

成果報告書

年 月 日

公益財団法人 乃村文化財団 理事長 様

貴財団の助成金事業についてご報告します。

助成区分	研究助成		
研究および教育普及活動の期間	2025年 4月 ~ 2026年 3月		
フリガナ	キョウトコウゲイセンイダイガクダイガクインコウゲイカガクケンキョウカケンチクガクセンコウケンチクロンケンキョウシツ		
大学（研究室等）名 学会・博物館名	京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科建築学専攻建築論研究室		
フリガナ	クツキ ヨシツナ		職名
代表者名	朽木 順綱		教授
フリガナ	クツキ ヨシツナ		職名
担当者名	朽木 順綱		教授
所在地	京都市左京区松ヶ崎橋上町		
対象となる研究および教育普及活動の概要	【テーマ(主題)】	重層的イマーシブ手法を用いた新たな建築模型展示手法の開発	
	【趣旨・目的】	2025年開催の建築展で展示が予定されている住宅模型において、従来は再現することが困難であった実際の素材感や生活風景などを、拡張現実（AR）技術を用いて動的に投影すると同時に、周囲の展示空間においても、その対象建築物が立地する周辺環境や、生活文化の映像を投影することで、模型の内部においても外部においても、大小両スケールにわたって鑑賞者に没入感をもたらすことができる新たな展示手法を開発する。	
	【実施体制】	開発チームは模型AR、環境AR、およびインタラクティブシステム制作の3チームからなり、概ね次の3つのステップに則って実装した。① [3Dモデル構築] すでに計測済の現地点群データや図面情報、模型スキャンデータから、展示に必要な3Dモデルの構築。② [映像演出の検討と制作] 展示企画に見合うAR/VR映像の演出企画と制作。③ [システム連携] 観覧者の操作するインターフェース端末やモーションセンサー情報と、映像表現との連携、同期。	
	【実施方法】	模型へのAR映像については、観覧者個人のスマートフォン端末を用い、模型の位置情報と端末のセンサー情報との同期により、観覧者の視点に対応した表示を行う。他方、展示空間への環境AR/VR映像については、観覧者の人数や姿勢と、展示時刻とを連携させたインタラクティブなコンテンツを表示する。模型内部（観覧対象）と展示空間（背景）と双方に動的な映像を投影することで、建物と周辺環境との一体感を仮想的に創出する。	
	【成果と社会的効果】	昨今、仮想現実や拡張現実を用いた展示企画が増加しており、時空間を超越した自由度の高い表現によって、各々の展示会のテーマである抽象的な概念や世界観などがより体感的に理解できるようになりつつあるが、その反面として娯楽的な側面が誇張されるのではなく、大小のスケールや空間内外への重層的な没入性を創出することにより、鑑賞者の内省やによる関心の拡がりを促進する、新たなアンビエント型展示の先駆的事例となることが期待される。	
共同研究者等の有無	あり（人数22名） 研究代表者：朽木順綱（デザイン科学研究科建築学専攻・教授）、研究協力者：デザイン・建築課程4年（エルウィン・ピライ研究室、朽木順綱研究室、木下昌大研究室） 外部協力者：吉岡史樹（株式会社ペルパトゥーム代表）北本悠伍（Now Researching合同会社代表）		
助成金額	100万円	主な使途	現地取材旅費、コンテンツ制作費、制作用機材費

