

歩行アニメーションの躍動感に及ぼす要因

石井真人¹

Factors that influence to lively sensation of a walk movement-animation

Masato ISHII

In this paper, an image construction method to make a visual effective two-dimensional animation is reported. The image construction is expressed with a set of objects.

We chose the human walk as a subject of the image construction, then we measured arms and legs angle of the walk movement, and the result was expressed in a mathematics model. The walk movement was visualized by the combination of the objects by using the model.

An animation-drawing program has been developed. This controls the movement and the shape change of the object and can finally produce the image of the animation-frames.

By using a reproduction program, which we already developed, the influence that a background sound and the behavior of the object gave to a lively sensation was analyzed.

These results are as follows.

- (1) We have generated the lively sensation walk movement-animation by the combination of objects.
- (2) The perspective sensation has increased when the differences of the movement between objects has been big.
- (3) The lively sensation has increased when a perpendicular movement object has been added to the horizontal movement objects.
- (4) The background sound has influenced the lively sensation greatly.

Keywords : two-dimensional animation, lively sensation, walk movement , animation-drawing program, background sound

1 はじめに

スタジオジブリの宮崎駿監督が「もののけ姫」に続いて「千と千尋の神隠し」を発表し、興行収入が歴代邦画収入記録を二作続けて更新したのは 2001 年である[1]。一方、アニメーション技術では、この頃から大きな変換が始まっている。従来から用いられてきたセル画の使用が低減して、代わってコンピュータによるデジタル彩色・描画が多用されるようになった。我が国のテレビ放映用アニメーションも例外ではなく、このあたりから急速にコンピュータに置き換わり、サザエさんを最後に全てがセル画からコンピュータを活用した彩色手法になった[2]。

我が国の商用二次元アニメーション製作の特色として、限られた時間と費用のなかで完成させる環境は、「鉄腕アトム」時代のジャパンアニメーションの創始期と大きな違いは無い。また表現としては、かつての「白雪姫」や「ダンボ」で見ることでできるディズニアンアニメーションの表情豊かなシーンや自然な動きはコマ数が増加するため、放送がプログラム化された現代には馴染まない。そこで我が国独特の手法として、コマ数を減らしながらアニメーション効果を上げるいくつかの表現技法が生みだされた。この技法はテレビアニメーションの黎明期か

¹ 相模女子大学名誉教授

らアメリカで開発されてきたが、フルアニメーションに対してリミテッドとも称された[3]。日本のリミテッドアニメーションはさらに変化を持たせた結果、これらはマイナス面としてではなく、コマ数を節約できるとともに、ディズニー作品のアニメーション感覚とは別の独特な感覚が受けて、グローバルに認知されてきた[4]。

このリミテッドの技法から得られた二次元アニメーション効果は、コンピュータ活用の現在でも随所に見ることができる。その表現法のひとつとして、画像の一部だけを動かすことによりアニメーション感を得る方法がある。一例として、人物などの移動感を出すため、鑑賞者が主として見る対象（以降、移動主体とする）を固定あるいは、上下に単純移動して背景画像を移動させる表現法である。この方法では、移動主体と背景を別の層に描くことにより、背景画像を動かすことで移動主体の移動感を表現することができる。この手法の欠点は、背景に奥行きが必要な場合は、背景全体を1枚の画像で処理するため遠近感が乏しくなる²。そして移動対象の動作表現が単調であれば、アニメーション効果としての躍動感が低下する。そこで本研究では、二次元アニメーションの躍動感を損なわずに、アニメーション画像を生成する技法の解析を試みた。背景画像の移動と視覚効果の関連性を明らかにするため、アニメーション画面作成プログラム(以下、作画プログラム)を構築した。それを用いて、背景画像を数種類移動させて移動主体を組み込む画面を構築した。移動主体の動作は、日常動作で不可欠な歩行である。そして生成した画像を再生して、アニメーションの躍動感や遠近感との関連性を検討した。

以下2章では、作画プログラムで生成した画像を用いて、アニメーションから受ける移動感などを測定する実験について述べる。そして3章では実験結果とその考察を述べ、4章にてまとめを行なう。

2 実験

2.1 作画プログラム

二次元アニメーションで遠近感のある背景画像を生成するため、背景に含まれる数個の物体やシーンごとに制御できる石井らの作画プログラム[5]を用いた。ただし、移動主体の動作や、背景画像の動きを詳細に制御できる機能を組み込んだ。以下、作画プログラムの説明を行なう。

