

K-023

## 幼児の空間認識機構を考慮した直感的インタフェースに関する研究

## A study on intuitive interface focusing on children's spatial recognition

鈴木 昭弘<sup>†</sup>

Akihiro Suzuki

和嶋 雅幸<sup>†</sup>

Masayuki Wajima

川上 敬<sup>†</sup>

Takashi Kawakami

岡崎 哲夫<sup>†</sup>

Tetsuo Okazaki

## 1 はじめに

現在、コンピュータを使用した様々な教育システムが研究されており、また教育手法についても同様に様々な研究がなされている。コンピュータを操作するデバイスも、現在はマウスが主流だが、例えばレーザーポインタを使用した3D入力デバイス[1]など様々な使いやすいインタフェースの研究が行われている。しかし一方で、これらは主に大人を対象とした研究がほとんどであり、幼児を対象とした研究は少ない。幼児がコンピュータを使用する際に用いるインタフェース、デバイスを考えると、幼児は空間認識機構が発達の途中であるため、その感覚に則したインタフェースおよびソフトウェアが必要である。そこで本研究では3次元空間の認識と表現能力に関する応用例として、幼児が直感的に使用できるインタフェースをもった3DCGシステムの研究を行った。

3DCGはマルチメディアやコンピュータ・エンタテインメントをはじめとして、様々な分野で用いられている。そのため、高度な技術を持ったクリエイターの育成が必要になりつつあり、これ専攻とする学科・学部を持つ専門学校や大学などの高等教育機関が増えている。しかし、幼児を対象とした3DCGの学習は未だ整備されているとは言えない。また、現状の3DCGのモデリング手法やその操作は空間認識の発達の途中である幼児にとって最適かどうかは疑問であり、幼児にあった3DCG学習システムが必要である。

例えば、Igarashiら[2]が開発したTeddyは2Dの閉じられた線から3Dの立体モデルを作成することができる。だが、これは幼児の空間認識の過程を考慮したものではない。また、嵯峨田ら[3]は、幼児を対象としたユーザインタフェースデザインについての研究を行っている。これは幼児を対象としているが、空間認識を考慮しているとは言えず、また3D空間でのインタフェースについて言及されていない。

そこで本研究では、幼児の3DCG学習システムの前

段階として、コンピュータを操作するデバイスとして赤外線センサによるポインティング機能および3D空間上での状態を検出可能な無線コントローラと、3D空間内での2Dペイントによって、幼児が楽しく3DCGに親しめるようなシステムの提案を行う。

このシステムは、まずポリゴンやNURBSによるモデリングを、コンピュータ内の2D平面(紙)にペイントを行うという操作に置き換える。そしてこの紙は3D空間内で移動や回転などを行い、自由な位置に配置することができる。そして、作成した作品を自由な位置から眺めることが可能である。これらの操作は無線コントローラを使用して行うことができる。

幼児が慣れ親しんできた2Dペイントと、直感的な操作が可能な無線コントローラによる操作を行いながら、3DCG作品を作成することができる。そのため、幼児が楽しみながら3DCGに親しめ、そして3DCGの作成への興味と動機付けの効果をねらうことができる。また、様々な刺激による幼児への影響も少なくはなく、知育の効果や、幼児だからできる3Dペイント作品なども期待することができると考えられる。また本研究を通じて、幼児を含めて多くの人が使用することができるインタフェースの形があるのではないかと考えられる。

本研究では、実験用のシステムを試作し、空間認識が発達段階の幼児を対象とした実験を行う前に、まず、既に空間認識が完成している高校生以上を対象とした実験を行った。その結果について述べ、考察を行う。

## 2 幼児の空間認識の発達と表現過程

まず、幼児の空間認識の発達と表現過程について東山らの研究[4]をまとめたものを以下に示す。

1981年から1988年にかけて3歳から11歳の幼児、3,159人に対して立体や空間をどう認識し表現するかについて調査を行った。調査内容は、幼児にサイコロ、水の入ったコップ、皿の上に置かれた3つのリンゴ、家族が食事をしているところ、まるい池の周りに6本の

