

AR 空間におけるエアブラシ型 インタフェースによる形状モデリングシステム

青木 紘史^{†1} 三谷 純^{†‡2} 金森 由博^{†2} 福井 幸男^{†2}

[†] 筑波大学 非数値処理アルゴリズム研究室 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

[‡] JST ERATO 〒112-0002 東京都文京区小石川 1-28-1

E-mail: ¹aoki@npal.cs.tsukuba.ac.jp, ²{mitani, kanamori, fukui}@cs.tsukuba.ac.jp

あらまし AR(Augmented Reality = 拡張現実)空間上で 3DCG モデリングを行うシステムの研究は以前から多く存在するが、モデルを編集するために道具や手で触れた際、その感触=力覚的フィードバックが得られないことから操作上の違和感が生じることがあった。本研究では、本来的に物体との直接接触を生じない性質の道具としてエアブラシに着目し、その機能を模したインタフェースを用いることで、ユーザが違和感なくモデリングを行うことができるシステムを提案する。このインタフェースは、モデルに対して、ボクセルを塗料のように吹き付けることでモデリングを行う。吹き付け範囲やボクセルの量は、物体とエアブラシとの距離を変えることで変更ができ、着色やモデルの消去も可能である。

キーワード 3DCG, モデリング, 拡張現実

An Airbrush Metaphor Interface for 3D Modeling in AR Space

Hiroshi AOKI^{†1} Jun MITANI^{†‡2} Yoshihiro KANAMORI^{†2} and Yukio FUKUI^{†2}

[†] Non-numerical Processing Algorithms Laboratory, University of Tsukuba, 1-1-1 Tenno-dai, Tsukuba, Ibaraki 305-8573, Japan

[‡] JST ERATO, 1-28-1 Koishikawa, Bunkyo-ku, Tokyo 112-0002, Japan

E-mail: ¹aoki@npal.cs.tsukuba.ac.jp, ²{mitani, kanamori, fukui}@cs.tsukuba.ac.jp

Abstract Although a large number of studies have been made on 3D modeling in AR(Augmented Reality) space, lack of the tactile feedback when a user touches a model is still a problem, which causes a difference between real world and the AR space. In this paper, to pass over this problem, we propose an airbrush metaphor interface for 3D modeling. The user can edit a 3D model without feeling the differences since the airbrush does not have tactile feedback originally. The user constructs a model by spraying virtual small cubes in the AR space. The target area and the amount of sprayed cubes are adjusted by the distance from the airbrush-style device. Coloring and erasing features are also implemented on our system. We show some models constructed with our system.

Keyword 3DCG, Modeling, Augmented Reality

1. まえがき

近年、計算機で生成した情報やグラフィックスを、ディスプレイを通して現実世界に投影する拡張現実(Augmented Reality = AR)技術が注目を集め、携帯ゲーム機やスマートフォン、自動車の運転補助に活用される等、社会的に広がりを見せ始めている。日常生活において AR 技術を有効的・機能的に活用する上で必要となるハードウェア、ヘッドマウントディスプレイ(Head Mount Display = HMD)は、現在のところその多くが高価かつ大型であるが、技術進歩による軽量小型化や量産効果による低価格化により、近い将来には社

会的に普及を見せるものと思われる。

本研究では、将来普及するであろう HMD と AR 技術を活かす一つのアイデアとして、これらを用いた初心者にも使い易く直観的な操作を行える 3DCG モデリングシステムを提案する。HMD を用いて AR 空間上でモデリングを行うという研究そのものは以前から行われている。しかしモデリングの対象そのものは計算機上の仮想的な物体である為、ディスプレイを通して見た目には「触れられる」が、現実の物体であれば触った際に生じる応力、触覚(=力覚的フィードバック)が得られず、ユーザに操作上の違和感を生じさせることが、

先行研究において課題とされていた。力覚的フィードバックを再現する特別な装置を用いればその限りではないが、それらの装置には設置場所やコスト等の点で問題がある。

この操作上の違和感は、例えばユーザ自身の手や、Daichi's artworking [1]におけるナイフ・ハンマーと言った、実世界においては編集対象に直接接触する性質を持つ道具を用いることで生じていると考えられる。本来であれば直接接触によって力覚的フィードバックが生じるが、仮想物体のモデリングではそれが再現されないために使用感の差異が生じるのである。したがって、現実においても編集対象に直接接触せずに加工を行う性質の道具を模した入力デバイスを用いれば、この操作上の違和感を緩和することができると考えられる。

