

# ロボットをユビキタスの世界へ誘うエージェント

Agent Enabling Robots to Join Ubiquitous World

上野 晃嗣

■ UENO Kouji

長谷川 哲夫

■ HASEGAWA Tetsuo

大須賀 昭彦

■ OHSUGA Akihiko

パソコン(PC)や情報家電、センサといった各種ユビキタス機器とロボットの連携が可能になると、ロボットはユビキタスの世界を活用して様々な仕事を処理できるようになる。

東芝は、各種ユビキタス機器とロボットを柔軟に連携する独自の軽量エージェント技術 Flipcast™を開発した。Flipcast™を用いると、ロボットは自分単独では困難な仕事を他の機器との連携によって処理することが可能となり、ユビキタス世界の力を借りてロボットはその能力を大幅に増強することになる。

When cooperation between robots and ubiquitous devices such as PCs, electronic home appliances, and sensors is made possible, robots become able to handle various tasks by means of the ubiquitous world.

Toshiba has developed Flipcast™, an original lightweight agent technology, which permits flexible cooperation between robots and ubiquitous devices. Using Flipcast™, a robot can carry out tasks through cooperation with other devices, even when the given task is too difficult for it to execute by itself. The capabilities of robots can therefore be dramatically improved by taking advantage of the ubiquitous world.

## 1 まえがき

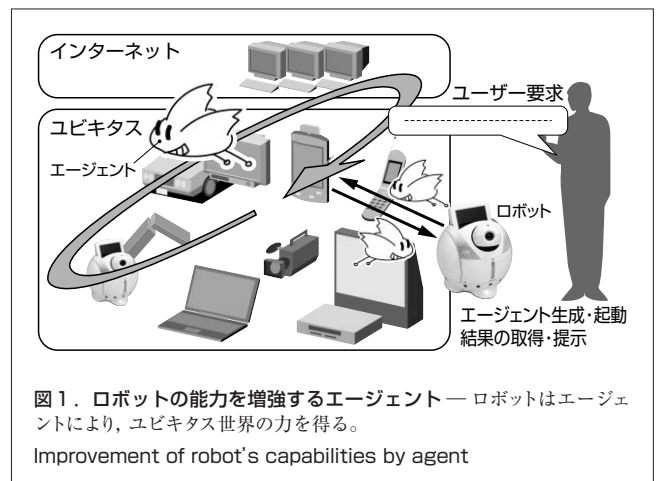
ロボットは一般に手足を持ち、この手足で現実世界に対して働きかける点が大きな特徴と言える。しかし、手足の能力が制約となって、移動範囲に制限が出るなど、作業内容が限定される場合がある。単体のロボットだけを考えると、そのロボットの足で移動できる範囲、手の届く範囲でしか仕事ができないことになる。

ロボットをユビキタス世界の一つの存在にとらえ、ロボットが様々なユビキタス機器を活用する環境を整備することで、このような限界を超えて能力を大幅に増強できる可能性がある。既にロボットと携帯電話を連携し、ロボットの遠隔操作などを可能にした事例がある。これを発展させて、PCや情報家電、各種センサといったユビキタス機器とロボットの連携が可能になると、未知の知識や最新情報(ニュースや天気、株価など)の取得、新たなソフトウェア機能の獲得、外部のセンサによる外界情報の取得、困難な仕事の他ロボットへの委託、ほかの機器との協調による複雑な仕事の解決など、ロボット単体の能力を超えた様々な処理が可能となる。

しかし、こういった連携を実現するソフトウェアの開発は容易でない。現状のロボットは、機種ごとに固有のハードウェアとソフトウェアの構造を持ち、通信や各種機能呼び出すインタフェースも統一されていない。このため、連携させたい機器ごとに固有の接続プログラムを用意し、その上に各機器の呼出しインタフェースに合わせた連携処理を実現す

る必要がある。また、計算資源の少ないロボットやセンサ上で連携処理を実現するためには、フットプリント(実行時のメモリサイズ)の小さなプログラムが必要となる。

東芝は独自の軽量エージェント技術 Flipcast™を開発し、この問題を解決した。エージェントとは、自律性、協調性、移動性などを持つソフトウェアモジュールで、ネットワーク接続された異種システムの連携などで効果を発揮している<sup>(1)</sup>。当社はこれを軽量化し、計算資源の少ないユビキタス機器上でも実行可能なエージェントを開発した。この結果、ロボットをユビキタス機器の一つにとらえ、エージェントによって各種ユビキタス機器を連携させ、互いの機能の呼出しや情報交換を柔軟に行う枠組みが実現した。これにより、ロボット



