

セルアニメーション制作補助のためのキャラクタ動作データベース構築 第2報: ショット変化検出パラメータの自動決定

ベ ユン ジョン

高橋裕樹

中嶋正之

東京工業大学大学院 情報理工学研究科

152-8550 東京都 目黒区 大岡山 2-12-1 Tel : 03-5734-2183

E-mail : {yoon, rocky, nakajima}@img.cs.titech.ac.jp

あらまし 近年 CG アニメーション制作において作業効率を上げるために様々な研究が行われている。しかしながら、伝統的なセルアニメーションの制作は相変わらず多大な時間と労力を必要としている。本研究では既存のセルアニメーションにおけるキャラクタの動作を分析してデータベースを構築し、その動きデータを再利用することによって、セルアニメーション制作をより効率的に行なえる事を目的とする。本稿では、キャラクタの動きを分類するための第1段階として第1報で提案したセルアニメーションのショット変化検出手法、Pixel 間比較と Histogram 比較の2つの手法を統合することによって、それぞれの結果より良い結果を期待する。その上、今まで手動で決めていたショット変化検出のパラメータを GA を用いて自動的に決める手法について提案する。

Creating a database of character movements as a means to assist the production of cel animation Part 2: Automatic parameter setting for shot change detection method

Yoonjung BAE

Hiroki TAKAHASHI

Masayuki NAKAJIMA

Graduate School of Information Science & Engineering, *Tokyo Institute of Technology*

2-12-1 Oookayama, Meguro-ku, Tokyo JAPAN 152-8550 Tel : 03-5734-2183

E-mail : {yoon, rocky, nakajima}@img.cs.titech.ac.jp

Abstract In recent years, a lot of research has been conducted, aimed at raising the efficiency of producing the CG animation. However, producing the traditional cel animation is still very time consuming and requires a lot of manual work. In this research, by analysing the existing cel animation, we create the database of character movements, with the objective to make the character movement data reusable and thus improve the efficiency of producing the cell animation. In our previous work, we have proposed two shot change detection methods, as a first stage of analysing the character movements. In this work, we integrate the proposed two methods, in order to improve the shot change detection performance. Furthermore, we propose a GA-based method for automatically setting the parameters of the proposed integrated method, which had to be done manually in the original two methods.

1 はじめに

近年 CG 技術の進歩により、CG アニメーション制作は比較的容易に出来るようになってきた。しかし、自然な動きやアニメータの意図した動きを、生成したり演出するためには、多大な労力と時間を必要とする。特に労力を必要とする伝統的なセルアニメーション制作では、アニメータは各キャラクタの個性を活かすために、細心な注意を払いながらアニメーションを制作している。

このような現場での作業を考えると、既存のアニメーションを再利用して新しいアニメーションをより効率的に制作できるようにすることは業界にとって重要なことである。ところが、今までは新たに映像を作ることが一般的であり、既存のアニメーションの再利用による制作は、余り行なわれていない [1]。

そこで本研究では、既存のセルアニメーションにおけるキャラクタの動作を分析して、キャラクタ別のデータベースを構築し、その動きデータを再利用することによってセルアニメーション制作の効率化を目的とする。キャラクタの動きを分類するための第 1 段階として、我々はセルアニメーションのショット変化を自動検出する手法を提案する。

まず従来の研究論文を調べた結果、ショット変化の検出には一般的に次のような問題が存在することが分かった。

- (1) データによって良い結果を出す手法が違うので、あるデータにどんな手法を使えばいいか決めにくい。
- (2) しきい値などのパラメータの設定により結果が大きく変わるので、パラメータの設定は重要な部分であるが、それを実験を通してしか決められない。

このような背景から、本稿では問題 (1) の解決のために、2 つ以上の手法を統合することにより、各データに依存しなく、個々の手法を単独で用いるよりも良い結果が得られることを期待する。問題 (2) に対しては、最適化手法である GA (Genetic Algorithms) を用いてパラメータを自動的に決める手法を提案する。

