

Motion Space TS における動作生成手法の提案

— シミュレーションによる動作検証 —

室蘭工業大学 情報電子工学系学科 4年 認知ロボティクス研究室 挾間重直

1. はじめに

ロボットが一般家庭に普及するにあたって、ロボットへの動作指示が容易であることと環境の変化に適応した動作をすることが望ましい。そこで、ロボットを扱う人が専門知識を持たずに動作を教示できる手法の先行研究の1つとして Motion Space^[1]が存在する。

2. 先行研究

2.1 概要

ロボットの動作から動きの知識を形成し、その知識を利用する手法である Motion Space について説明する。利用者はロボットを操作することで動作を教示する。教示動作に対してロボットはセンサ等で状態を取得する。Motion Space は取得した値を基に動きの知識を生成する。動きの知識は時間とセンサで取得する状態と選択頻度で構成した知識空間に表現する。知識空間の構成を図1に示す。動きの知識はセンサで取得した動作の軌跡に対して近いセルに選択頻度というパラメータを与えることで生成する。ロボットの動作を知識空間に知識化し、その後知識空間とセンサ情報を基にロボットの動作を生成する。知識空間は時間軸 t とセンサ軸 S_1, S_2, \dots, S_n によるセルと選択頻度で構成される。選択頻度は、教示動作を軌跡とみた場合のセルの近くを通る頻度であり、セルに値を与える。

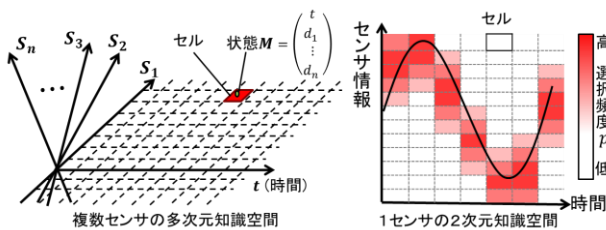


図1. 知識空間の構成

2.2 先行研究の問題

先行研究の Motion Space は知識空間の構成要素に時間軸を使用している。そのため、教示する動作の時間を定め、最大値を設定する必要性や同一の周期動作において始点が異なる場合、別の動作の知識として知識化される不具合がある。

そこで私たちの研究室では、知識空間から時間

軸を取り除き、代わりに状態の前後関係を示すことができる Motion Space TS (Time Substitute) が私たちの研究室で提案された。(図2) 知識空間の構成と動作知識化までは提案されており、今回その動作生成手法の提案を行う。

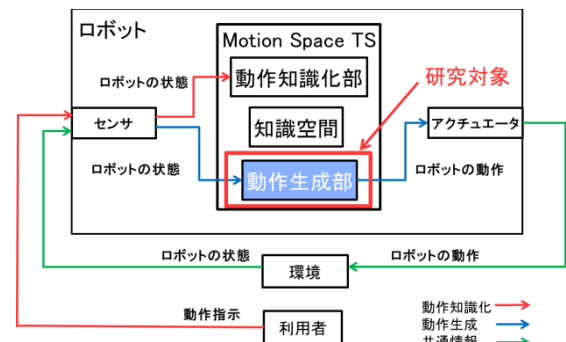


図2. Motion Space TS の概要図

3. 研究目的

Motion Space TS の動作生成手法を提案し、シミュレーションにおいて知識空間から動作生成を行うことを目的とする。

4. 提案手法

4.1 アプローチ

知識空間からロボットの動作を生成することについて考える。生成したい動作はいくつかの性質を持つ。1つ目は、知識空間上の選択頻度の高い状態(セル)へ引きつけられる動作である。2つ目は、ロボットのハードウェアを考慮し、実際の動作や外乱など(ロボットの状態が異常かセンサ値の外乱)に対して無理なく目標に近づける動作である。これらの性質を考慮するため、知識空間上で力を与える仮想の球を用意する。この球に知識空間上で力を与え、運動を行うことで動作を生成する。

先行研究と比較して知識空間からの仮想的な引力の受け方を変更した。先行研究は現状態の仮想球に周囲の各セルの中から一番選択頻度の高いセルからのみ力を受けていた。提案手法では現状態の仮想球に周囲の各セルからの力を総和して与えている。周囲全てのセルからの力を考慮することでより細かく仮想球の運動を制御し、動きの知識を考慮した動作を生成できると考える。

4.2 動作生成部のプロセス

動作生成において、時刻 t のときロボットの状態を動作生成部へ入力する。動作生成部は、センサから入力された状態を知識空間内の現時刻の状態点として認識し、仮想球を配置する。その状態点の周囲状態から受ける選択頻度の仮想引力 a_t を

