

# 状況論的アプローチによるアニメーション 教育手法の有効性について

熊谷武洋

The Validity of Animation Educational Method by A Legitimate Peripheral Participation Approach

Takehiro KUMAGAI

(Received September 27, 2002)

## はじめに

映像制作会社や教育機関におけるアニメーション教育の学習環境やその手法は素質のある学習者を短期間で機械的に育成し、定型的な制作手段により類型的な表現を大量に行うといったことを目的として行われている。しかし、学習者の素質の有無に依存せずに表現能力を獲得させるといったことや、基本的な表現技能を習得した学習者に対してさらに表現力の幅を広げさせるといった目的には適さないことが多い。

以上のことから状況論的アプローチを援用し、行動主義的なアプローチと補完的に学習環境をデザインし、これまでの学習方法に汎用性・拡張性を付与するための学習環境を検討した。

## 1. 行動主義的アプローチによる学習環境について

### 1.1 キーフレーム法における教育方法

CGアニメーション制作においてはモーションキャプチャリングやシミュレーションによる半自動的な手法も表現形式によっては採られる場合もあるが、一般的にはキーフレーム法による手法が多く採られている。しかし、キーフレーム法によるアニメート手法は以下のようなデメリットも持っている。

- ・属人的な技能を要する
- ・負担の大きい反復学習を必要とする
- ・ノウハウのドキュメント化が困難である
- ・類型的な表現に陥りやすい

キーフレーム法の場合は、中割り（インビトウィーン:in-between）処理以外は人間の手作業

となるためには属人的な特殊技能を要する。これまでそのような技能を習得するためには、一旦コンピュータから離れ、手書きによる反復形式を主な学習手段として基礎的な表現技術を習得することが必要とされてきた。このような学習形式は、行動主義的な学習理論によるアプローチに基づいて行われることが多い。行動主義的な学習理論は、「学習とは一定の刺激に対する反応を形成していく過程である」と捉え、生体の無条件反射を基礎とする条件反射を形成することを目的とする。そのため、技能の即時強化という観点においては有効性がみとめられるものの、この方法によるアプローチでは無自覚的適応学習に陥りやすい。特に反復形式を主な学習手段とするアニメーション技能実習においてはそれが顕著である。

### 1. 2 アニメーション表現において求められるもの

アニメーション表現においては現実世界で生起する現象を精緻に観察し、分解・再構成する過程が重要である。しかしながら、反復形式による学習手段では、それらを具体的に表現として定着させるための技能修得に物理的な限界が生じる。さらにCGを用いたアニメーション表現においては、その表現上の形式性により、従来のリミテッド手法によるセルアニメのような“表現の類型化”を表現手段として用い難い。そのため、アニメーターには類型化によるスタティックな表現手法を適宜選出する能力よりも、抽象性は残しつつも、実世界の動きに則したものをダイナミックに創出する能力が求められる。

### 1. 3 行動主義的アプローチによる学習環境における問題点

このような要求に応えるには、自分なりの知識を体験の中で得られた知識と照合し、動きを再構成する能力、すなわち運動認識能力を高める必要があるが、行動主義的なアプローチによる学習環境ではそのような能力を育成することは困難である。多くの場合、学習者が経験などから独自の手法を確立していくことにより運動認識能力を獲得しているというのが現状である。

また、行動主義的なアプローチによる学習環境では、学習者が最低限必要な表現技能をすでに備えていることを前提としている。よって全くの初心者や経験のない者にとっては敷居が高く、反復形式による学習方法を基本手段としているため上達も遅い。結果として意欲が減退し表現技術を習得するに至らず途中で辞めてしまう事例が数多くある。

このように行動主義的なアプローチによる学習環境は、素質のある学習者を短期間で機械的に育成し、定型的な作成手段により類型的な表現を大量に行うといった目的には適している。しかし、学習者の素質の有無に依存せず、ある基本的な表現能力を獲得させるといったことや、基本的な表現技能を習得した学習者に対してさらに表現力の幅を広げさせるといった汎用性・拡張性をもった目的には適さないことが多い。

以上のことから状況論的アプローチを援用し、行動主義的アプローチと補完的に学習環境をデザインし、これまでの学習方法に汎用性・拡張性を付与するための学習環境を検討した。