<sup>†</sup>北海道工業大学大学院

旗が立っているところを描いてもらうというものである。このとき、サイコロ、水の入ったコップ、皿の上に置かれた3つのリンゴは一度見せてから隠し、それらを描いてもらっている。

その調査によると、幼児は11歳頃に空間認識とその表現が完成するが、その発達過程において、それぞれ代表的な絵の表現様式が見られた。それらをまとめたものが表1である。また、サイコロの表現について年齢による特徴を模したものが図1である。

表1: 立体・空間表現の推移

年齢	発達段階	特徴
3歳	なぐりがきの時期	存在を表現
4歳	象徴期	象徴的、平面表現
5から7歳	図式期	視点の複合・平面表現
8から9歳	実写の黎明期	矛盾のある立体表現
10から11歳	写実期	一視点による立体表現

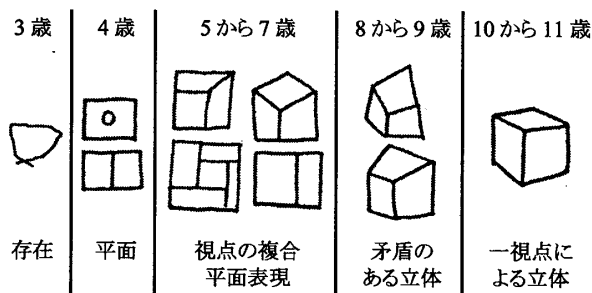


図1: サイコロの絵の年齢による特徴の推移 [5]

まず、絵のなぐりがきを始めた頃は、その対象を写實的に描かず、その場所に（幼児が注意を向けている）モノが存在しているというような、存在について描く。そして成長と共に、ある平面にのみ注目して象徴的に描く時期、対象を複数の視点からとらえ、それらを複合的にして描く時期、矛盾はあるが立体に近づいていく時期という特徴を経て、一視点による立体表現が可能になるという特徴がある。この時、必ずある年齢になるとその特徴が現れるというものではなく、個人差が存在し、また、突然ある年齢を境目としてその特徴

が現れるわけではなく、徐々に変化する。

### 3 3D ペイントシステム

#### 3.1 システムの概要

前章の東山らの研究から、幼児は空間認識の発達の段階にあり、大人とは空間の認識が異なる事や、その空間の表現様式が異なるということがわかる。そのため、幼児が使用する3DCGソフトは幼児の空間認識や表現に合っているものが望ましいと考えられる。また、ごく短い間で空間認識の様子が変わっていくため、幼児を対象とした3DCGソフトは、それらに柔軟に対応するか、もしくはそれらの特徴を内包するような仕組みが必要だと考えられる。そこで本研究では3Dペイントシステムを試作した。その概要を以下に示す。

まず、著者は5歳から7歳くらいの幼児が描く絵の特徴に注目した。図2はその特徴を模して描いたものである。真上から見た線路と真横から見た汽車、そして真上から見た道路と真横から見た家をつ一つの絵の中に複合して描いた。だが、これを一度、線路、汽車、道路、家といったそれぞれのパーツに分け、それらを3D空間上で組み立てると、図3のようになり、簡易的なものであるが3Dの表現が可能である。

このことから、まず本システムではモデリングを2Dの紙へのペイントに置き換える。2Dペイントであれば、特別な知識を必要とせず、ただの線やなぐりがき、デフォルメされたキャラクター、写實的な絵など、使用者に応じて様々な対象を描くことができる。また、描く絵の特徴や内容は年齢によって変化していくが、「絵を描く」という行為は小さい幼児から大人まで不変である。そのため、幼児の3DCGの学習から、大人が本格的に作品を作成するツールとしての利用も可能であると考えられる。そして本研究では3D空間での操作を行うデバイスとして、赤外線センサによるポインティング機能や、複数の加速度センサによる3次元上での状態を検出可能な無線コントローラを用いた。これにより、ペイントした絵を3D空間の自由な位置に配置可能であり、同様に視点の操作も可能である。また、3D空間での紙の移動方法についても、従来のようなマニピュレータを用いる必要はなく、感覚的な操作が可能であると思われる。紙はペイントした部分以外は透明であり、後ろなどが透けて見えるようにしているため、重なり具合を見ながら調整したり、交差させたり、様々な表現が可能である。これらから、本システムは3Dモ

