

氏 名		長谷 海平
学 位 の 種 類		博士（美術）
学 位 記 番 号		博美第 40 号
学位授与年月日		令和 7 年 3 月 2 5 日
学位授与の要件		学位規則第 4 条第 1 項該当者
題 目	学位論文題目	バーチャルリアリティ環境におけるゾートロープを用いた表現手法の研究 ー時間的・空間的アプローチからー
	研究作品題目	作品 1 博士作品『Revolving Time Domain』 作品 2-1（研究作品 1）『In Front of The Horizont(Cycloma)』 作品 2-2（研究作品 2）『Regular Position No.X』 作品 2-3（研究作品 3）『AI Rings Bell Twice』 作品 2-4（研究作品 4）『AI History 1890-2090』
論 文 審 査 委 員		主 査 教 授 柴崎 幸次 副 査 特任教授 関口 敦仁 副 査 教授 佐藤 直樹 外 部 嵯峨美術大学 審査委員 名誉教授 大森 正夫

1 学位論文の要旨

本論文は、博士作品 Revolving Time Domain の制作を通じた表現研究について論述するものである。本作品は、Virtual Reality(以下、VR)環境下で体験する作品であり、時間の速度感を表現するとともに空間に時間を満たすインスタレーション作品である。この独特な時間表現を実現するため、本研究ではゾートロープを VR 環境に導入し、時間的・空間的な両側面からのアプローチを用いて研究を展開した。

研究の基盤として、まず包括的な先行研究の調査を実施し、VR 環境が内包する表現上の課題点および特筆すべき可能性について詳細な分析を行った。これらの課題に対する解決策を見出すため、VR 環境を成立させる技術的要素を体系的に整理し、アクション・リサーチの方法論を用いて実証的な検証を行った。また、VR の歴史的文脈について、概念・表象／技術／メディア／アートという 4 つの観点から多角的に考察を行い、本研究が制作実践を通じた VR 表現研究の新たな展開に寄与することを明確に示した。

先行研究で示された具体例を通じて、VR 環境が提供する体験が人間の心身に及ぼす影響について実証的に明らかにした。これにより、本研究が提示する表現が物理的現実では実現不可能な状況を前提としながらも、鑑賞者に対して現実と同等の説得力を持つ体験として提示できることを理論的に裏付けた。

博士作品 Revolving Time Domain の実現に向けた理論的前提として、作品のテーマ性、使用するデバイス、テーマ実現に向けた具体的課題、およびそれらの課題に対する解決仮説について詳細な検討を行った。本作品では特に VR 環境における時間表現をテーマとして掲げ、その実現に向けて以下の 4 点を主要な課題として設定した：

- (1) 時間的要素の制御と表現
- (2) 空間的要素の構築と操作
- (3) VR 環境における効果的な鑑賞者誘導の方法論
- (4) インタクションを生み出すインターフェイスの設計

これらの課題に対するアプローチとして、本研究ではゾートロープという機構を採用した。この選択の根拠として、ゾートロープが時間的側面においてはフレームレートから、空間的側面においては高さ・広さ・幅という三次元的要素から表現的な操作を可能とする特性を持つことが挙げられる。研究にあたっては、ゾートロープの歴史的文脈や現代的意義について綿密な考察を行い、類似する映像機構との比較検討を通じて、本研究における「ゾートロープ」が指し示す具体的な機構について明確な定義付けを行った。これらの考察を踏まえ、ゾートロープによるアニメーション表現の原理や特徴、さらに VR 環境での使用における表現的な親和性について理論的な検討を行った。

本研究では、時間の速度感にかかる表現を実現するにあたり、文化人類学者エドワード・T・ホールの時間論を理論的基盤として援用した。ホールは、人間が時間の流れを「早い／遅い」と感じる前提として「時計」の存在を指摘した。ここでいう「時計」とは、通常の時刻表示装置に限定されず、人間の内的時間との相対化を可能にする比較対象全般を指す概念である。本研究では、作品空間内に設置されたゾートロープを「時計」として位置づけ、鑑賞者の内的時間との相対化を通じて、単一空間内における複数時間の共存表現を試みた。すなわち、本研究の核心的課題は、作品空間においてゾートロープを効果的な「時計」として機能させるための条件と方法の解明に置かれた。

