I-028

複雑形状建築物の自動屋根葺き手法の改良

An Improved Auto-Roofing of Complex Shaped Houses

谷村 知洋† Tomohiro Tanimura　勝村 大† Dai Katsumura　青木 香織† Kaori Aoki　高橋 時市郎† Tokiichiro Takahashi

1. まえがき

我々は，江戸に関する文献や当時の古地図などの現存する資料に基づいた江戸の町並みを，3 次元コンピュータグラフィックス(3DCG)で復元することを目指している．莫大な数の建築物を効率よく作成するために，家屋を構成する部品を書き連ねた言語的記述から自動的に家屋を生成する家屋構造記述言語を開発した[1]．さらに，視覚的・対話的に部品を選択し，家屋の平面図を描画することで，家屋の外観(周囲情報[1])を決定することができる家屋簡易生成システムを開発した[2]．作成する建築物の大規模化・複雑化により，手動で屋根を葺くことは効率的ではない．kD-roofing 法[1]は，家屋の平面図の形状が複雑であっても自動的に複数の矩形領域に分割し，複数の切妻屋根を葺くことができる．しかしながら，分割された矩形領域の長辺が平(ひら)となるように屋根を葺くため，見た目や構造上，不自然となる場合があった．

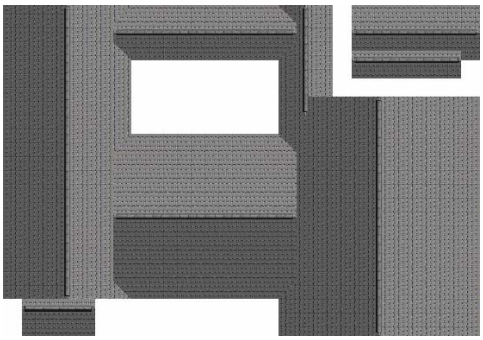
本稿では，分割された各領域の隣接関係を考慮して，向きや範囲，形状を変化させて屋根を葺く手法を提案する．これにより，自動的に自然な形状の屋根を葺く手法の確立を目指す．

2. kD-roofing 法[1]

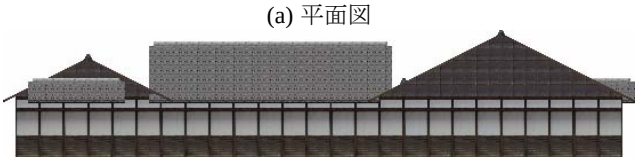
家屋簡易生成システム[2]は，(1)家屋のローカル座標，(2)戸や壁などの部品からなる周囲情報，(3)屋根の種類(瓦葺き・板葺き)や向き，形状，座標からなる屋根情報，を自由に選択・決定し，家屋を容易に作成できる．kD-roofing 法は，家屋の平面図が全て閉領域で形成されているとき，閉領域が複数存在しても，また複雑な形状であっても，平面図上の全部品の配置座標を基にして，平面図を矩形領域群に分割し，自動的に屋根を葺くことができる．その処理の手順は以下の通りである．

(1) 建築物の凸包となる矩形領域を用意する．ここで，周囲情報の頂点を通り，デカルト座標系の x 軸，y 軸に平行な全ての走査線上の外壁の長さ(外壁長)を求める．
(2) 外壁長の最も長い x または y の値で，凸包矩形領域を水平または垂直に二分割する．
(3) 各々の二分割された矩形領域において，外壁長が最も長い箇所で矩形領域を再帰的に二分割する．このとき，前段の分割方向と直交する方向に，優先的に分割する．
(4) 全ての矩形領域が屋根を葺く領域，屋根を葺かない領域と決定され，分割を続けられなくなるまで手順(3)を繰り返す．
(5) 分割結果において，ある屋根葺き領域の辺が隣接する屋根葺き領域の辺と完全に一致するとき，該当する二領域を統合する．
(6) 各矩形領域に，長辺が平，短辺が妻(つま)となる切妻屋根を葺く．

図 1 は，kD-roofing 法により中庭や離れを有する建築物を作成した例である．しかしながら，自動的に葺かれた屋根は，その向きや範囲，形状が限定されている．このため，複数の屋根が葺かれた状態が自然で美しいとは言い難い場合もある．例えば，図 1 で，中央横に葺かれた屋根の妻壁がその左右の屋根の軒と接しているので，屋根に雨水が溜まってしまう．これは隣接する屋根の関係を考慮しないで屋根を葺いたために生じてしまった．



(a) 平面図



(b) 側面図

図 1　kD-roofing 法による自動屋根葺き結果の例

3. kD-roofing 法の改良

前章で述べたように，屋根の隣接関係を考慮して屋根を葺く方法が必要である．佐藤ら[3]，真下ら[4]は，2 つの屋根が存在するとき，それらの配置関係によって屋根の葺き方を決定する規則を提案している．

我々は，その規則に基づいて，自然な形状の屋根を自動的に葺けるように，kD-roofing 法を改良することにした．処理の内容は以下に述べる．処理対象となる領域を主領域，主領域と接している領域を副領域と呼ぶこととする．また，2 つの領域が接しているとき，共有される辺を共有辺と呼ぶこととする．

