

生活オントロジーとブログインタフェースを活用した留守番ロボット

Home Security Robot Using Life Ontologies and Blog Interface

長 健太 川村 隆浩

■ CHO Kenta

■ KAWAMURA Takahiro

東芝は、スマートホーム環境をより容易に実現するため、ホームロボットApriAlpha™が既存の家庭用電気器具（以下、家電と略記）を統合して動作する留守番ロボットシステム“ブログアルファ”を開発してきた。このシステムは、遠隔地からユーザーの要求を自然文で受け付け、Webブラウザを通じて家庭内の状況を伝えるためのブログインタフェースを備える。家庭内の日用品、場所、タスクに関するオントロジーを活用することで、ユーザーからの様々な要求に対応する適切な動作を行うことができる。

Toshiba has been developing a home security robot using the ApriAlpha™ home robot to integrate legacy appliances in a home. This system provides a blog interface to receive users' requests remotely in natural-language sentences and show the status of appliances via a Web browser. The robot serves as an “intelligent glue” that connects and automates the legacy appliances, allowing the users to easily introduce an intelligent environment in their home. It uses ontologies about commodities in the home, locations where these are placed, and tasks the robot can achieve. By using these ontologies, the robot can select and combine appropriate actions to respond to a wide variety of user requests.

1 まえがき

ユビキタス コンピューティングの発展に伴い、家電の自動設定やリモートコントロールを可能にするスマートホームなど、家庭内の人々に対するコンピュータによる支援が広がりつつある^{(1),(2)}。スマートホームにおいては、システムが家電の機能を統合して動作することで、家族が家庭内環境を常にコントロールでき、また、家庭内の情報を容易に得ることができるようになってくる必要がある⁽³⁾。

東芝はこの要件に対し、ホームロボットを用いて家庭内の既存の家電を統合するアプローチを採った⁽⁴⁾。ホームロボットは、状況を把握するためのカメラやマイクなどのセンサ、及び家電を制御するためのリモコンやネットワークインタフェースを備える。これらによってロボットは、ネットワークを介した家電の遠隔制御を行うことができる。つまり、ロボットを、家庭内の情報化されていない既存の家電群を置き換えることなく、それらを統合し活用するためのセンターマシンにすることができる。

ここでは、家族が家庭内の情報を容易に得ることができるようにするために、ロボットと外出先の家族が情報をやり取りする際にブログを活用するシステムについて述べる。パソコン(PC)や携帯電話などのブラウザからブログにアクセスすることで、あらゆる場所からロボットに指示を与えたり、家庭内の状況を把握したりすることができる。

ユーザーは“鍵どうなってる?”などの自然文のコメントを、ロボットが備えるブログインタフェースを介して書き込むことにより、ロボットに遠隔地から指示を与えることができる。ロボットはそのコメントを解釈し、玄関へ移動し、鍵の状態を写

真撮影し、その写真をブログのエントリー（記事）として書き込む、といった動作を行う。このような動作を行うために、ロボットは、ユーザーの要求は何か、その要求を解決するには何をすればいいかを判断するための、家電に関する知識を備えている。

以下に、ブログからのユーザーの指示に従って家庭内の監視や制御を行う留守番ロボットシステム“ブログアルファ”について、そのシステムアーキテクチャ、及びロボットが家庭内で動作するために用いられる知識をモデル化したオントロジーについて述べる。

