

平成 21 年 5 月 26 日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2007 ～ 2008
 課題番号：19700196
 研究課題名 (和文) リアルハードウェアニューラルコントローラ多目的進化によるマルチタスク実行
 研究課題名 (英文) Real hardware evolution of neural controllers for robot multiple tasks performance
 研究代表者 チャピ ゲンツィ (Genci Capi)
 富山大学・大学院 理工学研究部 (工学) 准教授
 研究者番号：20389399

研究成果の概要：

同時に複数のタスクを達成する多目的最適化手法は、日常生活の場へロボットの応用範囲を広げるために必要と考えられる。進化ロボティクスや強化学習ではマルチタスクの問題は良い結果が得られるような効果的な方法が提案されていない。または、シミュレーションで生成したニューラルコントローラをロボットで実際に実験を行ってきた。この研究ではリアルハードウェアニューラルコントローラ多目的進化によるマルチタスク実行を考えた。19年度に開発した進化アルゴリズムおよびコミュニケーションメカニズムに基づき、20年度はリアルハードウェア進化を使用してマルチタスク実行するロボットを開発した。または、ニューラルネットの構造を小規模にするためにニューラルネットの構造を多目的遺伝的アルゴリズムの目的関数に追加した。まず、シミュレーションで小さいニューラルネットワークを生成しそのニューラルネットをリアルハードウェアで進化させる方法をとった。多目的進化で小さいニューラルネットワークを進化が可能となることを確認した。この研究ではシミュレーションと実験では e-puck ロボットを使用した。この研究は、ハイインパクトジャーナル(IEEE Transactions on Robotics)と国際会議等(IROS, ICRA)で発表した。この研究の結果は Vertical news でも掲載された。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,500,000	0	2,500,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	240,000	3,540,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：知能ロボット

1. 研究開始当初の背景

本研究に関連するこれまでの経緯をまとめる。私の以前の研究では、自律型ヒューマノイドロボット「梵天丸」に実装する知的アルゴリズムの開発研究において主導的役割を担い環境に応じた最適な二足歩行や軌道の実現を試みその成果を公表した。また、国際電気通信基礎技術研究所(ATR) 脳情報研究所・研究員として戦略的基礎研究推進事業(CREST) 科学技術振興事業団(JST)「脳を創る」研究領域の資金援助により、サイバーローデント(ネズミ型ロボット)研究グループを務め、そこでは効率的な強化学習に関する研究およびニューラル制御装置の進化に関する研究を行いその成果を公表した。そしてシークエンシャルタスクの進化再起ニューラルコントローラ、進化を使って強化学習のメタパラメータを最適化した。

2. 研究の目的

この研究の目的は、多目的遺伝的アルゴリズムを利用してマルチタスクを実行するロボットを開発し、実際の環境でそのロボットを進化させることである。同時に複数のタスクを達成する多目的最適手法は、日常生活の場へロボットの応用範囲を広げるために必要と考えられる。進化ロボティクスや強化学習によるシングルタスクの問題ではこれまでに良い結果が得られている。しかし、マルチタスクの問題は良い結果が得られるような効果的な方法が提案されていない。

マシン学習の分野ではマルチタスクの問題は、まずマルチタスクを複数のタスクに分けてその一つ一つを考えてその後、組み合わせてマルチタスクとして考える。また、進化ニューラルコントローラでは、自然界のいろいろな法則に基づいてロボットの動作獲得に成功している。そこでは、異なった目的関数により重みパラメータを使用して一つの目的関数を作り、シングル目的関数遺伝的アルゴリズムが使用される。

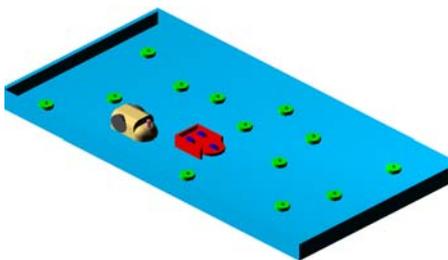


図 1. 環境.

