



# RT ミドルウェアによる情報提示システムの構成 —空間知能化システムの統合への試み—

## Architecture of Information Display System based on RT-Middleware

-Aiming at the integration of Intelligent Space Systems-

学 都島 良久 (東大)   ○学 新妻 実保子 (東大)  
学 安藤 慶昭 (産総研)   正 橋本 秀紀 (東大)

Yoshihisa TOSHIMA, The Univ. of Tokyo, toshima@hlab.iis.u-tokyo.ac.jp

Mihoko NIITSUMA, The Univ. of Tokyo

Noriaki ANDO, AIST

Hideki HASHIMOTO, The Univ. of Tokyo

This paper presents information display system using active projector in Intelligent Space. Active projector provides interactive informative services for user. The system based on RT-Middleware is realized by combination of distributed sensors, applications and actuators. Therefore, by making independently each function into components and connecting these components, flexible and easy integration of the system was achieved.

In this paper, we are aiming proposed system at the integration of Intelligent Space.

**Key Words:** Intelligent Space, information display, RT-Middleware, Spatial Memory

### 1. はじめに

近年、人々の活動や生活をサポートするためのサービスを提供するため、空間に多数のセンサやロボットを埋め込み空間を賢くする研究が盛んに行われている[1]-[3]。著者らは、空間を賢くするプロセスを空間知能化と称しており、「様々なセンサを用いて空間内の人間を観測し、ネットワーク化されたコンピュータやロボットがその意図を推定し理解した上で情動的・物理的支援を行う」機能を空間に持たせることと定義し研究を進めている[4][5]。すなわち空間知能化は、空間が「観測する」、「理解する」、「働きかける」という3つの機能を実現するプロセスであると同時に、それらの機能を実現するセンサや計算機、RT (ロボットテクノロジー) を統合するプラットフォームであることが要求される。

空間知能化プラットフォームの実現のためには、機器をどのように接続するか、また機能をどのように接続するかという2点を考慮したシステム統合が必要である。前者は柔軟性と拡張性を備えたネットワーク化を前提とするシステム構成の問題であり、後者は有効な物理的・情動的支援を行う(サービスを提供する)ことを前提としたサービス機能の設計問題である。

知能化する空間の目的や支援対象となる人の活動が明確である場合にはそこで必要となる機器や支援内容はおのずと限定されることから、あらかじめ適切なシステム構成や機能設計を行うことが可能である。しかしながら、日常の生活空間や幅広い業務の行われるオフィス空間など支援対象や空間の役割が一意に決定されない場合、観測項目、使用機器項目、サービス項目ともに事前の設計のみで運用し続けることは困難である。また、システム構成やサービス機能の更新がある場合にはそれぞれの項目に変更が生じることから、空間知能化プラットフォームには絶えず構成項目の変更が容易であることが要求される。

これまで著者らは、空間知能化の提供された空間を知能化空間 (Intelligent Space) と称し、特定の用途に特化しない日常的な空間を対象にした空間知能化を進めてきた。

本稿では知能化空間で活動するユーザに対して有効な支援と考えられる視覚的情報支援を目的とした情報提示システムを紹介し、空間知能化システムとしての統合を検討する。

### 2. 知能化空間における情報提示システム

本システムは知能化空間内にペンティルト機構のアクティブプロジェクタを設置し、空間内で活動する人に対して有効な情報提示支援を働きかけることを目的としている。この提示手法は知能化空間におけるユーザの観測とアクティブプロジェクションを組み合わせることで、提示場所や提示内容に対して空間ユーザ (空間内で活動する人) の状態に合わせた提示機能や提示画像を利用したユーザインタフェース機能が実現可能となる。この2つの機能の実現例として図1に本システムを用いた訪問者案内の様子を示す。この訪問者案内は訪問者の入場を検出した際に訪問者案内パネルを提示し、このパネルにユーザが乗った場合、移動ロボットの呼び出しやユーザの手前に地図の表示を行うものである。

