

1B2-5 RI-MANの身体認知機能の構築

On Body Cognitive Function of RI-MAN

○ 大西 正輝 (産総研/理研 BMC) 小田島 正 (理研 BMC)
向井 利春 (理研 BMC) 羅 志偉 (神戸大/理研 BMC)

Masaki ONISHI, AIST, Tsukuba / RIKEN BMC, Moriyama, Nagoya
Tadashi ODASHIMA, RIKEN BMC, Moriyama, Nagoya
Toshiharu MUKAI, RIKEN BMC, Moriyama, Nagoya
Zhi-Wei LUO, Kobe Univ., Nada, Kobe / RIKEN BMC, Moriyama, Nagoya

Key Words: Cognitive Function, Vision, Audition, Sense of Smell, Sense of Touch, Human-Interactive Robot

1. はじめに

理化学研究所バイオ・ミメティックコントロール研究センターでは人間と接するロボット RI-MAN (Robot Interacting with Human: リーマン) を開発してきた^{1, 2)}. RI-MAN は視聴覚情報を用いた人間とのインタラクションによって命令を認識し, 触覚を利用した全身動作によって力仕事を行うことができる. 具体的には介護・福祉の分野で活躍するロボットの実現を目指しており, Fig.1 のように人間と同じサイズの被介護者を模した人形を抱き上げることができる.

RI-MAN は, これらのタスクを実現するために, 多種多様なセンサ群を利用して環境情報を取得している. 本稿では RI-MAN に構築した身体認知機能について説明する.

2. 認知情報の伝達系統

RI-MAN は多種多様なセンサを持つため, 一つの制御器ですべてのデバイスを集中的に制御するのは難しい. また, 画像認識や音声認識などの数十ミリ秒周期の処理とモータ制御のような数ミリ秒周期の処理が混在しており, それぞれの処理の計算負荷や重要度も様々である. さらに, ロボットに実装する際には, 開発環境が整備されていることも必要な要素となる.

以上の観点から, RI-MAN には 2 台の PC を搭載した. 主な処理内容からこれらの PC を環境認識用 PC (認識用 PC) と運動調整用 PC (運動用 PC) と呼ぶことにする.

認識用 PC には, Windows 系 OS を採用した. これは, 画像や音声を取り込むための開発環境が充実していることに加えて, 画像や音声処理の多くは 20 [ms] 程度の厳密ではないサンプリング周期で動作することが許容



Fig.1 Human interactive robot "RI-MAN"

されるためである.

一方, 運動用 PC は実時間で運動の調和をとることが要求されるため, OS はリアルタイム性を重視し RT-Linux を採用した. 運動用 PC は RI-MAN の 19 自由度 (首 3, 腕 6 × 2, 腰 2, 車輪 2) の目標値を 4 [ms] のサンプリングタイムで計算する.

認識用 PC と運動用 PC は共有メモリ (Interface 社製 MemoLink) を介して認識情報や運動情報を共有することができる. さらに, RI-MAN は耐ノイズ性の向上と省配線を実現するために階層型分散制御構造になっている²⁾. 局所制御器には, 30 [mm] × 40 [mm] の超小型コントローラ "C-CHIP" を採用した. C-CHIP と運動用 PC は共有メモリによって情報を共有することができる. RI-MAN

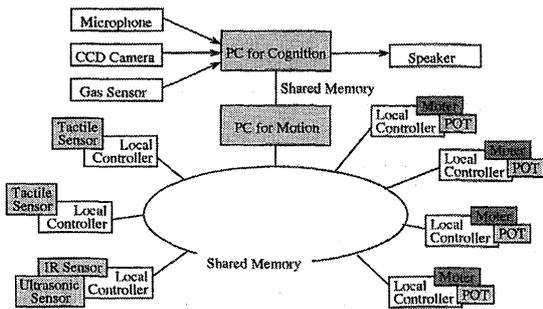


Fig.2 Control structure in RI-MAN

の階層型分散制御構造を Fig.2 に示す。

視覚、聴覚、嗅覚の処理は認識用 PC に実装し、触覚の処理は C-CHIP 上に実装した。認識用 PC は様々な感覚系の認識結果に基づいて採るべき行動を決定し、運動用 PC に行動の ID を伝える。以下ではそれぞれの処理の詳細について説明する。

