

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月31日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21500185

研究課題名（和文） 睡眠機能を有する図書館司書ロボットの研究開発

研究課題名（英文） Librarian robot with sleep-wake function

研究代表者

三河 正彦 (MIKAWA MASAHIKO)

筑波大学・図書館情報メディア系・准教授

研究者番号：40361357

研究成果の概要（和文）：

本研究では、実際の図書館に設置され、図書館利用者と自然言語で会話し、館内の案内や蔵書検索等の情報提供が可能な図書館司書ロボットを構築した。様々な外界センサを備える本ロボットの知覚情報処理系は、本システムの独創的な特徴である睡眠/覚醒等の意識状態を表現できる意識モデルである数理 AIM モデルにより制御され、図書館利用者がロボットの周りに居ない時には、外見上は居眠りをしているように見え、内部では覚醒時に蓄積したセンサ情報等の解析を行うユニークなロボットである。

研究成果の概要（英文）：

This research has developed a librarian robot with sleep and wake functions. This robot is equipped with a laser range finder for predicting library users' behaviors, a microphone for conversation with them and a stereo vision. Lots of processes for these several sensors run in parallel in this system and are controlled by our proposed mathematical Activation-Input-Modulation (AIM) model, that can express consciousness states, such as wake or sleep based on detected by the external sensors. When library users are near the librarian robot, it works as a librarian in a waking state. When there is no user, although the robot in a sleep state looks like sleeping, it processes information stored during the wake state.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

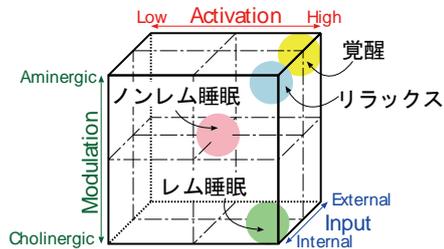
研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学，知能情報処理・知能ロボティクス

キーワード：知能ロボット，ユーザインタフェース，画像/文章/音声等認識，知能情報処理，意識モデル

1. 研究開始当初の背景

「ロボットは情報・実世界と人間を結合する媒体として社会のキーテクノロジーになる」と言われ、ロボットは人間社会に益々浸透しつつある。作業環境をロボットに合わせて整えやすい工場等では実用化が進んでいるが、日常生活環境下ではまだまだ課題が多い。これまで我々は、人間の覚醒や睡眠等の意識状態を表現できる数理 AIM モデル(図 1)を提案し、聴覚/視覚センサ等からの知覚情報を並列処理する知覚情報処理システムに適用してきた。AIM モデルの状態に基づき、知覚情報処理の実行頻度や知覚情報の変化(刺激)検出の感度が決定され、処理系の動作が動的に変化する(図 2)。例えば刺激が多い時は覚醒状態に遷移し外界センサ情報が優先して処理され、刺激が無い状態がある程度続くと、処理を休止させるノンレム睡眠や、人間が夢を見るように内部記憶の整理処理が実行されるレム睡眠に遷移する。また刺激検出時に知覚情報を蓄積する顕在記憶、刺激が無い時に蓄積する潜在記憶を備える。これらにより、人間の動き等の瞬間的な変化や、長時間蓄積したデータの解析により雲や日没時の空の緩やかな変化が検出できる。つまり不要な時には居眠りする知的な知覚情報処理系が実現される。



一方、我々の所属部局「図書館情報メディア研究科」では、人類の知を集積、提供する機能を持つ社会的システムである図書館を中心として多様な研究が行われている。そこで本研究では、実用領域である工場内環境と、

様々な要求があるため課題の多い日常生活環境との中間として、要求タスクがある程度明確な実際の大学付属図書館環境下で、人間との円滑なコミュニケーション能力を持つ実用的なロボットの構築を行う。

