

K-002

LLM を用いた視聴覚効果による 美術作品理解のための展示空間自動生成システム

松本ひかり[†] 中村亮太[†]

1. はじめに

ICOM (国際博物館会議) が 2020 年に発表した調査報告書[1]によると, 新型コロナウイルスの拡大により約 95% の施設が閉鎖を余儀なくされ, 深刻な経済的影響を及ぼし, 閉鎖に伴って来場者数も減少した. しかし, デジタル技術を活用した新たな鑑賞形態が注目を集める契機ともなった. 一例として, 3次元 Web 空間 (以下, 3D 空間と呼ぶ) で美術品を展示する「バーチャル美術館」があり, 近年増加している.

一方, 既存の美術館には一つの課題が挙げられる. 絵画は画家の思いや意図, 時代背景などが直感的にわからないことがある点である. 特に抽象画は, 一目見ただけでは何を表現しているのか理解しにくい. 詳細な解説やガイドの利用などの方法はあるが, 既存の美術館だけでなくバーチャル美術館においても, 直観的な理解ができないという課題の解決には至っていない. 課題の解決は, 美術作品の理解支援に大きくつながる.

そこで本研究では, 3D 空間における視覚・聴覚効果 (以下, 視聴覚効果と呼ぶ) に焦点を当て, これらの技術の活用による, 美術作品の背景情報を直感的にユーザに伝えられるコンテンツを提案する. さらに, 大規模言語モデル (以下, LLM と呼ぶ) を用いた展示空間の自動生成システムの構築を目指す.

本稿では, 美術館の課題解決につながる, バーチャル美術館における新たな展示方法を提案するとともに, バーチャル美術館の可能性を展望する.

2. 関連研究

ユーザの一人称視点によるミュージアム展示鑑賞体験を提供するバーチャルミュージアムについて, 日本科学未来館との協同で「鑑賞者視点のミュージアム展示アーカイブ」を検討した研究がある[2].

本研究では, 実際の展示空間を 360 度カメラによって記録し, バーチャルミュージアムを作成している. 体験したユーザによるフィードバックからは, 没入感のある体験を提供できたことが示唆されている.

この方法により, バーチャルミュージアムは展示物をデータ化し配置するだけでなく, 展示空間を含む鑑賞体験も提供できることがわかった. しかし, ミュージアムの展示コンセプトが伝わったかどうかは確認できていない.

また, 安東ほか (2015) は, 絵画の奥行きを体感できるシステムを開発した[3]. 本システムでは, 鑑賞者の位置をセンシングすることにより, 鑑賞者が歩いた方向に立体的な空間を広げ, 絵の中に入ったような体験ができるという. 本システムの構造の詳細は述べられていないが, 美術館学習の事前学習として提案されている. 小学校 6 年生を対象に実際の授業で体験した後に美術館学習を行ったところ, 実物に対する興味・関心が高く, 重量感や匂い, 筆致, 材質等による表面の質感, 発色などを感じ取っていたことを報告した.

また, 瀬戸崎ほか (2011) は, 紙のメディア等での展示が不可能である立体作品の鑑賞に注目し, Unifeye SDK (Metaio 社製) を用いた, 彫像鑑賞用の AR 教材を開発した[4]. 鑑賞者はヘッドマウントディスプレイ (HMD) を装着することで, 両手を自由に使うことができる. HMD に取り付けられたウェブカメラが紙に添付されたマーカーを認識し, ポリゴン数が 35~207, 280~930 の彫像の CG を, 彫像にまつわるテキスト情報を載せた紙に提示していく. 大学生を対象にした実験では, 積極的に鑑賞に取り組んだり, 集中して鑑賞したりしたなど, システムの効果が確認できたという.

しかし, いずれも抽象的な絵画における作品背景の理解を支援するような仕組みは見当たらない.

本稿では, 図 1 で示している, 展示空間全体を 3D 空間上で生成したバーチャル美術館の実装を検討する. 図 1 で示すように絵画の背景にある空や風景を立体的に表現することで, 作品世界への没入感を高めることができる.