例えばフロレアノ先生は進化ニューラルコントローラを使いケッペラーロボットが直進して障害物にぶつからないタスクを考えた。これは、車輪の平均回転速度と、左右の車輪の移動距離の差、近接センサーのデータ、この三つの目的関数をシングル目的関数として組み合わせて考えるものである。また、クリフ先生はシミュレーション環境で追いかけてこの問題を考えている。この問題は多くの重みパラメータをチェックする必要があり、この中から最適な重みパラメータを決定している。

3. 研究の方法

今回提案する研究では、多目的遺伝的アルゴリズムを利用してマルチタスクを実行するロボットを開発し、実際の環境でそのロボットを進化させる。この研究の特色は二つである：

- (1) 多目的遺伝的アルゴリズムを使用すること。
- (2) リアルハードウェアを用いての進化を行うこと。

提案する方法はタスクの扱いにおいて以下の特徴を持つ：

- (1) 進化が終了時に、環境の中のロボットは一つのタスクだけを考えているロボットもいれば、複数のタスクを考えているロボットもいる。
- (2) タスクの数は簡単に増やすことができる。

CR ロボットのためのタスクは同時に2つの異なった動作を獲得するようにする(図1)。

- (1) 環境に入って来て、一定の短距離を保とうとすることによって、別のロボットを保護する。
- (2) 環境の中にある電池パックを捕らえることで十分なレベルのエネルギーを確保し続ける。

本研究ではフィードフォワードニューラルネットワークを使用した。ニューラルコントローラの入力は、CR が保護されるロボットを見た角度と保護されるロボットの色、または一番近くの電池パックを見た角度、色、距離、そして5個の近接センサーと距離センサーのデータである。CR が見る角度は右45°から左45°までで右45°を0左45°を1とおく。近接センサーは0から0.25mまで、距離センサーは0から0.8mまで測定することができる。近接センサー、距離センサーのニューラルネットの入力のデータは0から1まで変動させる。近接センサーと距離センサーの誤差は5%まで考え、電池パックの距離はカメラで見たピクセルの数で判断しているため誤差が大きいため10%まで考えること

とする。CR のカメラの性能に基づいて電池パックまでの距離は 1.2 m までと制限する。

4. 研究成果

使用した CR ロボットを図 2 に示す。ロードントとはネズミなど齧歯類の総称であり、その情動行動と脳機構に関して、実験心理学から神経回路、遺伝子まで多くの研究の蓄積がある。目標はラットやマウスと同じ環境での行動実験に使えるものであったが、現モデルは技術的な理由で体長 22cm、体重 1.3kg ほどと、ネズミとしてはかなり大きい部類に属する。

100 世代の最適化結果を図 3 に示す。図 3 は目的関数空間におけるパレートの分布を表している。100 世代目には目的関数 f_1 と目的関数 f_2 のトレードオフ面がはっきりととらえられている。パレート最適解は良い分布が得られた。図 3 より、box1 のニューラルコントローラを使用すると、CR は保護されるロボットをひたすら追いかけるだけの動きをする。これを選んだときのリスクは電池パックを捕獲しにいかないため、充電ができずに電池が切れてしまう。また box5 のニューラルコントローラを使用すると、CR は保護ロボットのことは関係なしに電池パックを捕獲しに行く。Box2, 3, 4 のニューラルコントローラはエージェントが同時にタスク 1 とタスク 2 を満たすような動きをする。電池パックを無視しないで保護されるロボットを追いかけるならば box2 のニューラルコントローラが最適である。



図 2 サイバーロードント

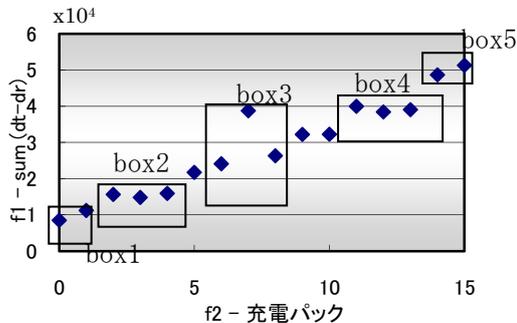
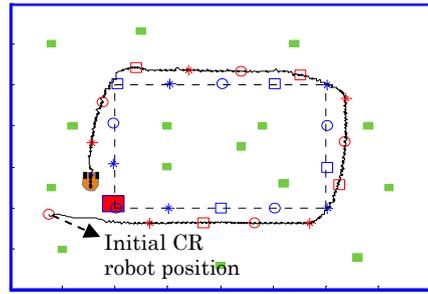
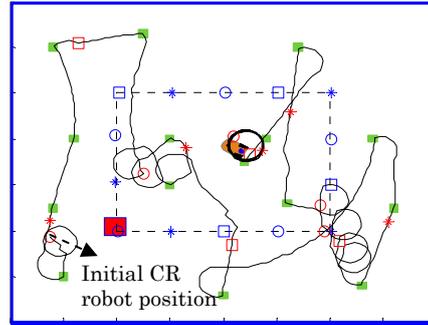


