

プロシージャルモデリングによる津波被害を受けた沿岸集落の再現

Reconstruction of Tsunami-Stricken Villages using Procedural modeling

熊倉 永子* 村上 暁信** 山本 幸子** 石川 幹子***

Eiko KUMAKURA Akinobu MURAKAMI Sachiko YAMAMOTO Mikiko ISHIKAWA

Abstract: After the tsunami caused by the Great East Japan Earthquake, many experts and architects supported the reconstruction effort. The lifestyles, landscapes, and housing cultures of villages have been lost. Some researchers and local governments have employed 2D maps and figures to visualize shared memories. The reproduction of one building is, nevertheless, insufficient to reproduce entire settlements. One must also realize that the detailed modeling of whole villages requires manpower. The present study discusses the reconstruction of six villages in 3D using CityEngine, which can handle large amounts of data through procedural techniques. Based on interviews with local people, aerial photographs prior to the tsunami, and field surveys of surviving villages, the typologies of environmental factor of the villages were developed, as for example typical houses or tide prevention trees. At workshops that use 3D models, residents can remember more details and actively participate in the reconstruction project. One resident started a virtual guide tour of the village and spoke of the location of symbolic trees, vending machines, watchtowers, and so on. Once we create this archive, it will be very useful for further regional planning and preserving the memories of residents and their children

Keywords: *Environmental information, Typology, Disaster reconstruction, Procedural modeling, 3D*

キーワード: 環境情報, タイポロジー, 震災復興, プロシージャルモデリング, 3D

1. はじめに

近年, コミュニティの重要性が各所で指摘されるようになり, 東日本大震災からの復興においても, 被災前のコミュニティをいかに継続させるかが重要な課題の一つになっている。コミュニティの意識は価値観を共有することで形成される。価値観の共有は, 世代を超えた共通の体験(同じ景色を見てきた, 同じ活動をしてきた, 同じ祭事に出てきた, 同じ小学校に通ってきた, 等)やその際の共通の記憶で作られるといえる。しかし, 東日本大震災で津波の被害を受けた集落では, 共通の経験や共通の記憶を育んできた場・空間が失われてしまった。共有の経験や記憶は, 「場」を通して想起されたり再認識されたりするものである。従って, 経験や記憶を育んできた「場」が失われることは, コミュニティ意識の継承に極めて大きな負の影響を与える可能性がある。

他方で, まちづくりやランドスケープ計画の分野では, 立体的な模型や **Virtual Reality** などの仮想空間で景観を再現する 3次元モデルが, 空間理解やイメージの共有, 景観を媒介にしたコミュニケーションの促進を目的として多く用いられてきた¹⁾⁶⁾。

このような 3次元モデルは, 東日本大震災の復興支援において過去の場を思い出させ, 住民のコミュニティ意識を向上させる重要なツールになる可能性があるといえる。実際に, かつての記憶を留めるために 3次元モデルの活用も進められている。そこでは 1/500 の縮尺で住宅を均質な精度で再現した白模型に, ボランティアの学生と住民とが対話しながら彩色や新たな模型の追加を行い, かつての集落での暮らしの記憶を保存・継承する取り組みが行われている⁴⁾。しかし模型では被災前の集落景観を十分に再現し切れないという課題もある。また, 外部の人間が作成するのは比較的均質に再現された模型であるのに対して, 実際に住んでいた人々の個人的な記憶や思い入れには精度にばらつきがあり, 特に細かく思い出す場所や要素があるなど, 望まれる精度と作成されるモデルの精度の間にギャップが存在する^{4),7),8)}。そのようなギャップを埋めつつ, 住民の記憶の精度にも応えられる 3次元モデル

を作成するためには, きめ細かいヒアリングとモデル作成労力のバランスを取りつつ作業を進めていくことが求められる。

そこで本研究では, プロシージャルモデリング⁹⁾の技術に着目した。プロシージャルモデリングは, シェープファイルなどの 2次元の地図データに対し, 予め集落を構成する住宅や植栽などの要素のタイポロジーを割り当て, 各タイポロジーの 3次元モデルの形状を再現するためのルールを組み込み, 短時間で膨大な 3次元空間を再現する技術である。これは, ある程度均質なルールにより再現したモデルから, 被災者の記憶の濃淡に合わせた詳細なモデルへのルールの改良や, 新たなタイポロジーを追加していくことで, 比較的短時間で, 住民の空間認識を反映した集落全体の風景から建物スケールまでを再現することができる。プロシージャルモデリングの活用により, 風景の記憶に加え, そこで営まれた活動の記憶の想起にまでつながりやすくなり, 集落内に点在しているランドスケープの要素や, 集落内を回遊しながら思い出される要素など, 新しい復興まちづくりに活かすための環境要素も抽出できる可能性がある。そのような認識に立ち, 筆者らは防災集団移転が進められている宮城県岩沼市の沿岸集落を対象に, 被災者へのヒアリング調査⁸⁾などを基にプロシージャルモデリングを使って被災前の集落を再現し, ワークショップなどを通じてフィードバックを得て精度を上げつつ, 今後のまちづくりに活用する取り組みを行っている。本稿ではその取り組みの内容について報告し, 技術的な側面における課題を検討する。

