

Flat3D: スケッチベースの 3D シーン構築ツール

飛田 博章 暦本 純一

ソニーコンピュータサイエンス研究所
インタラクションラボラトリー

要旨

スケッチをベースとした 3D シーン作成方法で、簡単な操作の繰り返しだけでシーンの構築を実現する手法について報告する。このシステムでは、3D 空間内の地面に対してストロークを描くことによりキャンバスを設定し、このキャンバスに対し描画を行う。この簡単な操作の繰り返しによりシーンが構築されていく。また、キャンバス設定も描画も全て面に対するスケッチをベースとしたストロークにより行われるので、シーン構築に際し、3D 幾何を意識しないで、2D でのお絵書きの延長上で行える。加えて、ポリゴンではなくビットマップをベースとしたキャンバスを描画の単位とすることで、2D ペイントツールのエフェクトを 3D 空間上に 2D の感覚のまま直接適用できる。本論文では、スケッチをベースとした繰り返し操作のみでシーンを構築する手法とその有効性について述べる。

Flat3D: Drawing a 3D Scene with Freehand Sketching

Hiroaki TOBITA, Jun REKIMOTO

Interaction Laboratory,
Sony Computer Science Laboratories

Abstract

A concern with freehand sketch-based 3D drawing tools is growing. In such tools, strokes are projected onto a scene. However, these tools require users to be concerned 3D geometry, perspective, camera setting and so on. We describe a tool for constructing 3D scenes based on freehand 2D sketching without perspective, named *Flat3D*. A user creates a canvas with a 2D stroke on the ground, then he/she draws a picture on it. Since all drawings are done by projection onto a canvas, the difficulty with 3D is avoided. This tool constructs 2.5D scene the 3D world.

1 はじめに

近年、3DCG に対するハードウェアとソフトウェア両者の進化に伴い、3D のシミュレーションや映像の製作が低コストで短期間で行えるようになり、3DCG を用いた映像を目にする機会が増えている。こうした映像を目にするだけで、一般のユーザにも 3DCG を単に見るだけでなく、実際に作ってみたいといった要求が生じ、こうした要求に答えるために様々なツールが存在する [11][12]。しかし、既存のツールは機能が多く複雑で、自分の思ったシーンを仮想空間内に構築するためには、ツールに対する熟練が必要である。また、2D でのお絵書きとは異なり 3D 幾何に対する馴れも必要となる。こうしたことが、3DCG に対して興味はあるが扱いに慣れていない人を「作ること」から遠ざける要因となっている。3D シーンに対するニーズが高い現在、初心者でも簡単にシーンの構築できるツールが必要である。

既存の 3D ツールに機能が多くの理由は、構築対象としている 3D シーンが、現実にはできるだけ近い、リアルで細かいシーンである点にある。描くモデルに細かい部分や曲面の部分が増えることで、ポリゴン数が多くなり、ポリゴン単位で制御点を操作し変形する細かい操作も増える。簡単な操作だけでシーンを描く場合は、構築するシーンが簡単すぎて初心者にとって面白みのないシーンしか描けない。

こうしたツールには、2D のお絵書きツールには見られない 3D 特有の難しさも生じる。ユーザはモデリングを行う際に、xyz 各面から見たモデルのバランスを考えながら立体モデルを構築していかなければならないし、シーン構築に際しては、モデルとシーンの位置関係を意識して配置しなければならない。さらに、カメラパースペクティブの設定等 3D 幾何の知識が必要である。シーンがどう見えるかやシーンをどう見せたいかといった設定は、ツールの操作同様、初心者にとって負荷が高い作業である。

こうした背景から、2D で絵を描く操作で 3D を描こうとする、スケッチベースのインタフェースが考案されている。実世界で紙にペンで絵を描く操作をそのままコンピュータ上で反映できるので、簡単な操作で 3D 空間上にシーンを構築できる手法であると考えられる [3][4][5][14]。

これらのツールはスケッチをベースとして、簡単な操作での描画を実現しているが、ユーザはシーン構築に際して依然として 3D 幾何を意識する必要がある。つまり、全てが 2D でのお絵書き操作の延長上にあるわけではない。このことから、初心者向けのツールとして、簡単な操作と 3D 幾何を意識しない、2D でのお絵書きツールの延長上にある描画手法を提供することが必要なことと考えられる。

