

行動知識ベースの自動構築による智能ロボットの自律移動方式

加藤宏幸 渡部広一 河岡司

同志社大学大学院 工学研究科 知識工学専攻

1. はじめに

本研究では人のパートナーとなる知的なロボットの実現を目指し、そのために不可欠な自律走行手法を提案する。様々な外的環境によって、ロボットの移動も複雑な動きが求められる。しかし、複雑な移動の制御を計算で求めるには非常に困難である。そこで、台車の左右車輪の最適な出力を遺伝的アルゴリズム(以後 GA)を用いて求め、台車移動制御を行う手法を提案する。

2. 研究概要

2.1 自律型移動ロボット

本稿で使用するロボット「Robovie-p2car」を図1に示す。



図1 Robovie-p2car

2.2 研究の流れ

本稿で提案する手法は、左右車輪の制御命令を生成するためにGAを適用し、それらを移動ルール群として格納した行動知識ベース(以後 AKB)を構築、次にそれを用いてPCでシミュレーションを行い、さらに、実機に実装する手法である。以下にその流れについて示す。

1. 目的地点(以後サブゴール)の座標 $x(\text{mm})$, $y(\text{mm})$ を与え,GAを用いてAKBを作成する。
2. 作成したAKBを基にシミュレーションを行う。
3. シミュレーションの結果から,作成したAKBの評価を行い,評価がよければ実機にそのAKBを実装し制御を行う。
4. 実機での評価をとり,その評価を基によりよいAKBの作成を行う。

Autonomic movement of Intelligent Robot by Automatic Constructed Action Knowledge-Base
Hiroyuki Kato, Hirokazu Watabe and Tukasa Kawaoka
Factory of Engineering, Doshisha Univ.

3. 研究理論

3.1 AKB作成方式¹⁾

本研究で用いるAKB作成方式の流れは、まずロボットがタスクを実行するための初期状態を生成する。ここでいう状態とはロボットの位置 $X(\text{mm})$ $Y(\text{mm})$, サブゴールの位置 $xobj(\text{mm})$ $yobj(\text{mm})$, ロボットの左右車輪速度 $Lv(\text{mm/s})$ $Rv(\text{mm/s})$, サブゴールとロボットとの方向差 $d(\text{deg})$ のことである。これらの初期状態においてタスクを達成することのできる左右車輪加速度の最適値をGAにより求める。ロボットの状態と左右車輪加速度 $La(\text{mm/s}^2)$ $Ra(\text{mm/s}^2)$ の値をif-then形式にしたものをルールと呼ぶ。

IF($X, Y, Lv, Rv, xobj, yobj, d$)
THEN(La, Ra)

そしてタスクを達成することのできる移動ルール群をAKBに格納する。この過程を繰り返すことでAKBを構築する。AKB作成の流れを図2に示す。また、タスクの具体的な内容を以下に示す。

・タスク

1. サブゴールとロボットとの距離：300(mm)以内
2. サブゴール到着時のロボットの方向差：20(deg)以内
3. サブゴール到達までの時間：10(step)以内
stepとはサブゴール到達までの台車への命令数の単位
この3つを満たした時、サブゴール到達(タスク達成)とみなす。

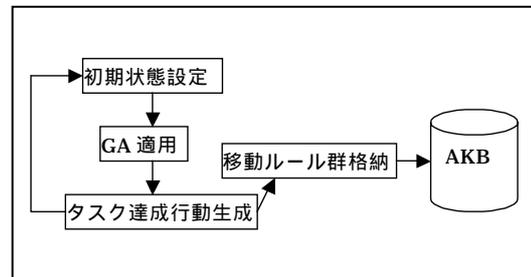


図2 AKB作成の流れ

3.2 GA適合度のパラメータ設定

パラメータ設定については、

- ・到達(最接近)までの時間：step (s)
- ・サブゴールとの最接近距離：dis(mm)

・最接近時のロボットとサブゴールの方向差：
 $d(\text{deg})$

・サブゴール到達までのエネルギー： e
(エネルギーとは加速度の大きさの和である)
とする．この時、適合度は以下ようになる．
$$\text{適合度} = \cdot \text{step} + \cdot \text{dis} + \cdot d + \cdot e$$

(但し \cdot , \cdot , \cdot , \cdot は各パラメータに対する重み)