2 ブログアルファの概要

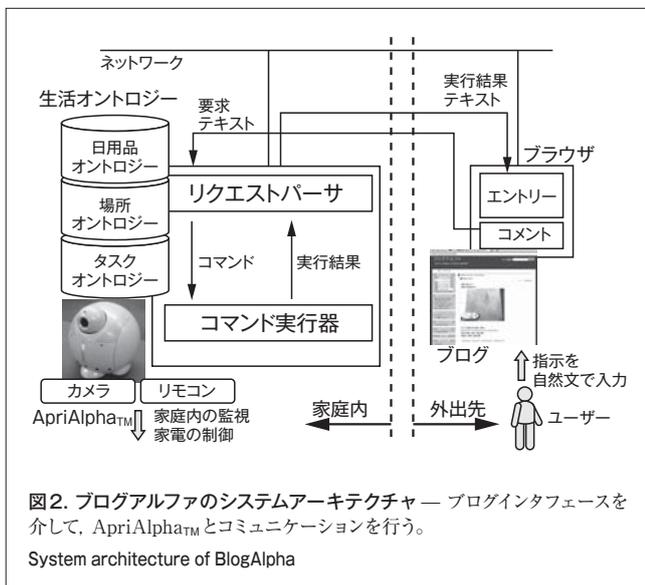
ブログアルファは、ホームロボットApriAlpha™⁽⁵⁾（図1）とブログシステムから構成される。ApriAlpha™は、ユーザーの要求をブログシステムからコメントとして受け取り、その要求を満たすためのコマンド列を実行、その結果をエントリーとしてブログシステムに投稿（エントリーの追加）する。ユーザーは携帯電話やPCからブログにアクセスすることで、外出先から家庭内の監視と制御ができる。

ブログアルファのシステムアーキテクチャを図2に示す。ブログアルファは以下のように動作する。

- (1) ユーザーは、ブログアルファへの要求をコメントとしてブログから入力する。コメントとしては“テレビつけて”、“猫えさ食べた?”、“ワイン持ってきて”などが挙げられる。
- (2) コメントはApriAlpha™に送られ、ApriAlpha™は、ユーザーの要求をオントロジーを用いて解釈する。



図1. ホームロボットApriAlpha™ — カメラとリモコンを備えたホームロボットApriAlpha™が、家庭内の監視と家電の制御を行う。
ApriAlpha™ robot



- (3) 要求はコマンド列に分解され、ApriAlpha™がそれらコマンドを実行する。コマンドは、特定の場所に移動する、家電を操作する、写真を撮影するなどの基本的なアクションで構成される。
- (4) ApriAlpha™は、実行したコマンドの結果をブログのエントリーとして投稿する。エントリーにはApriAlpha™が撮影した写真などが含まれる。

ブログアルファを用いることによって、ユーザーは遠隔地からブログインタフェースを介して家庭内の機器をコントロールしたり、家庭内の状況を把握したりすることができる。

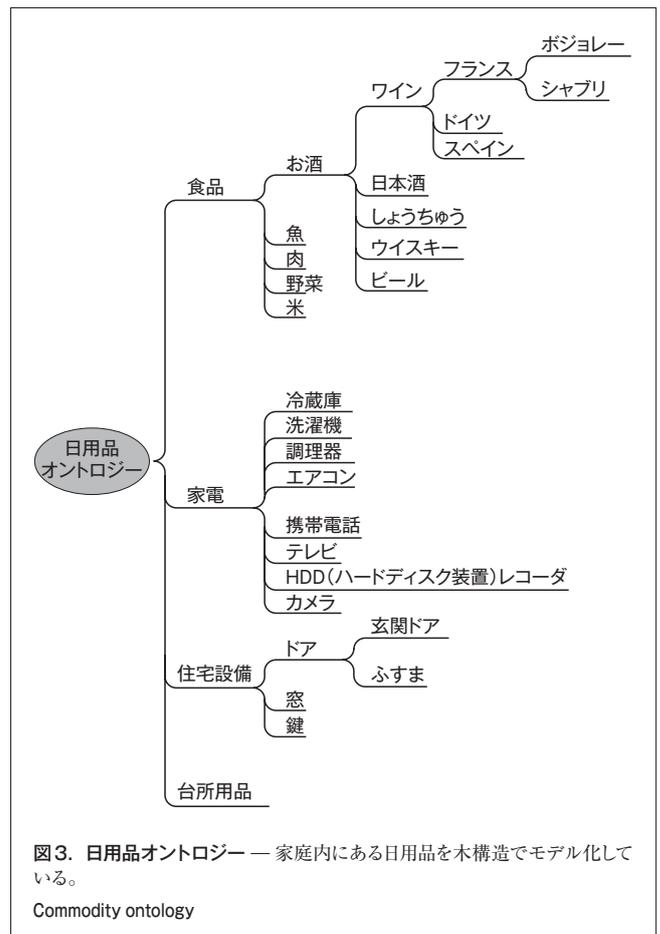
2.1 ApriAlpha™

ApriAlpha™は家庭内を動き回り、家電の制御や環境の把握を行うホームロボットである。ApriAlpha™はワイヤレスLANを備え、他のPCなどと接続できる。また、自然文解釈のためのモジュールを備え、ユーザーの要求を表す文章を受信し、解釈する。

