

## 合意形成における3次元モデルの適用可能性について

○松本 守正\*1 蟹澤 宏剛\*2  
大竹 弘孝\*1 齋藤 彰\*1  
井上 千鶴\*1

キーワード：地域活性化 まちづくり 3次元モデル ストリートビュー 観光 景観 ライフサイクル

### 1. はじめに

3次元情報をより手軽なかたちでまちづくり分野に活用することを目的として、既存の3次元モデル作成技術およびモバイルマッピング技術のまちづくりへの展開を試みた。本報告では、その取組みを通じて得た、3次元情報活用ツールの課題について報告する。

### 2. まちづくりにおける合意形成

まちづくりのために多くの住民の合意に基づき、そこに内在する問題点を掘り起こすために、3次元モデルがどの程度活用可能であるかを検証し、問題点等をハード、ソフトの両面から整理することを目的とする。そのために、現状を把握し、理解しやすい形で整理することが必要である。合意を求める住民は、そこに居住し日々生活しており、日常を写し出したモデルの上に現状の問題点やトピックを重ね合わせることにした。

その上で、

- ①複数の関係者が保有する情報の公開・共有
- ②住民への解りやすい現状、計画の提示
- ③対外的なPR活動の実践 といった機能を付加する。

### 3. 情報収集ツールの検討

現状を把握、提案企画の検証方法として、マーケティング手法では、現地でのフィールドワークとして受動的な観察とより能動的な聞き取りに分けられる。観察とはカメラによる景観観察や定点動画撮影がある。聞き取り調査は、主題を明確にする対面アンケート調査、不特定電話調査、ミステリーショッパー（店頭覆面調査）などがある。本報告では、デジタルツールを用いて現地での調査・観測時間を削減し、展開性や自由度の高い提案を地元住民、関係行政・業者および提案者との間で電話会議等による合議することを目指した。まちづくり案件の中には、広域、山間、市有地、フィールドワークの期日指定などそれぞれ条件が設定される。検討・検証フェーズであるため、精密・精緻な断定的な提案よりも、直感的で安価・多様な表現を期待されている。

#### 3. 1. ツールの役割と構成

観測データ収集ツールとして、筆者らが所属する株式

会社JMが保有する、①写真計測技術を用いた3次元モデル作成サービス（商標「Matabee-3D」）と、②車両搭載型写真計測技術による3次元都市空間モデル作成サービス（商標「Matabee-3Dm」）を用い、③車両の走破できない狭隘地や屋内を補完するためにパノラマ作成サービス（商標「Matabee-360」）を用いた。

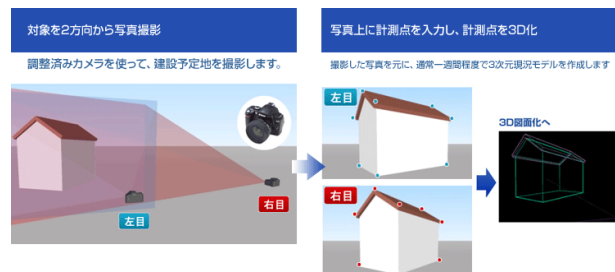


図1 Matabee-3Dにおける写真計測技術の概要



図2 検証に用いた3Dモデルの一例



図3 3Dmにおける車両搭載型写真計測技術の概要



図4 3DmのWEBサービス画面の例

Matabee-3Dは写真計測を用い、CADモデルを作成し、自由な視点による全体俯瞰や家屋の移動、レイアウト提案を行う。Matabee-3Dmは同じく写真計測カメラを車載してステレオならびにパノラマ撮影を作成し、対象範囲の全体が俯瞰できる情報発信基盤としての役割を持たせた。Matabee-360は注目すべき範囲や欠落範囲の補完を行うことで全体を構成させた。一般的な写真計測の原理・方法については他稿に譲り、総論として情報収集装置を車両に搭載したシステムを論じ、次に車載型ステレオ写真計測システムについて説明する。

### 3. 2. 車載型の情報収集システム

近年、Google Street Viewやレーザー計測機器を搭載した車両を町で見かけることがある。これらの Mobile Mapping system (MMS) には、大別すると3つに分類できる。技術的な評価グラフを添えて特徴を列記する。

1). Google Street Viewで用いられている映像を主体としたもので、1977-79年にマサチューセッツ工科大学(MIT)で発表されたAspen Movie Mapに由来するものである。



