

# 理解を促すアニメーションの ペンを用いたデザイン支援システムの試作と評価

丸谷 大樹<sup>†1</sup> 田野 俊一<sup>†1</sup> 橋山 智訓<sup>†1</sup> 市野 順子<sup>†2</sup> 岩田 満<sup>†3</sup> 兵野 洋一<sup>†1</sup>

近年、コンピュータ上でアニメーションを用いたコンテンツが多く見られるようになった。例えば、物理的・概念的な構造の理解を促す目的でアニメーションが使用されている。しかし、このようなアニメーションは複雑な操作を必要とするソフトウェアや、プログラミングによって作られており、直感的で自由なデザイン活動を阻害している。この問題を解決するために、本研究ではアニメーションのデザイン活動を阻害する要因を明らかにし、解決のためのデザイン支援システムを設計し、プロトタイプを試作および評価を行う。

## Evaluation of Design Support System Using Pen Device, Supporting Animation for Promotion of Understanding

TAIKI MARUYA<sup>†1</sup> SHUN'ICHI TANO<sup>†1</sup> TOMONORI HASHIYAMA<sup>†1</sup>  
JUNKO ICHINO<sup>†2</sup> MITSURU IWATA<sup>†3</sup> YOICHI HYONO<sup>†1</sup>

Recently, it has been possible to see much content using animation. For example, animation is used for learning conceptual structure and mechanical structure. However, such animation is made with software that requires complicated operation and programming. Therefore, it inhibits intuitive and free design activities. The purpose of this study is to determine the factors that inhibit animation design activities and develop a design support tool to solve animation problems.

### 1. はじめに

近年、コンピュータの性能や通信技術の向上に伴い、コンピュータ上でアニメーションを用いたコンテンツが多く見られるようになった。中でもモーショングラフィックスやWEBアニメーションの領域では、概念的な構造や仕組みなどの理解を促す目的で、学習用のコンテンツなどにアニメーションが用いられている。しかし、そのようなアニメーションの制作は複雑な操作を必要とするソフトウェアやスクリプト言語のプログラミングによって行われており、直感的で自由なデザイン活動を阻害する要因が多く存在することが考えられる。

そこで本研究では、理解を促すために用いられるアニメーションに焦点を当て、そのデザイン活動を阻害する要因を明らかにし、解決のためのデザイン支援システムを設計し、プロトタイプの実装および評価を行う。

### 2. アニメーションの分析

コンピュータ上でアニメーションが用いられているコンテンツは、OSにおけるGUIからWEBページの広告や装飾など多岐にわたり存在している。このような多くのアニメーションについて調査および分析を行う。

#### 2.1 アニメーションの表現レベル

アニメーションを使用する目的に応じて「外的表現レベル」と「内的表現レベル」の大きく2つの表現レベルとして分類した。

「外的表現レベル」のアニメーションは、コンテンツ内の要素を目立たせユーザの注意を引きつけることや、装飾によりユーザにインパクトを与えることを目的としたアニメーションである。一方で「内的表現レベル」のアニメーションは、ユーザに対してコンテンツの内容理解を促すことを目的としたアニメーションである。これは物理的・概念的な構造の理解を促すような図解のアニメーションが例として挙げられる。このようなアニメーションは学習コンテンツの分野においても有用である。

#### 2.2 内的表現レベルのアニメーション領域

内的表現レベルを実現しているアニメーションが用いられている領域を調査した結果、4つの領域が挙げられた。

##### (1) OSにおけるGUI

WindowsやMac OSでは、ウィンドウがタスクバーやドックに格納される際にアニメーションによるなめらかな提示を用い、ウィンドウの状態変化をユーザにわかりやすく示している(図1)。また、AndroidやiOSのような小型デバイスにおいては画面全体の遷移が多用される。そのため、全体の階層構造や現在位置を把握しやすくするために画面遷移にアニメーションが多用されている。このようにGUIにおけるアニメーションは、ユーザを導くナビゲーションとして用いられている。OSにおけるGUIのアニメーションは、基本的にシステムでパターンが決定されており、ユーザによる自由なデザインは難しい。

<sup>†1</sup> 電気通信大学大学院 情報システム学研究科  
Graduate School of Information Systems, University of Electro-Communications

<sup>†2</sup> 香川大学工学部 電子・情報工学科  
Faculty of Engineering, Kagawa University

<sup>†3</sup> 東京都立産業技術高等専門学校 ものづくり工学科  
Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