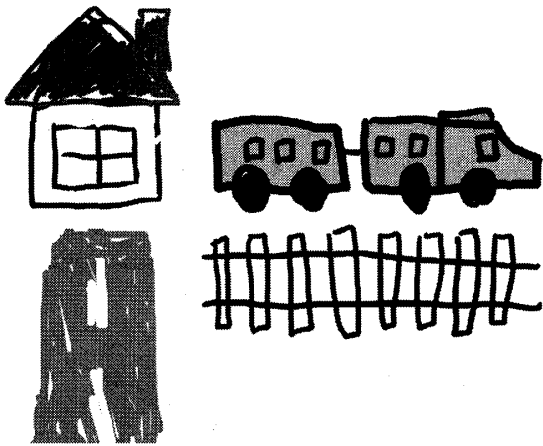


図 2: 幼児の特徴を模して描いた絵

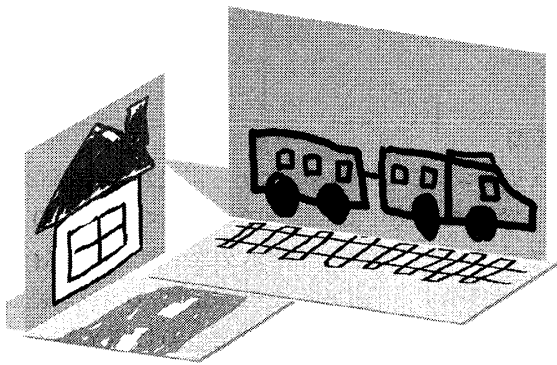


図 3: 3D 空間上での組み立て

デリングソフトというより、3D 空間を用いた表現に重点を置いた 2.5D ペイントシステムとも言える。

幼児のお絵かきの対象を、机の上に置いた紙から 3D 空間上で自由に配置でき、ペイントすることができる紙というように拡張することで、楽しみながら 3DCG への興味の外に、新しい表現の発見や、知育の効果もあるのではいかと考えられる。

### 3.2 3D ペイントシステムの機能

現在、本 3D ペイントシステムの機能は、2D 平面 (紙) の作成、無線コントローラによる紙へのペイントや紙の移動と回転、視点の回転とズームなどがある。また、ペイント中に紙からマウスマウスカーソルがはみ出そうになると自動で紙のサイズを変更する機能などがある。紙はペイントした内容以外は透明になる。

実行画面を図 4、5、6 に示す。これらはいずれも同一のシーンを、カメラを移動して各方向から見たものである。また、ユーザーインターフェースは今回の実験では主に高校生を対象としたため漢字を交えて表記を行った。