## 2. 状況論的アプローチによる学習環境について

状況論的アプローチとは、状況的認識観に基づく新しい統合的な学習理論構築のための概念装置である。前述したように行動主義的アプローチにおいては、「学習とは一定の刺激に対する反応を形成していく過程である」と捉え、生体の無条件反射を基礎とする条件反射を形成することを目的とする。しかし、状況論的アプローチにおいては「学習とは個人の認知過程の中だけで生じるのではなく、相互作用の中で状況的に生じるものである」と捉え、学習者の相互作用を促進、展開できる学習環境を形成することを目的とする。

### 2. 1 状況論的アプローチの援用の理由

人間の認知過程については主に次の2つの考え方がある。

#### <表象主義的認識観>

認識過程を人間が外界から刺激を受け、それを頭の中で再構成しているものと捉える。

#### <状況的認識観>

認識過程を外界との相互作用の中にあるものとして捉える。

アニメーション表現技術において必要な能力として運動認識能力、すなわち「現実世界で生起する現象を精緻に観察し、分解する能力・自分なりの知識を観察の中で得られた知識と照らし合わせ動きを再構成する能力」が重要であることは前述した。状況的認識観は相互作用を認識過程の基本に据えていることから、このような能力を獲得するための基本となる考え方として最適であると言える。

### 2. 2 状況論的アプローチにおける学習リソース

デジタル機器は、状況論的アプローチにおける重要な要素である「学習者と学習環境の相互作用」を促進するための重要な装置である。このようなデジタル機器の運用効果の身近な例としてワードプロセッサが挙げられる。ワードプロセッサが一般に普及した時、手書き原稿を清書するための道具であるという認識しかなかった。しかし、ワードプロセッサを利用するユーザの活用技術の熟達、ワードプロセッサそのものの性能・機能の向上により、今日においてはワードプロセッサ（あるいはパーソナルコンピュータのワードプロセッシングソフト）は推敲の道具としても運用されている。

ワードプロセッサの基本的な機能として、コピー&ペーストがある。単純ではあるが、今やこの機能は切り貼り作業を簡便化させるだけにとどまらず、非線形な人間の思考様式による文章作

成を支援するための不可欠な機能といっても過言ではない。この例の場合、状況論的に説明するとワードプロセッサは文章上達のための学習リソースとして機能したと言えるのである。アニメーション制作においても同様にコンピュータを学習リソースとみなし、学習者が事物の動きをコンピュータを用いて観察し、その運動をさらにコンピュータを用いて表現することにより、「学習者と学習環境の相互作用」を促進させることが可能であると考えられる。

このように状況的認識観に基づき、本来、人間の能力拡張・補助手段であったデジタル機器等も、認識活動のための学習リソースとして位置付けて以下のような学習サイクルを創出した。

- ① 学習者が事物の動きをデジタル機器等を用いて観察する
- ② その運動をさらにデジタル機器を用いて表現する
- ③ 表現行為が即時結果としてフィードバックする
- ④ 完成目標と表現行為が客観化され両者の差分が意識化される

これらの過程を実践することにより事物に対する運動認識能力と表現能力を獲得できると考えられる。

### 3. 実験制作について

以上の理由から学習者自身が、自分の行為とその結果を逐次確認できる学習環境、つまり状況論的アプローチによる学習環境をデザインすることがこのような学習目的を実践する上での方法として最適であると言える。そこで有効性の足がかりを得るために、考察より得られた学習手法を用いて、実際にアニメーションを実験制作した。状況論的アプローチによる学習方法が一般性を持った形で実際に有効であるかは、多数の被験者によって実験群と統制群を設定し、結果を統計分析して測定する必要がある。しかし、測定作業は次の課題とし、本実験制作では仮説とその実証のための学習環境デザイン、および教材開発を目的とした。本実験制作では制作モチーフとして、アニメーションの基本とも言える“人間の歩行”を設定した。実験の詳細を以下に示す。

