

4足獣(犬)のCGによる歩行

3N-3

水野裕識 田淵仁浩 村岡洋一

早稲田大学理工学部

1 はじめに

本稿では、CGによる犬の滑らかな歩行パターンの生成法について述べる。犬の歩行パターンは時間的に変化し、周期的に繰り返される運動である。歩行運動は3種類の歩行パターン(常歩、速歩、駆歩)と歩行パターン間の推移からなるとする。以下、前者を定常状態と呼び、後者を連結状態と呼ぶ。ワイヤフレームで表現された歩行アニメーションで、歩行が滑らかに行なわれるには、時間毎に区切られた画面での動作状態を決める関節角度を決定することと、単位動作間を連結することが必要となる。従来からのキーフレーム法で中割りされた動作の関節角度は実際の運動における関節角度に必ずしも等しくない。そこで実際の歩行動作の関節角度を1周期の関数とした。また各歩行パターンで脚の位相をシフトさせた。この結果各歩行パターン表現およびその変化の推移表現は滑らかに行なわれ、見た目自然な運動に感じられる。

2 犬の歩行特性

犬の歩行パターンは、脚が空中にある状態の遊脚相と地面に接触している立脚相が交互にあらわれる。そして移動速度に応じて4本の脚はこれら2相の位相状態が変化し、歩行パターンが変化する。1周期は遊脚時間(Tswing)と立脚時間(Tstance)の和で表わされる。

$$T(\text{周期}) = T_{\text{swing}} + T_{\text{stance}}$$

しかし、ここでTswing(遊脚時間)は、移動速度によらずほとんど変化しない。これをVTRで確認した結果を、表1に示す。

表1: 歩行パターンに対する歩行周期(単位msec)

	amble(普通歩行)	trot(速足)	gallop(駆足)
支持相	0.6-0.63	0.17-0.2	0.10-0.13
遊脚相	0.26-0.33	0.20-0.23	0.26-0.33
周期	0.86-0.96	0.37-0.43	0.36-0.43

Tswing(遊脚時間)を固定すれば、Tstance(支持時間)で周期が決まる。歩行ストライドを一定とすると周期から移動速度が求まり、この移動速度が歩行パターンを決定する。また各脚の位相のずれは歩行パターン毎に異なることが報告されている[2]。

3 犬のモデリング

犬の歩行動作をワイヤフレームのアニメーション化する。犬の形状は骨格に基づくので、図1のように骨格構造(スケルトン)モデルとする。各脚は、第0、第1、第2、

第3関節を持ちそれらを動作区分点として指定する。ここで各ローカル座標毎に指定された関節位置を順運動学によりグローバル座標へと変換すれば1画面における犬の骨格表現ができる。

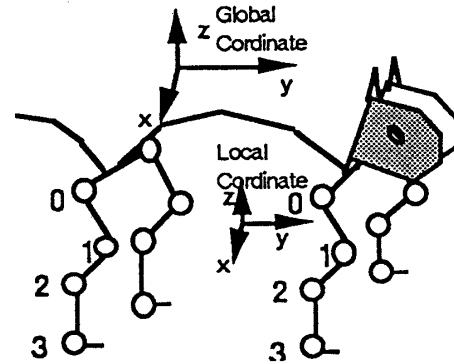


図1.犬の骨格定義

4 問題点

アニメーション化とは、キャラクタの動作状態を1画面内で決定し、そのように決められた画面列を次々と表示することである。3で定義した骨格構造モデルに基づいた1画面内の動作状態は、各関節角度によって決められる。このように決定された動作列の動作を滑らかに見せる要件として1)プリミティブとなる基本単位動作が滑らかに行なわれること、2)それらの単位動作を連結しても動作が途切れないことが挙げられる。1)で画面列は時間毎に区切られて生成されるので、時間毎の関節角を決定しなくてはならない。しかし、キーフレームで中割りされた動作における関節角は実際の運動の関節角度と必ずしも等しくない。そのため順次生成される画面列上で動作が滑らかに見えるような関節角を決定することは容易でない。2)は単位動作を連結すると、各関節角の大きさが画面間で大きく異なり、それまで遊脚相にあった脚が支持相に移行してしまう。そのため歩行単位動作は簡単に連結できない。そこで連結後の歩行パターンの各脚を遊脚相から始めるアルゴリズムが必要となる。