我々の提案する Flat3D では、3D シーン構築でのモデルの描画を全て 2D でのスケッチベースのストロークで行う。描画に際しユーザは、まず、3D シーンへのキャンバスの設定を行う。キャンバスの設定はいたって簡単で、地面にストロークを引くと、そのストロークを底辺としたキャンバスが自動的に現れる。ストロークが曲線の場合、キャンバスもストロークにあわせて曲面のキャンバスとなる。3D を意識する代わりに、ストロークによる操作により 2D でのお絵書きの延長で、3D 空間上にキャンバスの設定が行える。地面を見ている向きや角度にかかわらず、2D ストロークと 3D 位置との見かけ上のずれは全く生じないように投影される。

この、3D シーンに現れたキャンバスに対し、ユーザはストロークにより描画を行う。操作は全て 2D ストロークのキャンバスへの投影で行われるので、3D キャンバスに描画しているにもかかわらず、ユーザの意識は 2D のままである。また、キャンバスを指定してから描画を行うので描画対象が明確になる。Flat3D ではあくまで地面やキャンバスという面への描画を対象としているので、3D 空間上にストローク線を引くことを念頭に置いて考えられた [3] の手法とは異なる。操作と描画の両方で 3D 幾何を意識しない、つまり 2D で行われる操作だけで 3D シーンを構築できるので、初心者でも簡単に描画が行える。

また、キャンバスは、ポリゴンではなくビットマップとして存在する。ビットマップをベースにすることで、2D ペイントツールに見られるエフェクトを 3D 空間上に直接適用できる。従って、3D を意識せずに 2D の感覚で、様々なエフェクトをシーンに反映することができる。

以下の節では、Flat3D での描画及び操作の手法を詳しく述べる。

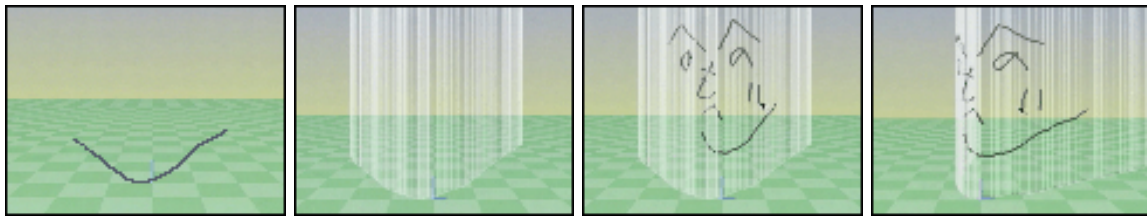


図 1: システム基本原理：(左) 地面を基準にストロークを引く、(中左) ストロークを底辺とするキャンバスが現れる、(中右) キャンバスに対して描画を行う、(右)3D 空間上にモデルが構築された。

2 関連研究

DOGA[13] は、シーン構築を簡単に行うことを目的に、あらかじめ部品として組み合わせが可能なポリゴンモデルをテンプレートとして用意している。ユーザは、それらの組み合わせによりモデルを構築し、シーンに配置することで簡単にシーン構築を行う。既存の 3D シーン作成ツールと同じで xyz 各面について 3D の設定をする必要がある。テンプレート以外のモデルは、専用のモデリングツールにより構築できるが、テンプレートを利用する場合に比べ格段に難しくなる。

前節で述べたように、スケッチをベースとした手法を用い、2D でのお絵書きを 3D シーンへ応用するシステムも研究されている。Brown[3] は、スケッチによる 2D ストロークに奥行きを持たせ、3D 空間内に表現することを目的に作られたシステムである。2D でのストロークを描画した後に 3D の地面を基準に影を付け、2D ストロークと影の位置関係から奥行きを自動計算する。

Tolba[4] は、スケッチをベースとして、パノラマ絵の世界を 3D 空間上に構築できるシステムである。シーンに絵をはめ込む際にパースペクティブの設定をしなければならない。

Teddy[5] はスケッチをベースとしたモデリングツールで、丸みのあるオブジェクトの外形を描くと自動的に 3 次元形状が復元される。モデリングを簡単に行えるが、シーンの構築に際しては、一度モデラーでモデルを構築しシーンに配置する必要がある。

