

4L-8 高速な進化型ロボットの行動獲得を実現する ハード・ソフト連動設計

Evolutionary robotics based on collaboration of hardware and software

○溝口博生, 吉川雅弥, 寺井秀一
立命館大学 理工学研究科

Hiroki Mizoguchi, Masaya Yoshika, and Hidekazu Terai
Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan university

本論文ではある不安定な疑似生態系をモデル化し、ロボットを導入することによる環境維持を対象としたロボットの行動戦略の学習および獲得を目的とする。また、ロボットは、簡単な IF-THEN ルール群を持った遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithms:GA) に基づく機械学習 (Genetics-Based Machine Learning:GBML) にシミュレーション要素を組み込むことによって行動戦略を学習する手法を提案する。また、このような行動獲得は瞬時に行われなければならないが行動を決定するためには多くの計算が必要であるため時間がかかってしまう。

そのため本論文では専用のハードウェアを設計することによってこの問題の解決を試みるとともに、柔軟なソフトウェアでの検証も行えるようソフト・ハード連動設計を試みる。

1. はじめに

ロボットなどの機械がある動作をして、その結果を評価し、その評価を自分自身の行動決定パラメータに反映させること機械学習という。機械学習では、機械自身が自分で評価できない場合には、「教師あり学習」と呼ばれる方法で、人間が期待する解をロボットに与え、その解に至るように学習のパラメータを調整する。これに対し、自分で評価することができれば、これを「教師なし学習」と呼ぶ。

本論文ではこの機械学習のうち「教師なし学習」を用いて変化する環境のなかでの最適な行動獲得および学習に、遺伝的アルゴリズム (GA) [1]に基づく機械学習 (GBML) [2]にシミュレーション要素を組み込んだ手法を提案する。今回この行動の獲得および学習の検証に疑似生態系モデルを用いる。また、このような行動獲得は瞬時に行われなければならないが行動を決定するためには多くの計算が必要であるため時間がかかってしまう。そのため本論文では専用のハードウェアを設計することによってこの問題の解決を試みるとともに、柔軟なソフトウェアでの検証も行えるようソフト・ハード連動設計を試みる。

2. 行動戦略学習方法

まず本論文で用いた疑似生態系モデルについて述べる。セル空間上に魚、プランクトン、プランクトン駆除ロボットからなる疑似生態系モデルを構成する。図1にそれぞれの利害関係を示す。本モデルでは魚がなるべく長い時間生き残ることを目的とする。魚はプランクトンを食べることによりエネルギーを

得て生き、プランクトンは数ステップ毎に自己増殖するものとする。一方で、魚はプランクトンが増えすぎると酸欠によって死滅する。したがって、魚が生きていくにはプランクトンの数が一定の水準に保たれることが望ましい。

次にロボットについて述べる。学習方法として GBML を用いる。GBML とはある問題に対して、システムの持つ IF-THEN ルール群を用いて、それに対して環境から何らかの評価を受けて、それをもとにして保持している IF-THEN ルールに対して学習を行ってより良いルールを得るというものである。GBML によって周囲の環境にあったよりよい行動を学習して、環境を維持していくことがロボット目的である。ロボットの個体表現を図2に示す。プランクトン駆除ロボットは周囲 3×3 近傍内の環境、ロボット自身のエネルギー状態、プランクトンとの遭遇履歴、don't care (入力に曖昧さを持たせるため) を入力とし、入力とルールの状態部分が一致した場合に駆除対象の駆除、上下左右への移動、そして何もしないという6つのアクションのいずれかを出力することによって行動を決定する。そして、行動に対する評価を行いその評価値を基に GA オペレータを適応する。評価値は行動前後の周囲プランクトンの数、エネルギー値、駆除報酬から求める。

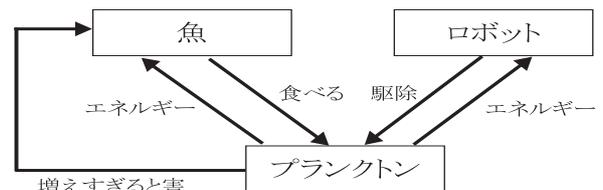


図1 利害関係

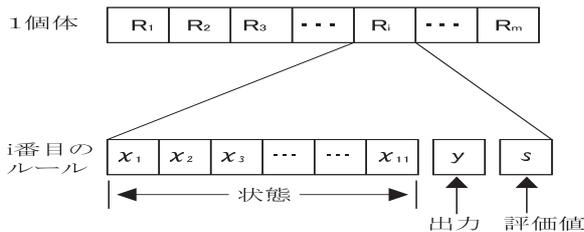


図2 1個体のルール表現方法

3. シミュレーション要素

駆除ロボットの行動決定にはそのときの周囲の状況だけから行動を決定するという刹那的なものではなく、個体ごとにある程度行動してみて将来的によいであろうと思われる行動を選択するというシミュレーション的な要素を導入する。これによって現在の状況では最善の行動ではないが将来的に見たらよい行動になりうる可能性があるという将来性を考慮した行動戦略を行う。具体的には、1個体ごとに数ステップ分シミュレーションを行い、その中で一番評価値の高かった個体の1ステップ目を実際の行動とする。