(1) kD-roofing 法による分割の結果得られた矩形領域群に対して，面積の大きい順に屋根を葺く優先順位を付ける．なお，面積が同一の場合は縦横比が 1 に近い領域を上位にする．
(2) 最も面積の大きい領域から順に主領域とし，主領域と他の領域との隣接関係を調べ，屋根を葺く．主領域に接する領域を取り出して，これを副領域とし，主領域と副領域との共有辺を求める．処理は主領域と副領域の棟が平行であるか，直交するかによって分かれる．

†東京電機大学大学院 工学研究科
Graduate School of Engineering, Tokyo Denki University

(3) 主領域と副領域の棟が互いに平行な場合，以下の(3.1)～(3.3)の処理を行う．

(3.1) 「主領域の平＝副領域の平」であるとき，2 つの領域を 1 つに統合して，その長辺を，統合した屋根の平の向きとする．この処理は既に kD-roofing 法で実装されている．

(3.2) 「主領域の平＝共有辺」で「共有辺⊂副領域の平」であるとき，主領域の平の向きを，副領域と接している辺と直交する向きとする(表 1(a)).

(3.3) 「副領域の平＝共有辺」で「共有辺⊂主領域の平」であるとき，副領域の平の向きを，主領域と接している辺と直交する向きとする(表 1(b)).

(4) 主領域と副領域の棟が互いに直交する場合，以下の(4.1)～(4.2)の処理を行う．

(4.1) 「副領域の平＝共有辺」で「共有辺⊂主領域の妻」であるとき，副領域の平の向きを，主領域と接している辺と直交する向きとする(表 1(c)).

(4.2) 隣接する二領域において，「一方の領域の妻＝共有辺」で，「共有辺⊂もう一方の領域の平」であるとき，L 字形，T 字形の屋根を葺く(表 1(d)).

(5) 最も面積の大きい領域と接している全ての領域の検証が終了したら，屋根の葺き方が決定されていない残りの領域のうち，優先順位の最も高い領域と他の領域との接し方を検証する．これを全ての領域の検証が終了するまで繰り返し行う．

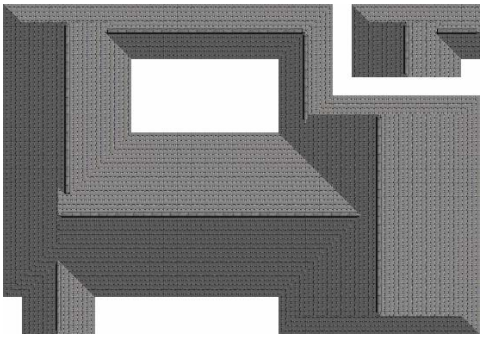
4. 実験結果

様々な平面図において，提案手法を用いて実験したところ，概ね良好な結果を得た．一例として，図 1 と同一の平面図に対して提案手法を用いて自動的に屋根を葺いた結果を図 2 に示す．

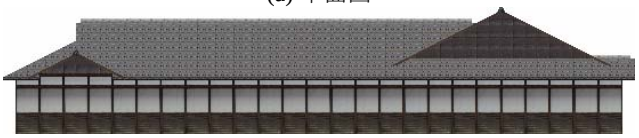
5. むすび

複雑な形状の建築物のモデリング作業の中でも煩雑な屋根葺き作業を効率化するために，家屋の周囲情報から家屋の領域を矩形に分割し，自動的に屋根を葺く手法，kD-roofing 法を改良した．改良によって，見た目や構造上，より自然な屋根を自動的に葺くことが可能となった．

今後は，複数階層にわたる構造を考慮に入れた自動屋根葺き手法についても検討を進める．



(a) 平面図



(b) 側面図

図 2　改良 kD-roofing 法による自動屋根葺き結果の例

文献

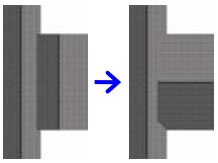
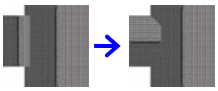
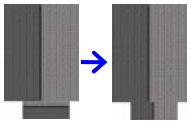
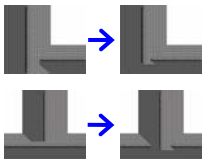
[1] 勝村他, "3DCGによる歴史的町並み復元のための家屋生成手法," 画像電子学会誌, Vol.36, No.4 (2007) (掲載予定).

[2] 谷村他, "歴史的町並み復元のための平面図からの家屋簡易生成システム," 2007年電子情報通信学会総合大会, D-11-107 (2007).

[3] 佐藤他, "建築CADのための屋根形状の分析と自動作成時の屋根面分割アルゴリズム," 日本建築学会1993年度大会(関東)学術講演梗概集A分冊, pp.1543-1544 (1993).

[4] 真下他, "屋根の形状の体系化," 日本建築学会1997年度大会(関東)学術講演梗概集E-1分冊, pp.599-600 (1997).

表 1　改良 kD-roofing 法による屋根の接合例

場合		(a)		(b)	(c)	(d)
凡例		 左:副領域，右:主領域		 左:副領域，右:主領域	 上:主領域，下:副領域	
棟同士の関係		平行（//）			直交（⊥）	
接する辺	主領域	平		平	妻	平または妻
	副領域	平		平	平	妻または平
共有辺		主領域の平		副領域の平	副領域の平	一方の領域の妻
共有辺の包含関係		＝副領域の平	⊂副領域の平	⊂主領域の平	⊂主領域の妻	⊂もう一方の領域の平
屋根を葺く向きを変更する領域		2 領域を 1 領域に統合	主領域	副領域	副領域	