

近景から遠景まで同時に表現できる地図のデフォルメ手法

岡島 仁美[†] 堀 久美子[†] 宮村 (中村) 浩子[†] 古谷 雅理[‡] 斎藤 隆文[†]

[†]東京農工大学 大学院 生物システム応用科学府

[‡]東京農工大学 大学院 工学府 情報工学専攻

本研究は、近隣と遠方の地域の両方を同時に表現できるデフォルメ地図の作成を行うものである。地図は表現方法によって長所と短所を併せ持っており、2次元地図は距離や方角が分かりやすいが山などの地形は一目で把握しにくい。一方、3次元地図は地形を瞬時に把握できるが距離や方角が分かりにくいという特徴を持っている。そこで、地図の場所ごとにそれぞれの長所を活かしたデフォルメを与えることで、効果的に地図を閲覧可能とする手法を考える。この手法を実現するために近景では平行投影、遠景では非線形投影を行い、これを滑らかに接続するデフォルメとして、視点位置や視線ベクトルの滑らかな移動を考慮した多視点投影を検討する。

Deformed Map for Simultaneous Expression of Close and Distant View

Hitomi OKAJIMA[†] Kumiko HORI[†]

Hiroko Nakamura MIYAMURA[†] Tadasuke FURUYA[‡] Takafumi SAITO[†]

[†]Graduate School of Bio-Applications and Systems Engineering,
Tokyo University of Agriculture and Technology

[‡]Department of Computer, Information and Communication Sciences,
Tokyo University of Agriculture and Technology

In this paper, we propose a new type of deformation maps where both the close and the distant view are expressible. The map has strengths and limitations according to the mode of expression. 2D maps have the feature, that the distance and the direction are comprehensible, however, geographical feature is not understood easily. And, 3D maps have the feature with comprehensible geographical features, however, distance direction is not understood easily. Then, the method assumed to be able to inspect the map effectively by giving deformation that makes the best use of each merit of each place in the map is devised. To achieve this technique, it projects in parallel projection and the distant view nonlinearly, and the multi aspect projection that considers a smooth movement of the aspect position and the glance vector is examined as deformation that smoothly connects this in the near view.

1. はじめに

地図の表現方法には様々なものがあり、大別すると2次元的表现と3次元的表现の2種類に分類できる。これらの表現方法は長所と短所を併せ持っており、2次元的地図は真上から平行投影したものであるため方角や距離はわかりやすいが、

山の形状や標高は把握しづらい(図1(a))。一方、注視点の斜め上に視点を置く鳥瞰図などの3次元的地図では、山の形状はわかりやすいが、山の後方に遮蔽が生じるほか、方角や距離がわかりにくい(図1(b))。この2つの地図表現の長所を活かした地図を利用することで、例えばカーナビゲーション

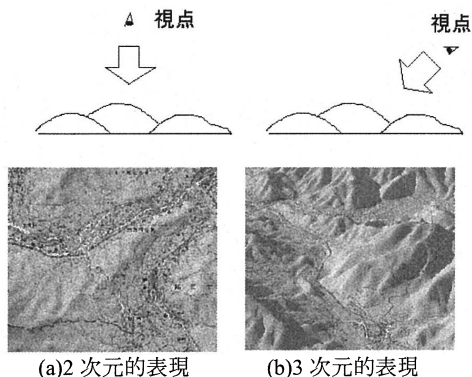


図 1. 視点位置による地図の見え方[1]

ョンシステムとしての利用や観光地図の自動生成等において、より良い効果が得られると考えられる。

そこで本研究では 2 種類の地図の長所を活かし、近距離の領域では方角や距離を、遠方の領域では山の形状をわかりやすく表現できる地図のデフォルメ手法として、多視点投影を用いたデフォルメ手法を提案する。

