

テクスチャ合成型多重解像度表現による3次元地形モデルの適応的詳細度制御

北海道大学 ○伊達 宏昭, 金井 理, 岸浪 建史
パスコ(株) 零石 雅美

要 旨

3次元地形モデルは高度情報と表面テクスチャ情報でリアルに表現できるが、モデルデータ量が莫大となる。本研究では、効率的な地形モデルのデータ転送・表示を可能とする事を目的とし、高度と表面テクスチャの両情報のウェーブレット変換を用いた合成型多重解像度表現に基づく適応的詳細度制御手法を提案する。

1. はじめに

3次元形状モデルは表面テクスチャを合成する事で対象をよりリアルに表現できるが、高精度な3次元地形モデルを対象とする場合、データ量が莫大となり、高い計算機資源及びデータ処理能力が要求される。

本研究では、3次元地形モデルを対象とし、DEM (Digital Elevation Model)及びテクスチャ画像のウェーブレット変換を用いた合成型多重解像度表現に基づく適応的再構成手法を提案する。これにより、要求される解像度に適応した、大規模な地形モデルの効率的なネットワークの転送及び表示処理が可能となる。また、幾つかの適応的詳細度制御手法を適用結果と共に示す。本研究の位置付けと役割を図1に示す。

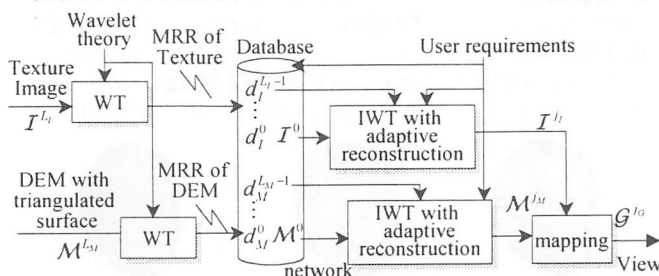


図1 テクスチャ合成型多重解像度表現に基づく3次元地形モデルの適応的詳細度制御システム

2. 地形モデルデータ処理に対する要求機能

本研究では、図1のシステムにおいて、以下に示す地形データを対象とした要求機能を実現する。

- ・転送：詳細度減少によるデータ量の削減
- ・表示：解像度の指定による詳細度制御、誤差を保証する詳細度制御、注目領域を考慮した詳細度制御

3. ウェーブレット変換に基づく多重解像度表現

本研究では、テクスチャ画像に対し Haar ウェーブレット、三角形ポリゴンで規則的に表面を張られた DEM に対し 2disk ウェーブレット^[1]を適用する。図2に示すように、ウェーブレット変換により、オリジナルデータは、低解像度のスケール関数 ϕ 及び係数 c で表される近似と、ウェーブレット ψ 及びウェーブレット係数 d により表現される詳細部に分解される。既存の手法^[2]に比べ、2disk ウェーブレットを用いた分解では、分解後の三角形も規則構造を保つため、再三角形構築の処理が必要ないという利点を持つ。

4. 適応的再構成手法

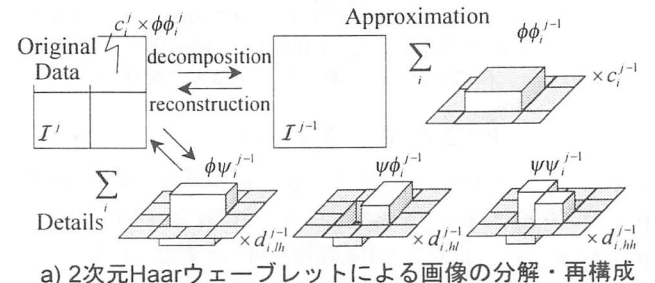
4.1 テクスチャ画像の適応的再構成

画像と DEM 間の対応関係を図3に示す。DEM の各

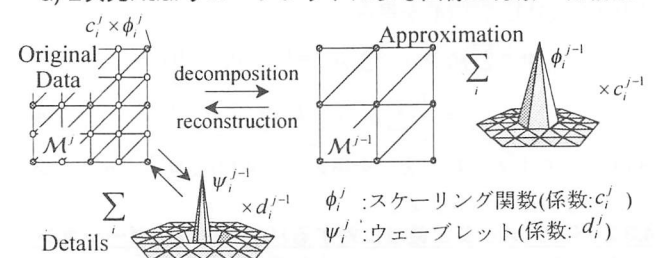
頂点にテクスチャ画像の正規化座標の値を割り当てることでテクスチャマップは実現される。正規化座標を用いるため、テクスチャマップは画像の画素数には依存しない。この特徴を利用して画像空間を領域分割し、テクスチャ画像の局所的な詳細度を変化させる適応的再構成を行う。図4に示すように、画像を任意の領域に分割し、各領域に対応した正規化座標を DEM の各頂点に割り当てる。これにより、各領域を異なる解像度で DEM 上にマッピングする事が可能となる。

