

## Design research of subjective-interaction for 3DCG tools

藤木, 淳

<https://doi.org/10.15017/459602>

---

出版情報 : 九州大学, 2006, 博士 (芸術工学), 課程博士  
バージョン :  
権利関係 :

# 第 1 章

## 序 論

## 1.1 はじめに

近年、コンピュータが世間一般に普及し、日常生活において大きな役割を担うようになった。こうした中で、子供から年配者まで、コンピュータに関して専門的な知識を持たないユーザに負荷なく操作可能なアプリケーションソフトウェアの提供が期待されている。そうした利用環境を実現するためにはインタラクションデザインが重要な役割を果たす。

従来、インタラクションデザインにおいては効率が重要な要素として認識されてきた。しかし、これからのインタラクションデザインにおいては効率だけでは不十分であると考えられる。これまでのインタラクションデザインではユーザが何らかの目的を持っており、それを達成するために如何に効率的に必要な操作環境を提供するかが重要であると考えられてきた。しかし、コンピュータに関して専門的な知識を持たないユーザにおいては、単に作業効率だけでなく、コンピュータ操作自体がユーザを満足させる必要があると考えられる(図 1.1)。本論文では、近年注目されている3次元CG作成ツールを対象として、ユーザエクスペリエンスの満足度に注目した新しいコンピュータインタラクションデザインに関する議論を行う。

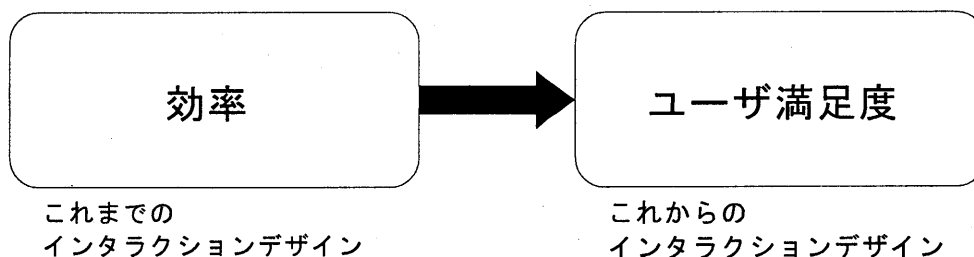


図 1.1 本研究におけるインタラクションデザイン思想

## 1.2 研究目的

3次元CGの需要はますます増し、テレビ、映画、ゲーム等において欠かすことのできないものとなっている。特に近年は3次元CG作成ツールの低価格化が進み、一般のユーザにも入手が容易となった。しかし、その操作の習得には多くの時間を必要とし、一般のユーザのみならず、熟練ユーザにおいても困難な作業となっているのが現状である。

近年の3次元CGモデリング及びアニメーションツールのユーザインタフェースには、直感的な分かりやすさを追求するために、道具のメタファを用いた専用の入力装置や事物の特徴を取り入れた設計アプローチがとられている[2-10, 21, 22]。しかし、3次元形状を表示するディスプレイは2次元平面であるため、現実の道具による操作と2次元表示による結果の隔たりは大きく、専用の入力装置の開発にはコストが掛かるものとなっている。

一方、国際標準化規定 ISO13407[1]では、高品質のユーザビリティの条件にユーザ満足度の向上をあげている。インタラクションデザインを行うにあたり、利便性のみならず、ユーザ満足度を考慮した設計を要求している。

楽しさは、ユーザ満足度を向上させる要因である。TVゲームに代表されるエンターテインメント作品の操作方法は必ずしも分かりやすいとは言えないが、ユーザは楽しさから引き出されるモチベーションによりインタラクション操作に集中できる。また、TVゲームの入力装置は標準のゲームパッドを用いているが、専用の入力装置を用いずともコンテンツの表現により楽しさを引き出している。3次元CG作成ツールの操作の習得は難しく、初心者はツールの使用を挫折する場合もある。操作すること自体が夢中になれる楽しいユーザインタフェースは、初心者のモチベーションを引き出す効果があると考えられる。