2. 投影とデフォルメ

デフォルメを可能とする非線形単視点投影と多視点投影の 2 つの投影について説明する。

2.1 非線形単視点投影

非線形単視点投影とは、視点は 1 つで投影面に曲面を用いた投影方法である。非線形単視点投影は単純な計算でデフォルメが可能である。そのため、広域のデフォルメ処理を一括して行うのに適している。投影面が球面のときを特に球面投影といい、無限遠点まで描画が可能であるほか、着目点付近を詳細に表現できる。この特性を活かした技術に Hyperbolic Tree[2]などがある。

2.2 多視点投影

多視点投影とは、投影時に複数の視点を用いる投影方法である。異なる視点位置からの投影画像をブレンドすることで画像に歪みを与えるため、複雑な表現が可能となる。この多視点投影を用いたものとして、高橋らが提案した地形形状に基づく多視点投影モデル[3]などがある。

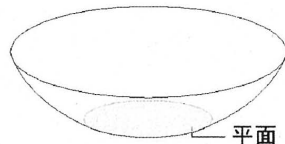


図 2. 単視点投影における理想的な投影面

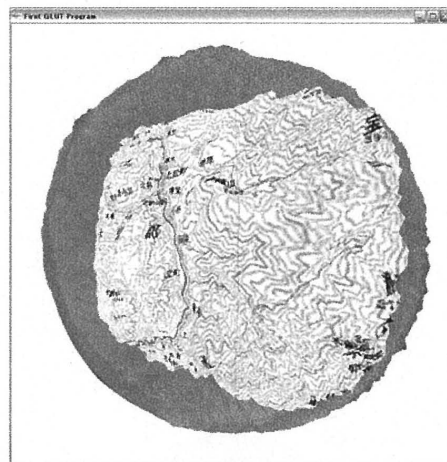


図 3. 非線形単視点投影による描画結果

3. デフォルメ地図

近景から遠景まで同時に表現できるデフォルメ地図[4]を作成するため、近景は道などの情報が見やすい 2 次的表現、遠景は山の形状を把握しやすい 3 次的表現で表現する。本節ではこうした表現を実現するための投影手法について述べる。

3.1 非線形単視点投影によるデフォルメ

まず非線形単視点投影による地図のデフォルメ表現を試みる。このとき、図 2 のように近景部分は平面で、遠景へ行くにしたがって球面に近づく曲面を投影面として用いる。これにより遠景は横から見たような表現で、かつ近景は上から見たような表現が可能となる。

しかし、近景の 2 次元で表現したい領域が透視投影になるため、標高値の影響を受け凹凸が発生してしまう。これにより近景の地図情報が歪んで読み取りにくくなる他、地形の凹凸で遮蔽領域ができてしまう(図 3)。

3.2 多視点投影によるデフォルメ

非線形単視点投影によるデフォルメでは近景における標高値の影響が問題となる。そこで、多視

点投影を用いて近景の領域を平行投影することで完全な平面として表現する。また、遠景では非線形単視点投影と同様に、注視点が移動するにしたがって球面に近い曲面となる投影面に透視投影することでデフォルメを実現する。

遠景の表現に必要な、視点によって曲率を変化させる投影面の作成には、Zorin らの手法[5]を用いる。これは平面投影と球面投影の割合を変数 λ ($0 \leq \lambda \leq 1$) で制御することで、投影面の形状を平面と球面の間で設定することができる。変数 λ の値は、注視点ごとに任意に与えることができる。このときのデフォルメ後の画像中心からの距離 ρ は式(1)のように表せる。

$$\rho = \lambda \times (\text{平面投影式}) + (1 - \lambda) \times (\text{球面投影式}) \quad (1)$$

球面投影は図4の配置において、注視点Pを球面の点Aに投影し、これを点Cより平面上の点Mへ投影する。このときのRを求める式が球面投影式となる。また平面投影式については、視点から注視点の距離から高さ成分を除いた距離rに係数を与えることで、平面として表現できると考える。このとき係数は、平面投影と球面投影の境目を折れが無いように滑らかに繋ぐため、境目における投影式の微分値を考慮し設定する。以上より、視点(0,0,0)から注視点(X,Y,Z)をデフォルメする式は、式(2)のように求められた。

$$\rho = \lambda \frac{2r}{D_R + Z_{EYE}} + (1 - \lambda) \frac{2r}{D + Z} \quad (2)$$