3.3 実機での制御方法

ロボットの現在の状態をシミュレーションと同様に計算で導出し、その状態と AKB にあるルール群を比較し、最も類似したルールの左右車輪加速度を適用．これを 1 秒ごとに繰り返し、サブゴールに到達したら終了．

4. 実験結果

4.1 AKB 作成

AKB 作成において、今後カメラから得られる画像情報からサブゴールをことを想定している為、カメラで見える範囲である以下のサブゴール設定において AKB 作成を行った．

(カメラの視野角は $42(\text{deg})$)
 $Y = 0 \sim 3000(\text{mm})$ 50 刻みの 61 通り
 $\text{dobj} = -21 \sim 21(\text{deg})$ 1 刻みの 43 通り
(dobj : ロボットの向きとサブゴールとのなす角度)
 $La, Ra = -200 \sim 200(\text{mm/s}^2)$ 40 刻みの 11 通り
この条件下でタスクを達成し、AKB にルールとして格納されたサブゴールの座標分布を図 3 に示す．

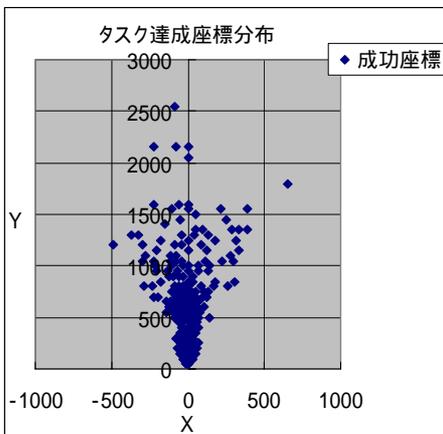


図 3 タスク達成座標分布

図 3 の分布よりサブゴールが遠くなるにつれ、タスクを達成できたサブゴールが少なくなることがわかる．

4.2 シミュレーション

4.1 で作成した AKB を用いて、シミュレーションを行った．ランダム関数を用いて、以下の範囲において、サブゴールを 100 個設定した．

$Y = 0 \sim 3000(\text{mm})$ $\text{dobj} = -21 \sim 21(\text{deg})$
その結果、タスク達成できたサブゴールは 53%、平均 step 数は 8 であった．

図 3 において分布の少ない領域において、タスクを達成したサブゴールは少ない結果となった．

4.3 実機での制御

シミュレーションにおいて、タスクを達成したサブゴールを抜粋し、実機で実験を行った．ロボットの最終到達位置とサブゴールとの距離を計測し、評価を行った．

その結果、サブゴールとロボットの最終到達位置との距離の平均は $401(\text{mm})$ となり、タスク達成には至らなかった．

実機での結果がシミュレーションの結果と大きく違う特徴は、サブゴールが遠くても、近くてもロボットとサブゴールとの距離の差はあまり変わらないという点であった．例を挙げると、

$X = 130$ $Y = 1210$ 距離の差 400

$X = 70$ $Y = 450$ 距離の差 390

である．また、step 数が 1~4 であったときロボットはほとんど移動しないという結果も得た．

5. 考察

これらの結果から、まず AKB 作成において、タスク達成条件を厳しくし、AKB の精度を向上させる必要があると考える．しかし、タスク達成条件を厳しくすると AKB の移動ルール量が減少する為、精度の高い GA の手法を用いることでタスク達成条件を満たすサブゴールの減少を防ぐ必要もあると考える．

また、実機においてはロボットは移動し始めが、出力に時間がかかるため、始めの 1, 2step は AKB 通りの出力が出ないと考えられる為、台車の速度をシミュレーションどおりに算出するのではなく、台車のオドメトリ機能から得ることで改善できるのではないかと考えられる．また、それだけでは誤差を修正しきれないと予測できるため、画像等での誤差修正も考える必要がある．

謝辞

本研究は文部省からの補助を受けた同志社大学の学術フロンティア研究プロジェクト「知能情報科学とその応用」における研究の一環として行った．

参考文献

- 1) Hirokazu Watabe, Chikara Hirooka and Tsukasa Kawaoka : " Intelligent Motion Generator for Mobile Robot by Automatic Constructed Action Knowledge-Base Using GA " , Proc. of KES 2003 PartI (Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems) pp.271-278 Springer 2003
- 2) 有賀 亮, 渡部 広一, 河岡 司 : " GA による知能ロボットの行動知識ベース自動構築 " , 2001 年 信学技報 AI2001-40 pp.47-54