#### 3. 1 実験環境

##### ■実験モチーフ：

- ・横方向から見た人間の歩行

##### ■被験者：

- ・美術の専門教育は受けていない大学生9名を3名ずつ以下のグループに分けた

被験者A（統制群として設定）：処遇何も与えず、スケッチとCGアニメを作成（教材なし）

被験者B（対照群として設定）：モーションキャプチャによって標本化された動画像

を参照し、スケッチとCGアニメを作成（教材③）

被験者C（実験群として設定）：モーションキャプチャによって標準化されたデータを3DCG映像やWeb3Dを用いてあらゆる角度から任意に視点を移動したり、再生スピードを変化させて観察し、スケッチとCGアニメを作成（教材①～⑤）

■実験制作物：

- ・鉛筆スケッチ
- ・キーフレームによる3DCGアニメーション

■使用アプリケーションおよび機器類：

- ・GIMP（描画、画像補正）
- ・GIFAnimato2.0（連番アニメーション作成）
- ・3D Studio MAX R4およびCharacter Studio R3（CG作成）
- ・Shout 3D（歩行アニメーション観察）
- ・モーションキャプチャ（光学式Motion Analysys社HiRES）

■提示教材（各内容については後述）

- ① 光点運動による動画像
- ② 線画による動画像
- ③ ソフトウェアレンダリングによる動画像
- ④ 残像表示された静止画像
- ⑤ リアルタイムレンダリングによる動画像

■実験制作の流れ

- ① スケッチ描画→これまで獲得した人間の歩行動作に関する知識の外化を行う
- ② キーフレーム3DCGアニメーション作成→①と同様
- ③ モーションキャプチャによる人間の歩行動作の標準化
- ④ 標準化された歩行動作をCGキャラクタ上にて観察→過去の体験による情報と現在の学習環境からの情報との相互作用を促し、認識のための観点を内在化させる
- ⑤ CGキャラクタ上にて体の部位毎の時間推移による歩行動作の変化の観察→④によって内在化した観点から得られた情報の組織化を行う
- ⑥ スケッチ描画→④、⑤によって得られた情報の収束化と再確認化を行う

- ⑦ 3DCGアニメーション作成→作成した歩行動作の不自然な要素を排除し、自然な要素だけを残していく

### 3.2 実験の評価項目

評価項目として以下の3つの観点を設定した。

- ① 重心 (center of gravity) が意識されているか  
物体を形成している質点は、すべて重力によって真下に引かれている。この重力を1つにまとめた合力 (重さ) の作用点が重心である。
- ② 角運動量が意識されているか  
回転運動における運動量を角運動量という。腕と脚の逆方向への角運動がお互いに力を打ち消し合うために体 (体幹) が回転することなく、前方へ進行することができる。  
(角運動量 = 完成モーメント × 角速度)
- ③ 振り子動作が理解されているか  
自由歩行の位置エネルギーと運動エネルギーの曲線はほぼ逆位相である。つまり、歩行とは振り子の原理に類似している。

以上の観点を充足した状態で歩行動作を観察した場合、以下のような動作推移を意識化できる。

- ① 足を交互に前に踏み出す  
↓  
② 片方の足が前に踏み出すと重心はその足に移る  
↓  
③ その足が体重を支える  
↓  
④ 肩が左右に振れる  
↓  
⑤ 前後に振れる腕は、少し体の内側に入っている