作画プログラムは、以下の条件で背景画像などを個別に制御する。以降オブジェクトとは、移動あるいはサイズ（本研究では画像の画素数を指す）変化可能な画像構成要素を指す。背景画像の一部で移動や形状変化が可能ならば、それはオブジェクトである。移動とは、画像の二次元座標変化である。1枚（1コマ）の画像は、数種類の背景用オブジェクトと、移動主体から構成する。なお移動主体も数種類のオブジェクトで構成する。作画プログラムの特徴を以下に示す。

- ① オブジェクトは、繰り返しを含む移動が可能である。
- ② オブジェクトは、任意の座標に移動できる。
- ③ 時間あたりのコマ数は、任意に設定できる。
- ④ 移動速度は、任意に設定可能である。
- ⑤ オブジェクトの形状変化は可能であるが、現バージョンでは限定的である。
- ⑥ 生成画像は、連番で任意の画像フォーマットに保存されるため、他のアニメーションソフトへの置換と再生が容易である。

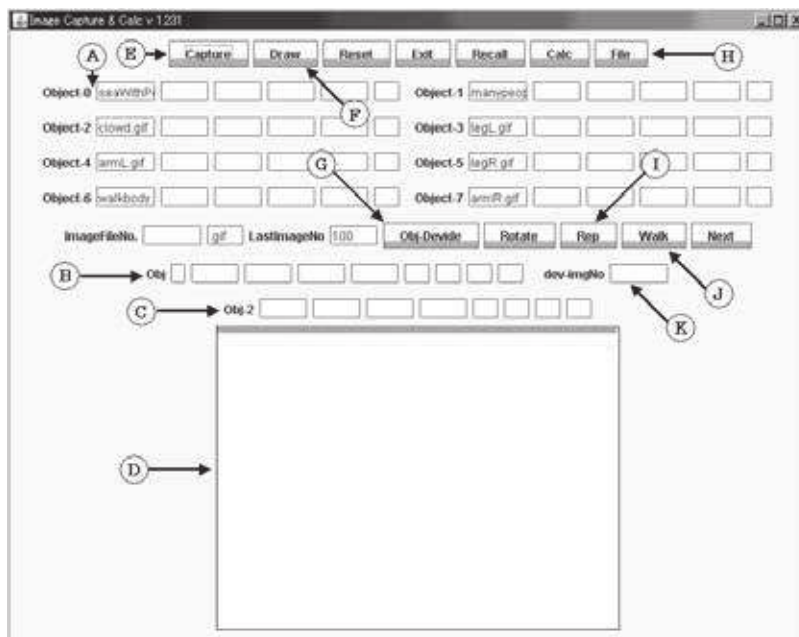
作画プログラムのデータ入力画面を図-1に示す。

図-1において、プログラムの操作は以下の通りである。

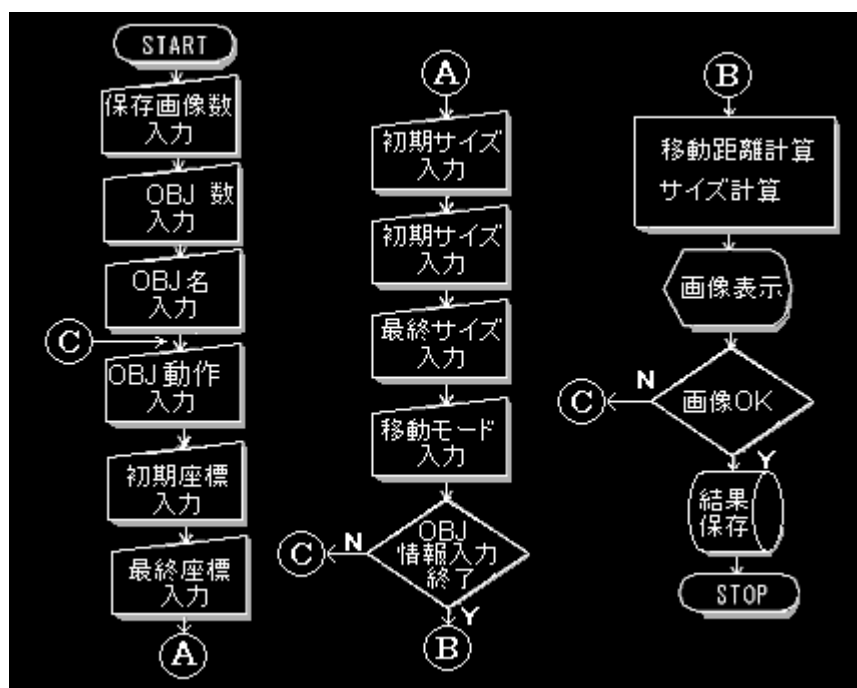
- [A] オブジェクト名の表示。右側にその座標とオブジェクトのサイズなどが表示される。
- [B] オブジェクト情報の入力枠。右側にオブジェクトの初期座標データとサイズを入力する。オブジェクト数で増減する。
- [C] オブジェクトの動作変更指示枠。オブジェクトの動作を途中で変更する場合に用いる。
- [D] 生成画像表示スペース。
- [E] 画像保存ボタン。生成画像表示スペースの画像を保存する。

