

B-02

クレイモデル制作における仮想空間を用いた遠隔指導 支援システムの開発

Development of remote lecture support system using virtual space for clay modeling works

杉田 美琴† 原田 利宣‡
Mikoto Sugita Toshinobu Harada

1. はじめに

自動車などのプロダクトデザインのデザインプロセスにおいて、デザイナーは企画を元に製品のイメージを二次元のアイデアスケッチとして描き、それを元に三次元のクレイモデルを制作することでデザインの検討を行う。CAD等を用いてバーチャルモックアップモデルを制作することで立体形状の評価が行われる場合もあるが、バーチャルモックアップモデルを制作するにはまず実モデルを制作する造形力が必要となる。造形力を向上させるため、プロダクトデザインを学習する教育機関ではクレイモデル制作を学ぶ演習授業が行われる。近年、教育機関において遠隔授業の需要が高まっている中、クレイモデル制作を行う演習授業は実モデルを扱うため、遠隔形式での授業を行うことは困難である。遠隔指導を進める際、作品の二次元画像を用いる場合が考えられるが、本来三次元であるクレイモデルの形状を二次元でしか把握できないため、形状を正確に評価できない、曲面の形状に関する指導内容を伝えるににくいといった問題点が挙げられる。

仮想空間上でクレイモデルを扱った研究として、松宮ら [1] は粘土細工を扱うような感覚で直感的に自由形状をモデリングする仮想粘土細工システムの開発を行っている。さらに、久田ら [2] の研究では、CADによるモデリングでは表現できない実物体のボリューム感や実在感を表現するため、対象物体に奥行き情報を投影することで表面装飾デザインを行うシステムを開発している。これらの研究のように、CADを用いてバーチャルモックアップを制作する際の補助を目的としたシステムに関する研究はされているが、造形教育を目的としたモデルの指導・評価を仮想空間上で行うシステムはまだ存在しない。

そこで本研究では、指導者と被指導者がクレイモデル制作についての遠隔指導を行うことを目的としたシステムの開発を行う。具体的には、まずクレイモデルの造形評価を行う際に重要とする観点を調査し、システムの要件決定する。次に、指導者と被指導者がクレイモデルの三次元データを同じ仮想空間上で共有し、各種ツールを使用しながら指導を進めるシステムの開発を行う。最後に、クレイモデル制作初学者に対してシステムを使用した指導を行い、システムの有用性の評価を行う。

2. システム要件

2.1 クレイモデルの造形評価・指導方法について

遠隔指導システムを開発するにあたり、クレイモデルの造形評価の観点と指導方法について調査を行った。また、仮想空間上でのコミュニケーションを円滑に行うためのインタフェース要件についての調査も行った。

1) クレイモデルの造形評価

クレイモデルの造形を評価する段階では、クレイモデルを天井や壁に多数の蛍光灯が設置された部屋に置き、表面上に映り込むハイライトを確認することで、曲面の意図しないねじれ、凹面、凸面の発見や、滑らかに変化していない箇所などの確認を行う [3]。また東ら [4] [5] は、モデルのレンダリング図に表れる特徴線のうち、ハイライト線、シルエットパターン、格子映像線を美的評価線とし、これらを解析することでデザイナーが曲面を評価する際特に重要とする特徴を明らかにしている。具体的には、光を当てた時に明るく見える部分の形と位置、ハイライト部分の位置と長さ、周りにある直線の映り込み、光を当てたときに陰となる部分とその境目、光を当てたときにできる影の部分とその境目、ある方向から見た時場合の外枠を評価の観点として挙げている。

さらに、本学で開講されている「モデリングデザイン」の講義においてクレイモデルを指導する様子を観察した。指導者はモデルをあらゆる角度から眺め、曲面や曲線の造形に関して指差しや手振りを用いて学生に指導を行う様子が見られた。