3. 各認知機能

RI-MAN の持つ認知機能について説明する。

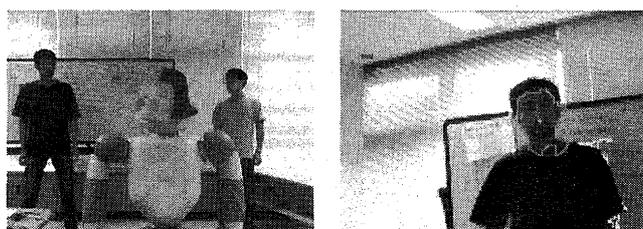
3.1 視覚機能

RI-MAN には 2 台の CCD カメラが搭載されており、ステレオ視を行うことができる。RI-MAN の主なタスクは人間とのインタラクションであるため、視覚によって人間の顔を見つけ出すための機能を構築した。

まず、取得した画像の各画素値から人間の肌色に類似するピクセルを抽出する。そして、それらの肌色素の空間的な分布から人間の顔の位置を抽出する。さらに、両眼のカメラで抽出した人間の顔の位置関係から人間までの距離を求める。

視覚処理は認識用 PC によって行われ、カメラ座標系から見た人間の顔のある角度 r_v と顔までの距離 l_v が、共有メモリに書き込まれる。

この機能によって首を動かしながら人間の顔を追跡することができる。Fig.3 (a) に人間の顔を追跡している映像の一コマを示す。Fig.3 (b) は RI-MAN から得られた画像の処理結果である。



(a) Tracking scene (b) Processing image

Fig.3 Visual tracking

3.2 聴覚機能

RI-MAN には 3 台のマイクが搭載されており、口の位置に配置したマイクで音声認識を行い、両耳の位置に配置した 2 台のマイクを用いて音源定位を行う。

3.2.1 音声認識機能

音声認識には、東芝 IT コントロールシステムの音声認識・合成ユニット (VRSB-0155) を用いた。本ユニットはあらかじめ認識単語を登録しておき、RS232C によって認識結果を PC に取り込むことができる。音声認識結果は認識用 PC に取り込み、単語に付けられた ID を共有メモリに書き込む。

音声合成に関しては、沖電気工業の SMARTTALK を用いて実装した。これらの機能によって、人間との会話が可能になる。

3.2.2 音源定位機能

両耳に位置する 2 台のマイクにおける音声の到達時間差を調べることで、音源の方向を定位する。しかし、原理的にこの方法だけでは音の前後を識別することができないため、RI-MAN には耳介 (反射板) を取り付け、直接音と反射音の干渉を利用することで音源の前後方向を識別する³⁾。

音源方向 r_a は認識用 PC によって $-180 \sim 180$ [degree] の値で計算され、共有メモリによって認識用 PC と運動用 PC の間で情報を共有する。

この機能によって、RI-MAN は音のなった方向を見ることができる。さらに、視覚機能と統合することで、人間が呼んだ場合にはそちらを向き、人間の顔があればトラッキングし続けることができる。

3.3 嗅覚機能

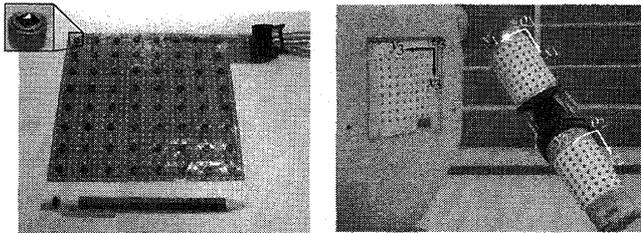
RI-MAN の胸部には、2 つの半導体ガスセンサを搭載しており、動的な非線形応答を用いることで尿の検出が可能である⁴⁾。

また、尿以外にもアルコールやアンモニアなどガスの種類と濃度を推定することができ、ガスの種類に相当する ID と濃度が認識用 PC によって共有メモリに書き込まれる。

この機能によって、抱き上げた被介護者の失禁状態を検出できるか検討中である。

3.4 触覚機能

面状触覚センサは、 8×8 のアレイ状に並べた半導体感圧素子 (フジクラ製 FPBS-04A) を弾性体に埋め込む方法で作製した⁵⁾ (Fig.4 (a))。本触覚センサは、次式の 0 次モーメント (M_0) と 1 次モーメント (M_{1x}, M_{1y}) を得



(a) Tactile sensor sheet (b) Installed tactile sensor

Fig.4 Tactile sensor

ることができる。

$$M_0 = \sum_{x,y} I_{xy}$$

$$M_{1x} = \sum_{x,y} x \cdot I_{xy}$$

$$M_{1y} = \sum_{x,y} y \cdot I_{xy}$$

これらの値は運動用 PC とメモリを共有する C-CHIP によって計算される。0 次モーメントは力の総和を表し、力の重心位置は $P_x = M_{1x}/M_0$, $P_y = M_{1y}/M_0$ で得ることができる。