図1に具体的にその歩行サイクルの推移を示す。

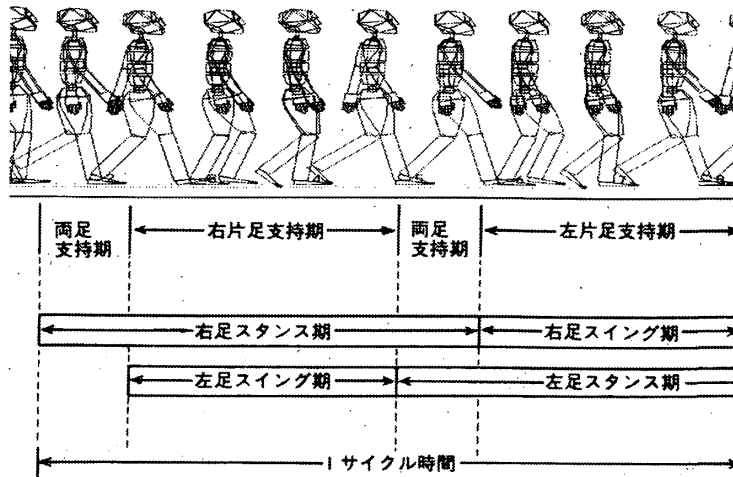


図1 歩行サイクル

### 3. 3 評価の定量化

基本歩行を類型化し、図像的にその差分を計測する方法などその他様々な方法な定量化の方法が考えられるが、本実験においては類型化された図像に近似させる能力が考察対象ではなく、表現を前提とした再構築能力が考察対象であるため、評価項目については主観による評価を行った。

## 4. 観察のための教材について

### 4. 1 教材の利用目的

教材の利用目的は次の2点である。

- ・意味づけを契機とし、動きの分析眼を養う
- ・自然な状態に近似させていくプロセスを段階的に進めていく

人間が運動している3次元物体を認識する過程は、網膜に映る2次元像から構造・運動等の実空間情報を復元する過程であると言われている。人間は、これと同様な処理を無意識下で行っていると考えられる。本来であれば、意識することのないこれら一連の認識過程を、可能な限り意味づけの部分抽出し、顕在意識の中で捉えなおすことにより、表現行為を行う上での有効な手段として用いることができると考えられる。よって顕在意識によって意味づけされた“人の動き”を再確認することにより、既知の情報から、新しい情報を生成する着眼点を獲得することが期待できる。

### 4. 2 教材の期待効果

人間の知識の獲得は、既に獲得している知識と学習材料の相互作用の過程と考えることができる。しかしながら、有効な手がかりがその初期に与えられているにもかかわらず、それが無視さ

れ、ある時点でその有効性が認識されるという、認識上のずれが人間の知識獲得の過程には生じることがある。これらの知識獲得の過程を、より意識化することにより、これらの認識上のずれをなくすことができると考えられる。そのためには観察から収集した情報を組織化するための契機を多く提示し、既知の情報と今現在知覚している情報との相互作用を促進させる必要がある。

人間はアニメーション表現技能の有無に関係なく、動きが自然か不自然かの判断は可能である。つまり、普段から見ている物の動きは既得の情報として常に現在知覚されている情報と照合されている。それ故、不自然な動きに対して敏感に反応できる。このことから不自然な要素の抽出と、それを自然な状態に近似させていくプロセスを段階的に進めていくことにより、不自然な要素のないアニメーションを作成することが可能になると考えられる。よって以下の資料を教材として作成し、被験者に提示した。

- ① 光点運動による動画像
- ② 線画による動画像
- ③ ソフトウェアレンダリングによる動画像
- ④ 残像表示された静止画像
- ⑤ リアルタイムレンダリングによる動画像

これらの動きはモーションキャプチャによって標本化された人間の動きを用いた。

モーションキャプチャとは人間の関節に発光体（リフレクタ）をとりつけ、人間の関節の位置や角度を自動的に入力し、いくつかの視点から撮影した画像を認識することによってその位置を算出する。ここから関節の位置や角度を割り出し、デジタルデータとして標本化が可能である。このデータをCGの人体モデルの動きに適用することにより、人間の演技を再現できる。

次に各教材について概説する。

#### 4.3 各教材の概説

##### ① 光点運動による動画像

暗黒の中を動く人の身体の各部位に図2、図3のように光点をつけ歩いたり走ったりしたときの光点の動きを見たときに暗黒中の光点の複雑な運動が、知覚的ベクトル分析による地的運動と、図的運動の分化の過程の中で、“人間が歩く姿”といった生物の運動として知覚される場合がある。この実験を行ったのはヨハンソン（Johansson,1973）であるがこの実験を同様のことをCGの動画像として作成し、2次元像から構造・運動等の実空間情報を復元する過程を意識化させるための教材として提示した。