本稿の構成は、次章で従来研究について簡単に述べ、第 3 章では本研究で取り扱うショットについて説明し、セルアニメーションの特徴について述べる。第 4 章では既に提案した 2 つのアルゴリズムについて述べた後、重み係数を用いたアルゴリズムの統合と実験結果について述べる。そして、第 5 章では GA を用いたショット変化検出でのパラメータ自動決定手法と実験結果について述べ、最後には、結論および今後の課題について述

べる。

2 従来研究

ショット変化検出手法として、現在数多くの手法が提案されている。しかし、セルアニメーションをその対象データとして使っている論文はあまり存在しない。それに、現在の方法もデータによって結果が良くなったり悪くなったりすると考えられるので、フルモーションビデオを用いたアルゴリズムが必ずしもセルアニメーションでも良い結果を出すとは言えない。そして、ショット変化検出でのパラメータ設定の問題に関しては、個々の対象に対して決めているのが一般的である。

長坂ら [3] は国会中継やドキュメント番組、クイズ番組やレース中継のデータを用いて分割 χ^2 検定法で実験を行なっている。さらに、しきい値はシステムで最も優れた検索性能が得られたときの値を実験を通して決めている。

大辻ら [4] はニュースや映画のデータを使って、カット点近傍で映像変加量が示す変動の形態的な特徴抽出に基づく突出検出フィルタを用いた検出手法を提案している。この手法では決めなければならない 2 つのパラメータとして、検出すべき突出の間隔を決めるパラメータと、検出すべき突出のもつ幅を決めるパラメータをもっているが、そのパラメータの値を適切に定めることは困難である。

R. Brunelli ら [5] は、ビデオデータの自動索引法についてサーベイを行っているが、ここでもショット検出アルゴリズムで最適のパラメータを得るためには、実験を通して決めるように述べている。

3 ショット 変化検出での基本概念

3.1 ショット 変化の定義

最初に本論文の検出対象であるショット変化について定義する。ショット変化というのは、ショットの切替えのことで、次のように瞬時にショットを切り替えるカットと、徐々にショットを切り替える編集効果による漸時ショット切替えがある [6]。

- 瞬時切替え：カット
- 漸時切替え：
 - － 時間型：ディゾルブ、フェード
 - － 空間型：ワイプ、DVE (digital video effect)
 - － その他：モーフィング

まずカットとは、フィルムやビデオにおいて、1 つの映像から他へ瞬時に切り替わる点のことを言う。また

ショットとは、カットで区切られた映像すなわち連続に撮影され、カットを含まない映像のことを言う。映画などの映像の作成は、カットに区切られたショットを最小単位として、これを組み上げ、ある場面を表現するシーンを作り、それを更に併せてストーリーを組み上げる方法が一般的である [4]。

馬場口 [6] は映像メディア (video) での画像のデータストリームを、図 1 のような 4 つのレイヤとして説明している。

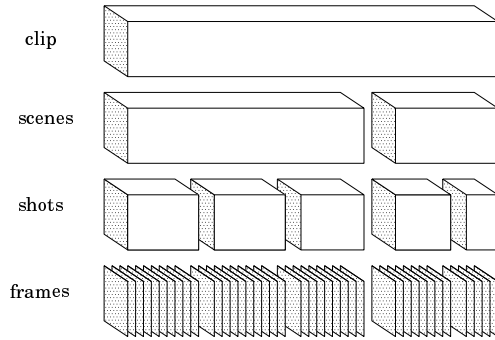


図 1: 画像ストリームのレイヤ

- 第 1 レイヤ 画像フレーム (image frame) : 単一の 2 次元画像を指し、物理的なレイヤである。通常毎秒 30 フレームのレートで得られる。
- 第 2 レイヤ ショット (shot) : 元来、単一のカメラから撮影された、連続するフレームの列と定義されてきたが、一続きの CG も含まれる。
- 第 3 レイヤ シーン (scene) : ストーリー的なつながりを有するショット列である。このレイヤは映像の内容に立脚した論理的なものである。
- 第 4 レイヤ クリップ (clip) : すべてのシーンが構成する一まとまりの単位である。

3.2 セルアニメーションの特徴

本研究では、テレビ放送から得たセルアニメーション映像を具体的対象としている。

セル画を用いた手書きのアニメーション制作は、作画に必要な枚数が多いほど手間がかかることから、実際使用する画像の数は、目的の動きを表現するのに最低限必要な枚数まで減らすのが一般的である [4]。