2. 研究の目的

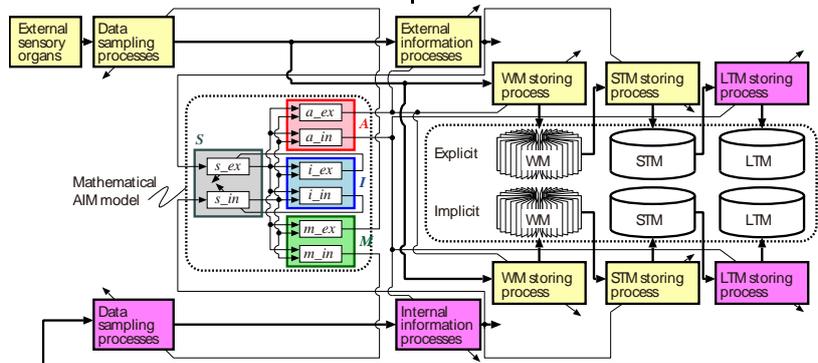
本研究の目的は、図書館利用者に対し直感的に分かりやすく情報提供する図書館司書ロボットを構築することである。具体的には、人間が多数往来する実際の大学付属図書館に、複数の知覚センサを備えるロボットを設置し、次に示す3つの目的を実現する手法の検討を行う。

- (1) 図書館利用者の検出とその行動推定機能: 利用者には司書ロボットに関心を示しサービスを利用しようとする者と、関心無く通過する者がある。ロボットはその行動を推定し、司書サービスが不要な利用者には声掛け等はせず、関心を示す利用者に対して適切に声を掛ける必要がある。
- (2) 自然言語による対話、情報検索、情報提供機能: 利用者の要望の理解や絞り込み、確認が必要となる。また音声やモニタ表示による情報提供のみでは、利用者にとって理解しづらい場合があるため、直感的に理解しやすい情報提供方法が必要となる。
- (3) 環境変化に頑健な知覚情報処理系の実現: 上記機能の実現には、センサ情報を如何にうまく処理できるかが重要となる。ところが実際の図書館では、雑音や日照変化等の外乱が多く存在する。

3. 研究の方法

本研究の目的を実現する具体的方法として、次の3項目について研究開発を進める。

- (1) レーザレンジファインダ (以降 LRF) を用いて図書館利用者の位置推定、カメラにより利用者の様子を観察しつつ、ロボットに対する利用者の位置や速度、角度に基づき行動推定できる機能を実現する。
- (2) 音声認識システムを利用し、多様な会話



を行うための対話シナリオエンジンを作成する。図書情報等はネット経由で検索し、その結果は合成音声やモニタ表示に加え、人間同士の対話のように視線や指差し等のロボットの身体の動きを駆使し、直感的に理解しやすい情報提供を実現する。

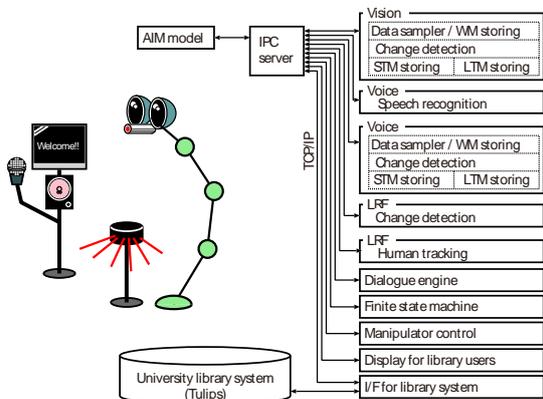
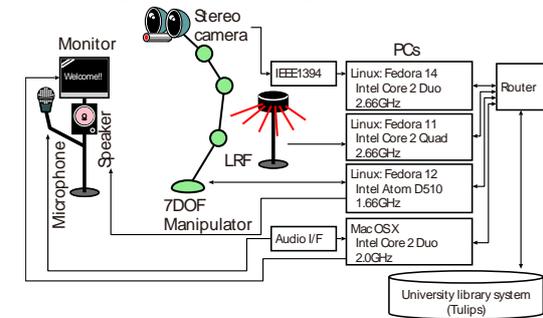
- (3) 司書ロボットに要求される機能にあわせて、知覚情報処理系、知覚情報記憶機能に加え、本システムの独創的な特徴である睡眠や覚醒等の意識状態を表現できる意識モデルである数理 AIM モデルを実装し、ロボット意識状態表現と知覚情報処理、記憶機能の動作制御を実現する。