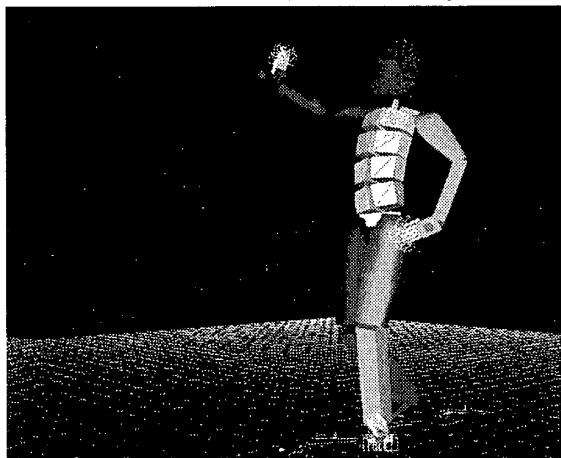


図2 光点運動による動画像A

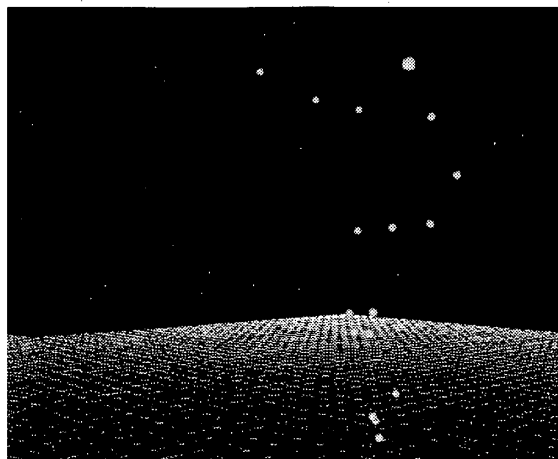


図3 光点運動による動画像B

## ② 線画による動画像

ヨハンソンの実験から、“意味づけ”が運動知覚の基本過程において、すでにかかっているということが言える。そこで図4に示すように①と同様の動きを線画によって作成し、“意味づけ”による認識効果を高めるための教材として提示した。

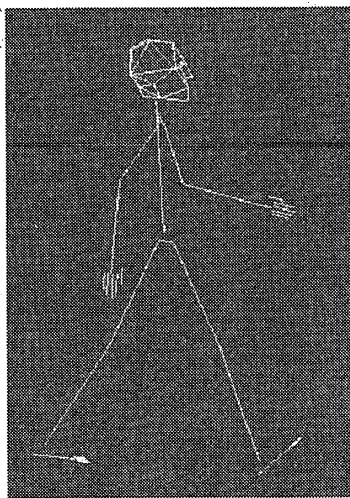


図4 線画による動画像

## ③ ソフトウェアレンダリングによる動画像

行動主義的アプローチによる学習環境でも用いられる教材である。但し多くの場合、単一方向のみの連続写真や実写映像であることが多い。同様に本教材も図5に示すように動きを観察する上で基本的な情報のみを与える教材として提示した。

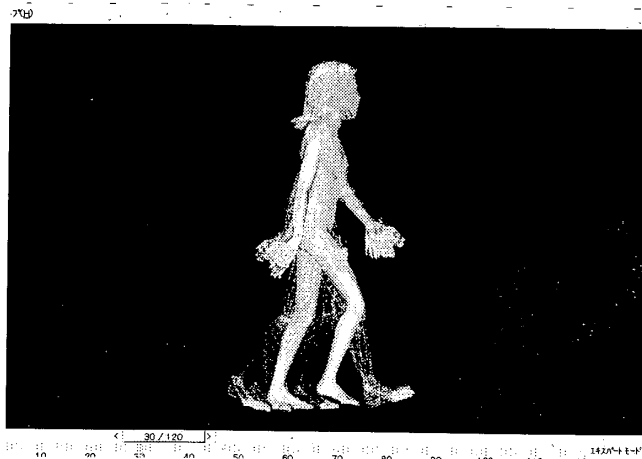


図5 ソフトウェアレンダリングによる動画像

④ 残像表示された静止画像

図6から図8に示すように時間の推移状況により、どのように動きが変化するかを疾走動作も含めて観察し、普段は意識されない人間の動き（特に頭部と腰）に着目させる教材として提示した。

