

# 石垣のプロシージャルモデリング

## Procedural Modeling of Stone Wall

野口 陸太

指導教員 菊池 司

東京工科大学 メディア学部 メディア学科 菊池研究室

キーワード：石垣, プロシージャルモデリング, 3次元コンピュータグラフィックス

### 1. はじめに

近年、映画やテレビ、ゲームの表示媒体の表示画素数の向上に伴い、多くの CG モデルに対して、高いディテールと物量が要求される。それに伴い、クリエイターは膨大な作業時間が必要となる問題がある。この問題を解決するためには、CG モデル制作の一部をアルゴリズムによって自動化するプロシージャルモデリングが重要である。生成規則と数値によって CG モデルを生成できることから、ダイレクトモデリングに比べてプロシージャルモデリングは、CG モデルの修正とバリエーションの生成において優位である。

本研究では、古文書に基づいた石垣の勾配のプロシージャルな生成手法について提案する。既存手法では、正確な石垣の勾配の生成は困難であった。本提案手法では、石垣の勾配の設計について技術的に説明した古文書「後藤家文書[1]」に基づいて、石垣の平面図と高さの情報から、最適な石垣の勾配の 3 次元形状をプロシージャルに生成する。本研究では、各生成手法をプロシージャルに行うことで、従来のダイレクトモデリングと比較して、最適な形状の石垣を短時間で生成、多くのバリエーションの検討が可能になる。

### 2. 石垣の勾配の曲線

日本城郭の石垣の勾配は美しい曲線を持つ。石垣の勾配の設計について技術的に説明した古文書は「後藤家文書」や「石垣秘伝之書[2]」、「石塙書

[3]」などがある。本論文では、これらの古文書を比較検討した論文[4]の結論から、「後藤家文書」による勾配の設計手法を採択し、これについて解説する。

「後藤家文書」による石垣の勾配は、図 1 のように次の手順によって求められる。

- ① 高さ  $h$  ( $DF$ )、下底  $b$  ( $CD$ )、上底  $a$  ( $AF$ )、を定める
- ② 下から高さ  $\frac{h}{3}$ 、初期勾配  $\frac{b}{h}$  の直線  $CB$  を引く
- ③ 上から  $\frac{2h}{3}$  の  $EF$  を任意の分割数  $n$  によって  $n$  等分し、曲線部を求める

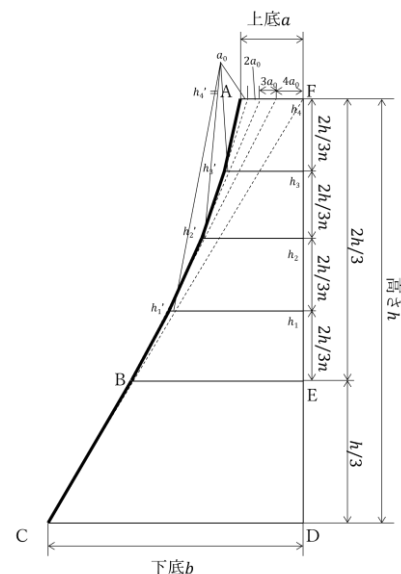


図 1 「後藤家文書」による勾配の設計法  
(分割数  $n=4$  のとき)

### 3. 石垣の勾配の生成手法

本提案手法における石垣の勾配の生成手順は、  
 図 2 に示す 3 つの処理から成る。

- ① 石垣の底面の形状 *BottomShape* を作成，高さ *Height*，分割数 *n* を設定
- ② 初期勾配の生成
- ③ 反復処理による曲線の生成

