

ソース提示による情報収集補佐システム

Information collection Supporting System by Source Production

嶋野 太一*¹ 今井 倫太*¹
Taichi Sono Michita Imai

*¹慶應義塾大学理工学部情報工学科
Dept. of Information and Computer Science, Keio Univ.

This paper proposes a module which makes the robot observe an environment around it to obtain the history of action and to control the generation of actions. We implemented our module to the action emerging architecture, Posit, and confirmed its behaviors.

1. はじめに

ロボットを実世界で動作させる際、環境に適応的な挙動を取る実装を行うことは、動的に変化する実世界の環境に対応する上で重要である。過去の研究では、サブサンクションアーキテクチャ[1]やポテンシャル法を用いたロボット制御[3]等による環境適応が行われている。本稿では、環境に適応的に動作するロボットに対し、行動の表現をもたせ、行動の履歴の保持や制御を可能とするアーキテクチャの作成について述べる。

環境に適応的に動作を創発しながら動く機構は、ロボットの目標や環境の状態の組み合わせでロボットを動かすために、ロボット自体が、どのような行動をしたのかという認識を持たない。一方で、一貫性のある形でロボットに行動させたり、ロボットが何を行ったのかを説明させるためには、創発された行動を自己認識する必要がある。環境に適応的に動作するロボットに対し、ロボット自体の行動の履歴の保持や、それらを利用した行動制御を行わせるには、まず、ロボット自体の行っている行動を認識する手法が必要となる。また、認識した行動に対する表現を持たせ、次の行動に影響を与える手法も必要である。

そこで、本稿では、ポテンシャル法による行動生成機構 Posit[2]をベースに、状況から判断する自体の行動認識と、認識した行動の表現に伴って、ポテンシャルを変更することによって、次の行動に影響を与える手法を提案する。

2. Posit

Posit[2]は、ユーザからの発話に応じ、外界状況を反映した行動生成を行う機構である。行動は、ユーザの発話からの制約、及び、センサ情報からの制約からポテンシャル場として生成される。Positでは、ポテンシャル場を動的に生成することにより、行動と状況の対応関係を記述として持つことなしに、多様な行動を創発する。

Positは、行動を制御するポテンシャル場として、理想ポテンシャル、制約ポテンシャル、行動ポテンシャルの三種類を生成する。理想ポテンシャルは、ユーザの発話から作られ、前進や回転といった移動ロボットの行動の基本形態を表す。制約ポテンシャルは、センサ情報から作られ、障害物を避けるといった外界の状況により発生する制約を表す。行動ポテンシャルは、理想ポテンシャルと制約ポテンシャルを合成したものであり、ロ

ボットの行動を表す。行動ポテンシャルは、各ポテンシャルを合成したものであるため、発話やセンサ情報によりポテンシャルの組合せが変化し、多様な行動を表現することができる。

Positの概略図を図1に示す。Positは、発話解釈部 (Utterance Interpreter)、及び、ユーザ追従部 (User Ditector)、注意機構 (Attention Mechanism)、ポテンシャル生成部 (Potential Generator)、モータパラメタ生成部 (Motor Parameter Generator)より構成される。図1では、Positを小型ロボット Khepera上に構成しており、Kheperaに装着されている8つの赤外線距離センサと照度センサについても提示している。[2]では、ユーザは光源で表されている。Positにおける行動ポテンシャルは、

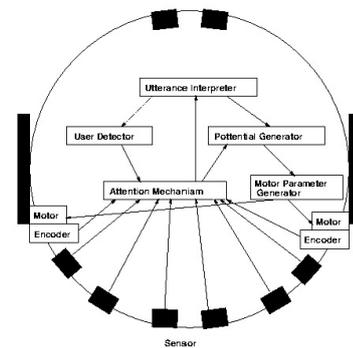


図 1: Posit の概略図

移動ロボットをナビゲートするために、空間的行動表現をとっている。座標系は、Kheperaを中心とした極座標系 (d, θ) を用いている。ポテンシャル生成部は、極座標上に、理想ポテンシャルと制約ポテンシャルを生成、合成し、行動ポテンシャルを生成している。Kheperaは、行動ポテンシャルにおいて、ポテンシャルの低い方へ移動する。行動ポテンシャルが、センサ値に反応し、時間的に変化することにより、動的な変化に対処し、リズムカルな入力に反応した行動をとることができる。