本研究では、そのような性質を持つ道具の中から、空気圧を利用して塗料などの素材を吹き付けるエアブラシを取り上げ、その機能を模したモデリングツールを実装した。エアブラシ型ツールを用いたモデリングのイメージは図1に示すようなもので、AR空間上に投影された編集対象のCGモデルに対し、ユーザはエアブラシ型ツールを使って素材を吹き付け、積層させることによりモデリングを行う。

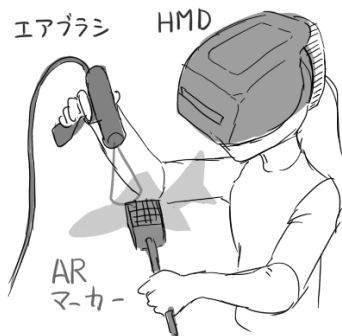


図1 本システムの使用イメージ図

2. 関連研究

Schkolne らは、マーカーの付いたグローブを装着し、その動きを追跡装置でトレースする事により、VR作業空間上でその軌跡に沿って帯状ポリゴンを生成するサーフェス・ドローイングというシステムを提案した[2]。ARマーカーを装着したトンガや消しゴムといった複数の道具を用いることで、生成したポリゴンモデルの整形や移動、消去を行うことが可能である。ユーザは道具を使い分けることで直観的に機能を選択し、モデリングを行うことができる。主な用途としては簡単な立体的デッサン、工業製品のデザイン検討が挙げられている。力覚的フィードバックについては基本的に考慮されていない。

Manfred らは、実物体を仮想物体と一対一に対応させることで、AR空間において力覚的フィードバックを得つつモデリングを行うことができるシステムを提案している[3]。角柱や板、球体などの実物体にARマーカーを取り付けたプリミティブ(基本形状)の上に、ARによってそのプリミティブと同一形状のCGモデルが表示される。ユーザはプリミティブを任意の場所に移動させ固定することができ、それらのプリミティブから構成される家具類のモデルをAR空間上で作成することができる。モデリング中に実際に手に持つプリミティブと、ARによって重ねて表示されるCGモデルが同一形状・サイズであるため、あたかもそのCGモデルに触れているかのような力覚的フィードバックが得られる。オリジナル家具のデザインや配置検討の手段として用いることが想定されているが、あらかじめ用意された基本形のみで構成されるモデルしか生成できない。また、彩色を行うこともできない。

横川らは、初心者でも簡単かつ直観的にモデリングを行える、ジェスチャインタフェースを用いたモデリングシステムを研究、開発した[4]。ステレオカメラでユーザの手振りを検出し、その軌跡に応じてポリゴンを生成するというものである。これにより、マウスやキーボードを介した操作を排除している。初心者が直観的に操作しやすいように、ある程度の習熟が要求されるマウスやキーボードなどの従来型の入力インタフェースを用いず、ユーザ自身の手動きとモデリングを直結させるという発想を本研究の参考とした。

3. 使用デバイス

本研究では、両眼視差による立体視が可能なキヤノンITソリューションズ社製VH-2007型ヘッドマウントディスプレイを使用した。

エアブラシ型入力インタフェースとして、図2右のように、ワイヤレスマウスにARマーカーを取り付けたものを用いる。エアブラシ型ツールをハードウェアから開発するのはコストが高いため、本研究では簡易的にマウスで代用した。オブジェクトは、図2左のような先端にARマーカーを取り付けた丸棒の上に表示される。本システムを使用しているユーザの様子を図3に示す。



図2 本システムで用いられる入力デバイス



図3 本システムを用いてユーザが実際にモデリングを行っている様子

4. システムの機能

AR 作業空間は、床に設置した AR マーカーを基準点として設定される。ユーザはこのマーカーと、エアブラシ及びオブジェクトに対応するマーカーを HMD の視界に入れて作業を行う。

4.1. データ保持

本システムのプログラム内では、オブジェクトの形状データをボクセル形式で保持している。ポリゴン形式に比べ、モデルを削ったり盛り上げたりした場合の形状データの管理や演算処理が容易である。本研究においてはエアブラシによって素材を吹き付けるというシステムの仕様上、素材の粒子をボクセルと見なして実装を行った。

ボクセルそのものは立方体として表現される為、ボクセルの解像度を高くしなければオブジェクトの表面がでこぼこになり、粗くなってしまう。だが現実的には解像度の向上にも限度がある。よってプログラム内でのデータ保持をボクセル形式で行いつつ、表示する時のみ、比較的滑らかな表現が可能なポリゴン形式に再構成して表示することとした。ポリゴン形式への変換にはマーチングキューブス法[5]を用いている。