2) 仮想空間上で指導を行うためのインタフェース要件

小山ら [6] は、実空間での作業の遠隔指示を支援するシステムの開発要件として、身体や道具を指示者と作業者が他者の行為をモニタできるように配置する点、指示者が身体移動やジェスチャーを自由に使えるようにする点を挙げている。これは、ビデオを用いた遠隔共同作業を行う際の、互いの体の認識が困難である状況を想定している。そのため、相手の体を直接見ることができない仮想空間上での指示においても適用できると考える。

2.2 システム要件の設定

以上を踏まえ、仮想空間上でクレイモデルの造形指導を行うための要件を以下のように設定した。

- ① 手振りやを用いた直感的な指導が行える
 - ② モデルの断面の曲線を評価することができる
 - ③ 指導者の視点から見たモデルの画像を被指導者との間で共有できる
 - ④ モデルに当てる光の角度や明るさを自由に変更し、ハイライトの形状を評価することができる
- これらを満たす機能をシステムに実装する。

3. システム概要

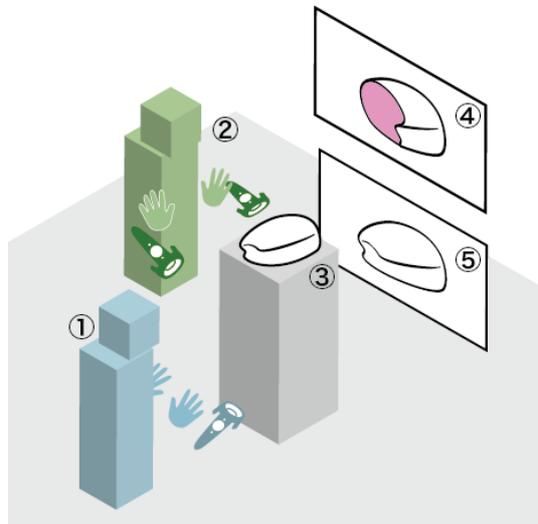
3.1 システム機能

システムの概要を[図1]に示す。まず、被指導者が制作したクレイモデルをスキャンし、三次元データに変換したものを仮想空間上に設置する。次に指導者と被指導者がイ

† 和歌山大学大学院, Wakayama University Graduate School

‡ 和歌山大学, Wakayama University

インターネット通信を介して同じ仮想空間上でモデルを共有し、各種ツールを使用しながら指導を進める。ユーザは、仮想空間上における互いの位置、視線方向、手の動きを把握することができる。また、ユーザ同士の音声での意思疎通が可能である。



- ① 指導者
- ② 被指導者
- ③ 作品の三次元モデル
- ④ モデルの断面表示モニタ
- ⑤ モデルの視点画像表示モニタ

図1 システム概要

以下に実装する機能の詳細を述べる。

まず、先述のシステム要件における①の指導を行えるよう、以下の機能1), 2)を開発した。

機能1) ハンドトラッキング情報による手振り表示

LeapMotion センサから得られたハンドトラッキング情報を用いて手の動きとハンドモデルを同期させ、ユーザの手振りを表現する [図2]。これにより、対面での指導時と同様に指導者はモデル上の曲面の繋がりや形状についての指導内容を直感的に伝えることができる。



図2 手振り表示

機能2) モデルの表面に色をつけるペイントツール

コントローラを用いてモデル上の指し示したい点をなぞり、なぞった箇所を着色する [図3]。モデル上の指し示したい点や曲線をより詳細に指し示し伝えることができる。色の選択やペンの太さの調整が可能である。

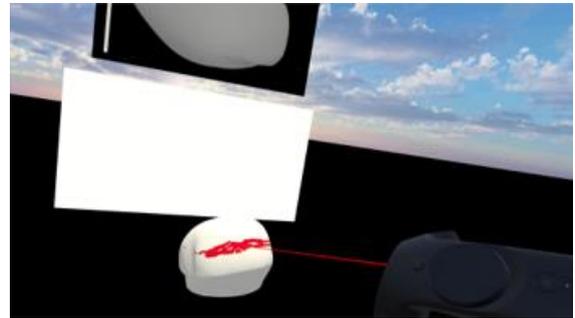


図3 ペイントツール

②を指導できるよう、以下の機能3)を実装した。

機能3) モデルの断面表示

平行投影したモデルを任意の位置で切断し、断面を仮想空間上のモニタに表示する [図4]。断面位置はスライダーによって移動させることができる。これにより、断面の輪郭曲線の変化を指摘しながら指導を進められる。