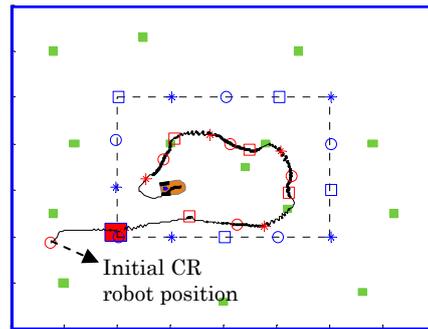
図 3 パレート最適解



(a) Box 1



(b) Box 5



(c) Box 2

図 4 ニューラルコントローラを使用した時の CR の動作

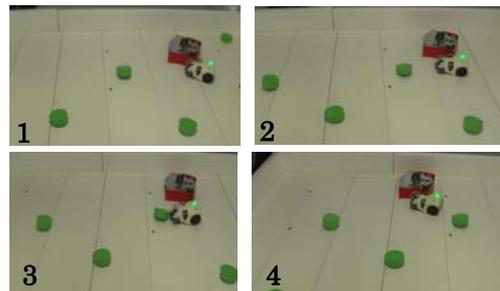


図 5 CR ロボットを用いた実験の様子

図 4 (a) は box1 のニューラルコントローラを使用した際の CR の動きを表します。図 4 (b) は box5 のニューラルコントローラを使用した CR の動きを表しており、CR は環境の中の全ての電池パックを捕獲し、この場合 CR は生存時間が終わるよりはるかに早くすべての充

電パックを捕らえる。したがって、環境内に充電パックが無いにも関わらず充電パックを捜すために生存時間までただ回転する。図 4(c) は box2 のニューラルコントローラを使用したときの CR の動きを表しており、保護されるロボットを追いかける途中で4つの電池パックを捕獲した。

図 5 に複数のタスクについて、CR ロボットを用いた実験の成功例を示す。CR ロボットが保護ロボットについていて電池パックも捕獲する動作が実現されている。

さらに、リアルハードウェア (e-puck ロボット) を用いてマルチタスクを実行するロボットを開発した。

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 4 件)

- G. Capi, S. Kaneko, "Evolution of Neural Controllers in Real Mobile Robots for Task Switching Behaviors", to appear, *Int. Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 2009.
- G. Capi, "Evolution of Low Complexity Neural Controllers and Genetic Encoding", *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics (JACIII)*, Vol. 12, No. 4, pp. 377-381, July 2008.
- G. Capi, S. Kaneko, "Evolution of low complexity neural controllers based on multiobjective evolution", *International Journal of Artificial Life and Robotics*, 2007, Vol 12, No. 1, pp. 53-58, 2008.
- G. Capi, "Multiobjective Evolution of Neural Controllers and Task Complexity", *IEEE Transactions on Robotics*, Vol. 23, No.6, pp.1225-1234, 2007.

[学会発表] (計 3 件)

- G. Capi, G. Pojani, S. Kaneko, "Evolution of Task Switching Behaviors in Real Mobile Robots", 3rd International Conference of Innovative Computing Information and Control (ICICIC2008), Dalian, China, June 18-20, 2008.
- G. Capi, "Evolution of Efficient Neural Controllers for Robot Multiple Task Performance - A Multiobjective Approach ", 2008 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA2008), May 2008.
- G. Capi, "Robot Task Switching in Complex Environments", *Int. Conference on Artificial Intelligent Mechatronics*, September 2007.

[図書] (計 1 件)

- G. Capi, S. Kaneko, *New Research on Mobile Robots*, Chapter 2, Nova Science Pub Inc, Editors: Ernest V. Gaines and Lawrence W. Peskov, Dec. 2008.

[その他]

<http://www3.u-toyama.ac.jp/robot/capi.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者 チャピ° ゲンツィ (Genci Capi)

富山大学・大学院 理工学研究部(工学)
准教授

研究者番号 : 20389399

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし