

農山村地域の空き家改修における 3D スキャンニング と生成 AI を活用した設計プロセスの提案

副田和哉¹, 六田和宏²

¹第一工科大学 工学部 建築デザイン学科 (〒899-4332 鹿児島県霧島市国分中央 1-10-2)

²福岡大学大学院 工学研究科 建設工学専攻 (〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈 8-19-1)

Proposal for a design process that utilizes 3D scanning and generative AI in the renovation of vacant houses in rural areas

Kazuya SOEDA¹, Kazuhiro ROKUTA²

¹Department of Architecture Design, Daiichi Institute of Technology
(1-10-2 Kokubuchuo, Kirishima City, Kagoshima, 〒899-4332)

²Department of Construction Engineering, Graduate School of Engineering, Fukuoka University
(8-19-1 Nanakuma, Jonan-ku, Fukuoka City, Fukuoka, 〒814-0180)

Abstract: This research proposes and verifies a novel design process model utilizing 3D scanning technology and generative AI to improve the efficiency and qualitative aspects of renovation designs for vacant houses in rural areas in Japan. Specifically, the proposed approach integrates high-precision existing-condition surveys conducted via VR cameras and laser scanners, spatial simulations using 3D models derived from acquired point-cloud data, and the creation of photorealistic architectural renderings employing generative AI. This integrated methodology significantly streamlines the initial stage of the design process, facilitates detailed examination of complex spaces, and enhances the visual appeal of renovation proposals, effectively supporting the renovation of small-scale, culturally valuable vacant houses. Additionally, two specific model studies—“BOX plan” and “WALL plan”—are presented, demonstrating design strategies that intentionally combine historical and contemporary elements to create spaces where existing structural features are actively preserved. Ultimately, the outcomes of this research contribute to preserving and activating regional cultural assets and hold the potential for promoting sustainable community development.

Key words: 3D Scanning, Generative AI, Vacant House, Renovation, Design Method

1. はじめに

日本の農山村地域では、空き家の増加が地域コミュニティの維持や景観保全の観点から深刻な課題となっている。特に、幾度もの増改築が施された古民家では、空間構成が複雑化しており、その改修設計には実測や二次元図面作成に多大な時間的・経済的負担を伴う。このた

め、規模が小さい改修プロジェクトでさえも、コストや作業効率の障壁が高くなり、貴重な文化的・物質的資源が有効活用されないまま放置されるケースが後を絶たない。

一方で、国際的には持続可能な社会の実現に向けて、既存ストックの利活用や地域資源の循環的活用が急速に重要視されている。また、近

年の建築プロジェクトでは、単なる機能的要件の充足にとどまらず、視覚的に魅力あるフォトリアルな建築イメージの提示や、デザイン性の高い空間演出が求められている。特に、SNS やウェブメディアを通じたビジュアル情報の共有は、潜在的な所有者や投資家の関心を引きつけ、空き家再生の成否を左右する重要な要素となっている。

本研究は、こうした背景を踏まえ、農山村地域の空き家改修設計プロセスにおいて、3D スキャンニング技術を活用した短時間・高精度の現況計測と、3D モデリングによる改修シミュレーション、さらに生成 AI によるフォトリアルな建築パース生成を統合的に適用する実践モデルを提案・検証することを目的とする。具体的には、(1) VR カメラやハンドレーザースキャナを用いて短時間かつ高精度な現況把握を実現し、(2) 三次元モデルによって改修デザインシミュレーションの立体的かつ効果的な検討を可能にし、(3) 生成 AI を利用した多彩かつ高品質なパース提示により、改修設計案のヴィジュアル性を強化することで、農山村地域の空き家利活用の促進に貢献するものである。

2. 先行研究のレビュー

第一に、既存建物の改修設計における 3D スキャンニング技術の導入については、特にレーザースキャナを用いた空間データ取得に関する有効性が示されている。具体的には、三次元データが寸法誤差や配管位置など従来の二次元図面で把握困難であった要素の管理を容易にし、改修設計プロセス全体の効率化を可能にすることが報告されている¹⁾。近年では、ノイズ除去や座標合わせなどの点群処理を半自動化する技術的進展により、大規模空間データの管理・活用は一層容易になってきている²⁾。しかし、これらの先行研究は大規模建築や都市規模の空間を対象にした事例が中心であり、小規模な空き家への応用事例は未だ限定的である。