本システムが 3D シーン構築に際し影響を受けたものとして、Tour Into the Picture[1] がある。2D の写真や絵画にマスク処理とカメラパースペクティブの設定を行うことで、2D 内の注目要素を 3D 空間内に配置することができる。また、でき上がったシーンに対してカメラ移動が行えるの

で、2D の写真や絵画に入り込むような感覚を得られる。このシステムはブラウジング目的で作られているので、構築された 3D シーンに対して描画を行うことはできない。

3 システム概要

3.1 基本描画

描画に際しユーザは、最初に 3D シーンへのキャンバスの設定を行う (図 1 左)。地面を基準にストロークを引くと、そのストロークを底辺としたキャンバスが現れる (図 1 中左)。ストロークが曲線の場合、キャンバスもストロークにあわせて曲面キャンバスとなる。また、キャンバス作成に際し、2D ストロークと 3D 位置との見かけ上のずれは全く生じないので (図 2)、ユーザは 3D 空間の地面を 2D 平面とまったく同じ扱いにすることができる。

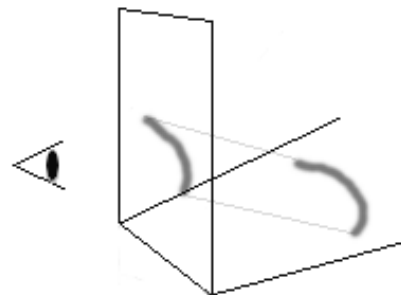


図 2: 2D から 3D への変換

この 3D シーンに現れたキャンバスに対し、ユーザはストロークにより描画を行う。操作は全て 2D ストロークのキャンバスへの投影で行われるので、3D キャンバスに描画しているにもかかわらず

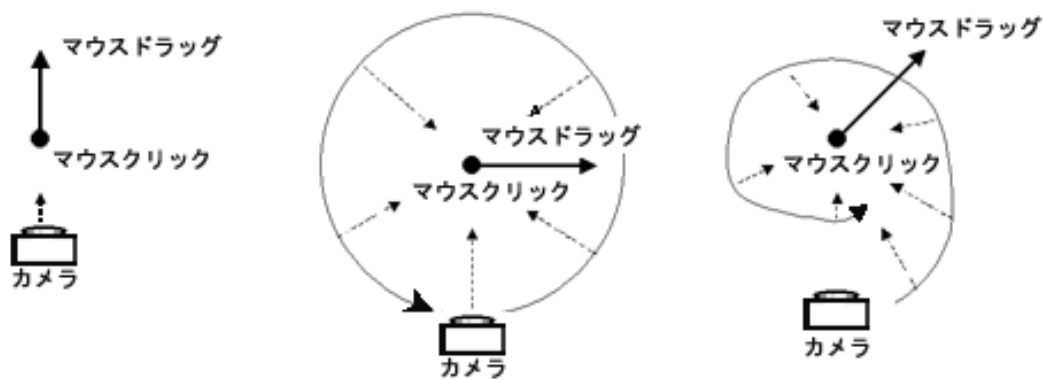


図 3: 極座標ナビゲーション: (左) y 軸に沿った動きで前後の移動、(中) x 軸に沿った動きでは回転移動、(右) 組合せにより、回転しながら近付く。

ず、ユーザの意識は 2D のままである (図 1 中右)。

3D モデルを対象とした場合、モデル自体の xyz 方向のそれぞれのバランスとシーン全体との位置関係を考える必要がある。しかし、本システムでは、描画面は一方向つまりカメラ正面に限定され、キャンバスは描画面に 3D 空間上に配置されているので、ユーザはキャンバスの描画面だけを考えるだけでよい。シーンに対し直接モデルを描画してしまうので、モデリングを行ったあとでモデルをシーンにはめ込む手間もなく、シーンに合わせたパースペクティブの設定をする必要もない。