が単独では困難な仕事をエージェントに託すと、後はエージェントがユビキタス世界を飛び回り、各種機器を活用しながら処理を進め、結果と共にロボットに戻ってくるといった連携処理が可能となる(図1)。

## 2 軽量移動スクリプトFlipcast™

### 2.1 Flipcast™とは

Flipcast™は、ネットワークで接続された機器やコンピュータの間を飛び回りながら仕事をするソフトウェアであり、1章で述べたように、様々な機器を用いてユーザーの要求に応えるエージェント動作を可能とする。例えば、ユーザーが出かける際のサポートであれば、毎朝、次のように動作する。

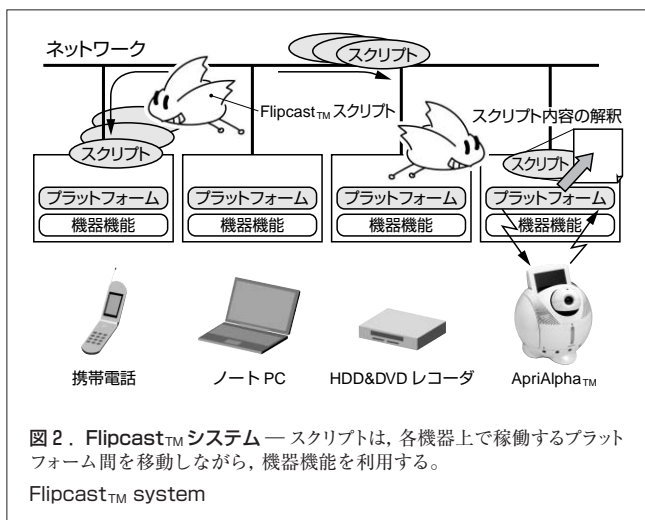
- (1) ロボット上でエージェントの動作が開始する。
- (2) PC上のスケジュール表を確かめ、待合せなどの時間を確認する。
- (3) インターネット上のサーバから交通情報と天気予報を得る。また、ロボットを窓際に移動させ、実際の外の天気を確認する。
- (4) 以上の情報から出発時間を算出し、ユーザーに知らせる。ユーザーが寝ていればベルを鳴らす。
- (5) 傘が必要なら傘をアームで差し出す。

### 2.2 構成

Flipcast™は、組み込み機器に搭載可能なフットプリントサイズを実現しているため、家庭用ロボット、携帯電話、情報家電などに応用可能である。全体の構成を図2に示す。

Flipcast™は、各機器上で稼働するソフトウェアであるプラットフォームと、その上を自由に移動しながら実行される、スクリプトと呼ばれる指示書で構成される<sup>(2)</sup>。

プラットフォームは、スクリプトの内容を解釈し実行する役割を持ち、解釈したスクリプトを元に、抽象化された機器機能の呼出しや条件判断などを行う。



スクリプトは、ユーザーの意図する目的ごとに用意される、バッチファイルのような簡単な指示書であり、各機器の持つ様々な機能の呼出しと制御構造が記述されたプログラムソースである。ロボットは多くのスクリプトをあらかじめ持ち、ユーザーの指示に従って必要なスクリプトを選択し、起動する。

### 2.3 特長

一般的なスクリプト言語自体は、プログラミング言語の中でもたいへんポピュラーなものとして確立しており、数多くの形式が提供され、特に掲示板や各種ポータルなどのウェブアプリケーションに広く利用されている。スクリプト言語技術は、アプリケーションの開発、デバッグ、変更の難度を下げ、それらにかかる時間を大幅に短縮することで、アプリケーション数の増大とその多様性を生む。

