

浮遊ロボットの開発研究（自己モデル自己生成機構の開発）

北海道大学工学部 ○飯島大典, 横井浩史, 嘉数侑昇

要 旨

本研究では、自律行動システムの実現を目指し、その実機による具現化の一手法として浮遊ロボットの開発を試みる。自律行動を決定する部分をエージェントとする場合、そこには環境適応能力が必要となる。そのため本報では適応行動の実現を目的としたエージェント内部における自己モデルの自己生成手法を提案する。本手法は外界センサとエージェント間通信、および内部のエネルギー値を情報源とし、環境と相互作用する行動ルールを獲得するものである。

1. はじめに

本研究では、自律行動システムの構築を目的として浮遊型ロボットの開発を行う⁽¹⁾。本報ではその自律的行動決定法のルール生成のために自己モデル生成機構を開発する。

生物に見られる仕組みは一般に複雑かつ巧妙であり、その工学的応用は非常に興味深く、Animat approach など多くの研究がこれまでになされているが、アメーバのような原始生物ですら依然全容解明がされたとの報告はない。

しかし、このように複雑とされる生物のメカニズムも、歩く、泳ぐといった動作の基本レベルでの制御は、脳からの指示によらず、中枢神経系の錐体外路系において、遺伝的に内蔵されているプログラムによって無意識下で行う方式をとっている⁽²⁾との報告もあり、この方式の工学的実現を目指して、本研究では各関節をエージェントと捉えマルチエージェント的制御のアプローチを行う。

一方、自律システムを考慮する場合、エージェントが自律性を確保するためには知的に自己を判断し、適切な行動をとることが要求される⁽⁴⁾。よってこの環境適応性のために我々は行動決定手法として適応振動子法を提案している。本報ではその中でも、エージェントの環境と行動との関連づけを行う自己モデル生成機構の開発を行い、提案手法を用いてエネルギー補給に絡む自律生存問題にアプローチするものである。

2. 浮遊ロボット

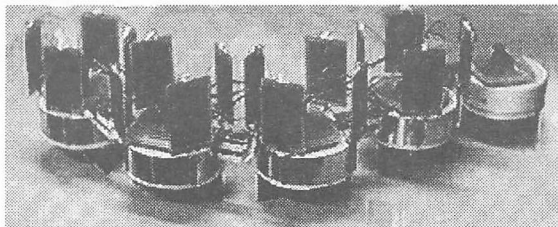


Fig.1 : Floating Robot attached solar battery

Fig.1 に浮遊ロボットを示す。本機は前述した目的のためにフィールドを水上として開発されたロボットで、水上では一端固定形や陸上走行形の複数リンク機械とは異なる問題が存在し、一方でより複雑かつ柔軟な挙動が期待されるものである。

本機は各エージェントに一つのアクチュエータ（サーボモータ）およびフロート固定型のフィンを持ち、移動のためには必然的に他エージェントとの協調を必要とする。外界に対するセ

ンサは太陽電池のみで、通信はシリアルポートを2チャンネル用いて両隣のエージェント間において可能である。

3. エネルギー補給問題

エージェントが、自身のエネルギー量の不足に応じて環境をセンシングすることによりエネルギー源を発見し、補給のために接近するという問題は、自律的行動として最も本質的なものの一つと思われる。この問題の自律的解決には幾つかの下位問題の存在が考えられるが、本報ではまず、自身の体構造および運動性能の自己認識過程を取り上げるものとし、その他の問題は既に解決済みとする。

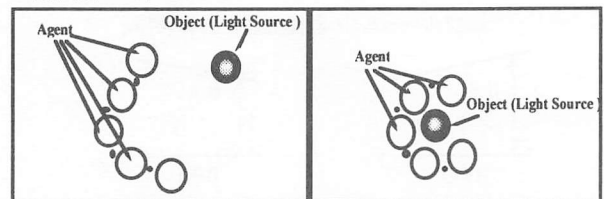


Fig.2 : the state that hasn't yet achieved the objective

Fig.3 : the state that has achieved the objective

Fig.2,3 に、この問題の目標状態への接近状態と達成状態を客観的な視点からみた図を示す。各々の図において黒い影のついた丸で表されているのが目標となる光源で、エージェントはそこからの信号を受け取り、最も強く光を受けた方向に進行したい、という欲求を持つものとする。しかし、はじめのうちエージェントは自己の体構造およびその動作手順を認識していないため、Fig.2 のように光源に近づけない状況が続く。その後、自己の行動ルールが出来上がると Fig.3 のように光源を取り囲むような振舞いが期待される。

4. 適応振動子法

浮遊ロボットの行動決定手法としては適応振動子法を提案している⁽²⁾。本方法論で目的とされる「適応行動」は、
○エージェントの内部パラメータ空間の最適化
○環境に対する合目的的行動生成
の2条件を満たすものである。そのため本方法論では、自己や他のエージェントの情報と外界情報を入力とし、環境に対し行動を出力し、それによる影響を自己の状態にフィードバックし、行動の性能を向上させるような処理系をとる手法を提案している。Fig.4 にその概念図を示す。