以上のことを踏まえ、3次元CGモデリング及びアニメーションツールのために作業を楽しく行えるインタラクションデザインを開発することを本研究の目的とする。これまでの3次元CG作成ツールのためのインタフェー

スは実世界の性質や特徴を用いて設計されていたのに対し、本研究で提案・開発するインタフェースは不思議さや楽しさという従来インタフェース設計において重要視されてこなかった要素を用いる点に独創性がある。

### 1.3 研究背景

これまでの3次元CG作成ツールのためのインタラクションデザインは実世界に対する事物の性質や特徴を基に直感性を重視して設計されているが、その操作は味気ない作業となっている。

コンピュータが提供する仮想世界を積極的に実世界に取り入れるバーチャルリアリティ分野では、現実には不可能なことや困難なことを可能にし、エンターテインメントとしてユーザに新しい体験を提供する等、仮想世界の利点を活かした様々な試みがなされている。一方、近年注目されているメディアアートは、一般の人々の関心も高く、ユーザとテクノロジーとの新しい関係を築くものとして注目されている。このようにバーチャルリアリティやメディアアートに見られるような実世界では不可能な事物を扱うことによる知的好奇心は、インタラクションデザインに取り入れることでユーザを満足させ、ユーザビリティ品質を高めることができる。

エンターテインメント分野では、教育的な位置付けとして既存のシステムを楽しく操作できる設計を行った作品も存在する。しかし、3次元CG作成ツールにおいて楽しい操作をコンセプトとして開発されたものはない。

実世界では不可能なことを描画する表現にだまし絵がある。M. C. エッシャーの作品に代表される2次元と3次元の次元の違いに伴う錯視を扱うだまし絵は、一般の人々の興味の対象となっているだけでなく、数学や心理学、CGの研究対象としても注目されている。このようなだまし絵表現を3次元CG作成ツールのためのインタラクションデザインに用いることでユーザ満足度を向上できると考えた。本論文では、このようなユーザの解釈を優先

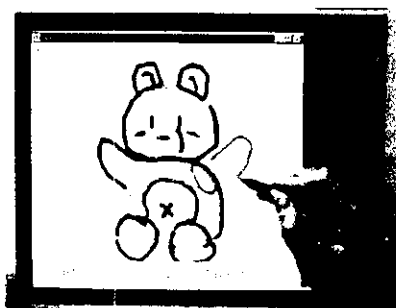
するようなどまし絵表現を持つインタラクション表現を主観指向インタラクション表現と呼ぶことにする。

#### 1.4 研究方法

研究方法として、まず、対象とするシステムにおいて既存の3次元CG作成ツールのインタフェースを楽しくする主観指向インタラクションデザインを考案する。次に考案したインタラクションデザインをアプリケーションソフトウェアとしてパーソナルコンピュータに実装する。メディアアートやエンターテインメント作品の評価は難しいが、近年ではコンテストや展示等によるアーティストや専門家の意見を得る方法が多く取られている。評価を求めるにあたり、この方法に習い、開発したアプリケーションソフトウェアをコンテストに応募し、展示実演する。また、インターネット上のソフトウェアライブラリサイトに登録し一般公開する。そして、専門家による批評及び、体験者による意見を得て、評価・考察する。そこでの考察を基に、繰り返し改善を加えるようなプロトタイプ制作と専門家による評価やユーザ評価による方法を用いる。また、3次元CGの作成作業はモデリングとアニメーションに大別されるが、本研究では、まずモデリングのためのインタラクションデザインについて、次にアニメーションについてのインタラクションデザインを行う。