² 三次元CGを使う場合もあるが、本稿では扱わない。

- [F] 画像描画ボタン. 任意の画像番号の入力に従い, 生成画像表示スペースに画像が表示される.
- [G] オブジェクトの移動モード変更情報入力枠.
- [H] 画像ファイル自動生成ボタン. このボタンにより, 一連の操作を自動的に処理して, 連番の画像ファイルを自動生成・保存する.
- [I] 繰り返し動作制御ボタン. このボタンにより, オブジェクトの繰り返し動作を制御する.
- [J] 歩行動作制御ボタン. このボタンにより, 歩行動作の歩行幅, 速度などを制御する.
- [K] オブジェクトの直線・非直線移動変更ボタン.
- 操作全体の流れを図-2 に示す.



(図-1) 作画プログラム画面



(図-2) 実験用作画の流れ

注) “OBJ” はオブジェクトを示す.

2.2 アニメーションの実験

アニメーションの評価は、『ファンタスティックな要素の多い題材を選んで・・・中略・・・アニメーションならではの流動感のある動きやリズム、ヴォードビルの誇張された面白い演技によって画面を活気づける・・・以下略』³ [3]を参考にし、躍動感と自然さ、および遠近感を選んだ。そしてアニメーション素材として、日常の動作を代表する歩行を選んだ。その理由は、歩行は人間の基本的動作であり、アニメーションの本来の意味である生命感を代表する“人間の動き”と重なるからである。背景は、歩行時の躍動感と自然さが顕著に表現でき、遠近感を評価しやすい海岸を選んだ。背景画像は、距離感の異なる5種のオブジェクトで構成した。そして、それらのオブジェクトの移動と形状を別々に変化させた実験用アニメーションを作成して、躍動感などの評価を行った。なお評価に際しては、躍動感・自然さと、効果音との関係を調べるため、波の音を再生中に用いた。

2.2.1 歩行動作モデル

人間の歩行は単調な繰り返し動作であるが、腕と足の連携が伴うためアニメーション表現としては単純ではない。そこで、自然なアニメーションの歩行表現のため、実験的に歩行動作の解析を試みて、視覚的に不自然さが少ない歩行画像を検討した。表-1に歩行実験環境を示す。

〔表-1〕歩行実験環境

項	目	内	容
歩行場所		一般道路	
歩行速度		通常速度	
モデル		20代女性1名	
記録		連続写真撮影	

撮影した写真のエッジ抽出を行った後、手足の角度を測定した。図-3にエッジ抽出結果の一部を示す。また、図-4に手足の角度測定図の一部を示す。

以上の実験結果をアニメーションに表現するため、歩行動作と手足角度の関連性を検討した。図-5に手足角度測定結果の一部を示す。

図-5より、両手足をオブジェクトとして置き換えると、それらの角度は相互に関連性がある。そこでオブジェクトの動きと角度を、単純な正弦波モデルに近似して式-1で表現した。図-6にモデル化した図を示す。

$$\varepsilon_t = A \cdot \sin(\alpha - \beta) \quad (1)$$

ここで、

ε_t : t 時のオブジェクトの角度.

A : 係数.