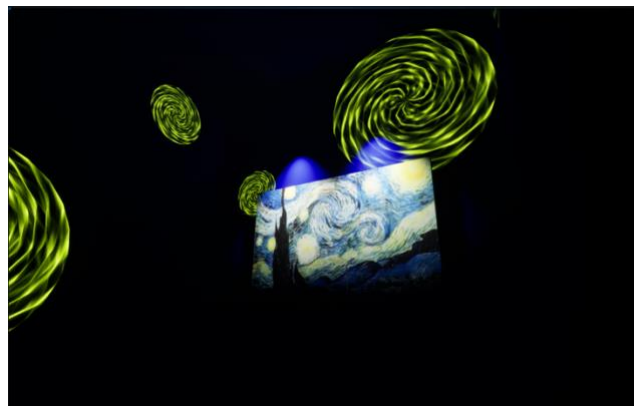


図 1-1 「星月夜」の 3D 空間

[†] 武蔵野大学データサイエンス学部

Faculty of Data Science, Musashino University



図1-2 「アニエールのセヌ川」の3D空間

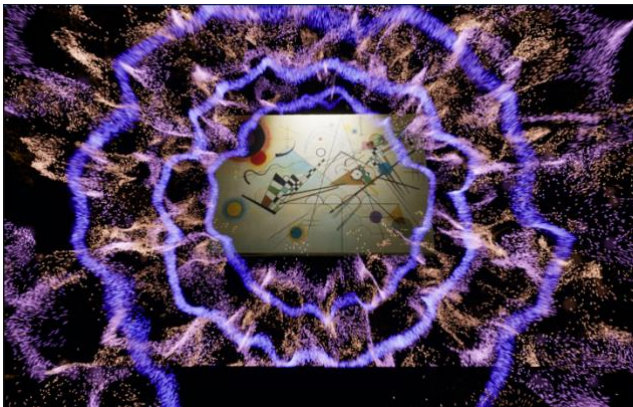


図1-3 「コンポジションⅧ」の3D空間

3. 予備実験

本システムを検討するために予備実験を行った。例として抽象画を「ゲルニカ」、「コンポジションⅧ」の2点、具象画を「星月夜」、「アニエールのセヌ川」の2点、合計4点の絵画を使用した。実験参加者は大学生の男女12名で、美術に関する知識や経験は特に問わなかった。一般的な鑑賞者の視点を反映するためである。

実験では、まず4点の絵画をそのまま提示し、それぞれの作品について

- Q1. 時代背景や作者の意図が理解できるかを（5段階評価）
- Q2. 4点の中で最も理解しにくかった絵画はどれか（単一選択）
- Q3. どのような理由で理解しにくいと感じたのか（自由記述）

図2にQ2の集計結果を示す。実験参加者の約9割が「コンポジションⅧ」が最も理解しにくいと回答した。選んだ理由として、「直線と円のみで構成されているため、抽象度が高く、読み取りにくい」「何を表現したいのかわからない」などが得られた。

以上により、抽象画から時代背景や作者の意図を理解するのは困難だとわかった。

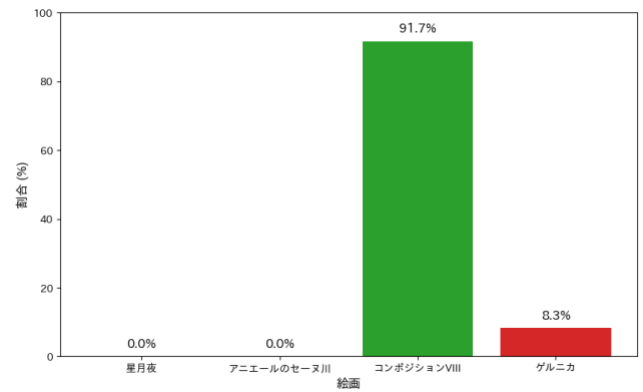


図2 予備実験におけるQ2の集計結果

4. LLM を用いた展示空間自動生成システム

本研究では、視聴覚効果とLLMを融合させ、マテリアルやエフェクトを自動的に選択、配置するシステムの提案をする。本システムの目的は、3D空間での美術作品展示において、直観的な作品理解を促す視聴覚効果を自動で選定、配置することで、鑑賞者に対して豊かな鑑賞体験を提供するとともに、多くの人が気軽に扱うことができるようにすることである。