図5 Aspen Movie Map

映像には連続静止画、パノラマ写真、動画と様々な形態があり、道路標識の画像抽出や観光地紹介などに用いられてきた。2011年の東北大震災では津波被害を記録する方法として用いられている。画像解像度や位置精度について言及しなければ、民生品を組み合わせる比較的安価に製作、撮影が可能である。



図6 画像/動画系車載型情報収集システム

2). ここに、レーザー計測機器を搭載させ、レーザー光を発行させて街並みなど観測体を能動的<sup>2)</sup>に計測するものをMMSとしている。レーザー計測器から20m遠方の相対位置の確からしさは10cm以内などと正確である。150mで10cmなどと据え置き型の計測機を搭載したものである。一様に発行されたレーザーによって点群(point cloud data)が形成され、空間合成(調整)・ノイズ除去、形状抽出などの処理を経て、3DのCADモデルとして利用ことを目的としている。よって、設計計画や改修・設備保全などに用いられる。正確なデータを維持するために、機材は高価になり、その運用にも専門的な対応が必要になる。大量のデータを扱うために、車両速度や対象範囲に制限がある。



図7 LiDAR系車載型情報収集システム

3). 3次元データを高価なレーザーからステレオカメラに置き換えたシステムが車載型ステレオ写真計測システムである。大量の空間座標データを地理空間情報システム(GIS)で扱いやすいコンテンツにすることで、クライアント(対象となる住民など)に特別な知識やトレーニングなしで利用できるよう配慮した。

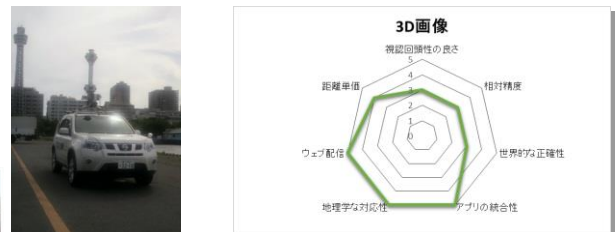


図8 3D画像系車載型情報収集システム

### 3. 3. 車載型ステレオ写真計測システム

3Dmは図3のように上下方向に90cmのベースラインを持つ4対8台のカメラを用いる。カメラシステムの基点から20mで15.1cmと確からしさはレーザー機器と遜色ない。

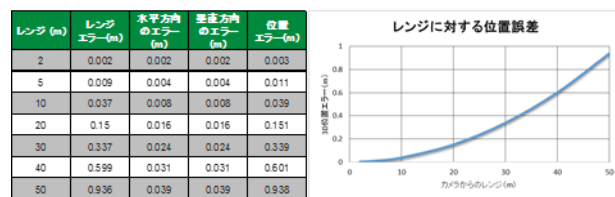


図9 ステレオ写真計測システムのレンジ誤差  
メカニカルシャッターによる高解像度、高ダイナミックレンジの画像は美しいだけでなく、撮影された文字情報の認

識にも差が出てくる。標準 10m 間隔で撮影すると、120km/h までの走行速度が保証される。絶対位置精度は、NovAtel 社製 SPAN-CPT を利用し、全国 1,300 ヶ所に配置された国土地理院の電子基準点による GNSS 観測値に含まれる衛星の位置誤差や対流圏・電離層遅延量を消去する相対測位を行う。物理的に一対のカメラを用いないシステムでは、カメラ移動量をエビポラ幾何<sup>4)</sup>の主要なパラメータであるベースラインを観測あるいは解析データを用いている。車両の旋回によって生じる車体左右のカメラ外部パラメータが変動する。同じ位置において旋回内側と外側で確からしさが異なってしまうことが欠点となる。システムの主要な機器は鉛直方向 (Z 軸) に配置され、構造的に優れた形態を有している。取得された画像データは連続した画像検索を高速に行うためのフォルダ構成と名前付が施される。球座標系の  $\theta$  と  $\phi$  を表す画像 (変換されたパノラマ) と、その  $x, y$  ピクセルに対応した、深度  $r$  を色によって表現したレンジ画像によって表現される。これによって、クライアントがパノラマ写真状の一点をクリックすると、対応したレンジ (深度) 画像が検索され、対応するピクセルの値によって瞬時に  $x, y, z$  変換および WGS84、EMG96 ジオイドモデルによる 3 次元地理座標系に変換される。

