

F-009

エージェントリポジトリを用いた異種エージェント組織化手法 The Organization Method of Heterogeneous Agents based on Agent Repository

中島 悠太[†] 打矢 隆弘[†] 内匠 逸[†]
Yuta Nakashima Takahiro Uchiya Ichi Takumi

1. はじめに

近年、コンピュータの普及や発達に伴い、利用者のシステムに対する要求が複雑なものとなってきた。その中で、利用者の多様な要求の変化や、動作環境の変化への柔軟な対応といった、状況に対応して自律的に処理を行うことが可能な、エージェントに注目が集まっている。

エージェントには、活動を支援する環境であるエージェントプラットフォームが提供されており、エージェントの問題解決はその上で実現される。通常同一プラットフォーム上のエージェント間の協調を支援する機能が備わっており、同一プラットフォーム上のエージェントであれば、分散環境におけるエージェント間通信を行なうことで、分散協調処理を実行することが可能である。

それぞれのプラットフォームでは閉じたエージェントシステムを形成している。そのため、異種プラットフォーム上のエージェント(異種エージェント)間の協調を支援する機能は備わっておらず、異種エージェント間で協調動作や組織化の実現が困難とされている。しかし、異種プラットフォーム上には、以下のような有益なエージェントの存在が期待できる。

- 自プラットフォーム上のエージェントでは処理ができない処理を行うことが可能なエージェント
- 自プラットフォーム上のエージェントより利用者の要求に適したサービスを提供するエージェント

本研究では、エージェントの協調処理の一つであるエージェント組織化に着目し、異種エージェントを含めた動的な組織化の実現を目的とする。これにより、異種プラットフォーム上の既存の有効資産を活用し、利用者の利便性の向上を目指す。

柔軟な組織化の実現を考慮し、基盤プラットフォームとして、動的な組織化機能を提供するエージェントリポジトリを利用する DASH[1]を選定した。リポジトリとは、開発されたエージェントを蓄積・管理し、利用者の要求に応じてエージェント組織を生成する機構である。また、異種プラットフォームには広く普及している JADE(Java Agent DEvelopment Framework)[2][3]を選定した。

2. リポジトリを用いた組織化

DASH におけるエージェント組織化の概要について説明する。また、エージェントが組織化に参加する為の要件と、異種エージェントが組織化に参加する場合に生じる問題点について述べる。なお、本稿で扱う「エージェント組織化」とは、自律的な活動主体として定義されたエージェント群を、解決すべき問題の構造/仕様に基づいて役割分担を決定し、組織を形成する過程を指す。

[†] 〒466-8555 愛知県名古屋市中区昭和区御器所町名古屋工業大学 大学院 工学研究科 情報工学専攻 Nagoya Institute of Technology, Graduate School of Engineering, Gokiso, Showa, Nagoya, Aichi, 466-8555 Japan.

2.1 組織構成エージェント

リポジトリ内で活動するエージェントは、「マネージャエージェント」と「コントラクタエージェント」に分類される。マネージャエージェントは、ある主タスクを複数の副タスクに分割し、コントラクタに対してそれぞれ副タスクの処理を依頼することで組織の親となるエージェントであり、コントラクタエージェントは、タスクの実行を主体とするエージェントである。

マネージャ、コントラクタは組織化プロセスに参加するためそれぞれ以下の条件を満たす。

- マネージャエージェント
 - (M1) コントラクタに対して依頼する内容を保有
 - (M2) 複数の入札の中から落札する条件を保有
 - (M3) リポジトリ内でエージェントとして活動
- コントラクタエージェント
 - (C1) 入札処理の動作知識を保有
 - (C2) リポジトリ内でエージェントとして活動

2.2 組織構成プロセス

リポジトリ内で活動するエージェントを対象とした組織化プロセスを以下に説明する。

1. リポジトリは、ワークスペース上で動作するエージェントから利用者の要求を受信し、それをリポジトリ内のエージェント群に配信する。
2. リポジトリ内で利用者からの要求を受け取ったマネージャは、自身が保有する組織構成知識の一部であるタスク分割知識を利用して主タスクを複数の副タスクに分割し、副タスクをそれぞれリポジトリ内の他のエージェントにブロードキャストし、副タスクの処理を依頼する。
3. マネージャから依頼を受けたコントラクタは、依頼が実行可能かどうか判断し実行可能と判断した場合、入札メッセージをマネージャに対して通知する。
4. マネージャは一定時間でコントラクタからの入札を締め切り、入札の中から最良の入札を行ったコントラクタに対して落札メッセージを通知する。

