

# 実環境を利用した図書館司書ロボットの研究開発

三河正彦<sup>†</sup> 田中和世<sup>†</sup>

我々は睡眠覚醒機能を有する図書館司書ロボットの研究開発を行っている。睡眠や覚醒等の意識状態を表現する数理 Activation-Input-Modulation(AIM) モデルは、複数の外界センサのために並列に動作するの知覚情報処理系を動的に制御できることを特徴とする。一方、システム開発者による事前調査だけでは、不特定多数の図書館利用者を対象とした図書館サービスの実装には限界がある。そこで本報告では、図書館司書ロボットシステムを実際の図書館に設置することにより収集できる利用者との会話記録や外界センサから得られる環境情報等に基づき、(1) 図書館司書としてのサービス充実と (2) 自律ロボットとしての機能充実を目的としたシステムの開発手法を紹介する。

## Librarian Robot in Real Library

MASAHIKO MIKAWA <sup>†</sup> and KAZUYO TANAKA<sup>†</sup>

We are developing a librarian robot that has sleep and wake functions. Lots of processes run in parallel in this system are controlled by our proposed mathematical Activation-Input-Modulation (AIM) model, that can express consciousness states, such as wake or sleep based on stimuli detected by the external sensors. On the other hand, it is difficult for system developers to implement several kinds of library services for several library users. We are able to get useful information for developing system by installing the librarian robot into a real library. The purposes of this report are to improve library services as a librarian robot and to improve functions as an autonomous robot.

### 1. はじめに

我々は図書館司書ロボットの研究開発を行っている。本ロボットは、外界センサとしてカメラ、レーザレンジファインダ (LRF)、マイクロフォンを備え、図書館利用者と自然言語で会話することができ、学内図書館データベースから蔵書検索、検索結果の提示が可能である。しかしこれらの機能は、多くの受付ロボット<sup>1)</sup>も有する。我々が提案する図書館司書ロボットの特徴は、睡眠/覚醒等の意識状態を表現する数理モデルを有することである。本数理モデルの働きにより、外界センサが変化等の刺激情報を検出した時にはシステムは覚醒状態となり、センサ情報を実時間処理する。センサが刺激情報を検出しない時にはシステムは睡眠状態となり、センサ情報処理の一部の処理頻度を低下させるといった知覚情報処理系の動作制御が可能となる。さらに、覚醒時に環境情報を記憶する機能と睡眠時に記憶した情報を整理する機能も有する。これらの機能は、我々が提案した数理 AIM(Activation-Input-Modulation) モデル<sup>2)</sup>により実現される。

現在、図書館司書ロボットシステムを実際の大学図書館に設置している。図書館利用者に対する挨拶や自己紹介、蔵書検索等に必要な会話機能、それにセンサ情報処理機能等の基本的な機能は実装した上で設置したが、不特定多数の利用者を対象とした図書館サービスという面ではまだまだ課題が多い。利用者が要求する会話内容、どのような単語で会話が行われるのか、蔵書検索に必要なキーワード、音声認識失敗時の要因分析等、システム開発者だけで事前に多くの機能を実装するには限界がある。そこで本報告では、蓄積されたセンサ情報等に基づき、(1) 図書館司書としてのサービス充実と (2) 自律ロボットとしての機能充実を目的としたシステムの開発手法を紹介する。

### 2. 図書館司書ロボット

#### 2.1 ハードウェア構成

図 1 に図書館司書ロボットのハードウェア構成を示す。7 自由度マニピュレータ (PA10-7C, 三菱重工業 (株)) をロボットのボディとして使用し、外界センサとしてレーザレンジファインダ (LRF)、ステレオビジョン、マイクロフォンを備える。図書館利用者の位置等を追跡するために、LRF(UTM-30LX, 北陽電

<sup>†</sup> 筑波大学 University of Tsukuba

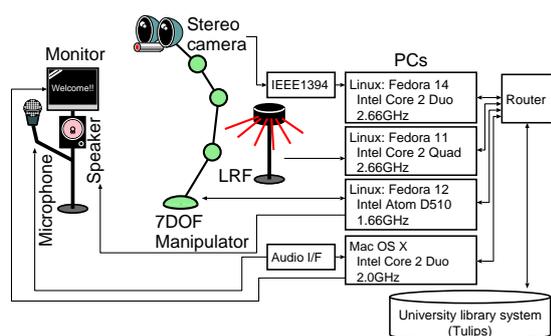


図 1 図書館司書ロボットシステムのハードウェア構成  
Fig. 1 Hardware configuration of librarian robot system

