

「無意識下の運動生成のための探索的アプローチ」

北大 情報科学研究科
原口誠

目的・目標

- モーションデータの活用・流通の加速化
- 豊かな表現力を持つ**動作バリエーション**の生成手法
- 動作の規範，類型・典型的な動作
 動詞に対応する標準動作 (in MDB) を活用
 規範動作の**再利用**，**模倣**，**同化**
 別の学習アプローチもあり，**自由度に依存するか ...**
- 見かけ上の滑らかな動作ではなく、
 ダイナミクスも考慮した動作生成。
- **無意識的な動作：**
 どうしてそうするの？ 体に聞いてよ

無意識 + (運動目的にかかわる) 意識
検索 + (検索結果も活用した) 合成

処理の概要

規範動作(動詞に対応)



(部分的に)再利用・変換



個人に依存した特性・特徴を反映させる

データベース

筋骨格系



人体：1関節筋，多関節筋からなる筋骨格系



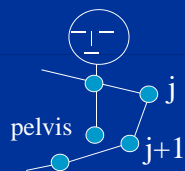
ロボット工学の標準的な教科書：リンクとジョイント

動作データ

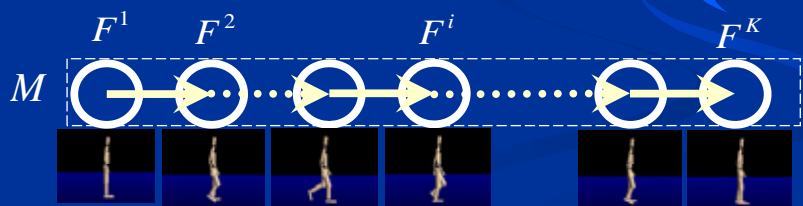
- 動作データ M はフレーム F^i の列

$$M = (F^1, \dots, F^i, \dots, F^K)$$

$$F^i = \{p_0^i, \theta_1^i, \dots, \theta_{22}^i\}$$
 - p_0^i : 座標系に関する位置
 - θ_j^i : 関節 j (体節の姿勢)

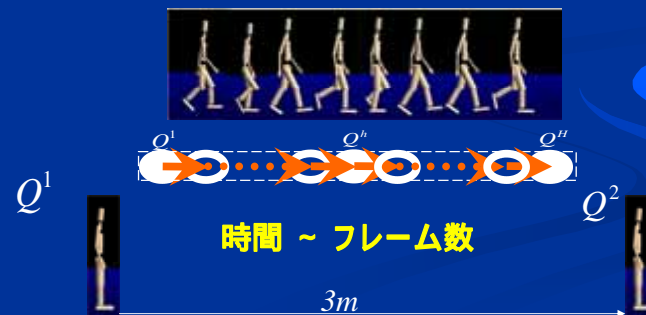


自由度 58



検索質問 (クエリフレーム)

- 検索質問はフレームとして与える
- クエリフレーム Q^h はユーザが生成動作に含みたい状態を入力する
- 極端な場合は、初期・最終の2状態 (ゴール)



再利用できる部分とは?