2.1 発話からのポテンシャル

Positで扱えるユーザの発話は、「おいで」、及び、「タロー (Kheperaの名前とする)」、「おまわり」の三種類である。生成される理想ポテンシャルと発話の対応関係は、行動の生成に主眼を置くため、簡単なものが予め用意されている。

各々の発話とポテンシャル(式)の対応は以下のとおりである。

連絡先: 嶋野太一, 慶應義塾大学理工学部情報工学科今井研究室, 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1, 045-560-1070, sono@ailab.ics.keio.ac.jp

「おいで」, 「タロー」に対応するものは,

$$V = (d - position_l)^2 - \cos(\theta - position_\theta) \quad (1)$$

で, 表される. ここで, $(position_l, position_\theta)$ は, 注意機構から得られるユーザの位置座標である. Khepera は, このポテンシャルにより, ユーザの方向へ近付く. 「おまわり」は, 以下の式で表す.

$$V = -A \times d + \cos\{(Moved_\theta)/2\} \quad (2)$$

ここで, A は, 正定数である. $Moved_\theta$ は, Khepera が回転した角度を表し, 注意機構がエンコーダから得る. Khepera は, このポテンシャルにより, 360 度回転する.

2.2 センサからのポテンシャル

Posit では, 注意機構で獲得されるセンサ情報と制約ポテンシャルとの対応関係も予め用意されている. 「ユーザの存在(光源)」, 及び, 「障害物」について扱われるようになっていく. 「ユーザの存在」により生じるポテンシャルは, 以下の式となる.

$$V = A \times \exp\{-(d - position_l)^2/Q\} \quad (3)$$

(A, Q は, 正定数) Khepera は, この式によって, 一定の距離だけ離れながらユーザとコミュニケーションすることになる. 「障害物」により生じるポテンシャルは, 以下の式となる.

$$v = a/(d - position_l) \quad (4)$$

$position_l$ は, 距離センサから得られる障害物との距離である. Khepera は, この式によって, 障害物を避けることになる.

2.3 ポテンシャル生成部

ポテンシャル生成部では, 各ポテンシャルを生成, 行動ポテンシャルを合成する. 各ポテンシャルは, それぞれ, 以下の式で表される活性値を持ち, 活性の度合によって選択される.

$$A_i(t) = M_i e^{-t/\tau} \quad (5)$$

ここで, i は, ポテンシャルの式の種類を表す. 活性値 $A_i(t)$ は, 始めは高い値を持つが, 時間がたつと消える. M_i は, 発話内容や, センサ情報に対応して変化するパラメタ ($0.0 \leq M_i \leq 1.0$) である.

2.4 発話解釈部, 注意機構

発話解釈部, 及び, 注意機構は, 入力 (発話, センサ情報) に対応するポテンシャルにパラメタ M_i (正定数) を与える. 現段階の発話入力は, キーボードによる入力を考えている. 注意機構は, 獲得されたセンサ情報に対応するポテンシャルに活性値 M_i を与える.

2.5 モータ制御

モータパラメタ生成部は, 行動ポテンシャルからモータ制御パラメタを作り出す. 行動ポテンシャルの坂を下る方向に Khepera を動かすため, Khepera の位置標の変化は, ポテンシャルの傾きの負の方向, $\Delta d = -\frac{dV}{dd}$, $\Delta \theta = -\frac{dV}{d\theta}$ となる. この移動の結果, Khepera は, ポテンシャルの安定点へ到達する.

モータパラメタには, 前後方向の速度 β , 左右の車輪の位相差 ϕ , 回転時の回転軸 a がある. 各モータパラメタは, 式 $\beta = \Delta d$, $\phi = \Delta \theta$, $a = 0.5$ (Khepera の中心を回転軸とした) によって決められる.