5 アニメーション作成

歩行動作中における関節角の周期関数化の方法と、その関数を用いて犬が歩行する定常状態の関節角の決定方法について述べる。また歩行パターン間の位相調整アルゴリズムについて説明する。

5.1 動画像から関節角の抽出方法

歩行は常歩、速歩、駆歩の3種類からなり、繰り返される周期運動である。そこで関節角を歩行の動作周期関数と

A' Method of making Legged Locomotion for CG

Hironori MIZUNO Masahiro TABUCHI Yoichi M URAOKA

Waseda University

して表わす手順を以下の(1)から(3)に示す。

- (1) 歩行を真横より撮影したビデオ映像の1/30秒間隔ごとの静止画面において左すみを原点にとり、各関節の位置座標を推定し値を取る。
- (2) 関節位置座標から各関節角を算出する。
- (3) 関節角を5次式補間し、周期関数化する。

この操作手順を3種類の歩行パターンの遊脚相と立脚相において前脚と後脚について行ない1周期の関節角度関数を決定する。常歩パターンの前脚の関節角を図2に示す。

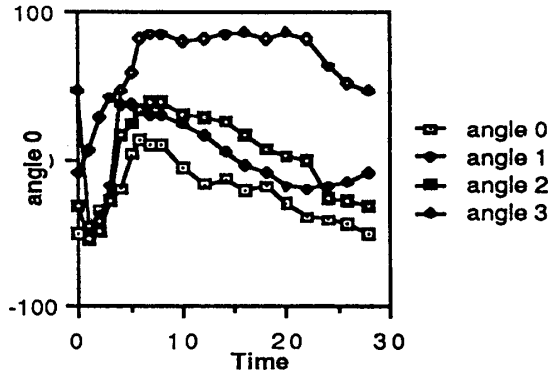


図2.常歩パターン前脚の周期関節関数

5.2 関節角度の決定方法

歩行速度を与えるとその歩行周期が求まり歩行パターンが決定される。この歩行パターンにより定常状態か連結状態かを決定してから関節角を求める。この様子を図3に表す。定常状態での各関節角度 Ank_{ij} は次式により決定される。

$$Ank_{ij} = Ank_{ij0} + Ank_i(t \bmod T) \quad (i=0..3, j=0..4)$$

Ank_i : 各歩行パターンの関節角関数

Ank_{ij0} : 各脚の位相差に従って決められる初期状態

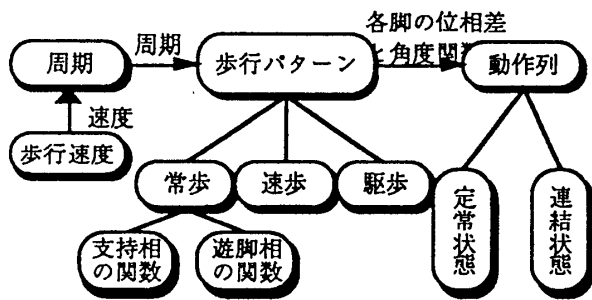


図3.動作列の生成順序

5.3 位相調整アルゴリズム

各歩行パターンにおける脚の位相は、それぞれの歩行パターンに固有である。歩行パターンをかえる時、位相調整を行ない、各脚が遊脚相から始める連結状態に移行してから次の定常歩行パターンに移行する。ここでは、同周期(同速度)を持つ2つの歩行パターン間(常歩、速歩)を位相調整を例にとる。常歩の位相は図4.aに、速歩の位相は図4.bに表す。これらの図は左前脚(FL)の遊脚相を基準として、他の脚位相がそれぞれずれている。常歩から速歩へ移行する位相調整の手順について以下の1)から2)で述べる。

