

## コンピュータアニメーションのための動作強調手法

小林 光弘, 近藤 邦雄

埼玉大学 理工学研究科

概要: 本論文では、コンピュータアニメーションにおける強調された動作を生成することができる動作強調手法について述べる。アニメーションの効果として、物事を分かりやすく表現できることが挙げられる。その表現の一つが、強調された動作である。現在まで様々な動作生成手法が提案されているが、強調された動作については取り扱われていない。本論文では実際に用いられている強調された動作を分析した。この分析をもとに、関節の角度による強調手法、オブジェクトの形状による強調手法を提案した。これらの手法を用いて、強調された動作を自動的に生成することが可能になった。

## Generation of Emphasized Motions in Computer Animation

Mitsuhiro Kobayashi, Kunio Kondo

Graduate School of Science and Engineering, Saitama University

**Abstract:** This paper describes a method of creating emphasized motions in computer animation. Characteristic of animations is the intelligible expressions. One of the expressions is emphasized motions. Various methods are studied as the methods of generating movement. However, there is not so much research with regard to the generation of emphasized motions. We analyzed about emphasized motions which are utilized effectively. We propose the methods of emphasizing motions by controlling joint's angle and object's form. Using these methods, we can create the emphasized motions automatically.

## 1 はじめに

コンピュータの高性能化により、現在コンピュータアニメーションは様々な分野で注目され、利用されている。コンピュータを用いることにより様々なものを映像化することができ、また制作作業の省力化が可能等の利点もある。アニメーションの効果として、物事を分かりやすく表現できることが挙げられる。その表現の一つが、伝統的なセルアニメーションにおいて用いられている、強調された動作である [1][2]。動作を強調することにより、その動作を分かりやすく、面白く、印象に残るものにするができる。しかしこの表現には、熟練したアニメーターの経験に基づいた知識や技術が必要とされる。

一方、動作を生成する手法として、動作を撮影した映像から解析する手法、物理法則や運動学、逆運動学を用いた手法、モーションキャプチャシステムを利用した手法などが挙げられる。しかしこれらの手法から望みの動作を生成するには、多くのパラメータを操作したり、何度も作り直すというような多くの手間と時間が必要である。そこで最近では、基本的な動作を望みの動作に自動的に変換する研究がなされている [3][4]。しかし前述したような強調された動作に関しては、取り扱われていない。

本論文では、実際に用いられている強調された動作を分析し、その分析をもとに基本的な動作から強調された動作を生成することができる、動作強調手法を提案する。

## 2 動作に関する強調表現

伝統的なアニメーションでは、様々な特徴的表現が用いられている。強調された動作もその一つである。動作を強調することにより、その動作は分かりやすく面白くなり、またその部分に注目させることができるように、効果的に動きの情報を伝えることができる (図1)。またこれらの表現により、アニメーションはエンターテインメント性の高い作品となっている。本研究ではアニメーションにおけるキャラクターの動きについて、分析を行った。その結果、動作の強調はいくつかの種類に分類でき、それはキャラクターの関節の動きや形状の変化によって表されていることが分かった [5][6][7]。

### 2.1 角度による強調

動きを表現する要素である関節の角度により、表現できる動作について分析した。それは次のような動作である。

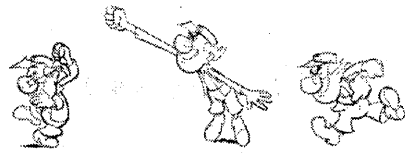


図1: 動作強調表現

- 予備動作 動き出すとき、進行方向とは逆に少し動く動作
- 折り返し 動く方向を変えるとき、行き過ぎる動作
- リアクション 止まるとき、止まる位置より少し行き過ぎてから元の位置に戻る動作

これらの動作は実際の動きの中にも含まれているが、これらを大きさに表現することにより強調表現は実現される。この表現によって、動きは分かりやすくなり、また注目させることもできる。