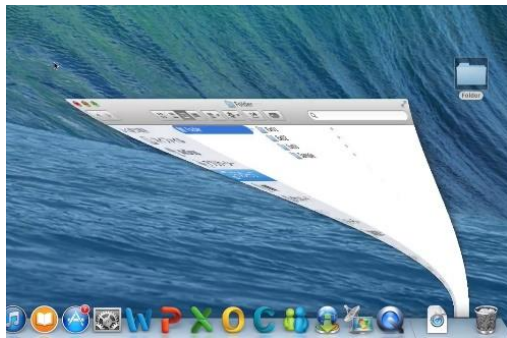


図 1 GUIにおけるアニメーション例  
Figure 1 Example of Animation in GUI.



図 3 Graphicsにおけるアニメーション例[1]  
Figure 3 Example of Animation in Motion Graphics.

### (2) PowerPoint

講義やプレゼンテーションで用いられるスライドでは、PowerPoint に搭載されているアニメーション機能を用いて、概念的な構造や仕組みを動く図解としてわかりやすく示したものがあ る。図 2 はコンピュータのデータ構造であるスタック・キューの仕組みを抽象的な表現で説明しているアニメーションの例である。

ユーザはパワーポイントの機能を用いて簡単にアニメーションを作成することが可能である。しかし工程数が多い、もしくは複雑な動きのアニメーションを作成することは難しく、一般的に簡易なアニメーションの作成に用いられている。

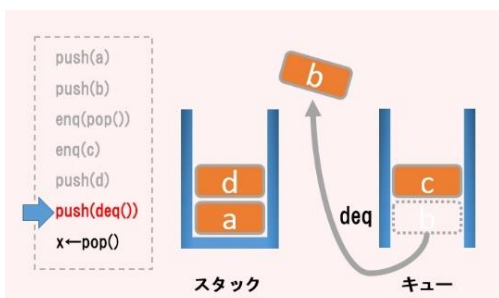


図 2 PowerPoint におけるアニメーション例  
Figure 2 Example of Animation in PowerPoint.

### (3) Motion Graphics

モーショングラフィックスとは映像表現の手法の一つであり、従来の静止画であるグラフィックデザインに動きや音を加えたもので、映像表現と静止画表現の中間に位置する表現方法である。この特色を活かし、静止画で表現されていた図解にアニメーションを取り入れた、視覚的により理解しやすいコンテンツが存在する。図 3 は気化熱を利用した玩具である水飲み鳥 (drinking bird) の仕組みをアニメーションで表した例である[1]。液体が筒の内部を移動する様子のような複雑な動きが用いられている。

モーショングラフィックスは、アニメーションや動画作成のためのソフトウェアを用いて実現されており、幅広いアニメーションが作成可能である。製品として代表的なソフトウェアに Adobe After Effects[2]や Adobe Flash[3]がある。

### (4) Web Animation

HTML, CSS, JavaScript といった Web 標準技術を用いた Web ページ上のアニメーションにおいてもコンテンツ内容の理解を促すアニメーションを実現している。図 4 は機械のメカニズムを抽象的なアニメーションで表している例である[4]。Web Animation においても Motion Graphics と同様に、複雑な動きのアニメーションが実現可能である。

Web Animation は、主に HTML や CSS, および JavaScript のようなスクリプト言語などを用いたプログラミングによって作成される。

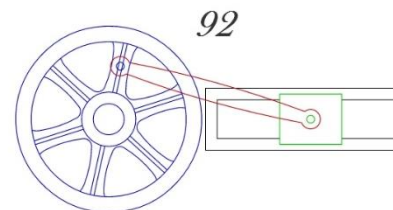


図 4 Web Animation におけるアニメーション例[4]  
Figure 4 Example of Web Animation.

以上 4 つの領域において、内的表現レベルが実現している程度を図 5 に示す。GUI や PowerPoint で実現している内的表現レベルに比べ、Motion Graphics や Web Animation の領域では複雑な動きによる説明アニメーションが実現されており、理解を促すためのアニメーションとして幅広く利用可能であることがわかる。

	GUI(OS)	PowerPoint	Motion Graphics Web Animation
表現の自由度	低		高
内的表現レベルの実現範囲	ナビゲーション	ナビゲーション 順序表現	ナビゲーション 順序表現 複雑な動きによる 構造・概念の説明

図 5 内的表現レベルの実現状況  
Figure 5 Status of Internal Representation Level.

