

センサ情報に基づく動きの知識化 -微分情報を用いた動作時間の抽象化-

室蘭工業大学 情報電子工学系専攻 11054019 北山直樹

1. 序論

近年、家庭やオフィス、公共施設など、人間が生活するような環境におけるロボットの活躍に注目が集まっている[1]。このような環境は、同じ場所でも時間の経過によって状況が少しずつ変化する、動的環境であるといえる。動的環境において、ロボットは環境の変化に応じて自身の動作を変化させ、適応することが要求される。

状況に応じて適切なロボットの動作を生成する研究としては、様々なアプローチから研究がなされてきた[2,3]。しかし、これらの手法には、家庭やオフィスなどの現場における利用者には扱いづらいという問題があった。そこで、“Motion Space”と呼ばれる手法が先行研究として提案された[4]。利用者は Motion Space における動きの設計方法を知らずともロボットに動作を指示することができ、またロボットへの動作の教示によって動きの設計図を更新することが可能であった。

しかし、Motion Space の動きの設計図は時間軸を含み、動作の時間経過に依存しているという問題があった。そこで本研究では、微分情報を用いた動作時間の抽象化によってこの問題を解決する。本研究によって提案する手法を Motion Space TS (Time Substitution) とする。

2. 知識空間

Motion Space において、動作の設計図として知識空間というものを用いていた。知識空間とはセンサ情報（環境に対するロボットの状態を表す）とその時間経過を表す時間軸からなる空間であり、各軸を一定間隔で分割し、その一単位をセルとしていた。このセルに動作の頻度を選択頻度という値に分解して与え、知識化を行っていた(図 2.1)。

この空間に時間軸があることによって、いくつかの問題が生じていた。その問題を解決するために、本研究では過去の状態に基づく動作生成方向の絞り込み(図 2.1)、微分情報を用いた動作の前後関係の確定(図 2.2)によって問題を解決する。

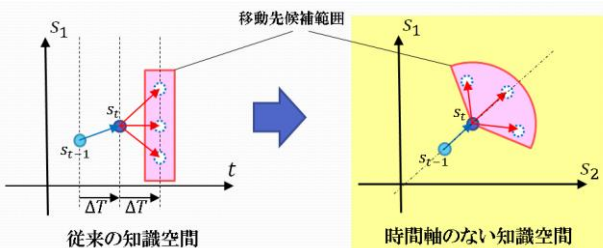


図 2.1 過去状態に基づく動作生成方向絞り込み

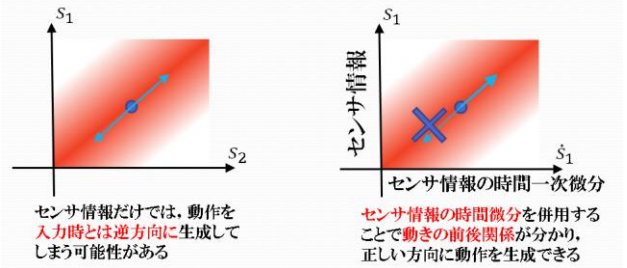


図 2.2 微分情報を用いた動作の前後関係の確定

3. Motion Space TS によるロボットの動作

知識空間によってロボットを動作させるシステムは、動作知識化部と動作生成部からなる(図 3.1)。動作知識化部とは、センサから得たロボットの動作データを用いて知識空間を更新する部分である。式(1)、(2)を用いて、各セルを更新する選択頻度の値を決定する

$$u_{i_1, i_2} = \begin{cases} \left(\frac{2}{33(q_{i_1, i_2} Q)^2 + 1} - \frac{1}{16(q_{i_1, i_2} Q)^4 + 1} \right) \times C & (q_{i_1, i_2} \leq 0.18Q) \\ \left(\frac{2}{33(q_{i_1, i_2} Q)^2 + 1} - \frac{1}{16(q_{i_1, i_2} Q)^4 + 1} \right) \times C(0.2^{D-1}) & (0.18Q < q_{i_1, i_2} \leq Q) \\ 0 & (\text{otherwise}) \end{cases} \dots (1)$$

$$p_{i_1, i_2} \leftarrow p_{i_1, i_2} + u_{i_1, i_2} \dots (2)$$

動作生成部とは、動作知識化部によって知識化された知識空間とセンサから得られるロボットの状態を用いて、環境に応じたロボットの動作を逐次生成する部分である。式(3)~(8)によって、ロボットに出力する指令値を決定する。

$$R_t = \begin{cases} \beta_1 + |v_t| \times \beta_2 & (\beta_1 + |v_t| \times \beta_2 < \beta_3) \\ \beta_3 & (\text{otherwise}) \end{cases} \dots (3)$$

$$\Phi_t = \pi \frac{\beta_1^2}{R_t^2} \dots (4)$$

$$k_{t+1} = \frac{p_{max}}{\sum_{i_1=0}^{n_1} \sum_{i_2=0}^{n_2} p_{i_1, i_2} w_{i_1, i_2}} \times \alpha \dots (5)$$