そのため、セルアニメーションは同じフレームを 3, 4 回繰り返し使うことから、次の動作との差が、一般的なフルモーションビデオに比べて大きい、登場人物の動作が滑らかではないという特徴が見られる。

結果として、動きのある場面で、不連続な変動が発生するケースが多い。特に各画面での動きによるブレがなく、静止部分と動いた部分の差が大きいため、この不連続性がさらに顕著になるので、誤検出の可能性が高い。それに、原画を対象にしているのではなく、テレビ放送をビデオテープに録画したものを対象にしているため、ノイズなどの原因によって、その画像はセルアニメーションとはいえ、色数が比較的に多い。

しかし、実写画像に比べてセルアニメーション画像は自然光や照明による輝度の変化がなく、表現されている物体や人物の形状も比較的単純で、色数もある程度制限されている。

4 ショット変化の自動検出

セルアニメーションが持つ特徴から、ショット変化検出の既存の方法をより簡単にして適用できると考えられる。本研究では、代表的に使用されている 2 つのアルゴリズムを、統合とパラメータの調整により、セルアニメーションでの誤検出を防いでいる。さらにショット変化検出に必要なパラメータを手動でなく、GA を用いて自動的に決める手法について述べる。

ショット変化を検出するため、2 つの連続したフレームの特徴量の差を計算する。計算した差があるしきい値を超えた場合、そこでショット変化があったと判断する。連続した 2 つのフレームを比較するために、我々は 2 種類の特徴量について検討を行った。それは Pixel 間の比較と色 Histogram に基づいた比較である [2]。

本稿では、2 つの比較方法を重み係数を用いて統合することによって、個々の手法を単独で用いる結果より、良い精度と再現率を得ることが期待される。

4.1 Pixel 間の比較

Pixel 間比較では、2 つの連続したフレームを pixel 毎に比較を行なう。全画素数に対する式 (1) を満たす画素の割合でショット変化を判断する。ここで、 T は tolerance で、0 から 255 までの値を持つ。表 1 に Pixel 間比較の実験結果を示す。実験にはアニメーション「サザエさん」を用いている (表 3 参照)。

$$|R_1 - R_2| > T \text{ or } |G_1 - G_2| > T \text{ or } |B_1 - B_2| > T \\ \iff (R_1, G_1, B_1) \neq (R_2, G_2, B_2) \quad (1) \\ (R_1, G_1, B_1), (R_2, G_2, B_2) : \text{各フレームの pixel}$$

表 1: Pixel 間比較方法を用いた実験結果

しきい値	Tolerance	精度	再現率
25(%)	25	33.33	100.00
	50	66.67	96.97
	75	86.11	93.94
50(%)	25	91.43	96.97
	50	100.00	75.76
	75	100.00	39.39
75(%)	25	100.00	87.88
	50	100.00	21.21
	75	100.00	18.18

4.2 色 Histogram に基づいた比較

色 histogram に基づいた比較方法では, 2 つのフレームの間の差をそれぞれのフレームの色 histogram の距離として表す. 色 histogram の距離には, 式 (2) に示す市街地距離を用いる. histogram の計算には, RGB 色空間の R, G, B の各次元を 3, 4, 5, 6 のレベルに分けて得られた 27, 64, 125, 216 の色 histogram を用いる. 表 2 に Histogram 比較の実験結果を示す. 実験にはアニメーション「サザエさん」を用いている (表 3 参照).

$$\begin{aligned}
 H^{(1)}, H^{(2)} &: \text{各フレームの histogram} \\
 D(H^{(1)}, H^{(2)}) &= \sum_{i=1}^N |h_i^{(1)} - h_i^{(2)}| \\
 H^{(1)} &= (h_1^{(1)}, h_2^{(1)}, \dots, h_N^{(1)}) \\
 H^{(2)} &= (h_1^{(2)}, h_2^{(2)}, \dots, h_N^{(2)}) \\
 N &= 27, 64, 125, 216
 \end{aligned} \quad (2)$$