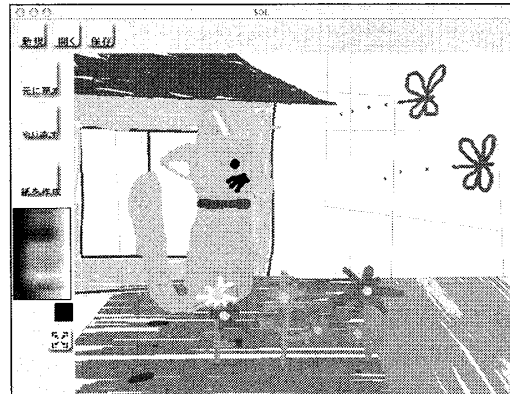


図 4: 3D ペイントシステムの実行画面

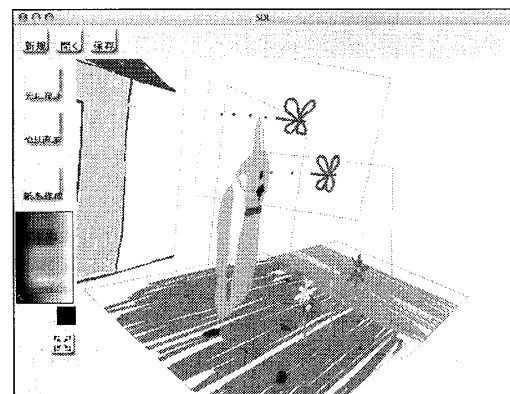


図 5: 左横に視点を移動

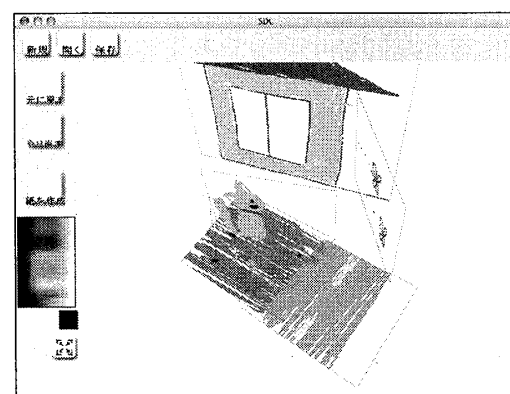


図 6: 斜め上に視点を移動

### 3.3 システムの実装

3Dペイントシステムは、WindowsXPもしくはWindowsVista、Mac OS X 10.4 で動作する。本システムでは3D空間上での操作デバイスとして任天堂株式会社のWiiリモコン [6] を使用した。これは、Wiiリモコンは3軸自由度の加速度センサや赤外線センサを搭載しており、コンピュータとの接続にBluetoothによる無線接続が使用できるためである。以下Wiiリモコンを3Dリモコンと呼ぶ。

3Dリモコンには3DCGソフトの制御デバイスとして使用する際にはいくつかの問題点がある。その一つに検出できない回転がある。これは例えば、3Dリモコンを垂直に立てた状態でY軸周りに回転させると、その回転は認識することができないという問題である。これは、3Dリモコンを水平に寝かせた状態でも同様である。つまり、3Dリモコンはピッチとロールは検出できるが、ヨーは検出することができない。

また、もう一つの問題として、3Dリモコンの姿勢を1対1で取得することはできないというものがある。これは、3Dリモコンに搭載されているセンサは、赤外線センサと3軸加速度センサだけであるためである。よって、回転は、ピッチとロールの2軸自由度の情報しか取得することはできない。また、3Dリモコンの移動の精密なトラッキングは今のところは難しいと言える。

これらの問題は制御に使用するデバイスを、よりセンサの能力が高いものを使用することで解決は可能である。しかし、3Dリモコンは既に一般化しており、ゲーム用のコントローラという性質上から幼児が馴染みやすいという理由から本システムではこれを用いた。

本3Dペイントシステムでは、線などの描画内容を頂点データで保持し、ポリゴンとして描画している。これは、ビットマップデータで描画内容を保持する場合と比べ、紙の大きさに対するビットマップの大きさ(解像度)をどの程度にするか決定する必要がないことや、メモリの使用量が少ないため、何枚もの紙を扱いやすいこと、そして、紙のリサイズや、紙と線の拡大縮小が行いやすいといったメリットがあることから、この方法を用いた。しかし、デメリットとして、描画にCPUやGPUの処理能力が必要になることや、塗りつぶしなどの実装が難しいことなどがある。

3Dリモコンによる操作とシステムの動作の関連を以下に示す。

#### 1) 回転

3DリモコンのAボタンを押したままで3Dリモコンを上下左右に傾けたり回転させると、紙は3Dリモコンの動きに合わせて回転する(図7)。この時、Aボタンを押した直後の傾きからの相対的な傾きで紙を回転している。