2. 対象地の概要

(1) 被災状況

対象地は, 宮城県岩沼市(人口 4 万 4 千人, 面積 60.7 km²)の沿岸部に位置する, 相野釜, 藤曾根, ニノ倉, 長谷釜, 蒲崎, 新浜の 6 集落とした。対象地周辺は仙南平野と呼ばれ, 海岸線から数 km にわたり低平な地形が広がっており, 松林や居久根などの緑が豊かな地域であった。東日本大震災の津波では, 海岸沿いの

*首都大学東京都市環境学部

**筑波大学システム情報系

***中央大学理工学部

集落の家々や、砂防のために植えられた松林が壊滅的な被害を受けた。岩沼市全体では、死者 181 名（直接死）、市域の約 48%が浸水し、住居被害 5428 戸のうち全壊が 736 戸、大規模半壊が 509 戸（2012 年 11 月 30 日時点）であり、その被害の多くが沿岸集落であった（図-1）。特に被害が大きかった 6 集落は共同で、集団移転促進事業を活用し内陸へ移転することを決定した。以前の集落は、基礎や塀の一部が残るのみで、かつての風景の面影はほとんど失われている。また、集落の土地の一部では、千年希望の丘として造成や植樹が進められている⁸⁾。

(2) 岩沼市の復興計画と 3 次元モデル化の取り組み

表-1 に岩沼市の主な復興の動きと 3 次元モデル化の取り組みを示した。復興計画は、ランドスケープの計画を柱とし、震災直後から現在まで大きく 4 段階に分けて進められてきた。第一期はグラウンドデザインの策定（2011 年 4 月～8 月）、第二期は被災者がつくる復興まちづくり（2011 年 10 月～）、第三期は防災集団移転促進事業とまちづくり（2012 年 6 月～2013 年 11 月）、第四期は復興まちづくりのビジョンの統合と実践（2013 年 11 月～）である。2013 年 12 月から防災集団移転地区の土地の引き渡しが始まり、2014 年 3 月には被災者の一部が引越しを完了している。

震災直後から続けられているワークショップや現地調査では、被災したコミュニティへのヒアリング調査が行われ、自然環境と暮らしの関係や、植栽、集落の構造、コミュニティの仕組み等が分析された⁹⁾。また、集落を構成する主要なランドスケープ要素である居久根や海岸林の調査¹⁰⁾も並行して行われた。

3 次元モデル化の取り組みは、2013 年 8 月からはじめ、既に行われていたヒアリング調査や植栽の現地調査の結果をもとに進めた。作成した 3 次元モデルは、2014 年 4 月より、復興計画の第四期である 6 集落の代表住民らが発足した玉浦西地区まちづくり住民協議会の参加者に提示し、フィードバックを受けながらモデルの作成に取り組んだ。

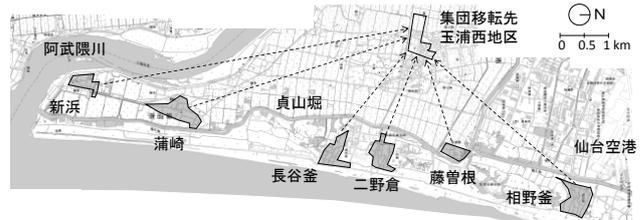
3. 再現作業の経緯

ランドスケープを軸としたかつての集落を 3 次元の仮想空間として再現するためには、集落全体の風景や、隣の集落、海岸や防潮林との位置関係を見渡せるような俯瞰的なスケールから、集落内の道からみた景色、各住宅の庭先など各々が記憶にもつ生活空間の風景のスケールまで自由に横断することが重要である。そこで大規模な領域を 3 次元化するために、プロシージャルモデリングで詳細なモデルも大量に扱うことが可能なソフトウェアである CityEngine を用いた⁹⁾。

(1) 3 次元化に使用したソフトウェア

CityEngine は、プロシージャルモデリングで 2 次元データから凹凸のあるテクスチャ付きの 3 次元の建築物や道路を作成するソフトウェアである。図-2 にルール概念を示す。Computer Graphic Architecture のプロシージャルモデリングのための構文 (CGA Shape Grammar) によって、モデルの形状やテクスチャのマッピングの種類などのルールを記述し、それらのルールを繋げて 3 次元モデルが作成される。

ルールは、分割、移動、回転、押し出し等の単純な組み合わせにより、建物の形状や大きさなどの 3 次元の形状のパターンや属性が決められる。それを、2 次元データに定義された土地の大きさや建物の種類などの条件へ合わせることで、個性差をもった形状のモデルを、広範囲にわたり短時間で一度に作成することが可能となる。また、GIS データの位置や属性情報も利用でき、シェープファイル、Geodatabase (GDB)、地形データ (DEM) などの地理空間データを読み込める。それらの情報がない場合には、DXF 形式として地図データや画像からトレースしたデータを道



	新浜	蒲崎	長谷釜	二野倉	藤曾根	相野釜
全住戸数(戸)	43	128	74	91	19	116
全壊戸数(戸)	43	128	74	91	19	116
死亡者(名)	5	10	36	18	3	39
移転予定世帯数(世帯)	24	64	50	60	7	63

