を受けないが、Slack 上のチャットルームに相当するチャンネルやユーザの選択は本エージェント上で規定する必要がある。
- メッセージ受信エージェント
 - Hubot からメッセージを受け取り、エージェント間メッセージの形式に変換して転送するエージェント。ここでは、意味的な加工は行わないが、どこまでを一区切りとしてメッセージとして定義するかは決定しなければならないため、このエージェントを作成する際に必要である。
- Web サーバエージェント
 - 管理対象ネットワーク内の Web サーバが擬人化されたエージェント。当該サーバに関する知識が埋め込まれており、障害監視を行うエージェントに対して当該サーバ情報を付加してメッセージを転送することで、Web サーバに関するステータス情報が収集され、それを用いて応答を生成することで、ユーザ視点において、Web サーバと話しているかのような対話を可能にするエージェントである。最終的には 2 章で議論した試作システムとの融合を行う予定だが、簡便のために、本試作システムでは、障害監視エージェントのみを階層型対話機構において扱っている。
- 障害診断エージェント
 - 管理対象ネットワークにおける障害に関する知識、つまりベテランの管理者の役割を担う知識ベースを擬人化したエージェントである。障害診断を行うシステムを担うエージェントに対してメッセージを転送する。障害が発生しているという状況を認識した際に必要なエージェントへ転送することで、当該エージェントを使用する機能を代行する。
- 障害監視エージェント
 - 既存のネットワーク監視システムを管理機能として包含するエージェント。具体的には Zabbix サーバをラッピングしており、API へのアクセス方法を知識として内包しており、サーバ上に保存されている必要なステータス情報が要求された際に、それを返送する役割を実現する。
- AIR-NMS エージェント

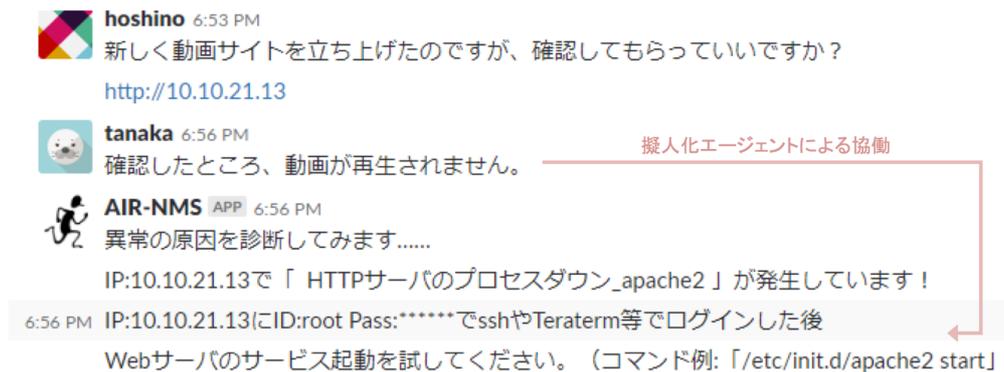


図 13 評価実験の会話例

- ▶ 我々がこれまで開発してきたエージェント型ネットワーク管理システムである AIR-NMS をラッピングしたエージェント。AIR-NMS の障害診断機能を利用するためのメッセージ処理機能を含しており、障害診断の要求に対して、相当する機能を用いてその結果を返送する機能を有する。

ここで、実験環境として Web サーバ 1 台、エージェント動作環境としてのサーバ 1 台を用意している。Web サーバ上には、動画を配信する Web サイトが 1 つ立ち上がっている。OS は Linux であり、Web サーバソフトとしては Apache を用いている。エージェント動作環境には、ADIPS/DASH エージェントのランタイムを実現するソフトウェアがインストールされており、当該サーバ上で全てのエージェントを稼働させている。OS は Windows 10 であり、Intel Core i7 3.3GHz、メモリ 16GB のスペックのものを用いている。また、機械学習 API として IBM Watson NLC[] を用いている。誘導機能に用いる許容待ち時間 τ として、初回は 10[s]、2 回目からは 15[s] を定義した。

