

空間型AR展示のための効果的な色合成手法に関する検討

Study on effective color overlapping for spatial augmented reality exhibition

資延香里¹⁾, 立山義祐²⁾, Hasup Lee³⁾, 小木哲朗⁴⁾, 西岡貞一⁵⁾, 茅原拓朗⁶⁾, 篠田謙一⁷⁾

Kaori Sukenobe, Yoshisuke Tateyama, Hasup Lee, Tetsuro Ogi,
Teiichi Nishioka, Takuro Kayahara and Kenichi Shinoda

1) 2) 3) 4) 慶応義塾大学 システムデザイン・マネジメント研究科
(〒223-8526 神奈川県横浜市港北区日吉4-1-1)

(¹⁾ racudy-888@a5.keio.jp, (²⁾ tateyama@sdm.keio.ac.jp, (³⁾ hasups@sdm.keio.ac.jp, (⁴⁾ ogi@sdm.keio.ac.jp)

5) 筑波大学 図書館情報メディア研究科
(〒305-8550 茨城県つくば市春日1-2, nishioka@slis.tsukuba.ac.jp)

6) 宮城大学 事業構想学部
(〒981-3298 宮城県黒川郡大和町学苑1-1, kayahara@myu.ac.jp)

7) 国立科学博物館 人類研究部
(〒110-8718 東京都台東区上野公園7-20, shinoda@kahaku.go.jp)

Abstract: Recently, the number of people who visit the museum is decreasing gradually. In order to solve this problem, it is necessary not only to exhibit the object but also to represent the atmosphere around the exhibits. Then, we propose the new exhibition system using the spatial augmented reality technology for the digital museum. This exhibition system can represent the atmosphere, for example, the bustle of a town, a lifestyle of people and the situation of the excavation site. However, this system has some problems that must be solved. Therefore, we conducted the experiment about the color overlapping for applying this system to the exhibition. As a result, it has been clarified that Value of the color in both the real object and the virtual image had a great influence on the correct expression of augmented reality scene.

Key Words: digital museum, exhibition, spatial augmented reality, atmosphere.

1. はじめに

近年、博物館の来館者数が減少している。その背景に、インターネット技術の発達や社会のグローバル化によって、人々は博物館へ行かなくても、容易に情報が入手できるようになってきたことがあげられる。この問題を解決する一つの方法として、博物館が展示物を見ただけでは伝えることが難しい情報、例えば、当時の街の賑わい感や展示物が実際に使われていた時の様子、発掘現場の状況などといった、雰囲気を含めた情報を提供していくことが望まれる。しかし、これまでの博物館はモノの展示しか行わず、雰囲気は説明文や写真などから鑑賞者が自分で汲み取るしかなかった。このような方法では実物と雰囲気に関する情報との関係性が十分に表現されず、鑑賞者に正しく理解されにくい。

そこで本研究では、デジタルミュージアム実現に向けて、空間型AR技術[1]を用いた新しい展示システムを提案している。これは、CG映像によって表現された当時の雰囲気を実際の展示空間に融合することで、実物を見るだけでな

く、雰囲気も同時に体感することができる展示システムを目指している。しかし、空間型ARシステムにおけるシーンの見え方に関する研究は十分になされておらず、展示に応用するためには改善しなければならない問題がいくつかある。本研究では、空間型AR技術を展示分野へ導入し、AR展示システムとして雰囲気を正しく表現することを目的としている。そこでまず、展示物と映像の色に焦点を当て、効果的な色合成手法に関する実験を行い、色と見え方に関する検討を行った。

2. 空間型AR展示システム

空間型AR展示システムとして、これまでに幾つかのシステムが提案されている。例えば、Virtual Showcaseは、ハーフミラーを用いたデスクトップ型のAR展示システムである[2]。この展示システムでは、プロジェクタを照明として用いることで、展示物と仮想物体との正しいオクルージョン表現を実現している[3]が、システムが小型であるため、鑑賞者が雰囲気を感じる事が難しい。そこで、

雰囲気表現するのに十分な大きさの映像で表現された没入仮想世界と現実世界とを空間的に正しく融合できるシステムが必要である。

2.1 システム構成

本研究では、これまで開発を行ってきた没入空間型 ARディスプレイシステム ARView を展示分野へ応用することを想定している [4]。ARView は高さ 3.0m、幅 4.5m の大型ハーフミラー、立体視プロジェクタ、床面スクリーンから構成されている。ハーフミラーは床面に対して 45 度に設置され、プロジェクタから投影された映像は、ハーフミラーフィルムに反射される。その結果、鑑賞者は映像を正面の位置に見ることができる。また、ハーフミラーフィルムは 87.8% という高い透過率のものを用いているため、鑑賞者はハーフミラーを介して実際の展示物を高い臨場感で見ることができる。

