

粘土と針金による工作を模した三次元モデリングインタフェース

森 有司† 志築 文太郎† 田中 二郎†

† 筑波大学大学院システム情報工学研究科

1 はじめに

一般的なモデラのインタフェースは、三次元モデルを構成するポリゴンメッシュや自由曲面に対し、押し出しや回転など多数のコマンドを使用するもので、ユーザはそれらのコマンドを組み合わせることで目的のモデルを作成する。こういったインタフェースは、操作に習熟した者が時間をかけ正確なモデルを作成することに適している。しかし、初心者が自分の考える三次元モデルの形状を簡潔に表現したい場合には、利用者にとって学習と操作の両面で負担が大きく、適さない。

そこで本稿では、粘土と針金のメタファを使用することにより、三次元モデルの形状作成を支援するインタフェースを示す。このインタフェースではユーザは、粘土と針金に見立てた部品を配置し、変形し、組み合わせることにより、表現したい三次元モデルを形作る。粘土や針金を変形すること、またそれらを組み合わせることは誰もが経験のあることであり、想像しやすい。本インタフェースは、そのような工作を模すことによって、ユーザにとって自然で簡潔な理解しやすい操作を実現する。

2 関連研究

素早く簡潔な三次元形状の作成手法の研究として、五十嵐らの Teddy[1] のようなスケッチベースの手法がある。これらはペン入力で平面上に描かれたストロークを元に、三次元形状を推測し、作成する。

粘土細工を模倣したモデリングに関する研究として、VirtualClay[2] などがある。VirtualClay では触覚インタフェースを用いて、仮想粘土の変形操作を実現している。

また両手操作による三次元形状の空間歪曲による変形の研究として、Llamas らの Twister[3] などがある。Twister では、六自由度（三次元位置・角度）の磁気トラッカー二つを両手にそれぞれ持ち、これを用いて三次元形状の表面を掴んで捻る、引っ張る等の変形を空間歪曲によって可能にしている。

本稿で示すインタフェースは「粘土と針金を変形する、組み合わせる」といった誰もが経験のある造形手法を、両手を使った操作に割り当てることで、ユーザが理解しやすい操作で三次元モデルを作成できることを目指している。

3 インタフェースにおける操作

図1はインタフェースを実装したモデラの概観であり、また、図2は使用する様子である。本インタフェースは、三次元位置・角度及びボタン入力を備える入力装置を必要とする。図2において、ユーザが片手にひとつずつ計二個持っているものがこの入力装置であり、これらを用いて操作を行う。

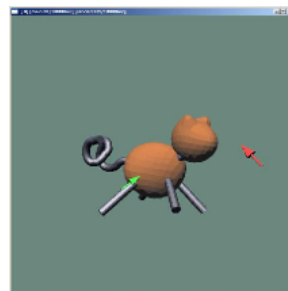


図1: インタフェースの概観

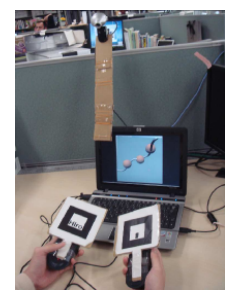


図2: インタフェース使用の様子

図3に示すのは、モデラの構成要素である。ユーザは、図3中の二つカーソルを入力装置を通じて操作し、針金パーツと粘土パーツを複数組み合わせることで目的の形状を作る。図3に示す針金パーツと粘土パーツはそれぞれの初期状態であり、ここからユーザは針金パーツを曲げる、粘土パーツを押し込む/引っ張るといった変形を行うことができる。

ユーザは図3のカーソルを通じてパーツを操作することで、三次元モデルの作成を行う。カーソルはユーザの持つ、入力装置の動きに追従する。各種操作を行うために、カーソルを操作したいパーツに重ね、その状態で入力装置のボタンを押すことでパーツを掴む。ボタンが押されている間、カーソルはパーツを掴み続ける。

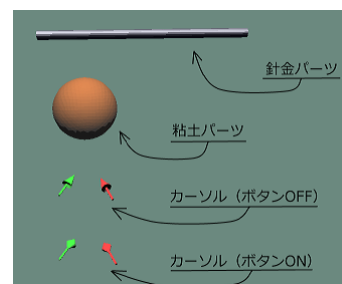


図3: インタフェースの構成要素

ユーザは一つのカーソルでパーツを掴むことで、パーツを手を持つように移動させることができる。図4はカーソルによるパーツ移動操作の様子である。図の①

3D Modeling Interface using Clay + Wire Metaphor

†Yuji Mori †Buntarou SHIZUKI †Jiro TANAKA

†Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

から③は一連の移動であり、カーソルで掴んだパーツを右に移動させながら斜めに傾けるように動かしている。移動を終えた時に、図6のように別々に掴まれた粘土パーツと針金パーツが重なると、それらが接続されグループとなる（以降これをグループ化と呼ぶ）。グループ化されたパーツが移動するとき、図5のようにそのグループ全体が移動する。また図7のように、グループ内の異なるパーツを別々にカーソルで掴んだ場合、グループは二つに分割される。

