

## 移動エージェント相互運用の実現：背景と構想

3S-1

長谷川哲夫\* 大須賀昭彦\* 桑野文洋\*\* 中島震\*\*\* 西田豊明\*\*\*\* 本位田真一\*  
株式会社東芝\* 株式会社三菱総合研究所\*\* NEC\*\*\* 東京大学\*\*\*\*

### 1. はじめに

移動エージェントとは、ネットワークで接続されたコンピュータ間を自ら移動しながら計算処理を継続していくプログラムである。この移動エージェント技術は、ネットワーク上に点在する資源の有機的な利用や、無線通信によるモバイル端末上のアプリケーションの基盤技術として期待されている。移動エージェントはネットワーク上でセキュリティの許す限りどこにでも移動できてこそ、その真価を發揮できる。我々はこのような観点に注目し、「移動エージェント相互運用ミドルウェア開発プロジェクト(リーダ:本位田真一)」を実施している。本稿では開発中の相互運用技術の構想を述べる。

### 2 移動エージェントの相互運用とは

移動エージェントの相互運用とは、エージェントが多種の移動エージェント基盤間で相互に移動し合い、移動先の移動エージェント基盤の機能を活用して、移動先の情報や計算リソースを利用可能にすることである。

現在様々な移動エージェントプログラミング言語や移動エージェント基盤が開発されているが、エージェントの実装方法や表記方法がそれぞれ異なるために、異種移動エージェント基盤間でエージェントが物理的に移動することは、事実上困難である。

相互運用に関連する活動として、主に、FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents)<sup>[1]</sup>、および、OMG(Object Management Group)のMASIF(Mobile Agent System Interoperability Facilities)<sup>[2]</sup>の二つの標準化活動がある。ところが、いずれの仕様も異種移動エージェント基盤間の移動には言及していない。表1にこれらの標準化仕様がねらう相互運用と我々が目指している相互運用の範囲を示す。

表1: 標準化仕様と相互運用のねらい

|       |                              |
|-------|------------------------------|
| FIPA  | エージェント間通信言語(ACL)によるエージェント間通信 |
| MASIF | 移動エージェント基盤間の相互通信(移動可能性の確認のみ) |
| 本研究   | 異種移動エージェント基盤間のエージェント移動       |

我々が目指す相互運用は、これまで物理的な移動が難しかった異種の移動エージェント基盤間でのエージェントの相互移動を実現するものである。相互運用技術を開発するにあたり、相互運用に関わる以下の方針を定めた。

- (A) 移動エージェントモデルを損なわないこと。
- (B) 多種類の移動エージェント基盤間で移動できること。

Interoperability Middleware for Mobile Agents: Background and Concept  
Tetsuo Hasegawa, Akihiko Ohsuga, Fumihiko Kumeno, Shin Nakajima, Toyoaki Nishida, Shinichi Honiden  
Toshiba Corporation, Mitsubishi Research Institute, Inc., NEC Corporation, The University of Tokyo

(C) 既存移動エージェント基盤の相互運用対応が容易であること

### 3. インカネーションエージェントによる相互運用

#### 3.1 インカネーションエージェントとは

我々はインカネーションエージェントを用いた相互運用方式を提案する。インカネーションエージェントとは、エージェントが、異種移動エージェント基盤上に移動しようとする際に、その移動エージェントになり代わって移動するエージェントである。

図1に、インカネーションエージェントを用いた相互運用の例を示す。エージェントは同種移動エージェント基盤上では通常の移動を繰り返すが、異種移動エージェント基盤へ移動する場合には、一旦インカネーションエージェントに変身し、目的の移動エージェント基盤に移動して、改めて移動先における実装方法のエージェントに変身することによって、エージェントの処理を継続する。この様にして多種移動エージェント基盤間を自由に移動する。

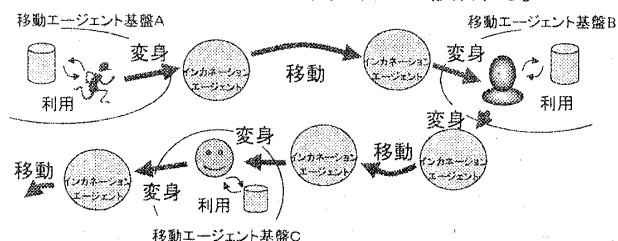


図1: インカネーションエージェントによる相互運用例

#### 3.2 インカネーションエージェントのしくみ

インカネーションエージェントは、図2に示すように相互運用ミドルウェアを実行基盤として動作する。まず、移動元のエージェントの意図(これから行うべき処理手順や現在の内部状態)とライフサイクル情報(移動元のエージェントの実行状態)を抽出することによって変身する。次に、抽出した処理手順や内部状態を特定の移動エージェント基盤に依存しない表現に変換する。そして、移動先に関する情報を取得して移動する。その後、処理手順と内部状態を移動先の移動エージェント基盤の表現に変換して、移動先の

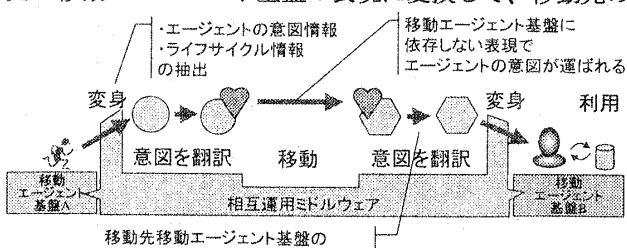


図2: インカネーションエージェントの動作

エージェントに変身して処理を継続する。

インカネーションエージェントの特徴は、処理内容や内部状態を一旦、移動エージェント基盤に依存しない表現に変換することと、相互運用における自律性を持つことである。インカネーションエージェントが自律性を発揮する移動例を図3に示す。