表 2: 色 Histogram 比較方法を用いた実験結果

$D(H^{(1)}, H^{(2)})$	Colors	精度	再現率
25(%)	27	77.78	84.85
	64	62.50	90.91
	125	70.45	93.94
	216	58.93	100.00
50(%)	27	100.00	33.33
	64	88.24	45.45
	125	100.00	48.48
	216	100.00	45.45
75(%)	27	100.00	6.06
	64	100.00	9.09
	125	100.00	12.12
	216	100.00	12.12

4.3 重み係数を用いたアルゴリズムの統合

我々が提案した, 以上の 2 つのアルゴリズムを用いて実験を行った結果, Pixel 間比較の場合, 同じパラメータを用いて「サザエさん」では良い結果を出したが, 「ゲゲゲの鬼太郎」では悪い結果を出す場合があった. このようにデータに依存しているところを改善するた

めに, 2 つ以上のアルゴリズムを「統合」する手法を提案する. したがって, それぞれの手法より良い結果を得ることが考えられる.

本稿では, 以前提案した 2 つの手法を統合し実験を行っている. そこで, Pixel 間の比較方法と色 Histogram に基づいた比較方法を統合するために, 重み係数を用いる. まず連続した 2 つのフレーム間の特徴量差をそれぞれのアルゴリズムに対して計算する. そして, 式 (3) のように各々の特徴量差に重み係数をかけ, 足し合わせた結果がもしあるしきい値を超えれば, ショット変化があると判断する.

$$\begin{aligned}
 p \cdot h &= w_p \cdot p + w_h \cdot h, \quad (w_p + w_h = 1) \\
 p \cdot h &: \text{統合による特徴量差} \\
 w_p &: \text{Pixel 比較の重み係数 (\%)} \\
 w_h &: \text{Histogram 比較の重み係数 (\%)} \\
 p &: \text{Pixel 間比較の特徴量差} \\
 h &: \text{Histogram 比較の特徴量差}
 \end{aligned} \quad (3)$$

4.4 実験結果

毎週放送されている 50 種類以上のアニメーションの中で「ゲゲゲの鬼太郎」と「サザエさん」を用いて実験を行った. 実験に用いたデータを表 3 に示す. ここで用いた実際のショット変化数は手動で計算したものである. そして, 式 (4) に評価基準として精度と再現率を示す.

表 3: 実験に用いたデータ

animation	duration	N_{frames}	$N_{\text{shot changes}}$
ゲゲゲの鬼太郎 1	3m 92s	7000	74
ゲゲゲの鬼太郎 2	2m 10s	4000	34
ゲゲゲの鬼太郎 3	2m 10s	4000	42
ゲゲゲの鬼太郎 4	2m 10s	4000	36
サザエさん	2m 22s	4284	33

$$\text{精度} = \frac{\text{正検出数}}{\text{正検出数} + \text{過剰検出数}} \quad (4)$$

$$\text{再現率} = \frac{\text{正検出数}}{\text{正検出数} + \text{検出漏れ数}}$$

統合の有効性を確かめるために, 我々が提案した Pixel 比較と Histogram 比較の 2 つの手法を重み係数を用いて統合して実験し, それぞれの手法の結果と比較を行った. 実験を通して, 重み係数を設定することによって, 統合した手法はそれぞれの手法より良い結果を出すことが分かった. 表 4, 5, 6, 7, 8 に各アニメーションデータに対する実験結果を示す. ここでは, Pixel 比較を 40%, Histogram 比較を 60%ずつ統合した. 他のパラメータはしきい値 50(%), Tolerance 25(10%), 色数 216 で実験を行った. このパラメータは全データに対して一番いい精度と再現率が出たときの値である.

