

# 動きの知識における時間情報の抽象化

情報電子工学系専攻 コンピュータ知能学コース 11054019 北山直樹

## 背景

ティーチングに近い方法によってロボットの動きの情報を蓄え、その情報を元にロボットの動作をロボastsに生成する手法が必要とされてきた

ロボットの動作情報を『動作の知識』として蓄える手法“Motion Space”を考案した

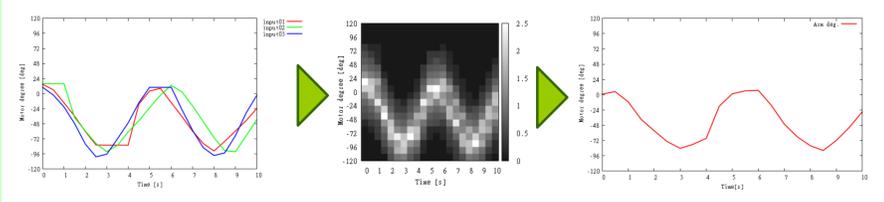


図1 Motion Spaceの概要

- ・知識を選択頻度 (Selection Frequency) という値の分布で表すことができた
- ・Motion Spaceに蓄えられた情報からロボットの動きを生成することができた

## 問題点

ロボットの動作時間がMotion Spaceの大きさに依存してしまう

- ・Motion Spaceの大きさを決めるときに、動作を記録する時間を決めなければならない
- ・上で決めた時間以上の長さの動きを記録することはできない

ひとつのMotion Spaceには、決まった動作時間の動きしか教えられない

## 本研究の目的

時間情報を抽象化してMotion Spaceに知識化する手法を考案する

時間軸を用いずにMotion Spaceに動きの知識を蓄え、その知識から利用者が望んだ動きを生成することができる手法を提案する

- ・ひとつのMotion Spaceに、動作時間の違うさまざまな動きを教えることができる
- ・任意の周期での繰り返し動作を教えることができる

## 提案手法

Motion Spaceには、選択頻度の高さとして動きの知識が記録される。

動作生成時は、Motion Space内を仮想の球が移動していると仮定して、球が徐々に選択頻度の高いセルに近づくよう、球に加速度をかけて次状態を決定する。

図2, 3は、ロボットの状態  $M_t = \begin{pmatrix} \theta_t \\ \dot{\theta}_t \end{pmatrix}$  である場合のMotion Spaceの図である

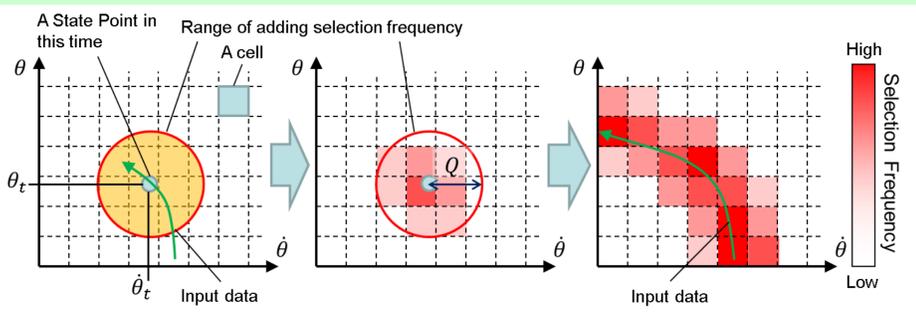


図2 Motion Space形成プロセス

$$u_{i_1, i_2} = \begin{cases} \frac{C}{1 + q_{i_1, i_2}} & (q_{i_1, i_2} \leq Q) \dots (1) \\ 0 & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad p_{i_1, i_2} \leftarrow p_{i_1, i_2} + u_{i_1, i_2} \dots (2)$$