また、ロボットの行動決定には、すばやい応答が求められるため本論文ではハードウェア設計することによって応答時間の短縮を試みる。さらに、環境をソフトウェアで行いロボット(ハード)と環境(ソフト)の連動も試みる。図3に設計した回路ブロック図を示す。

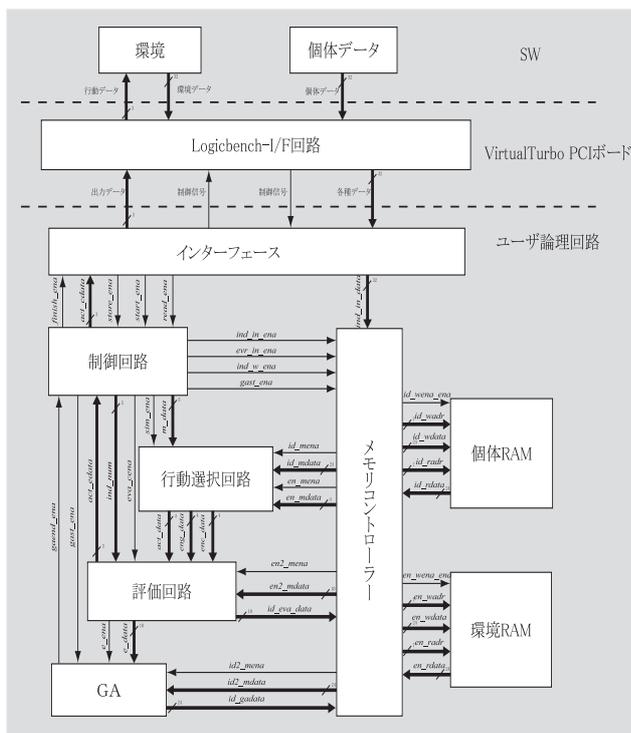


図3 回路ブロック図

4. 評価実験とまとめ

先に述べた疑似生態系を用いて評価実験を行った結果を表1, 図4に示す。表1は魚の数が25のとき、ロボット投入の有無による生存ステップ数の比較を表している。ここでの生存ステップ数とは魚が全滅するか、もしくはプランクトン数が全体の8割を超えるまでのことをいう。また、今回最大ステップ数を3万とした。

図4は魚の数25, ロボット10体における魚, プランクトン数の変化を示したものである。また、ソフトウェアとハードウェアでの1世代(200ステップ)の速度を比較したところ約9倍の速度アップが見込めた。図5はGUIにて環境の変化を表示させたものである。

本論文ではGBMLにシミュレーション要素を組み込んだ行動戦略の学習・獲得手法について、疑似生態系モデルを用いてその有効性を検証した。本論文で想定した疑似生態系モデルにおいてはその有効性を示すことができたといえる。また、応答速度に関してもハードウェア設計することによって大きな改善が見られた。

表1 生存ステップ数の比較

	魚25	魚35	魚25&ロボット10
ステップ数	202	645	18546

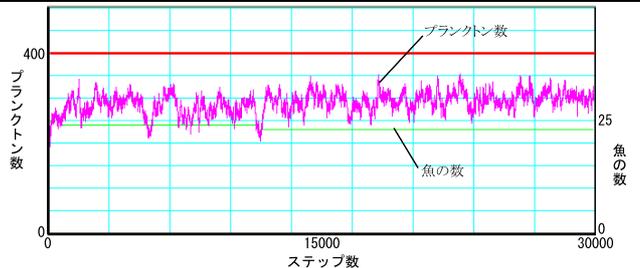


図4 ロボット投入時の魚, プランクトンの増減

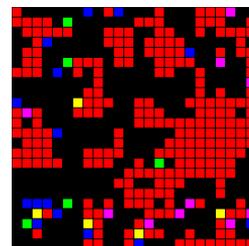


図5 ソフト側でのGUIによる表示結果

参考文献

- [1] 萩原 将文 「ニューロ・ファジィ・遺伝的アルゴリズム」 産業図書
- [2] 久保田 直行, 三原 正雅, 小島 史男, 福田 敏男 「疑似生態系のための共進化型ロボットの行動獲得」, 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol.15, No.1, pp88-97(2003)