解説

ユビキタス・ロボティクス

Ubiquitous Robotics

大場 光太郎* 大原 賢一* *産業技術総合研究所知能システム研究部門

Kohtaro Ohba* and Kenichi Ohara* *Intelligent System Research Institute, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

1. 序 論

情報通信分野では、半導体技術の発達により“いつでも・どこでも・誰とでも”ネットワークに繋がる技術「ユビキタス・コンピューティング技術」が浸透してきており、特に昨今の IC タグを含むユビキタス・デバイス発展から、センサを分散的に配置し、これらをネットワークを介して接合するセンサネットワークの実現が行われ、様々な活用が期待されている。

こうした環境に分散するセンサは、環境状態を取得するだけでなく、車輪型移動ロボットやヒューマノイドロボットをはじめとして、これまで研究・開発が行われてきているすべてのロボットにも利用可能な共通のインフラとなることが期待できる。加えて、環境にセンサだけでなく、アクチュエータまでもが分散的に配置されることで、単にロボットのインフラとしてだけでなく、環境自体もロボットに必要なすべての要素を有することになる。

そこで、筆者らは、こうした考えの下、ユビキタス・コンピューティング技術とロボット技術を融合した概念として、「ユビキタス・ロボティクス」[1]を提案している。本稿では、ユビキタス・ロボティクスの概念を示し、筆者らがこれまで取り組んできたプロジェクトの概説、および現在進行中のプロジェクトについて紹介を行う。

2. ユビキタス・ロボティクス

2.1 知識分散型ロボット制御手法

従来のロボットは、作業に必要な知識はすべて事前に用意されている必要がある。工場のようにロボットの作業に適した形で整備できる環境であれば、作業対象物はある程度特定できるため、これらの知識を事前に準備することでロボットは作業を行うことができる。しかし、人間の生活する環境は逐次変化し、扱う物体も不特定多数である。よって、工場と同じように知識を生成することは困難である。そ

こで、従来のようにロボットにすべての作業に必要な知識を持たせるわけではなく、物体、および環境など、ロボットの周囲に知識を分散的に配置する方法として“知識分散型ロボット制御手法”を提案している(図1)。

本手法の大きな特徴は、ユビキタス・コンピューティングにおける一つの代表的なデバイスである RFID タグに注目し、このタグを物体に貼り付けることで、知識の分散配置を実現している点にある。この点で、知識の分散のみにユビキタス・コンピューティング技術を導入している例といえる。

2.2 ユビキタス・ロボティクス

知識分散型ロボット制御手法に加えて、さらにロボットにユビキタス・コンピューティング技術を導入することを考える。前述した知識分散型ロボット制御手法は、RFID タグという一種のコンピュータを環境に分散配置している。この概念を単にコンピュータだけでなく、ロボットの全体までも分散することを考える。

一般に、ロボットを構成するハードウェア要素は、大きく以下に分けられる。

- コンピュータ
- アクチュエータ
- センサ

これらのロボットを構成するハードウェア要素を環境に分散的に配置する場合、環境自体がロボット要素をすべて備えることから、環境自身もまたロボットととらえることが

図1 知識分散型ロボット制御手法

原稿受付 2007 年 2 月 6 日

キーワード: Ubiquitous Computing, Sensor Network, Knowledge, Distributed Actuator

*〒 305-8568 つくば市梅園 1-1-1

*Tsukuba-shi, Ibaraki

できる．そこで、環境全体を含めてロボットを考えていくことを“ユビキタス・ロボティクス”と提唱している．筆者らの目指すユビキタス・ロボットのイメージを図2に示す．環境に分散されたロボット要素によって、機能一体型のロボットや、人間が物理的、情動的にサポートされている様子を示している．

これをロボティクスからの側面だけでなく、ユビキタス・コンピューティングの側面から見ると、コンピュータ自体を分散配置し、情報を取得できるようになるものがユビキタス・コンピューティング技術であり、さらにセンサを付加したものがセンサネットワークとしたときに、これらの概念にアクチュエータという要素をさらに付け加えたものがユビキタス・ロボティクスであるといえる．

ユビキタス・コンピューティングでは情報通信的な側面に注目しているが、ユビキタス・ロボティクスでは、こうした情報通信的な側面だけでなく、これらをまとめて“機能”としてとらえる．この機能とは、情動的、物理的な機能のようなものだけでなく、概念的なものまで含むものとしている．

筆者らは機能の一つの例として、図3に示すように物理的／情動的の側面と能動的／受動的の側面に分けて議論を行っている．例えば、前述の知識分散型ロボット制御で用いたRFIDタグは、情動的にはパッシブな機能を有するRFIDタグが、物理的にパッシブな物体に張り付くことで新たな価値を創出し、一つの機能を作り出すということができる．あくまで一つの例であるが、ロボット要素をデザインする上で、機能の表現方法は不可欠な議論であるだけでなく、この場合、単にロボティクスの側面からだけでなく、建築、心理学、美術など、広い分野からの知識を入れていくことも今後は必要であると考えている．

2.3 空間機能モジュール

ユビキタス・ロボティクスでは、ロボット要素を分散的

に配置する．こうした機能要素を分散し、個々の機能要素が協調して人間、ロボットに対して支援するためには、解決しなくてはならない課題がいくつか存在する．そのうちの一つとして、機能要素間の通信の問題が挙げられる．そこで筆者らは、この通信の方法として無線通信に注目し、将来的なユビキタス・ロボティクスの実現のために、省電力、小型であり安価なネットワークノードとして図4に示す空間機能モジュール（Ubiquitous Functions Activation Module: UFAM）を開発した．本モジュールでは、単に無線通信の機能だけでなく、CPUを搭載し、わずかではあるが、ロボット要素を制御するためのIOポートも装備している．仕様の詳細を表1に示す．

2.4 アクティブキャスト

ユビキタス・ロボティクスでは、アクチュエータも分散的に配置される．こうしたアクチュエータを分散的に配置するに当たり、その導入的な位置づけとして、現在のパッシブキャストに注目し、これらの動的な機能を容易に付加できるアクチュエーションモジュールとして、図5に示すアクティブキャストの開発を行っている．

図3 機能の分類

図2 ユビキタス・ロボットの概念図

図4 空間機能モジュール

表 1 空間機能モジュールの仕様

CPU	PIC16F627A
CLOCK	4MHz
通信周波数	303.2MHz
通信速度	9600bps
通信距離	約 10m
利用できる I/O ポート	I/O(4bit)
電源	3V(Button Type)
サイズ	40*30*1[mm]

図 5 アクティブキャスタ

図 6 uRT-Space

本キャスタはまだ試作段階にあり、電源の問題や分散的に配置されるアクチュエータの制御の問題など解決すべき課題があるが、このアクティブキャスタで得られる知識を利用して、より汎用的なユビキタス・ロボティクスにおけるアクチュエーションモジュールの実現を目指している。

2.5 実証実験スペース (uRT-Space)

これまで示してきた、ユビキタス・ロボティクスの概念を実証するための空間として、一般的な家庭環境をイメージした図 6 に示す uRT-Space を構築してきている。この空間では、空間機能モジュールを分散的に配置してあり、さらに RFID タグが床面に埋められ、移動ロボットの自己位置の検出に利用している。後述する科学技術振興調整費のプロジェクトにおける実証スペースの一つであり、現在は

ロボットを支援するセンサを配置してきている。

この空間にあるロボット要素は産総研で開発され、先日 Object Management Group (OMG) による標準化が認定された RT ミドルウェア [2] によるコンポーネントとして構築されており、ソフトウェアレベルでの共通化も行っている。

3. 環境と作業構造のユニバーサルデザイン

ユビキタス・ロボティクスの持つ一つの側面として、従来から研究・開発されている機能一体型のロボットに対するインフラになることが期待される。ロボットの実用をより一層に推し進めるためにも、インフラとしてのユビキタス・ロボティクスの実現は不可欠な要素である。

このような人間生活環境など、ロボットにとっての非整備環境、さらには異なる環境においても、ロボット作業を簡便に実現するためのインフラとしての共通プラットフォーム技術を考えると、現在のロボットのおかれている環境を、物理的にも知識的（位置姿勢計測などのセンサを含む）にも整備した、「環境構造のユニバーサルデザイン」を検討する必要がある。同時に、異なるロボットが異なる環境においても作業を容易に実現するためには、作業知識などを共有することを可能とするための「作業構造のユニバーサルデザイン」が必要不可欠である。この二つのロボット・インフラに求められる共通プラットフォーム技術（ユニバーサルデザイン）は、ロボットの活用範囲を広げ、新たなロボット応用産業の新産業創出が期待できる。