第二に、農山村地域における空き家活用策についての先行研究では、自治体が主導する改修補助制度や空き家と利用希望者とのマッチングシステム導入の取り組みが進められてきた³⁾⁴⁾。こうした制度は財政的支援や建物情報の可視化を通じ、一定の成果を挙げているものの、依然として耐震性能や断熱性など物理的な課題が残り、技術者不足による設計・施工能力の限界も報告されている⁵⁾。また、改修コストの増大を抑えつつ伝統的価値を保持する改修設計の実践的手法が十分に体系化されていないことも明らかとなっている。

第三に、生成 AI を活用した建築デザイン支援の分野では、GAN (Generative Adversarial Networks) や拡散モデルなどを応用した研究が活発であり、多彩なデザイン案を迅速に生成する技術が注目されている⁶⁾。特に教育分野では、生成 AI のプロンプト (入力指示文) を段階的に調整することで、設計案のイメージ検討を深め、意思決定プロセスの短縮化と関係者間のコミュニケーション改善に寄与する実践事例が報告されている⁷⁾。一方で、AI が生成するデザインは構造的合理性や法規制の遵守が自動的に担保されないため、実務的導入には専門家による技術的な検証と調整が不可欠であるとの指摘もある。

本研究は以上の先行研究を踏まえ、3D スキャンニングによる高精度・高効率な現況把握と、生成 AI を組み合わせたフォトリアルパース生成を統合することで、農山村地域の空き家改修における具体的な設計提案モデルの有効性を検証する点に新規性がある。

3. 研究の方法

本研究は、農山村地域における空き家の改修設計を対象とし、3D スキャンニング技術を核とした高精度な現況把握にデジタル設計支援技術 (3D モデリングおよび生成 AI) を連動させた設計手法を構築・検証するものである。具体的には、以下の手順を順次的かつ反復的に適用す



図1 3D スキャンニングと生成 AI を活用した設計プロセス

ることで、設計作業の効率化と空間的価値の向上を同時に達成することを目指す（図1）。

まず、空き家内部の空間データを高精度かつ効率的に取得するため、VR カメラ（360 度カメラ）およびレーザースキャナを搭載したハンドスキャナーを使用する。複数機器を併用することで、増改築を繰り返した建物特有の複雑な形状を正確に把握するとともに、大梁・柱といった主要建築要素を短時間で精密に計測する。

次に、取得した空間データを整理し、現況の主要構造部材を忠実に再現した三次元空間モデル（3D モデル）を作成する。構築した 3D モデルを用いて複数の改修デザインをシミュレーションする。これにより、従来の二次元図面のみでは評価が困難であった空間的なボリューム、動線計画、視覚的効果などを立体的かつ具体的に検討することが可能となる。

次のステップでは、設定した各改修デザインの基本的な設計コンセプトや参照事例の特性をテキスト化し、生成 AI へのプロンプトとして入力する。これをもとにフォトリアルな建築パースを生成し、設計者や関係者が完成イメージを直感的かつ具体的に把握できるよう支援する。

以上の一連の設計プロセスは、(1)VR カメラやレーザースキャナを利用した現況把握、(2)具体的な 3D モデリングによる空間検討、(3)生成 AI

による多様かつ視覚的に訴求力の高いパース生成を密接に連動させる複眼的設計アプローチである。

4. 実践モデルの構築と検証

本研究では、前章で述べた設計プロセスを実際に鹿児島県鹿屋市の空き家バンクに登録された築 50 年以上の木造平屋住宅を対象に適用し、その有効性を検証した。

まずはじめに、現地調査段階では、対象建物の内部空間を VR カメラおよびレーザースキャナを搭載したハンドスキャナーを併用し、高精度な点群データを取得した。この結果、手動による実測データと比較検証したところ、多くの測定点で誤差が±数ミリメートル以内に収まり、複雑な増改築履歴を短時間で正確に把握できることを確認した。ただし、複雑に交錯した梁や構造部材が存在する空間では、スキャンデータにノイズが混入しやすいという課題も明らかになった。この点については、使用する機器の選択、現場における照明条件の調整、ならびに点群データ処理方法を最適化することで、実務レベルの精度を確保できることが示唆された。