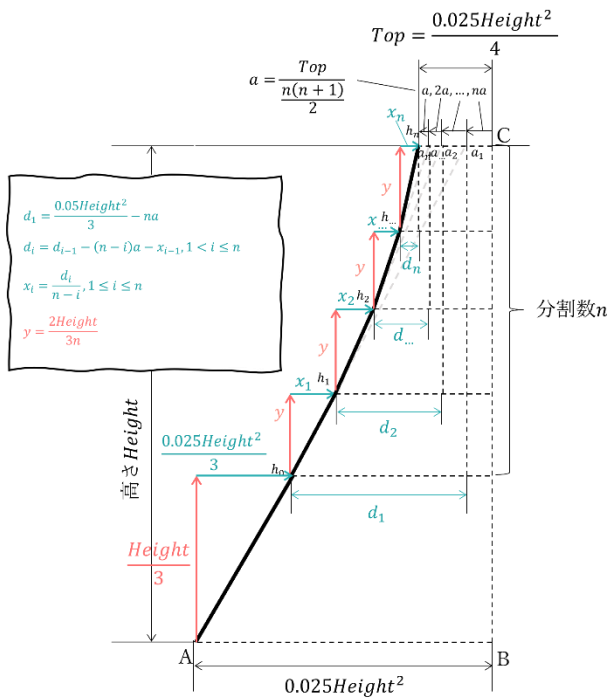


図 2 石垣の勾配の生成手法

長方形や多角形など，任意の石垣の底面の 2 次元形状（石垣の平面図） *BottomShape* を入力．  $0 \leq Height$  の石垣の高さ *Height* と，  $1 \leq n$  の曲線部の分割数 *n* を設定．

点 A を高さ  $\frac{Height}{3}$ ，横  $\frac{0.025Height^2}{3}$  移動した点を  $h_0$  とし，  $Ah_0$  の初期勾配を生成する．

曲線部は，分割数 *n* を用いて分割し， *n* 回の反復処理によって移動距離を求める． *i* 回目の移動距離の高さ *y* と横  $x_i$  を求め， *n* 回目までの結果  $h_0 \sim h_n$  をつなぎ，曲線を生成する．

本提案手法による生成結果を図 3 に示す．

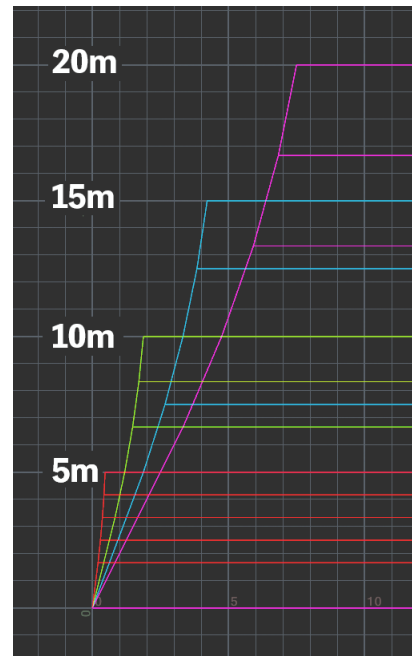


図 3 本提案手法による生成結果

### 4. おわりに

本研究では、「後藤家文書」に基づいたプロシージャルな石垣の勾配の生成手法について提案した。本提案手法により，石垣の高さと曲線部の分割数のみを設定することで，その石垣の高さにおける最適な石垣の形状を得ることが可能になった。

また，石垣の隅部にみられる「算木積み」と呼ばれる石の積み方のプロシージャルモデリング方法の提案が今後の課題である。

### 5. 参考文献

- [1] 喜内 敏，“金沢城郭史料-加賀藩穴生方後藤家文書”，日本海文学叢書，第 3 巻，石川県図書館協会，1976
- [2] 芦北町，“佐敷花岡城跡保存整備工事報告集”，pp. 5-19，1998
- [3] 永田 新之允，“錦帯橋史”，岩国観光協会，pp. 6-31，1953
- [4] 西田 一彦，西形 達明，玉野 富雄，森本 浩行，“城郭石垣断面形状の設計法とその数式表示に関する考察”，土木学会論文集，No. 750/III-65，pp. 89-98，2003