図-1 対象地の被災状況と防災集団移転の概要

表-1 岩沼市の主な復興の動きと 3 次元モデル化の取り組み

時期	主な復興の動き	3次元モデル化の取り組み
2011.03.11	東日本大震災発生	
03.12	ベアリング支援の提案・実施	
04.25	岩沼市震災復興本部を設置・基本方針を決定	
06.05	応急仮設住宅の入居完了	
08.19	文化的景観(居久根)の調査(～2011.09.20)	
09.01	岩沼市震災復興計画マスタープラン	
11.12	岩沼市玉浦地区での第1回ワークショップ(～2014.09時点全19回)	
12.27-28	ヒアリング調査	
2012.02.17	岩沼市復興整備協議会設置	
06.11	玉浦西地区まちづくり検討委員会の発足	
08.06	岩沼市集団移転先の造成工事着工	
10.01-03	海岸林調査	
11.23-25	ヒアリング調査	
2013.08.05	相野釜集落 ヒアリング調査	
08.10-12	海岸林調査	
08.25-27	海岸林調査	
11.25	玉浦西地区まちづくり検討委員会 終了	
12.21	玉浦西地区第1期土地引渡し開始	
2014.01.18	玉浦西地区まちづくり住民協議会発足	
03.31	被災者の一部が玉浦西地区へ引越完了	
04.27	第17回ワークショップ	
06.28	第18回ワークショップ	
07.20	第19回ワークショップ	

08.05	3次元情報の抽出開始(敷地内のタイポロジーの調査)
04.27	タイポロジーの決定 空中写真のトレース 各タイポロジーのモデル作成
04.27	3Dモデルの提示1回目 ←残存集落の調査 ←Googleストリートビューとの調整
06.28	3Dモデルの提示2回目 ←神社などのシンボルの追加 ←建築系研究者の参加 ←残存集落の調査
07.20	3Dモデルの提示3回目

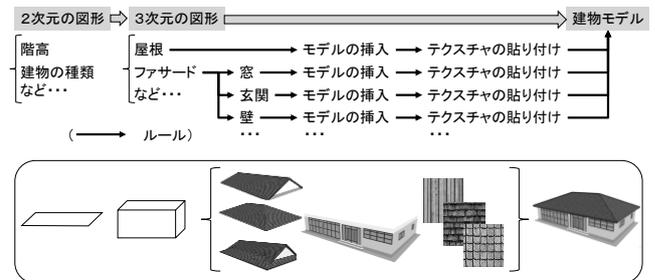


図-2 タイポロジーを記述する CGA ルールの概念

路や敷地として使用することができる。

これらの技術により、設計者や行政がモデルの設置作業の時間を短縮できることや、計画上でルール化されたデザインを瞬時に可視化しながら検討、情報の共有ができることから、近年は、都市計画などの分野で実際に取り入れられている事例もある¹¹⁾。

(2) 3 次元モデルの作成プロセス

図-3 に本対象地での再現作業の経緯と使用したデータを示す。3 次元化のベースとなる 2 次元情報は、被災前の 2010 年 8 月に撮影された空間解像度 25 cm の空中写真(岩沼市提供)を用いた。本対象地の被災前の GIS データの住宅の多くは、増改築が繰り返されており、敷地によって母屋と納屋の区別の有無が統一されていないことから、納屋モデルの再現の欠損を防ぐため、空中写真から屋根形状(入母屋、寄せ棟、切り妻、入母屋と切り妻の組み合わせ、陸屋根の 5 種類)、階層(平屋と二階建ての違い)

を判別した上で、各建物を抽出した。居久根や庭木などのランドスケープ要素も空中写真から植栽範囲を抽出した。

抽出したデータは DXF データへ変換し、被災者へのヒアリング調査⁸や植生調査¹⁰を基に、建物用途や植栽の形態別に4章で述べるタイポロジーとして分類し、CityEngineへ読み込んだ。建物のタイポロジーの3次元形状を再現するためのルールは、被災者へのヒアリング調査⁸から建物の使われ方を推測し、似た形状の建物を、専門書や残存する周辺集落の現地調査、被災前のGoogleストリートビュー¹²(以下、ストリートビュー)から確認し、寸法や開口部の詳細を推定した。植栽の樹種や樹高などのタイポロジーのルールは、植生調査¹⁰を基に決めた。

建物や植栽などにより構成される、集落全体の風景の再現とその中の記憶の抽出を目的としているため、最初のモデルでは、個々の建物の違いや樹木1本1本を厳密に再現しないこととした。そのモデルを基にして、5章で述べる被災者からの指摘を受けて適宜モデルの追加や修正を行った。