次に、取得した空間データを踏まえ、既存建物の主要構造部材を再現した 3D モデルを構築し、このモデルを用いて複数の改修案を立体的

にシミュレーションした。このプロセスは設計の初期段階から空間特性を的確に把握し、多様な設計案を比較検討する上で極めて重要な意味を持つ。作成した 3D モデルは後段の生成 AI によるフォトリアルパス生成のための基礎モデルとしても重要な役割を果たす。さらに、3D モデリングを通じて改修案の空間的検討を可視化することで、生成 AI によるデザイン検討段階で設計者の意図をより正確に反映できることが明らかとなった。

最後に生成 AI を用いたフォトリアルイメージ生成の段階では、各改修案の基本コンセプトや参照事例の特徴をテキストプロンプトとして入力することにより、短時間で多様な視覚的表現を生成した。このプロセスを加えることで、言葉による定性的なデザイン検討を可能にし、アウトプットの段階で、コンセプトや設計意図の明確化とその反芻を可能にする重層的な設計フェーズを付加することができた。しかしながら、生成されたイメージには必ずしも構造的合理性や法規遵守が自動的に考慮されていないため、設計者や建築専門家による検証および整合性の確認が不可欠であるという課題も改めて浮き彫りとなった。

本実践モデルの適用を通じて、設計プロセスの時間的・経済的効率性および提案の空間的な多義性や視覚的な訴求力を強化できることを実証的に示した。

5. モデルスタディとしての改修デザイン

ここからは実際の空き家改修を念頭に置き、既存構造を極力保存しつつ、歴史的要素と現代的意匠を重層的に融合させる改修デザインの提案モデルを示す。改修デザインの基本方針は、最小限の躯体補強や設備更新によって既存空間の価値を最大限に引き出すとともに、現代的な住まいのニーズを満たすというものである。こうしたアプローチは、いわゆる文化財保存のような痕跡に基づく厳密な修理を行うのではな

く、歴史的要素の選択的な活用によって新旧の建築要素を接続するものである。

具体的には、(1)「BOX 案」、(2)「WALL 案」という二つのモデルケースを設定し、その実践的な可能性を提示する。

まず、「BOX 案」は、浴室・トイレ・キッチンなど水回り機能を独立したユニット (BOX) として挿入するデザインである (図 2)。ユニット自体は現代的プロダクトで作られるが、既存躯体への介入を最小限に抑えることで構造的改変を低減し、視覚的にも歴史的躯体の価値を引き立てる。このデザインでは、新しいマテリアルをあえて古い躯体に対置することによって、それぞれの部材が持つ時間差が並置された空間を創り出すことを意図している。

一方、「WALL 案」は、既存空間に半透明素材による L 字形の壁を導入し、空間を柔らかく二分することで多用途化を図るデザインである

(図 3)。半透明壁は視覚的圧迫感を軽減しながらも空間的な連続性を保ち、古い構造要素との明確な時間差を生成する。加えて、半透明の壁越しに既存の大梁や柱が部分的に見え隠れすることによって、新旧要素がコラージュ的に重ね合わされ、古い素材の存在感がいつそう際立つ効果が期待できる。

これら二つのモデルケースに共通するのは、歴史的要素と現代的要素を意図的にレイヤー状に組み合わせる「建築的介入 (Architectural Interventions)」の考え方である⁸⁾。一般的な古民家改修のように柱梁の接合部を補強する手法をとるのではなく、新たなマテリアルを挿入し、マテリアル間に内在する時間のズレを意識的に利用して、既存部材を可能な限りそのまま残す方法を選択した。これは時間を経て堆積した重厚なマテリアルに対して、表層的な擬態的素材 (古色仕上げなど) を組み合わせることがリアリティの衝突を引き起こし、デザイン上の違和感を生じさせることへの批判的視座に基づいている。

さらに、本研究の改修案では、既存建築要素の「部分的な均質化と可視化」を図るための塗り分け手法を取り入れている。具体的には、古い梁や柱などの歴史的躯体を露出させる空間と、天井・床・壁を一体的な色（例えば白や淡いトーン）で仕上げる空間とを隣接させることで、新旧の素材感のコントラストを視覚的に強調する。こうした意図的な塗り分けの方法によって、各素材の物質的・時間的差異が同時に知覚可能な状態となる。特に白や淡色の仕上げは、哲学者・千葉雅也⁹⁾が述べる「背景としての白」の概念にも通じるものであり、白色が古材や既存躯体という歴史的オブジェクトを際立たせるフレームとして機能し、その質感や時間性を再認識させる効果を生むことを期待している。