## 1.5 関連研究

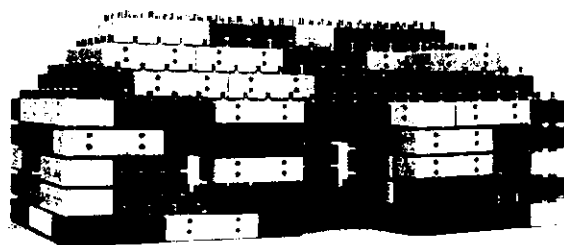
近年の3次元CGモデリングに関する研究では、スケッチ風に描いたものから形状を予測し立体化するもの(図1.2(a)) [2, 5, 7]、ヘッドマウントディスプレイやデータグローブ等の外部装置を用いて仮想3次元空間を構築するもの(図1.2(b)) [6]、対象物にセンサや回路を埋め込み現実世界と違和感のない環境を提供するもの(図1.2(c)) [3]など、様々なインタラクションデザインが提案されている。しかし、3次元形状を表示するディスプレイは2次元平面であるため、現実の道具による操作と2次元表示による結果には隔たりがあり開発コストも掛かるのが現状である。



(a) スケッチベースドモデリング



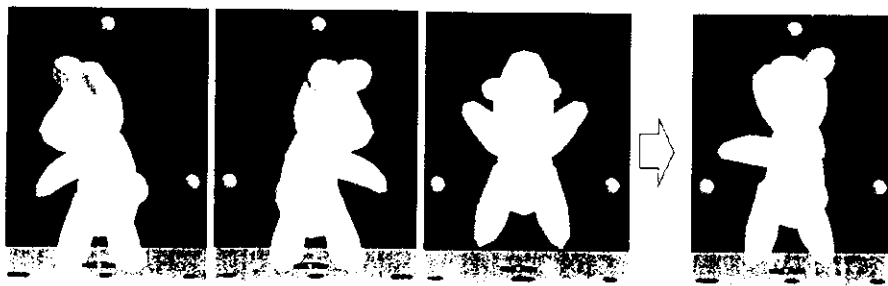
(b) データグローブ



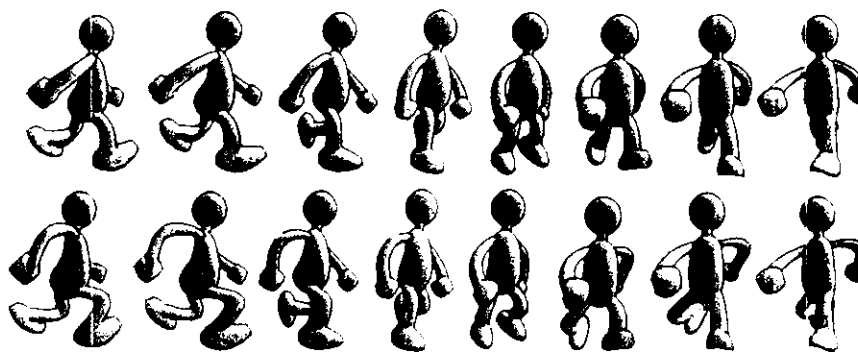
(c) 回路が埋め込まれたブロック

図 1.2 3次元CGモデリングのためのインタラクションデザインの例

一方、3次元CGアニメーションのためのインタラクションデザインとしては、インバースキネマティクスとキーフレーム法を用いた手法 [21, 29-31] が多く提案されている (図 1.3(a))。また、アニメーションは、実世界を模倣した表現のみならず、カートゥーンアニメーションのように誇張や意外性を持つ表現も求められる場合があり、これを実現する研究も行われている [22] (図 1.3(b))。しかし、依然としてユーザが入力しなければならない項目が多くユーザの負担は大きい。本研究では後者のような実世界とは異なるアニメーション表現を楽しく簡単に操作できる3次元CGアニメーションツールのためのインタラクションデザインを開発する。