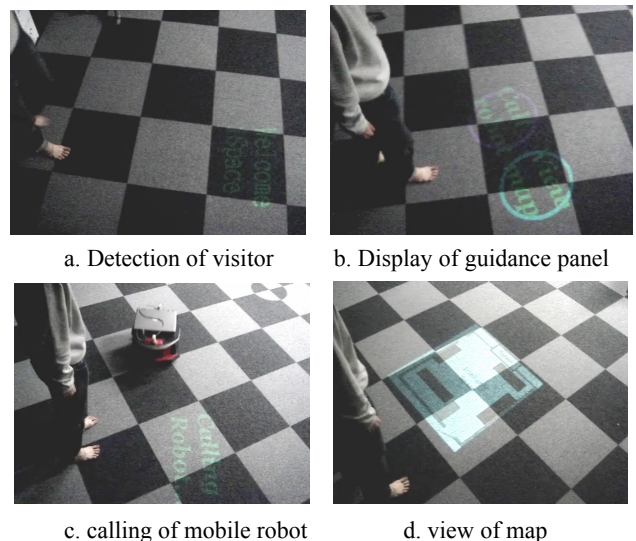


Fig. 1 Visitor guidance application

本システムは機器や機能の拡張性や容易なインテグレーションを考慮し、ネットワーク対応型ロボットシステムのための基盤技術として開発されているRTミドルウェア[6]を導入している。図2に本システムの構成を示す。本システムは空

間知能化の「観測」「理解」「働きかけ」の3つの機能を RT コンポーネント (RT ミドルウェアにより提供される分散ロボットシステム用共通モジュール) として実装し、これらを組み合わせることにより構成される[7]。このそれぞれの機能を有したコンポーネントをセンサコンポーネント、アプリケーションコンポーネント、アクチュエータコンポーネントと呼ぶ。具体的にはセンサコンポーネントはセンサデバイスに観測機能を加え実装されており、OutPort (RT コンポーネント間の共通出力ポート) よりアプリケーションコンポーネントに観測結果を送る。そしてアクチュエータコンポーネントはアプリケーションコンポーネントから送られるリクエストを InPort (RT コンポーネント間の共通入力ポート) より受け取り、これに合わせて動作するよう実装されている。表 1 に現在、実装されている RT コンポーネントを示す。

これより新たな機器を追加する場合やサービス内容に変更があった場合にも該当の RT コンポーネントのみを追加したり、切り替えたりすることでシステムを運用することができ、システム全体が煩雑化することを防ぎながら拡張性の高い柔軟なシステム構成を実現している。

情報提示システムと空間知能化プラットフォームとの共通点は、「観測」「理解」「働きかけ」の3つの機能を有する点であり、情報提示システムを通して実装されたセンサコンポーネントやアクチュエータコンポーネントは空間知能化プラットフォームにおいてもそのまま利用可能であり再利用性が高い。一方、「理解」に対応するアプリケーションコンポーネント層は、情報提示システムに特化したものであるため、さらなる考察が必要である。

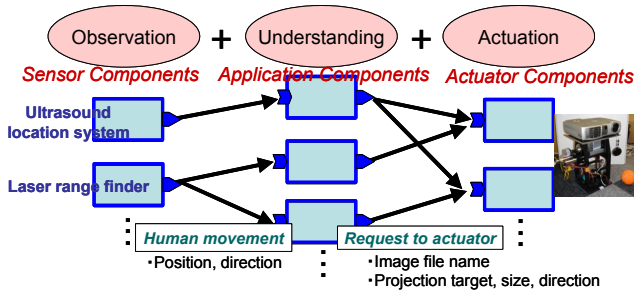


Fig. 2 System architecture based on RT components

### 3. 空間知能化によるサービスとその機能設計

空間知能化プラットフォームを設計するため、本章では空間知能化によってどのような機能が実現されるべきか、それをどのように統合すればよいかという機能設計について考える。具体的には、図 2 に示すアプリケーションコンポーネント層の設計として位置づけられる。アプリケーションコンポーネント層はその位置づけから分かるように、空間知能化における「理解する」機能に対応しており、観測結果に基づいて提供すべきサービスを決定する機能である。言い換えれば、観測結果として得られる人 (空間ユーザ) のリクエストやその活動状態とサービス項目との紐付けを行う機能である。

