

# ソフトウェアエージェント

## Software Agents

### あらまし

ソフトウェアエージェントは、情報入手にかかるネットワーク上の問題を利用者に代わって解決し、だれもが快適な環境で作業を行えるよう便宜を図るプログラムである。本稿では、移動情報サービスおよび情報検索サービスに適用されているエージェントを事例として、その有用性を述べる。インターネットの拡大に伴い、ニュース、株価情報、企業情報、レジャー情報、国家情報、文献図書情報など様々な情報をインターネットから得ることができるようになったが、最近では、普及の進展に比例するように情報量も増大し、情報洪水ともいえる状況を呈してきた。こうしたインターネットを企業で利用しようとしたとき、事務所や外出先のどこからでもネットワークから情報を簡単に入手できるようにし、それらを共同で利用できるようにするかが大きな課題になっている。エージェントは、こうした課題をそれ自身が持つ通信機能、移動機能をうまく活用して解決している。

### Abstract

Software agents are programs that make it easier to use network services. They act on behalf of users to perform network tasks such as information retrieval to provide a convenient environment for using network services.

The Internet now provides a wide range of information, for example, news, stock market information, corporate information, government information, and information about leisure, documents, and books. However, it has recently become difficult to isolate useful information on the Internet because of the tremendous increase in the amount of accessible information, and how to collect and share information easily from sites such as offices and mobile terminals has become a serious problem. Software agents solve this problem by using their communication and mobile functions.

This paper explains the usefulness of software agents and gives some examples of using them in mobile information services and information retrieval services.



浅川和雄（あさかわ かずお）

1972年電気通信大学電気通信学部卒。  
同年(株)富士通研究所入社。以来小  
型サーボモータ、リニア誘導モー  
タ、知能ロボット、ニューロコン  
ピュータ、およびエージェントシス  
テムの研究開発に従事。工学博士  
(1987年東京大学)  
ネットメディア研究センター

## まえがき

ソフトウェアエージェント(以下、エージェント)は、人間が本来やるべき情報アクセスや処理を仮想的な主体、つまりプログラムによって代行する技術の総称である。人間に取って代わられるほどの知能を持たせることが究極の目標であるが、現状ではそこまでに至っていない。しかし、一部ではあるが実用的なレベルに育っている技術もある。例えば、インターネットの使い方によっては、ネットワークから得る情報の活用に大きい差が出るが、エージェントの支援でその差を縮めることもできるようになってきたのである。また、エージェント技術は、本来、自律的な通信機能を持つことから、分散オブジェクト同士を動的に連携する技術として捕らえることができる。1990年代のインターネットの進展に伴うCORBA、COM、Java、EJB、Jini、といった分散オブジェクト技術への注目の高まりやエージェントによるインターネットワードのオブジェクト連携への期待から、エージェント技術は普及を加速している。

富士通では、エージェント技術を分散オブジェクト基盤INTERSTAGEのデータベース連携、人工生物を利用したヒューマンインタフェースTEO<sup>(1)</sup>、SEのための情報共有システムSolutionNET<sup>(2)</sup>、モバイルユーザ向けの安定な通信の提供をねらったSuperMobile<sup>(3)</sup>へ導入し、インターネット利用に対するソリューションを提供している。

## エージェントについて

アプリケーションやサービスの応用の中でエージェント

トに期待される機能は、以下の3点である。

- (1) エージェントが持つほかのエージェントとの通信機能を使って情報交換をしたり、タスクの遂行を要求したりする同期・非同期の通信機能(コミュニケーション)
  - (2) エージェント自身が活動する情報処理環境を移動できる移動機能(モビリティ)
  - (3) 推論やプランニングなど問題解決に関する知的能力(インテリジェンス)
- このようなエージェント機能を活用することにより、新しい形のモバイルサービスが実現される。そこでは、利用者のロケーションや使用するアクセス端末の通信、情報処理、表示性能に応じた情報サービスを可能にするため、無線アクセスを監視する無線エージェント(RA)、ユーザのロケーションおよび端末を監視するネットワークエージェント、ユーザの持つデータやプロファイルを管理するパーソナルエージェントがダイナミックに連携して利用者のロケーションに応じた情報サービスを実行する(図-1)。ここで特徴は、RAとネットワークエージェントとの連携でシームレスなネットワークアクセスをプラグ・アンド・プレイとして提供すること、パーソナルエージェントの仲介サービスによる効率的な情報配信を提供することにある。これらの機能の一部は、すでにSuperMobileに導入されている。