<p>研究室名 学会・博物館名</p>	<p>京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科建築学専攻建築論研究室</p>
<p>テーマ(主題)</p>	<p>重層的イマーシブ手法を用いた新たな建築模型展示手法の開発</p>
<p>【趣旨・目的】</p> <p>2025年開催の建築展「リビング・モダニティ 住まいの実験 1920s-1970s」展（2025.3.19-6.30：国立新美術館，2025.9.20-2026.1.4：兵庫県立美術館）で巡回展示が予定されている住宅模型において、従来は再現することが困難であった実際の素材感や生活風景などを、拡張現実（AR）技術を用いて動的に投影すると同時に、周囲の展示空間においても、その対象建築物が立地する周辺環境や、生活文化の映像を投影することで、模型の内部においても外部においても、大小両スケールにわたって鑑賞者に没入感をもたらすことができる新たな展示手法を開発する。建築作品に関する展覧会では、他の一般的な芸術展とは異なり、作品そのものを展示できないという制限がある。このため多くの展覧会では、建築写真や模型などを展示し、建築図面だけでは一般の観覧者には把握しづらい建築空間の特質や魅力について、できるだけ直感的に提示できる手法が検討されている。こうした取り組みに昨今のデジタル技術を組み合わせることで、ビデオゲームのような一人称視点による自由な空間探索や、専門知識がなければ想像することが難しい構造体の内部や、上下階の部屋どうしの断面上での位置関係などを、観覧者ごとの期待に沿ってインタラクティブに可視化することが可能となりつつある。このように、必ずしも建築作品そのものを展示できなくとも、実寸に近い仮想空間の体験や、会場の容積的制約を越えた範囲へと至る空間探索が可能となることで、これまで専門性が強く、多様な観覧者への訴求性が乏しかった建築展が社会においてより広く認知され、建築文化の一般的理解と浸透を加速させることを目的としている。</p> <p>なお、本研究において模型、コンテンツの制作対象となるのは、フィンランドの近代を代表する建築家アルヴァ・アアルト（1898-1976）が設計した自邸「コエ・タロ」（ムーラツァロの実験住宅，1954）である。</p>	
<p>【実施体制】</p> <p>本企画は、展覧会全体を構成するおよそ20点程度（予定）の模型や図面、家具などの作品群のうちの一部をなすものであり、本応募者が携わる展示としては模型1点の展示空間のみに限定されているが、巡回展を含む展示計画において、大学研究室としての研究成果や技術提案などを反映させる構想が主催者から一定の範囲で委ねられているため、模型の制作に加えて、本助成を受けた展示手法を別途計画することが可能である。大まかな体制としては巡回展が開催される兵庫県立美術館（主催館）、本応募者、および共同開発者の3者の連携により企画、運営を行うものであるが、主催館との協議のもと、たんなる模型製作にとどまらず、模型展示に関わる新たな空間ディスプレイ手法の開発を積極的に進めることができる環境にある。また、共同開発者はこれまでも、いくつかの建築展においてAR/VRやプロジェクションマッピング技術等を応用したインタラクティブかつイマーシブな空間ディスプレイ手法の開発を重ねてきており、継続的な研究開発に連なる実証実験としての位置づけも有している。このように、本企画におけるそれぞれの参加主体が実現に向けた明確な役割や実績を有していることから、本体制により挑戦的な技術開発や企画立案が可能となるといえる。なお、チームは模型AR、環境AR、およびインタラクティブシステム制作の3チームからなり、概ね次の3つのステップに則って実装する計画である。ステップⅠ [3Dモデル構築/模型ARチーム] すでに計測済の現地地点群データや図面情報、模型スキャンデータから、展示に必要な3Dデジタルモデルの構築。ステップⅡ [映像演出の検討と制作/環境ARチーム] 展示コンセプトに見合うAR/VR映像の演出企画と制作。ステップⅢ [システム連携/インタラクティブシステム制作チーム] 観覧者の操作するインターフェース端末やモーションセンサー情報と、映像表現との連携、調整。</p>	
<p>【実施方法】</p> <p>本応募企画の実施方法を以下に概説する。</p> <p>方法A：展示情報のインタラクティブ表示/観覧者の位置情報（模型に接近、展示壁に接近、など）や姿勢情報（覗き込む、見上げる等）をモーションセンサー等で読み取り、その情報に対応して、観覧者の関心に対応した作品情報を表示する。</p> <p>方法B：求心性イマーシブ：模型内部への没入誘導——独自ARコンテンツ開発/展示会場で提示した2次元バーコードなどから、観覧者各自のスマートフォン端末のカメラを起動して模型を撮影することにより、カメラ映像内に展示模型上に実際の日射や陰影、素材、生活者の振る舞いなどをAR投影する。また、会場内に設置したカメラから取り込んだ観覧者の形姿をこのAR映像内に合成することにより、観覧者自らが模型内部に入り込んだような没入感を実現する。</p> <p>方法C：遠心性イマーシブ：建物環境への没入誘導——模型外部への展開映像制作/方法Aとも連動しながら、展示作品が実際に立地する周辺環境の様子を、現地で計測した点群データ映像やライブカメラ映像などを組み合わせて展示空間周囲に投影する。模型の窓を通して実際の周辺の風景が見られたり、一日の時間の推移、季節や天候の移り変わりなどを表示できる動的な映像を制作、投影することで、模型だけでなく周辺環境にまで没入できる演出を試みる。</p>	