- 1) 常歩パターンと速歩パターンの各脚毎の位相差を最小にする方法で速歩位相をシフトする。シフトする位相を次のように求める。

$$\text{Shift phase} = \frac{\sum \{\text{Pattern1 leg } i - \text{Pattern2 leg } i\}}{\text{number of legs}}$$

位相シフトした結果、図4.dのようになる。これにより各脚の位相が全て同位相ずれる。

- 2) 各脚毎に位相の引き伸ばしを行ない、生成する動作画面数の増減を調整する。遊脚相では関節角度の変化が急なため、角度変化の少ない支持相を調整することにする。以下に脚の位相で行なう手順をに述べる。

2.1) 脚毎に常歩パターンに比べて支持相が短いもの (FL,FR) を、速歩パターンの支持相の終了時点まで引き伸ばし、常歩パターンの最終動作状態を維持してから速歩パターンの遊脚相を開始する。

2.2) 逆に支持相が長いもの (BL,BR) を支持相の終了時点まで縮めてから遊脚相を開始する。

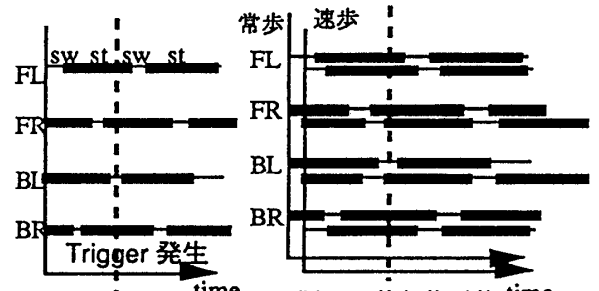


図4.a 常歩の位相状態

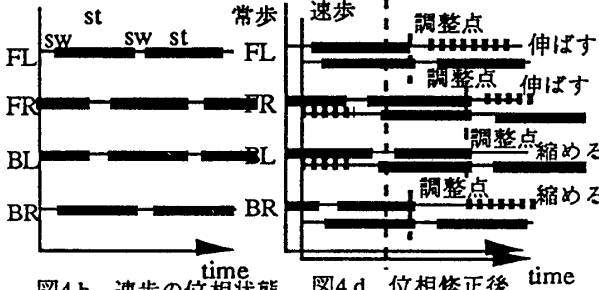


図4.b 速歩の位相状態

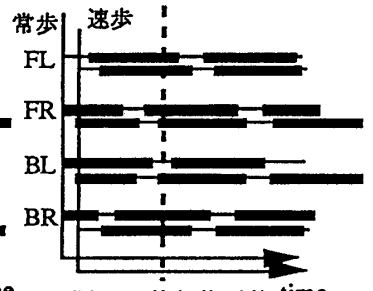


図4.c 位相修正前

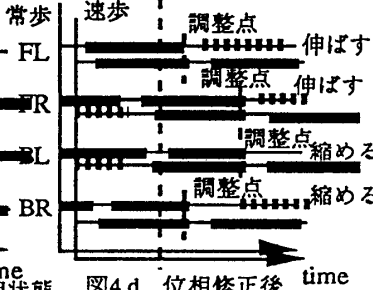


図4.d 位相修正後

6 まとめと課題

今回生成した運動は IBM Power Station 730上で実時間シミュレーションでき、見た目なめらかな犬の脚動作を行なわせることができた。扱った歩行動作は3種類からなり、位相の異なる歩行パターン間を連結させることができた。しかし、体全体の運動を見た場合脚以外の部位の連係動作が不自然に見える。今後は基本動作単位間で関節角度が大きく異なる動作を連結して自然にみせる手法を考え、扱える動作の数を増やしたい。

参考文献

- [1] David Zelter "Motor Control Techniques for Figure Animation", IEEE Computer Graphics and Application 2,9(1982),53-59
- [2] Michael Girard and A.A.Maciejewski "Computational Modeling for the Computer Animation of Legged Figures" ACM SIGGRAPH '85 vol 19 p263-p269
- [3] 井上、吉良、井沢 "柔軟な歩行モデルの開発とキャラクターアニメーションの制作手法" テレビジョン学会技術報告 '84 pp13-18