可塑性のある物体に対するプロジェクションマッピングとその応用
—粘土のインタフェース化と造形支援システム—

1. 背景

情報に対して直接触れたり操作したりするような体験を得られる、タンジブル・ビットおよびタンジブル・ユーザ・インタフェースという概念が近年提唱され、注目を集めている。物体そのものが情報であり、その物体が入出力一体のインタフェースであるとみなされるため、ユーザは直感的に操作しやすく、これまでのコンピュータに対して苦手意識を持っていた人々にも安心感を与えやすい。しかし、タンジブル・ビットの概念は各システムに特化したインタフェースを指向しており、汎用的なインタフェースを作りづらいという欠点がある。汎用的なコンピュータに接続する場合、マウスやタッチパネルディスプレイなどと同様に汎用性を持ったインタフェースであることが望ましい。

2. 目的

本プロジェクトではタンジブル・ビットの概念を基にして、その特性を損なうことなく汎用性を高め、対象物を立体物全般に広げたタンジブル・ユーザ・インタフェースの創造を目的とする。そして、そのインタフェースを利用して新たに実現できる数多くの体験を広めていくことで、コンピュータと物理世界のより緊密な融合、拡張を行う。

3. 開発の内容

本プロジェクトでは、3 次元立体物の表現手法として粘土での造形に着目し、プロジェクタによる粘土への画像投影と深度カメラによる粘土の変形に対する追従機能によって、自由に粘土表面の色を変更するシステムを開発した(図 1 図 1 粘土表面の色を自在に変更できるシステム)。そして、そのデモアプリケーションとして、ある物体の形状と現在の粘土の形状との差分を色変化によって表示するシステムを開発した(図 2 差分を色変化によって表示している様子図 2)。

粘土の形状はシステム中央の深度カメラより読み取り、回転台(ろくろ)の角度情報と合わせて記録・保持する。ろくろを回転させ、様々な方向から粘土の形状を取り込むことで粘土全体の形状を把握する。形状情報は随時更新することで変形に対しても対応する。以上の処理は GPU 上で行うことでリアルタイム性を実現した。

図 1 粘土表面の色を自在に変更できるシステム

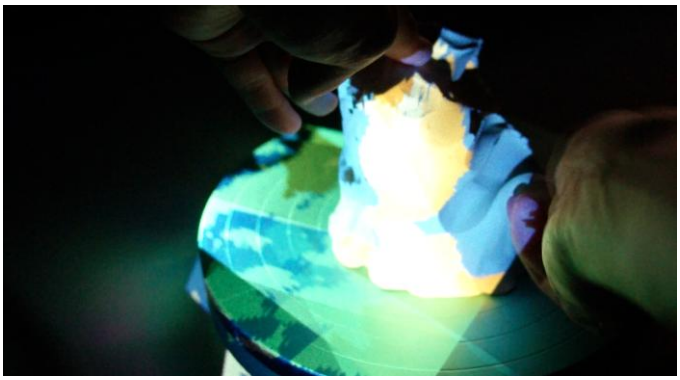

図 2 差分を色変化によって表示している様子

取り込んだ粘土の形状データを基にして色情報を付加し、2 台のレーザプロジェクタで粘土に対して投影をすることで粘土をディスプレイとしても扱う。今回開発した差分表示デモでは、あらかじめ正解となる物体の形状をこのシステムを用いて取り込み、後から乗せられた粘土の形状との差分を計算し色によって指摘する。なお、指摘する際の色はろくろの回転角によって決定できるようにした。

4. 従来の技術(または機能)との相違

開発成果はデモアプリケーションでの差分表示だけを目的としたものではなく、粘土を不定形の 3 次元入出力インタフェースとして利用するために汎用性を持つように開発されている。ユーザが粘土を変形させることがシステムへの入力となり、その変形した粘土への新たな投影がシステムからの出力となる。過去にも粘土や砂を用いて不定形の入出力インタフェースを開発した例はあるが、それらはシステム上部から平面状に積み上げられた粘土や砂の高さを読み取ることで形状を読み取るため、例えば上部より下部が凹んでいるような立体物を表現することが不可能である。それに対して開発成果は粘土で製作できるどのような立体物も表現可能である点で優れている。

5. 期待される効果

本プロジェクトの開発成果は様々な応用ができるよう汎用性を持たせている。例えば、以下のような応用例が期待できる。

(1) クレイアニメやプロトタイピングでは、粘土を固形化させてから表面に色を塗布したり、あるいははじめから色のついた粘土を組み合わせたりすることで粘土に色づけを行っているが、これらの方法では後から色を変更したり、完成後に再度変形を加えたりすることが難しい。ユーザが粘土を用いて任意の形状を制作し、そこに任意の色の投影を行うシステムが完成することで、表面の彩色を自由に試行錯誤することができ、作業工程の大幅な短縮に貢献できる。また、柄やアニメーションを投影することでこれまでにない外見の粘土を利用することが可能になり、創作の幅が広がることが期待できる。

(2) 焼き物や置物、像を作成する際、既に存在する物体を手作業で忠実に再現したいという需要がプロ、アマチュアを問わず存在する。また、陶芸教室などで形状の修正を行う際、どの箇所をどれだけ修正すべきかが図示されるとわかりやすさが著しく向上する。現在の粘土の形状と正解モデルの差異を直接粘土に表示するシステムがあれば、これらの場面でユーザを強力に支援することができる。

(3) コンピュータ上で 3 次元モデルを作成する際、現在は全ての工程をマウスやキーボードで行うことが一般的である。従来のこれらのインタフェースは精密な微調整には適して

いるが、概形を素早く作成することには不向きである。また、モデルのプレビューも画面のみで行う必要があり、実際にモデルを 3 次元で見ることはできない。モデル作成工程を実際の粘土と連携することができれば、モデル作成とプレビューの効率を大幅に向上させることができる。粘土自体に自立して変形する機能がなくても、過去に保存したモデルデータとの差分表示機能があれば、過去のモデルをもう一度手元の粘土で復元したいという需要にも応えることができる。

6. 普及（または活用）の見通し

陶芸教室のような造形の指導を行う場面、コンピュータ上の 3D モデリングを行う職場などでは早期に活用できる可能性があるため、そのような場所でのニーズを詳しく把握した上で普及に努めたい。

7. クリエータ名（所属）

若園　祐作（東京大学大学院　学際情報学府）