研究室名 学会・博物館名	京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科建築学専攻建築論研究室
テーマ(主題)	重層的イマーシブ手法を用いた新たな建築模型展示手法の開発

【研究・教育普及活動の成果】

本研究の成果は、活動の各段階ごとに、以下のようにまとめられる。

・模型制作（2025年2月～3月）

本研究の予備的段階として模型制作を行った。展覧会全体の企画や展示レイアウトとの調整、主催者およびメインキュレーターとの協議を経て、本応募者らが制作する「コエ・タロ」の模型は、縮尺1/200による敷地周辺模型と、1/20による内部表現込みの住宅本体模型の2点となった。後の巡回展での本研究との関連や、縮尺による実物作品の再現性の限界などを慎重に検討し、とくに1/20模型の表現としては、着色は行わないこととし、使用材料は限定的に絞り込むことで、誤解を招きかねない過剰な作り込みは避けることとした。そのうえで、実物作品の色彩や素材感、実際の敷地周辺の環境などについては、巡回展でのデジタルコンテンツにて補助的に付加する計画とした。

・デジタルコンテンツ制作（2025年4月～6月）

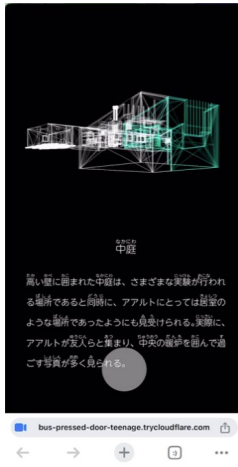
展覧会への模型出展を経て、次期巡回展へと向けたコンテンツ制作を開始した。まずは模型制作時の参照データとして作成していた「コエ・タロ」の3Dモデルを再整備し、展示コンテンツとして運用できる精度やデータ構成へと改変する作業に着手した。その一方で、インタラクティブ制作チームと連携し、上記の3Dモデルを実際の建築模型に重ね合わせて表示するためのARプロトタイプを試作を行った。検討の結果、観覧者のスマートフォンなどの所有端末を用いることで会場側での機器設置を不要にしつつ、観覧者の負担を避けるためにソフトをダウンロードしなくても閲覧できるWeb型のコンテンツ表示を採用することとした。

・プロトタイプ展示制作（2025年7月～8月）

本応募者の所属大学でのオープンキャンパス開催に合わせ、学内でプロトタイプ展示を行うことで、巡回展において想定されるさまざまな不具合や操作性の程度などについて事前検証を試みた。本プロトタイプ展示ならびに、次期巡回展での本制作においても、会場の制約等の事情から、展示模型周囲への物理的な映像展示什器の設置は困難であることが判明したため、あくまで模型とAR展示コンテンツのみで「重層的イマーシブ展示手法」を開発することとなった。結果として、模型の中をスマートフォンで撮影しながら宝探しゲーム的なARコンテンツを表示することによって、模型内部への没入を促す一方、模型を中心とする周囲の空間に、「コエ・タロ」が立地する実際の敷地の地形や樹木を同じくARで広範にわたって表示することで、観覧者の模型に対するクローズアップとズームアウトの視点を両立させ、ゲーム終了後、模型内部への視点から抜け出たあとに広がる周辺の森の風景を感じ取ってもらおうという企画へと変更した(図1, 2)。実際に展示を行って観覧者の様子を観察したところ、スマートフォンと模型双方の視認に苦勞する様子や、システムそのものの動作性に課題があることが判明した。