4-2 実験環境・条件

図 12 に、実験条件の説明図を示した。本実験では、我々がこれまで開発してきたエージェント型ネットワーク管理支援システムである AIR-NMS を用いて障害解決を行う状況を対照実験として、擬人化されたエージェントとの協働により問題解決を行う場合との比較を行い、その効果を検証する。まず実験シナリオの流れを以下に示す。

- (1) 遠隔地にて業務を行なっている実験者（熟練管理者）が現地に駐在している協力者（初級管理者）にチャットインタフェースを用いて「Web ページの動画が再生できるか確認して」と依頼する。協力者は対象ページを表示し、動画が再生されるのを確認する。
- (2) Web サーバに擬似的な障害を発生される（動画が停止する）。この際、協力者は以上の発生に気づき、実験者に報告する。
- (3) AIR-NMS を用いて障害診断を行い、対策案の指示を確認する。（実験パターンにより異なる）
- (4) 得られた指示により、協力者は対策案の実行を行い、障害の解決を確認する。

実験シナリオ（3）における詳しい分岐方法について説明する。対照実験（図 12 上側）のケースにおいて、協力者は AIR-NMS の使用方法について詳しく知らないという状況を想定する。その場合に、熟練管理者である実験者はチャットを用いて当該システムを用いるための方法についてインストラクションを行うものとする。それに対して、サービス擬人化エージェントを含む提案手法は、3 章で定義した行動ルールに基づいて、初級管理者と上級管理者のやりとりに対して能動的に行動を生成し、障害に関する情報を提示する。

4-3 実験結果

図 13 に実験結果のチャット上のやりとりを示す。上級管理者が動画サイトの確認依頼を送信し、初級管理者は動画サイトが途中で停止するため、異常を報告している。障害診断エージェントはその異常報告に対して反応し、該当する機能を持ったエージェントにメッセージを転送することで、原因や解決策などを能動的に提示することができている。

図 14 に障害に気づいてから原因が取り除かれ（サーバが再起動され、起動状態に戻る）までの時間の比較を示す。明らかに提案手法を用いた場合に解決時間が短くなっており、提案手法を用いた場合の方が人間と

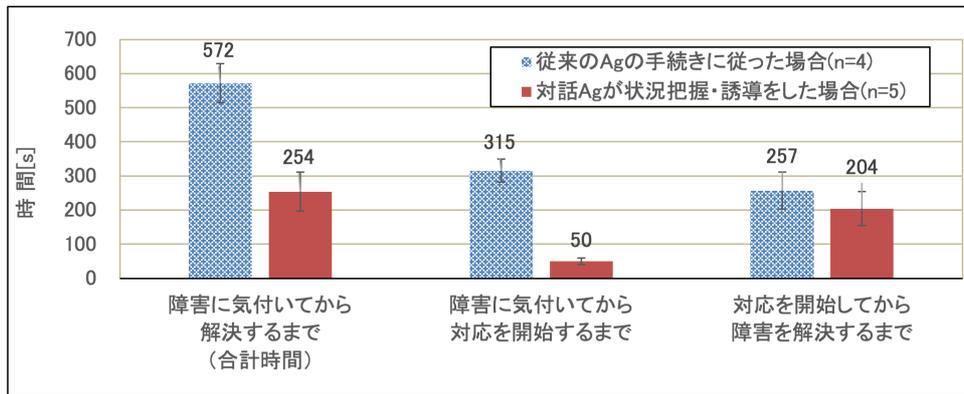


図 14 解決までに要した時間の比較

エージェントの協働作業の質が向上しているのが確認できる (Welch の t 検定で $p < 0.05$ で有意差). また, 障害に気づいてから解決策を開始するまで, および解決策を開始してから実際に解決するまでの時間を比較したところ, 障害に気づいてから解決策を実行し始めるまでが大きく差が出ていることがわかる. これは, 障害に気づいたが, どのシステムを利用すべきかわからないでいる初級管理者に対して, 強化された対話機能である, 「能動的応答性」「積極的受動性」が機能することで, 大きな支援効果が期待できることを示している.