本システムはバーチャル美術館を作成するシーンだけでなく、教育機関における美術教育の場でも生徒の作品理解をより深めるために使用できる。図3にシステムの概要を示す。

はじめに、展示に使用する絵画と、視聴覚効果の種類を絞るためのプロンプトをLLMに入力し、作品の背景や歴史にまつわるテキストを複数抽出する。入力された絵画やプロンプトに応じて関連性の高い情報を生成できるようにするため、LLMには、事前に美術や歴史に関する大量のテキストデータを学習させておく。

次に、抽出したテキストを元に、作品との関連性が高い視聴覚効果を自動選定する。本システムでは、あらかじめ用意した視聴覚効果のデータベースから、テキスト内のキーワードに基づいて適切なエフェクトを選択する。例えば、「戦争」というキーワードからは炎や爆発のエフェクト、「自然」からは木漏れ日や小川のサウンドが選ばれる。

最後に、選定された視聴覚効果を3D空間上に配置する。ユーザは視聴覚効果の位置や量を微調整することが可能である。以上の一連の流れにより、1つの作品に対して1つの3D空間が生成される。

本システムの構成は以下ようになる。まず、入力モジュールでは、ユーザが絵画とプロンプトを入力する。次に、LLMモジュールが、入力された情報に基づいて関連テキストを生成し、テキストを元に適切な視聴覚効果を選定する。最後に、ユーザが3D空間に絵画と選定された視聴覚効果を配置する。

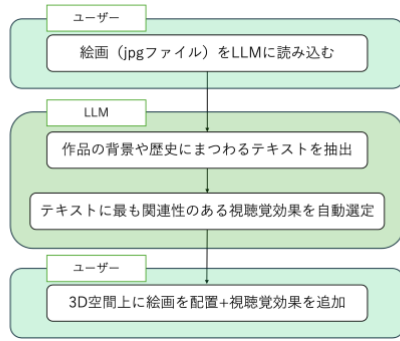


図3 システム構築図

本システムは、視聴覚効果を用いたユーザーの理解支援コンテンツと LLM を組み合わせることにより、構造が複雑である視聴覚効果作成の手順を省くことが可能となり、多くの人が扱うことのできるシステムとなっている。

5. 視聴覚効果自動選定機能

本システムを構築するにあたり、あらかじめ複数のマテリアルやエフェクトを含んだデータセットを用意した。データセットには、炎や水、音楽などの視覚効果と、自然音やBGMなどの聴覚効果が含まれる。

視聴覚効果の選定は、LLM へのプロンプト入力に基づいて行う。例えば、「Fire, Water, Storm, Thunder, Music この中で最も作品に関連したワードは？」といったプロンプトを入力すると、LLM が作品の特徴を分析し、最も適したワードを返答する。事前の検証では、LLM による判断と人の解釈の一致率が 96.7% (29/30 回) と高い精度が確認された。

図4は、本システムを用いて「ゲルニカ」をテーマに生成した3D展示空間である。LLMによる“最も関連性の高いワードは「Fire」である。”という返答から、炎のエフェクトを中心とした空間が生成された。壁や床、天井には黒いマテリアルが使用され、燃えるような音が再生されている。本作品は、ゲルニカへの爆撃への反応であり、戦争の恐怖や苦悩を象徴的に書き出している[5]。

生成された展示空間は、作品の時代背景とよく合致していることがわかる。

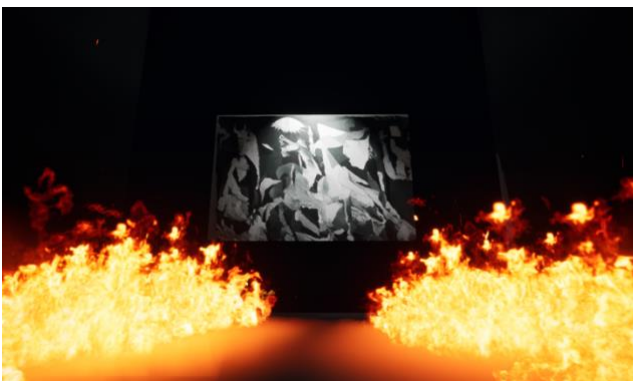


図4 「ゲルニカ」の3D展示空間

6. 評価実験

本システムの有効性を検証するため、評価実験を行った。実験参加者は予備実験と同様の大学生の男女12名とした。

実験では、予備実験で使用した4点の絵画について、本システムを用いて生成した3D展示空間をそれぞれ体験してもらった。その後、以下の3つの質問に回答してもらった。内容は以下の通りである。

