

動作移動量に基づく4足動物の滑らかな歩行動作表現方法

1 L - 8

水野裕識 村岡洋一

早稲田大学理工学部

1 はじめに

本稿では、4足動物の滑らかに見える歩行動作の表現方法について述べる。歩行動作は動作体の移動と動作体の運動が複合される周期動作と考えられる。歩行動作が滑らかに見えるためには時間軸上における任意時刻に動作体の移動位置、その運動状態の2つを決定しなければならない。

アニメーションや映像は静止画面を記録し、それらを連続して再生する方式をとる。カメラ撮影した映像では、毎秒30コマの静止画像を録画し再生している。歩行動作の連続画像を作成する場合には1/30秒ごとに上記に示した動作の移動量、運動状態を決定しなければならない。

移動を伴う動作を滑らかに見せるには、移動量に対応して運動状態を決めることが重要になる。そのことを4足動物の歩行動作を例にして以下の項目で説明する。

2 画像解析による移動量推定

4足動物の歩行は常歩、速歩、駆歩の3種類存在し、各歩行パターン毎に動作移動量、動作状態は異なる。CCD Cameraを被写体から距離6.6[m]、高さ0.7[m]に設置し3種類の歩行動作を1/4000シャッターで撮影した。その結果画素数縦227×横333の静止画像を毎秒30コマでサンプリングした。奥行きに応じてpixelに対応する距離は変化する。距離6.6[m]の位置では2.5[cm/pixel]に相当する。4足動物は、6.15mの離れた距離を移動するが、2.5[cm/pixel]として近似する。あらかじめ4足動物には関節位置に前足5、後足4、脊椎7、顔2個マークをつけた。動作状態が変化を受けても移動変位の少ない肩に相当する部位を移動の中心点と仮定し、この部位の画素の座標位置をフレーム毎に求めた。水平方向の座標値のずれから3種類の歩行動作の水平移動速度を算出した。これを図1に示す。常歩、速歩、駆歩の順に23,16,8フレーム数で1歩行周期が表現される。常歩、速歩の速度変化は1周期当たりほぼ一定であるが、駆歩の速度は6.6[m/sec]から18.0[m/sec]の間を変化する。これは移動位置が1/30秒当たり22[cm]から最大60[cm]まで変化をしていることを表す。

3 問題点

4足動物の身体は複数の関節により連結される。そのため関節角度を決めれば動作状態は決定する。常歩、速歩、駆歩と歩行パターンが変化するに従って、動作状態を決める関節角度と動作移動の変化量は大きくなる。この順番に1周期が短くなり、表現するフレーム数は少なくなる。そ

の一方で関節角度と動作移動量は変化が大きくなる。特に、駆歩のような走行では走行中に速度が変化するため、フレーム毎に動作移動量を算出しなければ、表現された動作状態と移動量は一致しない。このことは後ろ足の蹴りこんだフレームの次のフレーム(図1.a)で移動量は最大となり、前足の着地したフレームの次のフレーム(図1.b)で最小になることで確認できる。

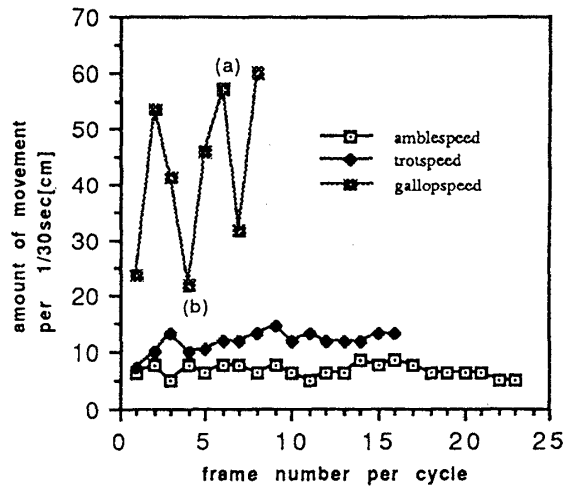


図1：歩行動作の水平移動速度

歩行動作毎の速度関数により動作移動量を算出して、移動位置を決定しなければ自然な動作として見る事ができない。すなわち移動を伴いながら運動状態を変化させる動作の場合にはフレーム単位に動作の移動量を算出するべきである。

4 実装方法

歩行動作は周期関数である。有限フレーム数の繰返しとして動作生成される。動作状態からその3次元空間の位置決定までの手順について述べる。

4.1 動作状態の決定

1フレームの動作状態は、関節角度で決まる[1,2]。常歩や速歩の動作は図1より23,16フレームで表現されるため、1周期は23/30, 16/30[sec]で繰り返される。常歩や速歩における足の関節角度は1/30[sec]のサンプリング時間ではその変化量が少なく、関節角度は連続した値として扱える。そのため連続する関節角度を近似関数に置き換えることができた[1,2]。しかし駆歩動作は常歩、速歩の1周期に比べ8/30[sec]の短い時間で繰り返される。実際の映像では7から8フレームで表現されている。そのうえ駆歩動作は常歩、速歩よりも関節角度の変化量の多い動作のために、1/30秒でも関節角度は離散的になる(図2)。そこで駆歩動作

"A Method of making natural looking Legged Locomotion based on amount of movement", Hironori MIZUNO Yoichi M URAOKA, Waseda University