ここまで描き終わると、キャンバスを回転することで、3D 空間上に描画が行えたことがわかる (図 1 右)。

キャンバスは 512×512 ピクセルのビットマップである。シーンを構成するモデルのポリゴンを基準に操作を行うのではなく、ビットマップのピクセルに対しての操作を行う点に特徴を持つ。つまり、シーンそのものは全てビットマップにより構成されているため、既存のポリゴンベースのシーンとは根本的に異なっている。処理対象がビットマップになることで、ペンやブラシ及びスタンプといった操作や、ぼかし等の画像処理手法を直接行え、2D ペイントツールに見られるエフェクトを 2D の感覚のままで 3D 空間上に直接反映できる。既存のツールで作られるポリゴンベースのシーンでは、このような操作はテクスチャマッピングによって行われる。その場合、2D 平面でテクスチャに対して処理を行い、その後、モデルにマッピングを施し、3D モデル全体のバランスの調整を行っていく。本システムでは、描画単位がビットマップ

なので操作は全て直接的に行われる。また、ビットマップの差し替えにより写真などを貼り込むこともできる。キャンバスは移動と変形、及び複製が行えるので、描画したキャンバスに対し配置を変えることや、大きさを変えることは容易に行える。また、キャンバスを常にカメラ方向に向けることも可能である (ビルボード指定)。キャンバスに対して、テクスチャマッピングを行うことで、デジタルカメラで撮った画像ファイルなどをキャンバスにマッピングし、シーンに配置することも容易に行える。

3D シーンの地面にもキャンバス同様に描画が可能である。視点を 90 度移動することにより、地面もキャンバスと同じ操作で描画し、道や川などを 3D シーンに描くことができる。

3.2 ナビゲーション

本システムの 3D シーンは描画とブラウジングを同時に行えるものであり、既存の 3D 仮想空間とは異なる。従って、ナビゲーション手法も従来の手法とは異なる工夫が必要となる。従来の手法では、視点の縦横斜めの直線的な移動により、3D シーン内のナビゲーションを行ってきた。このようなナビゲーションは、シーン内の移動には役立つが、シーン内の注目オブジェクトに対する視点移動には向いていない。シーンに対して描画を行う場合、例えば、注目オブジェクトの裏側にオブジェクトを置きたいとすると、直線的に移動するのではなく、注目オブジェクトを基準にシーンを回転させる方が、オブジェクトの裏側への視点移

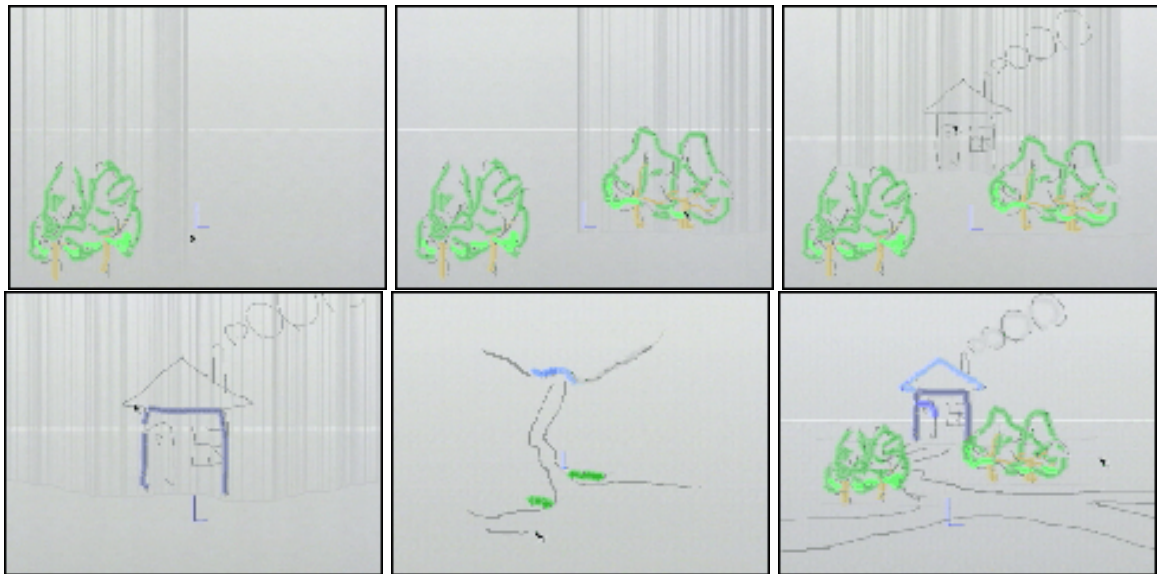


図 4: 簡単なシーンの描画例：(上段) キャンバス設定と描画によりモデルを構築する。(下段) 視点を 90 度回転させ地面の描画を行う。

動は容易に行える。また、注目オブジェクトを常に視野に捉えて移動できれば、注目オブジェクトを中心に横を向くこともでき、全体のバランスを考えて描画が行える。描画において、このような注目オブジェクトを視野に捉えたナビゲーションは重要である。そこで、これらの移動を可能にする極座標ナビゲーション手法を提案する。