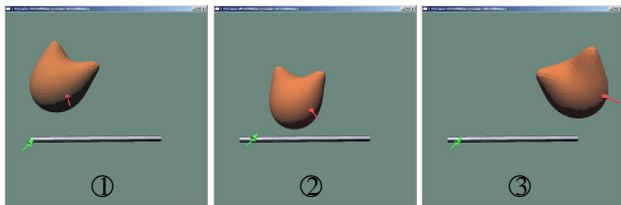


図4: 移動操作

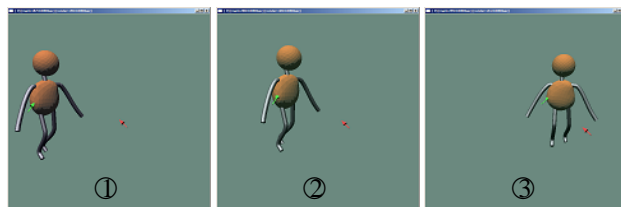


図5: グループの移動操作

ユーザは二つのカーソルで同一のパーツを掴むことで、そのパーツを変形することができる。変形の仕方はパーツの種類によって異なる。

図8は、粘土パーツが変形する様子を示している。図8aが、変形前の粘土パーツの状態である。この粘土パーツを両カーソルで掴み、図8bのように赤カーソルを引っ張るように動かすことで、粘土パーツは図8cのように変形される。また、図8dのように赤カーソルを押し込むように動かすことで、粘土パーツは図8eのように変形される。

図9は、針金パーツが変形する様子を示している。図9aが、変形前の針金パーツの状態であり、図9bは針金パーツを両カーソルで掴んだ状態である。この状態から図9cでは針金パーツを山なりに変形させ、図9dでは赤カーソルの付近で角度をつけるように変形させている。

また、変形させた針金パーツがグループ化されているときには、接続されたパーツが接続位置に応じて位置関係を保つように移動する。図10はグループ化された針金パーツを変形する様子を示している。図10aが変形前の状態であり、水平に置かれた針金パーツは中央に一つ、右端に一つの粘土パーツと直接接続している。この状態から水平に置かれた針金パーツを変形すると、接続されたパーツが図10bのように位置関係を保って移動する。

4 実装

本インタフェースを備えるモデラ ItOQ を、C++プログラムとして実装した。図1から図10の間に示した実

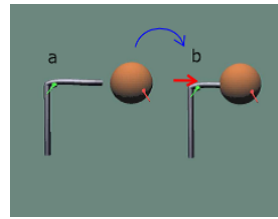


図6: 粘土パーツと針金パーツのグループ化操作

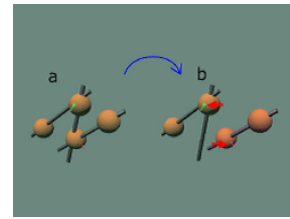


図7: グループの切り離し操作

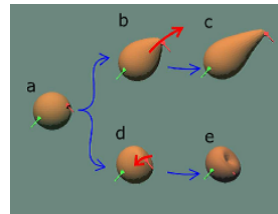


図8: 粘土パーツの変形操作

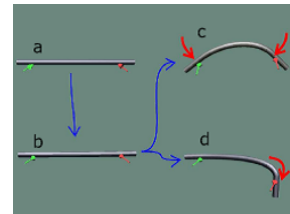


図9: 針金パーツの変形操作

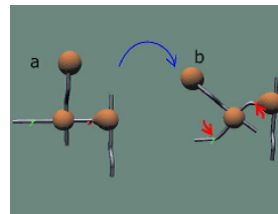


図10: グループ内の針金パーツの変形操作

際の画面キャプチャは、このItOQのものである。また図2で示した入力装置の三次元位置・角度の追跡のため、ARToolkit[4]を使用している。

5 まとめ

本稿では、粘土と針金のメタファを使用することにより、三次元モデルの形状作成を支援するインタフェースを示した。本インタフェースが扱う三次元モデルの構成要素は粘土と針金を模したもので、ユーザはこの構成要素を両手による簡潔な操作で配置し、変形し、組み合わせることで三次元モデルを作成できる。

参考文献

- [1] Takeo Igarashi, Satoshi Matsuoka and Hidehiko Tanaka. Teddy: a sketching interface for 3D freeform design. Proceedings of the 26th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, 1999. pp. 409-416.
- [2] Kevin T. McDonnell, Hong Qin and Robert A. Włodarczyk. Virtual clay: a real-time system with haptic toolkits. Proceedings of the 2001 symposium on Interactive 3D graphics, 2001. pp. 179-190.
- [3] Ignacio Llamas, Byungmoon Kim, Joshua Gargus, Jarek Rossignac and Chris D. Shaw. Twister: A Space-Warp Operator for the Two-Handed Editing of 3D Shape. ACM Transactions on Graphics, v.22 n.3, 2003. pp. 663-668.
- [4] Hirokazu Kato and Mark Billinghurst. Marker Tracking and HMD Calibration for a video-based Augmented Reality Conferencing System. Proceedings of the 2nd International Workshop on Augmented Reality, 1999. pp. 85-94.