$$a_t = \frac{k_{t+1} \times (N_{t+1} - M_t) - v_t \times \gamma}{m} \dots (6)$$

$$v_{t+1}^d = v_t + \Delta T a_t \dots (7)$$

$$M_{t+1}^d = M_t + \Delta T v_{t+1}^d \dots (8)$$

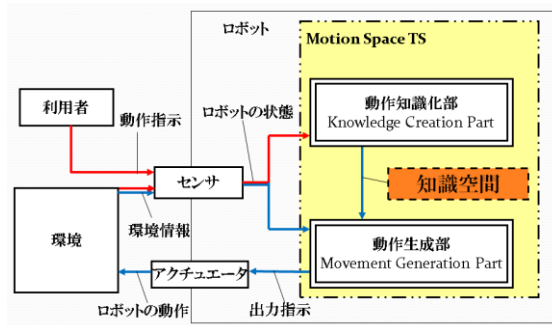


図 3.1 ロボット動作システムの概要

4. 検証実験

以上の手法と先行研究を比較し、提案手法によって先行研究の問題点が改善されたことを確認する。入力として用いた動作データを図 4.1 に示す。同じ動作を時間軸に平行に移動して作り出した 2 種類の動作を交互に 3 回ずつ知識化することによって、2 種類の動作が 1 つの動作として判断されるかを確認する。提案手法では式(9),(10)によって近似計算される角速度と角加速度を用いた。

$$\dot{\theta}_t = \frac{\theta_t - \theta_{t-1}}{\Delta T} \dots (9)$$

$$\ddot{\theta}_t = \frac{\dot{\theta}_t - \dot{\theta}_{t-1}}{\Delta T} \dots (10)$$

本実験において先行研究によって生成された知識空間では 2 種類の動作は別々に知識化されたが、提案手法によって生成された知識空間では 1 つの動作として知識化された (図 4.2)。また、先行研究によって生成された動作は 2 種類の動作の特徴が交互にあらわれるものであったが (図 4.3)、提案手法によって生成された動作は、1 種類の動作を開始位置をずらして生成したものとなった (図 4.4)。

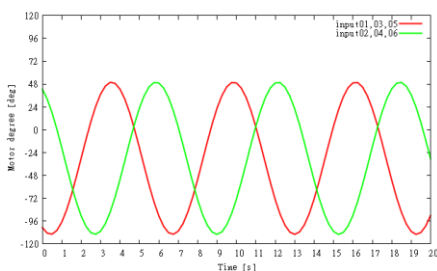


図 4.1 入力に用いた動作データ

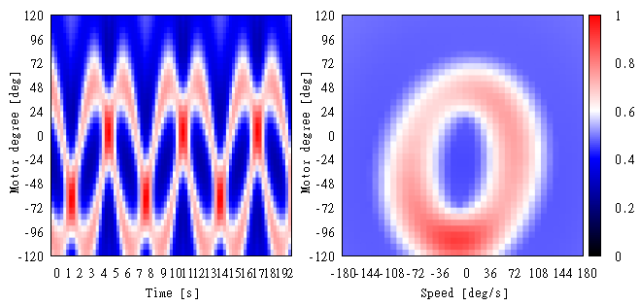


図 4.2 先行研究の知識空間 (左) と提案手法の知識空間の加速度方向の断面 (右)

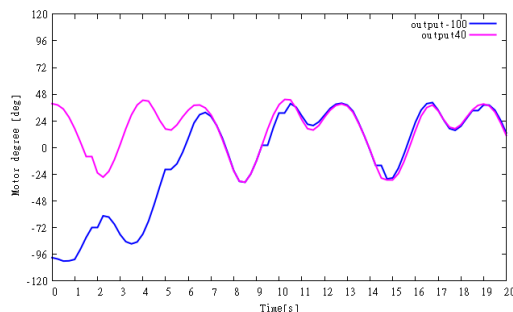


図 4.3 従来手法の出力結果

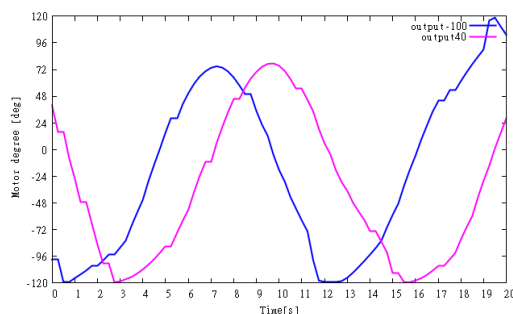


図 4.4 提案手法の出力結果

5. まとめ

本研究では、知識空間に時間軸があることによって生じていた問題を解決するために、時間軸を用いない知識空間とそれをを用いたロボット動作手法、Motion Space TS を提案した。また、実験によってその有用性を検証した。

参考文献

- [1] 油田信一, 水川真, 橋本秀紀: “つくばチャレンジのねらいと成果”, Journal of the Society of Instrument and Control Engineers, Vol.46, No.9, pp.572-578, 2010.
- [2] 岡田昌史, 中村仁彦: “脳型情報処理を行う力学系の多項式設計法とそのヒューマノイドの全身運動生成への応用”, 日本ロボット学会誌 Vol.22 No.8 pp.1050-1060, 2004
- [3] Yoshitaka Sakurai, Nakaji Honda, and Junji Nishino: “Acquisition of Knowledge for Gymnastic Bar Action by Active Learning Method”, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol.7, No.1, pp. 10-18, 2003
- [4] Kentarou Kurashige, Naoki Kitayama and Masafumi Kiyohashi: “Proposal of Method “Motion Space” to Express Movement of Robot”, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol.16, No.6, pp. 704-712, September 2012