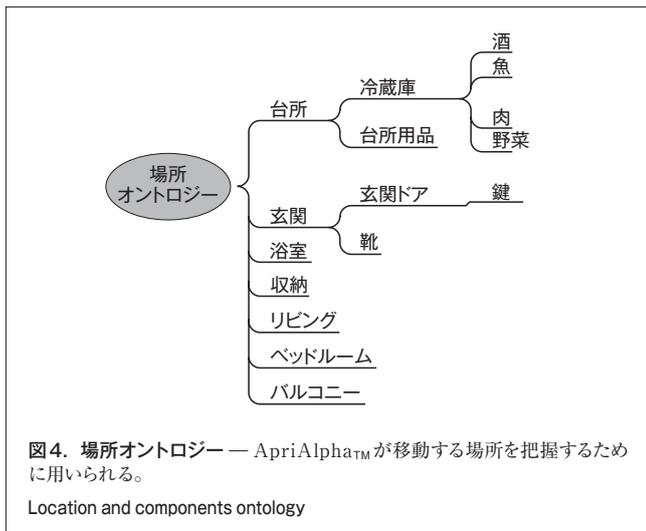
2.2 オントロジー

ホームロボットは、適切な情報及びサービスを提供するために、家庭内の機器、日用品、及び環境に関する知識を備える必要がある。当社は、それらの知識を表すために生活オントロジーを用いた。生活オントロジーは、以下に述べる三つのタイプから成る。これらオントロジーは、ロボットが家庭環境において動作するための常識として機能する。

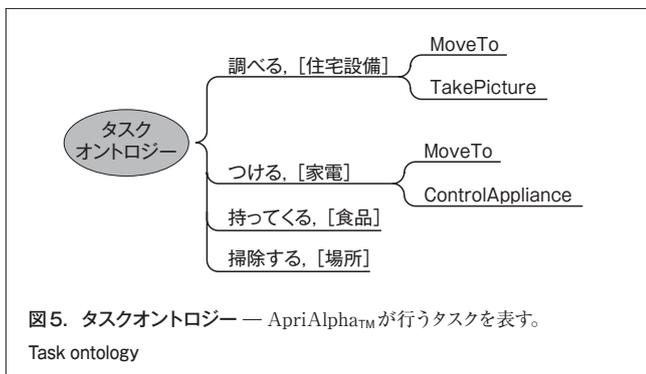
- (1) 日用品オントロジー — 日用品オントロジーは、家電や日用品の単語、及びそれら単語間の上位下位関係を表す。それらの単語は階層的にクラス分けされる。日用品オントロジーの木構造^(注1)の一部を図3に示す。
- (2) 場所オントロジー — 場所オントロジーは、日用品が家庭内のどこに置いてあるか、又はビールが冷蔵庫の中にある、スーツがクローゼットの中にあるなど何の中に収納されているかを表す。場所オントロジーは、場所に関する単語及びその物理的な位置情報を含む。場所オントロジーの一部を図4に示す。
- (3) タスクオントロジー — タスクオントロジーは、ユーザーの要求を解決するためのコマンド列を表す。タスクは、単



(注1) 木(根、枝、葉など)の構造をしたデータ構造。



語の索引及びコマンド列から構成される。単語の索引は、ユーザーのコメントを対応するタスクに対応付けるために用いられ、コマンド列はApriAlpha™をコントロールするために用いられる。タスクオントロジーによって、ApriAlpha™はコメント内のユーザーの要求を解釈することができ、解決するための動作を行うことができる。タスクオントロジーの一部を図5に示す。