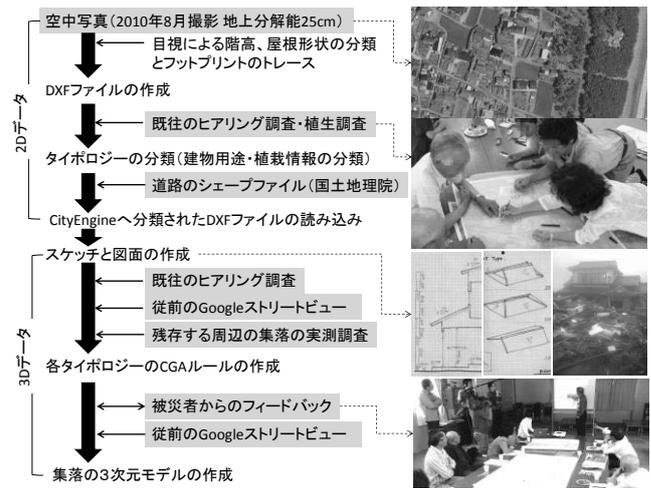


図-3 再現作業の経緯と使用したデータ

4. 集落を構成するタイポロジーとそのルール

(1) 集落を構成するタイポロジー

震災直後から進められていたヒアリング調査⁸の中で、各住宅の敷地内の空間構図を図面化した、相野釜の6件、長谷釜の3件のデータを基に住宅の基本形状と要素を決定した。ヒアリングは、被災前の空中写真を用いて、自宅の建物の位置をトレースしながら、建物の用途やそこでの生活を聞き取る形式で行われた。

対象地の住宅は、伝統的には茅葺き屋根であったが、震災直前は在来工法の住宅にほとんどが建て替えられていた。敷地の形状や場所に関わらず、ヒアリングがされた全ての住宅で玄関が南側に位置しており、多くの住宅で納屋が母屋と横並びに建てられていた。これは、集落では農業が営まれており、納屋は農機具入れや、乾燥機小屋、作業場や物置として用いられていたことや、母屋の南側に縁側があったこと、低平地でありどの住宅でも十分な日射を受けられるなどの地域的な特性であると考えられた。また、母屋から納屋や庭先まで雨にぬれずに移動できた記憶も紹介されたことから、母屋と納屋は、屋根や下屋で連続していたことも想定された。

植栽については、対象地域周辺で伝統的にみられる、冬の北西からの季節風や夏の日差しを防ぐ屋敷林の居久根や、庭先の日本庭園や松の手入れ方法、敷地内の家庭菜園や、育苗用のビニルハウスなどが見出された。日常的に自宅周辺の屋外空間を積極的に利用していたこともヒアリング調査から示された。

以上のような基本情報をもとに、ヒアリングの対象住宅以外にも建物やその計画に同様の傾向がみられることを、被災前の空中写真からも目視で確認した。その結果、対象集落の固有の風景を構成する要素として、母屋(屋根形状をもとに5種類)、納屋(平屋と2階建て)、ビニルハウス、居久根、庭木などの中高木群、防潮林などの中高木群、街路樹や単木、生け垣、ブロック塀を合計14種類のタイポロジーとして分類した(表-2、図-4)。以上の分類は、被災前の空中写真から作成したDXFデータに反映させた(図-5)。

(2) 各タイポロジーのルール

ヒアリング調査⁸をもとに、まず被災前の空中写真とストリートビューから抽出できた全住宅の画像より、対象集落内で数が多く、典型的と見られる各タイポロジーのパターンを抽出した。その上で、現地にて撮影した残存する類似建物の写真などから推測し、屋根勾配や階高、窓の寸法などを決定しルールに組み込んだ。植栽関係のタイポロジーの樹種や寸法は、植生調査¹⁰の結果を基にした。各タイポロジーのルールと作成したモデルの例を表-3に示す。

表-2 集落を構成するタイポロジー

	母屋	納屋
空中写真		
現地写真		
	ビニルハウス	居久根
	庭木	防潮林
	街路樹など	生け垣
	ブロック塀	

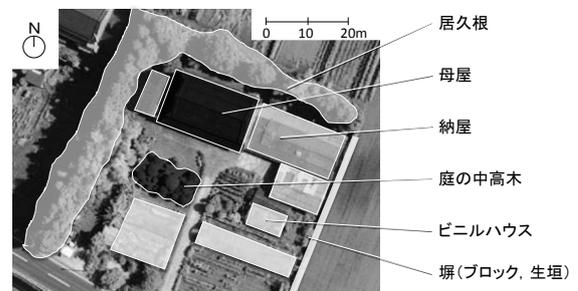


図-4 敷地内の典型的なタイポロジー

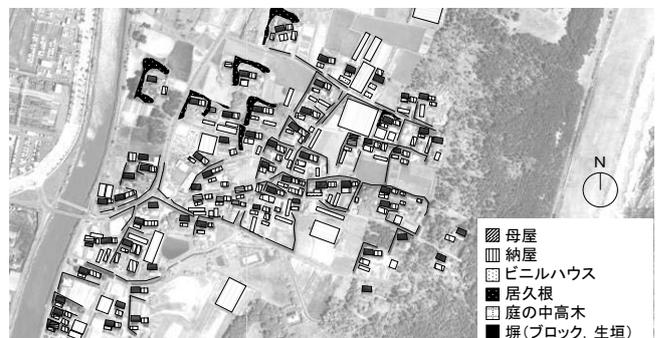


図-5 分類したタイポロジーの分布画像(相野釜)

1) 母屋

(1) で述べたように現地調査でも、母屋と納屋が並列に配置され、母屋と納屋の間に増築がされることで、2~3棟が東西方向に連なるパターンが数多く見られた。開口部は、間取りのヒアリン