Flipcast™は、既存のスクリプト言語が持つ特長に加え、組み込み機器のネットワーク連携に特化した、次のような特長を持つ。

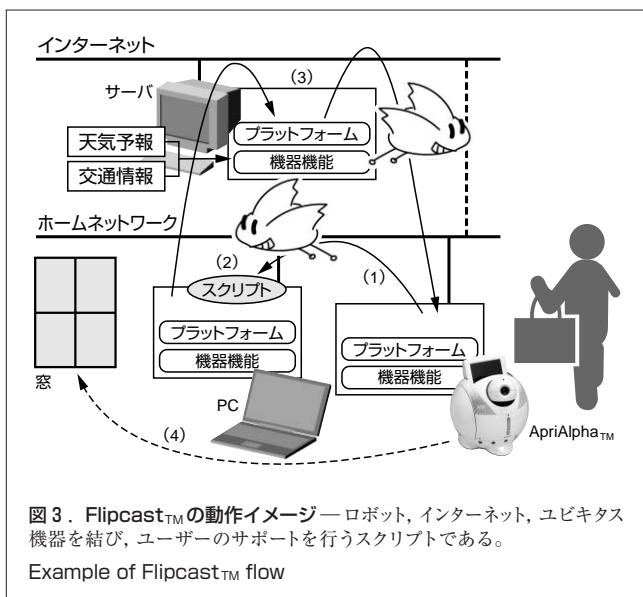
- (1) 極小フットプリントサイズ 最小パッケージとなる携帯電話アプリ版では、プラットフォームを構成する核である、スクリプトの解釈実行部と条件判断などの必須機能38種を11.2Kバイトで実装した。これにネットワーク、データ保持、携帯上グラフィックなどの機能を加え、目標とした機種でのアプリケーションの最大容量である50Kバイト以下に抑えた。
- (2) スクリプト移動 同期処理の必要性によるスクリプト開発の難易度上昇と、プラットフォームの肥大化を防ぐため、単一のスクリプトが、処理の進行に応じて、実行中に自由にほかの機器へ移動できるものとした。移動先のプラットフォームでは、移動前の機器で行われた処理の続きから解釈と実行を開始する。

これらにより、家庭用ロボット、情報家電、センサ、携帯電話など、ホーム、ユビキタス、モバイル環境をつないだアプリケーション数を増大させることができ、ユーザーのより多く、より細かい要求に応えるロボットが実現可能となる。将来的には、対応するスクリプトが存在しないユーザー要求に対し、動的に必要なスクリプトを生成する技術も検討課題としている。

### 2.4 動作

2.1節で述べた例について、スクリプトを実行した場合のFlipcast™の動作イメージを次に示す(図3)。

- (1) ロボット 毎朝、スクリプトがロボット上で起動され、ホームネットワークを通じてPCへ移動する。
- (2) PC スケジュール表のきょうのデータを読み込み、もっとも現在時刻に近い、外出が必要なアイテムを選び、目的地と時刻を取得する。ルータを通じサーバへ移動する。
- (3) サーバ 目的地と時刻の情報から、ほかのASP (Application Service Provider) サービスなどを用い、



交通手段の候補を選択し、それぞれの経路について事故情報を検索する。また、付近の天気予報を取得し、ロボットへ移動する。

(4) ロボット ロボット自体を窓際へ移動させ、カメラ画像から天候を判断する。

以上の情報により、目的地への所要時間を算出し、ユーザーへ通知する。

### 3 ロボット連携アプリケーション

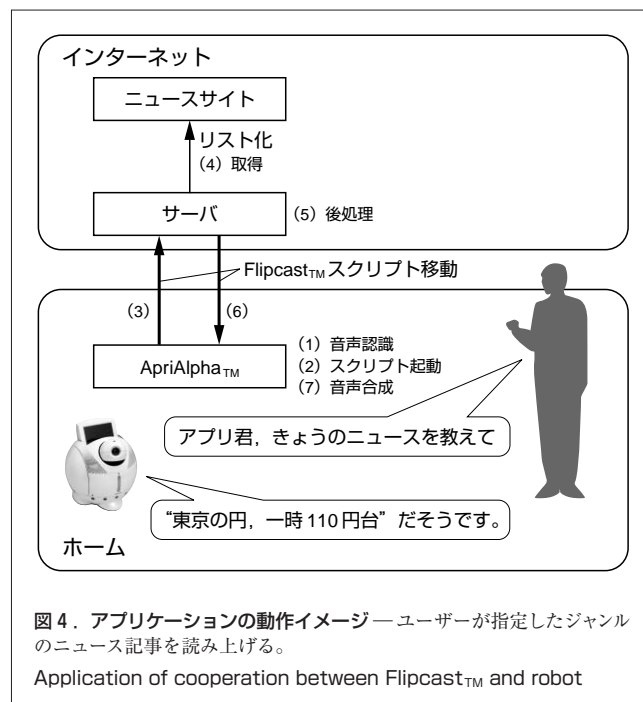
Flipcast™が目指すホーム、ユビキタス機器、モバイル機器の連携を実現するアプリケーションとして、ロボット情報家電 ApriAlpha™に対し、呼びかけに応じたニュース検索を行うアプリケーションを開発した。ApriAlpha™は、当社が開発したロボット情報家電のプロトタイプであり、移動ロボットの機能をベースに、音声認識・合成、画像認識、及び無線LAN通信などの機能を持つ。