### 2.2 形状による強調

キャラクターを構成するオブジェクトの形状を変化させることにより、表現できる動作について分析した。それは次のような動作である。

- のばし 動く速度によって伸びる動作
- つぶし 動く速度によって潰れる動作

これらの動作は、動く速度や加速度を効果的に表現することに用いられる。また、のばしは関節を広げるような動作、つぶしは関節を狭めるような動作に多く用いられている。本研究ではのばしをオブジェクトの形状の拡大、つぶしを縮小で強調表現を実現する。

## 3 動作強調手法

本研究ではキャラクターとして、腰、胸等のオブジェクトが階層構造の関係を持つスケルトンモデルを用いる (図2)。各オブジェクトは、それぞれの局所座標系においてxyz軸に関して回転する。動きのデータとして、キャラクターを構成するオブジェクトの回転角度、つまり関節の角度の動きを用いる。またその角度はキーフレーム法で表現する。

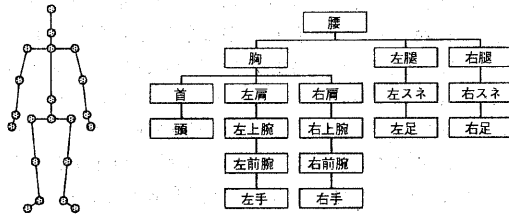


図 2: スケルトンモデルと階層構造

### 3.1 角度による強調手法

角度による強調は、入力された関節の角度を補間する際に制御点をつけることによって、強調された動作を表現できるような一連の角度に変換することで実現する [7]。その手順は以下の通りである。

1. 関節の角度の変化から、強調が必要な部分を探索する (図 3(a))。
2. 強調が必要な部分の前後のデータより、制御点の位置を求める (図 3(b))。
3. 求められた制御点を含めて、キーフレーム間を補間する (図 3(c))。

この手順を各オブジェクトにおいて実行する。

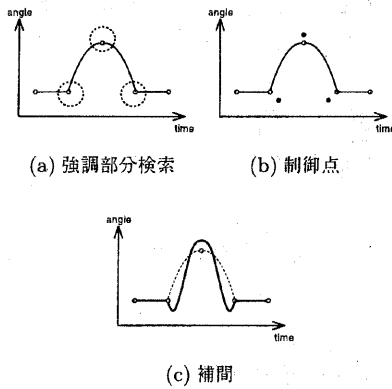


図 3: 角度強調手順

付け加える制御点の位置について説明する。まず予備動作のための制御点である。キーフレーム  $i$  ( $i = 0, 1, \dots, n$ ) におけるフレーム番号 (表示する時刻) を  $t_i$ 、そのときの角度を  $\theta_i$  とする。キーフレーム  $i$  において予備動作を付け加えるとき、新たに付ける制御点  $P_p(T_p, \Theta_p)$  は次の式で表す。ここで

$t\_rate$ 、 $a\_rate$  はそれぞれ時間、角度の強調率を表しており、 $0 \leq t\_rate \leq 1$ 、 $0 \leq a\_rate \leq 1$  である。

$$T_p = t_i + \frac{t_{i+1} - t_i}{2} \times t\_rate \quad (1)$$

$$\Theta_p = \theta_i - \frac{\theta_{i+1} - \theta_i}{2} \times a\_rate \quad (2)$$

以上の式で求めた制御点によって生成される、予備動作を表す一連の角度を図 4 に示す。図 4 において、点線は新たに付け加えた制御点を含んでいないもの、実線は制御点を含めて補間したものを表している。この実線で表された角度によって、動き始める時に進行方向とは逆に少し動くという予備動作が表現できる。

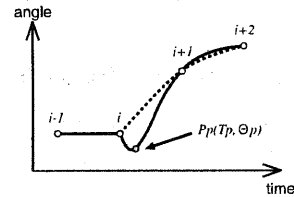


図 4: 角度制御 (予備動作)

リアクション、折り返しについても予備動作と同じように、新たにそれぞれの効果が現れるような制御点の位置を決定する。キーフレーム  $i$  においてリアクション、折り返しを付け加えるとき、リアクションのための制御点を  $P_r(T_r, \Theta_r)$ 、折り返しのための制御点を  $P_t(T_t, \Theta_t)$  とすると、これらは次の式で表す。

$$T_r = t_i - \frac{t_i - t_{i-1}}{2} \times t\_rate \quad (3)$$

$$\Theta_r = \theta_i + \frac{\theta_i - \theta_{i-1}}{2} \times a\_rate \quad (4)$$

$$T_t = t_i \quad (5)$$

$$\Theta_t = \theta_i + \frac{\theta_i - (\theta_{i-1} + \theta_{i+1})/2}{2} \times a\_rate \quad (6)$$