- 目標動作の一部を (修正の上) 生成しやすい
- 「生成しやすい」とは?
逆運動学, 動力学的にみても妥当な動作
- エネルギーをできるだけ消費しないこと

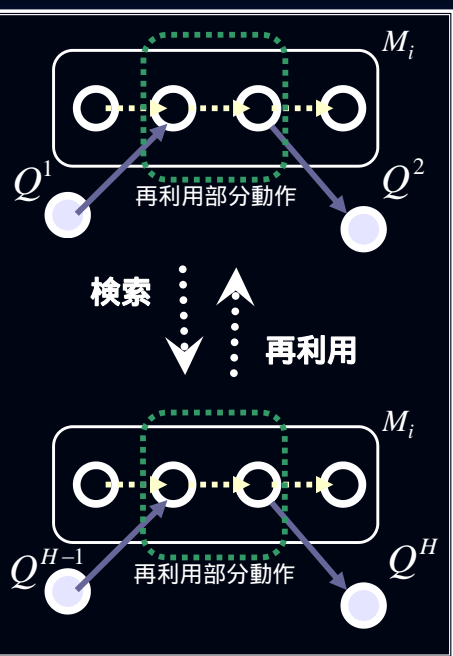
発想の根拠・先行研究:
書字運動の (軌道) 生成

Q^1, \dots, Q^H

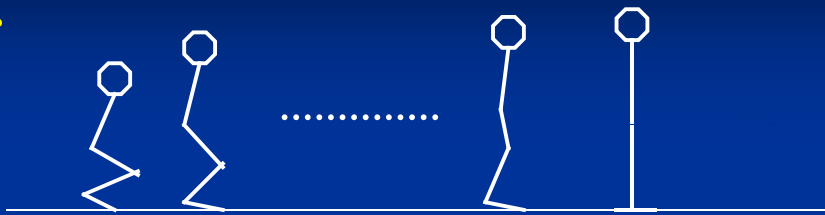
検索処理

Motion Database

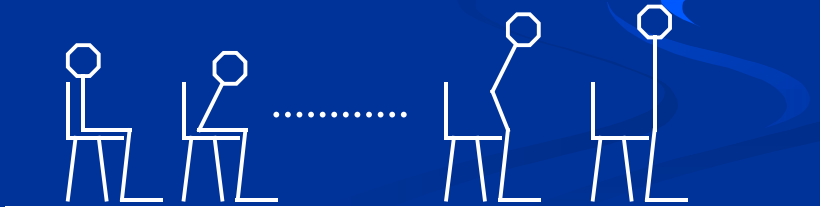
$M_1, \dots, M_i, \dots, M_N$



規範動作には、
体に関いた結果得られた無意識動作が含まれている。



それを抽出し、現在の問題に取り込む

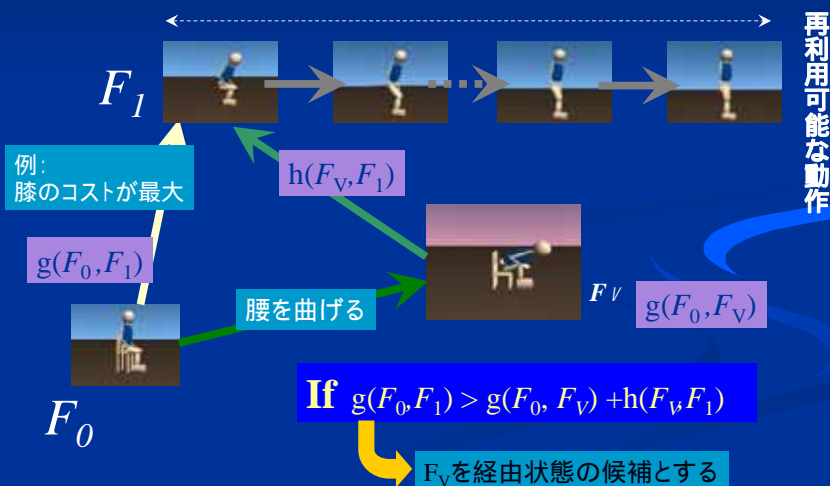


関節角レベルのプランニング



A* もどきのアルゴリズム

経路状態を作りだす：実コストと見積もりコスト



状態列とエネルギー

$$\frac{d}{dt}W = P = Fv$$

$$W = \int_{t_1}^{t_2} Fv dt$$

仕事の時間的効率：Power

関節を動かしたときに生じる力：Newton-Euler 法など

コスト：仕事量：エネルギー使用量
コストは、状態系列(力, 速度)を時間に関して足しこむ
(トルク, 角速度)

Cost Function

Cost = Sum of energy changes on every joint and body-segment

- Transition Cost Function $g(S, S')$
 - Energy change of joint
 - Energy change of body-segment
- High computational complexity