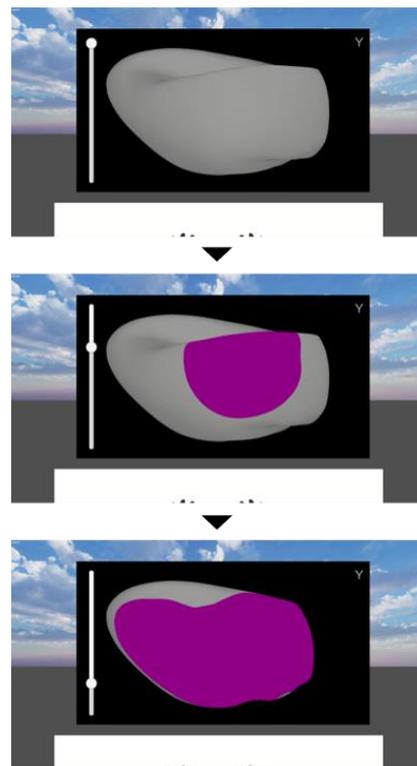


図4 モデルの断面表示

③を指導できるよう、以下の機能4)を実装した。

機能4) 指導者の視点画像を共有する

指導者の視点画像を撮影し、仮想空間上のモニタに表示する [図5]。レーザーポインタやハンドジェスチャを使用して視点画像を指し示すことで指導を進める。ある一点から見た時のモデル上の曲線を評価する際に使用する。

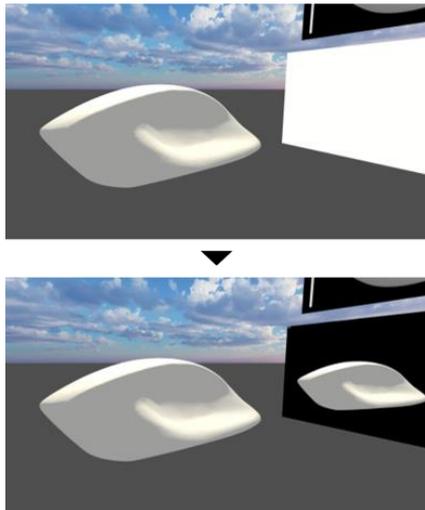


図5 指導者の視点撮影

④を指導できるよう，以下の機能5)をインストールした。
機能5) モデル表面に映り込むハイライトを表示

モデル表面の粗さを変更する [図6]。また，ライトの角度や種類，明るさを変更する。これによりモデル表面への周囲環境の映り込みやハイライト形状を把握し，曲面の形状を詳細に評価することができる。

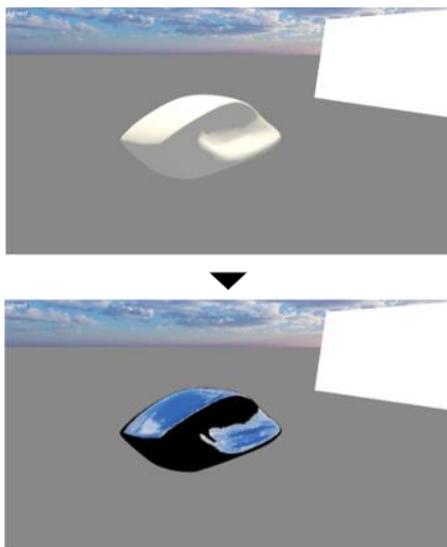


図6 モデルのハイライト表示

3.2 システム構成

システムの構成を [図7] に示す。モデルのスキャンには非接触レーザー方式でのスキャンが可能であるRoland社のLPX-600 3Dスキャナを用い，縦・横それぞれ0.6mmピッチでスキャンを行う。システム開発にはUnityを使用し，ネットワーク通信を使用したシステム開発には，マルチプラットフォーム対応のUnityパッケージであるPhoton Unity Networkingを用いる。また，システム使用中の様子を [図8] に示す。仮想空間上に設置された三次元モデルを立体視するため，仮想空間の実現にはHTC VIVE Pro Eyeを用いる。ユーザの実空間での位置や頭部の角度を仮想空間上での視点座標と同期させることで，モデルをあらゆる角度から観察することができる。ユーザはVIVE専用コントローラ

