



実物体と高精度に合致する 3D オブジェクトの VR モデリングシステムの構築

Development of VR modeling system for 3D objects precisely matching with real objects

小林 馨太¹⁾, 井村 誠孝²⁾

Keita KOBAYASHI and Masataka IMURA

1) 関西学院大学大学院理工学研究科 (〒 669-1330 兵庫県三田市学園上ケ原 1, gfk46985@kwansei.ac.jp)

2) 関西学院大学工学部 (〒 669-1330 兵庫県三田市学園上ケ原 1, m.imura@kwansei.ac.jp)

概要: 本研究では, 実物体と組み合わせて使用する立体物を VR 空間内でモデリングするシステムを構築する. 造形したい物体を VR 空間内に配置し, 3D スキャナによって計測された実物体の形状とのブーリアン演算と, 力学特性評価のシミュレーションにより, 実用的に使用可能な立体物を誰でもモデリング可能にする.

キーワード: 3D プリンター, VR モデリング, 力学特性評価

1. はじめに

3D プリンターの普及により, 試作製造や個人向け製品の開発が容易になった. 例として車のオーダーメイドの部品や, 手術の練習用の臓器を作成することが挙げられる.

3D プリンターで製作する部品は, 既にある部品と組み合わせて使用する場合もある. 従来の 3D モデリングソフトを用いて, 例えば机にくっつけるドリンクホルダーや傘立てといった現実の物体と正確に合致するパーツを 3D プリンターで作成するためには, 2つの物体の整合性の確保が重要である. しかし 3D モデリングを行う際, 特にモデリング初心者の場合は実物体と合致するオブジェクトを製作するのは困難であり, 更にモデリングした物体が実際の使用に耐えられるのか力学特性評価が必要である.

本研究では, あらかじめ用意した 3D オブジェクト同士を組み合わせてブーリアン演算を行うというモデリング手法 [1] を参考にして, 簡単に実物体と整合性がとれ, 更にオブジェクトの強度シミュレーションを行うことが可能な, 実用的なオブジェクトの 3D モデリング手法を構築する.

2. 関連研究

本研究では実物体に高い精度で合致する 3D モデルの作成を目標としている. 実際に現実の物体と 3D プリンターで作った物体を組み合わせる手法は, 主に損傷した部位の復元や保護に用いられている.

損傷した文化財の修復の研究 [2] では, 損傷箇所の 3D スキャンを行った後, 損傷部位をバーチャルに復元し, 3D プリンターによる物理的な復元が行われた結果, 高い精度で欠損部位と合致させることを実現している. 復元を行う際に, あらかじめ 3D モデルで製作した完全な形の文化財と, 3D スキャンした実際の文化財の 3D データを組み合わせる

ことで復元する部位を製作するという手法がとられている.

患者のためのフェイスマスクの製作の研究 [3] では, 顔面に火傷を負った患者の顔をスマートフォンのアプリケーションでスキャンし, 得られた形状データを基に特注のフェイスマスクを作成し, 高い快適性を有することを示している.

また, 直感的なモデリング手法に関する Peng らの研究 [4] では, AR デバイスと 3D プリンターの付いたロボットアームを組み合わせて, 直感的にモデリングをしながら同時にロボットアームがコントローラーの動きに追従して 3D プリントを行う手法を提案している.

3. 提案手法

3.1 概要

提案手法の作業手順を図 1 に示す. 実物体と合致して実用に耐えうる物体を製作する工程を出来るだけ簡単に行える流れになっている.

初心者がモデリングを行う際に造形物の大きさが分かりづらいという指摘 [5] があるため, 実際の大きさを確認しながら直感的に操作しやすいように HMD とコントローラーを用いて VR 空間内でモデリングを行う.

3.2 工程詳細

各作業工程を順に説明する. まず初めに対象物体の 3D スキャンを行い, 物体の形状データを取得することにより, 実物体の幾何形状をモデリング環境へ取り込む.

スキャンデータは欠損やノイズを含むため, インポートを行う前に穴埋めと法線方向補正, 頂点統合を行い, モデリングに適するようメッシュを修正する.

次に, モデリングソフト内でユーザーが修正したスキャンデータと, ユーザーの好みの場所にソフト内にあらかじめ準備した 3D オブジェクトを配置する. 準備する 3D オブ

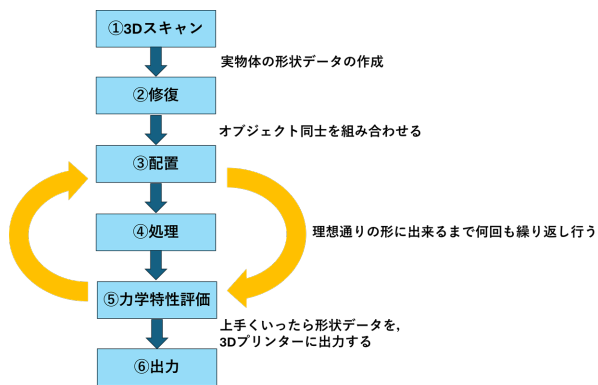


図 1: モデル作成の流れ

ジェクトは、スキャンデータと自由に組み合わせられる部分と力学的に組み合わせることが出来ない部分で構成される。配置が定まったら、2つのオブジェクトの形状間の差分を算出し、対象となる実物体に適合する部品形状を生成する。