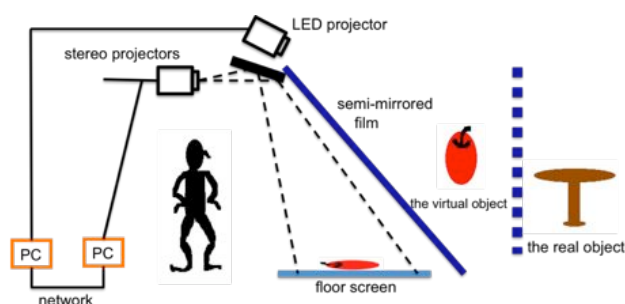


図 1 : ARView のシステム構成



図 2 : ARView を用いた展示例

私たちは、ARView のプロトタイプとして図 3 に示す実験装置を構築した。このシステムは高さ 65cm、幅 80cm で、展示物は虚像平面から 40cm 後方の位置までの間に設置することができる。本研究での実験は、この実験装置を用いて行われた。

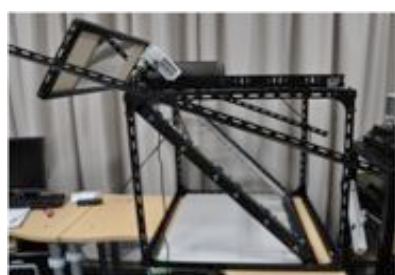


図 3 : 実験装置

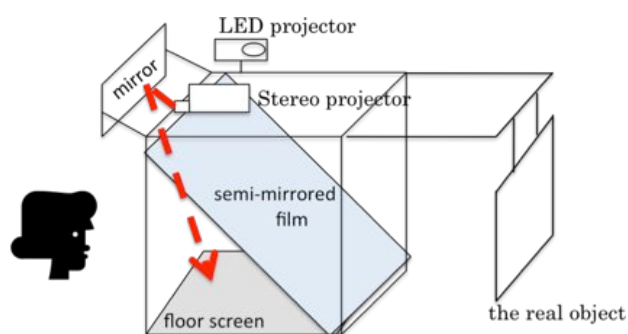


図 4 : 実験装置のシステム構成

2.2 オクルージョン表現手法

ARView においても、プロジェクタを照明として用いて正しくオクルージョンを表現する手法を用いている [4]。

仮想物体が現実物体の手前にある場合は、照明用の LED プロジェクタを消した状態で仮想物体のみを投影する。逆に、仮想物体が現実物体の奥にある場合は、LED プロジェクタで現実物体全体に照明光を照射する。そして仮想物体は、現実物体の影になる部分を黒くレンダリングする。このように、それぞれのプロジェクタを制御することで、仮想世界と現実世界を空間的に正しく融合することができる。

2.3 展示に求められる条件

AR 技術を展示へ応用するためには、考慮しなければならない点はいくつかある。まず、来館者は展示物を自由に鑑賞できなければならない。そして、同時に複数の人が鑑賞することを想定する必要がある。しかし、AR 展示システムには正しく見えるユーザの視点位置や視線方向は制限される。このような理想的な視点位置、視線方向以外から見た人には、雰囲気表現を正しく表現することができないだけでなく、展示物自身がシーンそのものを邪魔してしまうことも考えられる。

この問題を解決するために、展示物に対して CG 映像の色を上手く組み合わせることで色合成の効果を利用することで、正しく鑑賞できる領域を拡大するという方法がある。しかし、AR 展示システムにおけるユーザからの見え方は、十分に検証されていない。そこで、全ての鑑賞者が高い品質で展示を楽しめるように、色と見え方に関する基礎実験を行い、効果的な色合成手法に関する検討を行った。

3. 色合成手法に関する実験

3.1 概要

この実験の目的は、現実物体と仮想物体の色の組み合わせがユーザの見え方に及ぼす影響を明らかにすることである。通常、色は色相、明度、彩度の 3 つの要素によって定義することができる [5]。そのため、色の影響を検証する方法としては、色をこれらの要素に分けて検討を行うこととした。

私たちはまず、現実物体と仮想物体の色について、どの要素が最もユーザの見え方に影響するのかを明らかにす

ることとした。そこで、現実物体と映像のそれぞれの色の明度が見え方に及ぼす影響、また映像の色について色相と彩度の要素を加えたときの影響を明らかにするために、以下のような実験を行った。

