

彫刻刀モデリング機能を有するインタラクティブ仮想彫刻ツールの開発 A Development of Interactive Virtual Sculpting Tool with Graver Modeling

川出 達也† 熊谷 一樹† 高橋 時市郎†
Tatsuya Kawade Kazuki Kumagai Tokiichiro Takahashi

1. まえがき

彫刻作品の作成には、様々な彫刻道具が使用される。彫刻道具には、叩きノミや彫刻刀といったものが代表的であるが、一口に彫刻刀といっても丸刀や平刀といった様々な形状がある。彫刻家はこれらの彫刻道具を使い分けることにより、異なる彫りの細かさや深さを表現している。

3DCG において、仮想彫刻刀によりインタラクティブに 3D モデルを変形させる手法をスカルプトモデリングと呼ぶ。その手法のひとつとして、ユーザが用意した変位マップテクスチャをブラシとして使用し、素材となる 3D モデルの変位マップを編集する手法がある。ユーザが用意する変位マップテクスチャはペイントソフトを使用して簡単に作成することができるが、作成したテクスチャを使用した際の切削跡は使用するまで予測が難しい。そのため、ユーザの意図しない切削跡の場合、何度か試行錯誤をする必要がある。この問題を解決するには変位マップの形状を幾何学的に正確に与える必要がある。

そのための方法として 3DCG モデルを用意し、そのモデル形状に沿うよう素材となるモデルを変形させる方法 [1][2] が提案されている。しかし、モデル同士の衝突判定など、処理が複雑になるため、複雑な素材モデルを処理する際に多くの計算コストがかかってしまう。

また、曲線として定義されたヒートカッターにより、モデルを切断して変形させる手法 [2] も提案されている。ユーザは、ヒートカッターの形状を二次曲線で指定できるので、視覚的にどのように変形するか予想することが容易である。しかし、素材モデルの切断を中断することが出来ない、二次元スケッチインタフェースのため、ヒートカッターの形状を平面的に変形させることしかできないといった問題がある。

本研究では、彫刻刀の刃の断面形状を曲線で表現し、変位マップを作成する手法を提案する。これにより、ユーザが自由に彫刻刀を作成できる機能の開発を目指す。また、作成した彫刻刀を使って平面に多様な切削跡を表現できる機能も開発する。

2. 提案手法

2.1 彫刻刀エディタ

ユーザは彫刻刀エディタの二次元のキャンバス上に曲線を引き彫刻刀の刃の形状を指定して作成する。また、傾いた切削跡など多様な切削跡を表現できるように描いた曲線を Z 方向に曲げる操作を加える。ユーザは Z 方向に変形させたい曲線上のポイントを指定し、指定したポイントの RGB の一色のみを変更する。この RGB 色の値は Z 方向の値として扱う。曲線が不連続にならないように、変更したポイントを中心にグラデーションになるように着色する。

図 1 では、左端のポイントの色を変更し、グラデーションの曲線を描き、彫刻刀の刃の断面形状を生成している。

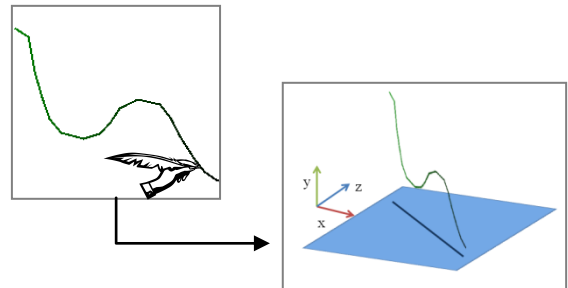


図 1 彫刻刀の刃の作成

2.2 彫刻刀の操作方法

ユーザはペンタブレットを入力デバイスとして、彫刻刀を操作する。タブレットからの入力情報を表 1 に示す彫刻刀の各操作に関係させる(図 2)。

表 1 入力情報と彫刻刀操作の対応

入力	筆圧	座標	方向角	傾き角	回転角
彫刻刀	切削深度	切削位置	切削方向	彫刻刀の傾き	彫刻刀の回転

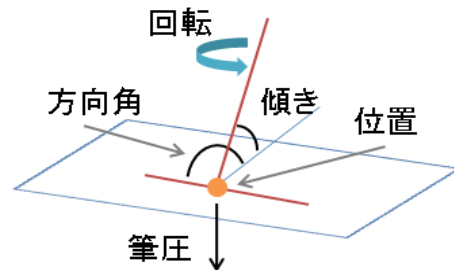


図 2 彫刻刀の操作

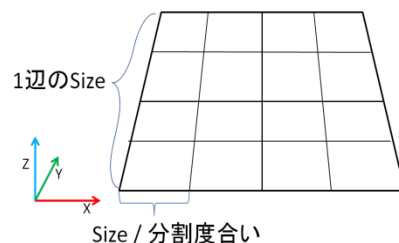


図 3 細分割されている平面素材

2.3 素材の定義

素材はあらかじめ三角ポリゴンに細分割された二次元平面として定義する。ユーザは平面の一辺のサイズと、縦および横方向の分割数を決め、素材を生成する。なお、ユー

† 東京電機大学大学院 未来科学研究科
Graduate School of Science and Technology for
Future Life, Tokyo Denki University