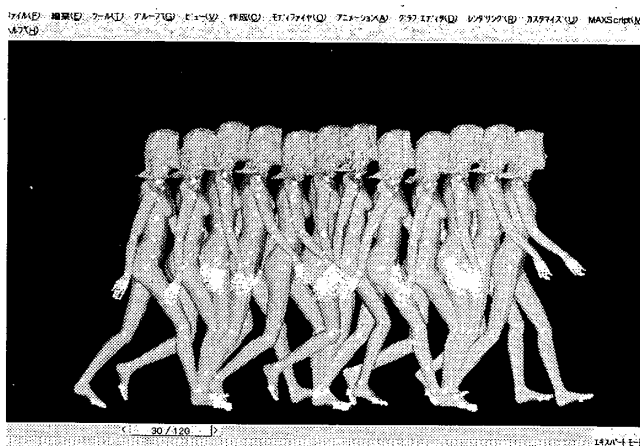


図6 残像表示された静止画像A

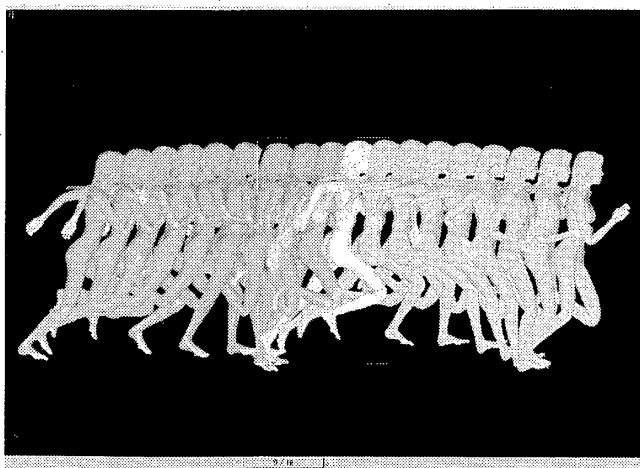


図7 残像表示された静止画像B

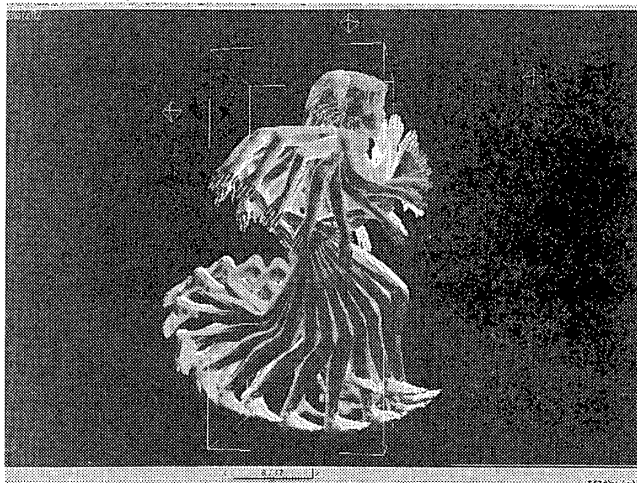


図8 残像表示された静止画像C

⑤ リアルタイムレンダリングによる動画像

図9、図10に示すように教材とCG作成ツールによって得られた既知の情報と今現在知覚している情報との相互作用を促進させる教材として提示した。この教材では人間の歩行動作をリアルタイムであらゆる方向、角度から観察でき任意に動きを再生することが可能である。

