

歩様パターンの生成とその感性評価

Generation of Walking Patterns and Sensitive Evaluations

- 三浦 郁奈子, 大瀧 保明, 佐川 貢一, 猪岡 光
○ Kanako Miura, Yasuaki Ohtaki, Kohichi Sagawa, Hikaru Inooka

東北大学情報科学研究科

Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

キーワード: アミューズメントロボット(Amusement Robots), 歩様(Walking Pattern), 感性評価(Sensitive Evaluation), S D 法(Semantic Deferential Method),

連絡先: 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉01 東北大学工学部機械系2号館 猪岡研究室
三浦 郁奈子, Tel:(022)217-7021, Fax:(022)217-7019, Email: kmiura@control.is.tohoku.ac.jp

はじめに

アミューズメントを目的としたロボットは、古くから日本のからくり人形やヨーロッパのオートマタなどがあった。近年になってアミューズメントロボットという言葉がよく聞かれるようになり、当研究室でも池浦らにより、コンピュータ制御で踊るダンシングロボット、CCA(Computer Controlled Automata)が開発されている¹⁾。

人の興味をひく、あるいは人を楽しませることを目的としてロボットを作るのならば、当然それは最も効率良く安定して歩きさえすれば良いというものではない。逆に不安定な歩き方や、無駄にも思える動きというものが強い印象を与える

こともある。

今回の報告では、様々な歩行パターンを画面上で人為的につくりあげ、感性評価を用いることで、動きの特徴と人が受ける印象との関連を見出すことを試みる。

また、現在まで研究室で開発されてきたアミューズメント目的のダンスロボットは、ジョイスティックで教示することで動作を生成していた²⁾。しかしこれはダンスの振付けに熟練していない教示者にとって非常に難しい作業である。そこで踊りの素人にも簡単にこのダンスロボットに踊りをさせるための方法が必要となってきた。すでに木津らが、静止姿勢の連結による動作教示支援ソフトを開発している³⁾。

今回の調査のために筆者が作成した動作再生ソフトは、関節角度の時系列データより動きを再生するもので、更にこのデータを簡単に書き換えることができ、これもまた一種の動作教示支援ソフトと考えることができる。このソフトの紹介もあわせて述べる。

脚モデル

今回は簡単のため、下半身のみのモデルを考える(Fig.1)。自由度は6つに設定した。左右の股、膝、足首関節の屈伸である。上下動については各々の関節の動きから生じるものとする。

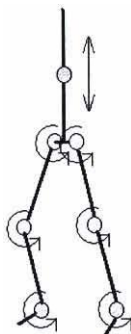


Fig.1 関節自由度

各体節の長さは動作データを得た成人男子被験者の体のサイズを、端数を切り捨てて用いることにした。体節の重さは無視する。左右方向への力は無視し、重心は常に側方から見て股関節の位置にあるものとする。

動作表示ソフト

今回の感性評価を行うにあたり、様々

な歩様を作り出し、すぐに被験者に提示できるようなプログラムが必要となった。ただ単に、様々な人間が歩いている映像を見せてしまうと、歩行している人物の外見に強く影響を受ける可能性がある。これを避けるために、関節角度の時系列データをもとにして、同一の体型の上で歩行を再構築することにした。また、モデルとなる歩行者に対して毎回全く同じ歩行を要求したい時や、更に一つの関節の可動範囲を制限したデータが必要な時なども、このソフトを用いて時間一関節角度の波形の一部を書き換えることによって簡単に実現でき、実験の効率もはるかに増す。このような理由から波形を書き換えるソフトを作成した(Fig.2)。

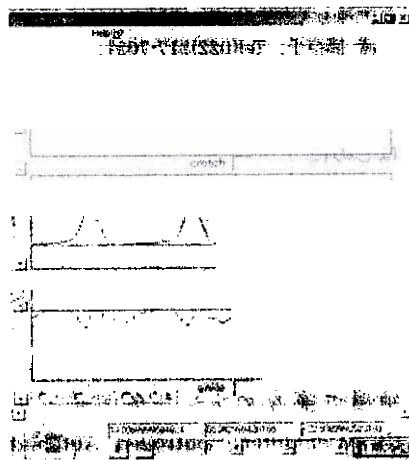


Fig.2 動作再生ソフトコントロール画面

このソフトでは、各関節角度の時系列データの書かれたファイルの読み込み・再生を行い、また、その各々の波形に加減乗除の演算をし、変形後のデータを保

存する、同時に、そのデータから得られる動きも、動作表示用画面で確認することが可能である(Fig.3).