によってシステムを操作する。手振りの表示には Leap Motion ハンドトラッキングセンサを用いて得られた手の位置情報を用いる。

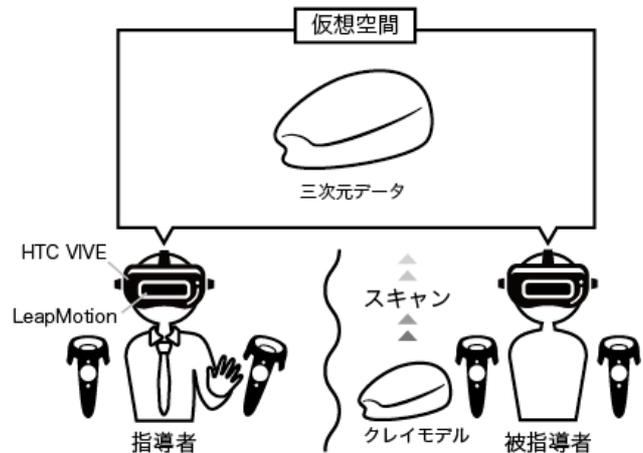


図7 システム構成



図8 システム使用中の様子

4. 実験概要

今夏に本学で開講されている「モデリングデザイン」の受講者数名を対象に評価実験を行う予定である。受講者はクレイモデル制作の初学者である。講義内で制作したマウスのクレイモデルについて指導を行う。以下に手順を述べる。

- 1) 被指導者が製作したクレイモデルをスキャンし，モデルの三次元データをシステム内に設置する。
- 2) 指導者はシステム内で事前にモデルを評価し，指導内容を決定する。
- 3) システムを使用し，指導を行う。
- 4) 指導後，被指導者に対して指導内容の理解度やシステムの操作性に関するアンケートを行う。
- 5) 指導者が事前に決定した指導内容と，被指導者のアンケート内容を比較し，指導内容がどの程度正確に伝わったかを評価する。

5. おわりに

本稿では，実物体のクレイモデルの三次元データを取り込み仮想空間上に設置することで，指導者と被指導者がクレイモデルについての遠隔指導を行うことを目的としたシステムを開発した。今後は，立体造形を学ぶ学生を対象に，システムを用いてクレイモデルの造形指導を行う評価実験を実施し，システムの有用性を検証する。

参考文献

- [1] 松宮 雅俊, 竹村 治雄, 横矢 直和:自由形状モデリングのための陰関数曲面を用いた仮想粘土細工システム, 情報処理学会論文誌, 42 (5), pp. 1152-1160, 2001
- [2] 久田理, 山本 景子, 金谷 一郎, 佐藤宏介: HYPERREAL 三次元形状デザイン支援システム, 情報処理学会論文誌, 48 (12), pp.3873-3881, 2007
- [3] 穂坂 衛, 東 正毅, 斉藤, 剛, 久志本 琢也: CAD/CAM における曲線曲面のモデリング, 東京電機大学出版局, 1996
- [4] 東 正毅, 近藤 学: 曲面の基本的性質の解明と美的意匠曲面の評価, 精密工学会誌, 59 (3), pp. 441-447, 1993
- [5] 渡辺 由美子, 斉藤 剛, 東 正毅: 曲面稜線による意匠曲面の解析, 情報処理学会研究報告グラフィクスとCAD (CG), 1997 (19), pp.7-12, 1997
- [6] 小山慎哉, 葛岡 英明, 山崎 敬一, 山崎 晶子, 加藤 浩, 鈴木 栄幸, 三樹 弘之: 実空間上の遠隔作業指示を支援するシステムの開発, 情報処理学会論文誌, 40 (11), pp. 3811-3822, 1999