### 3. アニメーション提示が内容理解に及ぼす影響の調査

内的表現レベルのアニメーションについて、アニメーションの提示が内容理解に及ぼす影響を定量的に評価するための事前実験を行った。

#### 3.1 実験方法

課題を以下の3種類のうちいずれかの提示方法で被験者に提示し、その内容を理解してもらった。

- 文章のみ提示
- 文章と内容を図解した静止画の提示
- 文章と内容を解説したアニメーションの提示

被験者が内容を理解できた時点で報告してもらい、理解するまでの時間を評価した。なお、理解の最中にメモを取るなどの行為は禁止して実験を行った。また、理解ができたと報告があった時点ですぐに提示されていた課題を回収し、課題内容に関する筆記問題に答えてもらい、問題の得点を評価した。内容理解と問題への回答で1タスクとした。

課題は難易度の異なる3つが用意され、全ての被験者が全提示方法と全難易度で課題を行うように、表1におけるA, B, Cのいずれかの組み合わせで実施し、被験者は1人あたり3回タスクを実行した。

表1 課題難易度と課題提示方法の組み合わせ

Table 1 Correspondence of Difficulty / Presentation Method.

	文章のみ	文章と静止画	文章とアニメーション
難易度1	A	C	B
難易度2	B	A	C
難易度3	C	B	A

実験は2度行われた。1度目の実験(実験1)では課題の難易度が全体的に低かったことが起因し、課題難易度による結果の違いがわずかにしか見られなかった。そのため、同じ実験方法で、より難易度が高い課題を用いた2度目の実験(実験2)を行った。

#### 3.2 被験者

実験1の被験者は男性9人で、全員情報系の専攻の大学院生である。実験2の被験者は、実験1の被験者のうちの8人である。

#### 3.3 実験環境

実験1, 実験2ともに同じ実験環境であり、課題文および静止画は紙に印刷して提示し、アニメーションの提示にはタブレット端末(iPad Air)を使用した。実験の様子を図6に示す。



図6 実験の様子

Figure 6 Experimental Situation.

#### 3.4 実験課題

実験2において、課題文は金属加工の手続きというテーマで、手順を箇条書きにしており、所々に注意事項が記されているものである。実験2に用いた課題内容を表2に示す。また、実際に提示された静止画の例を図7に、アニメーションの例を図8に示す。

表2 課題内容

Table 2 Contents of Task.

	文章	文章と静止画	文章とアニメーション
難易度1	文章:440文字	文章:440文字 静止画:1枚	文章:440文字 アニメーション:78秒
難易度2	文章:553文字	文章:553文字 静止画:1枚	文章:553文字 アニメーション:125秒
難易度3	文章:914文字	文章:914文字 静止画:1枚	文章:914文字 アニメーション:159秒

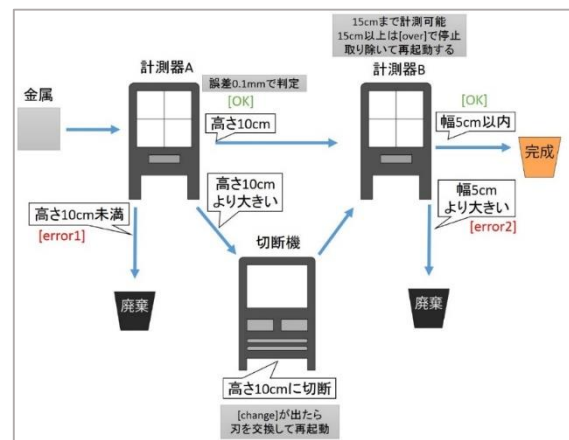


図7 提示された静止画の例

Figure 7 Example of Presented Graphic.



図8 提示されたアニメーションの例

Figure 8 Example of Presented Animation.

### 3.5 実験結果と考察

実験2の結果を図9に示す。理解するまでの時間を見ると、課題難易度1および2では文章とアニメーションの提示方法が最も理解に時間を要している。これは、アニメーションを見るための時間が必要であるためと考えられる。一方、課題難易度3では文章のみの提示方法と、文章と静止面の提示方法において時間が大きく伸びており、文章とアニメーションで提示した場合と、文章と静止面で提示した場合にはほぼ同じ程度の時間が必要であることがわかる。これは課題内容が複雑になったことで、文章や静止面での提示では理解が難しくなっており、アニメーションを見るために必要な時間を含めても、アニメーションによる順序建てられた提示が理解を容易にしていることが考えられる。