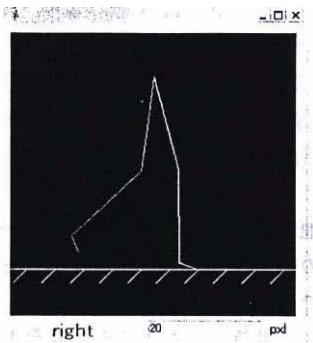


Fig.3 動作表示用画面

データの妥当性の確認

上で述べたステップ画像表示ソフトでは、この動きを実際にロボットで再現した場合の安定性に関しては検証がなされていない。このため、妥当性を確認することが必要である。

この検討には、この2次元上でのゼロモーメントポイント(ZMP)を計算した。

二次元における ZMP 計算は、水戸部ら⁴⁾の方法に従った (Fig.4).

床からの力 F は実際には脚の機構を経由して質点に作用するが、本研究では脚機構を考慮に入れずに質点位置とその加速度のみで計算を行った。

結果として、元の波形からの変化が小さいものは ZMP がおおよそ足底領域内にあったが、もとの波形から大きく変化させたもの、特に位相をずらしたものなどは ZMP が足底領域内に追従しなかった



ZMP x

Fig.4 質点の運動

SD法による感性評価

人が何かに対して持つイメージを数値化する作業には、しばしば SD 法が用いられる。SD 法とは、対照的な意味をもつ形容詞対を数直線の両端に配置し、被験者の評価対象に対して受けた印象の度合いを、その数直線上に記してもらう手法である(Fig.5)。

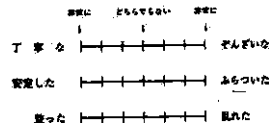


Fig.5 感性評価記入用紙

今回用いた形容詞対は 30 組である (次頁表 1)。

今回の実験では、これから見せる歩行の種類や歩行者に対する予備知識を与えていない 6 人の被験者に、様々な歩様を見せそれを評価してもらった。

下品な—上品な
 粗野な—優雅な
 大雑把な—緻密な
 荒削りな—洗練された
 ぞんざいな—丁寧な
 不均衡な—バランスのとれた
 かたい—柔らかい
 苦しい—楽な
 不快な—快適な
 醜い—美しい
 乱れた—整った
 無駄な—効率的な
 装飾的な—機能的な
 小さい—大きい
 弱々しい—力強い
 下手な—上手い
 ぎこちない—なめらかな
 遅い—速い
 いかつい—華奢な
 力んでいる—脱力した
 きびきびした—のろのろした
 急いだ—ゆったりした
 軽率な—慎重な
 不安な—安心な
 軽快な—重々しい
 消極的な—積極的な
 はっきりした—ぼんやりした
 意思的な—無意識な
 粗雑な—細やかな
 疲れた—元気な

表1 使用した形容詞対

評価対象となる歩様は以下の通りである。

- ・ある1人の歩行をそのまま何も手を加えない波形

- ・一歩分の波形を切り取り、それをつなぎ合わせた左右全く同じ波形
- ・足首関節の可動範囲が、もとの波形の0.25, 0.5, 2, 4倍のもの
- ・膝関節の可動範囲が、もとの波形の0.5, 0.75, 1.5, 2倍のもの
- ・股関節の可動範囲が、もとの波形の0.5, 0.75, 1.5, 2倍のもの

他にも左右の波形の位相や、一つの間節の位相をずらしたデータも作成したが、後で述べるZMP(ゼロモーメントポイント)の計算をしたところ、非現実的な歩行と判断されたので破棄した。

足首関節の波形のみ変更度合いを大きくした。これは、最も体節の短い足は、他の関節と同じ割合で動かしても違いがあまり出ないことが予想されたので、より動きを際立たせる目的で行った。