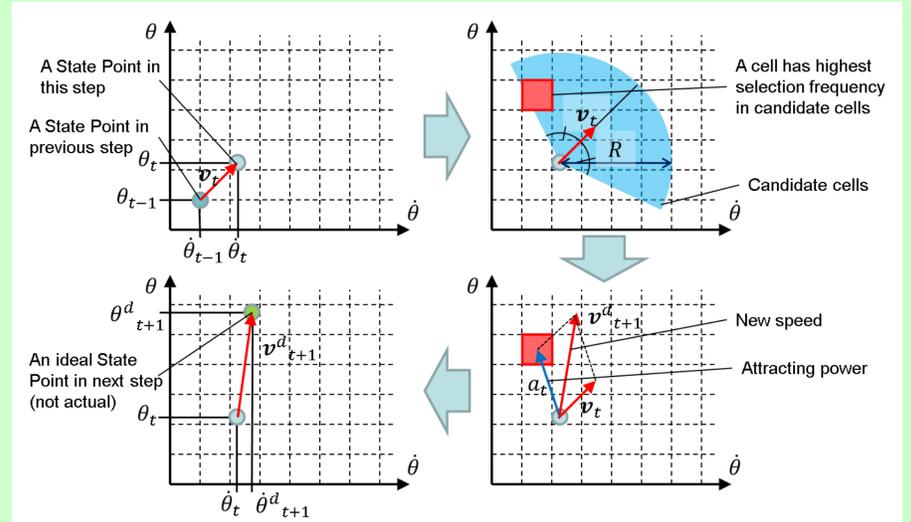


図3 動作生成プロセス

$$k_t = \frac{p_{max}}{\sum_{i_1=0}^{n_1} \sum_{i_2=0}^{n_2} p_{i_1, i_2} w_{i_1, i_2}} \times \alpha \dots (3)$$

$$a_t = \frac{k_t \times (N_{t+1} - M_t)}{m} \dots (4)$$

$$v_{t+1}^d = v_t + \Delta T a_t \dots (5)$$

$$M_{t+1}^d = M_t + \Delta T v_{t+1}^d \dots (6)$$

$$M_{t+1}^d \rightarrow \text{Robot} \rightarrow M_{t+1}$$

## 実験

実験目的: 提案手法により、時間軸のない頻度空間から動作を生成することができることを確認する

実験概要:

- ・角度の情報と角速度の情報を組み合わせ、時間情報の抽象化を試みる
- ・ロボットを座らせた状態で固定
- ・動きを入力した後、入力時と同じ時間、入力時より長い時間でそれぞれ動作の生成を行い、その結果を入力と比較する
- ・教示データの inputs は、ロボットを通して人の手で行う
- ・教える動作は、繰り返し可能な反復動作とする

実験手順:

1. 実験者は一定時間ロボットの腕を動かし、動きを教示する
2. 実験者はシステムに、3回教示データを元にMotion Spaceを更新させる
3. 実験者はロボットを動作させ、Motion Spaceから生成される動作を確認する

検討する項目:

- 項目1. 再現性  
教示時に入力した動きと生成された動きがどの程度似通っているか
- 項目2. 教示時間への非依存性  
動作時間を教示時間より長くてもロボットは動作を続行可能であるか

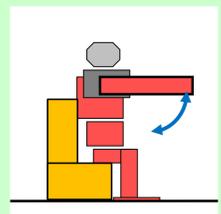


図4 タスクのイメージ

$$M_t = \begin{pmatrix} \theta_t \\ \dot{\theta}_t \end{pmatrix} \quad \left( \dot{\theta}_t = \frac{\theta_t - \theta_{t-1}}{\Delta T} \right)$$