(a) キーフレームアニメーション



(b) 視点位置で形状が変化するアニメーション

図 1.3 3次元CGアニメーションのための  
インタラクションデザインの例



だまし絵をモチーフにした作品は芸術分野においては、M.C. エッシャーの作品(図 1.4)が有名であるが、だまし絵表現を用いた映像作品も存在する。鶴野の「ANIMATION OF M. C. ESCHER'S BELVEDERE (図 1.5(a)) [23]」は M.C. エッシャーの「物見の塔」が回転する。Yee の「3D Illusion in Motion (図 1.5(b)) [24]」は落ちてくるブロックが不可能物体を構成する。映像作品においては技法の開発は必ずしも必要ではないが、インタラクティブなだまし絵表現を行うためにはリアルタイムで動作可能なアルゴリズムが必要となる。

エッシャーの作品に見られる表現を解析し実現する技法には、Kaplan らが開発したもとの図形をある程度保つ範囲で平面充填図形に変形する技法(図 1.5(c)) [25]や、Yee らの球形状に隙間無く埋める図形を生成する技法 [26]、Scott の循環する無限階段をインタラクティブに作成し、この上をボールが飛び跳ねる表現を行うための技法(図 1.5(d)) [27]がある。また、杉原は不可能物体を体系的に扱う研究を行っている [28]

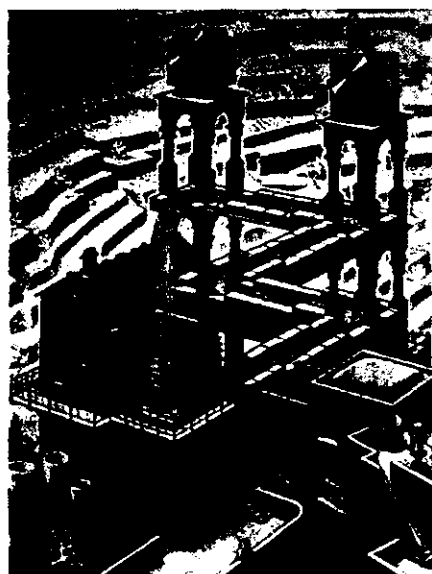
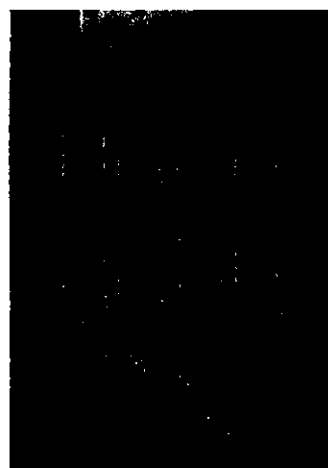
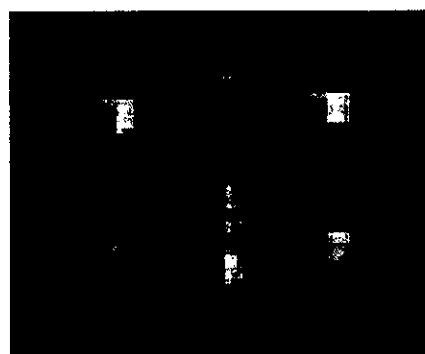


図 1.4 M.C. エッシャーの「滝」

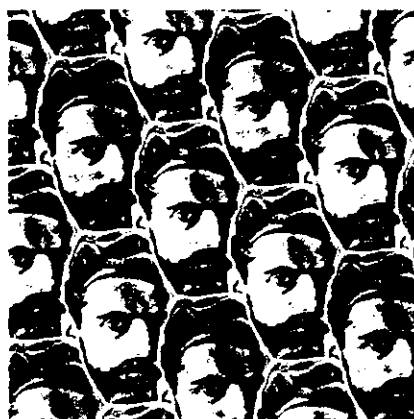
本研究では、インタラクティブなデザインにだまし絵表現を行うことを目的とする。このような表現をコンピュータ上で実現する新しいアルゴリズムの開発が必要と考え、本研究の動機となった。