実験結果から分かるように、本手法では個々のビデオに対してパラメータがそれほど変わっていない。しかも同じアニメーションの場合はほぼ同じパラメータを用いることが可能である。従って、再利用する際にはアニメーションの種類別にパラメータを決めておくと同じアニメーションの他のストーリーにも適用できると考えられる。

そして、フレーム間の動作の差が多少あってもパラメータの設定によって誤検出を防ぐことができ、ほとんどの瞬時切替えが検出された。しかし珍しい場合であるが、フレーム間の差が画面の半分以上違うなど、とても大きい場合は誤検出が発生し、漸時切替えの場合は未検出された。

表 4: 「ゲゲゲの鬼太郎 1」の結果

検出手法	精度	再現率	過剰検出	検出漏れ
統合	98.65	98.65	1	1
Pixel 比較	42.44	98.65	99	1
Histogram 比較	100.00	86.49	0	10

表 5: 「ゲゲゲの鬼太郎 2」の結果

検出手法	精度	再現率	過剰検出	検出漏れ
統合	72.34	100.00	13	0
Pixel 比較	37.36	100.00	57	0
Histogram 比較	80.65	73.53	6	9

表 6: 「ゲゲゲの鬼太郎 3」の結果

検出手法	精度	再現率	過剰検出	検出漏れ
統合	97.56	95.24	1	2
Pixel 比較	45.65	100.00	50	0
Histogram 比較	97.22	83.33	1	7

5 GA を用いたショット変化検出のパラメータ自動決定

現在の手法では、パラメータを決めるとき以下の 2 つの問題が存在する。

- (1) パラメータの設定により、同じ手法でも結果が良かったり悪かったりする (第 4 章の表 1, 2 参照)。
- (2) パラメータの設定はややこしいし、実験を通して決めるしかない。

このような問題点を解決するために、自動的にパラメータを設定する手法を提案する。その手法は最適化手法である GA を用いることによって、第 (1) 問題については、比較的良い結果が得られること、第 (2) 問題については、自動的に決めてくれるので簡単に最適のパラメータを見付けることができ、数多くの実験を行う必要がなくなることが期待される。

まず、ある問題を GA で解決するには、GA を設計しなければいけない。GA を設計するには、以下 4 つの

表 7: 「ゲゲゲの鬼太郎 4」の結果

検出手法	精度	再現率	過剰検出	検出漏れ
統合	100.00	97.22	0	1
Pixel 比較	72.00	100.00	14	0
Histogram 比較	100.00	80.56	0	7

表 8: 「サザエさん」の結果

検出手法	精度	再現率	過剰検出	検出漏れ
統合	100.00	93.94	0	2
Pixel 比較	91.43	96.97	3	1
Histogram 比較	100.00	45.45	0	18

内容を決める必要がある [7]。

- (1) 遺伝子型の決定
- (2) 適応度関数の定義
- (3) 遺伝子演算子の設定
- (4) GA パラメータの設定

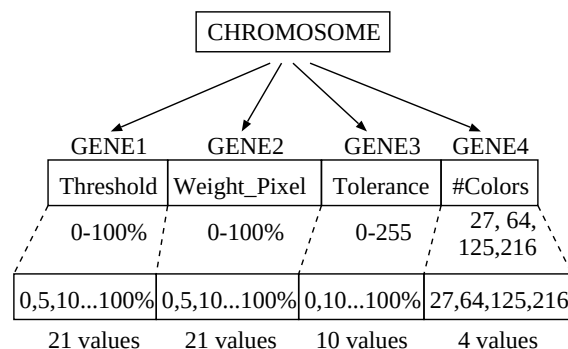


図 2: 染色体の構成, パラメータの範囲と値

本稿では、(1) 染色体はその問題が求める値を表すことから、精度と再現率を最も高くする 4 つのパラメータを各 1 つずつ遺伝子として表す。各遺伝子のパラメータは図 2 に示すように整数の値をもつ各 21, 21, 11, 4 のレベルに分けられているので、実際には $21 \times 21 \times 11 \times 4 = 19,404$ の場合が生じる。

通常、遺伝子のパラメータは全ての場合、つまり $101 \times 101 \times 256 \times 4 = 10,445,824$ として考慮するのが一般的かも知れない。しかし実際に実験してみると、前者の場合に既に最適な精度と再現率が得られて、それに比べて後者の場合は精度と再現率に変わりはなく、探索空間が 500 倍も大きい時間がかかった。

したがって、効率的なシステムを目指し前者の場合で全ての実験を行った。

(2) 適応度関数は、GA を通して最適化したい値として、ここでは $\text{適応度} = \frac{\text{精度} + \text{再現率}}{2}$ を用いて精度と再現率を同時に最適化している。