また、問題の得点について見ると、課題難易度1では提示方法による得点の差はあまり見られないが、課題難易度3において、文章とアニメーションによる提示方法が、他の提示方法と比較して得点が有意に高くなっている。これらの結果から、アニメーションの提示は、文章や静止面の提示では理解が追いつかないような複雑な内容の理解を促すのに有効な手段であると言える。

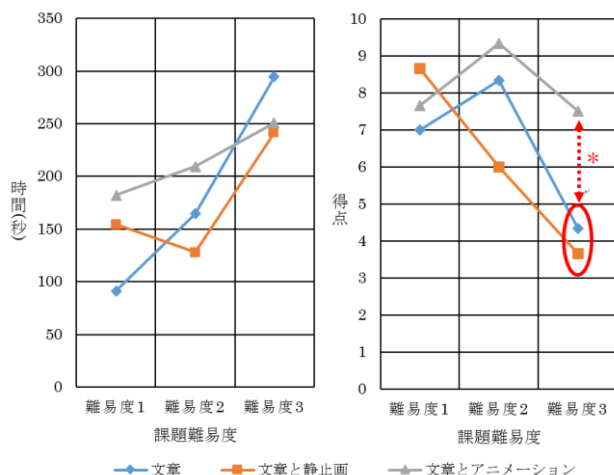


図9 実験2の結果

Figure 9 Results of Experiment 2.

## 4. 従来のデザイン手法と問題点

アニメーションのデザインには、オブジェクトデザインとモーショントデザインとの2つの過程が必要である。以下ではそれぞれの過程について、Motion GraphicsとWeb Animationの分野に焦点を当て、従来のデザイン手法の問題点および解決のための関連研究について述べる。

### 4.1 オブジェクトデザイン

オブジェクトをデザインするためのツールとして、一般的な描画ソフトウェアがよく用いられる。代表的なものにAdobe Illustrator[5]やAdobe Photoshop[6]がある。このよう

な描画ソフトウェアは高機能なためクオリティの高いオブジェクトの作成が可能であるが、一方で操作性の複雑さや見た目の整ったオブジェクトを作成することで体験的認知を誘発してしまう[7][8]。その結果、無意識にデザイン全体から意識が逸れてしまいデザインの質が低下するという問題が発生する[9]。

この問題に対してSILK[10]やDENIM[11]ではGUIやWebサイトデザインを手描きのスケッチをベースとして行うことで体験的認知の誘発を防いでいる。

### 4.2 モーションデザイン

モーショントデザインするためには映像制作ソフトウェアがよく用いられる。代表的なものにAdobe After Effectsがある。しかし、ソフトウェアが非常に高機能である一方でその操作性は非常に複雑であり、熟練した知識を持たなければ思い通りのモーショントを作成することは難しい。

Web Animationのモーショントは、一般的にHTMLやCSS、またはJavaScriptのプログラミングによって作成される。プログラミングによるデザインは実際の動きを想像することが難しく、直感的なデザインを行うことができない。

これらの問題に対して、KOKA[12]では漫画に用いられるような効果線の描画によってモーショントの定義を行っており、直感的なモーショント定義が可能となっている。さらにKOKAはスケッチベースのツールとなっており複雑なGUI操作の必要が無いため、初心者にも扱いやすいツールとなっている。

### 4.3 オブジェクトとモーショントのデザイン

オブジェクトとモーショントの両方のデザインが可能でツールも存在する。代表的なソフトウェアにAdobe Flashがある。しかし、オブジェクトとモーショントの各デザイン過程において上記と同様にツールの操作性の複雑さや体験的認知の誘発といったデザイン上の問題点が見られる。

この問題に対してK-Sketch[13]では手描きでオブジェクトを作成し、ペンを用いた直感的なモーショント定義によってアニメーションを作成することができる。

同様にオブジェクトとモーショントのデザインに対応した研究としてMotion doodles[14]がある。Motion doodlesはキャラクターのアニメーションに焦点を当てたツールであり、手描きでキャラクターを描画し、その後ジェスチャーを含んだストロークを描くことでキャラクターアニメーションを定義することができる。

## 5. 関連研究の問題点

### 5.1 オブジェクト先行のデザインプロセス

従来のツールを用いたアニメーション作成の一般的なデザインプロセスは、はじめにオブジェクトをデザインし、そのオブジェクトに対して後からモーショントを付け加えるというものである。しかし、オブジェクトを先にデザインすることで、オブジェクトの持つ形状や方向などの視覚的