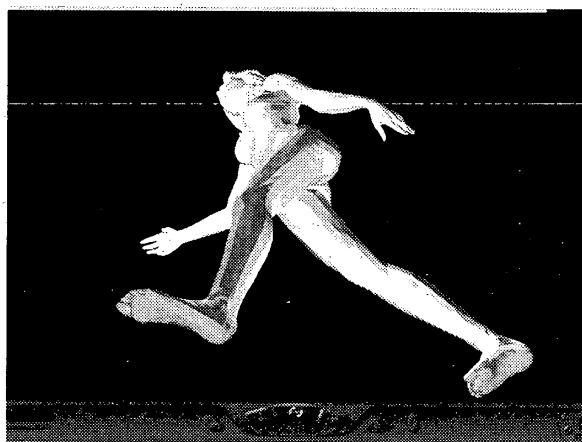


図9 リアルタイムレンダリングによる動画像

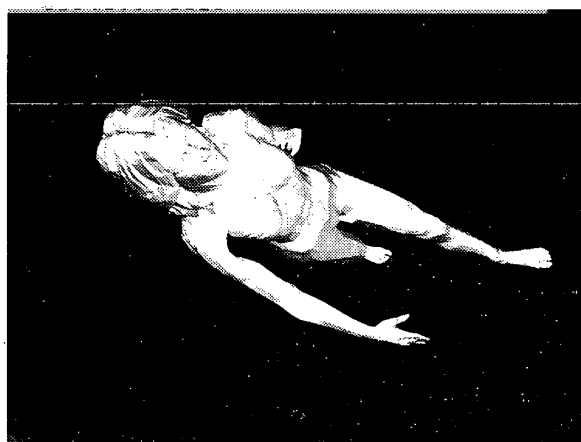


図10 リアルタイムレンダリングによる動画像

このようにこれらの教材はコンピュータ上でなければ実現不可能な教材である。

#### 4.4 CG作成のためのツール

CGによるアニメーション作成のために3D Studio MAX R4 および Character Studio R3 を用いた。

これらのツールはリアルタイムで作業することができ、自分の作業結果をその場で確認、逐次修正作業を行うことが出来る。こうした即時性・応答性の有無は不自然な要素の抽出と、それを自然な状態に近似させていくプロセスを段階的に進めていくためには不可欠な機能である。

## 5. 実験制作結果について

図11～図13は、実際の制作風景の一部である。

実際には9人分の作品があるが比較のため、各被験者グループから顕著に差が見られる作品を1

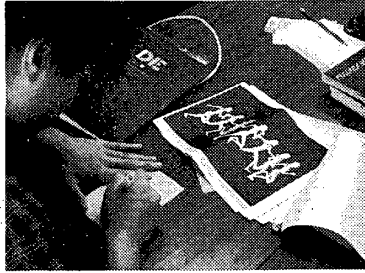


図11 制作風景 A

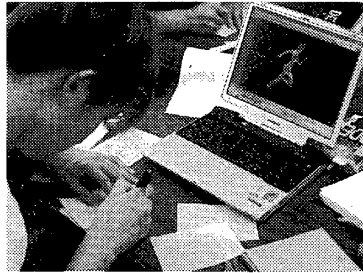


図12 制作風景 B

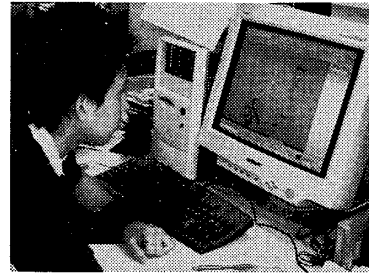


図13 制作風景 C

作品ずつ取り出して比較した。図14は、それらを比較した図である。これらは実際にはアニメーション画像である。紙面上では静止画のためわかりにくいだが、実際に動いている動画像見るとそれらの差は顕著であることがわかる。