ユーザーがオブジェクトの形状を好みの形に作ることが出来たら、力学特性評価を行い、圧力負荷、変形特性、応力集中箇所を可視化する。

3D オブジェクトの配置から力学特性評価までの工程は何度も繰り返して行うことが可能であり、ユーザー側が満足する形になるまでシステム側が支援できるようにする。

4. 実装結果

実物体に正確に合致する 3D モデルを作成する検証として、机の形状に合うカバンや傘を書けられるフックを作成した。対象となる机を図 2 に示す。まずスマートフォンの 3D スキャンアプリケーション Scaniverse を用いて机の角部分をスキャンした。スキャンする様子を図 3 に示す。

机の 3D データの頂点情報、面構造、法線方向を OBJ ファイルとして保存する。スキャンした OBJ ファイルをこの後の工程で使えるようにするため、Python の 3D メッシュ操作ライブラリ Trimesh で法線補正、欠損補間、頂点統合の修正を行った。

モデリングはゲームエンジンの Unity(ver 2022.3.54f1) を用いて行う。本実装の Unity の役割はオブジェクトの操作やスクリプトを用いての演算結果をユーザー側に視覚的に表示することである。Trimesh のスクリプトで修正した机の OBJ ファイルを図 4 のようにインポートし、図 5 に示すように、ユーザーが HMD(MetaQuest3) とコントローラーを用いてあらかじめ Unity 内に用意しておいたフックを配置する。オブジェクトを組み合わせた様子を図 6 に示す。

ブーリアン演算の差の計算はデータの修正と同様に Trimesh で実行した。図 7 にブーリアン演算を行い出来上がったオブジェクトを示す。



図 2: 対象の机



図 3: 3D スキャンの様子

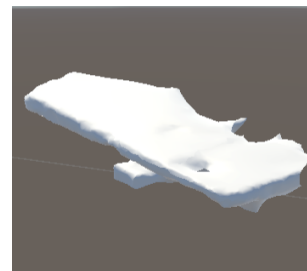


図 4: Unity にインポートした机



図 5: 操作画面

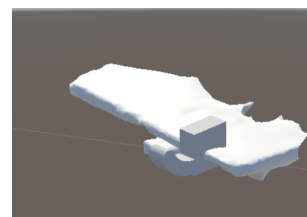


図 6: オブジェクト同士を組み合わせた様子

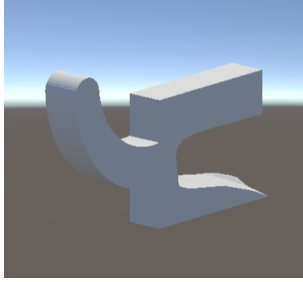


図 7: ブーリアン演算の結果



図 8: 出力結果



図 9: 実際の使用状態

図 8 に 3D プリンターで出力したフックを示す。図 9 に写っているように、机と組み合わせることは出来たが、元の 3D データでスキャンできなかった部分の影響で机とオブジェクトの間に 3 mm 程の隙間が生じており、完全に合わせることは出来なかった。

隙間が生じた理由としては、実物体に対して 3D スキャンを行った結果、計測の誤差により机の滑らかな面が不要な凹凸を持った 3D データを生成したためである。

改善点としては様々な角度と距離からスキャンを行うことで元の実物体が持つ形状に出来るだけ近づけるという点や、可能ならばスクリプト内で修正を行う際に実物体のメッシュデータにスムージング処理を追加することが挙げられる。

5. おわりに

本研究では、直感的な 3D モデリング手法を提案し実物体に合致するオブジェクトの作成を試みた。現段階ではブーリアン演算の適用まで行うことが出来た。

今後の展望としてはスキャンデータの修正方法を向上させて、よりオブジェクトが正確に合致できるように工夫をする。さらに製作した 3D オブジェクトの実用性をより高めるための力学特性評価を行う際、どのようにオブジェクトに材料特性の情報を加えるのか、物体間の摩擦や力のかけ方、圧力分布をどのような方法で視覚的に分かりやすく表現するのかを検討する。

参考文献

- [1] 藤井雅彦：3D プリンター，社会で変わるのか，社会が変わるのか ー問われているデジタルの本質の探究と実践ー，日本画像学会誌，Vol.60, No. 4, pp. 379–389, 2021.
- [2] Young Hoon, J., Seonghyuk, H.: Application of three-dimensional scanning, haptic modeling, and printing technologies for restoring damaged artifacts, Journal of Conservation Science, Vol. 35, No. 1, pp. 71–80, 2019.
- [3] Alhazmi, B., Alshomer, F., Alazzam, A., Shehabeldin, A., Almeshal, O., Kalaskar, D. M.: Digital workflow for fabrication of bespoke facemask in burn rehabilitation with smartphone 3D scanner and desktop 3D printing: Clinical case study 3D Printing in Medicine, Vol. 8, Article 12, 2022.
- [4] Peng, H., Briggs, J., Wang, C.-Y., Guo, K., Kider, J., Mueller, S., Baudisch, P., Guimbretière, F.: RoMA: Interactive fabrication with augmented reality and a robotic 3D printer, Proceedings of the 2018 CHI Conference on

Human Factors in Computing Systems, Paper No. 579, 2018.

- [5] 河田尚子，竹之内和樹：初心者の 3D モデリングにおける難点と原因の分析，図学研究，Vol. 59, No. 2, pp. 19–24, 2020.