

沿岸漁村地域における環境認知の3D可視化モデルによる計画設計手法

○大平 晃司^{*1} 大内 宏友^{*2}

キーワード：環境認知、防潮堤、住民合意、防災意識、3D可視化モデル

1. はじめに

東日本大震災は、沿岸域においてこれまでの、土木的な構造物のみで地域住民の安全性の保証は出来ない事を明らかにしたといえる。南海トラフ巨大地震等の備えも念頭に、国、地方自治体、企業や地域のさまざまなレベルで対策が進められている。しかし現在、地元住民は高台移転や防潮堤の高さの設定をはじめ、自治体などの行政主導で進む整備計画に対して、多くの地元で計画案の見直しを求める動きが顕在化^[8]している。我が国の沿岸域は、漁場や地理地形と人々の生業とが特徴ある自然環境と一体となり環境形成がなされてきたといえる。これらは歴史的に形成されてきたコミュニティを地域復興の重要なソフトパワーとして着目し、地域コミュニティの「レジリエンス」^[9]向上と「危険な変化を察知して対応する」メカニズムの備えることは重要であるといえる。その意味から住民の防災意識を維持しつつ抵抗力を身につけ、地域空間情報の応用・展開による危険区域の住民への可視化のみならず、安全・安心に対応するシステムのモデル構築は急務であると考えられる。本稿では、この住民の防災意識を維持する方策として、沿岸漁村集落の歴史的に結成されてきたコミュニティの役割を見直し、地域住民に安心を与える「海」と地域住民が一体となり得る領域を可視化する、簡易な可視化モデルの構築手法を提案する。

これまで筆者らの研究室における既往研究では、海・まち・山が一体として成り立つ、我が国の沿岸漁村地域の微地形に対応した分析手法である3次元陰影画像を用いた可視化モデルとして、「iDEM (Digital Elevation Model: 数値標高モデル)」によるGISデータを用いた3D地形モデルと「人間の視覚的認知に近似である逆二乗減衰^{*1)}を適用した光の広がり」をもとに景観認知による可視化モデルの構築を行い^[2]、そのことにより得られた3次元空間情報を反映した陰影画像の有用性を考察^[3]した。さらに、地域住民のアンケートより得られた認知領域と、3次元陰影画像を用いた可視領域のフラクタル次元解析を用いた一連の分析・整理・検証を行うことにより、3次元陰影画像を用いた景観認知による可視化モデルの空間秩序について、定量的な指標^[4]として提示してきた。

以上を踏まえ、本稿では海・まち・山が一体として成り立ち、複雑な地形を持つ女川沿岸漁村地域を分析の対象とし、国土地理院が無料公開している「地理院地図3D」^{*2)}より得られた3Dデータと「光の広がりによる人間の視認領域」をもとに3D可視化モデルの簡易的な構築手法を提案する。

2. 防潮堤・高台移転の高さに関する課題

東日本大震災にて被災地である岩手、宮城、福島、3県に総延長で約300キロあった防潮堤は、約190キロが全半壊した。これら国と3県は約8000億円を投じ沿岸の総延長390キロでの防潮堤整備の計画が進められている。

しかし、これらの計画案の提示に対して、海と共に生業を営んできた地元住民の抵抗感は根強く、当初の計画のまま進められた場合漁港や湾を取り囲む巨大防潮堤ができれば、住民生活への影響は多大であると考えられている。これら行政主導の防潮堤の整備計画に対して、地域住民は防潮堤の高さや地盤の嵩上げの設定等に関して、自治体に再考を求める動きが顕著となりつつある。課題を概略、以下にまとめる。

1) 防潮堤の高さや地盤の嵩上げの設定

防潮堤が高すぎることにより、視界を遮られて海の異変に気づけず、かえって逃げ遅れる（想定外の災害に対する備えが脆弱になる）（逆に海の様子を見に行き巻き込まれたりした人が少なからずいた）