これらの制御点を用いて生成される、一連の角度を図 5 に示す。それぞれ実線で表された角度によって、リアクション、折り返しという動作が表現される。

### 3.2 形状による強調手法

形状による強調は、オブジェクトの拡大縮小によって実現する。その手順は以下の通りである。

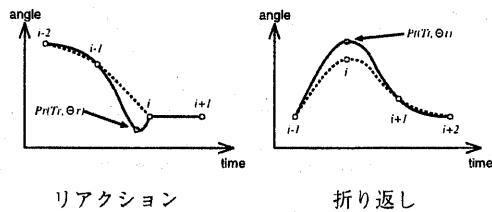


図 5: 角度制御

1. 関節の動きを表現する角度 (xyz 軸に関する回転) の中で、最も影響を与えている角度を選択する。
2. その関節は広がる動きか、狭まる動きかを調べる。
3. 1、2をもとに拡大縮小率を求める。

この手順を各オブジェクト、そのキーフレームにおいて実行する。

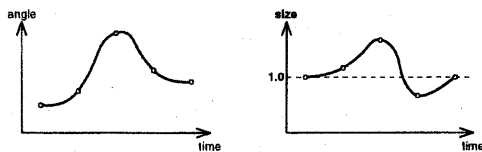


図 6: 形状強調手法

キーフレーム  $i (i = 0, 1, \dots, n)$  におけるフレーム番号とその時の角度をそれぞれ  $t_i, \theta_i$  とすると、そのときのオブジェクトの拡大縮小率  $size_i$  は次の式で求める。ただし  $i = 0, n$  のときは  $size_i = 1.0$  とする。また  $rate$  は強調の割合のパラメータである。

$$size_i = 1.0 + \frac{|\theta_i - \theta_{i-1}|}{t_i - t_{i-1}} \times Check \times rate \quad (7)$$

$$Check = \begin{cases} 1 & \text{関節を広げる動作} \\ -1 & \text{関節を狭める動作} \end{cases}$$

## 4 作画例

### 4.1 角度による強調

角度による強調の例として、上体をそらしながら両腕を広げる動作を用いた。その結果を図7に示す。左上の番号はフレーム番号を示している。入力したキーフレームは、フレーム0、16、32の3枚

である。それぞれのフレームにおいて左のキャラクターは強調していない動作、右は強調された動作を表している。フレーム4において予備動作、フレーム16において折り返し、フレーム28においてリアクションを表現している。また予備動作とリアクションの動きにより、強調した動作は動く距離が長くなるので、動きの勢いやスピード感も表現される。

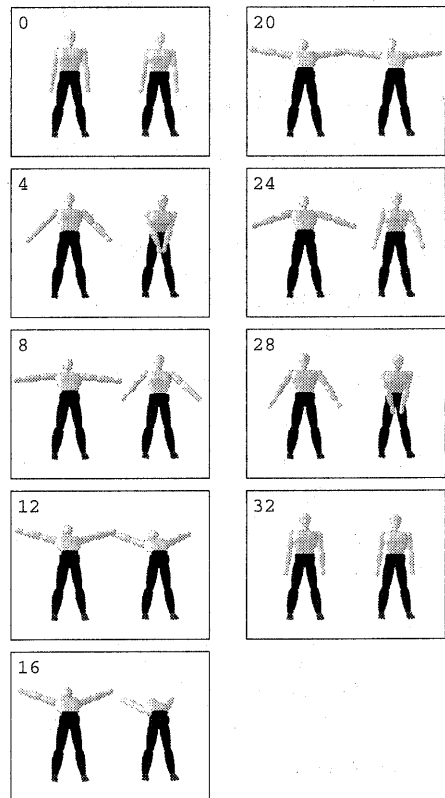


図 7: 角度による強調例

### 4.2 形状による強調

形状による強調の例として、パンチをする動作を用いた。その結果を図8に示す。左の列のキャラクターは強調していないパンチ、右は強調したものを示している。入力したキーフレームは、フレーム0、8、16、24の4枚である。キャラクターの左腕(パンチを出している腕)に注目すると、フレーム8においてのばし、フレーム16においてつぶしが表現されている。