(3) 遺伝子演算子として、一様交叉と突然変異処理を行う。

(4) GA パラメータとして、交叉の確率を 60%, 突然変異の確率を 5%, 個体群のサイズを 50, 世代の終了値を 200 世代と決める。GA パラメータは、色々と実験を行った結果一番いい精度と再現率が得られた値を用いた。そして、5つのデータに同じく適用して最適の精度と再現率を得られている。

表 9 に各アニメーションデータに対する自動パラメータ決定の実験結果を示す。

表 9: 各データに対する GA を用いた自動パラメータ決定の結果

パラメータ	鬼太郎 1	鬼太郎 2	鬼太郎 3	鬼太郎 4	サザエ
しきい値 (%)	40	85	60	30	40
w_p (%)	5	75	55	30	55
tolerance (%)	0	0	10	40	10
色数	216	216	125	64	125
精度 (%)	100.00	82.05	100.00	100.00	96.97
再現率 (%)	98.65	94.12	95.24	100.00	96.97

実験結果から分かるように、GA を用いてパラメータを最適化した結果、5つのアニメーションデータ全部で、統合し手動でパラメータを決めたときより、良い精度と再現率を見せている。

しかも今まではパラメータを一々実験を通して決めなければならなかったのが、時間も手間もかかったが、GA を用いることにより、簡単に最適なパラメータを見付けることが出来て、最適な精度と再現率を得ることも出来た。

提案した手法を確かめるために我々の手法で実験を行ったが、一般的にどんな手法のパラメータを決めるときにも使えると考えられる。

6 おわりに

本稿では、重み係数を用いる 2 つ以上のアルゴリズムの統合手法と、その上、ショット変化検出に必要なパラメータを GA を用いて自動的に決める手法を提案した。

2 つ以上の手法を統合することによって、それぞれの手法より良い結果を出し、データの影響を受けにくくなると考えられる。そして、統合手法に用いた重み係数を含めて、ショット変化検出に必要な、しきい値, tolerance, 色数の 4 つのパラメータを GA を用いて自動的に決めることによって、最適なパラメータを得ることが出来、該当手法での最適な精度と再現率が得られたと考えられる。

しかし、まだ残っている問題点としては、カットが徐々に替わるワイプ、ディゾルブ、フェードなどの編集効果によ漸時切替えの場合、正しく検出されていない。そのため、現在のシステムに違う手法を取り入れて統合する方法を検討したいと思う。そして、我々の最終の目標であるセルアニメーションのキャラクタ動作データベースの構築にもう一歩近付くために、時空間の概念を取り入れたキャラクタの動きが分析できるシステムについても検討していきたい。

謝辞

本研究に実験用のデータとして、アニメーション「ゲゲゲの鬼太郎」を提供していただき、角文雄さんと東映アニメーション (株) へ感謝致します。

参考文献

- [1] Fumio Sumi and Masayuki Nakajima, “Animation Database System and its Tools for Production”, IWAIT 2002, pp. 249–252, 2002. 1.
- [2] ベュンジョン, 高橋裕樹, 中嶋正之, “セルアニメーション制作補助のためのキャラクタ動作データベース構築 第 1 報: ショット変化の自動検出”, 電子情報通信学会 2002 年 総合大会, D-12-80.
- [3] 長坂, 田中, “カラービデオ映像における自動索引付け法と物体探索法”, 情報処理学会論文誌, vol. 33, no. 4, pp. 543–550, Apr. 1992.
- [4] 大辻清太, 外村佳伸, 大庭有二, “突出検出フィルタを用いた映像カット点検出法”, 電子情報通信学会論文誌, D-II, Vol.J77-D-II, No.3, pp.519–528, 1994. 3.
- [5] R.Brunelli, O.Mich, and C.M.Modena, “A Survey on the Automatic Indexing of Video Data”, Journal of Visual Communication and Image Representation 10, pp.78–112, 1999.
- [6] 馬場口 登, “メディア理解による映像メディアの構造化”, 電子情報通信学会, PRMU 99-42, 1999. 7.
- [7] 米澤保雄, “遺伝的アルゴリズム—進化的理論の情報科学”, 森北出版, 1993.