2) 建設費に関する問題点

建設に於ける当初の費用の導入は国費が充てられても、維持管理の費用は地元自治体となり、これらの費用は長年にわたり地元経済に重荷を与え続けることも予想される。

3) 生産者（漁業従事者等）に関する問題点

漁業従事者にとって、平地が防潮堤の用地に充てられると、水揚げ等の作業場も確保が困難



図1 漁港間の連携ネットワークと対象地域

3. 可視化モデルの構築

国土地理院が公開している「地理院地図 3D」より得られた 3D 地形モデルに対して、対象とする地域の中心に点光源を設置し、三次元陰影画像を用いた可視領域の設定をする。

[3D メッシュデータの作成]

国土地理院が無料公開している「地理院地図 3D」の 3D データをデータ変換ソフトで読み込み、DXF データに書き出す。

書き出された DXF データを 3DCG ソフトで読み込み、3D デジタルモデルを作成した。「地理院地図 3D」から得られる 3D データは、領域が広大であるため、今回は対象敷地である女川町の女川港を中心とした半径 2000m の円を内包する 4000×4000m の範囲に指定し、3D デジタルモデルを作成した。図 2 に、対象領域と点光源の設定位置を示す。

[光源設定]

人は、視力、天候、対象物の大きさ・色・コントラスト、心理状況など、様々な状況に応じて視覚範囲・距離が変化する。P. THIEL は、物的空間の記述とスケージングについて 3 次元的思考（空間の明

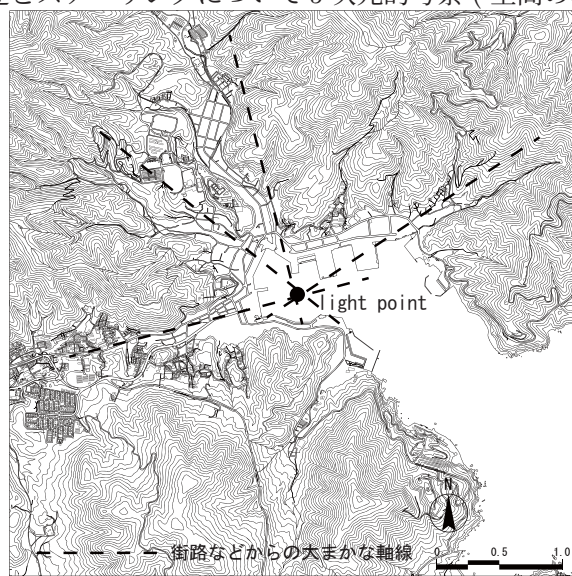


図2 対象領域と点光源の設置位置

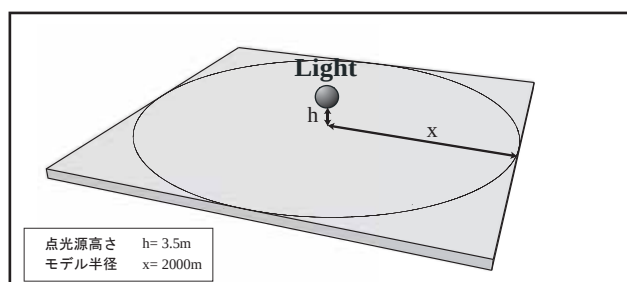


図3 光源の設定とモデル範囲

表1 距離のグレーディング

ZONE	No.	範囲の限界	
Local Space	0	0~1.8m	1.8mは行動し得る最小の寸法
	1	1.8m~4.5m	2.1~3.6mは打ち解けた会話の距離
	2	4.5m~10.0m	12mは表情を識別し得る限界 (HALL)
	3	10.0m~24.0m	パブリックスペースの濃い段階は9mから始まる (HALL) 24mは顔の認知の限界 (SPR.)
Aerial Space	4	24m~60m	
	5	60m~135m	地中海都市の広場の平均的大きさ 57×140m (GITTE) 135mは動きの識別限界 (SPR.)
	6	135m~300m	
	7	300m~750m	
	8	750m~1,800m	人を見ることの出来る最大距離は1200m (SPR)
	9	1,800m~4,500m	4500mは眼高1.65mの地平線の距離 (U. S. H. O).
	10	4,500m以上	

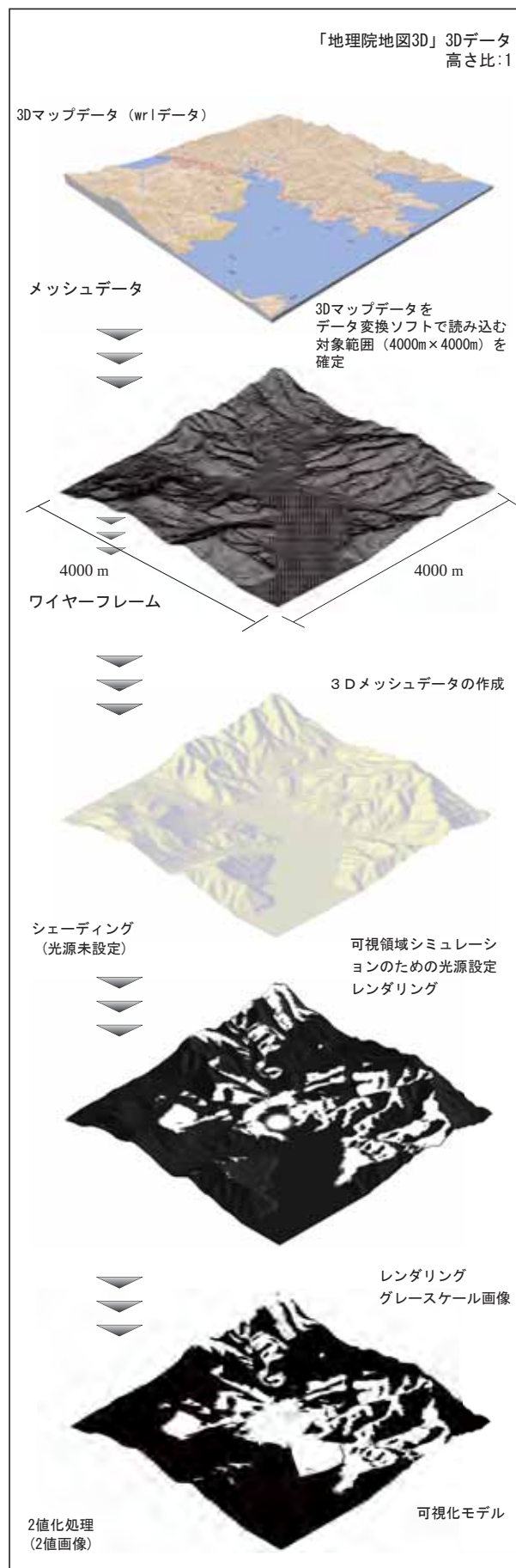


図4 可視化モデル作成フロー

瞭度・閉鎖度) 行い、距離のグレーディング(表2)を提示している。

本稿での光源と3Dデジタルモデルの関係を図3に示す。光源は、女川港に面する周辺の海に向かう街区、道路の軸線ととり、それらがより多く重なる場所とする。光源の高さは、現在の女川港の高さ(T.P+1.9m)と人の目線高さ(1.6m)を足したT.P+3.5mに点光源を設置する。点光源の減衰については、海が認識できる範囲を求めることから今回は設定しないこととする。

また、点光源の鉛直真上方向にカメラを設置し、3Dモデルに対して水平投影になるよう視点を設定する。この設定条件の下、カメラの視点においてレイトレースレンダリング〔光線追跡法とも呼ばれ、物体の映り込みや屈折、透過などをリアルに表現する技法〕を行い、1024Pixel X 1024Pixelの8bitグレースケール陰影画像〔白から黒までを256階調に分けて色を表現したもの〕を作成する。可視化モデル作成の流れを図4に示す。そして今回は、以下の3つの3Dモデルについて作成を行い、可視領域の可視化及び考察を行う。

- ① 地理院地図より作成した3Dモデル
- ② ①+現在女川町で計画されている国道398号(T.P +5.4m)を想定した3Dモデル
- ③ ②+国道398号から内陸側に広がる市街地の盛