(a) ANIMATION OF  
M. C. ESCHER'S BELVEDERE



(b) 3D Illusion in Motion



(c) Escherization



(d) Implementing the Continuous  
Staircase Illusion in OpenGL

図 1.5 だまし絵作品及び研究の例

## 1.6 初期研究

### 1.6.1 はじめに

先行研究では、コンピュータに入力される音を用いてユーザに楽しい操作エクスペリエンスを与える3次元CGモデリングツールのためのインタラクションデザインを考案した。ここでは、考案したインタラクションデザインをもとにメディアアート作品「theStrings」を制作した。そして、社会的な評価を得るために「theStrings」をコンテストへ応募し、展示した。本節では「theStrings」におけるインタラクションデザインと得られた専門家からの評価を紹介する。

### 1.6.2 「theStrings」のインタラクションデザイン

入力音の音程や強弱、音の並び方からリアルタイムで3次元形状を生成するインタラクションデザインを考案した。コンピュータのマイクから入力された音によって3次元形状が得られるようなルールをデザインした。入力した3音が徐々に高くなっていく場合は3次元形状は上に向かって生成される、音量が大きい場合は大きな形状が生成される、一定時間内に含まれる音の数が多いほどとげとげしい形状が生成されるようなアルゴリズムをデザインした。

### 1.6.3 審査員の評価

ルールが異なる3つの3次元CGモデリングツールのためのインタラクションデザインをメディアアート作品「theStrings」として制作した[11-15]。図 1.6 は異なるルールで生成された3次元形状である。

「theStrings」はコンテストに応募し、審査員ら専門家による評価を得ることができた[E1, E2, E4, E6]。以下のそのいくつかをあげる。

- サウンドと同期した3D画像が展開される芸術的な作品。数理モデルを利用した局面形状、透明感溢れるテクスチャなど、その芸術性は非常に

高く評価できる。一方でコンセプトとしての斬新さや、インタラクシ  
ョンデザインについて今後の課題と言える[11]。

- 魅力的な「音の姿」を具現化することを目指した本作の画像アウトプ  
ット部分は、植物的な形態から、カール・シュズ[49]やウィリアム・レイ  
サム[50]のかつての試みを彷彿とさせる。さらに、視覚的な要素自体も  
予測不可能な成長・変容を続けるというような拡張性が実現できれば、  
より魅力的かつ可能性のある表現が展開できると思われる[12]

#### 1.6.4 考察

「theStrings」の芸術性は高く評価されたが、提案したインタラクシ  
ョンデザインでは問題点を指摘された。予測不可能な表現は、美的価値は高まる  
かもしれないが、ユーザの期待する形状が得られなくなることが懸念される  
結果をある程度予測できる余地を残して楽しみを与えることのできるイン  
タラクシオンデザインを考案する必要がある。