上記の過程を経て契約を結んだエージェントがエージェント組織のメンバとして決定され、各メンバの複製をワークスペース上に生成する。

2.3 異種エージェント組織化の問題点

エージェントが DASH を基盤とした組織化に参加するためには、以下の要件を満たす必要がある。

- リポジトリ内でエージェントとして活動
- リポジトリ内の他のエージェントとメッセージのやり取りが可能
- 組織構成知識を保有

しかし、エージェントは各プラットフォームに応じて設計・開発されているため、異種エージェントが組織化に参加する場合、以下のような問題がある。

- エージェントの記述形式が異なるため、リポジトリ内にエージェントとして生成が困難。
- エージェントが使用するメッセージやエージェント間の通信手順が異なることで、異種エージェント間でのメッセージのやり取りが困難。
- エージェントが提供するサービスの仕様や表現形式が各プラットフォームに応じて設計されていることから、組織化の過程でこれらの情報を参照し、エージェント群の役割分担を実行することが困難。

3. 提案手法

本提案では、前述で述べた異種エージェント組織化の問題点を解決するために、異種エージェントの情報を持つ「代理エージェント」を生成する。また、代理エージェントをリポジトリ内に生成するために、DASH-JADE 間に「代理エージェント生成機構(図1)」の新規導入を行い、異種プラットフォーム間の協調を実現する。

3.1 代理エージェント

代理エージェントとは、リポジトリ内にコントラクタとして生成され、マネージャから依頼を受けると異種エージェントの代わりに組織化に参加するエージェントである。

代理エージェントは組織化に参加することができるが、実際に問題を解決する知識は有していない。そのため、マネージャから依頼を受けると、異種プラットフォーム上の代理エージェントの基となるエージェントに依頼を転送することで、マネージャからの依頼に対処する。

代理エージェントは、利用者に異種エージェントの存在を意識させず組織化に参加し、利用者の要求に対処するために、以下の要件を満たす。

- リポジトリ内でコントラクタとして活動する。
- 異種エージェントのサービス情報を組織構成知識として有する。
- 相互接続機構を中継して、代理エージェントの基となる異種エージェントと通信を行う。

代理エージェントを生成することで、プラットフォーム間のエージェントの記述形式や通信形式の違いを意識することなく仮想的な組織化を行うことが可能となる。また、各エージェントは自プラットフォーム上で問題を解決することができる。

3.2 代理エージェント生成機構

代理エージェント生成機構とは、異種エージェントのサービス情報を組織構成知識として保有する代理エージェントを自動的に生成する機構である。異種エージェントの仮想的な組織化を実現するため、代理エージェントを DASH エージェントとしてリポジトリ内に生成する必要がある。しかし、異種エージェントの処理内容を DASH エージェントのルール型知識言語に変換することは非常に困難である。そのため、異種エージェントのサービス情報から、代理エージェントを生成する代理エージェント生成機構を新規導入する。

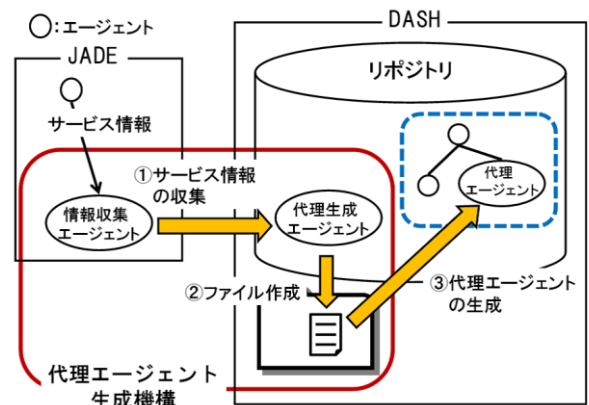


図1：代理エージェント生成機構

本機構は、JADE 上に「情報収集エージェント」、DASH 上に「代理生成エージェント」を配置し、リポジトリのエージェント生成機能を利用することで実現する。

3.2.1 異種プラットフォーム上のサービス情報の収集

JADE には、イエローページサービス機能を提供する DF(Directory Facilitator) エージェントが存在する。イエローページサービスとは、各エージェントが提供するサービスを登録し、別のエージェントが自身の目的達成のために必要となるサービスを提供している他のエージェントを探し出す機能である。

