

## Force Feedback による空間認識補助を考慮した自由曲面制御法

浅沼克俊<sup>†</sup> 堀川彬夫<sup>†</sup> 熊谷昌也<sup>†</sup> 松田浩一<sup>†</sup>岩手県立大学ソフトウェア情報学部<sup>†</sup>

## 1. はじめに

従来の三次元モデリングツールは多数の頂点を制御し、複雑なコマンドを使用することで曲面生成を行っている。しかし、数値による頂点の制御は直感的ではなく、さらにモデリングツールの操作習得には多大な時間が必要なため、モデルデザイン初心者が曲面生成を行うことは負担が大きいためといえる。また、三面図を利用したモデリングツールでは三次元のモデリング作業を二次元で行うこととなり、モデルを直感的に変形させることが困難である。そこで本稿では、力覚デバイスの Force Feedback を利用し、三次元空間認識補助を考慮した手描き感覚での直感的な自由曲面制御法の提案を行う。

## 2. 三次元入力デバイスの問題点

三次元入力デバイスを使いモデリング作業を行う研究に前野ら[1]の研究などがある。しかし、データグローブや PHANTOM などの三次元入力デバイスによる作業は、デバイスにおける奥行きと、ディスプレイ上で見える奥行きの対応を得るのが困難なため、入力と表示の間のずれが生じ、それが空間認識のずれとなって現れ、ユーザが混乱を起こす場合があった。これは、マウスなどのデバイスは二次元の動作なのに対し、三次元の動作が可能なデバイスを使用した場合、ユーザは自由度が高いデバイスを十分に使いこなすことができず奥行き方向の認識を誤り、混乱を起こしたためであると考えられる。そこで、本研究では変形の際モデルの変形方向と高さ情報を力覚表現することで、三次元空間の認識補助を行い奥行き方向の認識に対し補助を行う。

## 3. 空間認識補助法

本節では、モデルの変形操作中において力覚デバイスの Force Feedback を使用し、空間認識補助を行う方法について述べる。

モデルに対し凹凸形状の変形を加える際、凹変形時にはモデルから反発する力を返す(図1)。凸変形時にはモデルから引かれる力を返す(図2)。また、凹凸変形それぞれにおいてモデルと入力デバイスの距離に比例し返す力を変化させる(図3)。これによりモデルを正面から見た状態で、奥行き方向を力覚により認識させることが可能となる。

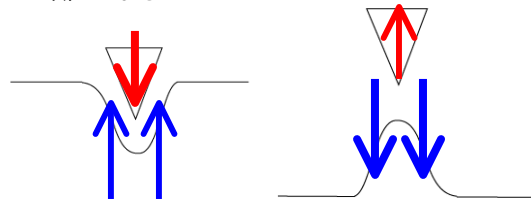


図1: 反発力

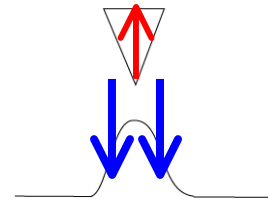


図2: 引力

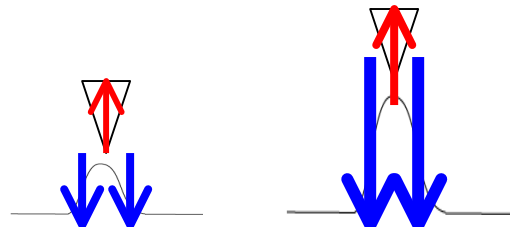


図3: 距離に伴う力の変化

## 4. 実装方法

本節では、実装の際の頂点取得方法、力の変化、曲面制御法について述べる。また、力覚デバイスとして PHANTOM を用い、GHOST SDK により実装を行った。

## 4.1 入力方法

GHOST では頂点を取得する際、モデルに直接触れることでしか頂点を取得することができない。三次元空間のモデリングでは高さ情報は直接入

Force Feedback based Freeform Surface Control Method by 3D recognition assistance.

Katsutoshi Asanuma<sup>†</sup> Akio Horikawa<sup>†</sup>

Masaya Kumagai<sup>†</sup> Koichi Matsuda<sup>†</sup>

Iwate Prefectural University<sup>†</sup>

力を行うため、PHANToM をモデルから離す必要がある。しかし、それでは次に変位を加える頂点を取得することができなくなる。そこで、接触した段階で基準となる頂点を取得し、それ以降は PHANToM の動きに合わせて変位を加える頂点を移動させる方法を取った。これにより、縦・横・高さ情報を直接入力することが PHANToM においても可能になる (図 4)。

## 4. 2 曲面制御

変形の際の質点制御にばねモデルを用いた。これにより、大局的に滑らかな曲面を用意に生成することができるため、モデルデザイン初心者においても容易に曲面制御を行うことができる (図 5)。

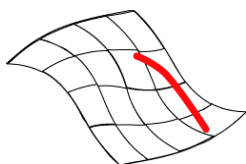


図 4 : 直接入力

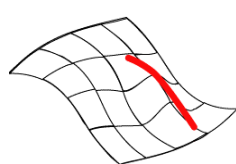


図 5 : 曲面制御

## 4. 3 力の変化

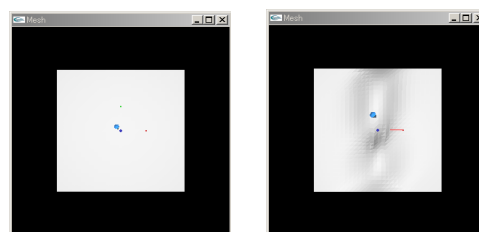
モデルに高さ情報を入力する際、力を PHANToM の Force Feedback により変化させる。返す力を  $F$ 、ばね定数を  $k$ 、加える変位を  $x$  として表したとき、

$$F = kx$$

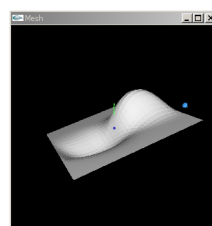
の関係式よりユーザがモデルに加える変位量に比例し力の加わり方を変化させる。これにより、高さ情報を力の負荷により認識することが可能となる。

## 5. 実験結果

本節では力覚の表現による変形方向・変形量の認識実験を行った結果を示す。平面サンプルモデル (図 6 (a)) に対し波状の凹凸形状を生成し、力の加わり方と変形後の凹凸形状の比較を行った (図 6 (b) (c))。



(a) 平面サンプルモデル (b) 正面視点の変形



(c) 変形後のモデル

図 6 : 変形実験

正面視点の変形において、現在加えている変形の方法を力の負荷が加わる方向によって認識することができる。同時に、凹変形・凸変形それぞれで最も力の負荷を感じた場所がモデルを回転して見た際、最も高い場所と最も低い場所になっていることが確認できた。

## 6. おわりに

本稿では、力覚デバイスの Force Feedback による、三次元空間の認識補助法の提案を行った。力覚により空間認識補助を行うことは有効な手法であるとともに、PHANToM とばねモデルを利用することで、初心者においても容易に曲面生成をすること可能であるという結果が得られた。今後の課題として、平面以外の形状に対しての変形実験を行うことがあげられる。

## 参考文献

- [1] 前野輝, 岡田稔, 鳥脇純一郎, “直感的自由曲面変形方式に基づく会話型モデリングシステムの構成法”, 芸術科学会論文誌, Vol. 3, No2, pp. 168-177, 2004.