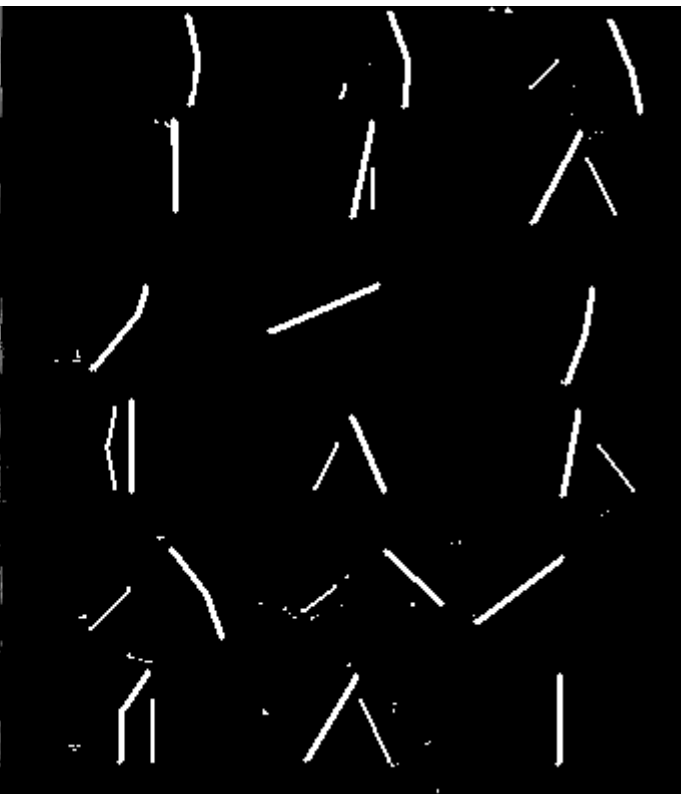
α : t 時の歩行動作.

β : 歩行動作の初期位相 ($t=0$).

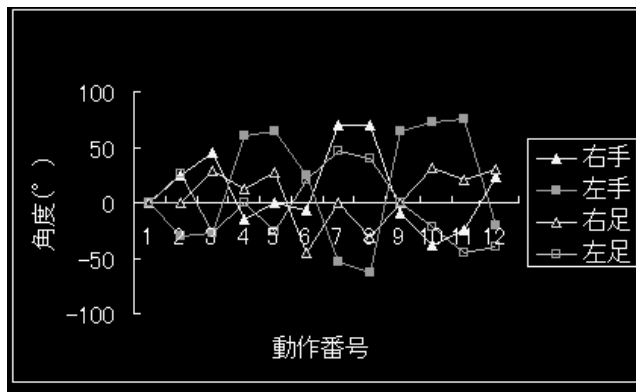
³ 高畑勲：“60年代頃の東映動画が日本のアニメーションにもたらしたもの”より。



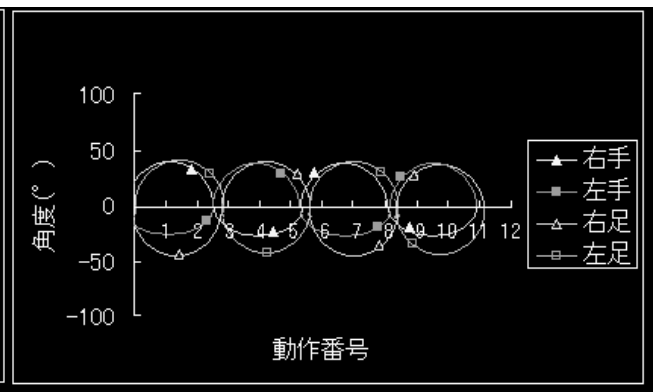
(図-3) 歩行実験写真 (エッジ抽出)



(図-4) 歩行時の手足



(図-5) 歩行時の手足角度と動作



(図-6) モデル化した手足角度と動作

2.2.2 アニメーションのオブジェクト

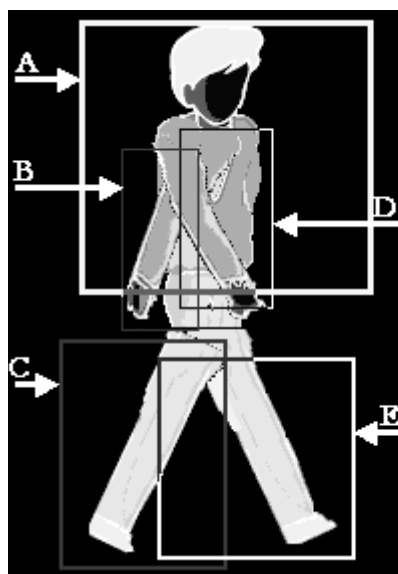
(1) 歩行オブジェクト

歩行オブジェクトを図-7に示す。歩行オブジェクトは、2.2.1の結果より、4種の手足と1種の胴体オブジェクトで構成する。手足を式-1で動かすことにより、背景を移動して画面を構築する。