4.2 DEM の適応的再構成

図5に示すように、ある頂点 l が低解像度の DEM に加え戻されるとする。ここで、頂点 l を面内又はエッジ



a) 2次元Haarウェーブレットによる画像の分解・再構成



b) 2diskウェーブレットによるDEMの分解・再構成

図2 ウェーブレットによる分解・再構成

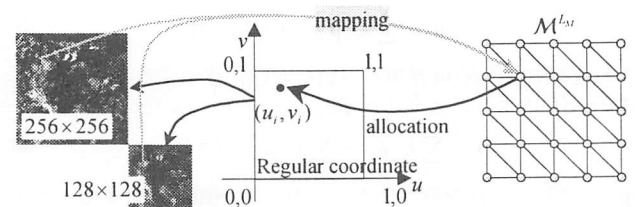


図3 テクスチャ画像とDEMの対応関係

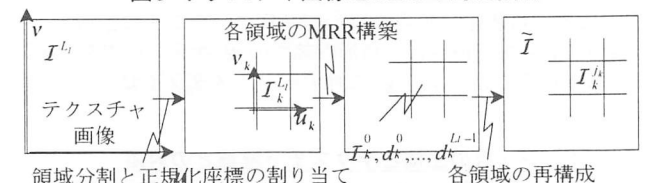


図4 空間分割によるテクスチャ画像の適応的再構成

上に含む三角形に対し、エッジの中点生成による三角形の四分割を行う。これを繰り返し適用し、細分割によって生成された頂点が新しく加えられる頂点 l と一致するならば、そこで細分割を終了する。以上により、図 5 に示すような DEM の適応的再構成が可能となる。

5. 地形モデルの適応的詳細度制御と適用例

多重解像度表現されたテクスチャ画像及び DEM に対し、加え戻すウェーブレット係数を選択することにより、地形モデルを表現する為のデータ量の削減及び詳細度制御が可能となり、ネットワーク上の転送及び表示を効率化できる。2 節で述べた要求機能を実現するためのウェーブレット係数(詳細部)の選択と適応的再構成手法としては以下の方法が考えられる (図 6)。

Type1: 解像度の指定による詳細度制御

最も単純なデータ量削減の方法であり、コンピュータの処理能力等に合わせ、指定した一定の解像度を持つ地形モデルを得る事が可能である。これは、最低解像度レベルから指定した解像度レベルまでの係数を用いて再構成を行うことで実現される。

Type2: 近似誤差を保証する詳細度制御

指定した近似誤差を保証する局所的に詳細度の異なる最粗データを構築する。低解像度データに加え戻されるべき詳細部が、許容誤差 τ 内に収まるならばその詳細部は除去する。これは、閾値処理を行うことで実現され、閾値処理により得られる非ゼロな詳細部のみを、適応的再構成を用いて地形モデルに選択的に加えもどす。

Type3: 注目領域を考慮した詳細度制御

注目領域を精度良く、その他の領域を簡略化して地形モデルを表示する。一手法として、図 7 に示すような、中心が (x_0, y_0) 、スケール σ_x, σ_y 、 θ だけ回転されたガウス関数を用いて、ウェーブレット空間においてフィルタリングする方法が考えられる^[2]。この処理により、注目領域中心では元の係数で復元され、注目領域から遠くなるにつれ徐々に係数の絶対値が小さくなり、モデルの解像度を落とす事ができる。

図 8(a) に示す地形モデル(有珠山近辺、三角形数:73827(頂点:193×193)、テクスチャ画像 1536×1536 pixel、DEM 解像度レベル $J_D=5$ 、画像解像度レベル $J_I=8$ 、分割領域数 6×6) に対し、上述の Type1~3 の詳細度制御手法を適用した例を条件と共に同図(b)~(d)に示し、結果として得られた地形モデルのデータ量を図 8 内表に示す。