・巡回展に向けた本制作と実際の展示風景

本制作においては、先行して実施したオープンキャンパスでのプロトタイプ展示での課題をうけ、ゲーム型のコンテンツ表示を取りやめ、模型側面に置かれたQRコードをスマートフォンで読み取ると、それぞれのコードに連動した自動再生のコンテンツを表示するように改め、観覧者の操作負担の軽減を図った。また、AR表示としては、プロトタイプ展示時のような映像を、住宅作品の具体的解説に導入する前のフェードイン映像のみに用いることとし、カメラ内に捉えられた実物の模型に3Dワイヤーフレーム映像が重なるように表示されることを始点として、模型周辺の映像に森の木々が広がるとともに画面が暗転、その後は現実の映像とは切り離して、独立した解説コンテンツを表示、観覧者が自由にページを閲覧できるシステムとした(図3, 4)。



左から順に図1, 図2, 図3, 図4

- 図1: プロトタイプ展示の様子
- 図2: プロトタイプ展示におけるAR表示
- 図3: 巡回展における本制作展示の様子
- 図4: 本制作における解説コンテンツ表示

研究室名 学会・博物館名	京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科建築学専攻建築論研究室
テーマ(主題)	重層的イマーシブ手法を用いた新たな建築模型展示手法の開発

【今後の成果の活用と活動の展開について】

・今後の課題

模型展示とARコンテンツの重ね合わせにあたっては、模型の実際の寸法と観覧者の観覧距離、閲覧端末のカメラ画角など、実際の展示環境に関わるさまざまな要因に対する事前のシミュレーションが必要である。また、展示会場における通信環境や照度なども、カメラの画像認識精度や表示映像の明瞭度、動作のスムーズさなどに大きな影響を与える。こうした展示会場特有の状況について、どれだけ事前に情報収集し、その対策を予め構築できているかが、展示企画そのものの成否に大きく影響を与えるが、一方で実験室レベルでの試作段階において想定以上の時間を要したため、十全かつ安定した環境下でのシミュレーションにおいて動作確認ができたとしても、実際の現場では動作不良が生じるおそれがあり、本研究においてもそうしたリスクを完全には回避することができなかった。

・活動の展開見通し

本研究を契機として、制作に関わる現地視察に連動して、フィンランドのアルト大学との連携ワークショップの試行を実施することができた。本ワークショップにおいて、制作担当学生チームを中心として、現地作品の調査に加え、点群データ撮影によるより精密な作品データを取得することが可能となり、展覧会終了後も展示企画とは別に、アルヴァ・アアルトの建築作品研究やデジタルデータを用いた作品分析手法の開発において、今後の研究の展開につながる多大な知見を得ることができた(2025.9.8, 図5)。また、2025年10月にはアアルト大学の学生チームが来日する機会を設けることもでき、本応募者の所属大学が立地する京都における、建築と庭の空間構成を点群データを用いて調査、分析する連携ワークショップを実施した(2025.10.6, 図6)。本ワークショップで対象とする建築作品は、京都大学で建築論、建築設計を研究し、独自の建築世界を切り拓いた増田友也(1914-81)設計による「衣笠山の家」(1964)を対象とした。フィンランドと日本の両国をフィールドとする連携ワークショップは次年度も継続する見通しが立ち、本研究に始まるデジタルデザインや3Dスキャンに関わる学術交流が、今後も広く展開する機運が醸成されつつある。

また、本研究が参加した展覧会「リビング・モダニティ展」の派生企画として、連続シンポジウムが開催されるなど(本応募代表者の登壇回:2025.11.15)、デジタルコンテンツに限定されることなく、本研究の参加した展覧会が近代建築全般を再評価する研究トレンドを牽引する契機ともなっており、今後も建築設計、建築史において一定の発信力を持ち続けることが見込まれる。



図5(左):フィンランドでのアアルト大学との国際連携ワークショップ
 図6(中):日本でのアアルト大学との国際連携ワークショップ
 図7(右):展覧会の関連シンポジウムポスター(於大阪工業大学梅田キャンパス)