ただし、 D_R は平面で表現する範囲の半径、 Z_{EYE} は海面からの視点の高さ、またr、Dはそれぞれ $r = \sqrt{X^2 + Y^2}$ 、 $D = \sqrt{r^2 + Z^2}$ である。

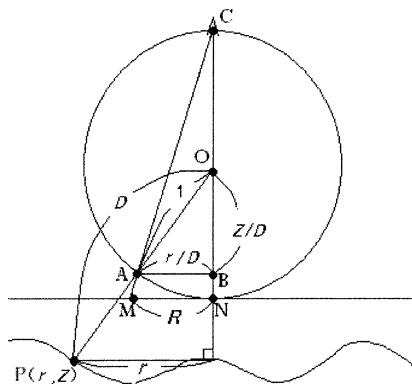


図4. 球面投影における点配置

またこのときの λ の値によって投影面の形状が決定される。 $\lambda = 0$ のときに球面投影、 $\lambda = 1$ のときに平面投影となり、 $0 < \lambda < 1$ のときに球面投影と平面投影の中間の投影方法となる。したがって、本システムにおけるデフォルメには図5のグラフで示す λ の値を用いる。

これによって得られた結果画像を図6に示す。近景における地形の凹凸がなくなったため、遮蔽領域が解消し、テクスチャ情報も読み取りやすくなった。しかし、このときの視点位置について考えると、近景の平行投影領域では各注視点の真上に視点があるが、平行投影領域の外側では視点が投影面上の中心位置に置かれる。すなわち、平行投影領域の境界線の内外で視点位置が大きく変わってしまう現象が起きている。視点位置の大きな移動により、近景と中間領域の境界部分で予期しない歪みが発生してしまっていると考えられる。

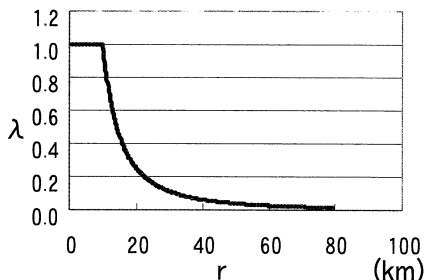


図5. λ の値設定グラフ

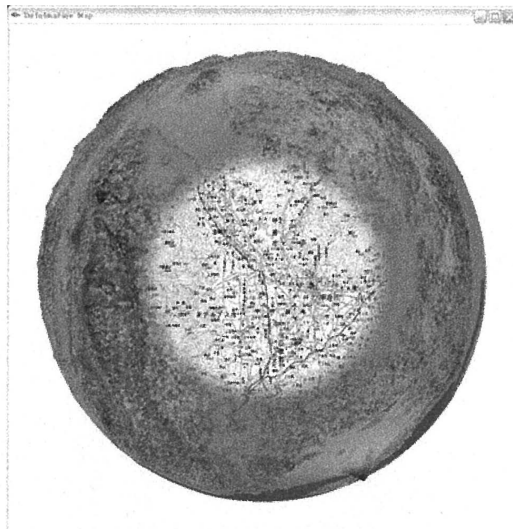


図6. 平行投影を導入したデフォルメ地図

3.3 視点位置を考慮した多視点投影

視点位置の大きな移動を避けるために、中距離より遠方の領域におけるデフォルメ時に、視点位置を考える必要がある。平行投影領域の境界部分までは注視点の真上に視点があるため、中距離の領域に切り替わる際大きく視点移動しないよう平行投影領域の境界上に視点を置き、非線形投影する。図7はこれを図示したもので、円で囲んだ領域が平行投影領域、小さい点が注視点、星マークが視点の位置を表している。