この移動例では、インカネーションエージェント自身の判断により、2回の分割、併合を行う。まず、通信環境上移動先で実行する処理内容のみを移動させるべきであると判断し、処理手続きの該当部分を新たなインカネーションエージェントとして分割する。さらに、この新たなインカネーションエージェントが、処理内容の翻訳の際に、効率の観点から二つのエージェントによる並行処理をすべきであると判断して、分割して移動先の二つのエージェントに処理を継続する。これらの移動先で動き回ったエージェントの処理結果は、再度インカネーションエージェントに変身した際に併合し、さらに、保管しておいた本体のエージェントに併合して、移動先での処理結果を反映した形で移動元のエージェントを復活し、処理継続する。

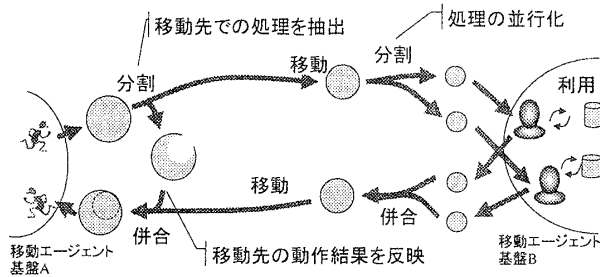


図3: インカネーションエージェントの自律的移動

このようにインカネーションエージェントが相互運用のための複雑な移動形態を自律的に実現することにより、エージェント自身の記述は移動モデルを損なうことなく、柔軟で効率的な処理が期待できる。これにより2章に挙げた方針(A)を満足する。

### 3.3 なぜインカネーションエージェントか

図4に他の相互運用実現方式の例として、(a)移動元の移動エージェント基盤をエミュレーションし、その上で動作させる方式と、(b)異種移動エージェント基盤上で動作するプロキシに、エージェントの処理を逐一依頼するRPC方式を挙げて、特徴を比較する。

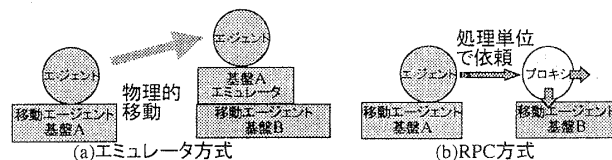


図4: 他の異種エージェント基盤間相互運用方式

(a)のエミュレータ方式は、異種移動エージェント基盤間での物理的な移動を可能とするがN種類の移動エージェント基盤間での相互運用を実現するためにN\*(N-1)種類のエミュレータを作成する必要があり、多種類の移動エージェント基盤間での移動の実現が難しく、方針(B)に反する。

(b)の逐一処理依頼方式は、実体はRPCによる通信に近く

なり、移動先の状況に応じた柔軟な処理が行いにくいなど、移動モデルを実現できなくなり、方針(A)を満たさない。

これに対し、インカネーションエージェントは、処理内容や内部状態の標準的な表現を設定することにより、(a)の方式の様な移動エージェント基盤間の1:1の対応が不要となる。また、実際に移動先で処理を継続するため、(b)の方式の様に移動モデルを損なうことも無い。さらに、3.2章で挙げたようなインカネーションエージェントの自律性による特徴を活かせることから、我々はこの方式を選択した。

## 4.相互運用ミドルウェアの構築

インカネーションエージェントを実現する相互運用ミドルウェアを、2章の方針を満たすために以下の方針で設計している。

### (1) 標準化仕様への配慮

エージェントの生成、削除等の操作や名前管理、セキュリティ管理など、エージェントに関する標準化仕様と矛盾しないようにミドルウェアを設計する。これによって、多くの標準化仕様準拠の移動エージェント基盤との整合性を取り易くして、方針(B)を満たすようにする。

### (2) 既存移動エージェント基盤へのアドオン型構成

方針(C)に述べた様に、既存移動エージェント基盤のインカネーションエージェント方式への対応を容易にするために、既存移動エージェントに必要な修正を最小限に抑えて、アドオン型の構成を取る。

## 5.プロジェクトの進め方

現在、相互運用ミドルウェアの設計・試作を進めている。試作終了後には、これを公開して広く評価を請うと共に各種移動エージェント基盤との接続実験を進めたいと考えている。また、インカネーションエージェントの考え方をFIPAにおいて提案し、より一層の普及を推進する予定である。

## 6.おわりに

移動エージェントの新しい相互運用技術であるインカネーションエージェントについて述べた。相互運用ミドルウェアの実装については「基本アーキテクチャ」<sup>[3]</sup>で、インカネーションエージェントにおける意図の翻訳、ライフサイクル管理については「インカネーションエージェントによる相互運用の実現」<sup>[4]</sup>で、移動先情報の取得については「相互運用ディレクトリサーバ」<sup>[5]</sup>で詳細を述べる。

謝辞 本研究は、「IPA 次世代デジタル応用基盤技術開発事業」の一環として行われているものである。

## 参考文献

[1]Agent Management Support for Mobility, FIPA98 Specification, <http://www.fipa.org/> 1998.  
 [2]Mobile Agent Facility Specification, OMG TC Document orbos/, 1998.  
 [3]糸野他、「移動エージェント相互運用の実現-基本アーキテクチャ」情報処理学会第59回全国大会予稿, 1999  
 [4]長他、「移動エージェント相互運用の実現-インカネーションによる相互運用の実現」情報処理学会第59回全国大会予稿, 1999  
 [5]別府他、「移動エージェント相互運用の実現-相互運用ディレクトリ・サーバ」情報処理学会第59回全国大会予稿, 1999