6. おわりに

本報では、テクスチャ画像が合成された 3 次元地形モデルのウェーブレット変換に基づく合成型多重解像度表現と、その適応的再構成手法を提案し、幾つかの適応的詳細度制御の例を示した。これにより、大規模な地形データの効率的なネットワークの転送、及び、様々な観点から要求する詳細度制御された地形モデルの表示が可能である事を確認した。

【参考文献】

- 1) M.Lounsbery: "Multiresolution Analysis for Surfaces of Arbitrary Topological Type", PhD thesis, Department of Computer Science, University of Washington, 1994.
- 2) M.Gross, et.al: "Efficient Triangular Surface Approximations Using Wavelets and Quadtree Data Structures", IEEE

Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol.2, No.2, pp.130-143, 1996.

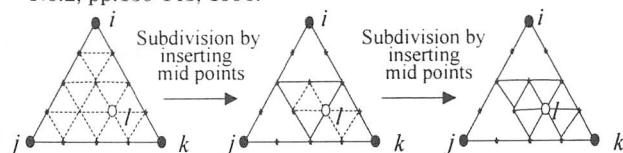


図5 中点細分割によるDEMの適応的再構成

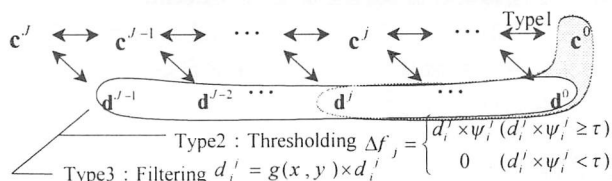


図6 適応的詳細度制御

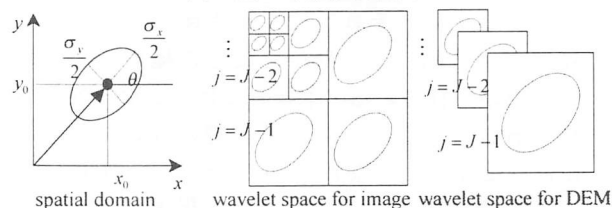
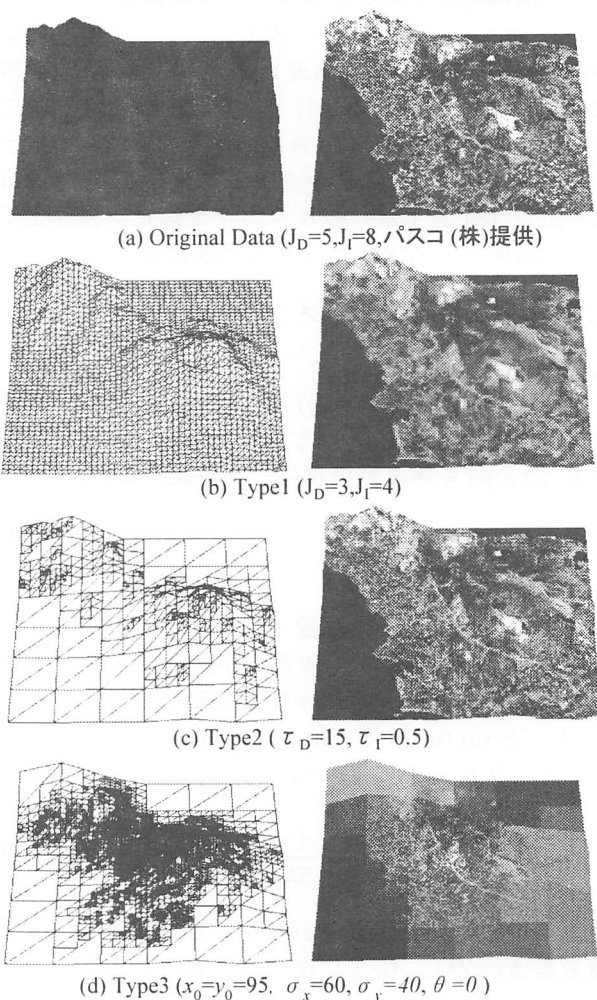


図7 注目領域のフィルタリングによる詳細度制御



	Original	Type1	Type2	Type3
DEM三角形数	73,728	4,608	879	20,562
画像データ数	7,077,888	27,538	3,314,798	6,797,230

図8 地形モデルの適応的詳細度制御