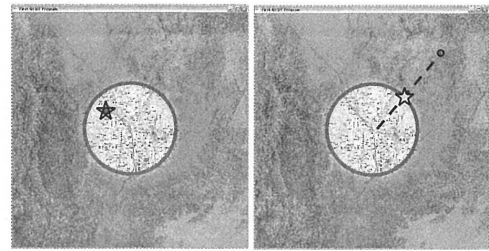
この視点配置による、主視点(0,0,Z_{eye})を画面中心とし、注視点(X,Y,Z)をデフォルメする式は、次の式(3)のとおりとなる。

$$\text{(近景)} \quad \rho = \frac{r}{D_R}$$

$$\text{(遠景)} \quad \rho = \lambda \frac{D_R - r}{D_R} + (1 - \lambda) \frac{r - D_R}{D' + Z} + 1 \quad (3)$$

ただし $D' = \sqrt{(r - D_R)^2 + Z^2}$ とする。また、近景の領域は画面上で常に1となるように D_R を設定するものとする。

この式を適用した結果が図8である。また、図9のように日本国内の様々な場所や、視点の高さを操作したデフォルメ地図を描画することが可能である。この手法により平行投影領域の平面性と、視点位置の推移の連続性を保ったデフォルメが可能となる。



(a) 近景の視点配置 (b) 遠景の視点配置

図7. 多視点投影の視点配置

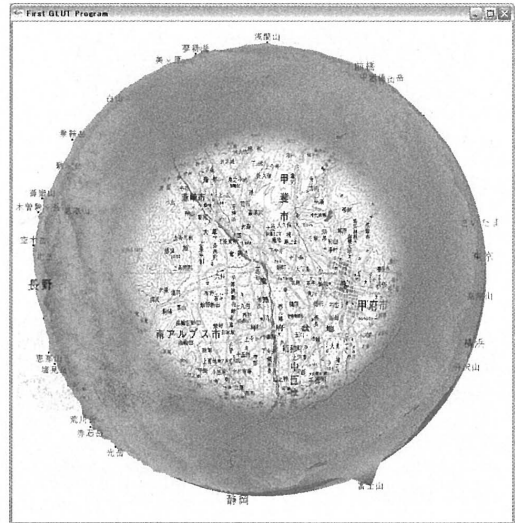
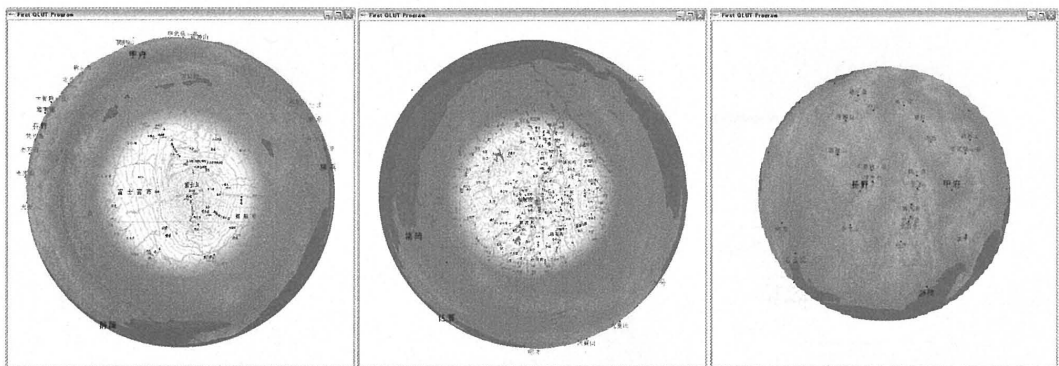