JADE 上のエージェントは、生成時に他のエージェントと協調を行うために DF エージェントに自分が提供するサービスに関する情報を登録する。他エージェントと協調を行う際、JADE 上のエージェントは、DF エージェントに協調したいサービス情報を指定し search 要求を出すことで、単一プラットフォーム上のエージェントを検索し、要求にあったサービス情報を持つエージェントの情報を取得する。

この際サービス情報を指定せず search 要求を出すと、単一プラットフォーム上のエージェント群が提供するすべてのサービス情報を検索し、サービス情報を取得する。この機能を利用し、定期的に DF エージェントから、単一プラットフォーム上のエージェント群が提供するすべての利用可能なサービス情報の収集を行う。

ここで収集するサービス情報のうち、エージェント名・サービス名・サービスタイプ・活動するプラットフォーム・オントロジ名・サービス属性名およびサービス属性値の集合といった情報を、エージェントが組織に参加するための組織構成知識のために有用な情報として後に利用する。

3.2.2 異種エージェントの状態の収集

JADE エージェントの状態は、同プラットフォーム上の AMS(Agent Management System) エージェントにより管理されている。JADE エージェントの状態は、活動中と停止中に分けられ、AMS エージェントに問い合わせることで状態を確認する。そして、収集したサービス情報から、停止中のエージェントの情報を削除する。組織を構成したエージェントに処理を依頼する際、エージェントの活動が停止していると、組織を再構成する必要が生じる。これは利用者にとって負担となるため、あらかじめエージェントの状態を知ることによって、異種プラットフォーム上の

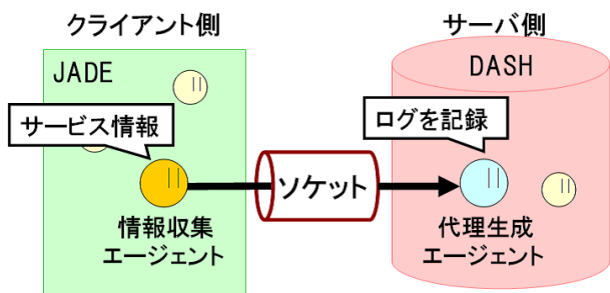


図2：サービス情報の通信

エージェント状態と代理エージェントの状態を同期させ再構成を抑えることが可能となる。

3.2.3 サービス情報の通信

JADE エージェントと DASH エージェントは利用するメッセージやメッセージ通信手順が異なるため、正しくメッセージをやりとりすることが困難である。そこで、本システムでは JADE 上の情報収集エージェントと DASH 上の代理生成エージェントの間に新たにソケットを作成し、情報収集エージェントはソケットを通して定期的に収集したサービス情報の送信を行う。本システムでは、一つの DASH に対し、複数の JADE 上のエージェントの代理エージェントを生成するため、DASH 上の代理生成エージェントをサーバ側、JADE 上の情報収集エージェントをクライアント側に設定する(図2)。

サービス情報を受信した代理生成エージェントは、情報からエージェント名・サービス名・サービスタイプ・活動するプラットフォーム・オントロジ・サービス属性名およびサービス属性値をそれぞれ分類し、情報の整形を行う。また、整形した情報をログとしてファイルに記録する。リポジトリはこのログのファイルを調べることによって代理エージェントの生成や停止を行う。

3.2.4 代理エージェント生成用ファイルの作成

サービス情報を組織構成知識とする DASH エージェントのファイルを作成する手段としてあらかじめ代理エージェント生成用にファイルのテンプレートを用意し、整形されたサービス情報をテンプレートに追記することでファイルを作成する手段をとる。このテンプレートは、DASH のルール型知識表現形式に基づく形式で作成されている。