このようにリノベーションやコンバージョンをはじめとした改修設計のプロセスにおいては、歴史的要素と現代的要素のレイヤー性を意識的に重ね合わせるデザインアプローチが重要である。生成AIを用いたフォトリアルなパースによる建築スタディでは、新旧素材や各空間要素をモニタージュさせ、空間イメージそのものを、比較検討することが可能となる。この際、事前に設定した設計意図や参照事例などをテキスト情報としてAIに入力することで、デザインの持つ重層性や多義性を直感的に可視化できる。こうしたデジタル設計支援技術の導入は、建築スタディのプロセスを一層豊かで効果的なものとし、最終的に空間の多義的価値を発見・提示する可能性を示している。

6. おわりに

本研究では、農山村地域の空き家改修において、効率的な設計プロセスと訴求力のあるフォトリアルな空間演出を両立するための新たな実践モデルを提示し、その有効性を検証した。具体的には、3Dスキニング技術を用いた精密な既存把握を基盤に、3Dモデリングによる空間シミュレーション、そして生成AIを活用したフ

ォトリアルパースの生成という一連のデジタル設計支援技術を連携させる複眼的な設計手法を構築した。

まず、VRカメラやハンドレーザースキャナによる短時間かつ高精度の空間データ取得は、従来手法と比較して設計初期段階における現況把握の負担を大幅に軽減し、精度の高い設計検討が可能であることを示した。また、取得した空間データを基にした3Dモデル上での改修デザインのシミュレーションにより、二次元図面では評価が困難であった空間を評価できることを実証した。さらに、生成AIを用いた多様なフォトリアルイメージの重畳行為は、設計作業の効率化を促進しつつ、建築デザインにおける多義的な空間操作を重層的に融合させる新たなデザイン手法としての可能性を示唆するものでもある。

また、具体的なデザインの実践例として、水回り機能を独立したユニットとして導入する「BOX案」および、L字形の半透明壁を挿入する「WALL案」の二つの設計モデルを提示した。これらは既存建物の躯体を最大限維持しつつ、現代的機能を導入することで、新旧の要素が共存する空間を提示することができた。

一方で、本手法を広く普及させるためには、初期導入コストや技術習得に関わる人的資源の育成といった課題が残っている。特に地域固有の建築文化や現行法規への適合に関しては、行政の支援や専門家の継続的な関与が必要であることも明らかとなった。

今後はこうした課題を克服しつつ、自治体や教育機関、地域住民を含む多様なステークホルダーが協力して空き家の利活用を進めることが求められる。本研究で示した3Dスキニング技術と生成AIを組み合わせた設計モデルが広く採用されることで、農山村地域の空き家改修の活性化と文化的価値の保護、さらには持続可能な地域社会の形成に寄与することが強く期待される。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、鹿児島県鹿屋市役所をはじめとする地域関係者の方々、および空き家バンク登録物件の所有者の皆様に多大なるご協力を賜りました。本研究は「一般財団法人第一生命財団」の研究助成を賜りながら進められたものです。ここに深甚なる感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 信太洋行・横山茂紀・野城智也：既存建築物の設備改修における3次元スキャニングの活用に関する研究，日本建築学会技術報告集，第19巻，第43号，pp.1215-1218，2013.
- 2) 染谷俊介・志手一哉：建設分野における空間データの業務活用に関する研究 ―活用用途に応じたデータ処理方法―，日本建築学会技術報告集，第29巻，第73号，pp.1594-1599，2023.
- 3) 中園真人・山本幸子：島根ふるさと定住財団による空き家改修補助制度と自治体事業制度 ―農山村地域における空き家改修事業システムに関する研究―，日本建築学会計画系論文集，第71巻，第603号，pp.65-72，2006.
- 4) 中園真人・山本幸子：「ふるさと島根定住財団」の空き家活用助成制度を利用した民家改修事例 ―農村地域における空き家活用システムに関する研究―，日本建築学会計画系論文集，第72巻，第620号，pp.111-118，2007.
- 5) 中園真人・繁永真司・加登田恵子・稲井栄一・山本幸子・吉浦温雅：定期借家方式により福祉施設に改修された古民家に準ずる空き家の再生プロセス ―定期借家方式による民家再生システムに関する研究―，日本建築学会計画系論文集，第73巻，第631号，pp.1953-1960，2008.
- 6) 山田悟史・大野耕太郎：Deep Learning を用いたデザイン AI の作成と検証 ―街並みと建築物外観の画像生成を対象に一，日本建築学会計

画系論文集，第85巻，第770号，pp.987-995，2020.