4.2. ボクセル吹き付け/消去機能

エアブラシによってボクセルの吹き付けを行う際、その吹き付け範囲は、エアブラシ型ツールの AR マーカーから伸びる半透明の円錐で表示され、左ボタンをクリックすることでボクセルが吹き付けられる。実際のエアブラシと同様、ブラシとオブジェクトの距離に応じて、吹き付けられるボクセルの範囲や量が変化する。具体的には図4に示すように、距離が近ければ狭い範囲に、離れていれば広い範囲にボクセルが吹き付けられる。また、右ボタンをクリックすることで、オブジェクトを構成するボクセルを消去することもできる。こちらも吹き付け時と同様、エアブラシとオブジェクトの距離に応じてボクセルの消去量が変わる。

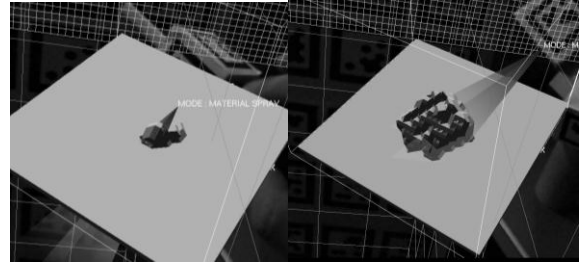


図4 エアブラシによるボクセル吹き付けの様子。左はブラシとオブジェクトの距離が近い場合、右は遠い場合である。

4.3. オブジェクト選択消去機能

エアブラシによるボクセル吹き付けと消去機能を使ってモデリングをしていく過程で、本体オブジェクトから独立した不要ボクセルが多数生じることがある。こうしたボクセルは数が多く細かいため、ひとつひとつ消去していくのは手間がかかる。そこで、これらの不要ボクセルを一括消去する機能を実装した。モードを切り替え、消去したくないオブジェクトに円錐カーソルを触れさせた状態で左ボタンをクリックすると、オブジェクトの色が変化し、オブジェクトが選択される。この状態で右ボタンをクリックすると、非選択部分のボクセルが一括消去される。複数のオブジェクトを選択することもできる。

4.4. 着色機能

本システムでは、ボクセルに色情報を付加することでオブジェクトに着色を行うことができる。モードを切り替えると、図5のような直方体のブロック6個で構成されたカラーパレットが現れる。各ブロックは異なる色で着色されており、このブロックにブラシ先端を触れさせることで色の変更を行う。このカラーパレットは、ユーザが空間上の任意の位置に移動させることができる。実際のエアブラシと同じ要領で着色を行うことができ、図6に示すように、吹き付けた部分の中心の色は濃く、外側は薄くなる。グラデーションや色の塗り重ねにも対応している。