ザが彫刻刀を操作することができる空間を、素材の横方向を X 軸、縦方向を Y 軸、素材の法線方向を Z 軸とした三次元座標で表わす(図 3)。

2.4 切削アルゴリズム

実際に彫刻刀で素材を彫る場合、彫刻刀の傾き、彫刻刀に加える力といった要素が関係する。切削アルゴリズムを以下に示す。

- (1) 図 4(a)より、直線 g を彫刻刀、直線 f を素材モデルの平面とする。点 p はペンタブレットの先端座標であり、かつ彫刻刀エディタ上では、下辺の中点である。ペンがタブレットに接触した時点での点 p は直線 f 上にある。すなわち、彫刻刀と素材モデルが接触している状態を表わしている。ペンタブレットの傾き情報により直線 g を傾かせ、直線 f と直線 g の角度 θ の値から切削可能か不可能か判定する。
- (2) ペンタブレットの筆圧情報と切削方向から点 P を切削方向 g に沿って移動させ、点 p と直線 f との距離 t を求める(図 4(b))。
- (3) 彫刻刀エディタ上で、点 p から距離 t となるところにエディタ下部の直線と平行となる直線 b を引く(図 4(c))。
- (4) 前ステップ(3)で、ユーザが描いた曲線 c と直線 b との距離 s [ピクセル] を求め、切削用のマップを作成する(図 4 (c))。図 4(d)は実際のエディタ画面である。図 4(d)右の画像は、同図(d)左の彫刻刀エディタから生成された切削用マップである。
- (5) 前ステップ(4)で作成した切削用マップを用いて素材モデルの切削を行う。なお、今回は切削用マップ内にある頂点の座標をマップのグレースケール値分だけ移動させる簡易的な方法をとっている。

3. 実装と結果

本ツールを用いて、彫刻刀の刃の断面形状を曲線で指定した。指定した彫刻刀の刃を使用して、前節 2.4 の切削アルゴリズムにより、細分割された素材平面を切削した跡を生成することができた。20,000 ポリゴンで構成された平面の切削跡を図 5 に示す。指定した彫刻刀の刃の断面形状と、切削アルゴリズムによる切削跡とが類似していることを確認することができた。

4. むすび

描いた曲線から彫刻刀の刃の断面形状を指定し、それを用いて二次元平面の素材を彫るようにモデリングできる機能を実装した。これによって彫刻刀の刃をデザインする際に切削跡の予測が容易になった。しかし、今回はあらかじめ細分割された平面を使用したため、切削座標、切削用マップの大きさによっては上手く再現出来ない場合があった。

今後は、切削跡がより再現できるように素材面の動的細分割処理の実装、変位マップの実装、切削途中での中断処理の実装についての検討を行う。

参考文献

- [1] 尾上耕一, 西田友是, 柔らかい地面上の物体による痕跡の高速表示法, 画像電子学会誌, Vol.32, No.4, pp.328-335, 2003
- [2] 水野慎士, 岡田稔, 鳥脇純一郎, 横井茂樹, 仮想彫刻-仮想空間における対話型形状生成の一手法, 情報処理学会論文誌, Vol.38, No.12, pp.2509-2516, 1997
- [3] 今泉仁美, 伊藤貴之, IGEL~ヒートカッターを模した3次元形状モデリング~, 芸術科学会論文誌, Vol.8, No.2, pp.43-50, 2008

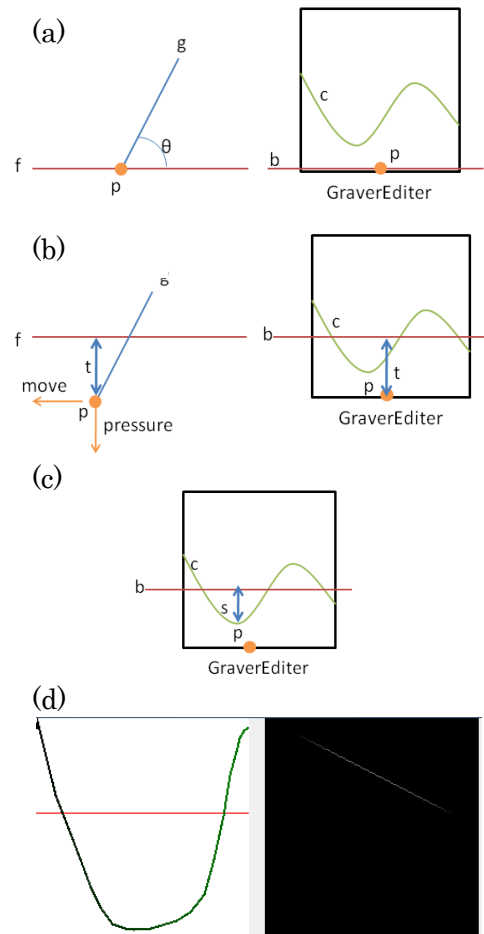


図 4 切削アルゴリズム

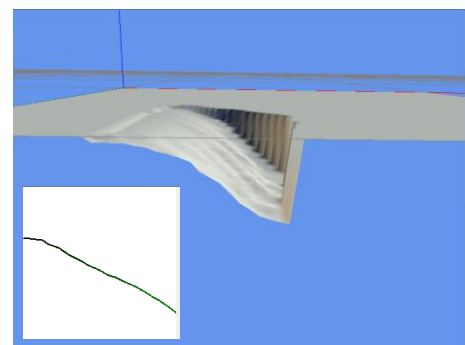


図 5 切削跡の生成結果