4. 研究成果

平成 21 年度は、図書館司書ロボットとしての基本機能の実装を行った。図 3, 4 にハードウェア、ソフトウェア構成を示す。

図 4 に示すように、多数のプロセスが並列に実行されるが、その動作は数理 AIM モデルにより制御され、外界センサからの刺激に応じて、システム全体として睡眠/覚醒等の状態遷移が実現される。また数理 AIM モデルと潜在/顕在記憶の働きにより蓄積された瞬間的な動きのある画像 (a) と穏やかな変化のある画像 (b) の一例を図 5 に示す。

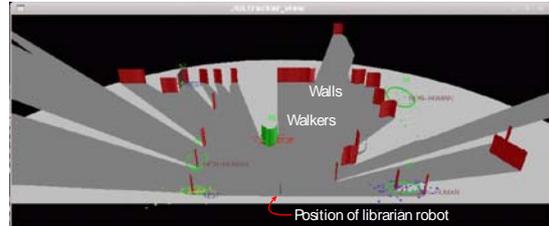
図 6 に示すように、LRF から得られる距離情報に基づき、歩行者の発見/追跡を実現するとともに、歩行者の位置や移動方向、移動速度に基づき、ロボットの設置場所に対する「停止の可能性の程度」を行動予測し、「停止」と予測した歩行者に対して適切なタイミングで挨拶する機能を実現した。



(a) Dynamic changes stored in explicit LTM



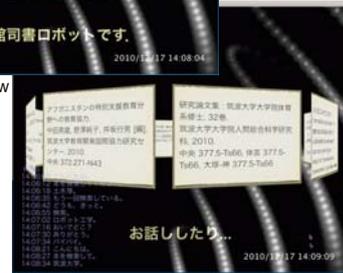
(b) Gradual changes stored in implicit LTM



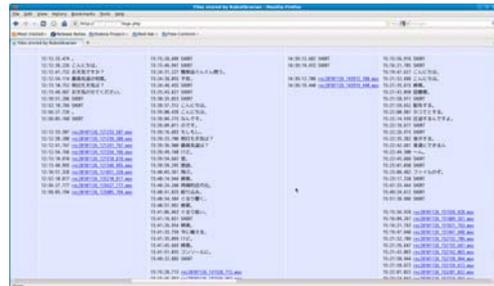
音声認識エンジン Julius を利用することにより、ロボットの自己紹介や学内案内、天気の話等といった簡単な会話を行うための対話エンジンを作成するとともに、附属図書館の電子図書館システム Tulips と連携し、自然言語による蔵書検索を実現した。図 7 にシステムの初期画面と蔵書検索結果表示画面の例を示す。また利用者との会話内容として、音声データと音声認識結果を保存し、その内容をシステム開発者が容易に確認できる対話データ記録機能を実装した。



(a) Main window



(b) Book search results

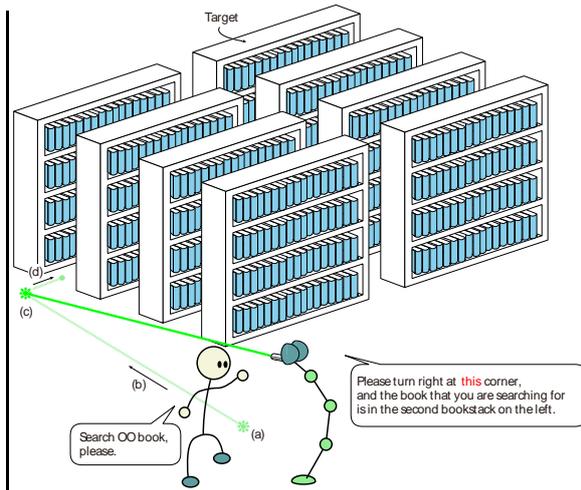


平成 22 年度，研究代表者である三河は筑波大学附属図書館研究開発室にも所属し，平成 22 年 9 月から筑波大学図書館情報学図書館に図書館司書ロボットを設置した．図 9 に示すように，通行の多い出入口付近である．