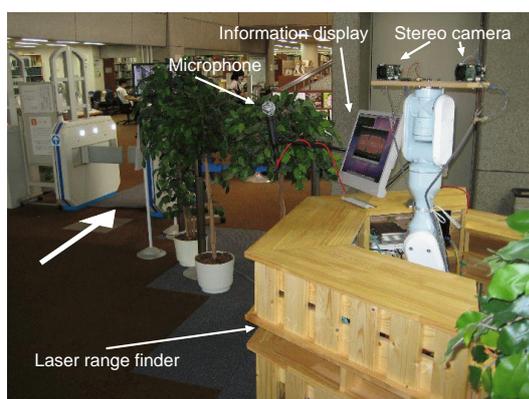


図 2 実際の図書館に設置された図書館司書ロボット  
Fig. 2 Librarian robot in real library

機 (株), 計測範囲 100-30,000[mm]) をロボットの正面, 高さ約 576[mm] に設置した。ステレオビジョン (FCB-EX470L, ソニー (株)) はマニピュレータ手先に取り付け, アナログ映像信号はメディアコンバータ (ADVC-200TV, カノープス (株)) を介して, デジタルビデオ信号として IEEE1394 ポートからコンピュータに取り込まれる。利用者との会話に使用するマイクロフォン (SM58, Shure Inc.) からアナログ音声信号が USB オーディオインタフェース (UA-25EX, ローランド (株)) を介して, コンピュータに取り込まれる。図書館出入口付近に設置したシステムを図 2 に示す。

## 2.2 図書館司書ロボットとしての機能

LRF により接近する図書館利用者を発見すると, 図書館司書ロボットは適切なタイミングで挨拶をする。また利用者とは自然言語で会話することができ, インターネットを介した蔵書検索, 書誌情報の提示する機能を有する。利用者が離れる際には別れの挨拶も行う。

### 2.2.1 受付: LRF による図書館利用者の追跡

ロボットは図書館の受付として, 会話する以前に, 利用者に話しかけやすい雰囲気を作ることが重要である。LRF の距離情報に基づき複数の人間を追跡することができ, ロボットから 2[m] の地点で利用者への

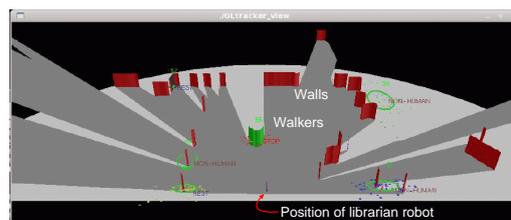


図 3 LRF による人間の追跡  
Fig. 3 People tracking using LRF

挨拶をする。また人間に視線をあわせる制御 (ステレオビジョンの向きを制御) も行っている。

### 2.2.2 対応: 自然言語による会話

音声認識には汎用大語彙連続音声認識エンジン Julius (Ver.4.1.5)<sup>3)</sup> を, 合成音声にはテキスト音声合成ミドルウェア AquesTalk2 (Linux 版)<sup>4)</sup> を使用し, 日本語による会話が可能である。

利用者がロボットの正面に立った時, ロボットは「おはようございます (こんにちは/こんばんは)。図書館情報学図書館へようこそ。」と言った後, 利用者が話すのを待ったり, 会話を促したりすることもできる。また会話の話題として, 次項に述べる蔵書検索に加えて, 自己紹介, 現在の天気や天気予報, 教員に関する情報提供等が可能である。また会話後, ロボットから離れる利用者に対して, 「さようなら」と挨拶をする。

### 2.2.3 蔵書検索: ネット検索と情報提示

図書館利用者から蔵書検索を依頼されると, ロボットは検索のキーワードを尋ね, インターネットを介して, 筑波大学電子図書館 (Tulips)<sup>5)</sup> を利用した蔵書検索を行う。検索結果は情報提示用ディスプレイに表示される。図 4 にそのグラフィックユーザインタフェース (GUI) の一例を示す。初期状態を図 4(a) に, 蔵書の検索結果表示を図 4(b) に示す。他に会話に応じて天気情報の表示等も可能である。

### 2.2.4 数理 AIM モデル

人間の意識状態を次の三要素により表現する AIM モデル<sup>6)</sup> を図 5 に示す。Activation は処理能力を, Input は情報処理のソースを, Modulation は外界情報と記憶情報のバランスを制御する。例えば覚醒時には外界情報を主に処理し, レム睡眠時には夢を見る (記憶を整理する)。我々は本モデルに基づき, 知覚情報処理系の制御に適した数理 AIM モデルを提案している<sup>2)</sup>。三種類の外界センサを備える図書館司書ロボットのための知覚情報処理系の制御に本モデルを使用している。知覚情報の変化等を刺激として検出することにより, 要素  $A$  は各情報処理の実行頻度を, 要素  $I$  は刺激検出の為の感度パラメータを, 要素  $M$  はデータサンプリング頻度を決定する。例えば外界センサが

