

平成 26 年 6 月 27 日現在

機関番号：32639

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500246

研究課題名(和文) タスクゆらぎに自律的に追従する知覚駆動プログラミング - 家庭ロボットを題材として -

研究課題名(英文) Sensory driven autonomous programming for changing task - case study for home robot -

研究代表者

大森 隆司 (OMORI, TAKASHI)

玉川大学・工学部・教授

研究者番号：50143384

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円、(間接経費) 1,080,000円

研究成果の概要(和文)：人間支援ロボットには、基本作業プログラムを即応的に環境に追従する、プログラム動的適応が必要である。脳はこの機能を機能領野のタスクごとに組み合わせて実現している。本研究は、脳の機能部品組み合わせ(FPC)モデルを、環境の状況認識と機能モジュール選択の方式として検討する。

FPCモデルで必要な状況認識と行動適応のため、多様なタスクを実現するロボット身体をモジュール化し、タスクに必要なモジュール組み合わせを検討し、事例評価により有効に機能したモジュール組み合わせをタスク処理プログラムに組み込んだ。開発したロボットおよび機能モジュールにより、2012年ロボカップ世界大会にて準優勝した。

研究成果の概要(英文)：For realizing a human supporting robot, we need a dynamic program adaptation method that realize a target function by immediately adapting elemental behavior to its environmental requirement. Brain realizes the adaptation by dynamically switching many cortical/subcortical areas for each of tasks. In this study, we evaluate this functional parts combination (FPC) model as a method to select the functional modules based on the recognition of environmental partial situations.

To implement the situation recognition and behavior adaptation for FPC model, we divided robot body into the functional parts for task conduction, evaluated the combination of the body modules for each of realistic tasks, and implemented the combination into the robot task processing program. Using the developed robot, we could take second place of @home competition in RoboCup World Competition 2012

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学

キーワード：即応的 ロボット 行動適応 機能部品 動的組み合わせ

1. 研究開始当初の背景

家庭用ロボットの普及は、高齢化社会への重要な対応手段と期待されている。現在、人間の生活支援用のロボットが数多く開発され、ハードウェア的には家庭内作業の可能なロボットが近く実現されるであろう。しかしソフトウェアについては問題が残っている。

現状では、ロボットの動作プログラムは個々の現場に合わせて人が手作りしている。ところが、家庭は未整備環境であり、そこで要求されるタスクは多様である。同じ「持ってくる」動作でも、対象の形状が変われば動作も変わる。人間が見ればそれに応じたプログラム変更は可能だが、環境変動やタスクのゆらぎは家庭での一般ユーザーを対象とする活動の本質的な特徴であり、すべての状況を事前に考慮したロボットのプログラミングは難しい。今後の人間活動支援ロボットの普及を考えると、基本的作業を実現するコアとなるプログラムを自律的かつ即応的に環境に追従させてある範囲内での目的機能の実現を可能とする、汎用性の高いプログラム動的適応方式の開発が必要とされている。

プログラムの動的適応はこれまで、遺伝的アルゴリズム等による探索として実現されてきたが、即応性はなく、実世界ロボットのプログラム適応の手段として適さない。しかし生物の脳はそれを実現している。脳は多くの機能領域をタスクごとに組み合わせ、さらに同じタスクでも対象ごとに使う領域を動的に切り替えて動作を修正し、タスク処理の自律的かつ素早い環境追従を実現している。現実には我々は、初めての課題でも過去の経験を組み合わせ、さらにその場での少数回の試行錯誤で、多くの場合はそれを短時間で解くことができる。即応的な処理の変更は、これまでの多くの工学的な行動探索・学習手法でも実現できていない基本問題であるが、脳がそれを実現している以上、そこには従来の工学的手法にはない原理があるはずである。

その計算原理として提案者はこれまで、脳の機能部品組み合わせ(FPC)モデルを提案し、その性能をToyモデルで評価してきた。FPCモデルでは、脳は環境の部分状況を認識し、その認識に応じて機能モジュールの利用確率を変化させ、その場で使いそうなモジュール集合から全体処理を短時間で探索する、知覚駆動の確率探索型の行動プログラミングとして定式化される。しかしより現実的なロボット動作の探索でもFPCモデルが機能するには、脳の階層的な環境知覚に相当する前頭葉の状況認知機能の計算論的な理解とその実装による評価が必要である。