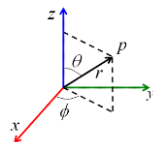


図 10 球座標系



図 11 収集画像からレンジ画像を生成

地図と属性データで構成されている市販の GIS システムに、連続したパノラマ画像を配信するだけでなく、そのパノラマのピクセルに経緯度、標高を格納させたことを意味する。



図 12 実際のパノラマ画像と対応するレンジ画像

### 3. 4. データ配信

公開性を高めるためには、インターネットによるデータ配信を検討する必要がある。配信データには、パノラマメタデータ、画像データ、レンジ画像データに分けられる。メタデータにはパノラマのユニークな ID : 緯度、経度、標高、ピッチ、ヨー、ロールとデータ取得装置に関するデータが収められている。各パノラマの画像/レンジ画像データともに 4 つの解像度レベルにタイル化された 132 の

JPG ファイルによって構成され、平均 3.5MB の容量を必要とする。安定性、スケーラビリティ、帯域確保のため、Amazon 社の AWS (Amazon Web Services) サービスを利用した。また、一般に公開される可能性があるため、プライバシーに考慮し、個人を特定できる可能性のある顔と車両のナンバープレートにぼかしを入れる検出アルゴリズムを使い 95%まで検出できるようにした。個人情報の保全を目的として、システムの供給先の earthmine 社は、EU 欧州連合のセーブハーバー TRUSTe 認定に準拠させている。クライアントには一般のインターネットブラウザから特定の URL を指定することによって簡単に閲覧できるように配慮した。

### 4. 適応事例<sup>1)</sup>

検証適用として、次の表のように実践した。

表 1 検討対象地域と検証内容の概要

| 対象地域      | 検討内容   | 3D | 3Dm |
|-----------|--|----|-----|
| 新潟<br>荻ノ島 | 茅葺き屋根を有する日本原風景の保存を目的とした①景観シミュレーションと②観光 PR への利用、③地域内課題検討。<br>① 主に 3D を用いた現状の街並みの再現と建物・樹木の保存・移設・撤去計画シミュレーションの実施。<br>② 主に 3Dm を用いた町並み及び宿泊施設等の屋内パノラマの Web 配信。タグ機能を用いた施設情報・地域行事の動画・音声等の Web 配信。<br>③ 3D、3Dm を活用した水田の区画整備、道路の新設、電柱の埋設化等地域内の課題抽出。まちづくりワークショップによる活用計画。 | ○  | ○   |
| 浜松<br>肴町  | 商店街と各店舗内の 3 次元パノラマの Web 配信による PR への活用。タグ機能を用いた店舗 HP リンク等施設情報の連携配信。   | —  | ○   |
| 甲信<br>M 市 | 城郭を中心とした景観シミュレーションの実施。   | ○  | ○   |
| 東北<br>N 町 | 震災復興に向けた商店街の情報発信。  | —  | ○   |
| 東海<br>H 市 | 公園各所から天守閣への眺望シミュレーション検討。   | ○  | ○   |

## 5. 有効性と課題<sup>1)</sup>

まちづくりにおける合意形成の有効性については、現実を再現した情報、パノラマによる全天を網羅的に表現した画像情報により具体的なシミュレーションが可能で、動画、音声、画像、ホームページを連結し、Web ブラウザから簡単に操作可能な情報共有の容易性が確認できた。一方、リアルな映像・情報であるが故に以下のような課題が顕在化した。

- ・美点のみを選択的に提示することができず、「見せたくない」ところもリアルに表現されてしまうこと
- ・それにより、様々な問題が顕在化し、逆に合意形成が難しくなる場合があること
- ・そもそも3次元技術を導入すること自体の意義が高齢者等には伝わり難いこと
- ・外部からもたらされた情報等を反映する（取捨選択して意思決定する）仕組みの構築が難しいこと

## 6. 今後の可能性

現行の車載型ステレオ写真計測システムは広域をシンプルな配信が可能となった。一定の分野における情報発信ベースとしての完成域に達した。しかし、安価であるが故に、継続した運用やデータの再利用への展開が必要となる。前述の情報収集システムの技術評価と設備管理あるいはエンジニアリングなどの利用技術との相関が伺える。