マウスやペンなどのポインティングデバイスの座標は通常 xy 座標系なので、その y 軸方向の移動に距離 r を割り当て、 x 軸方向の移動に角度 θ を割り当てる。こうして、クリックした点に対して、 y 軸方向のドラッグは前後への移動を行う (図 3 左)。また、クリックに対して、 x 軸方向のドラッグはクリック点を中心とした回転移動を行う (図 3 中)。この組み合わせにより、 xy 座標系の移動は、クリック点を視野の中心に捕らえながら、回転して近づく移動を可能にする (図 3 右)。

3.3 描画例

システムを用いて、キャンバス設定とそれに対する描画の繰り返しのみで、簡単にシーンが構築できる例を示す (図 4)。

まず、キャンバスを設定しそれに対し木の描画を行う (図 4 左上)。キャンバスの複製と移動を繰り返しながら、木を描いたキャンバスをシーンに

配置していく (図 4 中上)。カメラパースペクティブはあらかじめ定められているので、シーンの奥行き方向に木を描いたキャンバスを配置することで、3D 空間上にそのまま反映される。

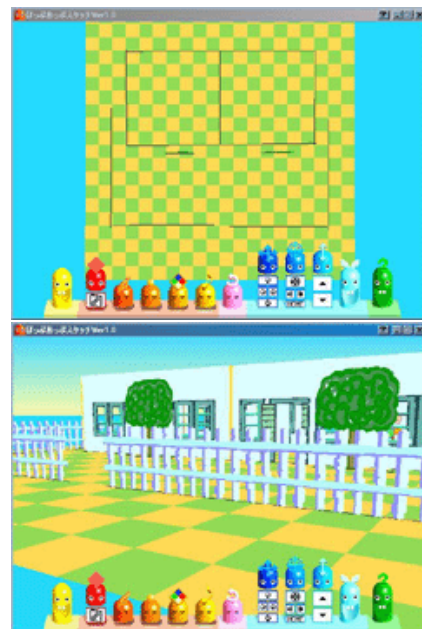


図 5: レイアウト

次に、家の描画を行う (図 4 右上)。キャンバスを遠く (奥) に設定してしまった場合でも、視点移

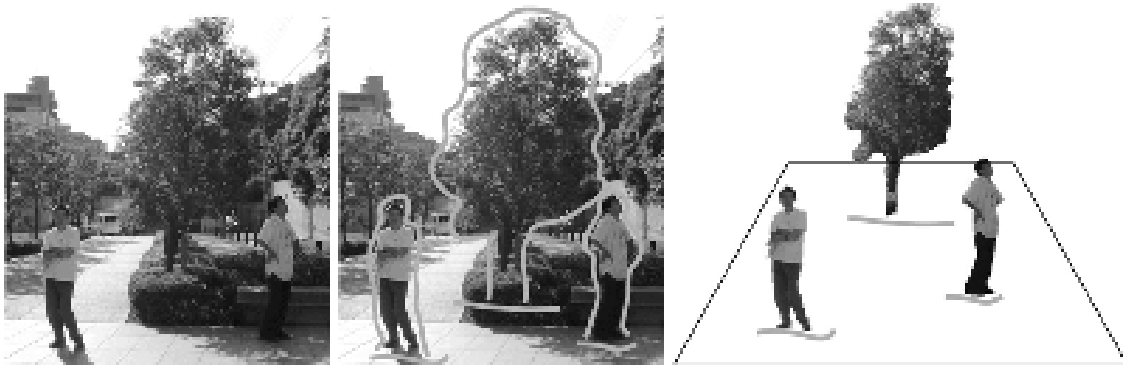


図 6: デジタルカメラ画像の 3D 化: (左) デジタルカメラで撮影した画像、(中) 画像に対し注目オブジェクトの括り出しを行う、(右) 底辺を基準に 3D 空間に自動配置される。