表-3 各タイプロジーのルール

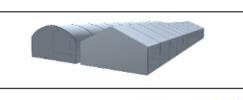
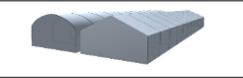
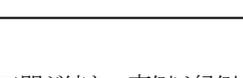
タイプロジー	3次元形状の要素	ルール	モデルの例	
母屋	屋根形状5種	屋根の色	5種類	   
		バルコニー	有/無	
		階数	1階/2階	
		1階窓	掃き出し窓4枚2組、腰窓4枚1組など	
		2階窓	掃き出し窓4枚2組、腰窓4枚2組など	
		玄関の方位	南側を基本(変更可)	
		玄関の屋根	有/無	
		2階の位置	ランダム	
下屋の有無	有/無			
下屋の方位	玄関側1面、玄関と反対側2面、1面			
納屋	屋根	切り妻	 	
	屋根の色	3種類		
	主要開口部の位置	南側を基本(変更可)		
	階数	1階/2階		
	2階の高さ	1m, 1.5m, 2mなど		
	下屋	主要開口部側1面、反対側2面、1面		
下屋の柱	有/無、本数、位置を変更可			
居久根	スギ、マツ、ケヤキ、タブノキ、中低木のツバキ、カキノキ等の実写画像を3-15mで0.05本/m ² の密度で出現			
庭木	マツやカエデ、ナンテン、ツゲなど実写画像を1-3mで0.1本/m ² の密度で出現			
防潮林	アカマツやクロマツなど実写画像7-25mで0.05本/m ² の密度で出現			
街路樹など	サクラとケヤキの実写画像を5-10mで出現			
ビニルハウス	形状	カマボコ型、屋根型		
	高さ	2m(変更可)		
生け垣	植栽のみ	0.8-2mで出現		
	ブロック塀+植栽	0.8-2mで出現		
ブロック塀	1.2mの高さでブロックを出現			



図-6 再現した集落の近景

また玄関の東側は、台所や土間空間が一間ある住宅と、土間空間がない住宅、土間空間の代わりに増築がされ納屋とつながっている住宅があることも確認された。

以上より、1階は玄関の西側に、4枚つづきの掃き出し窓が2組出現するルールを基本形状とし、敷地の長さによって、玄関の東側にも4枚の掃き出し窓か腰窓が出現するモデルとした。同様にして、2階の窓のパターン、バルコニーの有無、下屋の有無と出現パターン、玄関の屋根の有無をルール化した。屋根の色は、空中写真の画像から自動判別した。

2) 納屋

被災前のストリートビューと現地実測からも、ヒアリング調査と同様に農機具入れや、乾燥機小屋、作業場や物置として使用され、母屋と並列で建てられ、切り妻の屋根形状で南側が主要な開口部として計画されたものがほとんどであることが確認された。しかし、増改築が頻繁に繰り返され、基本形状に付加する屋根が多く、2階の用途により高さにばらつきがみられた。例えば、ヒアリング調査の中で約25年前までは、農作業や肉牛用に2-4頭

グ調査で述べられた、玄関の左側に六畳二間が続き、南側は縁側になっていたことが、被災前のストリートビューと現地実測での窓の枚数や寸法からも確認され、ほぼどの住宅でも共通していた。

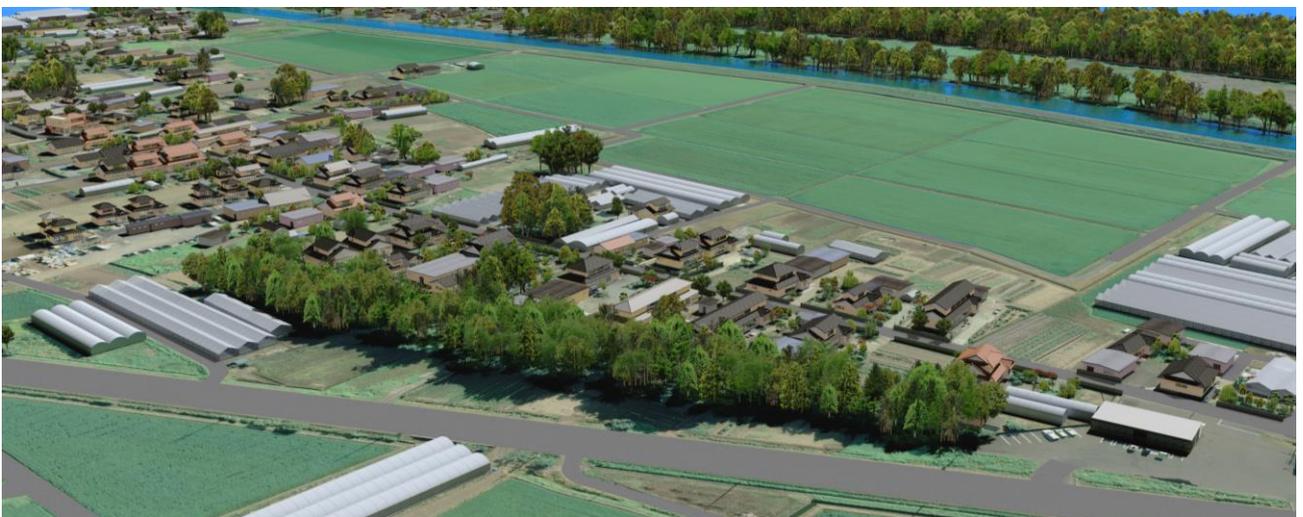


図-7 再現した集落の遠景

の牛を飼っていた住宅では、もともと牛小屋であった建物を、その後物置や作業場へ変更して使用していたことや、二世帯として納屋を息子夫婦用に2階建ての住宅として使用していた住宅等が存在したことがわかった。

