

自然物を応用した3Dテクスチャデザインソフトウェアの開発 —組成の設計を通じた物質的性質の付与—

1. 背景

近年、3Dプリンターや3Dスキャナーをはじめとする、コンピュータ制御の工作機械の小型化、低価格化に伴い、デジタル・ファブリケーションの技術が広く社会に普及しつつある。デジタル・ファブリケーションの技術は、従来のものづくりの手法では実現が難しかった、新たなデザインの探索を可能にした。例えば、3Dプリンターを用いることで、コンピュータグラフィックスとして表現される3次元形状を、実際の物質として造形することができる。そのため、切削加工や鋳造加工では造形することが難しい形状でも、3Dプリンターによる造形を前提とする場合は、デザインに応用することが可能になる。また、3Dスキャナーを用いることで、現実世界の物質の形状を、デジタル・データとして取得し、コンピュータ上での設計に利用することができる。そのため、自然物の形状のように、手作業によるモデリングでは設計することが難しい形状でも、デザインに応用することが可能になる。

2. 目的

本プロジェクトでは、デジタル・ファブリケーションの造形環境を前提に、自然物を応用した3Dテクスチャデザインを行うための、設計手法、設計環境の開発を行う。本プロジェクトにおける3Dテクスチャとは、表面形状に加えて、内部を含めたモデル全体の組成を設計したテクスチャ形状のことを指す。

自然物を応用した3Dテクスチャデザインは、図1に示すプロセスで行われる。まず、3Dスキャナーで自然物の形状をデジタル・データとして取得する。次に、取得した形状に対して、内部を含めたモデル全体の組成の設計を行う。そして、設計された3Dモデルを3Dプリントすることで、自然物の外見を持ちながら、光の透過度など物質的な性質を変化させた3Dテクスチャの造形を行うことができる。

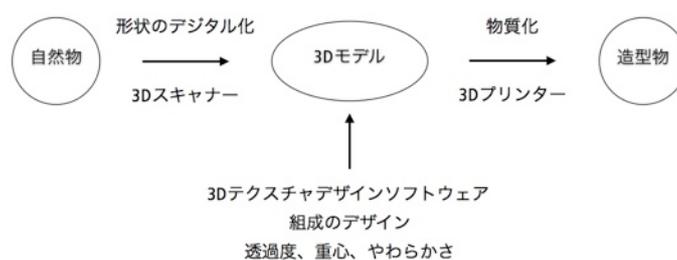


図1 自然物を応用した3Dテクスチャデザイン

3. 開発の内容

本プロジェクトで開発を行う設計手法は、図2で示すフローを経る。図2で示した機能のうち、1. STLデータの入力、2. ボクセルモデルへの変換、6. STLデータの出力については、慶應義塾大学田中浩也研究室で開発されたシステムを使用している。本設計手法の主目的に当たる、組成の設計を行う機能、3. 充填度の割り当て、4. ボクセルパターンの探索、5. 全てのボクセルエリアの探索完了の判定について、クリエイターによる実装、開発が行われた。

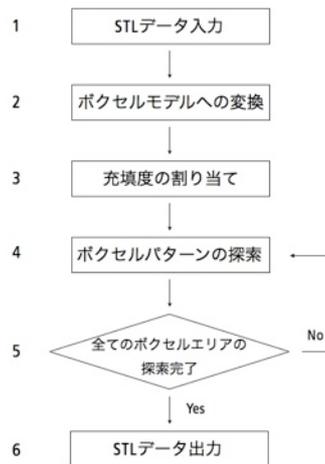


図2 設計手法のフロー

まず、STLデータの入力を行う（図3）。次に、入力されたSTLデータにより描画されるポリゴンモデルを、ボクセルモデルへと変換する（図4）。ボクセルモデルへと変換することで、表面形状、内部の空間が格子状に分割される。この格子状の空間をボクセルエリアと呼ぶ。



図3 STLデータの入力

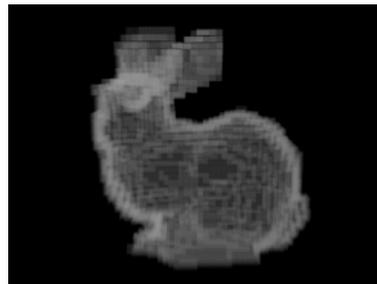
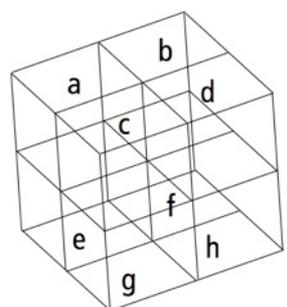