以下の表1にそれらの評価を述べる。

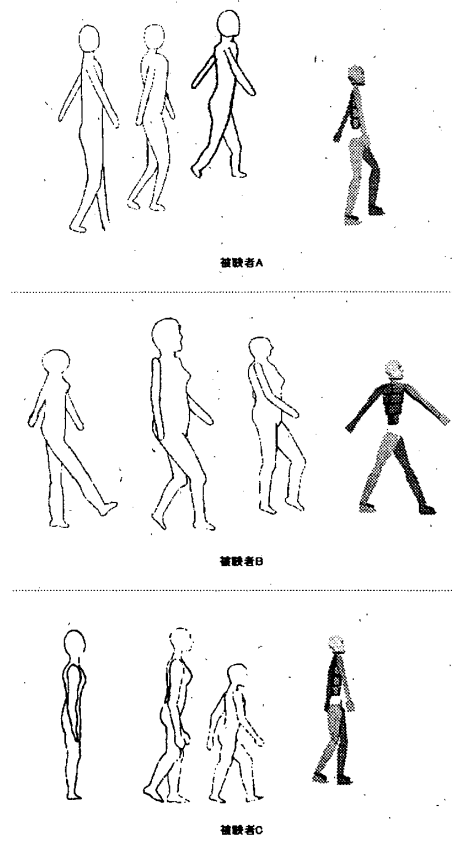


図14 歩行アニメーション比較

これらの実験制作の結果から以下のような結論が導かれた。

・被験者A

| 評価項目       | 評価内容  |
|------------|---|
| ①重心について    | 位置が安定しておらず重心という概念すらもあまり意識されていない                             |
| ②角運動量について  | 体幹の回転などは描写されておらず平面的な表現がされている                                |
| ③振り子動作について | 全ての段階でその場で足踏みをしているような描写であるため自らの観察能力によって振り子動作を認識することは難しい     |
| 総 評        | 描写のための観察点が獲得されていないために記号的な表現に留まっている。また歩行動作に関する理解もほとんどみとめられない |

・被験者B

| 評価項目       | 評価内容  |
|------------|---|
| ①重心について    | 重心は意識されているが描写が不自然であるため角度やモチーフが異なると正しく重心を意識することは難しいと思われる       |
| ②角運動量について  | 体幹の回転などは描写されており意識化はされているが自分自身の中での認識像が明確でないため描写が不自然である         |
| ③振り子動作について | 角運動量と同じく意識化はされているが自分自身の中での認識像が明確でないため前進はしているものの地面を滑っているように見える |
| 総 評        | 全体的には不自然な要素が残るが対象物の運動を認識し、それを描写しようとする意図がみとめられる                |

・被験者C

| 評価項目       | 評価内容   |
|------------|--|
| ①重心について    | 頭と腰の重心の推移状況が自然に描写されている。ここで獲得された観察点は他の事物やモチーフでも活用できる程度のものであると言える                |
| ②角運動量について  | 体幹の回転や腕と脚の逆方向への動きによる力の打ち消しといった歩行動作の基本が認識されている                                  |
| ③振り子動作について | 角運動量と同じく、歩行動作の基本が認識されており地面をきちんと進んでいく表現がされている                                   |
| 総 評        | 描写のための観察点が獲得され、それに基づき段階的に動きが修正されている。そのため各部において正確な描写がされており、結果的に自然な歩きの動作が表現されている |

表1 評価一覧

- 意味づけを契機とし、動きの分析眼を養うためには動きの構造を意識化した多角的な情報を提示することが効果的である可能性が高い
- 不自然な要素の抽出と、それを自然な状態に近似させていくプロセスを段階的に進めていくためにはリアルタイムで対象物の形状や運動を任意の角度から観察・作成できることが効果的である可能性が高い

このようにコンピュータを表現の道具としてだけでなく、認識と学習のためのリソースとして運用し、新たな観察の方向や認識のための観点を提示させることが表現力向上の重要な要素であることがわかった。

## 6. まとめ

これらの実験制作の結果、状況論的アプローチによる学習手法の有効性を示す成果が得られた。今回は実験方法そのものの有効性の有無を検証するに留まったが、さらに多くの被験者によって統計的に因果関係を検証し、有効性が認められればアニメーション表現の一般化・アニメーション制作工程管理の徹底化などに寄与することが期待できる。今後の課題としては測定結果を分散分析によって判定し、これらの教育手法が“自然な動きを描写するアニメーション制作”だけでなく、“魅力的動きを表現するアニメーション制作”においても有効かどうかを併せて検証する(のこし、惰性、予備運動、誇張など)ことが挙げられる。

## 参考文献

- 1) Eadweard Muybridge: The Male and Female Figure in Motion 60 Classic Sequences, Dover Pubns, 1984
- 2) George Maestri: Digital Character Animation edition Vol 1, New Riders Publishing, 1996
- 3) Rolf Wirhed, 松本迪子訳: 目で見る動きの解剖学, 大修館書店, 1986
- 4) 小池星多, 須永剛司: 共同体としてのコンピュータの対象認識支援機能, デザイン学研究, 第42巻2号通巻110号, 日本デザイン学会, 1995
- 5) 吉福康郎: スポーツ上達の科学, ブルーバックス, 1990 日本機械学会編: 生体力学, オーム社, 1991
- 6) 生田久美子: 「わざ」から知る, 東京大学出版会, 1987
- 7) 佐伯胖, 佐藤学, 荻宿俊文共: 教室にやってきた未来, NHK出版, 1993