2.3 リクエストパーサ (要求文解析器)

これらオントロジーを用いることによって、ApriAlpha™はユーザーのコメントに対応するタスクを実行することができる。ApriAlpha™は、コメントを解釈するためのリクエストパーサを備える。リクエストパーサは以下のように動作する。

- (1) コメントは、形態素解析器によって単語に分割される。
- (2) それらの単語は、タスクオントロジーを用いて解釈される。タスクオントロジー内の単語の索引は語句、もしくは日用品オントロジー内のノード (木構造中の根及び葉)、場所オントロジー内のノードのリストから構成される。分割された単語はこのリストと比較され、単語が語句やノードと一致した場合、対応するコマンド列がユーザーの要求

を解決する動作として選択される。リクエストパーサが単語とオントロジー内のノードをマッチさせる際には、そのノードの下位のすべてのノードがマッチ対象となる。例えば、“お酒まだある?”というタスクに対しては、お酒、ワイン、ポジョレーを確認する、というお酒を具体化した単語を含むコメントもマッチする。

- (3) タスクを実行するために特定の場所に移動する必要がある場合、リクエストパーサは場所オントロジーを参照し、対象の日用品がある場所、もしくは収納されている場所を検索する。
- (4) 選択されたコマンド列、及びそれに関連する日用品や場所に関する情報が、コマンド実行器に送信される。

2.4 コマンド実行器

コマンド実行器は、リクエストパーサから送られるコマンド列を実行する。それぞれのコマンドは、コマンド名及びパラメタから構成される。ApriAlpha™は以下のコマンドを実行することができる。

- (1) MoveTo 指定された場所に移動する。コマンド実行器は、ApriAlpha™を指定の位置に誘導するための経路情報を備える。
- (2) TakePicture カメラを用いて写真を撮影し、その画像を結果として返す。
- (3) ControlAppliance 家電を赤外線リモコンを用いて操作する。
- (4) Talk パラメタとして与えられる自然文を発声する。コマンド実行器はコマンドの動作結果を自然文の形で返し、その結果をブログシステムに送信する。

2.5 ブログシステム

ブログシステムは、ブログアルファのユーザーインターフェースとして用いられる。当社は、既存のブログシステムにApriAlpha™とのブリッジを追加した。ブリッジは、ユーザーからのコメントの入力を感知してその内容をApriAlpha™に送信し、ApriAlpha™は、コマンドの実行結果をエントリーとして投稿する。ユーザーが家庭内の状態を確認したい場合などは、エントリーにカメラから取得された写真も含まれる。

3 動作例

ブログアルファは、ブログインターフェースを介して遠隔地から家庭内環境の監視や制御を行うなど、ホームセキュリティサービスを実現できる。以下に、その典型的な動作例を示す。

- (1) 会社からブログアルファのブログにアクセスし、“鍵どうなってる?”というコメントを入力する。
- (2) リクエストパーサがコメントを受信し、日用品オントロジー及び場所オントロジーを用いて、“鍵”は“玄関”の“玄関ドア”に備わっているものであることを認識し、玄関

の位置を取得する。位置情報とタスクオントロジーを用いて、リクエストパーサは“玄関に移動”(MoveTo)及び“写真を撮る”(TakePicture)というコマンド列を生成する。

- (3) ApriAlpha_{TM}はこのコマンド列を実行し、玄関の施錠状態を示す写真を撮影する。その写真を含むエントリーが、ユーザーのコメントへの応答として投稿される。
- (4) ユーザーは鍵がかかっていることを確認したが、念のため家の中に誰かがいるように見せかけるためテレビのスイッチをつけようと考え、“テレビつけて”というコメントを書き込む。
- (5) ブログアルファは場所オントロジーを用いてテレビの場所を取得し、ApriAlpha_{TM}はその場所へ移動し、赤外線リモコンを用いてテレビをつける。