空間知能化の目的は、空間内の人やロボットの作業を支援することであり、空間知能化による機能やサービス (情動的・物理的支援) は人やロボットによって利用されるものである。本稿では特に人による知能化空間の利用を中心に考えることにする。人が知能化空間を利用する際、空間知能化プラットフォームは次の2点を同時に満足する必要がある。

Table 1 RT Components implemented in information display system

RTコンポーネント	機能	InPort	OutPort
センサコンポーネント			
超音波3次元ロケーションシステム	人の観測 (超音波発振タグの三次元位置取得)	なし	人の位置と向き
レーザ式測域センサ	人の観測 (足のスキャンデータに基づく位置, 姿勢計測)	なし	人の位置と向き
アプリケーションコンポーネント			
訪問者案内	投影画面をユーザインタフェースとしたインタラクティブな情報提示 (部屋の地図表示, 案内, ロボットの呼び出し機能を実装)	人の位置と向き	アクチュエータコンポーネント (アクティブプロジェクトと移動ロボット) へのリクエスト
アクチュエータコンポーネント			
アクティブプロジェクト	リクエスト (画像ファイル名, 投影位置, 画像サイズ, 画像の向き) に合わせた画像出力	画像ファイル名, 投影位置, 画像サイズ, 画像の向き	なし
移動ロボット	目標への移動	目標位置	なし

- 知能化空間の利用者が知能化空間に分散配置された各機器を円滑に利用することができる
- 知能化空間は空間内の人々の活動を観測することにより、その観測結果に基づく能動的な働きかけを行うことができる

この二つのサービスのあり方は空間知能化の「働きかける」という機能として以下のように説明できる。前者の機能は利用者の操作による知能化空間アクチュエータの利用となり、知能化空間から見れば受動的な働きかけの実現であり、後者の機能は空間への意味づけに基づく能動的な働きかけの実現といえる。

前者の空間知能化による受動的な働きかけは、アプリケーションコンポーネント層による観測結果とサービス項目との紐付けという観点から見ると単純な紐付けでよく、人と知能化空間とが共有できるコマンドとそのコマンドで操作可能な機器とを対応付けることで実現できる。一方、知能化空間による能動的な働きかけを行うためには、知能化空間が人の活動内容を識別し、その状況に合わせたサービスの設計が不可欠である。

サポートすべき人の活動内容があらかじめ特定可能な場合には、観測すべき人の行動もあらかじめ想定することができる。そのためこれらの研究では、作業中の手順や人が操作中の物、または人の位置を特定し、その結果に対応付けられたサービスの提供 (情報の提示) を行っている。一方サポートすべき人の活動が不定である場合、人の作業項目や場所や物とサービス内容とを一意に紐付けすることはサービスが提供されるコンテキストとサービスとの間の不一致を引き起こすことが考えられる。例えば、「本を読んでいる」と観測された作業項目であっても、それが仕事のための活動であるのか娯楽のための活動であるのかを区別しなければ適切なサービスを提供することはできない。このようなサービスとコンテキストとの不一致を解決するための方策として、「人がどのよう

な目的でその場所やモノを使用しているのか」という暗黙的な場所やモノの意味づけを動的に推定することが考えられる。活動内容だけでなく、場所やモノの意味づけを推定し、それに基づいてサービスを動的に設計することにより、不特定な人の活動内容に応じた柔軟なサービス設計が有効であると考えられる。

そこで上記 2 点を満足するための仕組みとして著者らが提案している空間メモリを適用する[8]。空間メモリとは、“Spatial-Knowledge-Tag (SKT)” と名づけた仮想的なタグを用いて、実空間内の 3 次元座標と情報（電子ファイルやコマンドなど）とを紐付け、直接身体を用いて直感的かつ瞬時的な情報の蓄積と取り出しを実現するシステムである。空間メモリを利用すると、従来の PC ではファイル名などの名前（記号）を付けて蓄積・管理していた情報を実世界の場所やモノに紐付けることができる。実世界に情報を蓄積することによって、利用者の空間認知能力に加え、環境情報が想起トリガとなり、直感的な情報へのアクセスが実現する。空間メモリの利用者はある活動を遂行するうえで必要な情報を自身の整理ポリシーに基づいて SKT を作成し、利用することとなる。図 3 に示すように、利用者によって主体的に作成された SKT はある環境におけるその利用者の活動履歴そのものであるといえる。空間メモリシステムを通して得られる人の活動履歴を環境と人とのインタラクションの結果であると位置づけ、場所やモノへの意味づけを推定することを試みている[9]。空間の意味づけは各クラスタに対応するエリアに対していくつかのパラメータによって記述されるものであるが、その数値そのものに名前（記号）を付加することは、エリアに対する意味づけを設計者が一意に与えることに他ならず、サービスとコンテキストとの不一致へつながる。したがって、知能化空間が獲得すべき内容はエリアの名前ではなく空間全体における各エリアの特徴量であるといえる。そして、知能化空間が有すべき「理解」機能は、エリアの名前とサービスとの紐付けではなく特徴量に基づくサービスの選択となる。逐次的に特徴量の推定を行うことにより、活動内容だけでなく同一エリアにおける異なる作業があった場合にもその場に適したサービスを提供することが可能になると考えられる。