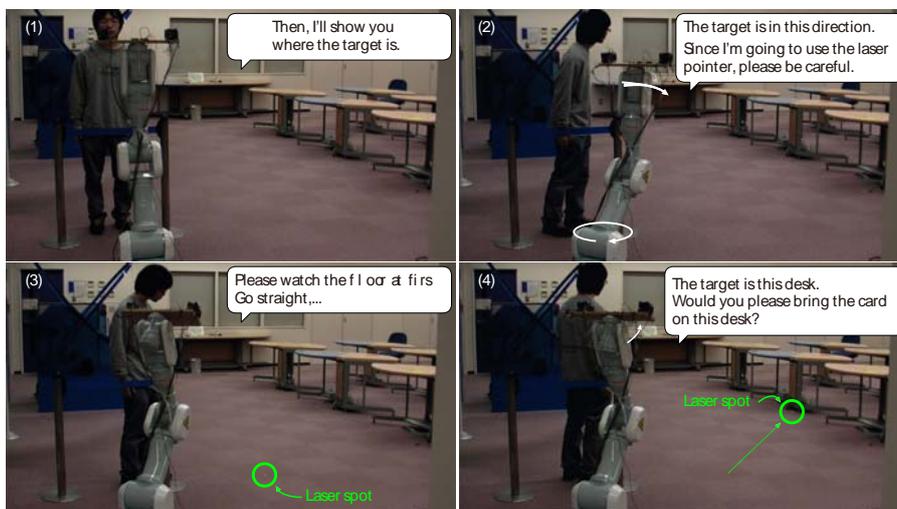


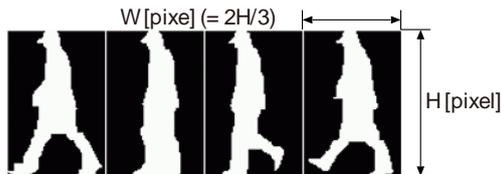
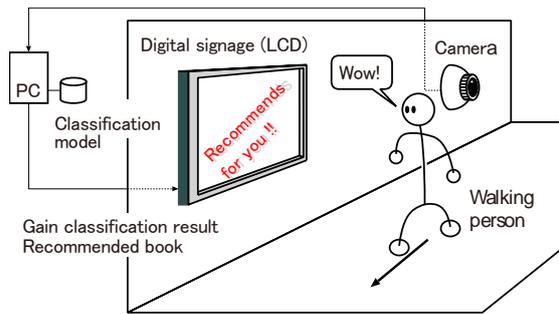
システム設置後，その環境に合わせて LRF による利用者行動推定機能，ロボットの挨拶機能を修正した．また前年度に作成した図書館利用者との対話データ記録機能を活用し，現状の対話シナリオに無い利用者の話題の抽出と，より精度の高い蔵書検索技術の確立を目指し，実際の利用者とロボットの会話内容を多数蓄積した．

一方，基礎研究として，図書館利用者への蔵書の在処を直感的に分かりやすく提示する方法として，図書館司書ロボットに搭載されたレーザポインタとロボット本体のジェスチャを利用した経路提示手法の検討を行った．従来は利用者へ地図を表示したり，口頭で案内したりして，図書館に不案内な利用者にとっては分かりにくいものであった．そこで図 10 に示すように，レーザポインタとジェスチャを活用することにより，「この角」や「あの棚」といった代名詞を用いた音声案内が可能となり，利用者にとって直感的に分かりやすい案内方法が実現される．また図 11 に示すように，複数の被験者による評価実験により，本手法の有効性が示された．