図4 ボクセルモデルへの変換

また、本手法では、ボクセルエリアをさらにXYZ方向に $2 \times 2 \times 2$ 個に分割する（図5）。一つのボクセルエリアは、8個の小立方体により構成され、小立方体の組み合わせによりエリア内の形状が決定される。8個の小立方体の充填の組み合わせにより構成される形状をボクセルパターンと呼ぶ（図6）。



abcdefgh (00000000 ~ 11111111)

図5 ボクセルエリア

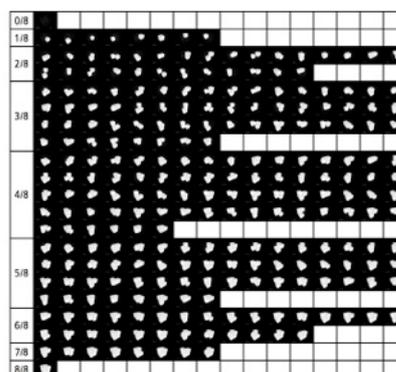


図6 ボクセルパターン

ボクセルモデルへの変換が完了したら、各ボクセルエリアに対して、0/8から8/8までの充填度の割り当てを行う（図7）。3Dプリンターによる一体成形が可能な形状の設計を行うために、各ボクセルエリアでは、割り当てられた充填度を満たし、かつ近傍のボクセルパターンと面で接続するボクセルパターンの探索が行われる。

条件を満たすボクセルパターンの探索は、2回の走査によって行われる。1回目の走査では、全てのボクセルエリアに対して探索を行う。ターゲットのボクセルエリアに対して、充填度を満たすボクセルパターンを割り当て、そのボクセルパターンが下隣（zマイナス方向）のボクセルエリア内のボクセルパターンと面で接続するかどうかを判定する。接続関係があれば、割り当てられたボクセルパターンが条件を満たすと判定する（図8）。ターゲットのボクセルエリアにおいて、条件を満たすボクセルパターンが存在しない場合は、仮に8/8の充填度のボクセルパターンを割り当て、探索を終了する（図9）。

2回目の走査では、1回目の走査で条件を満たすボクセルパターンが探索されなかったボクセルエリアに対して、探索を行う。ターゲットのボクセルエリアに対して、充填度を満たすボクセルパターンを割り当て、そのボクセルパターンが右隣（xプラス方向）、左隣（xマイナス方向）、前隣（yマイナス方向）、後隣（yプラス方向）、上隣（zプラス方向）のいずれかのボクセルエリア内のボクセルパターンと、面で接続するかどうかを判定する。接続関係があれば、割り当てられたボクセルパターンが条件を満たすと判定する（図10）。

2回の走査を通じて、条件を満たすボクセルパターンの探索が完了しないボクセルエリアが存在した場合は、充填度の割り当てのプロセスに戻り、同様の走査を行う。全てのボクセルエリアにおいて、条件を満たすボクセルパターンの探索が完了したら、STLデータの出力を行う。