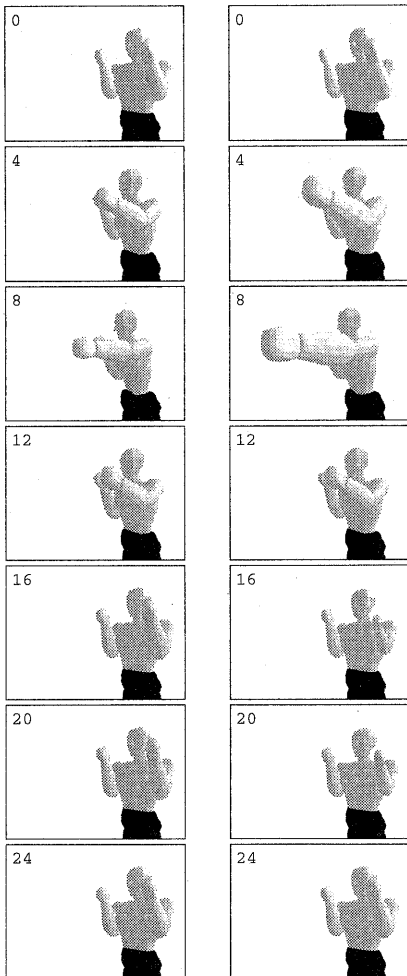


図 8: 形状による強調例 ( $rate = 0.02$ )

## 5 まとめ

本論文では、アニメーション特有の表現方法である強調された動作について分析を行った。その結果、動作の強調表現は動き自体の強調、そして動きによるオブジェクトの形状の変化による強調に分類できた。その分析をもとに、関節の角度による動作強調手法とオブジェクトの形状による動作強調手法を提案した。その結果、基本的な動作から強調された動作の自動生成が可能になった。

今後の課題として、様々な視点で見た時の強調効果の分析とその処理があげられる。また入力したキーフレームの数や間隔により出力結果が異なるの

で、この問題について検討する予定である。本論文では、のぼしとつぶしの表現に形状の拡大縮小を用いたが、単に拡大縮小だけでは表現の幅が小さい。そこでさらにアニメーションの調査と分析を行い、様々な動きに対応できる形状の変形方法についても検討する予定である。

## 参考文献

- [1] Harold Whitaker, John Halas, “アニメーションのタイミング技法”, ダヴィッド社, (1983)
- [2] 金子満, 宮井あゆみ, “テレビアニメを作る - アニメーション制作工程 -”, 画像情報振興基金設立準備委員会, (1990)
- [3] Jessica K. Hodgins, Nancy S. Pollard, “Adapting Simulated Behaviors For New Characters”, SIGGRAPH97 Computer Graphics Proceedings pp153-162 (1997)
- [4] Munetoshi Unuma, Ken Anjyo, Ryoza Takeuchi, “Fourier Principles for Emotion-based Human Figure Animation”, SIGGRAPH95 Computer Graphics Proceedings pp91-96 (1995)
- [5] 佐藤修一, 近藤邦雄, 佐藤 尚, 島田静雄, 金子満, “アニメーション制作における動作強調のための Motion Filter”, テレビジョン学会誌 Vol.49, No.10, pp.1280-1287, (1995)
- [6] 小林光弘, 近藤邦雄, 佐藤尚, “動作強調のための角度制御による Motion Filter”, 情報処理学会第 56 回全国大会講演論文集 (分冊 4)pp235-236 (1998)
- [7] Mitsuhiro Kobayashi, Kunio Kondo, Hisashi Sato, “Emphasized Expressions Using Motion Filter in Creating Animation”, Proceeding of the 8th ICECGDG Conference Vol.2 pp451-454 (1998)