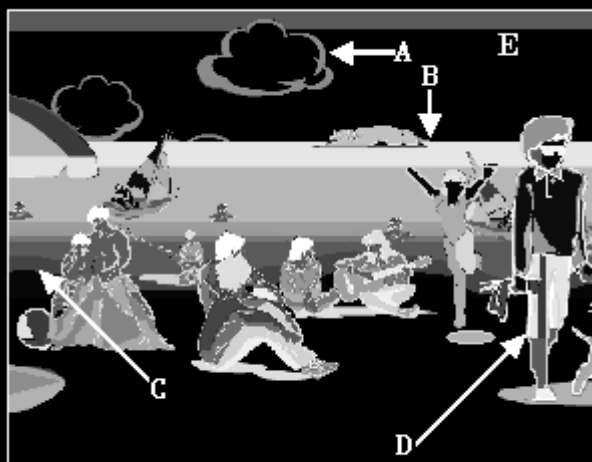
図-7において、オブジェクトAは静止、オブジェクトB、C、D、Eは、式-1に従い、任意に角度を変えて画像を構築する。

(2) 背景オブジェクト

効果の評価が容易な画面構成を実現するため、評価者が観察して遠近感を感じることが可能なオブジェクトの構成とした。立体感を感じる要素を組み込むため、背景オブジェクトを段階的に配置して、各々が遠近感に合わせて移動可能な構成とした。なお、オブジェクトの移動速度と配置の関係は、石井らの方法[5]で行った。背景オブジェクトを図-8に示す。図-8において、E（空）、A（雲）、B（海で遊ぶ人々）、C（波）、D（砂浜の人々）順にスクリーン上部から配置して、各々の移動距離と移動方向を変換して背景画像を構築した。そして、構築後の画像に歩行オブジェクトを配置した。



(図-7) 歩行オブジェクト



(図-8) 背景オブジェクト

2.2.3 アニメーションの評価

躍動感などの評価にあたって、はじめに適切な歩行オブジェクトの動作を確定する実験を行った。この実験では、効果音の影響も加味するため、再生プログラムの背景音に波の音を組み込んだ。そして背景オブジェクトの動作を一定に保ち、歩行オブジェクトの歩行コマ数を変化させて評価した。

(1) 歩行オブジェクトの動作と背景音の評価

歩行動作の評価は、作成した100コマのアニメーションを再生プログラム[5]を用いて20~24fpsの速度で動かし、4人の20代女性で躍動感と自然さの評価を行った。なお再生プログラムでは、アニメーションの開始から最後まで同一のサウンド（波の音）を用いている。また、歩行速度を視覚的に一定に保つため、歩行コマ数の値に対応して、同一のコマを挿入して調整している再生もある。評価実験の環境を表-2に示す。

〔表－2〕 歩行オブジェクト評価実験環境

項 目	内 容
背景オブジェクト（静止）	E, A, B, C
背景オブジェクト（移動）	D （1 レベル）
歩行コマ数(角度/コマ)	4 レベル(4 が角度最小[3], 1 が角度最大[30])
背景音	2 レベル(1 が有, 2 が無)
評価方法	5 段階（5 が感じ方最大, 3 が中間, 1 が最小）
再生繰り返し数	2 回

(2) 背景オブジェクトの移動を加えた評価

背景オブジェクトの移動を加えた評価（以下、総合評価）は、(1)の歩行動作の評価で決定した歩行条件を用いて、背景オブジェクトの移動や形状変化を加味して行なう。評価者は、(1)の項目にさらに遠近感を追加して評価した。その他の評価条件は同一である。評価実験の環境を表－3 に示す。図－9 にウェブブラウザを用いた評価画面を示す。