代理エージェント生成用テンプレートには、プロパティや初期ファクトなど DASH エージェントとして生成するために必要な記述や、組織化に関するルールセットの読み込みや依頼に対する入札のようなコントラクトとして必要な記述など代理エージェント全体に共通する記述を与える。また、エージェント名や入札情報などの組織構成知識など各エージェントの特徴を表す情報は、前述のサービス情報から得られるエージェント名・サービス名・サービスタイプ・活動するプラットフォーム・オントロジ・属性名・属性値などの情報を埋め込むことにより代理エージェントファイルを作成する。作成したファイルはあらかじめ指定したディレクトリに保存する(図3)。

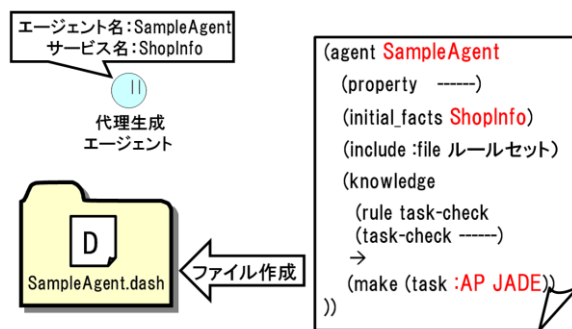
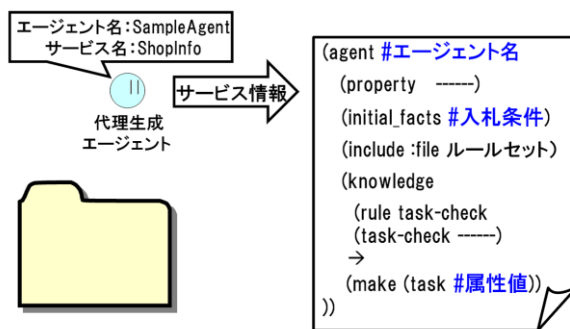


図3：代理エージェント生成用ファイルの作成

3.2.5 代理エージェントの自動生成

リポジトリ内に生成する代理エージェントを、代理生成エージェントが記録したログ情報を基に決定する。そして、特定のディレクトリに作成された代理エージェント生成用ファイルを読み込み、代理エージェントをリポジトリ内に自動的に生成する。また、ログ情報から異種エージェントの状態を知り、リポジトリ内の代理エージェントの状態を動的に変更する。

- 生成
新しくログに記録されたサービス情報を確認すると、そのサービス情報を保有する代理エージェントファイルを読み込み、リポジトリ内に代理エージェントを生成する。
- 停止
サービス情報の送信がなくなった異種エージェントを活動が停止したエージェントと判断し、その代理エージェントの活動を停止しリポジトリ内から削除する。
- 変更
DF エージェントに登録したサービス情報は、modify 要求をすることで変更することができる。サービス情報に変更があると判断された異種エージェントの代理エージェントは一度停止し、再生成することで、最新の情報を持つ代理エージェントに変更する。

これらの機能により、利用者に意識させずにリポジトリ内の代理エージェントの状態と JADE 上のエージェントの状態を同期させる。生成された代理エージェントは、組織化が実行されるまでリポジトリで待機状態となる。

4. 評価実験

前章で説明した代理エージェント生成機構が正しく機能し正しく機能しているかを確認するため、3つの実験と評価を行った。実験環境は以下のようになる。

- OS : Windows Vista Home Basic
 - CPU : Intel(R) Celeron(R) CPU 440 @ 2.00GHz 2.00GHz
 - メモリ : 2.00 GB
 - Java : Java2 J2SDK 1.6.0 13
- 利用したエージェントプラットフォームは以下になる。
- ADIPS/DASH version 1.9.7h
 - JADE version 3.7

(1) 代理エージェントの動作確認

代理エージェントの動作を確認するため、両プラットフォーム上に共通したサービス情報を持つエージェントを作成する。そして、代理エージェントが含まれる組織化を行うような要求を DASH 上マネージャに依頼し、代理エージェントが含まれた組織がワークスペースに生成されることを確認した。また、JADE 上エージェントが停止するとそれに伴いリポジトリ内の代理エージェントも機能を停止することから、これらのプラットフォームは同期がとれていることを確認した。そして、利用者の要求に応じて代理エージェントが組織のメンバに含まれることから、異種エージェント組織化に対する本提案は有効に働いたといえる(図4)。

(2) 代理エージェント生成数のスケーラビリティ検証

一度に複数の代理エージェントを生成する場合において、代理エージェント生成機構が想定時間内に正常動作すること検証した。代理生成エージェントが情報収集エージェントから情報を受信してからすべての代理エージェントファイルが作成するまでの時間を測定し、その結果を表1に示す。