さらに、情報配信に注目すると次のようなニーズにも積極的に応えることができる。株価情報やニュースといった日々更新される情報を持ったWebサーバが増加の一途をたどっており、最新の情報を即座に入手したい、

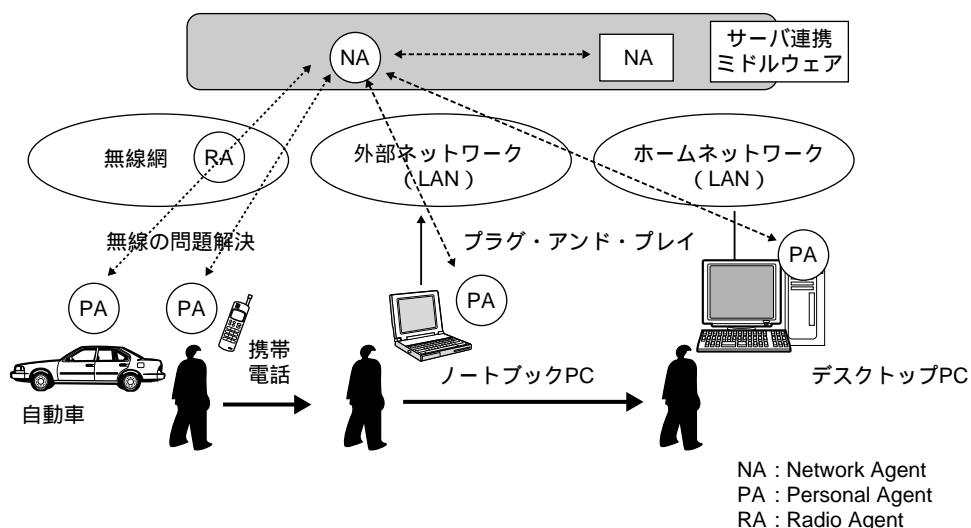


図-1 利用者のロケーションに応じた情報サービス  
Fig.1-Information services on mobile users' location.

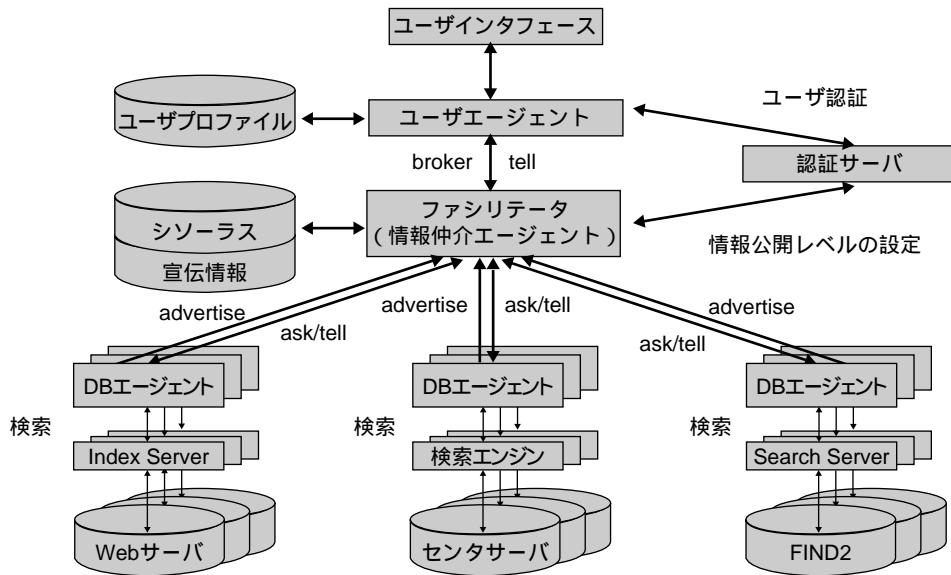


図-2 エージェントによる情報検索システム  
Fig.2-Information retrieval system with facilitator agent.