における足の動作状態は1周期の関節角度のテーブルとして表現する。図2は常歩の1周期分に相当する23枚のフレーム数を横軸に取り、角度変化の大きさを比較している。図2のangle 0- angle 4は肩から爪先にかけての関節に対応する。

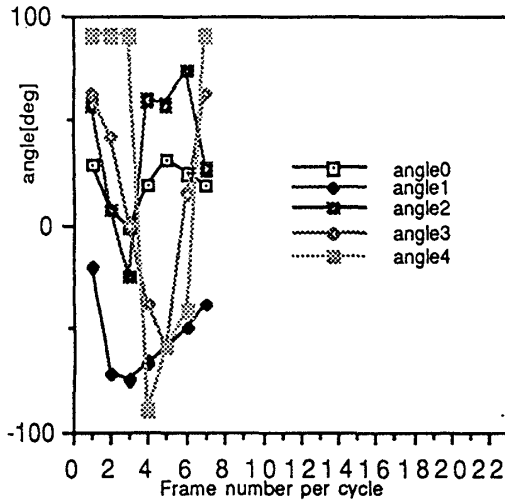


図2：駆歩前足の1周期関節角度

4.2 連続画像の生成

動作を進行する基準として仮想時間を仮定する。仮想時間は1周期分の動作後に更新される。仮想時間を設定することで、表示物体ごとに時間で管理できるようになる。つまり複数の物体を表示する場合の描画タイミングに用いることができる利点を持つ。

●画像生成するアルゴリズムを以下に示す。

```

歩行動作を行わせる仮想時間の設定
while (not 仮想時間終了){
  動作位置の初期化をする。
  /* 1周期に相当する画面列を生成する*/
  for (歩行パターン毎に必要なフレーム数){
    動作移動量に基づく移動位置の決定
    動作状態(関節角度)の決定
    静止画面描画
  }
  1周期に相当する仮想時間の更新
}
    
```

5 滑らかさの評価方法

移動量の評価方法としては、背景との対比をとる方法を採用し確認する。具体的には4足動物の走行する背後に目盛りとなるbarの基準(bar区間幅: 40 [cm])を設定しその前を移動するようにして移動量の評価を行う。

【評価実験】

評価実験として次の2つの場合を考える。

- 1) 移動量を一定とする場合
 - a) 速歩、b) 駆歩の平均移動速度、c) 駆歩の移動速度の2倍の速度で移動させる。
- 2) 移動量を変化させる場合

a) 図1で求めた速度を1/2周期ずらして移動量を算出する。

b) 図1で求めた移動速度により移動量を算出する。

【実験結果】

評価実験の結果として実験データを示すが、人が見た場合の定性的評価結果になる。

1) barを通過する区間数はそれぞれ1歩行周期当り順に、a) 4.0区間、b) 7.0区間、c) 14.0区間である。a)からc)まで動作状態は1周期8枚のフレームが繰り返されるため運動状態の変化に違和感はない。しかしa)では、後足の蹴り込む後の伸びに対応した動作が行われていないように感じられる。c)では動作移動が大きく背景と対応していない。b)の場合が一番滑らかに見える。

2) a) 図1.aにおける動作は後足が伸びきる動作状態なので動作移動量が最大であるが、この実験では図1.bにおける前足の着地後の移動量が少ない状態で表現をしている。1周期に通過するbar区間数は実験1.cと同一の7.0区間である。しかし、動作は前足の蹴りで進んでいるように感じられる。

b)この実験では1周期の内での移動量に基づいて動作位置を求めているため、1周期に通過するbar区間数は実験2.aの7.0区間で同一である。この動作が撮影された映像の駆歩に最も類似した動作であると感じられる。1周期の駆歩動作フレームのうち、3フレームを図3に示す。

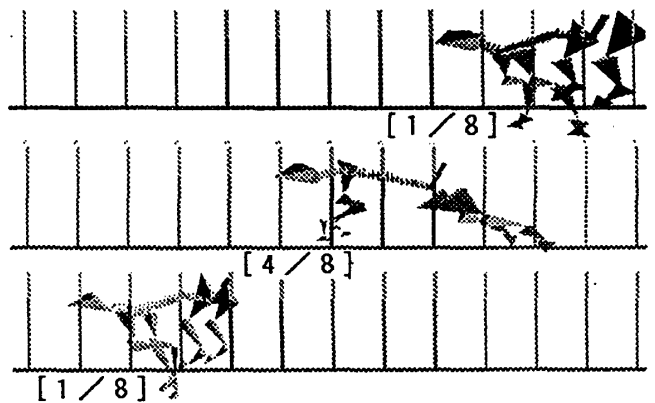


図3：駆歩動作の1周期表現

6 まとめ

本報告では、歩行動作を滑らかに見せるための1要因として動作移動量を考慮し、駆歩動作を表現することで検証を行った。今後は動作を伴う移動体に移動量を適用し、本手法の検討を行うことにする。

謝辞 日頃御討論頂く村岡研究室の田淵仁浩氏に感謝致します。

参考文献

[1]水野,田淵,村岡:"4足獣(犬)のCGによる歩行",第44回情処全大資料,1992.3月
 [2]水野,田淵,村岡:"4足動物の構造的動作生成法",グラフィックスとCAD CGシンポジウム,1992.9月