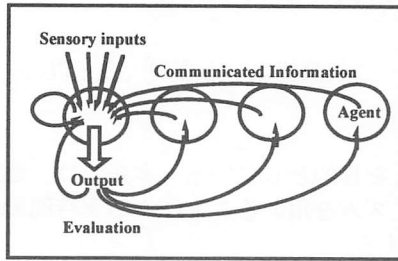


Fig.4 : the concept of the adaptive oscillator method

また各部分は以下のように設定される。

Energy……環境， エージェント間に相互に共通した統一物理量。強い光が当たるほど内部の Energy は多く蓄積。動作量が多いほど多く消費， また時間に比例して消費。

入力……外界からはセンサ情報， エージェント間通信では， 移動意思方向と次期行動のセットを入力とする。

通信……隣以外のエージェントとは， その間のエージェントを介して可能。またプロトコルは既に統一されているものとする。
行動決定と評価プロセス……本報における開発部分である。詳細は次節に記す。

5. 自己モデル生成プロセス

本報の開発目的である「自己モデル」は， 先の適応振動子法の中でエージェントが作り込む行動決定と評価に相当する内部ルールとして用意し， これは周囲の環境を含んだモデルと定義する。 Fig 5 に自己モデル生成のプロセスを概念図で表し， またその手順を述べる。

はじめセンサから入った光は， 個々のエージェントにおいて光（エネルギー）の最も強い方向を表すベクトル D_n として処理される。

$$D_n = (\text{direction}_n, \text{intensity}_n)$$

このベクトルは情報として方向と光の強さ（輝度）を持つ。このベクトル D_n の決定の際に， 個々のエージェントでは次に起こす行動 A_n の値をランダム発生させる。エージェントの行動はある単振動であり， $Amp.$ を振幅， T を周期， λ を波長としたときに変位 x の点での時刻 t における変位 y を表す式で表される。

$$y = Amp. \sin 2\pi(t/T - x/\lambda)$$

いま， 振幅および周期はエージェントが選択不可能なものとすると， 行動 A_n は上式で x/λ に相当し， 以下の値が割り当てられるとする。

$$0 \leq A_n < 1$$

通信による情報交換では， 以上の D_n と A_n が全エージェントに知られるものとし， 個々のエージェントでは， D_n を全てまとめて全体としての移動意思方向である D_{whole} と A_n のセットを行動のルールとして持つものとする。

$$\text{Rule} = (D_{whole}, A_1, A_2, A_3, \dots, A_n)$$

次に， 各エージェントは自己の行動の値である A_n に従って関節を駆動させる。

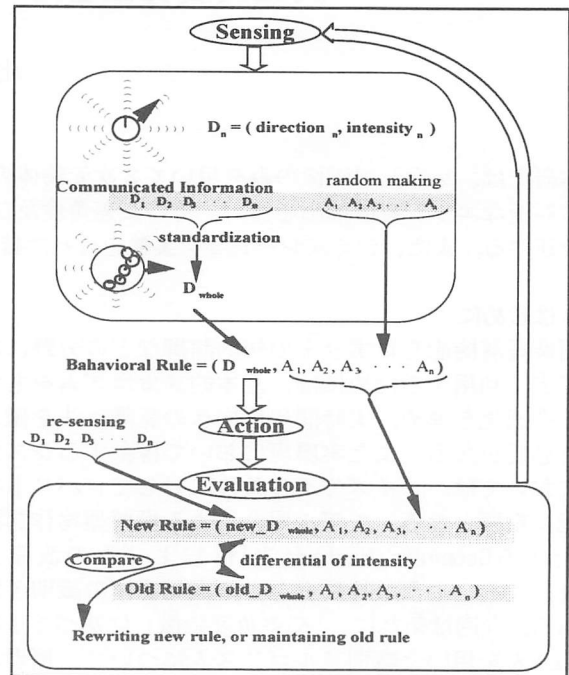


Fig.5 : the concept of the self modeling process

行動に関する評価は， 行動後再びセンシングを行い， 実際の移動方向 new_D_{whole} を検出し， アクションのセットと対し， $NewRule$ とする。さらに同方向の移動が確認されたルールが $OldRule$ として記憶されていれば輝度情報を比較し， より強いルールを記憶し， 次の行動のために再びセンシング段階に移る。エージェントはこのようなして自己の移動方向と行動とを内部のモデルとしてクラス分けする。エージェントの移動ルール更新への判断は内部の Energy 状態に依存しており， Energy 値が充分高ければ特に新たな行動ルールを生成する必要はなく， その判断は確率的に行われる。一方， そうでない場合， エージェントは必然的にルール更新動作をとり， その発現を期待するものとする。

6. おわりに

浮遊ロボットの行動決定手法の開発において， 環境との相互作用を伴う行動ルールとして自己モデル生成機構を提案し， その設計を行った。今後は提案手法に基づく自律行動生成を実機において実現していくことが課題となる。

参考文献

- [1] 飯島， 横井， 嘉数， 浮遊ロボットの開発研究， ロボティクスメカトロニクス'97 講演会講演論文集， pp.425-426, 1997.
- [2] 飯島， 横井， 嘉数， 浮遊ロボットの開発研究（適応振動子法の開発）， 第 15 回日本ロボット学会学術講演会予稿集（掲載予定）， 1997.
- [3] 加藤編， 動物のメカニズム， pp.5-732-44, 朝倉書店 1980.
- [4] Steels, Building Agents out of Autonomous Behavior Systems In L. Steels and R. Brooks, editors, The "artificial life" route to "artificial intelligence". Building situated embodied agents. Lawrence Erlbaum, New Haven, (1993).