情報によりモーションのデザインに制限が発生してしまうことが考えられる。そのため、オブジェクト先行のデザインプロセスではなく、オブジェクトとモーションの双方向のデザインプロセスを支援しなければならない。

## 5.2 抽象的表現または実体的表現の固定

従来研究では漫画や WEB ページのデザインにおいて、デザイン初期段階の手描きでラフな表現(抽象的表現)や、より完成に近い整った表現(実体的表現)のような異なる表現の抽象度を行き来するインタラクションによって知的創造活動が支援されることが示されている[15]。アニメーションのオブジェクトおよびモーションデザインにおいてもこのインタラクションは有効であることが考えられるが、これを取り入れたツールは存在しない。

## 5.3 機能の不足によるモーション表現の制限

従来の研究ではモーション表現の種類が限られているために表現することが難しい動きが存在する。同じシーンで複数の異なるモーションが存在するアニメーションでは、モーション間のタイミング制御が必要になることがある。従来研究では個別にモーションを定義することは可能であるが、同時にタイミング制御を行う機能が不足している。従来研究のような手描きによるモーション定義ではモーション同士のタイミングを調整することが難しいため、これを支援する機能が必要である。

また、従来研究では自動的にキャラクターの関節を作成して動かすことは可能であるが、その動きは予め定義されたモーションしかサポートされておらず、またキャラクター以外のオブジェクトに対する関節のサポートが不足している。キャラクターアニメーション以外にも関節のあるモーションは使用されるため、これを支援する機能も必要である。図 10 に必要とされる支援機能についてまとめる。

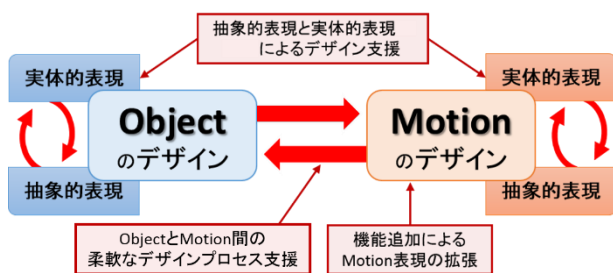


図 10 必要とされる支援機能

Figure 10 Required Support Function

## 6. システム設計

### 6.1 ベースとなる入力インタラクション

本システムではペンデバイスを用いた直感的なモーション定義を可能にするため、ペンデバイスを用いた手描き入力によりリアルタイムにモーションのパラメータを定義する。手描き入力によるリアルタイムのモーション定義は K-

Sketch の記録方式をベースとしており、記録ボタンを押してシステムを記録待機状態にした上で、キャンバス上でペンを走らせることで位置、回転、スケール、カラー、透明度のパラメータをリアルタイムに記録することができる。

位置パラメータはペンによるストロークの描画をそのままパラメータとして定義し、回転パラメータはキャンバス中央を中心とした回転ストロークにより定義する。スケールと透明度パラメータは画面上で上下のストロークを行うことで定義し、カラーパラメータは画面上に表示されるカラーバーの上でストロークを描画することで定義する。

### 6.2 柔軟なデザインプロセス支援

オブジェクトとモーション間の柔軟なデザインプロセスを支援するため、本システムではオブジェクトデザイン画面とモーションデザイン画面の2つの画面を用意し、双方向に自由に切り替えながらデザインすることができる。ユーザはアニメーションの制作状況に応じて、オブジェクトを編集したりモーションを編集したりするような試行錯誤が可能となり、知的創造活動を支援する。図 11 に本システムで用いる2つの画面を示す。モーションデザイン画面ではオブジェクトが存在しない状態でもモーションが単体でデザイン可能であり、オブジェクトデザイン画面で作成したオブジェクトをモーションへ後から割り当てることができる。オブジェクトの割り当て後もモーションおよびオブジェクトは自由に編集が可能となっている。



図 11 モーションデザイン画面 (上) と  
オブジェクトデザイン画面 (下)

Figure 11 Motion Design Screen (top)  
Object Design Screen (bottom)

### 6.3 抽象的表現と実体的表現の移行支援

本システムでは、認識アルゴリズムを用いてモーションやオブジェクトについて手描きによるラフな抽象的表現と、幾何学的な図形を用いて綺麗に整った実体的表現の、抽象度の異なる状態を自由に移行しながらのデザインが可能となっている。抽象的表現と実体的表現の間の移行は、抽象実体スライダーの UI 操作によってなめらかに行うことができる。手描きによって描画されたオブジェクトやモーションは、その時の抽象実体スライダーの状態に応じてリアルタイムに抽象度が変化する。