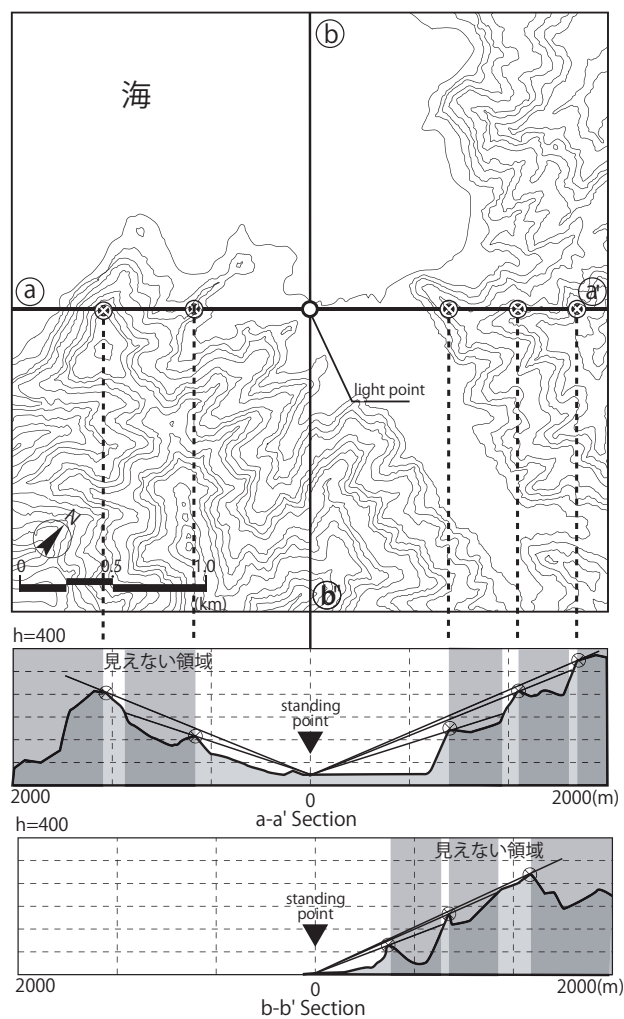
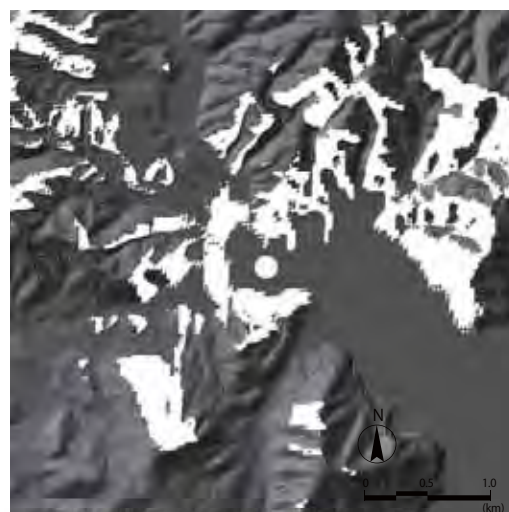
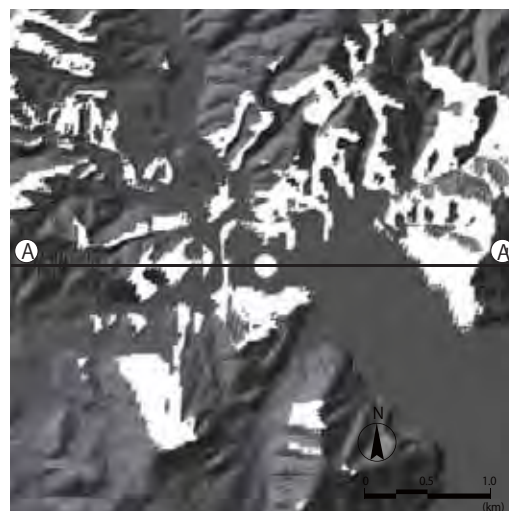