〔表－3〕 総合評価実験環境

項 目	内 容
背景オブジェクト（静止）	E, A
背景オブジェクト 1（移動）	D/B 3 レベル(1 は小, 3 が最大)
背景オブジェクト 2（移動）	C 2 レベル(1 は X 軸方向移動, 2 は X－Y 軸方向移動)
歩行コマ数(角度/コマ)	(1)の結果による
背景音	(1)の結果による

注) C のレベル 2 の移動は繰り返し移動。

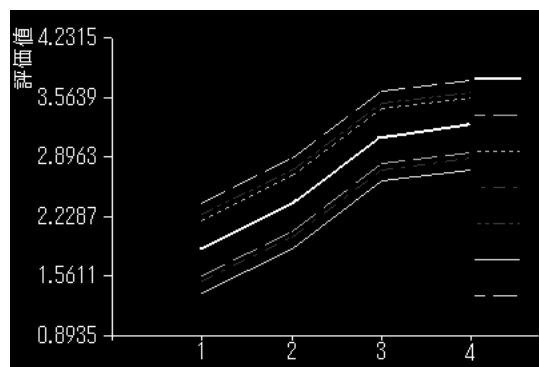


(図－9) 背景オブジェクト評価実験画面

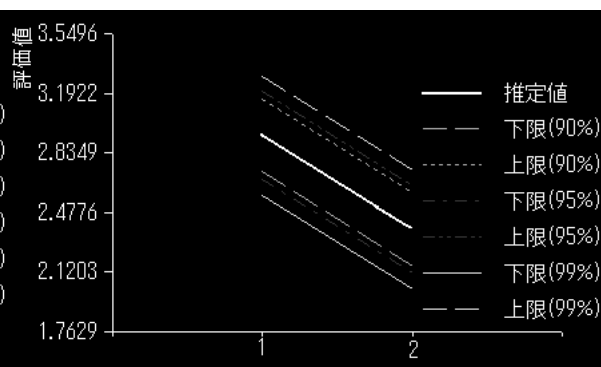
3 結果と考察

3.1 歩行オブジェクトの動作と背景音

歩行オブジェクト評価実験結果について分散分析を行った結果、背景音の躍動感と自然さの F_0 (分散比) はそれぞれ 9.722**, 21.615**であり高度に有意であった。歩行コマ数の影響も、同様に高度に有意であった。図-10, 11 に躍動感に関する歩行コマ数、背景音と評価値の関係を示す。



(図-10) 歩行コマ数と評価値の関係 (躍動感)



(図-11) 背景音の有無と評価値の関係 (躍動感)

図-10, 11 より、歩行コマ数の増加に従い、また背景音を入れると評価値は向上する。この結果より、総合評価実験の歩行オブジェクトの動作は、背景音を入れ、歩行コマ数をレベル4に設定した。

3.2 総合評価実験の歩行動作

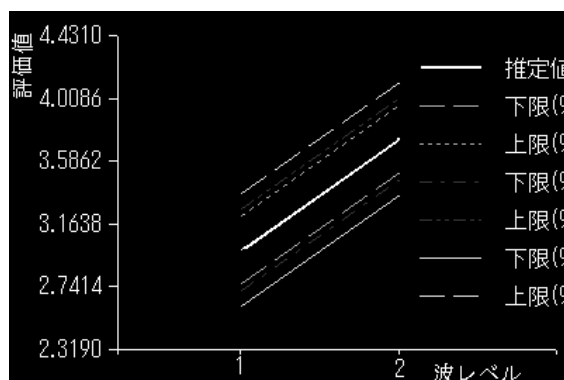
表-4 に、総合評価実験結果について分散分析を行った結果を示す。全評価項目において、波移動は高度に有意であった。これに較べて移動比は、自然さと遠近感が有意であった。図-12~14 に評価項目ごとに評価値と波移動との関係を示す。