図 12 に異なる抽象度の移行プロセスを示す。

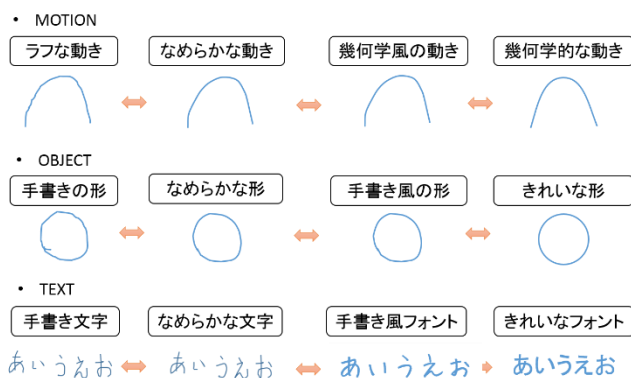


図 12 抽象度の変化

Figure 12 Change of Abstraction Level

### 6.4 幅広い表現の支援

本システムでは、従来の手描きベースのアニメーション作成ツールにおいて難しかった表現を可能とするために、複数のモーション間のタイミングを合わせる機能と、関節を持つオブジェクトを作成する機能がある。タイミングを合わせる機能では、画面に描画される複数のモーションの軌跡に対してペンストロークを交差させることで任意の点でタイミングが合うようにすることが可能となっており、関節を持つオブジェクトを作成する機能ではペンの操作でオブジェクトを他のオブジェクトに重ね、回転軸を選択するだけで直感的に関節を持つオブジェクトを作成することができる。

また、従来のツールでは手描きで定義したモーションのパラメータを編集する機能がないために、詳細なパラメータ変化の表現ができないという問題があった。そこで本システムでは手描きによるパラメータの微調整機能を備えている。位置パラメータはモーションの軌跡のパスをペンで移動させて微調整することができ、回転・スケール・透明度パラメータはパラメータ変化のグラフを表示し、それをペンで編集することで微調整が可能である(図 13)。また、カラーパラメータは任意の 2 点間のグラデーションを定義できる専用の UI を作成し、それを操作することで微調整を可能としている。

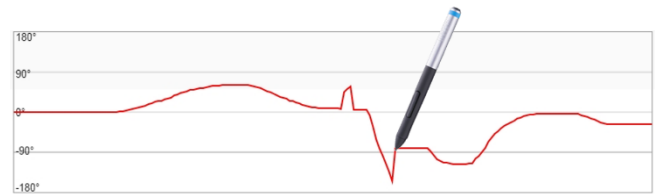


図 13 パラメータ微調整の例

Figure 13 Example of Parameter Fine Adjustment.

## 7. システム実装

本システムのプロトタイプの実装を、HTML をベースに JavaScript を開発言語として行った。システムの実行は Web ブラウザの Google Chrome 上で行い、また入出力のためのハードウェアとして、Wacom の 24 インチ液晶ペンタブレット Cintiq 24HD touch を使用した。設計した機能のうちプロトタイプで実装したものを以下に挙げる。

- 手描きによるモーション作成機能
- 手描きによるオブジェクト作成機能
- モーションへのオブジェクト割り当て機能
- プレビューのための再生機能
- モーションの微調整機能
- タイミングの調整機能
- 関節の作成および編集機能
- 背景の配置機能・モーションの部分修正機能

抽象的表現と実体的表現の移行に関しては、シナリオ実験で評価を行うために特定の図形および文字に限った認識プログラムの実装を行った。

## 8. 評価実験

実装したシステムを評価するために、4 種類の実験を行った。全ての実験において、被験者は情報系を専攻する大学院生 6 名であった。

### 8.1 シナリオ実験

はじめに、実装したシステムの機能が正常に動作することの確認と、被験者に対してシステムの機能や操作方法の説明を行うことを目的としたシナリオ実験を行った。あらかじめ用意した総 121 ステップのシナリオに沿って被験者にシステムを操作してもらい、その後 30 項目のアンケートを行った。実験の様子を図 14 に示す。

シナリオ実験の結果、本システムが正常に動作することを確認した。また、アンケートの結果、全ての機能に対して利便性と操作性に関して高い評価を得ることができ、本システムにおけるモーションとオブジェクトを切り替えながらデザインできるというアプローチに対しても良い評価を得た。

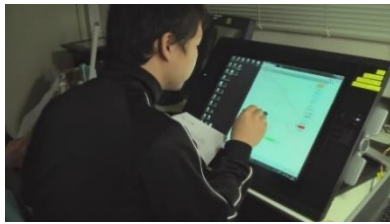


図 14 実験の様子

Figure 14 Experimental Situation.