- Q1. 視聴覚効果がない時より、ある時の方が、時代背景や作者が伝えたいことについて理解できたか (5段階評価)
- Q2. 3D空間で見たことで、最も作者の意図や時代背景について理解が深まった絵画はどれか (単一選択)
- Q3. どのような理由で理解が深まったと感じたのか (自由記述)

図5に、Q1とQ2の集計結果を示す。Q1については、全ての作品で平均3.7以上の高評価が得られた。特に「ゲルニカ」は4.2と最も高く、75%の実験参加者が「強く同意する」と回答した。具象画と抽象画で評価の平均を出した結果、具象画は3.8、抽象画は4.3となり、抽象画の方が視聴覚効果による理解補助が働いている。またQ2では、実験参加者の約7割が「ゲルニカ」の理解が最も深まったと答えた。

Q3の自由記述からは、「炎の演出から戦争や争いを想起された」「恐怖や苦悩といった作者の心情が直感的に伝わってきた」など、視聴覚効果によって作品理解が促された様子が見えられた。一方で、「抽象性の高い絵画には適した展示方法だが、風景画には向かないのではないか」といった意見もあった。Q1で出した具象画と抽象画評価の平均からも、視聴覚効果の必要性和最適な使用に向けた改善点も示唆された。

以上より、本システムによって視聴覚効果を作品に合わせることで、美術作品の直感的な理解を支援できることが確認された。一方で、視聴覚効果の最適化などの課題も残されており、さらなる改良が求められる。