また一方、電子商取引などの情報提供者からは、積極的に商品情報を購入希望のユーザへ知らせたいといった要求が出てきている。インターネット上に存在する情報を情報提供者と情報利用者間でスムーズに情報交換する方法としてマッチメイキングがある。ファシリテータと呼ばれるエージェントは、このマッチメイキングを効率よく実現する技術である。著者らは、ファシリテータをいち早くSolutionNETの検索システムへ導入し、その効果を確認している(図-2)。

このようなエージェント指向の情報サービスシステムをインターネット上で実際に利用できる技術とするためには、エージェント開発言語、エージェント指向ミドルウェアといった要素技術から情報検索、情報共有、シムレス通信などの応用に至る技術開発が必要となっている。以下では、エージェント技術が実際に応用された事例として、RAおよびファシリテータの研究開発をとおして、エージェント技術への取組みを紹介する。

### 無線エージェント

#### 無線エージェントを応用した移動情報サービス

ディジタル携帯電話(PDC)やPersonal Handy Phone System(PHS)の爆発的な普及に伴って、モバイル環境でのインターネット接続が急増している。このような利用形態では、通信を行うロケーションに応じて利用するネットワーク環境も変化する。PDCやPHSでの通信が当然のインターネットアクセス手段となる一方で、オフィスや家庭のLANにも接続できなくてはならない。複数の

異なるネットワークを使い分けながら、端末側を適切な設定に切り替えていくことが必須であるが、初心者にとっては容易なことではない。

この煩雑な設定作業をエージェントに代行させることにより、ユーザは、オフィスでLANを使った後、PDCを使ってダイヤルアップする場合にもPDCの通信ケーブルをカードに接続するだけでよい。エージェントが自動判別し、通信設定を自動的に切り替える。ユーザにとっては、ネットワーク環境に合わせた設定切り替えを意識することなく、どのロケーションからでもインターネットアクセスができる。いわゆるプラグ・アンド・プレイでインターネットにアクセスできるようになるのである。

一度接続が完了すると、サーバ側から送られてくるデータは、回線の速度や端末の性能に合わせて要求されたデータを加工、圧縮して送信される。同じ画像データを要求した場合でも自動的に端末での表示能力に合わせた画質に圧縮してから送信される。PDCを使った通信では、LANに比べれば格段に劣る通信速度しか得られないが、RAの画像圧縮機能により適度な時間で転送が可能になる。また、電波状態の悪化によって送受信が中断した場合は、切断を自動的に認識して再接続し、中断した部分からデータの転送を再開する自動再接続機能を持つ。

これらの機能は、個々のものとしては既に開発されているが、ここではサーバと端末の双方に配置したそれぞれのエージェントが連動して統合的に機能できるようになったことで、ほかのアプリケーションやサービスとの連携も容易になるという利点がある。

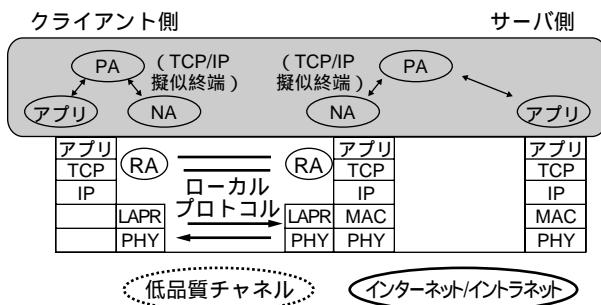


図-3 無線エージェントのアーキテクチャ  
Fig.3-Radio agent architecture.

