3E4-06

遺伝的アルゴリズムによる自律移動ロボット用プログラムの進化

Evolution of program for autonomous mobile robot by genatic algorithms

蜷川　繁
Shigeru Ninagawa

金沢工業大学　情報系
Division of Information and Computer Science, Kanazawa Institute of Technology

We performed the evolution of the subsumption architecture for the autonomous mobile robot by genetic algorithms. The robot is supposed to arrive at the goal in the environment in which there are several obstacles. The fitness is calculated according to the point where the robot reaches. The robot could reach the goal within the 9th generation.

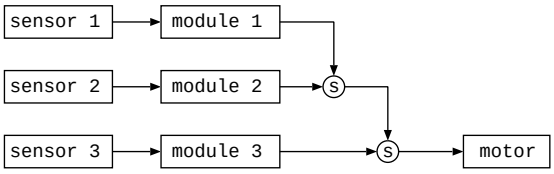

図 1: Structure of subsumption architecture. The circle indicated by s means suppressor.

1. はじめに

移動ロボット用の制御に関する処理形態としてサブサンプションアーキテクチャ（Subsumption Architecture,SA） [1] が知られている．SA においては，センサ入力は並列に動作するモジュールによって独立に処理され，モータ出力への指令へと変換される（Fig.1）．この際，各モジュールから相反する指令が出た場合，抑制ノード（図中の s のある円）は優先度の低い信号線の指令を抑制し，優先度の高い信号線の指令を通過させることによって，モジュール間の競合を解消する．Fig.1 の抑制ノードは上からの信号を優先させるため，モジュール 1 がもっとも優先度が高くなる．従来のワールドモデルを用いるアーキテクチャと異なり，SA に基づく移動ロボットは環境変化に適用した素早い行動をとることができる．

SA にしたがってプログラムを設計する際には，個々のモジュールを設計するだけでなく，それらの間の優先順位を決定することが必要となる．しかし，与えられた環境において移動ロボットが最適な動作を行なえるように，モジュールを作成し，さらにモジュール間の優先順位を設計することは容易ではない．特に，SA の利用が想定されている惑星探査等の場合などのように，環境の同定が困難である場合は，なおさら設計は困難になる．そこであらかじめ，種々のモジュールを用意しておき，それらを優先順位に応じて選ぶという方法が考えられる．しかし，たとえば，N 個のモジュール内から k 個のモジュールを優先順位の高い順に選ぶ場合，可能な場合の数は ${}_N P_k$ となることから，N, k が大きくなると全数探索は困難になる．本研究では遺伝的アルゴリズムを利用してこれらのモジュールの最適化を自動的に行わせることを試みる．

A: 蜷川繁，金沢工業大学　情報系，石川県石川郡野々市町扇が丘 7-1，Tel.: 076-248-9481，Fax.: 076-294-6709，ninagawa@infor.kanazawa-it.ac.jp

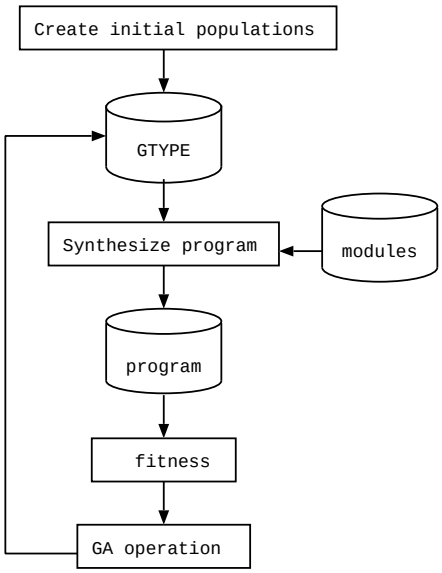

図 2: Flow of the experiment.

2. 実験方法

実験の流れを Fig.2 に示す．

あらかじめ 60 種類のモジュールを用意し，それらに 1 ～ 60 の番号をつける．これらのモジュールの中には，たとえば次のようなものがある．

- 左タッチセンサに入力があれば 0.5 秒間後進する
- 光センサが黒色を検知すれば 0.5 秒間右旋回する

これらのモジュールから 8 個のモジュールの番号を優先順位が高い順に並べるたものを GTYPE として用いる．最初の世代の GTYPE はランダムに生成したものを用いる．「プログラム生成」では GTYPE に従い，指定されたモジュールを読み込み，移動ロボットのプログラムを生成する．本研究で用いるロボットは LEGO 社の Mindstorms を使って製作した．移動ロボットのプログラムは NQC と呼ばれる C 言語に似たプログラミング言語を用いている．

こうして得られたプログラムを環境の内で動作させ，適合度を求め，GA 操作を行う．以上の操作を繰り返すことにより，環境に適応したプログラムを得ることが期待できる．

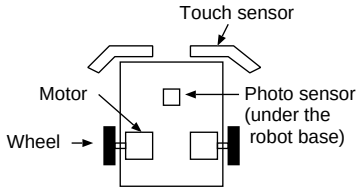

図 3: Structure of robot. It is 95mm long, 100mm wide, and 90mm high.