本評価実験の結果を総合して, 本研究で提案しているサービス擬人化エージェントおよび, その対話機能の強化を適用することで, 初級管理者のネットワーク管理作業の負担を大きく軽減できることが示され, さらに解決までの時間や解決率を高めることができる, つまりサービス機能は同等であるにも関わらず, 作業の質も高めることができている. よって, 本研究によって一定の効果が認められた.

5 おわりに

本研究では, ネットワーク管理における初級管理者の参画において, 専門的知識が必要とされる管理ツールに対して親和性が低いために, 管理作業の負担が大きくなってしまおうという問題点を解決するため, 自律的ネットワーク管理システムであるエージェント型ネットワーク管理システムに, ユーザと親和性を持って協働するための擬人化機構を組み合わせることで, この課題の解決を試みた. 擬人化を構成する機能として, 多様な管理機能に雑談などの多彩な話題への対応機能をマッシュアップするための「階層型対話機構」を導入した. さらに, その対話機能を強化し, 協働をより円滑に実現するための行動ルールとして「能動的応答性」「積極的受動性」の2つを定義し, エージェントに実装した. 本手法の有効性を確認するため, Web サーバ上におけるトラブル解決実験を用いて, 障害解決を行う評価実験を行なった. その結果として, 従来のエージェント型ネットワーク管理システムを用いた場合と比較して, 有意に解決までの時間を短縮することができ, 特に解決策の実行を始めるまでの時間が短縮できたことにより, 作業の質を向上することにも貢献したことがわかった. 以上の結果により, サービス擬人化エージェントによる人間とエージェントの協働は, ネットワーク管理業務の支援として有効であることが示された.

本研究では, サービス擬人化エージェントの応用として, ネットワーク管理における作業に着目したが, 「階層型対話機構」は多様な対話機能をマッシュアップすることが可能なため, 例えば IoT のようなよりヘテロロジーニアスな環境における作業の支援としても有効であることが期待される. 今後の研究発展として, IoT アプリケーションの管理への応用を行いたいと考えている. また, 本研究で試作した対話機能強化の具体例は, 当該行動ルールの利点を全て引き出すものとは言えない, より一般性の高い行動ルールとして検討を深めていく必要があると考えている.