図8. 視点位置を考慮した多視点投影結果



(a) 富士山の頂上からの地図

(b) 福岡県飯塚市

(c) 視点高 30km

図9. 様々なデフォルメ地図例

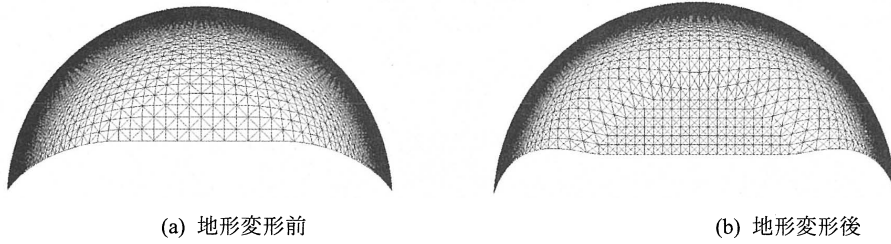


図 10. 標高値による歪みと補正

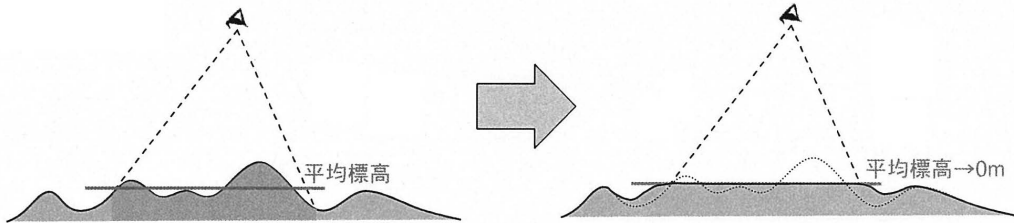


図 11. 地形変形手

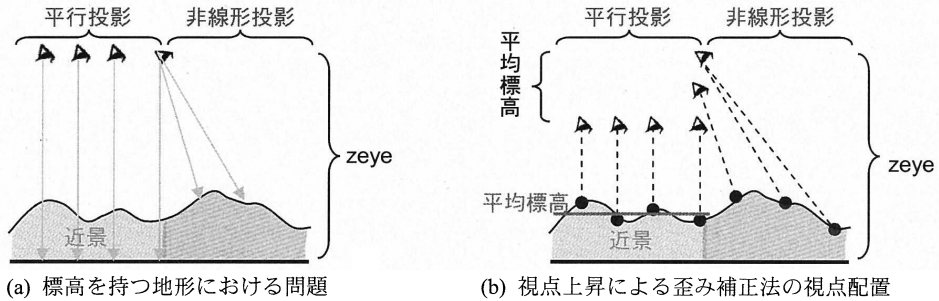


図 12. 視点上昇による歪み補正法

4. 標高値による歪みの補正手法

前節の手法であらゆる地形においてほぼ問題なくデフォルメ地図を描画できた。しかし、標高値を一様に大きな値にすると、図 10(a)のように平行投影領域の境界に不自然な歪みが生じる。これは、標高値がデフォルメ式(式(3))において考慮されていないためである。しかし地形のような高さをランダムに持つ対象を全ての点において適切なデフォルメをすることは難しい。そこで、標高値の影響による不自然な歪みを解消する手法をいくつか考える。

4.1 地形変形による歪み補正法

式(3)を用いたデフォルメでは、標高値を一様な値にしたとき、標高 0m のときに歪みのない表現が可能となる。そこで、平行投影領域の標高値を

一様に 0m とすることで歪みの発生が抑えられると考える。具体的な手順としては図 11 で示すように、まず平行投影する領域を選択し、その標高平均を求める。そして、平行投影領域の全ての点における標高値を標高平均値に置き換える。その際、平行投影領域と球面投影領域の境界で標高値の変化が大きくなり段になる部分が生じてしまうので、平行投影領域と球面投影領域の標高値を滑らかにブレンドすることで、自然な地形表現を実現できる。その上で、変形させた地形全体の標高値から平行投影領域の平均標高を引く。これにより平行投影領域の標高値が 0m となり、歪みのない地形描画が期待できる。この地形変形による歪み補正を行った結果を図 10(b)に示す。図 10 は双方とも標高値 3,000m の地形をデフォルメしたもののだが、図 10(a)のような歪みは発生しておらず、近景と遠