## 無線エージェントのアーキテクチャ

一般に無線のインターネット接続、とくにポイント・トゥ・ポイント(PPP)接続では以下のような問題がある。

- a. 接続中のセッションの切断
- b. 伝送効率の変動および悪化
- c. 低いデータ伝送速度
- d. 高い通信コスト

a および b の問題は、無線特有のフェージング、シャドウイング、ハンドオーバによる瞬断およびバースト誤り、TCP/IP および PPP の制御との相互作用が原因である。c および d の問題は、周波数資源の制約による。たとえ、IMT-2000 のような広帯域無線が導入されても、帯域とコストはトレードオフの関係にあるため、すべての人が潤沢な帯域を使用できるわけがない。限られた帯域を有効に利用するためには伝送効率の向上が重要である。これらの問題を解決するために RA を導入している。RA のアーキテクチャを図-3 に示す。この中で、RA は以下の機能を実行している。

### (1) TCP/IP の終端

無線リンク層でのデータ誤り制御と TCP の再送制御との競合を回避し、極端な伝送効率の低下を防止する。

### (2) 自動再接続によるセッション維持

回線状態の悪化に伴う通信中回線切断や発呼時の接続失敗に対して自動的に再接続する機能である。このとき、アプリケーションにはそれを通知しない。一般に、World Wide Web(WWW)などのアプリケーションは通信タイムアウト時間が比較的長いため、その時間内に再接続が完了すればセッションを維持することができる。これにより、接続中のセッション切断と初期接続率の低下を防ぐ。

### (3) アイドル切断

回線接続中に通信データ不在の状態が続くと回線を切断する機能である。これにより、通信コストを低減する。

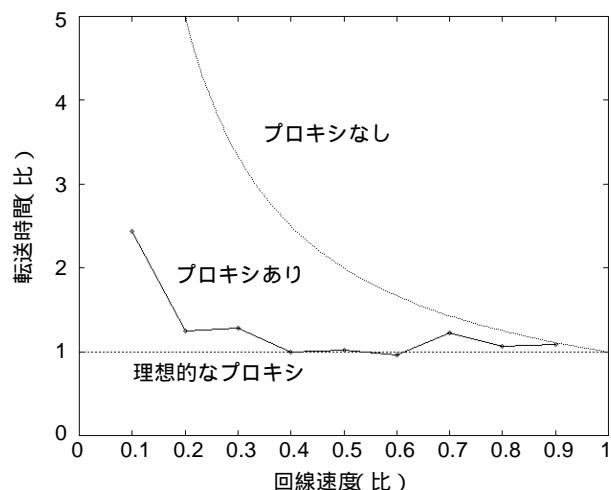


図-4 回線速度と転送時間の関係  
Fig.4-Relationship between link speed and transmission time.

## (4) アプリケーション、回線状態に応じた伝送速度制御

アプリケーションやデータの種類に応じて無線回線の伝送方法を制御したり、逆に無線回線の状態に応じて上位の伝送方法を適応的に制御したりする機能である。本機能により、無線回線速度の変動に適応した転送画質の圧縮制御と併用することで、リーズナブルな時間で転送を完了できる。回線速度(最大回線速度で正規化)と転送時間(回線速度 1 のときの転送時間に対する比)の関係を図-4 に示す。回線速度が 0.2 度まではほぼ理想的な特性を示している。回線速度が 0.2 以下となる確率は低いと考えられるため、本方式により安定した転送時間を確保することができる。

## ファシリテータ(情報仲介エージェント)

インターネットをはじめとするネットワーク上に様々なデータベースが分散構築されている。インターネットの世界と同様にインターネット上の企業内情報システムでも個別に発生・運用される Web サイトが林立し始めている。この現象は、時期と規模の差はある、ある程度以上のサイズのある企業体では不可避に進行すると思われる。つまり、企業内情報システムでも情報洪水は起こり始めている。このような環境の中、ネットワーク上の情報共有、統合を効率的に行える検索・連携技術に対するニーズが高まっている。そのため、情報仲介エージェントであるファシリテータによる情報検索技術を開発した。