センサシートは、左右の上腕・前腕と胸部の合計 5 箇所に設置した。設置の様子を Fig.4 (b) に示す。

C-CHIP によって計算された 0 次モーメントと 1 次モーメントを用いて、力の総和と重心位置は運動用 PC によって計算され、共有メモリに書き込まれる。触覚の計算に関しては、運動用 PC の計算ループに組み込まれていることから、接触を検知してすばやく運動を変化させるといった認識用 PC や運動用 PC を介入させることなく反射のようなプログラムを組むことが可能である。

3.5 その他の機能

上記以外のセンサとして、台車には前後各 2 箇所に超音波センサを、周囲 16 箇所に赤外線センサを装備しており、走行時の衝突を回避するために障害物を検出する。これらの計算は C-CHIP によって行われる。

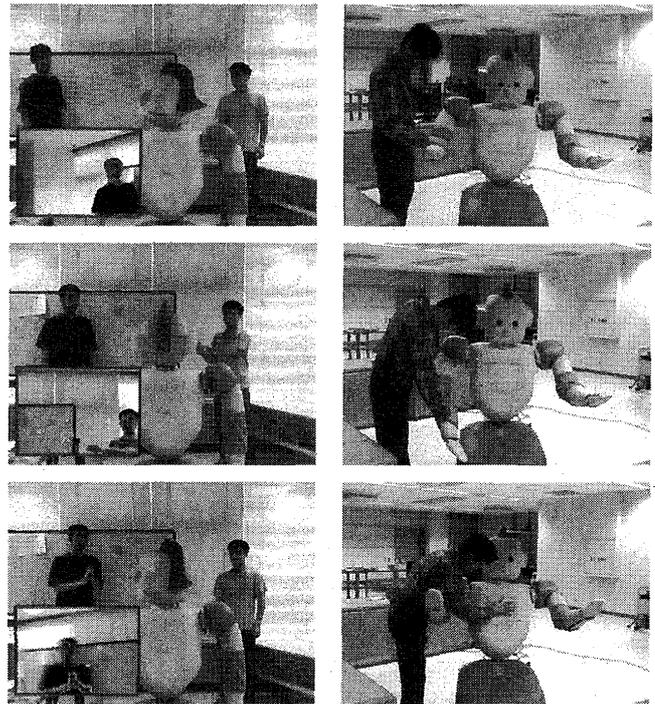
4. 実験・考察

4.1 実験

RI-MAN に人間とインタラクションするためのプログラムを実装した。

Fig.5 (a) は音源定位の結果に基づいて音源方向に首を振り、視界に人間の顔が抽出されれば、顔が視界の中心に来るように首関節を制御するプログラムを実行した例である。RI-MAN は手を叩いた人間の方向を見て、人間の顔をトラッキングしていることが分かる。

また、Fig.5 (b) は触覚センサによって検出した力の大きさと重心位置によって腕や腰を動かすようにプログラ



(a) Interaction using audiovisual information (b) Interaction using tactile information

Fig.5 Experiments of interaction

ムした結果である。人間が触った場所によって反応を変化させることで、触覚によるインタラクションが実現できている。

さらに、Fig.6 は人間の言葉による命令を理解することで、被介護者を抱き上げるというタスクを実現している例である。抱き上げる際には触覚を利用しており、抱き上げ動作の軌跡は文献⁶⁾のアルゴリズムを用いて生成した。

4.2 考察

視覚・聴覚・嗅覚・触覚などを持つロボット RI-MAN を開発し、それらの感覚情報を利用した人間とのインタラクションを実現した。今回行った実験以外にも嗅覚によるインタラクションが可能である。

今回のように多くの処理をロボットに実装することを考えた場合、計算機リソースが限られているため、並列に動作する認識処理が多くなると計算負荷が高くなり実時間性が確保できないなどの問題が生じた。

ネットワークの分野では、サービスの質を変化させることによって実時間性を保証する QoS (Quality of Service) の研究が行われている。これらの研究をロボット技術に応用し、QoS を考慮したソフトウェアアーキテクチャ⁷⁾が必要になると考えている。

また、今回行った実装では、認識用 PC から運動用 PC へ動作 ID を指令するという一方向的な指令のながれでイ

インタラクションを実現した。運動用 PC から認識用 PC へも指令を行い、双方向的な指令を調停することによって最終的な動作生成を行うことができれば、さらに複雑な動作を生成することができるようになると思われるが今後の課題とする。

RI-MAN では、認識用 PC や運動用 PC を介さない C-CHIP だけの運動生成が可能である。これは、人間の反射に相当する。今回は、関節角度の限界値に達すると C-CHIP レベルで運動を止めるという反射しか利用していないが、反射を積極的に組み込むことで人間のように反射と随意を組み合わせた運動が実現できる。