景が滑らかに接続されているのがわかる。

しかしこの手法によるデフォルメにより、標高データを操作することでデータが複雑化する問題がある。デフォルメ地図は、データが大規模であるためデータサイズ制御する詳細度制御を導入している。しかし、データが複雑化すると詳細度を制御する際の特徴評価が困難になるため、この地形変形による歪み補正は最適な手法であるとは言いがたい。そのため、複雑なデータ操作を必要とせず、標高値を持つ地形において滑らかな地形描画を可能とする多視点投影の検討が必要となる。

4.2 視点上昇による歪み補正法

標高値による歪みを補正する上で地形データを直接操作しない手法として、視点位置を操作する方法を考える。歪みの原因として考えられるのが、近景における標高値を考慮しないデフォルメと、遠景における標高値を考慮したデフォルメの間で生じる標高値の扱いの問題である。これは図12(a)に示すように、平行投影領域では標高0mの点を投影しているのに対し、領域外では各々の標高を持つ注視点を透視投影していることで生じている。

そこで、平行投影領域内の視点の高さを遠景における視点の高さよりも低く設定し、平行投影領域の境界線上で徐々に視点を上昇させる手法を考える。具体的には図12(b)の通り、平行投影領域内の標高の平均値を算出し、視点の高さから求めた平均標高値を引く。そして、平行投影領域の境界部分で、徐々に視点の高さを下の視点の高さ zeye に漸近させる。これにより、平行投影領域における視点から注視点までの距離と、領域外における視点から注視点までの距離をおおよそ合わせることができる。これにより、標高値による歪みを補正できると考えられる。

4.3 視点下降による歪み補正法

標高値による歪みを補正する上で地形データを直接操作しない手法として、視点上昇による歪み補正法の他に視点を下降させる歪み補正法を検討する。標高を持つ地形における問題点は前述の通り、平面投影領域と領域外での標高値の扱いにある。視点降下による歪み補正法では、平面投影領域内における視点を無限遠の高さに置く。これにより標高による影響を無効化し、標高による歪みを補正するものである。

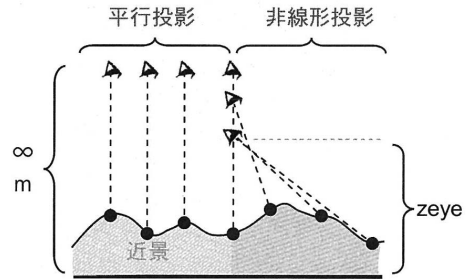


図13. 視点下降による歪み補正法の視点配置

視点配置は図13の通り、平行投影領域では無限遠の高さから平行投影し、平行投影領域の境界上で徐々に視点を降下させ、zeyeに漸近させる。これにより、標高値による歪みを補正できると考えられる。

5. おわりに

本稿ではデフォルメ地図の作成に基づく多視点投影を用いたデフォルメ手法の提案を行った。今後の課題として、標高値による歪みを補正する手法として挙げられた視点上昇、及び下降による歪み補正法を実装し、効果を検証する。また、歪みの軽減が確認できた後、デフォルメの妥当性の検証と評価を行う。

参考文献

- [1] カシミール3D, <http://www.kashmir3d.com>
- [2] John Lamping, Ramana Rao, and Peter Pirolli: A Focus+Context Technique Based on Hyperbolic Geometry for Visualizing Large Hierarchies. *Proc. ACM SIGGRAPH '95*, pp.401-408, 1995.
- [3] Shigeo Takahashi, Naoya Ohta, Hiroko Nakamura, Yuriko Takeshima, and Issei Fujishiro: Modeling Surperspective Projection of Landscapes for Geographical Guide-Map Generation, *Computer Graphics Forum*, Vol.21, No.3, pp.259-268, 2002.
- [4] 岡島仁美, 堀久実子, 宮村(中村)浩子, 斎藤隆文: 近隣から遠景まで同時に表現できるデフォルメ地図の提案, 情報処理学会研究報告2006-CG-125, Vol.2006, No.119, pp.71-76, 2006.
- [5] Denis Zorin and Alan H. Barr: Correction of Geometric Perceptual Distortions in Pictures, *Proc. ACM SIGGRAPH 95*, pp.257-264, 1995.