このアプリケーションは、図4に示すように、ApriAlpha™がユーザーの「きょうのニュースは?」、「アプリ君、スポーツニュースを教えて」などの問いかけに応じて、経済、社会、国際など8種類の最新ニュースを取得し、音声で読み上げるものである。

開発にあたっては、Flipcast™を用いて、家庭に置かれた ApriAlpha™の音声認識・合成機能と、外部設置のサーバ上に実装されたニュースサイトからのヘッドライン取得・解析機能を組み合わせたスクリプトを作成した。

スクリプトを中心とした動作の流れは、次のようなものである(図4)。

- (1) ApriAlpha™による音声認識と要求の抽出
- (2) スクリプトはニュース種別と件数条件を取得



- (3) サーバへ移動
- (4) 記事取得機能の呼出しと記事取得
- (5) 必要件数でフィルタリング
- (6) ApriAlpha™へ移動
- (7) 音声合成機能の呼出しと記事読上げ

このアプリケーションは簡単なものであるが、Flipcast™により、スクリプト移動を用いて、ロボットの動作とサーバ上での処理を直接つないだ分散処理を、容易に記述し実現できることを実証した。

なお、このアプリケーションは、TEPIA((財)機械産業記念事業団)第16回展示“ロボットと近未来ホーム展”(2003/9~2004/7)において、ニュース記事読上げ機能という形で展示され、好評を博した。

### 4 Flipcast™によるユビキタス世界のサービス活用

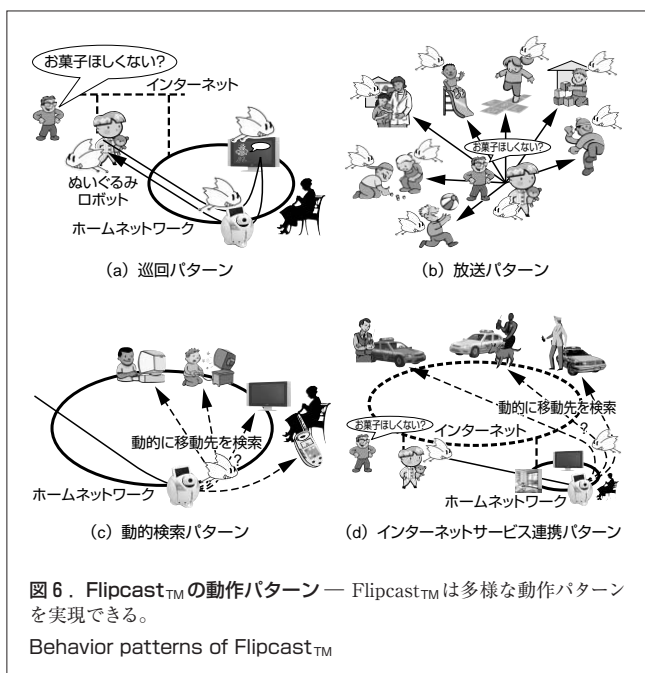
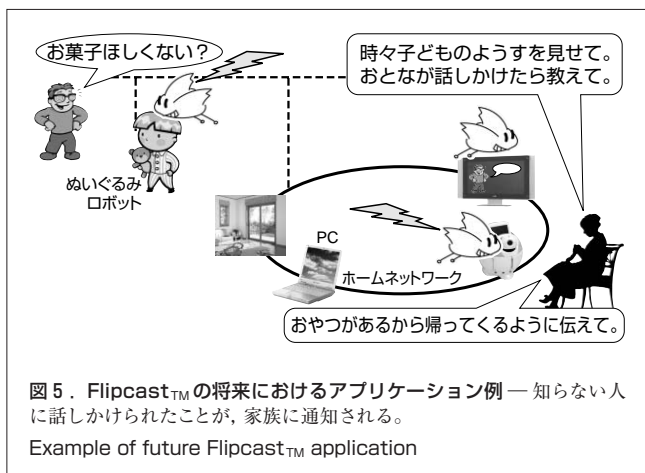
将来の家庭では、多くの家電機器やユビキタス機器がネットワークに接続されて利用されることが予想されているが、その構成や環境は家庭ごとに異なり、また、ロボットを介したユビキタス機器の活用形態も個人ごとに多様になると考えられるので、エージェントは、このようなロボットやユビキタス機器の多様な連携手順や実行環境に対応できることが望ましい。そのためFlipcast™は、ロボットや機器の様々な協力動作や、状況や環境に応じて動作を変える、といった柔軟性の高い動作パターンを持っている。次にFlipcast™の典型的な動作パターンについて述べる。