日用品オントロジー、場所オントロジー、及びタスクオントロジーを用いることで、ブログアルファは様々なユーザーの要求を理解し、システムがその要求を解決することができるかどうかを判断し、可能ならば解決するためのコマンド列を生成することができる。

ブログインタフェースを用いることで、ユーザー及びその家族は、ブラウザを用いて遠隔地から家庭内の環境を知ることができる。すべての要求及びその結果はコメント及びエントリーとして記録され、後でその内容を確認することも容易である。ただし、家族だけが閲覧できるように、アクセス制限を行う必要がある。

この例では、システムはユーザーからの要求によって動作を開始したが、ブログアルファではユーザーの要求なしにエントリーを投稿することも可能である。例えば、家電がなんらかの不調を感知した場合、その内容を赤外線リモコンなどでApriAlpha_{TM}に送信し、ApriAlpha_{TM}がその不調に関する情報をエントリーとして投稿することで家族に伝える、といった動作が考えられる。

4 あとがき

当社は、ホームロボットApriAlpha_{TM}を用いて既存の家電を統合する留守番ロボットシステム、ブログアルファを開発してきた。ブログアルファはブログインタフェースを備え、家族は遠隔地から自然文によりApriAlpha_{TM}に指示を与えることができ、家庭内の状態を知ることができる。ブログアルファは家庭内の日用品、それらの設置場所、ロボットが実行可能なタスクに関するオントロジーを備え、様々なユーザーの要求に対して、それを解決するコマンド列を生成、実行することができる。

今後の課題としては、リクエストパーサがユーザーのコメントを解釈する精度の測定と改善が挙げられる。スマートホームにおいてユーザーがどのような要求をシステムに与えるかを

表す自然文を収集し、これらの要求を、現状のシステムでどの程度解釈可能であるか、精度を向上するにはどのようなオントロジーが必要とされるかを考察する必要がある。

謝辞

この研究は、総務省ネットワークロボットプロジェクトの一部として行われた。ここに、ご支援いただいた関係各位に深く感謝の意を表します。

文献

- (1) Petriu, E., et al. Sensor-based information appliances. *IEEE Instrum. Meas. Mag.* **3**, 4, 2000, p.31 - 35.
- (2) Ceccaroni, L., et al. "Agent-oriented, multimedia, interactive services in home automation". The Second European Workshop on Multi-Agent Systems (EUMAS), Barcelona, Spain, 2004-12, ACIA. <<http://www.tmtfactory.com/articulos/MagicalMirror200412%20articulo.pdf>>, (accessed 2007-10-31).
- (3) Rocker, C., et al. "User Requirements for Intelligent Home Environments: A Scenario-Driven Approach and Empirical Cross-Cultural Study". The Smart Objects and Ambient Intelligence Conference, (SOC-EUSA), Bailly, G., et al. Grenoble, France, 2005-10, INPG, USA, ACM Press, 2005, p.111 - 116.
- (4) 長 健太, ほか. "ブログアルファ: 生活オントロジーを用いた留守番ロボット". 人工知能学会セマンティックWebとオントロジー研究会 (SIG-SWO), 人工知能学会研究会資料, SIG-SWO-A602-02. 東京, 2006-11, 人工知能学会. <<http://sigsw.org/papers/SIG-SWO-A602/SIG-SWO-A602-02.pdf>>, (参照 2007-10-31).
- (5) Yoshimi, T., et al. "Development of a concept model of a robotic information home appliance. ApriAlpha". Intelligent Robots and Systems, 2004 (IROS 2004). Inooka, H., et al. Sendai, Japan, 2004-09, IEEE/RSS. IEEE, 2004, p.205 - 211.



長 健太 CHO Kenta

研究開発センター 知識メディアラボラトリー 研究主務。コンテキストウェア技術、ソフトウェアエージェントの研究・開発に従事。情報処理学会、日本ソフトウェア科学会会員。Knowledge Media Lab.



川村 隆浩 KAWAMURA Takahiro, 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。セマンティックWeb、ソフトウェアエージェントの研究・開発に従事。人工知能学会、情報処理学会会員。Knowledge Media Lab.