平成 23 年度は，継続してシステムの改良を進めると共に，図書館司書ロボットシステムの新しい機能拡充を目指して，歩行者の歩容映像に基づき，その性別や年齢層を識別し，それぞれに適した図書を推薦するシステムの研究開発を行った．図 12 に図書推薦システムの概要を示す．本手法では，図書館利用者のプライバシーを重視し，図 13 に示すシルエット映像を用いた．識別器としてサポートベクターマシンを使用し，画像特徴としてシルエット特徴量と周波数特徴量とを比較・検討することにより，「男/女」2クラスで 72.4[%]，「男/女」および「若者/それ以外」の 4 クラスで 35.7[%]の識別率を実現した．図 14 に示す図書推薦システムを試作し，複数の被験者による評価実験を行ったところ，ランダムに図書を提示する方法と比較して，13.1 ポイント高い割合で被験者に対して興味のある図書を表示することが可能となった．





5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① 橋本泰治, 三河正彦, 田中和世, “境界音場制御の原理を用いた全方位音響マルチビームフォーミングシステムの開発”, 日本音響学会誌, 68 巻 3 号, pp.113–120, March 2012, 査読有,
<http://jglobal.jst.go.jp/public/20090422/201202249613600456>
- ② 橋本泰治, 田中和世, “境界音場制御の原理に基づく 2 次元スピーカアレーと楕円形制御点配置を用いた指向性制御の数値的検討”, 日本音響学会誌, 66 巻 12 号, pp. 589–597, 2010, 査読有,
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110007989161>
- ③ Takeshi Tsujimura, Tatsuro Yano, Masahiko Mikawa, “Active Laser Radar System Deducing the Position and Orientation of Vehicles,” Journal of Cybernetics and Systems, Vol. 2, No. 2, 2009, 査読有.

[学会発表] (計 22 件)

<査読付国際会議>

- ① Masahiko Mikawa, Soichi Izumi, Kazuyo Tanaka, “Book Recommendation Signage System Using Silhouette-based Gait Classification,” The Tenth International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA2011), pp. 416–419, 18–21 Dec., 2011, 査読有.
- ② Masahiko Mikawa, Yoshihisa Ouchi, Kazuyo Tanaka, “Virtual Camera View Composing Method Using Monocular Camera for Mobile Robot Teleoperation,” SICE Annual Conference 2011, pp.2152–2157, 13–18 Sept., 2011, 査読有.
- ③ Yasuharu Hashimoto, Masahiko Mikawa, Kazuyo Tanaka, “Development of Prototype Sound Direction Control System Using a Two-Dimensional Loudspeaker Array,” 19th European Signal Processing Conference, pp.264–268, 30 Aug., 2011, 査読有.
- ④ Masahiko Mikawa, Yuya Morimoto, Kazuyo Tanaka, “Guidance Method Using Laser Pointer and Gestures for Librarian Robot,” The 19th IEEE International Symposium in Robot and Human Interactive Communication (Ro-Man 2010), pp.400–405 Viareggio, Italy, 13–15 Sept., 2010, 査読有.
- ⑤ Yasuharu Hashimoto, Masahiko Mikawa, Kazuyo Tanaka, “Sound propagation direction control using three configurations of two-dimensional loudspeaker arrays,” Proc. of 18th European Signal Processing Conference (EUSIPCO) 2010, pp.1958–1962, Aalborg, 23–27 Aug., 2010, 査読有.
- ⑥ Masahiko Mikawa, “A Practicum Track Using Librarian Robot in Support Program for Contemporary Educational Needs,” The 14th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics: WMSCI 2010, pp.236–241, Florida, USA, 29 Jun. – 2 July, 2010, 査読有.
- ⑦ Masahiko Mikawa, Masahiro Yoshikawa, Takeshi Tsujimura, Kazuyo Tanaka, “Librarian Robot Controlled by Mathematical AIM Model,” ICROS-SICE International Joint Conference 2009, pp.1200–1205, 18–21 Aug., 2009, 査読有.

- ⑦ Yasuharu Hashimoto, Masahiko Mikawa, Kazuyo Tanaka, "An improved method for flexibly creating a localized sound field reproduction zone," Proc. of Inter-noise 2009, Paper No. in09-303 (6 Pages), Ottawa, 23-26 Aug. 2009, 査読有.
- ⑧ Masahiko Mikawa, Masahiro Yoshikawa, Takeshi Tsujimura, Kazuyo Tanaka, "Librarian Robot Controlled by Mathematical AIM Model," ICROS-SICE International Joint Conference 2009, pp.1200-1205, 18-21 Aug., 2009, 査読有.