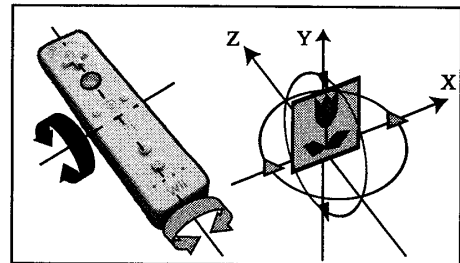


図7: 回転

#### 2) 移動

3Dリモコンの十字ボタンによって紙の移動を行える。ボタン押した時間により徐々に加速していく。3Dリモコンを水平にした状態で十字ボタンを押すと、紙はXZ平面上で移動する(図8)。また、3Dリモコンを垂直に立てた状態で十字ボタンを押すと、紙はXY平面上で移動する(図9)。このとき、3Dリモコンの十字ボタン側を上に向け、十字ボタンの上ボタンを押すと紙はY軸の正方向に移動し、十字ボタン側を下に向け、十字ボタンの上ボタンを押すと紙はY軸の負方向に移動する。水平、垂直を判定する閾値は45度である。

#### 3) ペイント

ペイントはマウスを用いて行うほか、3Dリモコンを用いて行うこともできる。3Dリモコンで操作する場合には、3Dリモコンをディスプレイの上部や下部に配置した赤外線LEDに向け、Bボタンを押した状態で3Dリモコンを動かすと、それに応じてマウスカーソルが動く。Bボタンを押したままの状態でもAボタンを押すと紙に対してペイントを行える。

#### 4) 紙のサイズ変更

現時点で紙のサイズを明示的に変更する機能は搭載していない。だが、紙にペイントをする際に、ペンが紙からはみ出そうになると、それに合わせて動的に紙のサイズを変更する機能を搭載した。これによって紙のサイズを気にせずに描いていく事が可能になる。ま

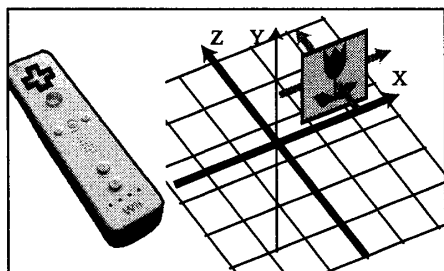


図 8: 水平方向への移動

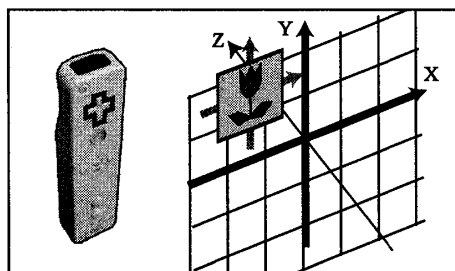


図 9: 垂直方向への移動

た、自動で紙のサイズを変更するかどうかは、ウィンドウ内のトグルボタンにより切り替えられる。

#### 5) 視点の回転

3D リモコンのマイナスボタンを押しながら 3D リモコンを上下左右に傾けたり回転させると、それに応じて視点を回転することができる。この時、マイナスボタンを押した直後の傾きからの相対的な傾きで視点を回転している。

#### 6) 視点の前後移動

3D リモコンのプラスボタンを押しながら、3D リモコンを下方向に傾けると 3D 空間の中央部に近づくことができる。また、3D リモコンを上方向に傾けると遠ざかることができる。このとき傾ける角度によって、浅い角度ではゆっくり移動し、角度を急にすると速い速度で移動する。

#### 7) 視点の初期化

3D リモコンのホームボタンを押すことによって視点をリセットすることができる。これは、視点の回転および視点の前後移動の両方を一度に初期状態に戻す。

## 4 実験

まず、予備実験として 3D リモコンを用いてペイントや紙の回転、そして移動を行ってもらい、3D リモコンで 3DCG の操作が可能か実験を実施した。次に、既に空間認識が完成している高校生から見て、3D リモコンで操作した結果が操作者の意図した結果と矛盾しないか、また、このシステムを用いて 3DCG 作品が制作できそうか、そして楽しいかといった調査実験を行った。