Revolving Time Domain の実現プロセスにおいて、1 点の参考作品と 4 点の研究作品を制作した。参考作品 *Maillots de bain* では、VR 環境下でのゾートロープ実現に必要な技術的・表現的手法を確立した。続く研究作品 *In Front of The Horizont (Cycloma)*, *Regular Position No.X*, *AI Rings Bell Twice*, *AI History 1890-2090* では、それぞれ前述した課題①～④に焦点を当て、作品制作と理論的考察を通じて具体的な解決策を提示した。

これらの作品制作を通じて、Revolving Time Domain が目指す表現を実現するには、VR 環境下の空間について、ゾートロープを基準とした以下の空間概念の分類が不可欠であることが明らかになった：

- ・ 標準ゾートロープ空間
- ・ 水平ゾートロープ空間
- ・ 垂直ゾートロープ空間
- ・ 絶対運動空間
- ・ 相対運動空間

特に注目すべき点として、「絶対運動空間」と「相対運動空間」が鑑賞者の時間感覚に影響を及ぼすことが実証された。この知見に基づき、Revolving Time Domain では「相対運動空間」を中心的な表現手法として採用し、作品を構築した。

本研究の学術的意義として特筆すべき点は VR 環境における時間表現の新たな可能性について、理論と実践の両面から体系的に示したことにある。ゾートロープという歴史的な映像装置を VR 環境に再解釈して導入することで、従来からある時間芸術の在り方を拡張した。

さらに、Revolving Time Domain および一連の研究作品の制作プロセスを通じて、VR 環境特有の複数の空間概念の存在を明らかにすると同時に、鑑賞者を表現へと導くために必要な具体的アプローチや、VR 環境ならではの表現的特性について、理論と実践の両面から新たな知見を得ることができた。

2 学位論文審査の要旨

長谷海平の「バーチャルリアリティ環境におけるゾートロープを用いた表現手法の研究ー時間的・空間的アプローチからー」は、現在の Virtual Reality（仮想現実、以下 VR）などの新しいメディアにおいて、VR-HMD（Head Mount Display）を用いてゾートロープのシミュレートを試み、新たな空間知覚としての可能性を追求する表現研究である。ゾートロープの視覚効果を応用し、VR が持つ表現的な可能性を時間・空間的観点から構造的に捉えなおし、実験的な作品制作を通じて検証を行いながら、新たな芸術表現手段としての基礎的知見の構築を目指している。VR は、世界観を構築する技法や表現方法論がまだまだ開発途上であり、VR のメディア特性とゾートロープの特性を融合させることで、独自性のある表現方法論を提示することを目指している。

【論文】

論文の第 1 章と第 2 章では、主に概要や調査研究が記載されているが、VR 環境の構築および表現の可能性について、VR 研究の課題、歴史的背景、研究動向などの観点から考察している。本研究の目的と課題として、先行研究に基づく VR コンテンツ開発と、その課題解決のためのアプローチや研究プロセスの概要を述べ、アクションリサーチを用いながら内容を進化させていくビジョンを示している。また、VR 研究の意義や開発途上にある VR 表現の状況、それに関連する理論研究を行い、従来の停滞していた表現方法からの脱却を目指す研究計画について述べている。

第 3 章と第 4 章では、博士作品の成立過程を通して、VR 環境下における表現手法としてのゾートロープの特徴を深く研究し、研究作品および博士研究としての理論整理と設計方針を示している。ゾートロープとフレームレート、VR 表現における可能性、時計としてのゾートロープなど、表現手法における課題を明確化し、アクションリサーチを通じて現時点で可能な技術を活用し、最良の結果を導き出すアプローチについてまとめている。

第 5 章では、各研究作品を時間の速度感という概念の明確化を重視しながら各研究作品の制作について述べている。第 6 章では、博士作品と研究作品の総括を行い、作品の空間構造、体験、ゾートロープの扱い方、時間の速度感の実現、および VR が持つ表現的特徴についてまとめている。第 7 章では、本研究の VR 空間の定義、研究の総括と今後の展望を述べている。

【作品および検証】

作品 2-1『In Front of The Horizont (Cycloma)』では、ゾートロープの外部円で仕切られた空間の内外を移動することで、時間の速度感が変化するという仮説を検証した。

作品 2-2『Regular Position No.X』では、運動空間と静止空間の対比を通じ、時間の速度感が変化する条件の一部を明らかにした。

作品 2-3『AI Rings Bell Twice』では、ゾートロープで仕切られた空間の内外を移動することで時間の速度感が変化する仮説を検証した。また、ゾートロープのオブジェクトの高さを基準とし、空間内外への上下方向移動が時間の速度感に与える影響を検証した。さらに、ゾートロープの存在のみで VR 空間内に時計としての表現を成立させる可能性を確認した。