に空間知能化によって提供されるべきサービスについて考察を行った。

## 文 献

- [1] B.Brummitt, B.Meyers, J.Krumm, A.Kern and S.Shafer, “EasyLiving: Technologies for Intelligent Environments”, Proc. of the Int. Conf. onHandheld and Ubiquitous Computing, pp. 12–27, 2000.
- [2] B.Johanson, A.Fox and T.Winograd, “The Interactive Workspaces Project: Experiences with Ubiquitous Computing Rooms”, IEEE Pervasive Computing Magazine, Vol. 1, No. 2, April–June, 2002.
- [3] Y.Nakauchi, T.Fukuda, K.Noguchi, T.Matsubara, “Intelligent Kitchen: Cooking Support by LCD and Mobile Robot with IC-Labeled Objects”, Proc. of the 2005 IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robotics and Systems, pp.2464–2469, 2005.
- [4] J. H. Lee, H. Hashimoto, “Intelligent Space ? concept and contents”, Advanced Robotics, Vol. 16, No. 3, pp. 265-280, 2002.4.
- [5] 橋本秀紀, 渡邊朗子, “空間知能化のデザイン構築・ロボティクス-IT の融合”, NTT 出版, 2004.
- [6] N. Ando, T. Suehiro, K. Kitagaki, T. Kotoku, W. K. Yoon, “RT-Middleware: Distributed Component Middleware for RT (Robot Technology)”, 2005 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2005), pp.3555-3560, 2005.08.
- [7] Y. Toshima, N. Ando, H. Hashimoto, “Information Display System using Active Projector in Intelligent Space -Integration of distributed devices based on RT-Middleware”, Proc. of Int. Symp. on Artificial Life and Robotics, pp. 183-186, 2007.
- [8] 新妻 実保子, 橋本 洋志, 橋本 秀紀, “空間メモリ: 知識活用を支援する空間知能化”, 計測自動制御学会論文誌, 第 42 巻 4 号, pp.367-375, 2006.04.
- [9] 新妻 実保子, 橋本 秀紀, “空間メモリの使用履歴に基づく人間活動分類の一考察”, 第 7 回 SICE システムインテグレーション部門講演会 (SI2006) 講演論文集, pp. 47-48, 2006.

SKT (Spatial-Knowledge-Tag)

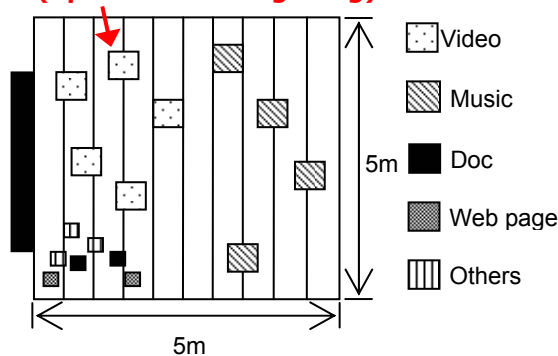


Fig.3 An arrangement of the spatial memory

## 4. おわりに

本稿では知能化空間における視覚的情報支援を目的とした情報提示システムを紹介した。RT ミドルウェアを用いた分散デバイスの統合によって構成された本システムは機器及び機能における拡張性を持ったシステムとなっている。そこで空間知能化プラットフォームとしての統合を実現するため、特