以上のことから、納屋は住宅によって母屋とのつながりや、用途が多様であるため、切り妻の屋根形状と主要な開口部が母屋の玄関側であることは基本形状として固定し、2階の高さ、下屋の長さや出現パターンをルール化し、可変できるものとした。

3) ビニルハウス

ヒアリング調査より、住宅の敷地内に苗木や水稻育成用の小さなハウスから、農業用の大きなハウスまで様々なビニルハウスが存在していたことが示されたため、寸法はトレースした敷地の大きさに応じて生成し、高さは自由に調節するモデルとした。形状は、当初カマボコ型のみであったが、5章で示すワークショップ時の指摘を踏まえ屋根型のビニルハウスも追加した。

4) 居久根

冬の北西からの季節風の防風や、防砂を目的に、敷地の北西側に居久根が植えられていた。震災直前には既に居久根を切ってしまった住宅もあったが、ヒアリングより、かつて居久根が存在していたことが判明した住宅については3次元モデル上で再現した。ルールは、ヒアリング調査や残存する居久根の毎木調査を基に、高木のスギ、マツ、ケヤキ、タブノキ、中低木のツバキ、カキノキ等の実写の樹木の画像を、2枚の直交する板ポリゴンに貼付けたものをモデルとした。樹高は3~15mとし、対象のトレースしたポリゴン内に0.05本/m²の密度で出現させた。

5) 庭木

ヒアリング調査より、母屋の南側に庭先や敷地内に、観賞用や菜園用に中低木の植栽が植えられていたことから、マツやカエデ、ナンテン、ツゲなど実写の画像を、4)と同様にしてモデルを作成した。樹高は1~3mとし、対象のトレースしたポリゴン内に0.1本/m²の密度で出現させた。

6) 街路樹や単木

ヒアリング調査より、集落の空き地や街路樹の下で花見をした記憶や、被災前のストリートビューから判読した樹種より、サクラとケヤキの実写の画像を、4)と同様にしてモデルを作成した。樹高は5~10mとし、対象のトレースしたポリゴン内に配置した。

7) 防潮林

ヒアリング調査から、防砂を目的に植林した松林の歴史は古く、松葉さらいやキノコ、タケノコ、山菜狩りなどをしながら集落の皆で管理が行われていたことがわかった。震災後にも実測調査¹⁰が行われており、その資料を基に樹種や寸法を決定した。

アカマツやクロマツなど実写の画像を基に、4)と同様にしてモデルを作成した。樹高は7~25mとし、対象のトレースしたポリゴン内に0.05本/m²の密度で出現させた。

8) 生け垣・ブロック塀

ヒアリング調査より、ツバキやマサキの生け垣や、竹垣など住宅によって樹種や高さが様々なものが存在していたことがわかった。そこで、被災前のストリートビューと現地調査を基に、高さが0.8m~2mで調節可能な生け垣、1.2mのブロック塀、0.3mのブロック塀の上に高さの調節が自由な生け垣の3種類を作成した。

9) その他のモデル

二ノ倉と長谷釜の間に位置する二ノ倉工業団地内の工場を、屋根の傾斜が小さいスレート屋根の建物と陸屋根の建物として被災前の空中写真の屋根面から判読し再現した。更に、電柱モデルも被災前のストリートビューを基に街路の幅に合わせて追加した。

以上のモデル(表-3)を、CityEngineのCGAルールとして記述し、図-5で抽出したDXFデータへそれぞれ適用した。更に、被災前のストリートビューや空中写真と照らし合わせながら

バルコニーの有無、玄関にかかる屋根の有無、下屋の有無、下屋の出現方位、窓の高さ、窓の数、生け垣や塀の種類などの調整はワークショップと平行しながら手動で行った(図-6, 7)。

5. 作成した3次元情報を用いたワークショップ

(1) ワークショップの概要

玉浦西地区まちづくり住民協議会の中で時間を設け、2014年4月より3回にわたり、作成した3次元モデルを用いてワークショップを行った。会場に集まった住民協議会のメンバー10名程度に対し、3次元モデルを提示して意見を聞いた。各会の参加メンバーは主に50代から80代、男女比は3:2程度で構成されていた。約半数名は毎回同じメンバーが参加していた。

集落ごと順に3次元モデルを投影し、各集落の代表者にスクリーンを指しながら話してもらい、その内容を記録した。皆で共通のスクリーンを眺めながら記憶をよみがえらせることにより、相乗的に活発な発言ができることを期待し、会場内の同じ集落の出身者からも自由に発言をしてもらった。3次元モデル内を移動する操作は話し手の指示を受けながら筆者らが補助した。ワークショップに参加したいずれのメンバーも既にヒアリング調査を受けているため、ここでは3次元モデルの訂正指示も含め、なるべく空間に関する内容を話してもらった。