本実験におけるロボットの出入力値

表1 実験パラメータ

パラメータ	値
サーボ可動範囲[deg.]	-120~120
角速度範囲[deg./s]	-120~120
教示時間[s]	10.0
動作時間[s]	10.0or40.0
時間ステップ $\Delta T$ [s]	0.25
角度区切り[deg.]	6.0
角速度区切り[deg./s]	6.0
頻度加算セル距離Q	8
動作候補セル距離R	7
仮想重量m	0.03
傾斜係数 $\alpha$	15.0
1ステップにおける最大加算選択頻度C	1.0
選択頻度初期値	0.0

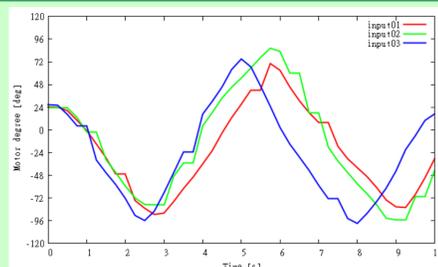


図5 入力した動作データ

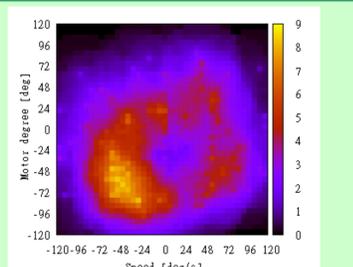


図6 入力後の選択頻度の分布

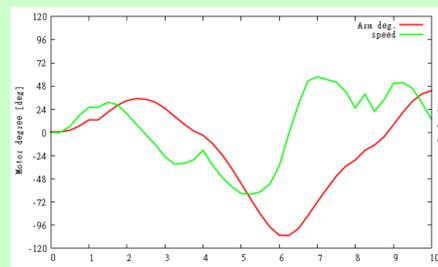


図7 動作時間10秒のときの出力動作

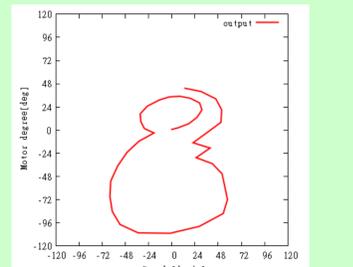


図8 角度と角加速度の関係

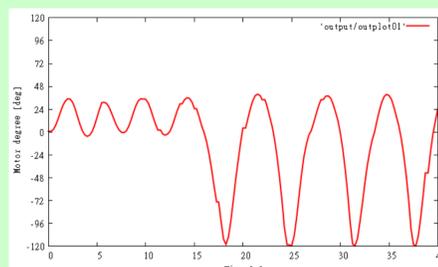


図9 動作時間40秒のときの出力動作

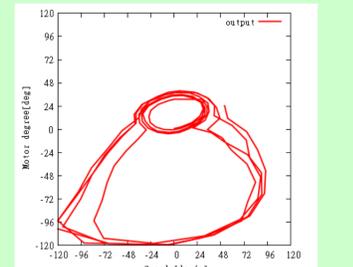


図10 角度と角加速度の関係

## 考察

動作の再現性: 同じ時刻における再現性は非常に低いといえる。時間をずらせば似通った動作である可能性もある。これに対し、入力動作(また、従来手法による生成動作)と提案手法による生成動作の適切な比較方法を考える必要がある。

教示時間への非依存性: 動作の再現性はさておき、教示時間の10秒を超えて動作が生成され続けることを確認した。また、周期的な繰り返し動作が観測された。

## 今後の方針

・動作の再現度向上

- ・入力した動きにより近い動きを生成できるよう手法を改良する必要がある (新たな時間情報(角加速度など)の使用etc)
- ・また、動作が加速度0付近に収束してしまう問題がある (これはMotion Spaceの次元数増加で解決する可能性がある)

・多次元への適用

- ・アクチュエータ数、センサ数が増加した場合でも動作が生成可能であることを確認する

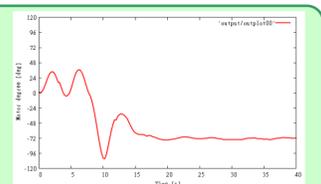


図11 動作が収束する場合