【参考文献】

- [1] Fatema, K., Emeakaroha, V.C., Healy, P.D., Morrison, J.P., Lynn, T., "A survey of Cloud monitoring tools: Taxonomy, capabilities and objectives", *Journal of Parallel and Distributed Computing*, Vol. 74, No. 10, pp. 2918-2933, 2014.
- [2] Alhamazani, K., Ranjan, R., Mitra, K., Rabhi, F., Jayaraman, P.P., Khan, S.U., Guabtani, A., Bhatnagar, V., "An overview of the commercial cloud monitoring tools: research dimensions, design issues, and state-of-the-art", *Computing*, Vol. 97, No. 4, pp. 357-377, 2015.
- [3] Fang, H., Zhang, Z., Wang, C.J., Daneshmand, M., Wang, C., Wang, H., "A survey of big data research", *IEEE Network*, Vol. 29, No. 5, pp. 6-9, 2015.
- [4] Olshannikova, E., Ometov, A., Koucheryavy, Y., Olsson, T., "Visualizing Big Data with augmented and virtual reality: challenges and research agenda", *Journal of Big Data*, Vol. 2, No. 22, pp. 1-21, 2015.
- [5] Cronk, R.N., Callahan, P.H., Bernstein, L., "Rule-Based Expert Systems for Network Management and Operations: An Introduction", *IEEE Network*, Vol. 5, No. 5, pp. 7-21, 1988.
- [6] Kanbe, M., Yamamoto, S., "Design Method for a Knowledge Sharing Network", *NTT Technical Review*, Vol. 6, No. 7, pp. 1-8, 2008.
- [7] Swan, J., Newell, S., Scarbrough, H., Hislop, D., "Knowledge management and innovation: networks and networking", *Journal of Knowledge Management*, Vol. 3, No. 4, pp. 262-275, 1999.
- [8] Sasai, K., Sveholm, J., Kitagata, G., Kinoshita, T., "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.
- [9] Kinoshita, T., Kitagata, G., Takahashi, H., Sasai, K., Kalegele, K., "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.
- [10] Sasai, K., Tanimura, Y., Takahashi, H., Kitagata, G., Kinoshita, T., "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.
- [11] Mouzoune, A., Taibi, S., "Towards an intelligence based conceptual framework for e-maintenance", *2013 8th International Conference on Intelligent Systems: Theories and Applications (SITA)*, pp. 1-8, 2013.
- [12] Tweedale, J., Jain, L.C., *Embedded Automation in Human-Agent Environment*, Springer Berlin Heidelberg, 2012.
- [13] Khan, R., "A Review Paper on DevOps: Beginning and More To Know", *International Journal of Computer Applications*, Vol. 180, No. 48, pp. 16-20, 2018.
- [14] Kinoshita, T., Sugawara, K., "ADIPS Framework for Flexible Distributed Systems", *Multiagent Platforms*, T. Ishide (eds.), LNAI, Vol. 4570, pp. 1088-1097, 1998.
- [15] Calefato, F., Lanubile, F., "A Hub-and-Spoke Model for Tool Integration in Distributed Development", *Proceedings of ICGSE 2016*, pp. 129-133, 2016.
- [16] Inokuchi, A., Tamada, H., Hata, H., Tsunoda, M., "Toward Obliging Bots for Supporting Next Actions", *Proc. of ACIT-CSII-BCD 2016*, pp. 183-188, 2016.
- [17] Slack: <https://slack.com/intl/ja-jp/>
- [18] Hubot: <https://hubot.github.com/>
- [19] Uchiya, T., Maemura, T., Xiaolu, L., Kinoshita, T., "Design and implementation of interactive design environment of agent system", *Proc. of IEA/AIE'07*, LNAI 4570, AAAI/ACM, pp. 1088-1097, 2007.
- [20] Zabbix: <https://www.zabbix.com/>
- [21] Docomo 雑談 API: <https://dev.smt.docomo.ne.jp/>
- [22] Kuromoji: <https://www.atilika.com/ja/kuromoji/>

- [23] Jennings, N.R., Moreau, L., Nicholson, D., Ramchurn, S., Roberts, S., Rodden, T., Rogers, A., "Human-Agent Collectives", *Communications of the ACM*, Vol. 57, No. 12, pp. 80-88, 2014.
- [24] Ramchurn, S.D., Wu, F., Jiang, W., Fischer, J.F., Reece, S., Roberts, S., Rodden, T., Greenhalgh, Jennings, N.R., "Human-agent collectives for disaster response", *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, Vol. 30, pp. 82-111, 2016.
- [25] IBM Watson NLC: <https://www.ibm.com/watson/services/natural-languageclassifier/>

〈発表資料〉

題名	掲載誌・学会名等	発表年月
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)	2018年10月
人・エージェント共同体に基づく共創システム	計測自動制御学会システムインテグレーション部門部会 (SI2018) 講演論文集	2018年12月
人とエージェントの協働による自律適応システムへ向けて	共創学会第2回年次大会講演論文集	2018年12月
Collaboration mechanism between human administrators and agent-oriented network management systems	Proc. of the First International Workshop on Practical Issues, Systems & Applications for Disaster Risk Reduction in Smart Computing (DRRSC2019) in conjunction with the 6th IEEE International Conference on Big Data and Smart Computing (BigComp 2019)	2019年2月