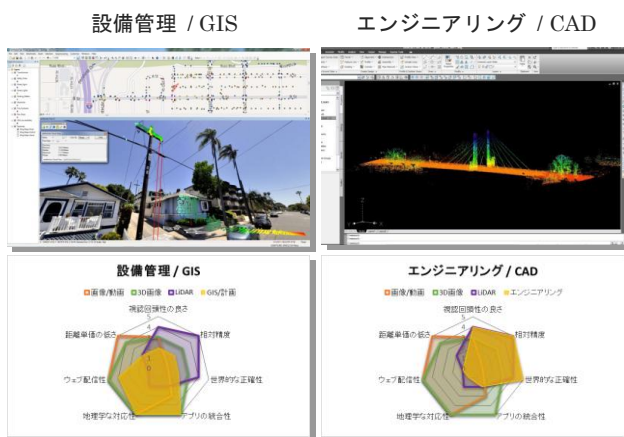


図14 収集技術と利用技術の相関

運用の中で棲み分けができていると見ることもできるが、それぞれの特徴を維持し、発展させる形で進化を目指したい。3Dmにおいては相対精度の向上（計測センサーの変更・追加）によって、適応分野の拡大を行う。

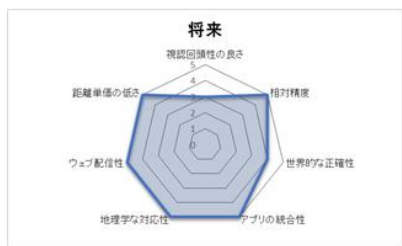


図15 プロダクトの方向性

基幹となる技術の底上げのみならず、ハード、ソフトウ

エアを組み合わせることによる水平展開も可能となる。参考までにいくつか候補を列記する。

- ・各種センサーの搭載による1回のデータ収集走行で、様々な道路周辺情報の獲得(赤外線カメラ、暗視カメラ、放射線センサー、ハイパースペクトルセンサー)
- ・車両から、船舶・鉄道・徒歩そして UAV への展開
- ・時系列配信（一部可能）、パノラマ AR（一部可能）、モバイルビューワ

最後に、合意形成における適用可能性について論じたが、合意形成は企画時ばかりではなく、現状を把握・理解し、改善・改修する場面においても不可欠な工程である。我々は常に、利便性を追求して改善を試みる。調査（計画）・企画（設計）・実施（建設）・運用（運転）・保全と移行し、次の段階のレベルを目指す。この時、場合によっては廃棄も含まれる。次の段階への移行をフェーズシフト<sup>3)</sup>と呼び、各プロセスで蓄積されたデータは多くの改善ポイントが含まれている。

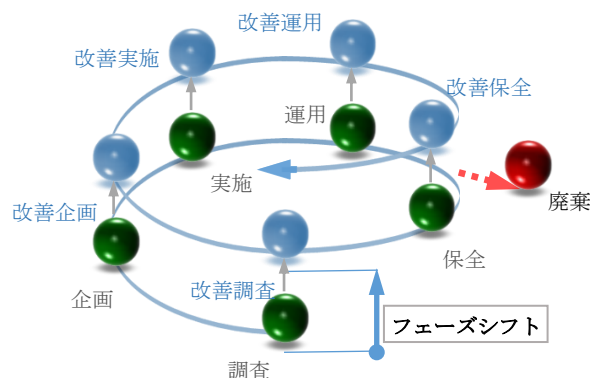


図16 ライフサイクルのフェーズシフト

地域の発展という長期のサイクルに適応する地理的空間を網羅するプロダクトモデルとして、ライフサイクル支える情報基盤として期待する。

## [参考文献]

- 1) 井上千鶴, 蟹澤宏剛, 大竹弘孝, 齋藤彰: 地域活性化取組への3次元技術(3Dモデル、3次元都市空間モデル)適用検証, 日本建築学会大会(神戸) 学術講演梗概集 pp. 107-108, 日本建築学会, 2014.9
- 2) クラボウ(KURABO) ホームページより「知識の部屋 三次元計測の話」
- 3) 松本守正: 3D計測ソリューション<3D計測業務における最新情報と利用手法の展望>, 配管技術 pp. 89-94, 日本工業出版, 2005.9
- 4) 佐藤淳: コンピュータビジョン-視覚の幾何学- pp. 80-117, コロナ社, 1999.5

\*1 株式会社 JM

\*2 芝浦工業大学