### ファシリテータによる情報検索

企業が持つデータベースは、ビジネス情報、人事情報、技術情報など多様な分野にまたがるのが一般的であ

る。これらを使うユーザは、関連する情報を複数のデータベースから横断検索して、時系列データなどと組み合わせて整理、利用する。現状このような作業では、

- (1) ディレクトリの提供はあるが情報量が少ない
  - (2) 検索のためのキーワードが不足しているため的確な検索が難しい
- といった問題を抱えている。

このような問題に対して、インターネットでは様々な検索エンジンが開発されている。代表的な検索エンジンには、Yahooに代表されるインデックス系とgooに代表されるロボット系がある。インデックス系では、情報提供者からの要望によってディレクトリを構成するのに対して、ロボット系ではソフトウェアロボットによりWebページを自動的に収集しディレクトリを構成する。このように検索エンジンが、それぞれ独自の方法でディレクトリを構成しているので、同じキーワードで検索しても同じ結果が得られないといった問題もある。このような問題を解決する一つのアプローチとしてメタ検索エンジン<sup>(4)</sup>がある。ユーザの代わりに複数の検索エンジンに並列に検索を行い、結果を統合して提示する。複数のエージェントと連携しながら検索を行うファシリテータは、メタ検索エンジンの一種といえる。

#### ファシリテータのマッチング機能と応用

ファシリテータは、複数のエージェント間での通信をベースにしたマッチメイキング方式の情報検索を行う。このマッチメイキングには、プローカ型、リクルート型、およびリコメンド型の三つの形式がある(図-5)。

#### (1) プローカ型

エージェントBはあらかじめXに関する情報を持っていることをファシリテータFにadvertise(X)で宣伝しておく。エージェントAが情報Xをbroker(X)を用いてFに問い合わせると、FはBがXに関する情報を持っていることを知っているので、Bから情報Xを入手しAに転送する。この場合、一つのFに対して複数個のAおよびBが存在してもよい。

#### (2) リクルート型

エージェントBはあらかじめ情報Xを持っていることをファシリテータFにadvertise(X)で宣伝しておく。エージェントAがXに関する情報が欲しいことをrecruit(X)を用いてFに問い合わせると、FはBがXに関する情報を持っていることを知っているので、Bに問い合わせを行うが、情報XはFを経由せずに直接Aに送られる。

#### (3) リコメンド型

エージェントBはあらかじめ情報Xを持っていることを

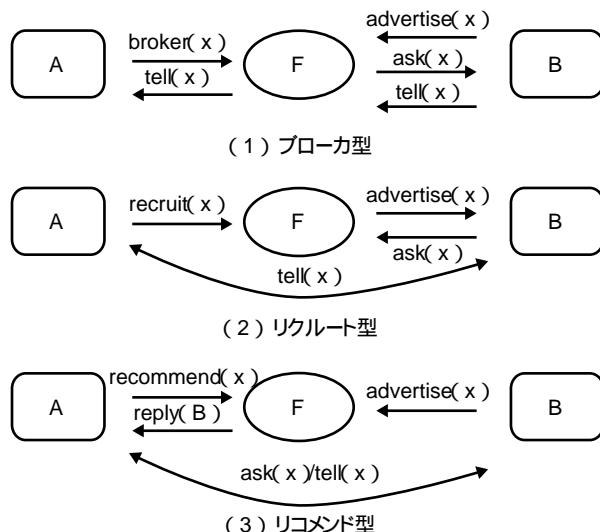


図-5 ファシリテータによる情報配信  
Fig.5-Information matchmaking by facilitator.