### 4.1 予備実験

#### 4.1.1 実験方法

北海道工業大学にて 2008 年 6 月 22 日、8 月 3 日、9 月 27、9 月 28 日に行われたオープンキャンパスにおいて、主に高校生と小学生を対象として実験をおこなった。対象とした人数は約 110 人であり、高校生約 90 人、小学生約 20 人である。

被験者 1 人につき、1 台のコンピュータと 1 台の 3D リモコンを渡す。そして、本システムの使用方法を理解している説明者が、被験者に対してあらかじめ操作方法のレクチャーを行う。レクチャーは言葉によるものと必要に応じて体の動きによるジェスチャーなどを交えて行った。その後、被験者に本システムにおいて、3D リモコンを使用してペイント、紙の移動、紙の回転の操作を行ってもらい、それらができかたどうかを実験を行った。

この時、実験場所はオープンキャンパスの会場で行った。会場は他のブースの展示などもあったため、光源環境の適切な整備ができず、大型の白熱電球などが発する赤外線などにより 3D リモコンの赤外線センサーが度々誤認識を起こしたということを明記しておく。

#### 4.1.2 結果および考察

##### 1) ペイント

ペイント操作は、高校生、小学生ともに全員行うことができた。これは、マウスを使用した際のマウスカーソルの移動操作と、3D リモコンの赤外線センサーを使用した際のマウスカーソルの移動操作は、両方とも 2 軸の自由度を持ち、相対的な座標での移動を行うという点でマウスと 3D リモコンの共通点がある。また、3D リモコンを用いた操作は、目標の位置を離れた場所から指で指し示すといった日常的な感覚に近かったため

であると考えられる。

## 2) 移動

移動操作についても、高校生、小学生ともに全員行うことができた。これは3Dリモコンの十字ボタンを押した方向に紙が移動し、また、移動する平面を変更するには3Dリモコンの水平・垂直の状態の変更によって行うことが出来るという操作方法によるものだと考えられる。つまり、3Dリモコンの傾きを一定に保った場合、移動できる平面を水平方向か垂直方向かのどちらかに固定することができ、そして移動を行う平面上では移動したい方向の3Dリモコンのボタンを押せばよく、2軸のみの移動を考えれば良いからであると考えられる。

## 3) 回転

回転については、高校生は基本的に全員行うことができたが、小学生は不定とした。まず高校生については基本的にとしたのは、基本的な回転操作（例えば、ある1つの軸に対してのみ回転を行う）の場合であれば全員操作可能であった。しかし、操作者が複雑な回転結果にしようと操作した場合には、なかなか目的とした回転結果にならなかったためである。これは3Dリモコンはピッチとロールの2軸の回転しか検出できず、1対1で3Dリモコンの状態を取得できないという問題が大きく関わっていると考えられる。また、数分使用すると3Dリモコンの回転操作に慣れ、自由に操作できるようになる使用者もいたため、慣れも必要であると考えられる。また、小学生についても全員、回転操作を行うことができたが、3Dリモコンを回転させることによって紙が回転するという点に興味を持ち、回転そのものを楽しむという例が見られた。また、操作者がその回転結果を狙って回転を行ったのかということとはわからなかったため、小学生の回転操作の結果は不定とした。

以上のことから、回転操作に関しては慣れや操作方法の改善が必要だと考えられるが、3Dリモコンを3D空間の操作に用いる事は可能であるという知見を得ることができた。また小学生の回転の結果は不定だったが、興味を持ち楽しむ事ができたという事がわかった。

## 4.2 調査実験

既に空間認識が完成している高校生から見て、3Dリモコンで操作した結果が、操作者の意図した結果と矛盾しないか、また、このシステムを用いて3DCG作品が制作できそうか、そして面白いかといった調査実験を行った。

### 4.2.1 実験方法

北海道工業大学で、2009年3月22日に行われたオープンキャンパスにおいて、高校生23を対象として実験をおこなった。性別は男性21人、女性2人であった。実験の環境や方法は、4.1 予備実験と同様である。被験者が実際にシステムを操作する時間はおよそ3から4分程度であった。そして一通りの操作終了後に被験者から口頭でアンケートをとった。アンケート項目は以下の通りである。