5. まとめ

本稿では、人間と接することを目的として開発したロボット RI-MAN の身体認知機能について説明した。特に、五感から味覚を除く四つの感覚について説明し、人間とのインタラクションを実現した。

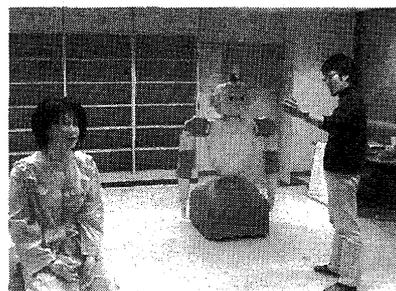
今後の課題としては、QoS アーキテクチャや反射を RI-MAN に組み込むことなどがあげられる。

謝辞 RI-MAN の開発は、理化学研究所バイオ・ミメティックコントロール研究センターの中核プロジェクトとして行われた。この開発は多くの要素技術の集積であり、同センターの研究者による協力によって実現した。

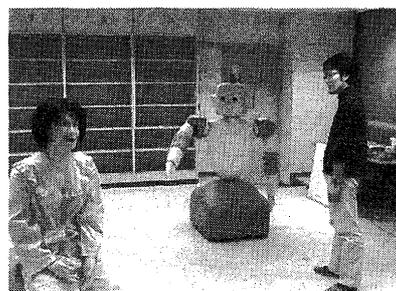
特に、C-CHIP に関しては平野慎也氏、音源定位に関しては中島弘道氏、ガスセンサに関しては加藤陽氏、QoS ソフトウェアアーキテクチャに関しては小林祐一氏の研究によるものである。また、運動制御に関しては田原健二氏、高木賢太郎氏、浅野文彦氏の協力によるものである。心より感謝する。

参考文献

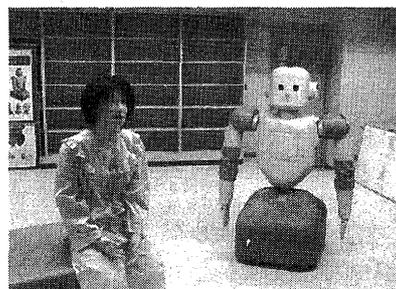
- 1) Tadashi Odashima, Masaki Onishi, et al., "A Soft Human-Interactive Robot - RI-MAN -," Video Proceedings of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), Oct. 2006. (掲載予定)
- 2) 小田島正, 大西正輝, 田原健二, 向井利春, 平野慎也, 羅志偉, "人間と接するロボット RI-MAN の開発," 第 16 回インテリジェント・システム・シンポジウム (FAN'06), Sep. 2006.
- 3) 中島弘道, 向井利春, "前後識別可能な反射板を用いた音源定位システム," 第 6 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門, pp.223-224, Dec. 2005.
- 4) 加藤陽, 向井利春, "人と接するロボットのための尿失禁検知ガスセンサ," 第 6 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門, pp.225-226, Dec. 2005.
- 5) 向井利春, "ロボットへの装着を目的とした 2 次元曲面状触覚センサ," 第 23 回日本ロボット学会学術講演会, Sep. 2005.
- 6) 大西正輝, 小田島正, 羅志偉, "環境と接するロボットの感覚運動統合による動作模倣," 電気学会論文誌, vol.125-C, no.6, pp.856-862, June 2005.
- 7) 小林祐一, 大西正輝, 中島弘道, 羅志偉, 細江繁幸, "人と接するロボットのためのソフトウェアアーキテクチャ," SICE システムインテグレーション部門学術講演会講演論文集, pp.215-216, Dec. 2005.



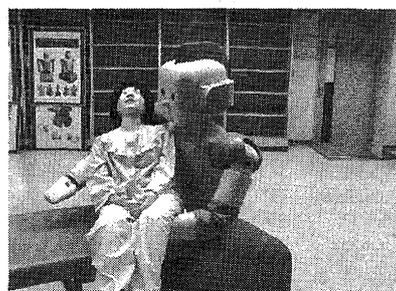
「あの人を抱き上げて下さい」



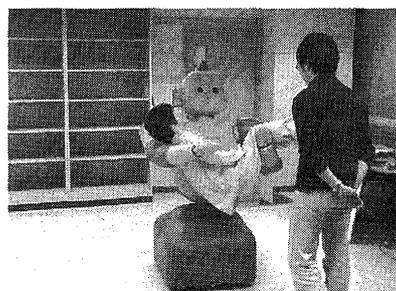
「そのベッドに座っている人ですか」



「わかりました」



「よっこらしょっと」



「抱き上げました」

Fig.6 Experimental results