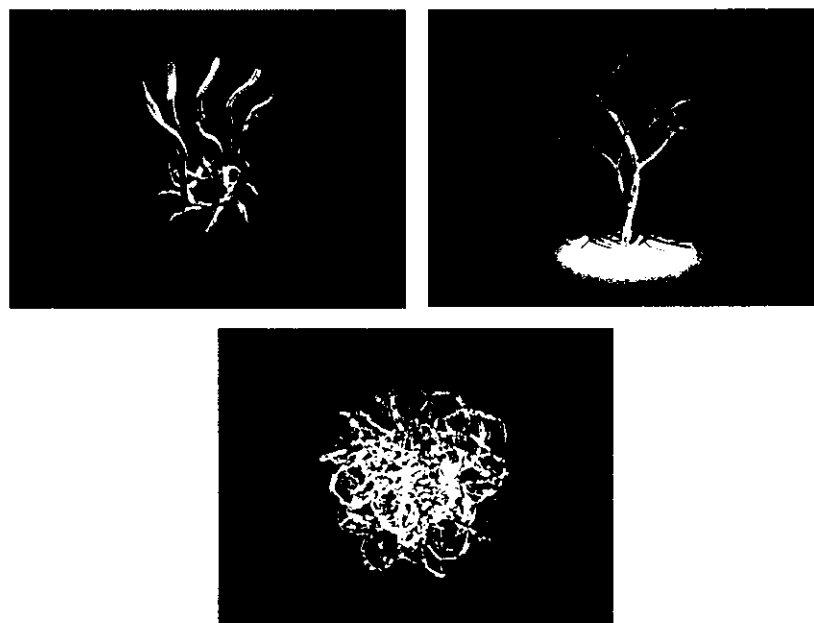


図 1.6 音により生成された3つの3次元形状

## 1.7 本論文の構成

本論文では、前節の初期研究を発展させ、3つの主観指向インタラクションデザインを考案し、開発したアプリケーションソフトウェアを実装したプロトタイプの評価を用いて議論する。図 1.7 に示すように5章で構成されている。第2章から第4章で、それらについて述べている。