2. 研究の目的

本研究では、ロボット動作の環境変動に応じた即応的な変更を実現するため、多くの機能をタスクごとに組み合わせ、さらに同じタスクでも対象ごとに使う機能を切り替えることで、機能部品組み合わせ(FPC)モデルの評価を試みる。FPCモデルで必要とされる状況認識と行動生成機構の適応にむけて、(1)環境の状況に応じて多様なタスクを実施できるロボット身体をモジュール化して、(2)現実的なタスクにおいて必要とされた身体モジュールの組み合わせを評価し、(3)個々のタスクで有効に機能したモジュール組み合わせをタスク処理プログラムに組み込むこととした。

実験に用いるロボットは、共同研究者の長井が開発した家庭サービス用ロボット LiPRO である。LiPROには全方向の移動・立体視覚・左右の操作アームなど、家庭用ロボットとしての基本的な機能があり、さらに種々の課題のために比較対象となる人手で作ったレベルの高い動作プログラムが用意されている。

3. 研究の方法

評価課題として、A. 屋内移動と自己紹介、B. ユーザーへの移動追従、C. 対話で指示された物体の発見と運搬、D. 事物の配達、E. ゴミ

の発見と除去，F.店舗の地図学習と事物発見，など，ユーザー・対象・環境のゆらぎにより動作変動が生じやすく，かつ即応性がないと実現できない課題を想定した．

まず家庭環境を模した実験室環境で，上記タスクに対するロボット処理の柔軟性を評価する．そのため，以下の改良を行なった．

- (1) ハードウェア：全方位移動の移動台車にスライド式の上下機構と7自由度のアームによる上半身を組み合わせ，到達の自由度と範囲が広い身体とした．重量軽減のため情報処理システムの多くは身体の外側に移動したりモートブレイン方式とした．その結果，身長170cm，重量35Kg，アームペイロード2Kgの高自由度のロボット身体が得られた．
- (2) 制御ソフトウェア：個別の身体部品を制御する部品記述言語と，それらの組み合わせで動作を表現する動作記述言語を開発し，多様なタスクに合わせて動作をすばやく変更していく基盤システムを実現した．その過程で，ロボットの要素機能をソフトウェアモジュール化し，全体動作はそのモジュール群の協調動作として行われるよう，システムソフトウェアを改造した．

この結果として得られたロボットシステムをもって RoboCup 世界大会@home 部門に参加し，多様な競技を通じて性能を評価した．

4．研究成果

当初の目的とした数理モデルの構築には及んでいないが，モデルの構築をより現実にする身体システムとソフトウェアシステムが実現された．その環境変動への対応特性を，家庭のような現実的環境でのロボットの行動タスクで評価した．その目的のため，環境地図構築，物体認識，顔の識別，表情からの笑顔度・男女・年齢の推定，などの多モダリティで，局所的な特徴の階層的な組み合わせによる状況検出機構を構築した．

評価の一つの指標として，ロボットの世界的競技会である RoboCup 世界大会の家庭用ロボット部門に参加し，結果として2012年に準優勝した．

しかし，当初の目標に挙げた，個々の部分特徴に応じた機能モジュールの選択機構は実現できなかった．多様な目的のタスクにての評価と運用の過程で，目標としている機能部品組み合わせのシステム像が，当初の想定より複雑であることが示唆された．そのため，環境の部分状況の認識および個々の部分状況と動作モジュールの間の共起確率を獲得することができなかった．最近の動向として，環境情報を強力に符号化する道具としての Deep Learning アルゴリズムの有効性が議論されており，その適用によるモジュール選択は有効な方法と考えられるが，その評価は今後の課題である．

今後の課題として，知覚駆動の行動プログラムの動作適応の計算理論の探求，その理論に応じた機能モジュールの最適な粒度の探索，などがあげられる．脳科学の最近の成果では，脳内の多くのモジュールの間の相互作用の発生／消失が脳波により観察されており，その数学理論化についての議論が始まっている．