結果と分析

得られたデータから、形容詞対同士の相関係数を求める。

相関係数 r は以下の式で表される。

$$r_{i,j} = \frac{\sum_k \sum_l (x_{ki} - \bar{x}_i)(x_{lj} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_k \sum_l (x_{ki} - \bar{x}_i)^2 \sum_k \sum_l (x_{lj} - \bar{x}_j)^2}}$$

ここで i と j は形容詞対の別を表し、 l と k は歩行形態の別を表す。

これにより、高い相関を持つ形容詞対をひとまとまりのカテゴリーに分け、カテゴリー毎に対して、どの関節の動きがより大きな影響を与えるのか調べた。

結果を Fig.6-14 に示す。また、カテゴリーの数値例を表2に示す。

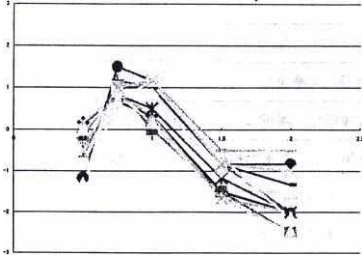


Fig.6 股関節「見た目の快適さ」

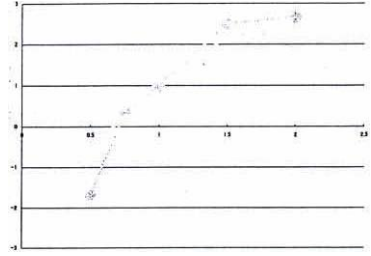


Fig.9 股関節「躍動感」

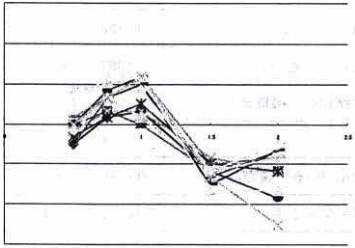


Fig.7 膝関節「見た目の快適さ」

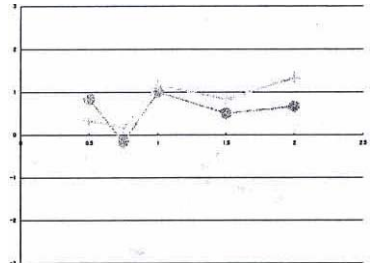


Fig.10 膝関節「躍動感」

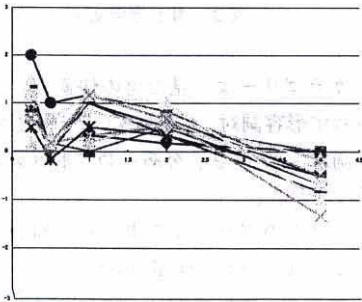


Fig.8 足首関節「見た目の快適さ」

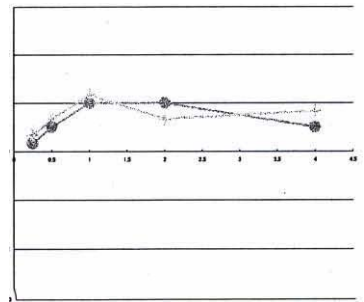


Fig.11 足首関節「躍動感」

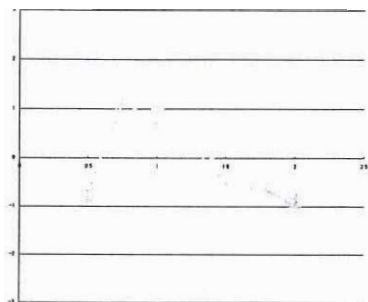


Fig.11 股関節「巧みさ」

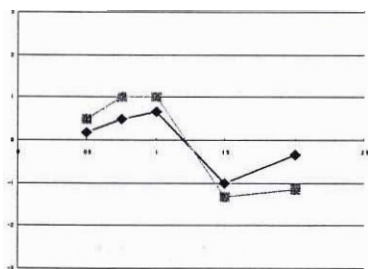


Fig.11 膝関節「巧みさ」

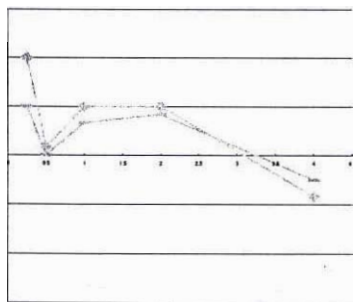


Fig.11 足首関節「巧みさ」

	第1因子	第2因子	第3因子
下品な—上品な	0.6244	0.728	0.3934
粗野な—優雅な	0.7091	0.8086	0.5448
大雑把な—緻密な	0.7204	0.7955	0.8094
荒削りな—洗練された	0.7684	0.8018	0.5368
ぞんざいな—丁寧な	0.8319	0.8917	0.5239
不均衡な—バランスのとれた	0.9049	0.9022	0.5035
かたい—柔らかい	0.8107	0.9032	0.3857
苦しい—楽な	0.8402	0.9454	0.3894
不快な—快適な	0.9209	0.9351	0.4209
醜い—美しい	0.7828	0.9194	0.4557
乱れた—整った	0.887	0.9128	0.5442
装飾的な—機能的な	1	0	0
かんでいる—脱力した	-0.8314	-0.8455	-0.5244
下手な—上手い	-0.8103	-0.927	-0.3114