動により対処できる。遠くから大まかな描画を行い、視点をキャンパス近付けて、詳細に描画を行うことも可能である (図 4 左下)。

次に、視点を 90 度移動して、道を描く。真上からの視点で、木や家のキャンパスを基準として道を描いていく。地面も視点を上に 90 度移動したキャンパスとみなせるので、基本操作はキャンパスと全く同じである (図 4 中下)。

視点を元に戻すことで、簡単なシーンの構築ができた (図 4 右下)。構築したシーンに対して、視点移動を移動することで、シーン内をブラウジングできる。

このように、シーン構築は、キャンパス設定とそれに対する描画の繰り返しで行えるのでいたって簡単である。

図 5 は家のレイアウトを行ったもので、壁の複製と視点を 90 度回転させた状態でキャンパスを移動することにより容易に構築できる。

4 応用

4.1 カメラ画像からのシーンの作成

2D 画像内のオブジェクトの括り出しを行うことにより、画像の奥行き情報を 3D 空間に反映させることができる。デジタルカメラの普及により、誰でも手軽に画像をコンピュータに取り込めるので、画像データを素材として使うことはシーン構築に有効な手法である。

ユーザは、デジタルカメラ等で撮影した 2D 画像に対し操作を行う。2D 画像の注目オブジェクトに対して、ストロークによりオブジェクトの括

り出しを行う。図 6(中) では、画像内の人物と木に着目して、ストロークにより囲むことで括り出しを行っている。これらのオブジェクトは、オブジェクトの外接四角形に合わせたキャンパスが設定され、あらかじめパースペクティブが定められた 3D 空間上に配置される (図 6 右)。3D 空間にキャンバスデータとして配置されるので、構築されたシーンに対し、キャンバス設定とその描画といった通常の描画が行える。こうして、画像情報から、シーン構築が行える。同じ効果を、キャンバスにテクスチャマッピングを行い、余分な部分を消すことで得ることもできる。



図 7: 実写を用いた世界

キャンバスへのテクスチャマッピングや 2D 画像内のシーンへの配置手法により、実写ベースのシーンも容易に構築できる。図 7 は、Sony CSL インタクションラボのオフィスをデジタルカメラ画像をベースに再現したものである。

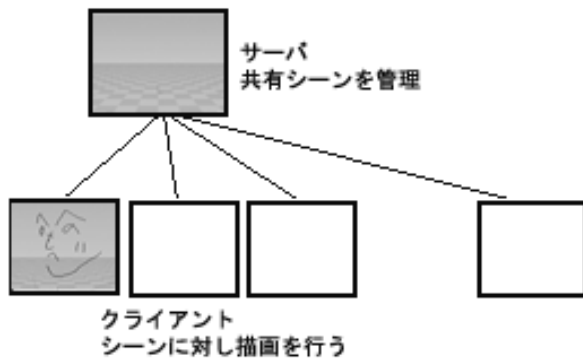


図 8: ネットワークを介した等身大システムへの応用

4.2 Flat3D によるコミュニケーション

Flat3D の特徴として、簡単に 3D シーンに対し描画が行えること、また、シーンデータがビットマップ画像とその位置データだけというシンプルなものであることが挙げられる。この特徴を活かし、ネットワークを介したデータ交換や、マルチユーザでのシーン共有などのコミュニケーションをとることが可能である。



図 10: バースデーカード



図 9: 3D 絵日記

電子メールやオンラインチャットにより、ネットワークを介したコミュニケーションが一般的なものとなり、単に文字によるコミュニケーションの次の手法が今後必要となると考えられる。そこで、これからのネットワークを介したコミュニケーション手法として、Flat3D のようなツールを用いて、「作ったもの」をメールなどで介して交換することや共有することは有効な手段と思われる。

シーンデータをメールで送るコミュニケーション手法は、既に Flat3D の製品版、ぼっふあっぷスケッチ [9] で実現されている。とりわけ、子供向けツールとしての利用が多く、3D 絵日記や 3D バースデーカードといった利用もなされている。