実験の結果、一つのファイルの作成にかかる時間はわずかであり、本機構が DASH の機能を低下させることなく働いたことを確認した。また、ファイルを作成する際、代理エージェントの生成とタイミングが一致すると通常より時間がかかってしまうことを確認した。これは、作成するファイルの数が多くなるほど大きくなる。今回測定した時間を参考に、異種プラットフォーム上の情報を収集する間隔や、代理エージェントをリポジトリ内に生成する間隔の検討を行う。

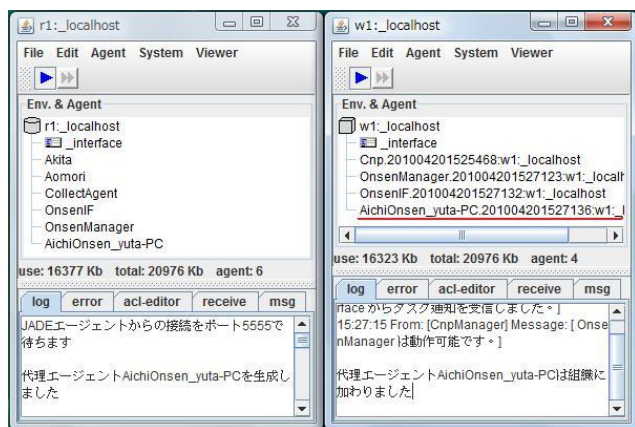


図4 : 異種エージェント組織化

表1 : 代理エージェント生成数のスケーラビリティの検証

エージェント数	1	5	10	20	50
時間(ミリ秒)	25.0	47.0	90.2	149.8	305.8

(3) 協調する異種プラットフォーム数のスケーラビリティの検証

一つの DASH に対し、複数の JADE 上のエージェントの代理エージェントを同時に生成することができることを確認した。この結果により、様々なプラットフォームに代理エージェント生成機構を導入することで、リポジトリ内には様々なプラットフォーム上エージェントの代理エージェントを同時に生成でき、DASH を中継した異種エージェントの協調が可能となることを実証した。

5. まとめ・今後の課題

本稿では、異種エージェントのサービス情報を持ち、代わりに組織化に参加する代理エージェントを生成する手法を提案した。これにより、異種エージェントの記述形式を変更することなく仮想的に組織化に参加させることを可能にした。また、実装した機構を新規導入し、評価実験用のエージェントシステムを実行することで、異種エージェントの組織化を確認し、提案機構の有効性を示した。また、機能拡張により異なるプラットフォームとの相互運用の実現の可能性を示した。

今後の課題は以下の通りである。

- JADE 以外のプラットフォームへの機能の拡張
本稿では、協調を実現するプラットフォームを JADE に限定して行った。JADE 以外のプラットフォームと協調を実現する場合、イエローページサービスを提供する仕組みやライフサイクルを管理する仕組みなど追加することで本機構の導入を目指す。
- 通信速度を考慮した協調
本稿では相手プラットフォーム上のエージェントの情報のみを収集し、組織構成知識に利用した。より効率的な処理を行う組織を形成するために、プラットフォーム間の通信速度を調べ、組織構成知識に利用するシステムを実現する必要がある。
- 意味処理による組織化の実現
組織化の際、マネージャが依頼するサービス情報と、代理エージェントが入札知識であるサービス情報が異なる語彙である場合、入札に失敗してしまい組織化できないという課題がある。これを解決するために、組織化の過程でサービス情報の語彙の揺らぎを吸収する機構の新規導入を行う必要がある。

参考文献

- [1] “DASH ユーザマニュアル”, <http://uchiya.web.nitech.ac.jp/idea/html/>
- [2] “JADE - Java Agent DEvelopment Framework” <http://JADE.tilab.com/>
- [3] Fabio Bellifemine, Giovanni Caire, Dominic Greenwood, “Developing Multi-Agent Systems with JADE”, Wiley, 2007
- [4] 打矢隆弘・原英樹・高垣暁・菅原研次・木下哲男, “リポジトリ型エージェントフレームワークの開発と評価”, 情報技術レターズ, Vol.2, pp.139-141, 2003