5．主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 16 件)

高橋英之，岡田浩之，大森隆司，金岡利知，渡辺一郎：エージェントの擬人化の背景にある並列的な認知処理，人工知能学会論文誌，査読有り，Vol.28, No.2, pp.264-271, 2013

Takahashi, H., Saito, C., Okada, H., Omori T., An investigation of social factors related to online mentalizing in a human-robot competitive game, Japanese Psychological Research, 査読有り, 55(2), 144-153, 2013

Tomoaki Nakamura, Komei Sugiura,

Takayuki Nagai, Naoto Iwahashi, Tomoki Toda, Hiroyuki Okada, Takashi Omori : Learning Novel Objects for Extended Mobile Manipulation, Journal of Intelligent & Robotic Systems, 査読有り, Vol.66, No. 1-2, pp 187-204, 2012
中村友昭, アッタミミ ムハンマド, 杉浦孔明, 長井隆行, 岩橋直人, 戸田智基, 岡田浩之, 大森隆司: 拡張モバイルマニピュレーションのための新規物体の学習, 日本ロボット学会誌, 査読有り, Vol.30, No.2, pp.213-224, 2012

高橋英之, 大森隆司: 社会認知における「社会的思い込み効果」の役割とその脳内メカニズム, 認知科学, 査読有り, Vol.18, No.1, pp138-157, 2011

[学会発表](計 70 件)

西田亮輔, 長井隆行, 大森隆司, 尾関基行, 岡 夏樹 : 共感するロボットとのインタラクション, HAI2013, 2013.12.7, 岐阜大学 (岐阜県)

高橋英之, 土師知己, 岡田浩之, 大森隆司, 寺田和憲, 小嶋秀樹, 吉川雅博, 松本吉央: 機械の向こうの二つの私 -ロボットコミュニケーションにおける心の知覚のfMRI計測-, 脳と心のメカニズム第12回冬のワークショップ, 2013, ルスツリゾート (北海道)

宮崎, 高橋, 岡田, 大森: Gaze-contingencyパラダイムを用いた乳児における行為の意図性の評価, 日本認知科学会第29回大会, p.142-145, 2012, 東北大学 (宮城県)
大森隆司: 対人相互作用のモデル化の位置づけについての考察, HAI2012, 3-A-3, 2012, 京都工芸繊維大学 (京都府)

奥谷一陽, 大森隆司: 他者の信念推定に基づく行動決定のモデル化に向けた追跡ゲームの開発, HAI2012, 2D-17, 2012, 京都工芸繊維大学 (京都府)

Takahashi H., Miyakaza M., Okada H., Omori T.: Can young infants be aware of the self-conducted volitional movement on a computer display?, Poster7-38, ICIS, 2012, Minneapolis (USA)

Kasumi Abe, Iwasaki Akiko, Tomoaki Nakamura, Takayuki Nagai, Ayami Yokoyama, Takayuki Shimotomai, Hiroyuki Okada, Takashi Omori, "Playmate Robots That Can Act According to Child's Mental State", IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.4660-4667, 2012, Hotel Tivoli Marina Vilamoura (Portugal)

Takashi Omori: Computational modeling of mental state dynamics for interactive play with child. Dynamic Brain Forum, 2012, Parador de Carmona (Spain)

高橋英之, 宮崎美智子, 岡田浩之, 大森隆司: 「新奇性」と「親近性」の軸から子どもとロボットの関係性を捉える, HAI2011, 1-2B-3, 京都工芸繊維大学, (京都府)2011 (HAI2011 優秀研究賞)

[図書](計 0 件)

[産業財産権]
出願状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大森 隆司 (OMORI TAKASHI)

玉川大学・工学部・教授

研究者番号：50143384

(2) 研究分担者

岡田 浩之 (OKADA HIROYUKI)

玉川大学・工学部・教授

研究者番号：10349326

長井 隆行 (NAGAI TAKAYUKI)

電気通信大学・大学院情報理工学研究

科・准教授

研究者番号：40303010

(3) 連携研究者

無し