こうした中で筆者らは、科学技術振興調整費の下、“作業空間における物体操作のための環境情報構造化プロジェクト”として、特に「環境と作業構造のユニバーサルデザイン」というテーマで研究を進めている（図 7）。

本プロジェクトは、人間生活環境などロボットにとっての非整備環境での作業、さらには異機種・異環境間での作業を簡便に実現することを可能とする、ロボット・インフラ共通プラットフォーム技術を確立し、ロボットの利用範囲の可能性を広め、新産業創出することを目的とする。

現在は、この実現のために、以下の二つの確立を目指している。

- (1) ロボットの作業／移動のための環境構造の構築
- (2) ロボットの作業の構造化

ここで述べる環境構造とは、ロボットが作業および移動を行うために、ユビキタス・ロボットとして最低限有していなければならない機能の指標を示すことを目的としている。さらに作業の構造化とは、ロボットの作業を分類することを目指す。この分類に基づいて、RT ミドルウェアのコンポーネントを作成し、プロジェクト終了後にロボット研究者によって自由に利用できるようにしていく予定である。

現在は、筆者らの研究グループ内のロボットにおいてロ

図7 プロジェクト全体図

図8 書籍片付け作業

ボットの作業の構造化を行うための実証として、一般家庭環境を模擬した uRT-Space において、書籍の片付け作業 (図8), 食卓の後片付け作業 (図9) の二つの作業の、構成の異なる2台のロボットでの実現を目指している。

本プロジェクトでは、最終的に神奈川県 RT パークなどにおいて実証空間を構築し、産総研だけでなく、他の機関によって作られたロボットにおいても共通のインフラで作

図9 食卓の後片付け作業

業を行うことができることを検証する予定である。

4. ま と め

本稿では、筆者らの目指すユビキタス・ロボティクスの概要について触れ、そのコンセプトおよびキーデバイスについて紹介を行った。さらには、現在筆者らが中心で取り組む作業空間における物体操作のための環境情報構造化プロジェクトについてその概要を示した。

ユビキタス・ロボティクスは、ロボットの新しい一つの形であると考えている。しかし、ロボットの機能が分散することはこれらの機能を利用する上で、ユーザに対してのロボットの敷居を上げてしまう危険性もはらんでいる。そこで、実際に利用するサイドからの視点、つまり人間やロボットに向けたインタフェースの実現は一つの大きな鍵になると考えている。さらには、このインタフェースを利用するためにも、環境が持つ知識の形態についての議論を深めていく必要があると考え、こうした課題について、プロジェクトの中で解決していこうと考えている。

参 考 文 献

- [1] K. Ohba, K. Ohara, T. Tanikawa, S. Hirai and K. Tanie: "Ubiquitous Functions," Workshop on the IEEE/RSJ Int. Conf. on Robots and Systems, 2004.
- [2] N. Ando, T. Suehiro, K. Kitagaki, T. Kotoku and W.K. Yoon: "RT-Middleware: Distributed Component middleware for RT (Robot Technology)," Proc. 2005 IEEE/RSJ Int. Conf. Intelligent Robots and Systems, pp.3555-3560, 2005.

大場光太郎 (Kohtarō Ohba)

1964年2月22日生。1991年東北大学大学院博士課程修了。博士(工学)。2004年より独立行政法人産業技術総合研究所知能システム研究部門空間機能研究グループ長、現在に至る。最近、人間生活環境下で実際に使えるロボットを目指し、ユビキタス・ロボットの研究に従事。IEEE、日本機械学会会員。(日本ロボット学会正会員)

大原賢一 (Kenichi Ohara)

1978年7月22日生。2002年芝浦工業大学工学部電気工学科卒業。2004年同大学大学院修士課程修了。同年、筑波大学システム情報工学科に進学。2007年3月、同研究科単位取得退学。現在、産業技術総合研究所知能システム研究部門にて、研究活動に従事。空間知能化、センサネットワーク、ロボットビジョンに興味を持つ。IEEE、日本機械学会などの会員。(日本ロボット学会正会員)