ロボットの応用分野の一つに子どもや老人などの見守りが

あり、その例を図5に示す。この例は、子どもが連れて歩くぬいぐるみロボットが状況をモニタしていて、何か起きると周囲の情景を撮影してホームロボットに転送し、ホームロボットは家人に伝えて指示を受けるものである。

この例におけるFlipcast™の基本連携パターンは、図6(a)に示すように、あらかじめ決められた機器の間を巡回しながら、機器が提供する機能やサービスを順次活用する巡回パターンである。Flipcast™が各ロボットや機器を巡回しながら、ぬいぐるみロボットが持つ音声認識機能や撮影機能、ホームロボットが持つ移動機能、テレビ(TV)が持つ表示機能を利用する。

次に、図6(b)に示すように、何か起きた際に遊び友だち全員のぬいぐるみロボットにFlipcast™のコピーが移動し、もし近くにいれば、それぞれのカメラからも撮影して画像と共に戻ってくる、といった放送パターンがある。これにより複数の



ロボットや機器による協力動作を実現する。

更に、実行時に最適な機器を選択する動的検索パターンがある。例えば図6(c)に示すように、TVに限らず、PCや携帯電話など映像を表示できる機器は家庭内に多数ある。その中で、通知相手がすぐ見ることができる機器を探して表示させるなど、機器の機能や状態を検索し、最適な機器を判断してからそこに移動する連携パターンである。これにより、状況に応じて最適な機器を組み合わせたり、家庭に新規に導入された機器をスクリプトの変更なく活用可能となる。

最後に、インターネット上で公開されている無限のサービスを利用するインターネットサービス連携パターンがある。図6(d)の例では、警備会社などの現場急行サービスを探し、到着までの時間を問い合わせいちばん早いところに依頼を出す。このパターンにより、応えられる要求の幅が画期的に広がるとともに、常に最新の良質なサービスが活用できることになる。

これらのFlipcast™の様々な動作パターンの組合せにより、家庭において、ロボットがユビキタス機器やインターネットサービスを最大限活用できるようになることを期待している。

## 5 あとがき

ここではFlipcast™のApriAlpha™への応用事例を中心に、エージェントとロボットの連携について述べた。今後は、ほかのロボットやユビキタス機器へのFlipcast™搭載を積極的に推進し、異種ロボットやユビキタス機器を連携させた応用システムを展開していく。

## 文献

- (1) 本位田真一,ほか. エージェント技術. 共立出版,1999,252p.
- (2) 中島 震,ほか. オブジェクト指向最前線2002. 近代科学社,2002,220p.



上野 晃嗣 UENO Kouji

研究開発センター 知識メディアラボラトリー. 移動スクリプト技術に関する研究・開発に従事. 情報処理学会会員.  
Knowledge Media Lab.



長谷川 哲夫 HASEGAWA Tetsuo

研究開発センター 知識メディアラボラトリー主任研究員. 情報家電サービスの連携技術に関する研究・開発に従事. 情報処理学会会員.  
Knowledge Media Lab.



大須賀 昭彦 OHSUGA Akihiko, Ph.D.

研究開発センター 知識メディアラボラトリー主任研究員, 工博. エージェント技術に関する研究・開発に従事. 情報処理学会, 電子情報通信学会, 日本ソフトウェア科学会, IEEE 会員.  
Knowledge Media Lab.