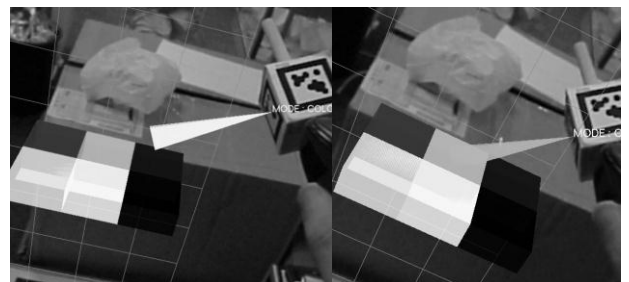


図5 カラーパレットによる色選択の様子

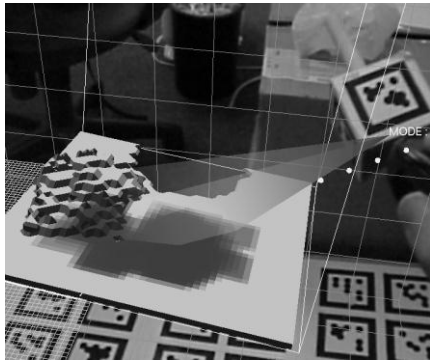


図 6 着色の様子

5. 出力例

本システムを用いて作成したモデルの例を示す。

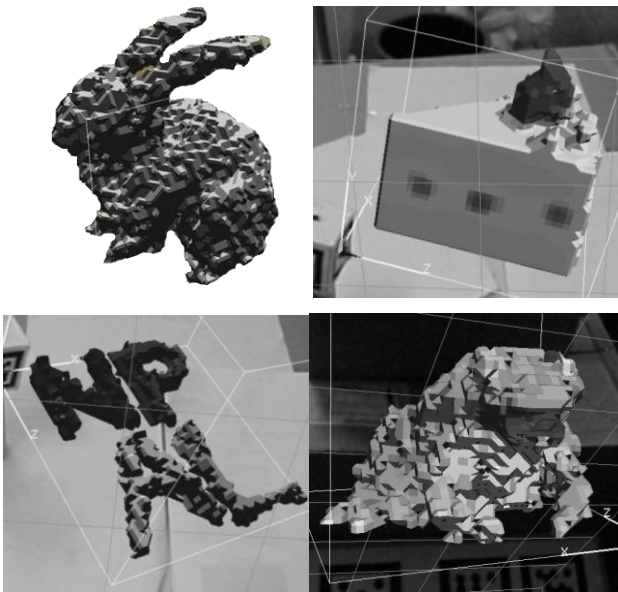


図 7 本システム用いて作成したモデルの例

6. まとめと今後の発展

本研究では、エアブラシ型入力デバイスを用いることで、力覚的フィードバックが再現されないことから生じる違和感を解消し、AR空間で直観的にモデリングを行うことができるシステムを提案した。エアブラシによるボクセルの吹き付けや消去、彩色によって、簡易なモデリングを行うことができる。システムにおける基本的な操作は、すべてエアブラシ型デバイスに集約されている。エアブラシとオブジェクトの距離を調節することでボクセルや色の吹き付け量を変化させる、空間上に設置されたカラーパレットにブラシをひたすことで色選択を行うなど、直観的な操作を取り入れている。

簡易ユーザテストの結果、スプレーのような使い方が分かりやすく、モデリングのための基本操作がAR空間内で完結しているために使いやすいという意見が寄

せられた。一方、オブジェクトの一括切断ややり直し機能といった、モデリングを効率的に行うための諸機能が充実していない点は不評であった。それらの機能を実装することにより、よりユーザフレンドリーなシステムになると考えられる。

本システムの具体的な用途としては、HMDがウェアラブル・コンピュータとして広く普及することが前提ではあるが、前章で例示した有機的形狀の簡易なモデリングや、テレビゲームやCG映像などで用いる地形データの基本形の作成などが挙げられる。ファイル入出力機能を充実させることで、3Dスキャナから読み込んだ実物の形状データを基に簡易な編集を加え、それを3Dプリンターで出力するといった使い方も考えられる。本システムのみでも簡易なモデリングはできるが、本システムでラフな基本形を直観的に生成、これをobj形式などのフォーマットで出力し既存のソフトウェアに移した上で詳細な編集を行うといった、補助的ツールとしても応用が可能である。

今後の課題としては、ボクセルからポリゴンへ変換するアルゴリズムの高速化や、デバイスの改良、出力形式をobj形式などの一般的なフォーマットとし、既存の3DCGモデリングソフトでも読み込めるようにするなどの点が挙げられる。また将来的には、ARマーカーが不要な新しいARシステム[6]を活用し、使い易さの向上を図ることなどが考えられる。

文 献

- [1] Y. Takami, M.Otsuki, A.Kimura, F.Shibata, and H.Tamura: Daichi's artworking: enjoyable painting and handcrafting with new ToolDevices, SIGGRAPH ASIA 2009, Emerging Technologies, pp. 64 - 65. (2009.12)
- [2] S. Schkolne, M. Pruett, P. Schröder, Surface Drawing: Creating Organic 3D Shapes with the Hand and Tangible Tools. CHI '01 Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, pp.261 - 268.
- [3] M. Lau, M. Hirose, A. Ohgawara, J. Mitani, T. Igarashi, Situated Modeling: A Shape-Stamping Interface with Tangible Primitives. TEI 2012, Ontario, Canada, Feb. pp.19-22.
- [4] T.Yokokawa, M.Ishii, Z.Tang, and K.Yamashita. Construction of 3D modeling system that uses gesture interface. In Technical report of IEICE.Multimedia and virtual environment 107(80), pp. 51-54. (May 2007)
- [5] W. Lorensen, H. Cline. Marching cubes: A high resolution 3D surface construction algorithm. SIGGRAPH '87 Proceedings of the 14th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, pp. 163 -169.
- [6] G. Klein, D. Murray, Parallel Tracking and Mapping for Small AR Workspaces. Mixed and Augmented Reality, 2007. ISMAR 2007. 6th IEEE and ACM International Symposium on, pp. 225 - 234. (2007.11)