- 3DCGソフトを使用したことがあるか
- 3Dリモコンでの3D操作に違和感・矛盾はないか
- 3D作品を作成することができそうか
- 3D空間上でのペイントは面白いか

アンケート内の「3Dリモコンでの3D操作に違和感・矛盾はないか」という問いは当初「ある・ない」のみを記録する予定であったが、質問を行った際に、「慣れれば可能である」という意見が出たため、「ある・慣れれば可能・ない」で記録し、慣れれば可能であるという回答に近い場合には、「慣れれば可能」でカウントした。

### 4.2.2 結果および考察

表 2: 3DCGソフトを使用したことがあるか

3DCGソフトを使用したことがあるか	回答数
ある	1
ない	22

まず被験者については、多くの人は3DCGソフトの使用経験がなく、使用経験があるのは1人だけという結果になった。また、使用経験があると回答した被験者は、高校での講義でのみ行った事があるということであった。

表 3: 3D リモコンでの 3D 操作に違和感・矛盾はないか

3D リモコンでの 3D 操作に違和感・矛盾はないか	回答数
ない	12
慣れれば可能	11
ある	0

3D リモコンでの 3D 操作に違和感・矛盾はないかという質問については、違和感・矛盾があると回答した被験者はおらず、全く違和感・矛盾はなかったと回答した被験者と、慣れれば可能と回答した被験者はほぼ半々であった。慣れれば可能であるとした回答の代表的な回答例としては、予備実験と同様に「描画する線がブレてしまったり、また細かな線を描画する事ができない」、「回転操作が思い通りにいかない」といったものであった。描画する線がブレてしまうという問題は、センサのノイズや手ぶれを原因とするマウスカーソルの移動の精密さの問題であり、これはソフトウェアやハードウェアの改善が必要だと考えられる。回転操作については、高校生が意図した 3D 空間内での回転と、システムの回転結果に不一致が生じていると考えられ、これに対しても同様の改善が必要だと考えられる。

表 4: 3D 作品を作成することができそうか

3D 作品を作成することができそうか	回答数
できる	4
簡易的なものなら可能	14
できない	5

3D 作品を作成することができそうかという問いについては、作れないと回答した被験者は 5 人であり、その代表的な理由は「絵を描くのは苦手である」、「作成できる作品が 3DCG ではない」というものであった。「簡単なものであれば作れる」という回答者が多かったのは、実験用システムの紙へのペイント機能は色を選択し線を描くだけというものに限定していたためではないかと考えられる。そのため描画機能の強化などが必要だと考えられる。また、より移動や回転などの操作を、操作者が意図した通りに操作できるようにすることが必要だと考えられる。

表 5: 3D 空間上でのお絵かきが面白い

3D 空間上でのお絵かきが面白い	回答数
面白い	22
面白くない	1

3D 空間上でのお絵かきが面白いかという質問に対して、大多数の被験者が面白いと回答した。その代表的な例としては、「描いた絵をカメラを回転させながら見る事ができるのが面白い」、「3D リモコンで操作できるのが面白い」、「3D リモコンで操作できると思っていたので驚いた」などであった。このように主に 3D リモコンでの操作と、それによって描いた絵を移動・回転する（カメラを移動・回転する）事ができるという点に重点を置く回答が多く見られた。

以上のことから、多くの場合高校生までの間で、3DCG ソフトを使用するケースはとても少なく、また、使用経験はあっても自主的に 3DCG ソフトを使用するという人は少ないということがわかった。これは 3DCG ソフトウェアの数が少ない、価格が高い、関心の対象ではない（面白くなさそう）、3DCG を作成できると考えた事自体無い、触れる機会がないなどの様々な理由が考えられる。このことから誰でも使えるような、なじみやすい 3DCG ソフトウェアの必要性があると考えられる。