(2) 被災者のからのフィードバックとモデルの変更

3回のワークショップを通じて、住民からのフィードバックを受けながらモデルの精度を高める際、住民のモデルの指摘事項と共に、それ以外に発せられる集落の景色などに関する発言を中心に整理し、3次元モデルのどの部分に住民が着目し、空間を認識しているのかを検討した。毎回の参加メンバーは固定されていなかったことから、それぞれの家の庭先は含まず、集落全体の風景と道路からみた街並みについてのみ着目した。表-4に(a)3次元モデルへの指摘事項以外の発言、(b)3次元モデルに対する指摘事項、(c)指摘事項を踏まえた修正部分、(d)指摘とは別に修正した部分を示した。

第1回目では、空間を認識するためにまず2次元で表示し、集落の目印となる神社やお墓などの位置を把握した上で家の位置を確認しており、(a)の最も多い発言は、家や神社などの建物や樹木の有無であった。(b)の指摘事項では、建物の色や階層が異なること、植栽が少ないこと、塀がないことなどの多く項目があげられた。それらを踏まえ(c)として、建物の位置や抜けがないよう修正し、神社や大イチョウなどのシンボルを追加した。

第2回目では、1回目追加した神社などの集落の代表的な建物のモデルが追加されたことにより、(a)として神社周辺でのお祭りの様子や、公会堂の屋上で津波から助かった話、分校の周りのサクラなどがあげられると共に、神社の灯籠や階段の欠如などの細かい指摘もあった。(b)の指摘事項では、第1回目で指摘され修正した塀に対し、建物や道路との幅を更に指摘された。また、ビニルハウスや塀越しの家の見え方の指摘もあり、道路からの風景として塀やビニルハウスと、そこから見える住宅や植栽を認識していたことが示唆された。そこで、(c)(d)では、塀から見える風景として重要な、住宅の屋根の厚みや形状、バルコニーなどの大幅な修正や、塀や建物の位置の再調整を行うために、建築系の専門家とモデル作成の作業員を増員して修正した。

第3回目では、(a)として住民が説明する画面を見た他の住民から、自分や知人の家を見つけ感嘆する声があがった。また、ブロック塀がつづく集落の街並みを見て、被災前の街並みの再現として満足する声もあげられた。(b)では神社への更なる指摘として、参道の追加、火の見やぐらなどがあげられた。また前回までは見られなかった公会堂の屋根形状を住民皆で思い出し、指摘する場面もあった。

表-4 ワークショップ時の被災者の発言と3次元モデルの変更点

a. 3Dモデルへの指摘事項以外の発言	b. 3Dモデルに対する指摘事項	c. 指摘事項を踏まえた修正事項	d. 指摘とは別の修正事項
1回目 04.27 ・自分の家があるか ・神社やお墓などの集落の主要な建物があるか ・メインストリート的位置 ・大イチョウが迷路のような集落の出口の目印 ・昔の遊び場	・家の有無・屋根の色 ・樹木の有無や大きさ ・塀の追加・火の見やぐら ・住宅の有無、階層の違い ・公民館や神社の追加 ・植栽が少ない	・屋根の色 ・樹木の追加 ・塀の追加 ・神社の追加 ・塀のテクスチャのくすみ	・玄関の向き
2回目 06.28 ・真山堀沿いの松林の保存の話 ・震災時の話 ・分校に植えられていたサクラの木 ・道路側の自宅の木の樹種と大きさ ・昔は竹やぶが多く道幅が狭かった話 ・塩をとった場所と塩場山の話 ・祭りの露店の配置	・屋根の厚み ・テクスチャのくすみ ・ビニルハウスの高さ ・自動販売機・鳥居・灯籠 ・道路の正確な位置と幅 ・舗装の色 ・道路から建物のセットバックした距離	・ビニルハウスの高さの種類 ・建物や塀の位置調整 ・庭木の増加 ・屋根の厚みの追加 ・お墓の追加 ・自動販売機の追加 ・鳥居、灯籠の追加	・屋根の色 ・建物の窓 ・玄関 ・バルコニー (作業体制を充填)
3回目 07.20 ・自分や知人の家の発見 ・真山堀の橋からの眺め ・防潮林の見え方 ・寺へお参りする道 ・ブロック塀がつづく街並みだった	・公会堂の屋根形状 ・テクスチャのくすみ ・火の見やぐら ・植栽の密度	・住宅の追加 ・階層の再修正 ・建物のテクスチャの変更 ・海岸林の密度調整	・納屋 ・電柱 ・下屋の追加



以上のことから、プロシージャルモデルによる街並みの再現と、集落を代表するような建物や植栽のシンボルのモデルとを組み合わせることにより、特定の場所の記憶と平行して、道路から見える住宅や植栽などの風景の記憶も思い出すことに有効であったことが示された。

6. プロシージャルモデリングを用いた被災前の集落の再現とワークショップの課題

3D CG ソフト等を用いて1つ1つの情報を再現する方法に比べ、プロシージャルモデリングは、取得可能な情報が限られている場合でも、建物や植栽などの集落を構成する要素のタイポロジーを決定し、現地調査やヒアリングからそれぞれのルールが作成できれば、3次元情報の再現に有用であることが示された。ヒアリングを重ね実際の集落に近づけようとすると、ルールが複雑になり変更可能なパラメータが増加した。その結果、1つ1つの建物に対してテクスチャや開口部の位置など、手動でパラメータを調整することができるが、その数が膨大であることから時間と人員を要することが課題としてあげられる。