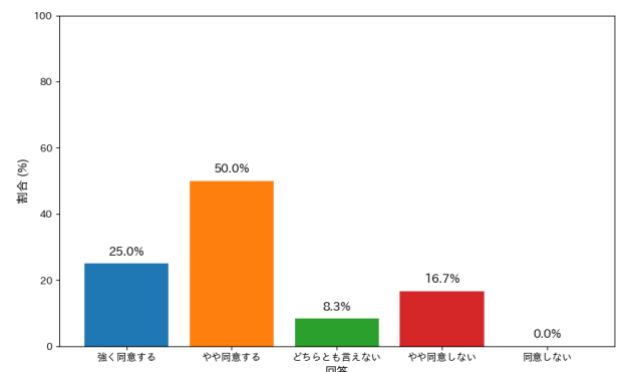


図5-1 「星月夜」におけるQ1の回答

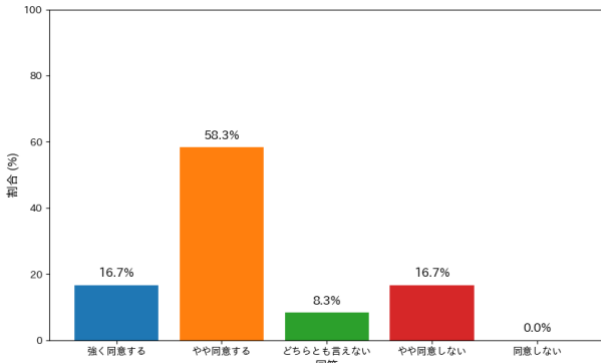


図 5-2 「アニエールのセーヌ川」における Q1 の回答

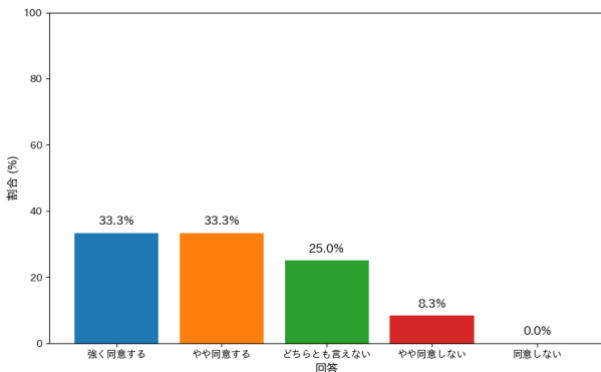


図 5-3 「コンポジションⅧ」における Q1 の回答

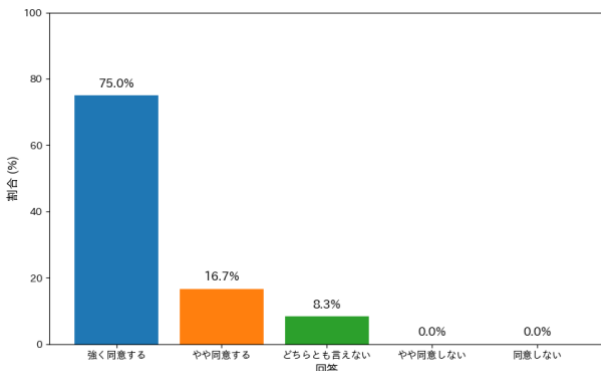


図 5-4 「ゲルニカ」における Q1 の回答

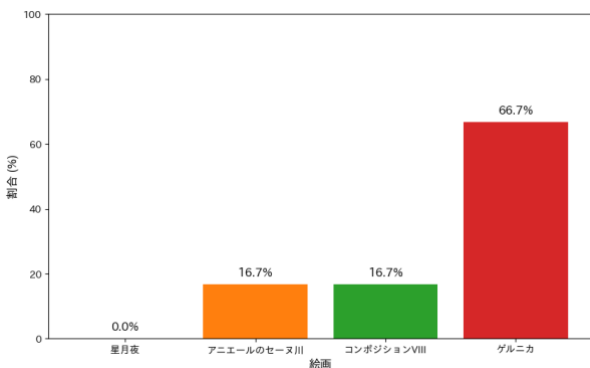


図 5-5 評価実験における Q2 の集計結果

7. おわりに

本稿では、LLM を用いた視聴覚効果による美術作品理解支援のための展示空間自動生成システムを提案した。予備実験および評価実験から、本システムによってユーザーの作品理解を直感的に補助できることが示された。

今後の展望としては、学芸員の知識を含んだ LLM の作成、使用を実現することにより、美術館独自の表現を可能にするシステムの検討などが挙げられる。さらに大規模な実験を行うことで、本システムの有効性をより多角的に検証していきたい。

本システムは、バーチャル美術館における新たな展示手法を提案するものであり、美術館の DX を促進する一助となることが期待される。美術作品をより身近で理解しやすいものとする事で、多くの人々が美術の魅力を享受できる社会の実現につながると考える。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP21K01749 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 美術手帖, “コロナ禍における美術館の現状は？ICOM（国際博物館会議）が第2回の影響調査結果を発表”, <https://bijutsutecho.com/magazine/news/headline/23128>, (参照 2024-05-24)
- [2] 第25回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集(2020年9月), “展示空間を追体験するバーチャルミュージアム：日本科学未来館における協同デザインプロセス”, https://conference.vrsj.org/ac2020/program/doc/1A1-2_PR0166.pdf (参照 2024-05-17)
- [3] 安東恭一郎, 結城孝雄, 畑山未央, 福本謹一, 村上尚徳, 黒岩由愛, 直塚俊介, 体験的 Digital Contents を活用した美術鑑賞教育の展開. 日本デジタル教科書学会年次大会発表原稿集, 4: 25-26 (2015).
- [4] 瀬戸崎典夫, 森田裕介, 竹田仰, ニーズ調査に基づいた多視点型 VR 教材の開発と授業実践. 日本バーチャルリアリティ学会論文集, 11 (4): [537-544 \(2006\)](#).
- [5] 京都国立近代美術館, “展覧会ピカソ 愛と苦悩-「ゲルニカ」への道”, <https://www.momak.go.jp/Japanese/exhibitionArchive/1995/263.html>, (参照 2024-05-24)
- [6] 西洋絵画美術館, “ゲルニカ”(1973).
- [7] ワシリー・カンディンスキー, “コンポジションⅧ”(1923).
- [8] フィンセント・ファン・ゴッホ, “星月夜”(1889).
- [9] ピエール＝オーギュスト・ルノワール, “アニエールのセーヌ川”(1879)