図 9 の例は、3D 的な絵日記を表現したものである。描く絵が 3D であることはもとより、時間の流れを考えながら空間的に配置することで 3D の絵日記を表現できる。また、図 10 は、3D で表

現されたバースデーカードである。

Flat3Dの描画空間を共有空間とすることで、既存の共有空間でのコミュニケーション手法とは異なったコミュニケーションが可能になる。共有空間をブラウジングしながら気に入った場所に絵を描くことにより、多くのユーザが同時に一つのシーンを作成することができる。また、シーンに限らず、複数人でキャンバスを共有し一枚のキャンバスに対し絵を描くこともできる。

従来の3D共有空間でのコミュニケーションは、アバターを介した文字によるコミュニケーションであり、本質的には文字によるチャットに、空間的な広がりを持たせたものである[8]。また、共有空間それ自体は、アバターを補助する役割をもち、ユーザが直接大きな変化を加えることは考えられていない。

本システムにより、共有空間は見るものから、描くものへと役割を変える。マルチユーザでのシーン共有は、クライアント・サーバモデルにより、3D共有空間をサーバで管理し、ストロークとペンの属性データをクライアント側から送ることにより簡単に実現できる(図8左)。

共有空間と同様に、VRへの利用も可能であり、CAVE[10]、HoloWall[7]等の等身大のシステムの上でも利用できる。図8右は、mimio[6]とプロジェクタを用いて等身大のペン入力ディスプレイシステムで、Flat3Dを用いている例である。ネットワークを介したデータ交換により、複数の壁型ディスプレイでマルチユーザでの描画をサポートすることができる。

5 まとめ

本論文では、スケッチをベースとした簡単な操作の繰り返しにより3Dシーンの構築できるFlat3Dシステムの概要と有効性を示した。Flat3Dでは、3Dシーンを描画の対象としているが、ユーザは3Dを意識せずに2Dで絵を描く感覚で3Dシーンを構築できる。また、操作の簡易性やシーンデータがシンプルなことから、マルチユーザによる、ネットワークを介したデータや3Dシーンのリアルタイムの共有が可能であり、新たなコミュニケーション手法を生み出せることを述べた。

今後は、Flat3Dの手法を応用したアニメーション手法を考え、3D空間内の動きも2Dの動きと同

じような感覚で作成できるように拡張したい。

謝辞

Sony CSL インタラクシオンラボの綾塚祐二氏、及び、So-net ぽっぷあっぷスケッチプロジェクトメンバーに深く感謝致します。

参考文献

- [1] Y. Horry, K. Anjyo and K. Arai, Tour Into the Picture. In *SIGGRAPH '97 Proceedings*, pp. 225-232, 1997.
- [2] T. Igarashi, R. Kadobayashi, K. Mase and H. Tanaka, Path Drawing for 3D Walkthrough. *UIST'98*, pp. 173-174, 1998.
- [3] Zeleznik, P.C, Herndon, K.P, and Hughes, J.F, An Interface for Sketching 3D Curves. In *SIGGRAPH '96 Proceedings*, pp. 163-170, 1996.
- [4] O.Tolba, J.Dorsey, and L.McMillan, Sketching with Projective 2D Strokes. *UIST'99*, pp. 149-157, 1999.
- [5] T. Igarashi, S. Matsuoka, and H. Tanaka, Teddy: A sketching interface for 3d freeform design. In *SIGGRAPH '99 Proceedings*, pp. 409-416, 1999.
- [6] mimio
<http://www.mimio.com>
- [7] Ni. Matsushita, J. Rekimoto, HoloWall: Designing a Finger, Hand, Body, and Object Sensitive Wall. *UIST'97*, pp. 209-210, 1997.
- [8] paw
<http://www.so-net.ne.jp/paw>
- [9] ぽっぷあっぷスケッチ
<http://www.so-net.ne.jp/popupsketch>
- [10] CAVE
<http://www.evl.vic.edu/pape/CAVE>
- [11] SoftImage
<http://www.softimage.com>
- [12] Autodesk
3D Studio Max, 1996.
- [13] DOGA
<http://www.doga.co.jp/ptdoga>
- [14] 松田浩一, 近藤邦雄, 手書き文字入力のための時系列情報を用いた逐次清書法, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.2, pp.594-601(1999).