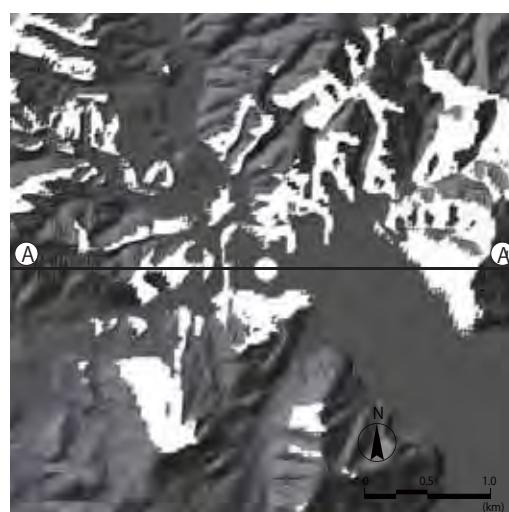
図5 2次元(等高線図・横断面)による可視領域(例)



A-A' Section
① 地理院地図より作成した3Dモデル平面及び断面



A-A' Section
② 国道398号を想定した3Dモデル平面及び断面



A-A' Section
③ ②+市街地の盛土を想定した3Dモデル平面及び断面
図6 3Dモデルによる可視領域(女川町沿岸域)

土 (T.P +5.4m) を想定した 3D モデル

[2 値画像の作成]

以上より得られたグレースケール陰影画像について 2 値化処理^{*3)}を行うことにより、濃度が 0 または 1 の 2 値画像〔モノクロの画像を 2 値化処理によってグレースケールの中間調のグレーをなくした、白か黒のどちらかのピクセルとして表現したもの〕を作成した。

4. 3 次元陰影画像の有用性

可視領域の設定について、等高線図・横断面図を用いた 2 次元による可視領域を表した例を図 5、3 次元陰影画像による可視領域を図 6 示す。

(2 次元による可視領域)

等高線図のみ、若しくは横断面図のみでは、可視・不可視の判断がつかない。よって、等高線図と横断面図との相互の関係から距離や標高で可視領域を抽出する必要がある。つまり、平面と断面の反復による思考過程で、この方法で可視領域を明示するには light point を含んだ切断面を多数必要とし、それらに対応する横断面図を測定しなくてはならない。また測定作業中に誤差が生じる可能性もあり、信頼性にかける。

(3 次元陰影画像による可視領域)

3D デジタルモデルに点光源を設定することにより、その地点を視認できる領域を画像で表現することができる。これにより、従来の測定方法とは異なり人間の視覚的認知にもとづく 3 次元の空間情報を含んだ陰影画像を作成することができる。また、3 次元陰影画像の 2 値化処理で得られる 2 値画像より、ピクセル単位で、の可視・不可視の領域を明確に提示することもできる。これにより、距離や面積などの定量化が可能となる。

以上のように、2 次元による等高線図・横断面図を用いて可視領域を考察した場合、可視・不可視の判別が権雑であり、空間把握が困難である。それに対し、本稿で提案した可視領域の設定手法は、簡易な方法で一度にある地点を視認できる可視領域を把握ができ、3 次元の空間情報を含んだ陰影画像を作成することができる。図 6 を見ると、等高線図では読み取ることが困難な範囲で可視領域の分布が広がっていることがわかる。また 3D モデルをベースとしているため、平面と同時に立面や立体を用いた可視領域の分析を行うことが可能である。

5 まとめ

本稿では、女川町沿岸域において海を視認できる領域を可視化するため、女川港に点光源を設定し、そこを中心とした半径 2000m の円を内包する 3D モデルを構築した。これにより得られた 3 次元陰影画像によって得られた特徴を以下に整理する。

① 3 次元モデルに設置した点光源の光は、設置した場所を視認できる領域を簡易的に示すことが出来た。これによって可視領域の距離や面積など定量的分析を行うことが容易になった。また可視・不可視の判別を陰影画像の 2 値化により、白か黒のピクセルとして明確に提示することが出来た。