固有値	25.1846	7.6157	4.1211
因子寄与率	58.5	17.7	9.8
%	58.5	76.2	85.8

表2 因子分析結果

カテゴリーは「見た目の快適さ」をあらわす形容詞対、「躍動感」をあらわす形容詞対、「巧みさ」をあらわす形容詞対に分けられた。

これらのグラフから得られる傾向としては、以下のものが挙げられる。

股関節の可動範囲は、「躍動感」をあらわす形容詞対の多くに影響する。可動範囲が大きくなると、力強さが強く印象づけられ、逆に可動範囲が狭いと、弱々しい印象を与えることが分かる。

また、膝関節に関しては、大きく動い

でも直接「躍動感」には影響を及ぼさない傾向がある。また「装飾的な」という項目では、可動範囲が増すほど評価も上がる傾向にあった。

足首関節に関してはあまり大きな特徴は見出せなかった。体節の長さが他の体節に対して短いので、あまり動きが目立たないということが原因のひとつと考えられる。

可動範囲の増加に対する、形容詞評価の線形的な関係を求めるところまではまだ至っていない。動作と印象を結びつける、適確な関連を得ることができれば、ある程度の動きなら、「こんな動きをしない」と要求すれば、そのような特徴を持った動作を自動的に生成する、というアルゴリズム実現の可能性がある。

おわりに

本研究は、時系列データの書き換えによる歩様の生成について紹介した。また、このソフトを用いて、関節の可動範囲と、歩様から受ける印象の因果関係についての調査を行った。

歩様の特徴づけに関しては、関節角度の可動範囲、位相、重心の動き、速度、加速度など、様々な要因が複雑にからみあっている。大まかな特徴づけのみにおいては、関節の可動範囲でもある程度違いが見られたが、細かな部分では推定が更に困難である。歩行の個人差も問題になると考えられる。

また今後の課題としては、歩様パターンを生成するソフトが、実際のロボットで動かせるかの妥当性を欠き、後からZMPを計算するなどの不手際があった。

今後は実現可能であるかをシミュレートさせ、そこから歩様パターンを生成してゆくようなソフトに改良してゆく必要がある。

¹⁾ 池浦良淳, 猪岡光:ダンシングロボット, 日本ロボット学会誌, vol.14, No2, pp.200/203(1996)

²⁾ R. Ikeura, and H. Inooka: Manual control approach to the teaching of a robot task, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol.24, No.8, pp.1339/1346(1994)

³⁾ 木津, 猪岡ら:静止姿勢の連結による自動人形の動作生成, 計測自動制御学会第38回学術講演会予稿集, Vol.38, pp683(1999)

⁴⁾ 水戸部, 矢島, 中野, 那須:ゼロモーメント点の操作による歩行機械の制御, 計測自動制御学会東北支部第177回研究集会, 資料番号177-21(1998)

⁵⁾ 中森義輝:感性データ解析, 17/50, 森北出版(2000)