3.2 方法

この実験は、現実物体をハーフミラーの後ろに置き、照明用プロジェクタを使用せず、映像だけを表示した状態で、現実物体の見え方について、被験者に評価をしてもらった。

3.2.1 現実物体

現実物体としては、明度値の異なる4枚の灰色のカードを虚像平面より40cm後方に設置した。カードの明度値を表1に示す。

表1：カードの明度値

	明度値
カード1	1.5
カード2	4
カード3	7
カード4	9.5

カードは横一列に並び各カードの配置はランダムとし、被験者が変わると並びを変えた。図5にカードの配置図を示す。

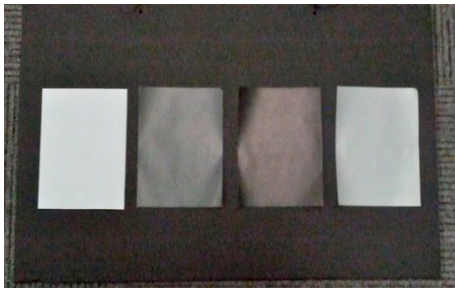


図5：カードの配置図（例）

3.2.2 仮想映像

仮想映像は、一色で塗りつぶされたものを用いた。色に関しては、無彩色と有彩色の2つの場合について実験を行った。表2に無彩色グループのRGB値とマンセル表色系による明度値を示す。

表2：無彩色グループのRGB値

	R	G	B	マンセル表記
白	1.0	1.0	1.0	N10
グレー1	0.8	0.8	0.8	N8
グレー2	0.6	0.6	0.6	N6
グレー3	0.4	0.4	0.4	N4
グレー4	0.2	0.2	0.2	N2

有彩色については、日本工業規格慣用色名に基づいて、赤、黄、緑、青、紫の5色を用いることにした。表3に有彩色グループのRGB値とマンセル表色系による明度、彩度、色相値を示す。

実験としては、最初に無彩色の映像を用いて実験を行い、次に有彩色の映像を用いて、同様の実験を行った。

表3：有彩色グループのRGB値

	R	G	B	マンセル表記
赤	0.93	0.10	0.24	4R 3.5/11
黄	1.00	0.83	0.00	5Y 8/14
緑	0.00	0.50	0.00	2.5G 6.5/10
青	0.00	0.60	0.84	10B 4/14
紫	0.65	0.34	0.66	0.3RP 4.8/12.2

3.2.3 評価方法

被験者には、仮想映像が表示された状態で、奥に置かれた各カードがどのように見えるのかを5段階で評価してもらった。表4に評価基準を示す。映像は20秒毎に色が変わり、色の表示順はランダムとした。5色を1セットとし、被験者1人について3セットの実験を行った。被験者数は10名である。

表4：評価基準

点数	評価基準
-2	カードが完全に見えている。
-1	カードが少し見えている。
0	どちらでもない。
1	映像によって、カードが隠れている。
2	映像によって、カードが完全に隠れている。

3.3 結果

実験の結果として、図6に無彩色映像を用いた場合、図7に有彩色映像を用いた場合を示す。グラフの縦軸を評価値、横軸をカード番号とし、それぞれの平均値と標準偏差を示す。

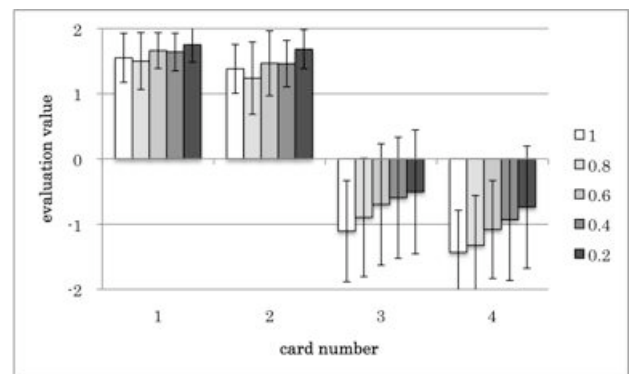


図6：結果（無彩色映像×カード）

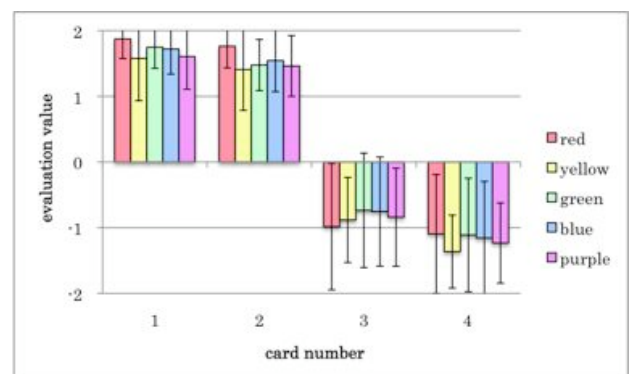


図7：結果（有彩色映像×カード）

無彩色の映像を用いた場合について、カードと映像（明度の変化）を要因として二元配置分散分析を行った結果、カードの明度による効果は有意であった。カード1とカード2のように明度の低い場合、ユーザはカードをほとんど認識していないことが確認できた。反対にカード3とカード4のような明度の高い場合、カードはユーザに認識されやすい。また、カード3では白とグレー4の間、カード4ではグレー1とグレー4の間で有意差がみられ、映像の明度によっても影響を受けることが確認された。一方、有彩色の映像を用いた場合について、カードと映像（色の変化）を要因として同様の分析を行った結果、映像の色による影響はみられなかった。