<査読無国際会議>

- ⑨ Masahiko Mikawa, Soichi Izumi, and Kazuyo Tanaka, "Digital Signage System Based On Classification Using Silhouette Image," Tunisian Japanese Symposium on Science, Society and Technology (TJASSST'11), 11-13 Nov., 2011, 査読無.
- ⑩ Masahiko Mikawa, "Interaction Design and Motion Content Creation for Librarian Robot: A Practicum Track in Support Program for Contemporary Educational Needs," The 10th anniversary edition of Tunisia-Japan Symposium on Society, Sciences and Technology (TJASSST10), 11-13 Nov., 2009, 査読無.

<査読無国内会議>

- ⑫ 橋本泰治, 三河正彦, 田中和世, "二次元スピーカアレイによる移動音響ビーム生成の試行", 日本音響学会 2011 年秋季研究発表会論文集 1-R-31, pp.857-858, 2011-9-20, 査読無.
- ⑬ 泉聡一, 三河正彦, 田中和世, "図書推薦システムのための環境オプトインによる歩行者データの収集", 第 37 回フエジィワークショップ, pp.103-106, 2011-3-19, 査読無.
- ⑭ 大内慶久, 三河正彦, 田中和世, "単眼カメラを用いた移動ロボット遠隔操作のための俯瞰画像合成システム", 第 37 回フエジィワークショップ, pp.107-110, 2011-3-19, 査読無.
- ⑮ 三河正彦, 田中和世, "実環境を利用した図書館司書ロボットの研究開発", インタラクション 2011, pp.319-323, 2011-3-10, 査読無.
- ⑯ 橋本泰治, 三河正彦, 田中和世, "境界音場制御の原理に基づく二次元スピーカアレイによる指向性制御システムの試作", 電子情報通信学会技術研究報告

Vol.110, No.331, 応用音響, Paper EA2010-103, pp.37-42, 2010-12-3, 査読無.

- ⑰ 橋本泰治, 三河正彦, 田中和世, "二次元スピーカアレイによる三次元指向性制御方法の数値的検討", 日本音響学会 2010 年秋季研究発表会論文集 3-Q-11, pp.763-764, 2010-9-20, 査読無.
- ⑱ 橋本泰治, 佐宗晃, 三河正彦, 田中和世, "二次元スピーカアレイによる指向性制御システムの実装", 日本音響学会 2010 年春季研究発表会論文集 3-P-6, 2010-3-10, 査読無.
- ⑲ 橋本泰治, 三河正彦, 田中和世, "音の指向性制御システムによる音圧分布の周波数依存性の検討", 日本音響学会 2009 年秋季研究発表会論文集 3-Q-25, pp.795-796, 2009-9-17, 査読無.
- ⑳ 三河正彦, 吉川雅博, 辻村健, 田中和世, "睡眠覚醒機能を備えるロボットビジョンと周辺環境情報の収集", 第 27 回日本ロボット学会学術講演会, 1R2-03, 9 月 15 日, 2009, 査読無.
- ㉑ 三河正彦, 吉川雅博, 辻村健, 田中和世, "図書館司書ロボットの開発", 第 25 回フエジィシステムシンポジウム, 2A3-03, 7 月 15 日, 2009, 査読無.

[その他]

ホームページ等

三河正彦(研究代表者)

<http://www.slis.tsukuba.ac.jp/~mikawa/>

田中和世(研究分担者)

<http://www.slis.tsukuba.ac.jp/~ktanaka/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

三河 正彦 (MIKAWA MASAHIKO)

筑波大学・図書館情報メディア系・准教授
研究者番号：40361357

(2) 研究分担者

田中 和世 (TANAKA KAZUYO)

筑波大学・図書館情報メディア系・教授
研究者番号：70344207