ワークショップでは、プロシージャルモデリングは、テクスチャや屋根の厚みなど、予めルール化されているパラメータであれば、瞬時に建物を一括して変更し可視化できることから、ワークショップを通じてより精度の高い情報の取得を可能とした。しかし再現する3次元モデルが詳細になるほど、本来の目的である集落での暮らしの記憶の抽出ではなく、かつての風景そのものの再現を目的とした発言が多くなるのが課題である。ただし、風景の再現についての発言からどのルールが対象の集落らしさを表すのかを明らかにできれば、復興まちづくりのルールづくりに活かせる可能性もある。また、作成した3次元情報は景観だけでなく、風環境や温熱環境などの数値シミュレーションの形状モデルとしても使用できる。本取り組みの場合、居久根の防風や日射遮蔽効果などの当時の屋外環境の実態を把握し、復興まちづくりでの居久根の継承を促進するための情報共有に貢献できる可能性がある。

7. まとめと今後の課題

宮城県岩沼市内の6つの沿岸集落において、震災復興の新たなまちづくりに向けて、プロシージャルモデリングにより被災前の集落を構成する環境要素を母屋、納屋、居久根、防潮林などのタイポロジーとして作成し、かつての集落の風景を3次元で再現した。作成した3次元モデルを用いてワークショップを行った結果、屋根の厚みやビニルハウスの高さ、道路からみた街並み、集落からみた防潮林の景色など、地図などからは判別できない住民の空間的な記憶が表出された。プロシージャルモデリングによる街並

みの再現とシンボルモデルの組み合わせによる3次元モデルが記憶の再生に有用であることが確認された。

本取り組みについては、今後はタブレット端末なども用いながら少人数でのヒアリング調査を行うことや、住民の家族などの若い世代からのコメントも抽出するため、ウェブ上に公開しコメントを直接3次元モデル上に記録するなどの方法も用いながら、かつての風景の捉え方を分析し、その特徴を明らかにしていく予定である。

謝辞:

本研究は、社会技術研究開発センター (RISTEX) の研究開発プロジェクト「コミュニティがつなぐ安全・安心な都市・地域の創造」により実施したものである。岩沼市玉浦西まちづくり住民協議会の方々に多くの支援をいただいた。また、CityEngine のモデリングに関し、SmarterBetterCities AG, 株式会社クレッセントの協力を得た。ここに記して、感謝の意を表す。

補注及び引用文献

- 1) 例えば矢野桂司, 磯田弦, 中谷友樹 他 8名 (2006): 歴史都市京都のバーチャル時・空間の構築: E-journal GEO Vol. 1, 12-21
- 2) バーチャル京都—過去・現在・未来への度—: 立命館大学地理学教室ホームページ <http://www.geo.it.ritsume.ac.jp/webgis/ritscoe.html>, 2012.6.7 更新, 2014.9.20 参照
- 3) 渡邊英徳 (2013): 多元的デジタルアーカイブズと記憶のコミュニティ: 都市計画 62(6), 58-63
- 4) 榎橋修, 山田恭平, 他 2名 (2014): 被災地における街の記憶の復元と共有手法に関する研究: 岩手県大槌町町方地区における復元模型ワークショップ: 日本建築学会計画系論文集 79(699), 1129-1137
- 5) 有馬隆文, 百合野高宏, 日高圭一郎 (2007): まちづくりワークショップにおけるバーチャルリアリティの活用とその評価: 空間理解とイメージ共有のためのワークショップ支援システム(その2): 日本建築学会計画系論文集 (617), 79-85
- 6) 古賀元也, 鶴心治, 多田村克己 他 2名 (2008): 景観まちづくりにおける空間イメージ共有手法に関する研究: 日本建築学会計画系論文集 73(633), 2409-2416
- 7) 佐藤布武, 貝島桃代, 橋本剛 (2014): 漁村集落における土地利用の変化と津波への対策が集落空間構成へ与えた影響: 日本建築学会計画系論文集 79(699), 1119-1127
- 8) 研究開発領域「コミュニティがつなぐ安全・安心な都市・地域の創造」研究開発プロジェクト「いのちを守る沿岸域の再生と安全・安心の拠点としてのコミュニティの実装」(研究代表者 石川幹子): 平成25年度, 平成24年度研究開発実施報告書
- 9) Müller P, Wonka P, Haegler S, Ulmer A, Van Gool L. (2006): Procedural Modeling of Buildings: Proceedings of ACM SIGGRAPH 2006 / ACM Transactions on Graphics (TOG), ACM Press, Vol. 25(3), 614-623
- 10) 東京大学 GCOE プログラム「都市空間の持続再生学の展開」, 東京大学工学系研究科都市工学専攻環境デザイン研究室(2010), 居久根の防災効果に関する調査報告書 p55
- 11) N. Neuenschwander, U. Wissen Hayek, A. Grêt-Regamey (2014): Integrating an urban green space typology into procedural 3D visualization for collaborative planning: Computers, Environment and Urban Systems, Vol. 48, 99-110
- 12) 未来へのキョク: <https://www.miraikioku.com> : 2014.9.20 閲覧