3.4 考察

この実験から、明度の低いカードはユーザにほとんど認識されることが分かった。したがって、展示物が暗い色の場合は、展示物に邪魔されることなく映像だけを正しく表現することができる。

カード3とカード4について、映像の明度が大きくなるとカードがより認識されるようになったが、これはカードが床面スクリーンに投影された映像の光を反射していることが原因として考えられる。反射光の影響を検証するために、各映像投影時に現実物体が置かれた位置での照度を計測した。表5に照度値の計測結果を示す。照度値は、3回計測した結果の平均値を示す。

表5：無彩色映像の照度値 (lx)

	照度値
白	72.4
グレー1	36.3
グレー2	16.6
グレー3	5.5
グレー4	1.1

また有彩色の映像では、ユーザの見え方に有意差は見られなかった。これは、それぞれの映像の照度値に、無彩色の映像を用いた時ほど差がなかったことが原因として考えられる。表6に有彩色の映像の照度値を示す。

表6：有彩色映像の照度値 (lx)

	照度値
赤	8.5
黄	31.7
緑	6.7
青	16.6
紫	11.5

映像の色の明度が高くなれば、それに伴って実空間の照度も高くなる。したがって、照明用プロジェクタを消した状態であっても、展示物が映像の光を反射し、それが結果として照明用プロジェクタと同じ働きをしてしまうと考えられる。

この現象を防ぐために、現実物体と床面スクリーンとの

距離を離す必要がある。この実験装置では、床面スクリーンと現実物体が同じ高さに位置しているため、カードは映像の反射光による影響を強く受けた。そのため、明度の高い色はユーザに認識されやすくなった。一方、ARViewでは、床面スクリーンを展示物の置かれるステージよりも60cm下に位置させた。そのため、床面スクリーンに映し出された映像の光による影響はほとんどなくなった。

4. まとめと今後の課題

本研究で、私たちはデジタルミュージアム実現に向けて、空間型AR技術を用いた展示システムを提案した。そこで今回、この展示システムにおいて雰囲気感を正しく表現するための効果的な色合成手法についての検討を行った。実験の結果、展示物の色の明度が鑑賞者の見え方に大きく影響することが明らかになった。展示物の性質によって、効果的な色を選択し、コンテンツ制作を行うことで、展示の品質を高めることが可能である。

今後の予定として、より効果的なコンテンツ制作ができるように、視点誘導の効果を検証する予定である。アニメーションによって鑑賞者の視線を意図的に理想的な方向へ誘導することができれば、より広範囲からの自由な鑑賞が可能になる。また、展示物の置かれる位置と見え方について検証を行い、現実物体と仮想物体の位置関係の影響を詳細に検証する予定である。

謝辞

本研究は、文部科学省の「デジタル・ミュージアム実現のための研究開発に向けた要素技術及びシステムに関する調査検討」、慶應義塾大学グローバルCOEプログラム「環境共生・安全システムデザインの先導拠点」の助成により実施された。また、(株)TBSテレビ、(株)文化総合研究所、(株)スピンの協力を得たことを感謝する。

参考文献

- [1] Bimber, O., Raskar, R.: Spatial Augmented Reality, Merging Real and Virtual Worlds; A K Peters Ltd, 2005.
- [2] Bimber, O., Fröhlich, B., Schmalstieg, D., Encarnação, L.M.: The Virtual Showcase. IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 21, No.6, pp. 48-55, 2001.
- [3] Bimber, O., Fröhlich, B.: Occlusion Shadows: Using Projected Light to Generate Realistic Occlusion Effects for View-Dependent Optical See-Through Displays, ISMAR'02, pp.186-195, 2002.
- [4] Murase, K., Ogi, T., Saito, K., Koyama, T.: Correct Occlusion Effect in the Optical See-through Immersive Augmented Reality Display System, ICAT 2008, pp.12-19, 2008.
- [5] 大井義雄, 川崎秀昭: 色彩 (改訂版), 日本色研事業株式会社, 2006