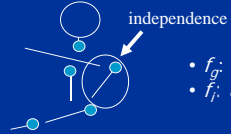
- f_g : gravity
- f_e : an external force
- f_j : an inertia force
- f_a : a force from adjacent joint

$$g(S, S') = g_\tau(S, S') + g_\phi(S, S')$$

$$g_\tau(S, S') = \sum_j \left| \tau_j(S, S') \cdot \frac{d\theta_j}{dt} \right|$$

$$g_\phi(S, S') = \sum_b \left| \phi_b(S, S') \cdot \frac{dp_b}{dt} \right|$$

- Estimated Cost Function $h(S, S')$
 - The computational complexity lower than g
 - $g(S, S') \approx h(S, S')$



- f_g : gravity
- f_i : an inertia force

$$h(S, S') = h_N(S, S') + h_F(S, S')$$

$$h_N(S, S') = \sum_j \left| N_j(S, S') \cdot \frac{d\theta_j}{dt} \right|$$

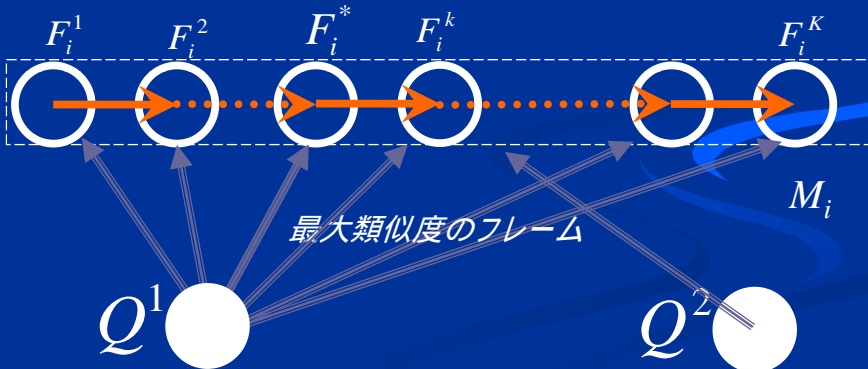
$$h_F(S, S') = \sum_b \left| F_b(S, S') \cdot \frac{dp_b}{dt} \right|$$

近似コスト計算

- 2つの力（重力，慣性力）を考慮し，力，トルクのエネルギー変化量を求める
- 隣接した体節からの外力を無視。したがって，力の伝播計算を無視する。
- 遷移コストの約20%の計算量
力とトルク：ニュートン・オイラー法

実コスト + 見積もり近似コストが
できるだけ小な経路状態を見つける

見積もりコストで、再利用可能な部分を見つける

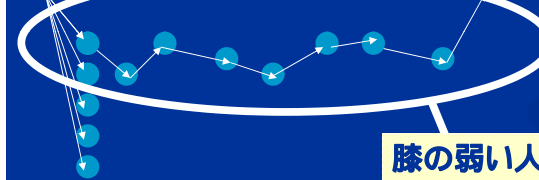


適用処理

標準キャラクタ S



強度パラメータを変えた場合の処理：強い人はそれなりに、弱い人もそれなりに ...



Sの仕事/Sの強度
= Tの仕事/Tの強度

膝の弱い人

目標キャラクタ T

強度は、各部位毎に与える。左右で異なっても良い



動作生成例

- Q^1 : 位置 (0,0,0) に立っている
- Q^2 : 位置 (0,0,3) に立っている
- 検索処理: 約34秒 (500個のモーションデータ)
- 補足処理: 約10秒

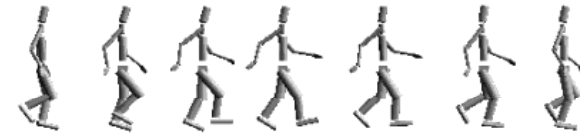


検索例 (top 3)

1. Walking with swinging hands



2. Walking with confidence



3. Walking sleepy



トップ事例を用いた場合



議事・討論

- 適用処理で用いた原理はアドホックなもの
痛み、ストレスに応じた動作生成。
心理的な要因も？
- 個人毎の特徴は個人の体に聞いてみる(動作せしめる)
- コーチングへの応用:
個人に適した動作