2.6 ユーザ追跡部

ユーザ追跡部は, 発話解釈部により起動され, 注意機構のユーザクラスタを活性化し, 発話者を追従する. 注意機構では, ユーザ追跡部からの活性化に従い, 照度センサと距離センサから, ユーザの位置座標 ($position_l, position_\theta$) を獲得する. 具体的には, $position_\theta$ は, 照度センサから, $position_l$ は, 距離センサから得る.

ユーザが, 見つからない時には, ランダムな方向の ($position_l, position_\theta$) が獲得される.

3. 行動認識とポテンシャル変更

本稿では, 上記の Posit をベースにして, 自己の行動認識と, 認識した行動表現に基づいて, ポテンシャルの更新を行う自己認識モジュールを組み込むことを提案する. 図 2 に自己認識モジュール (Self Recognition and Expression Module) の組み込んだ Posit の概略図を示す.

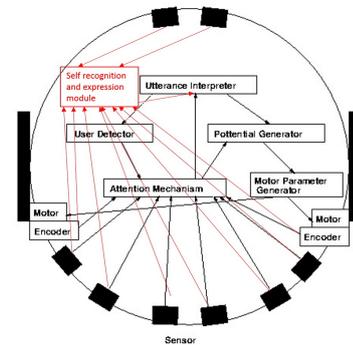


図 2: 自己認識モジュール組み込み Posit

3.1 自己認識

自己認識モジュールは, ロボットの周囲の状況だけでなく, ロボットの動作についても入力として受け取る. そして, 現在の行動と, 周囲の状況から, ロボット自体が今何をしているかについて認識を行う. 現段階では, 速度やセンサの値から, 割り当てられた行動のうちのどれに属するかを認識する.

3.2 行動表現

自分の行動を認識した後, モジュールは, 行動に対する表現を持ち, その表現に対応するポテンシャルの更新要求を, 発話からのポテンシャル同様に出力する. 本稿の実装では, 認識した各々の行動に対し, 予め設定した表現のテーブルからランダムで選ばれた表現を持ち, その表現に対応するポテンシャル場の更新が行われるものとなっている.

3.3 動作例

例として, ユーザが Khepera に, おいでと発話した時について取り上げる. まず, Khepera は, ユーザを探す動きを行う. この時の動きは回転運動である. 自己認識モジュールは, この回転行動に対して, 何かを探している, という認識を得る. その認識をもとに, まだ目標が見つからない, という表現が選択され, ユーザの存在のポテンシャルにおける正定数が更新され, ユーザにより早く近づく値となる. 次に, ユーザを見つけ, 近づく段階となった時に, より速い速度で, ユーザのものに向かうようになる. ここで, Khepera が早く近づきすぎているということを認識し, その結果, より離れて止まるようなポテンシャル

が選択し直される。より遠くで止まった Khepera は、光源との距離が遠いことを認識し、より近くへ進むポテンシャルに更新しなおし、ユーザの元へ進むこととなる。

4. 総括

本稿では、周囲の状況に対して適応的に動きつつ、ロボット自体の行動に対する表現を持ち、その表現を元に、ロボットの行動を変化させるロボットに対し有用なモジュールを提案した。当モジュールは、行動生成機構 Posit に組み込む形で実装し、Khepera を実装したシミュレータや、実機に対して Posit とともに組み込み、その行動の変化を検証した。今後は、文脈に沿った形での表現を持ち、動作に一貫性を持てるよう、改良を加える予定である。

参考文献

- [1] Daniel Toal, Colin Flanagan, Caimin Jones, and Bob Strunz. Subsumption architecture for the control of robots. In *Proc. of the IMC*, Vol. 13. Citeseer, 1996.
- [2] 今井倫太, 永嶋美雄. ロボットとの状況依存インタラクションに関する研究. 情報処理学会研究報告. SLP, 音声言語情報処理, Vol. 96, No. 74, pp. 25–32, 1996.
- [3] 津崎亮一, 吉田和夫. ファジィポテンシャル法に基づく全方位視覚を用いた自律移動ロボットの行動制御. 日本ロボット学会誌, Vol. 21, No. 6, pp. 656–662, 2003.