[表-4] 背景オブジェクト評価分散分析結果

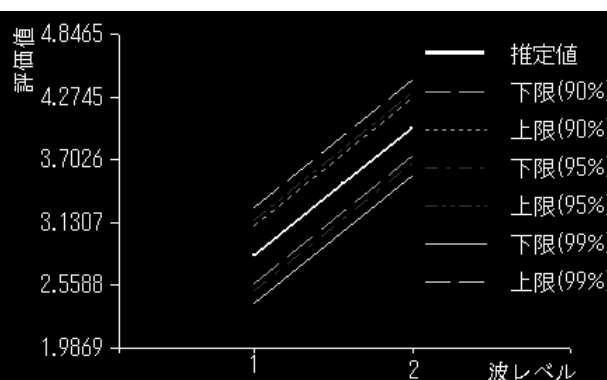
評価項目	要因	F_0
躍動感	移動比	0.601
	波移動	16.204**
自然さ	移動比	4.266*
	波移動	29.441**
遠近感	移動比	4.043*
	波移動	10.573**

注 1) 移動比=X 軸方向D移動量/X 軸方向B移動量

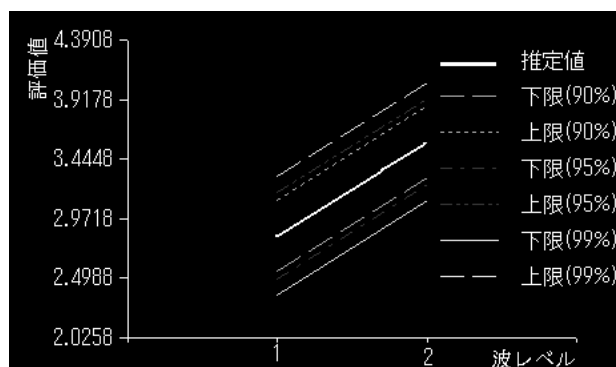
注 2) 波移動=X-Y 軸方向C移動量



(図-12) 波移動と評価値の関係 (躍動感)



(図-13) 波移動と評価値の関係 (自然さ)



(図-14) 波移動と評価値の関係 (遠近感)

図12～14より、X-Y軸方向波移動(レベル2)ではすべての評価値が高い値を示す。また、表-4より、砂浜の人々(D)と海で遊ぶ人々(B)との水平移動距離差があるほうが、自然さと遠近感は増加する。

このことから、評価者が移動主体にたいして、最短距離と感じるオブジェクトと近接したオブジェクトとの移動距離差が顕著であるほうが、アニメーション効果が高い。そして、波(C)のように、上下左右に繰り返し移動・変形するオブジェクトを移動主体の近くに組み込むと、さらに効果は高まる。また、移動比が波移動ほど躍動感への影響が明確でないのは、背景音である波の音が波移動効果の促進に影響するため、相対的に低下している可能性がある。

4 結論

本稿では、二次元アニメーションの躍動感などの視覚効果を高める画像生成にむけて、画像から受ける感覚を実験的に検討した。オブジェクトを画像構成要素と位置付け、それらを組み合わせてアニメーションの1枚の画像を構築した。そして人間の歩行を題材として、歩行実験により手足の角度を分析し、モデル化した動作をオブジェクトに反映させて動作を制御した。

オブジェクトの移動と形状変更を同時に処理するアニメーション作画プログラムを開発し、画像を自動生成した。そして、再生プログラムで背景音を入れて再生した。オブジェクトの移動レベルごとに作成したアニメーションを見て、4人の評価者が躍動感などを5段階で評価した。得られた結果を以下に示す。

- ① 歩行動作は、歩行をモデル化することにより、オブジェクトの組み合わせで躍動感のある自然なアニメーションが生成できる。
- ② 遠近感の増加は、最も近距離と感じるオブジェクトとそれに隣接するオブジェクトの移動差が影響する。
- ③ 左右方向に移動するオブジェクトに、上下移動のオブジェクトを背景画像に追加すると、躍動感などの効果が増加する。
- ④ 背景音は躍動感などに大きく影響する。

今後は、移動するオブジェクト数と視覚効果の関係に関して検討する予定である。

参考文献

- [1] 増田弘道 “もっとわかるアニメビジネス”, NTT出版, pp.107-112(2011)
- [2] 共同通信 “サザエさんデジタル製作に一セル画アニメ姿消す”, 47 ニュース, 2013-9-27
- [3] 草薙聡志 “アメリカで日本のアニメは、どう見られてきたか”, 徳間書店, pp.308-3011(2003)
- [4] R.Kelts “JAPANAMERICA”, Palgrave Macmillan, pp.17-30(2006)
- [5] 石井真人 “アニメーションの動的移動と視覚効果”, 相模女子大学紀要, pp.1-7(2014)