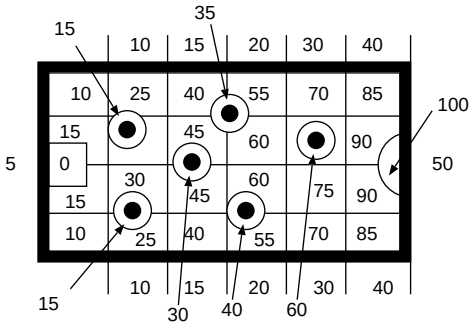

図 4: The environment of the experiment 1. Its size is 910 × 1820mm. The left rectangle is the start and the right semicircle is the goal. The circle represents a obstacle.

3. 実験

本研究で用いた移動ロボットは LEGO 社の Mindstroms を用いて製作し，長さ × 幅 × 高さは 95mm×100mm×90mm である．左右に 1 個づつ車輪をもち，前部左右には接触センサを 1 個づつ，底面に光センサを 1 個備えている（Fig.3）．

環境としては約 910mm × 1820mm の薄青色の発泡ポリスチレンフォームの平板を用いる（Fig.4）．板の端は約 50mm 幅で黒色にしてあるが，壁等はないのでロボットが端を検知せずに進むと，環境からはみ出す可能性がある．環境内には障害物が固定されている．障害物の配置をスタートに近いところに配置し，障害物の周辺の得点を小さくした．対面した短い辺の中央にそれぞれスタートとゴールがある．ゴールエリアの大きさは半径 190mm の半円形とした．ロボットの中心がゴールエリアに入った時点でゴールしたとみなす．

適度度は次式によって求めた．

$$F = (P + 21.8 - t * 0.1)/122 \quad (1)$$

ここで P は Fig.??に示した到達地点の得点を表す．t はゴールに要した時間を表し，ゴールに到達しない場合は $t = 180$ とする．各 GTYPE について 3 回の試行中の最大値をその GTYPE の適合度とする．

初期の GTYPE はランダムに生成し，個体数は 30 とし，ルーレット選択，一様交叉を用い，交叉確率は 0.6, 突然変異確率は 0.03 とした．

この実験では第 1 世代目でゴールに到達する個体が出現した．ゴールに到達したロボットの軌跡を Fig.5 に示す．この個体のモジュールを優先度の高い順に示す．

1. 左右タッチセンサがともに ON ならば 0.5 秒間左に弧を描いて進む

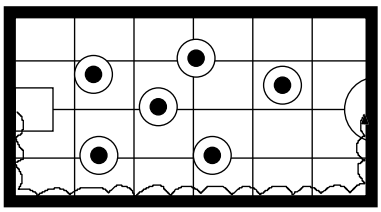

図 5: Trajectory performed by the robot which reachs the goal.

2. 右タッチセンサが ON ならば 0.5 秒間右に弧を描いて進む
3. 光センサが黒色ならば 0.5 秒間左信地旋回し，0.5 秒間前進
4. 右タッチセンサが ON ならば 0.5 秒停止
5. 光センサが白色ならば 0.5 秒間右信地旋回
6. 0.5 秒間右旋回し，0.5 秒間前進
7. 光センサが白色ならば 0.5 秒間左に弧を描いて進む
8. 右タッチセンサが ON ならば 0.5 秒右信地旋回

床面は薄青色なので，出発すると，モジュール 6 が機能し環境の外側に向かって進むが，ロボットが黒線上にくるとモジュール 3 が機能し黒線の内側に戻る．このような動作を繰り返すことにより，黒線に沿って進むようにゴールに到達することができた．

4. おわりに

最初の実験では第 9 世代，すなわち 180 種類のプログラム，また 2 回目の実験では第 1 世代，すなわち 60 種類のプログラムを探索した段階で，ゴールに到達するプログラムを生成することに成功した．今回の実験のために用意したモジュールの中には，明かに有害なモジュール，例えば，「床面が黒色ならば 0.5 秒間直進せよ」といったようなものも含まれていたが，そのようなモジュールを含む GTYPE は速い段階で淘汰されてしまった．

また，今回の実験では最高 10 世代までしか実験を行なっていないため，障害物にぶつかった場合に回避するようなモジュールは出現していない．今後は，より長い世代に渡って実験するとともに，障害物を増やすなどしてより困難な環境における進化実験を行なう予定である．

5. 謝辞

この研究は栢森情報科学振興財団の助成を受けて遂行された．

参考文献

[1] Brooks, R. A.: A Robust Layered Control System for a Mobile Robot, IEEE Journal of Robotics and Automation, Vol. RA-2, pp. 14-23 (1986).