## 8.2 ビデオ実験

本システムを用いて特定のアニメーション表現が可能であるか、また被験者に本システムでのアニメーション作成に慣れてもらうことを目的としたビデオ実験を行った。

被験者に3種類の課題アニメーションを提示し、システムを用いて同じアニメーションを作成してもらった。課題アニメーションには各3種類のパラメータ変化が用いられており、パラメータ表現をいくつ再現できたかを評価する。

表 3 使用されたパラメータ

Table 3 Used Parameters.

課題1	課題2	課題3
位置 回転 透明度	位置 透明度 カラー	位置 回転 スケール

実験の結果、被験者全員が全ての課題で完成報告をすることができ、途中で作業が止まるまたは完成が不可能となることはなかった。全ての被験者はアニメーションをほぼ再現することができた(平均2.8点/3点満点)。再現できなかった箇所としては、複数の被験者が課題1の透明度パラメータの変化を見逃してしまう点があったが、これを再現できなかった被験者は残り全てのパラメータを再現できていたため、見逃すことがなければ再現することは可能であったと考えられる。また、課題アニメーションを再現する中で、タイミングを調整する機能も5人の被験者にうまく活用されていた。これらの結果から、全ての被験者が本システムの機能を用いたアニメーション作成に慣れることができたといえる。

## 8.3 テキスト実験

テーマに沿った自由なアニメーション作成ができる状態で本システムがどのような効果もたらすかを分析することを目的としたテキスト実験を行った。

被験者に作成してもらったアニメーションのテーマをテキストで示し、そのテーマに沿って自由にアニメーションを制作してもらった。テーマは全ての被験者で「夏に日本にやって来る台風の進路」に統一した。

全ての被験者についてアニメーション作成中にビデオを撮影し、行動分析を行った。被験者1人の時間ごとの操

作内容をまとめた図を図15に示す。

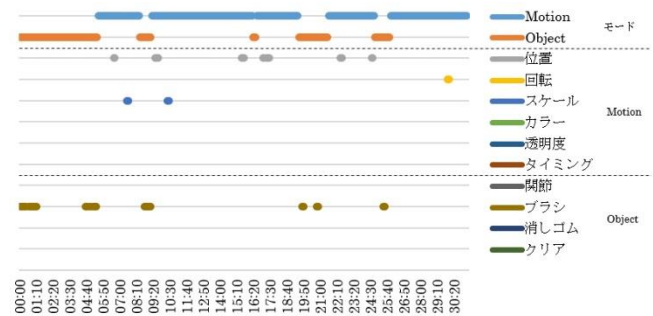


図 15 行動分析の結果

Figure 15 Result of Behavior Analysis.

被験者6人のうち4人で図15のようなオブジェクトデザインとモーショントデザインを交互に切り替えながら試行錯誤を行う様子が見られた。このことから、本システムを用いることで一部の被験者に対して知的創造活動を支援することができたと言える。また、アニメーションを作成する過程で複数の被験者がタイミング調整機能と各種微調整機能をうまく活用する様子が見られた。このことから、本システムの機能を用いてアニメーションの表現を広げることができたと言える。

## 8.4 自由実験

自由にアニメーション作成ができる状態で本システムがどのような効果もたらすかを分析することを目的とした自由実験を行った。

自由実験では、被験者にテーマを与えずに本システムを用いて自由にアニメーションを作成してもらった。

全ての被験者についてアニメーション作成中にビデオを撮影し、行動分析を行った。被験者1人の時間ごとの操作内容をまとめた図を図16に示す

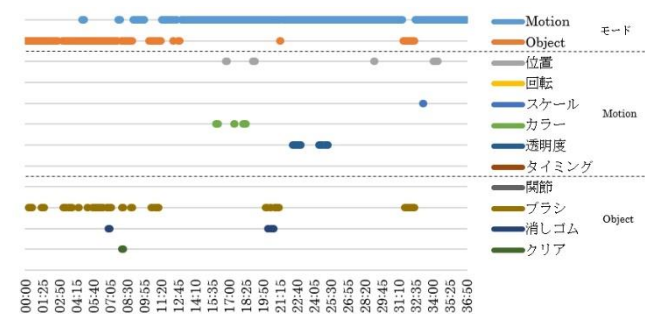


図 16 行動分析の結果

Figure 16 Result of Behavior Analysis.