作品 2-4『AI History 1890-2090』では、ゾートロープの外部円周の大型オブジェクトを用い、空間の内外を移動することで時間の速度感が変化するを確認した。また、相対的な運動空間を用いて博士作品の複層構造の時間軸表現が可能であることが明らかになった。

博士作品『Revolving Time Domain』は、平面上に 3 つの時間軸を構成し、それぞれのオブジェクトの結像と時間の流れの速さを体感できる作品である。鑑賞者は、カスタムデバイスの回転ハンドルを操作し、VR 内の時間の流れを操作しつつ、オブジェクトや風景の変化を鑑賞することができる。この作品では、時間的要素、空間的要素、鑑賞者の誘導方法、鑑賞者に与えるインタラクションの妥当性など、現時点での技術的課題を解決し、創造性の高い成果を実現した。

【口頭発表】

口頭発表では論文の章立てに従い、第 1 章から第 2 章で主に調査研究に関する内容を発表し、第 3 章から第 4 章では、研究作品および博士研究の設計方針、VR 環境下における表現手法の構築などの実践的研究の意義について発表を行った。

第 5 章では研究作品について、第 6 章では博士作品について、第 7 章では、作品表現を伴う実験性の高い研究に基づき、虚と実に関するゾートロープ表現の探求とその可能性について発表した。

公開審査では、博士作品の完成度について全審査員が高く評価した。またゾートロープの技術的特性として、ハンドリングによる操作と再現されるイメージのタイムラグや、起動から結像に至るプロセスに開発の余地があることが指摘され、さらなる現実感の向上が期待できるとの意見があがった。

一方で、作品の完成度に比して論文全体の課題提示がやや曖昧であること、またその課題に対して何を想定し、作品によってどの部分が解決されたのか、あるいは解決されていないのかが明確さに欠ける部分があるとの指摘があった。また、4 つのゾートロープ空間の定義や、人間の視聴覚と VR 空間におけるフレームレートの関係性、ゾートロープを時計として捉える感性の表現についても、論文へのさらなる明快な反映が求められた。

長谷は、様々な作品展示を通して自身の達成目標に関する調査を行ってきたが、博士作品展示では、空間性の定義よりもまず観衆に体験してもらうことに焦点を当て、直感的にどのような体験が得られるのかを優先し、その後に資料として補うという構想で臨んだことと、論文への反映は十分に可能であることを述べた。

このように、口頭発表では多くの発展的で有益な議論が生まれた。VR 開発が進化の過程にある中で、デジタルによる仮想現実とアナログ手法の融合により、ゾートロープの内部で別の時間軸を感じ取り、さらに深層的な体験を得られる VR アートを提案したことは非常に意義深いと評価された。審査員全員が、長谷の独創的な研究が今後さらに発展することを期待するとの見解を述べた。

以上のように、長谷海平はこの論文および作品を通して、博士の基準を十分に満たしていることを示した。

3 最終試験結果の要旨

論文、作品、口頭発表に基づき、口頭試問等により最終試験を実施した結果は以下のとおりである。

表現効果の検証を目的に VR 技術を用いた 4 つの研究作品では、VR 環境下での鑑賞者と時間・空間の関係性、上下方向への移動、空間の大型化といった要素をテーマとし、表現効果を追求した作品が制作された。これらは VR-HMD を通じて仮想現実として体験可能であり、さまざまな VR 環境への思考を具体化する実験的に優れた成果を示している。

また、集大成ともいえる博士作品は、長谷が構想した新たな VR 空間表現を追求した高い完成度の作品である。現在も鑑賞者の評価を基にした検証を重ねながら、新たなバージョンアップにより進化し、VR のリアリティ向上が図られている。この成果は、VR 学会や SIGGRAPH Asia など、国際的な学会や展覧会の審査を通過し、発表・出展されるなど、VR コンテンツの第一線に位置する研究成果として高く評価されている。初期の構想段階から博士研究として実験的かつ挑戦的な作品を結実させた結果、創造性、独創性、表現力を十分に備えた研究成果であった。口頭発表での指摘内容に関しても問題なく論文への反映が可能であると判断した。

今後、VR 技術のさらなる進化が期待される中で、本研究の知見は、停滞していた VR コンテンツ開発の課題を解決するための重要な転機となる可能性がある研究成果となった。

最終試験の結果、長谷海平はこのような研究成果を発表し、その成績は博士の学位を授与するに十分であると認められた。