## 実環境を利用した図書館司書ロボットの研究開発

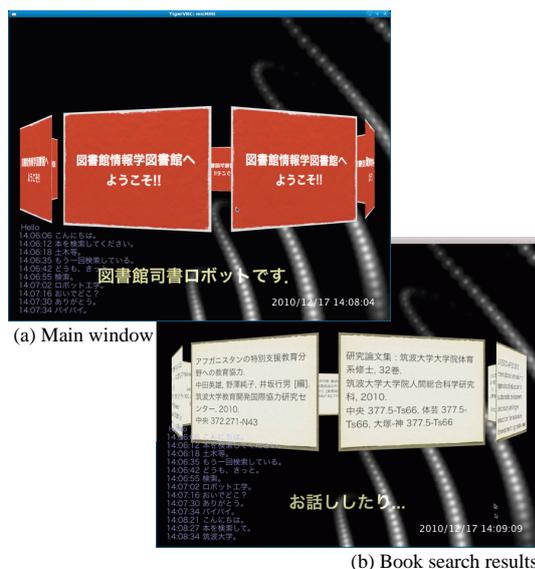


図 4 情報提示ディスプレイの GUI  
Fig. 4 GUI for information display

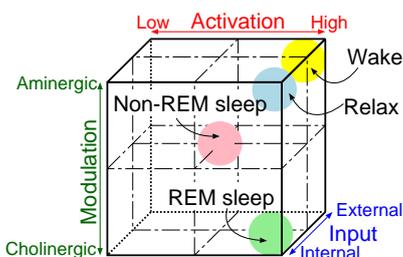


図 5 AIM 状態空間モデル  
Fig. 5 AIM state-space model

検出する刺激が多い場合、システムは覚醒状態となり、外界情報処理の頻度が高くなる。刺激が無い場合、睡眠状態となり、外界情報処理頻度は低下するとともに記憶情報処理が働き出す。数理 AIM モデルの働きにより、限られた計算機資源の有効利用が可能となる。

### 2.3 ソフトウェア構成

#### 2.3.1 IPC による並列処理

図 6 に示すように、本システムでは機能やセンサごとに独立した複数のプロセスが並列に動作する各プロセス間の情報通信は、Inter Process Communication(IPC) ライブラリ<sup>7)</sup>を介して実時間で行われる。

### 3. 実際環境下での利用と改良

これまで研究室内で、基本機能の実装やレーザポインタを用いた蔵書場所の提示手法の検討<sup>8)</sup>を行ってきた。システムを設置する実環境を事前調査し、さらに研究室内で改良を加える方法もあるが、2章で述べた基本機能を実装後、システムを実環境に設置した。

#### 3.1 実験環境

2010 年 9 月から、筑波大学 春日地区 図書館情報

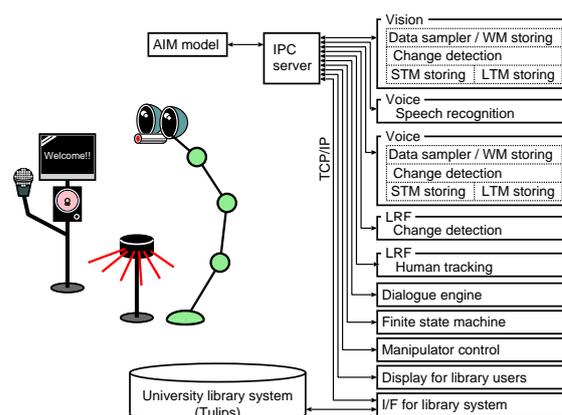


図 6 ソフトウェア構成  
Fig. 6 Software configuration of librarian robot

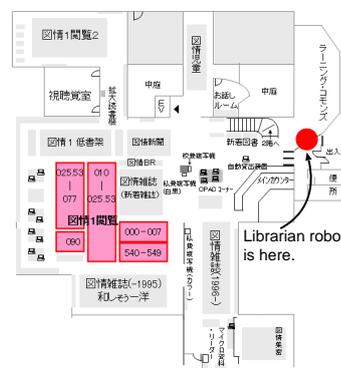


図 7 ロボット設置位置  
Fig. 7 Experimental environment

学図書館にロボットを設置した。図 2, 7 に示すように、利用者の通行の多い出入口近辺である。

#### 3.2 実環境下で実験を行う目的

実用的な知能ロボットを開発するには、使用する実環境に応じた調整が重要である。そこで我々は、センサで収集できる環境情報と図書館利用者の行動やロボットとのやり取りの記録などを利用することにより、(1) 図書館司書としてのサービス拡充と、(2) 自律ロボットとしての機能充実を進めている。本報告では、(1) として対話シナリオの拡充を目指し、利用者とロボットの会話記録の分析を行った。(2) として将来複雑な画像処理を行う際に活用できる人間等の移動物体の写っていない様々な背景画像を環境情報として収集する機能を実現した。

#### 3.3 システム設置直後

9月にロボットを設置した際、ロボットシステムの利用の仕方や実験の目的等を説明する掲示物は設置しなかった。利用の仕方等の設置により、画一的な利用を避けたいという理由と、説明書きの無いロボットに対する図書館利用者の反応や、どのような話題をどのような単語で話しかけられるのかを分析し、それをシ