- 7) 山田崇史・林和典・藤田浩司：平面計画時における画像生成 AI を用いた建築教育 ―建築系大学生による利用・評価事例―，日本建築学会技術報告集，第30巻，第75号，pp.1101-1106，2024.
- 8) 平瀬有人：富久千代酒造酒蔵改修ギャラリー一，新建築，2015年9月号，pp.160-169，2015.
- 9) 千葉雅也：「フレーミングとオブジェクト——長坂常のリノベーション作品について」長坂常ほか『B面がA面にかわるとき』，2016.



BOX 案

既存空間への最小限の介入で水回り機能を効率的に追加する改修手法である。独立したBOX内に設備を一括集約することで、伝統的意匠を視覚的に保存しつつ生活機能を更新可能とする。半透明の壁面を採用することで、新旧要素が視覚的に重層化され、既存建築の魅力を引き立たせる効果を生む。

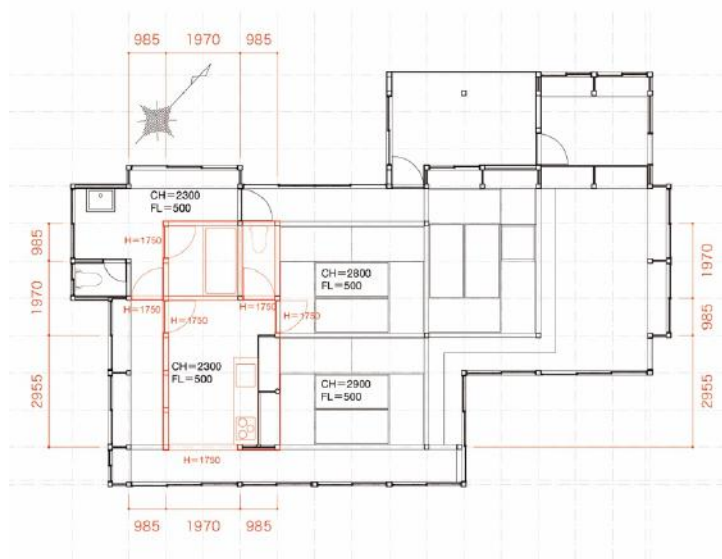


図2 BOX案の空間イメージと平面イメージ



WALL 案

既存空間をL字形の半透明壁で分節し、多目的な中間領域を創出する改修手法である。壁により空間を再編成し、動線と住空間の関係性を整理しつつ伝統的意匠を強調・保存する。半透明壁面を介した視覚的な演出が現代性と歴史性を融合させ、既存空間の新たな価値創出と多用途化を促進する。

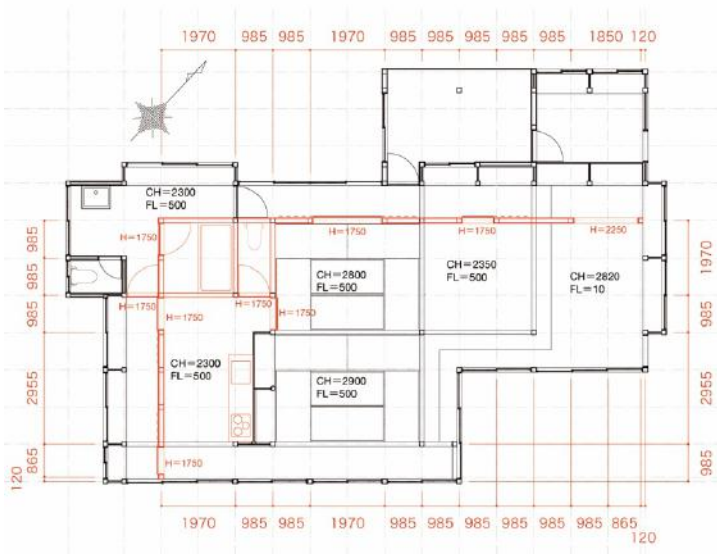


図3 WALL 案の空間イメージと平面イメージ