空間認識が完成している高校生では、本システムが提案する操作方法について、操作した結果が操作者の意図した結果と矛盾が大きく異なることはなく、直感的に多くの被験者が 3D の操作を行えることがわかった。これは本システムでの提案手法が受け入れられる可能性を示唆している。また、慣れれば使えるという回答が多かったことから、回転操作の改善やマウスカーソルの移動精度の改善により、より良い結果を得ることができそうである。

3D 空間上でのお絵かきが面白いかという問いに関しては、多くの人が面白いと回答をした。この結果から自主的に 3DCG ソフトを使用するきっかけや、使い続けたいと思うモチベーションの維持につなげていけるのではないかと考えられる。

### 4.3 今後の展望

今後、今回の実験の結果を踏まえて、幼児を対象とした実験を行いたい。また、それに併せてシステムの改善や拡張なども行っていく予定である。改善点としては、3D リモコンでのマウスカーソルの移動精度を良くするという点や、より感覚にあった回転方法の実装が挙げられる。機能の拡張は、塗りつぶし機能の実装や、多様なブラシの実装、スタンプ機能といったペイント機能の強化や、ペイント中やボタンを押した際などに音が出るといった面白さを演出する機能などが挙げられる。また、複数の3D リモコンを使用し、複数人が同時におなじ画面でペイントを行える機能なども考えられる。また、同時に2本の3D リモコンを使用し、それらをひねると紙も同様に曲げたりひねったりできるといった機能なども考えられる。

## 5 おわりに

幼児の3DCGの学習システムの前段階として3D リモコンと2D ペイントによる3D ペイントシステムの提案を行い、高校生を中心とした実験を行った。

その結果、3D リモコンによって移動動作や回転動作、カメラの操作などを行うことができ、3DCG ソフトの入力デバイスとして使用できることを示した。また、平面的な絵を組み合わせることで、簡易的なものであるが3DCG 作品を作成できることを示した。そして空間認識が既に完成している高校生にとって、本システムが提供するインタフェースは感覚的に操作できるということがわかった。また、本システムについて面白かったという結果を得ることができた。

今後、幼児に対して実験を行い、3DCG 学習のきっかけとなる、楽しさや興味、そして使いやすさ、幼児に受け入れられるのか、幼児の空間認識に則しているかということを探りたいと考えている。また、これまで机の上の紙でのみお絵描きをしてきた幼児が、コンピュータの3D 空間上で自由にお絵描きをした場合、どのような絵を描くのかといった興味も尽きない。

現状では幼児の3DCGの学習に的を絞っているが、知育のためや、自由な表現のためなど様々な利用ができると考えられる。そして、幼児だけではなく、大人、お年寄りなど様々な人が3DCGに親しめる可能性があるのではないかと考えられる。また、本研究を通じて、幼児やお年寄り、障害を持っている人が簡単にコンピュータを使用できるようなインタフェースへの可能性もあるかもしれないと考えている。

### 参考文献

- [1] 飯尾淳, 井上健司, 新井健生, レーザーポインタによる3次元情報入力装置の開発とそのユーザビリティ評価, 2007, ヒューマンインタフェース学会論文誌 9(3), pp.313-323
- [2] Takeo Igarashi, **Teddy: A Sketching Interface for 3D Freeform Design**, 1999, ACM SIGGRAPH
- [3] 嵯峨田(早乙女)良江, 岡崎哲夫, **幼児を対象としたユーザーインタフェースデザインについて**, 1998, Technical report of IEICE. Multimedia and virtual environment 98(475), pp.49-54
- [4] 東山明, 他, **神戸大学教育学部研究集録 第72,73,86,83,84,85集**, 1984-1990, 神戸大学
- [5] 東山明, 東山直美, **子どもの絵は何を語るか 発達科学の視点から**, 1999, 日本放送出版協会
- [6] 伊藤邦朗, 福田隆宏, **Wii リモコン**, 2007, 日本機械学会誌 Vol.110 No.1069, pp.908-909
- [7] 加藤隆, **IT Text 認知インタフェース**, 2002, 株式会社オーム社
- [8] 田村博編, **ヒューマンインタフェース**, 1998, 株式会社オーム社