② 3 次元モデルに同一の点光源を設置し、モデル内

に計画中の道路や整地の高さを入れ込むことによって、計画後の海を視認できる領域を示すことが出来た。これにより計画前後の可視領域の距離や面積などを定量的分析し、比較を行うことが可能になった。

以上のことから、地図上 (2 次元) では把握・測定が困難であった、海を視認できる可視領域の広がりを、国土地理院刊行の「地理院地図 3D」を用いた可視化モデルによって 3 次元陰影画像として、簡易的に明示した。沿岸漁村地域における環境認知の 3D 可視化モデルによる計画設計手法の援用により、海と地域住民とが一体になり得る領域として可視化した。これは防潮堤の高さや地盤の嵩上げの設定等に関して、多様な要求に応える計画支援の一助に成ると考えられる。

【注釈】

*1) 逆 2 乗減衰 (ウェーバー・フェヒナーの法則) を適用した光の広がりであり、人間の視覚的認知に近似している。

*2) 地理院地図 3D

地理院地図 3D は国土交通省国土地理院

(<http://www.gsi.go.jp/>) より刊行されており、基本測量成果地理院タイロ標準地図 (ズームレベル: 5 ~ 18) を使用し、地理院地図を 3 次元の立体地図として閲覧、ダウンロードすることが出来るサービス。

<http://cyberjapandata.gsi.go.jp/3d/index.html>

*3) 濃淡画像、カラー画像などの多値画像から 2 値画像を得るための処理を 2 値化処理と呼ぶ。具体的には、濃淡画像 $f(x, y)$ 、しきい値 t に関して、

$$f_1 = (x, y) \begin{cases} 1 & f(x, y) \geq t \text{ のとき} \\ 0 & f(x, y) < t \text{ のとき} \end{cases}$$

とする操作である。

【参考文献】

- [1] 大内宏友、山田悟史、木村敏弘、大内節子、松原三人「Study on Changes in Ancient City Agoras Using Fractal Analysis-Using Shaded Image to Describe the Formation of Agora in 300B.C., 150B.C., and 100A.D.-」Journal of Asian Architecture and Building Engineering, Vol.10, No.2, pp.359-366, 2011 年 11 月, 日本建築学会
- [2] 根来宏典、柏原創、蝶名林秀明、山田悟史、大内宏友「3 次元陰影画像を用いた景観認知による可視化モデルの構築」日本建築学会技術報告集, 第 20 号, pp.359-362, 2004.12
- [3] 根来宏典、大内宏友「地域住民の景観認知における可視領域とその構成について」, 日本建築学会総合論文誌, 第 3 号「景観デザインのフロンティア」2005 年
- [4] 蝶名林秀明、根来宏典、大内宏友「フラクタル次元解析を用いた景観認知による可視化モデルの複雑性の定量化手法」日本建築学会技術報告集, 第 22 号, 2005 年
- [5] 大内宏友、他: 地域住民の環境認知にもとづく沿岸漁村地域の景観圏域について—景観圏域に関する実証的研究その 1、日本建築学会計画系論文集、第 507 号、pp.53-59、1998.5
- [6] 大内宏友、他: 地域住民の環境認知における集落の類型に関する実証的研究—環境認知の領域を主体とした実態圏域その 2、日本建築学会計画系論文集、第 492 号、pp.75-81、1997.2
- [7] 大内宏友、砂田哲正: 地域住民における環境認知の構成要素と広がりに関する実証的研究—環境認知の領域を主体とした実態圏域その 1、日本建築学会計画系論文集、第 465 号、pp.69-75、1994.11
- [8] 「住民合意 意見分かれる「防潮堤」(読売新聞 2013 年 3 月 8 日)
- [9] アンドリュウ・ゾッリ、アン・マリー・ヒーラー「レジリエンス 復活力 -- あらゆるシステムの破綻と回復を分けるものは何か」 2013/2/22

*1 日本大学大学院生産工学研究科 博士前期課程

*2 日本大学生産工学部 教授・工博