被験者6人のうち4人で図16のようなオブジェクトデザインとモーショントデザインを交互に切り替えながら試行錯誤を行う様子が見られた。テキスト実験の結果と合わせると、全ての被験者でこの試行錯誤の様子が見られた。このことから、本システムを用いることで知的創造活動を支

援することができたと言える。また、アニメーションを作成する過程で複数の被験者がタイミング調整機能と各種微調整機能をうまく活用しており、テキスト実験では用いられなかった関節を作成する機能についても被験者によって活用される様子が見られた。実験後に実施したアンケートでは、これら全ての機能に関して操作性や利便性について高い評価が得られた。このことから、本システムの機能を用いてアニメーションの表現を広げることができたと言える。

## 9. まとめと今後の課題

本研究では、現在様々な領域で用いられているアニメーションについて調査し、その使用状況について分析を行った。また、内的表現レベルを実現しているアニメーションに焦点を当て、より詳しい分析を行った。その後、内的表現レベルのアニメーション提示が内容理解にどのような影響を与えるかについて定量的に評価するための実験を実施し、アニメーション提示の有効性を示した。内的表現レベルのアニメーションの実現方法と関連する研究についての調査から現在のデザイン手法における問題点を取り上げ、システムにおいて支援すべき機能を3つ明らかにした。

- オブジェクトとモーションの双方向の移行による柔軟なデザインプロセスの支援
  - 抽象的表現と実体的表現の双方向の移行によるデザインの支援
  - タイミングや関節の機能追加による表現の幅の拡張
- これらの支援を行うため、ペンを用いたアニメーションデザイン支援システム的设计およびプロトタイプの実装を行い、システムを評価するため実験を行った。その結果、本システムの使用により知的創造活動が支援され、従来のツールに比べアニメーション表現の幅を広げることができ、本システムの有効性を確認することができた。

今後の課題はシステム実装を強化することと、一般的なアニメーション制作ツールとの比較による本システムの有効性の検証を行うことである。

## 参考文献

- [1] うごくおもちゃのしくみ  
<http://gege-channel.com/toys/>
- [2] Adobe After Effects  
<http://www.adobe.com/jp/products/aftereffects.html>
- [3] Adobe Flash  
<http://www.adobe.com/jp/products/flash.html>
- [4] MECHANICAL MOVEMENTS  
<http://507movements.com/>
- [5] Adobe Illustrator  
<http://www.adobe.com/jp/products/illustrator.html>

- [6] Adobe Photoshop  
<http://www.adobe.com/jp/products/photoshop.html>
- [7] D. Kahneman: ファスト&スロー(上) あなたの意思はどのように決まるか? (2012).
- [8] D. A. Norman: 誰のためのデザイン?—認知科学者のデザイン原論, 新曜社 (1990).
- [9] Tano, S., Yamamoto, S., Dzulkhiflee, M., Ichino, J., Hashiyama, T., Iwata, M.: Three Design Principles Learned through Developing a Series of 3D Sketch Systems: "Memory Capacity", "Cognitive Mode", and "Life-size and Operability"; The 2012 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, pp. 880-887 (2012).
- [10] Landay, J. and Myers, B.: Interactive Sketching for the Early Stages of User Interface Design; In Proceedings of CHI '95, pp. 43-50 (1995).
- [11] Lin, J., M. Newman, J. Hong, and J. Landay.: DENIM: Finding a Tighter Fit Between Tools and Practice for Web Site Design; CHI Letters: Human Factors in Computing Systems, CHI '2000, pp. 510-517 (2000).
- [12] Kato, Y., Shibayama, E., Takahashi, S.: Effect lines for specifying animation effects; Proceedings of The IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing, pp. 27-34 (2004).
- [13] R. Davis, B. Colwell, J. Landay: K-sketch: a 'kinetic' sketch pad for novice animators; Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 413-422 (2008).
- [14] Thorne, M., Burke, D., and van de Panne, M.: Motion doodles: an interface for sketching character motion; ACM SIGGRAPH 2007 courses, No.24 (2007).
- [15] 牧田知大, 田野俊一, 市野順子, 橋山智訓: 抽象化と実体化の双方向インタラクションを可能にする漫画制作支援システムの提案; ヒューマンインタフェースシンポジウム 2008, pp. 1189-1194 (2008).