(1) (2) (3) 式で計算する。現時刻の状態点と時刻 $t-1$ の状態点からロボットの実動作の影響を仮想球運動で表したベクトル v_t' と、仮想引力による運動ベクトル $\Delta T a_t$ を(4)式で合成して仮想球の運動 v_{t+1} を生成し、仮想球の次状態 M_{t+1} を(5)式で求める。仮想球の運動を計算して求めた仮想球の次状態の位置が示す状態点をロボットの次状態として出力する。ここまですを各時刻で行い、繰り返すことで動作生成する。

$$k_{i_1, i_2} = (p_{i_1, i_2} - p_t) \times \alpha \dots (1)$$

$$a_{i_1, i_2} = \frac{k_t (R - |N_{i_1, i_2} - M_t|)}{\dots} \dots (2)$$

$$a_t = \sum_{i_1=0}^{n_1} \sum_{i_2=0}^{n_2} a_{i_1, i_2} \dots (3)$$

$$v_{t+1} = v_t + \Delta T a_t \dots (4)$$

$$M_{t+1} = M_t + \Delta T v_{t+1} \dots (5)$$

5. シミュレーション実験

5.1 実験概要

シミュレーション実験を行い、提案手法による問題点の解決を確認する。実験設定としてロボットの身体をアクチュエータ 1 つと角度センサの構成とする。知識空間は角度、角速度を状態軸として構成する。シミュレーション実験概要図を図 3 に、実験パラメータを表 1 に示す。

表 1. 実験パラメータ

パラメータ	値
教示時間[s]	19.75
サンプリング時間[s]	0.25
Motion Space TS の角度範囲[deg]	-120 ~120
1セルの角度範囲[deg]	6
Motion Space TS の角速度範囲[deg/s]	-180 ~180
1セルの角速度範囲[deg/s]	6
選択頻度加算範囲半径[セル]	6
選択頻度探索範囲半径[セル]	5
1時刻1セルごとの選択頻度加算最大値	1
係数 $\alpha_m = \frac{\alpha}{m}$	0.12

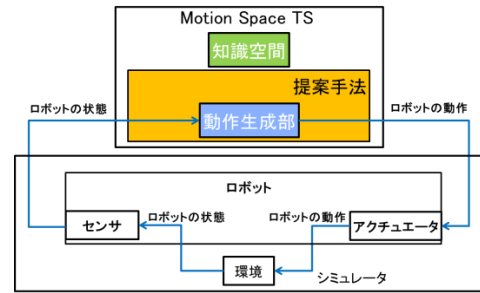


図 3. シミュレーション実験概要図

5.2 実験結果

Motion Space TS を適用したロボットのシミュレーションで動作の生成を行った。異なる始点からの周期動作の知識空間を入力として使用した。実験に使用した知識空間を図 4 に示す。知識空間から生成した出力動作を図 5 に示す。図 5 を見ると入力動作に近い動作が生成できたことがわかる。

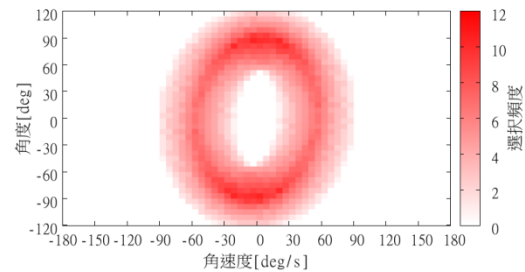


図 4. 実験で使用した知識空間

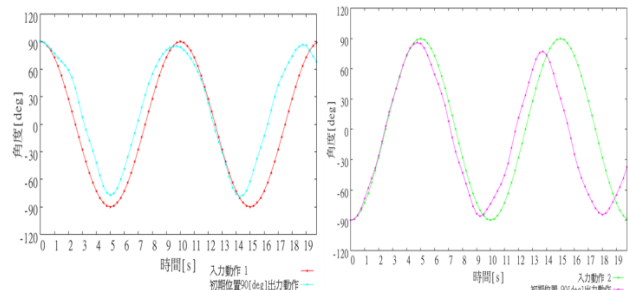


図 5. 異なる動作開始の教示動作と出力動作

6. まとめ

提案手法を用いて周期動作による時間軸のない知識空間から動作が生成できることを確認した。

参考文献

- [1] Kentarou Kurashige, Naoki Kitayama, Masafumi Kiyohashi: Proposal of Method "Motion Space" to Express Movement of Robot, "Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics(JACIID), Vol.16, No.6, pp. 704-712, September 2012