第1章では本研究の目的と背景、主観指向インタラクションデザインについて述べる。また、初期研究と関連研究も紹介する。

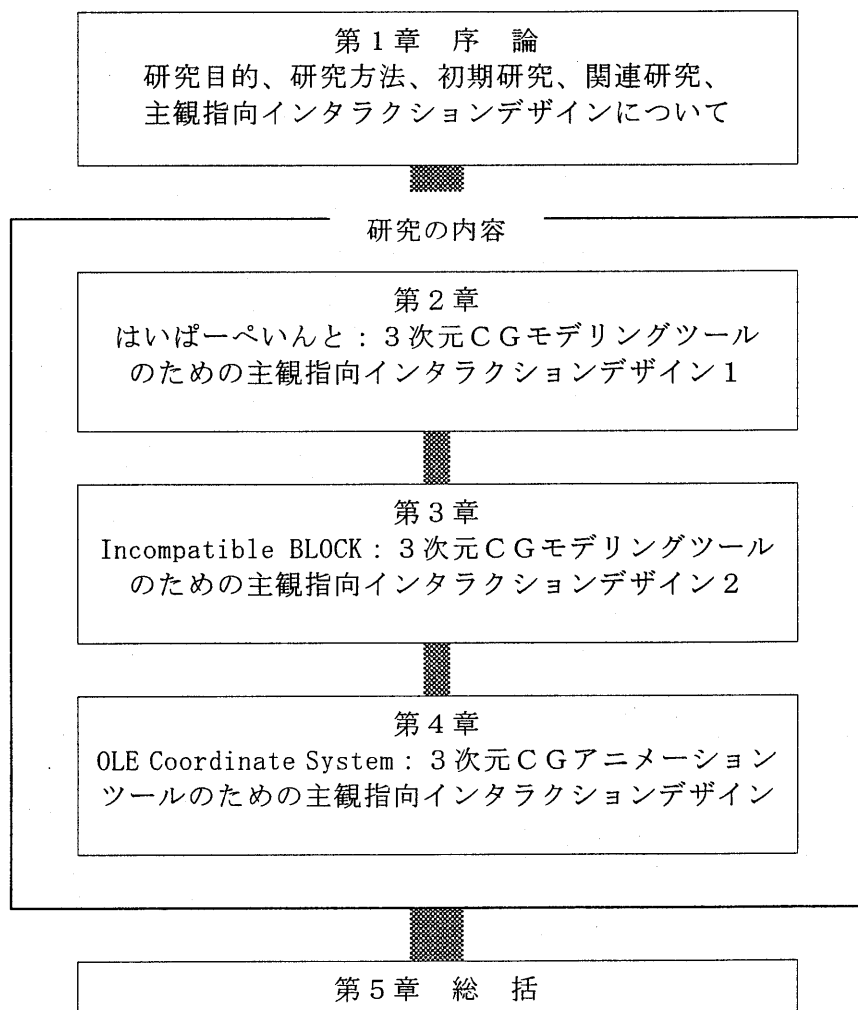


図 1.7 論文構成図

第2章では、「はいばーぺいんと」について述べる。「はいばーぺいんと」は立方体の配置により形状を生成し、その形状に対して着色を可能とする3次元CGモデリングツールである。2次元を意識して操作したものが3次元として反映されるだまし絵のようなインタラクションデザインにより、楽しく操作できるものである。専門家の評価や展示によるユーザ評価から「はいばーぺいんと」を検証した。

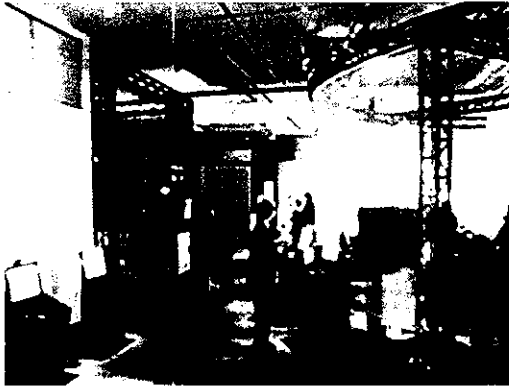
第3章では、「Incompatible BLOCK」について述べる。「Incompatible BLOCK」は「はいばーぺいんと」と同様、立方体の組み合わせで形状の生成を行い、形状や床、背景に対して2次元の操作で線を描くことができる3次元CGモデリングツールである。だまし絵のようなモデリング操作とペンのサイズ変更により楽しく操作できる。専門家の評価や展示によるユーザ評価から「Incompatible BLOCK」を検証した。

第4章では、「OLE Coordinate System」について述べる。「OLE Coordinate System」は、ユーザが配置したブロックや階段上を複数のキャラクタが実世界では有り得ない徘徊動作が可能な3次元CGアニメーションツールである。ユーザは視点を変更することで、だまし絵のようなキャラクタの振る舞いを簡単に実現することができる。専門家の評価や展示によるユーザ評価から「OLE Coordinate System」を検証した。

第5章で、本論文の総括について述べる。

## 1.8 メディアアート表現・コンテストと展示

本研究で制作したプロトタイプを用いて国内外の著名なコンテストや展示会等に参加した。その結果、多くの専門家の意見や、ユーザ評価を得ることができた。それらのいくつかは[E1-E15]に挙げるURLで確認できる。図1.8にコンテストや展示会の様子を掲載する。



第9回文化庁メディア芸術祭の  
展示の様子



SIGGRAPH2006 Emerging Technologies の  
展示の様子



インタラクティブ東京 2006 の展示の様子



デジタルスタジアム 249 回の放送の様子



第9回文化庁メディア芸術祭  
における授賞式



Asia Digital Art Award 2004  
における授賞式

図 1.8 研究成果実績

## 1.9 研究成果物の入手先

本研究で制作した成果物は著者ホームページ

<http://tserve01.aid.design.kyushu-u.ac.jp/~fujiki/applications.html>

で紹介している。

第2章で紹介する「はいぱーぺいと」は、

<http://tserve01.aid.design.kyushu-u.ac.jp/~fujiki/program/HyperPaint100.lzh>

でダウンロードが可能である。

第3章で紹介する「Incompatible BLOCK」は、

<http://tserve01.aid.design.kyushu-u.ac.jp/~fujiki/program/IncompatibleBlock.lzh>

でダウンロードが可能である。

第4章で紹介する「OLE Coordinate System」は、

<http://tserve01.aid.design.kyushu-u.ac.jp/~fujiki/program/OLE.lzh>

でダウンロードが可能である。

いずれにも DirectX9 ランタイムがインストールされた Windows マシンで動作する。