ファシリテータFにadvertise(X)で宣伝しておく。エージェントAがXに関する情報を欲しいことをrecommend(X)を用いてFに問い合わせると、FはBがXに関する情報を持っていることを知っているので、Bのアドレスをreply(B)でAに知らせる。この後、問合せと転送はAとBの間でask(X), tell(X)を用いて直接行われる。

ファシリテータによる横断的な情報検索では、利用者の手間を省く意味で検索結果を統合、編集して提示する必要があるので、プローカ型のマッチメイキングを使うのが一般的である。前述の図-2は、SolutionNETへ適用したファシリテータによる情報検索システムの構成であり、情報検索は、上記プローカ型の手順で行われている。エージェント間の通信は、Agent Communication Language(ACL)により行っている。また、エージェント間のキーワード表現の差異はオントロジと呼ばれる語彙辞書を使って吸収される。以下に、本システムの特徴を示す。

#### (1) データベース(DB)の分散配置

検索の対象となる文書データや検索エンジン用インデックスファイルの集中化は行わない。DBは、複数のローカルなサイトに配置され、それぞれが独立した全文検索エンジンを持つ。

#### (2) DBのインターフェースの統一

全文検索エンジンの付いた文書DBを情報源の単位とし、ACLで通信できるようするためのインターフェースを用いてDBエージェント化する。検索エンジンが異なる場合は、エージェント化の過程でインターフェースの違いを吸収する。

### (3) 横断検索

複数のDBにまたがる横断検索をサポートする。検索そのものは、それぞれの検索エンジンで並行的に行われる。

### (4) アドバタイズ(宣伝)による検索の効率化

DBエージェントが保持している文書データに関するメタ情報をファシリテータに対して事前にアドバタイズして、ファシリテータがこれに基づく仲介を行うことにより検索を効率化している。これにより、システム全体のレスポンスが向上している。この機能は、MetaCrawlerのようなメタ検索エンジンでは提案されていない。

### (5) キーワード推薦

検索エンジンを利用する場合、適切なキーワードを入力しなければならないが、適当なキーワードすら思いつかないときもある。このようなとき、過去の検索履歴を用いユーザの検索意図との関連性が高いキーワード群を提示する<sup>(5)</sup>。

### (6) セキュリティ

認証情報を集約した認証エージェントを設け、個人認証を個別の検索ではなく全システムへのログイン時のみ行う。また、認証エージェントの所持している情報はファシリテータによる仲介にも利用する。

本技術により、利用者から見るとネットワーク上に分散する複数のDBがあたかも一つに見えるようになる。ファシリテータの持つ多様なディレクトリ情報を活用することで、専門的な検索技術を持たない利用者でも専門家に近い検索結果を得ることができる。また、キーワードに関しても、ファシリテータから推薦されるキーワードをインタラクティブに選択することで、さらに効率的な検索が実行できる。

本技術は、1998年10月からSolutionNETに導入され、そ

の有用性が確認されている。

## む　す　び

エージェント技術の特徴を概観し、無線エージェントとファシリテータを事例としてその有用性を述べた。これらの事例の共通することは、グローバルに拡大を続けるインターネットをブレーグ・アンド・ブレイ感覚で利用する新しいネットワーク利用環境を提供していることである。パソコンへのデバイスの追加・削除やネットワークへの接続・切離し、ネットワーク上の様々なアプリケーションやサービスのオンラインでの追加・更新をブレーグ・アンド・ブレイで実現する。さらに、インターネット接続サービス提供者にとっても、使いやすいネットワーク環境を利用者へ提供する上で有用な技術である。今後、インターネットの利用をさらに拡大し、企業活動の中で利益を生み出すための「代理人」としてエージェント利用は活発化するものと期待される。

### 参考文献

- (1) 手塚：TEO - もうひとつの地球 - . 電脳メディア開発部取材資料，1998.
- (2) 北島ほか：SAGE : Anthony - 企業内情報システムにおける統合検索サービス . コンピュータソフトウェア , 1999 , ソフトウェア科学会に投稿中.
- (3) 藤野ほか：無線エージェントとWWWプロキシ連携による適応的画質制御 . モバイルコンピューティング研究会 , 1998 , pp.1-6.
- (4) MetaCrawler : <http://www.metacrawler.com/>
- (5) 鐵田ほか：検索ログを用いたキーワード推薦エージェント . 信学技報 , AI98-58 , pp.33-40( 1998 )