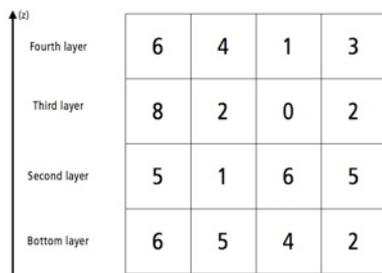


図7 充填度の割り当て

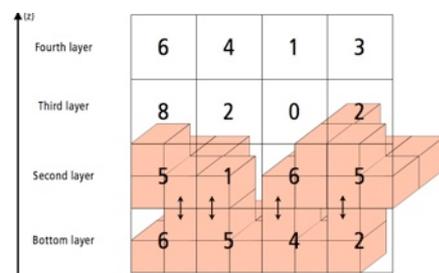


図8 下隣との接続関係の判定

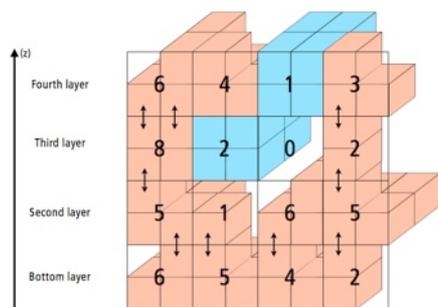


図9 1回目の走査終了

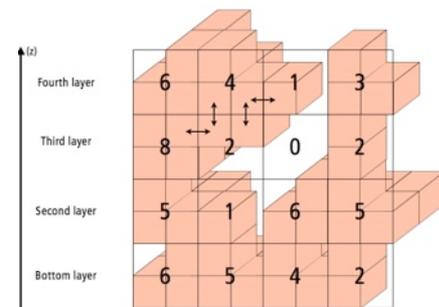


図10 近傍との接続関係の判定

本プロジェクトで開発した設計手法、設計環境を用いて、自然物を応用した3Dテクスチャの制作を行った（図11～図14）。

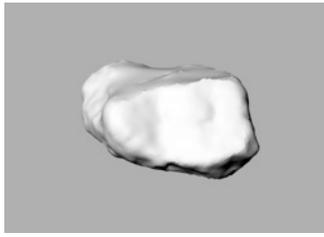


図11 石の3Dスキャンデータ

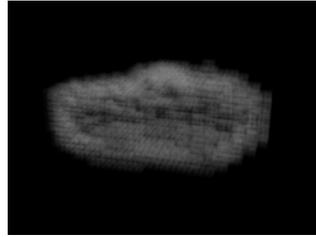


図12 サーフェスのみ3Dデータ

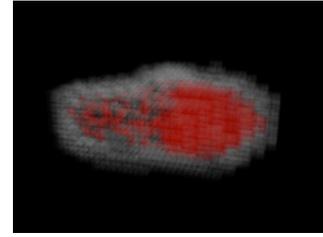


図13 組成を設計した3Dデータ

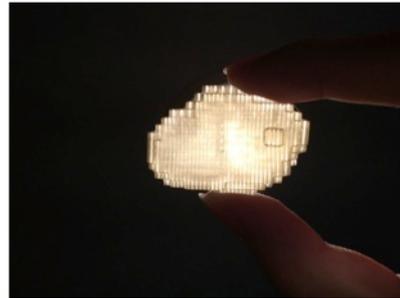
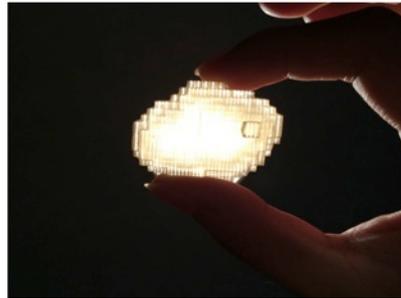


図14 組成の違いによる透過度の比較（左: サーフェスのみのモデル 右: 組成を設計したモデル）

4. 従来の技術（または機能）との相違

本プロジェクトで開発した設計手法を用いた、自然物を応用した3Dテクスチャデザインでは、同一の外見を持ちながら異なる物質的性質（透過度など）を持つプロダクトの制作が可能になった。また、単一の材料で、局所的に物質的性質を変化させることができるのも、本手法の特徴である。

5. 期待される効果

自然物を応用した3Dテクスチャデザインを行う設計手法、設計環境を実現することによって、プロダクトデザインのラピッドプロトタイピングにおいて利点があると考えられる。例えば、自然物の形状をモチーフにした照明器具をデザインする場合、3Dスキャンにより取得した自然物の形状に対して、本プロジェクトで開発した手法を用いて組成の設計を行うことで、異なる光の透過度を持つプロトタイプ制作を、複雑なモデリングのプロセスを経ずに行うことができる。

6. 普及（または活用）の見通し

本プロジェクトで開発した設計環境は、汎用的な3Dプリンター、3Dスキャナーの使用を前提にしているため、それらの機材を利用できる環境にあれば、自然物を応用した3Dテクスチャデザインを行うことができる。

7. クリエータ名（所属）

富中 裕介（慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科 田中浩也研究室）

（参考）関連URL

・ Computational Fabrication: Hiroya Tanaka Lab, Fab Research SFC (<http://cfg.sfc.keio.ac.jp>)