原著論文

バーチャル環境を利用した歴史的建造物復原支援の一手法の提案

－ 印象評価を通じた芝居小屋の内装の検討 －

伊藤 真琴*, 三重野 はるひ**, 藤沼 誉英***, 大倉 典子****, 渡辺 洋子****

* 芝浦工業大学大学院工学研究科, ** 株式会社占部製作所, *** 日本電気株式会社, **** 芝浦工業大学工学部

Method to Support Restoration and Reconstruction of Historical Buildings using Virtual Environment

－ Study on Theater Interior through Impression Estimation －

Makoto ITOH*, Haruhi MIENO**, Takahide FUJINUMA***, Michiko OHKURA**** and Yoko WATANABE****

* Graduate School of Engineering, Shibaura Institute of Technology, 3-7-5 Toyosu, Koto-ku, Tokyo 135-8548, Japan

** URABEseisakusyo, 1-12-53 Higashihama, Higasi-ku, Fukuoka 812-0055, Japan

*** NEC Corporation, 5-7-1 Shiba, Minato-ku, Tokyo 108-8001, Japan

**** Faculty of Engineering, Shibaura Institute of Technology, 3-7-5 Toyosu, Koto-ku, Tokyo 135-8548, Japan

Abstract : The main purpose of this paper is a proposal for restoration support system of historical buildings using virtual environments. Trend has developed to restore historical Japanese buildings such as theaters as symbols of town renovation. However, the restoration of such buildings commonly encounters many difficulties such as a lack of documents, and different construction materials and structures between the old era and the present. Virtual images of a restored building should be a great help in evaluating and discussing various restoration plans. We have constructed a restoration support system for historical buildings, using virtual environments to help the design plan for indoor restoration. CAD data based on actual measurements of an old theater, Tsurukawaza in Kawagoe, were employed to construct the 3D model for the system, which ensures reproduction of the interior details of the theater. The experimental results show the effectiveness of the support system.

Keywords : Virtual Environment, Historical Building, Theater, Restoration, Support

1. は じ め に

歴史的建造物の再生利用が近年盛んに行われるようになってきた。特に人々に親しまれ、まちの顔となっている公共性の高い建築は、まちづくりのシンボルとして見直され、その復原に注目が寄せられている [1]。このような建築については、まず歴史資料および建築部材痕跡に基づく復原を行うが、建設当時の資料が乏しいことに加え、

- ・ 不特定多数の人々が利用する建造物は建築基準法による内装制限を受ける [2]
- ・ 体形・生活様式の変化により座席等の構成が異なる
- ・ エネルギー事情の変化に伴い、自然光や自然風などに頼っていたかつての姿をそのまま復原するのは適切でなく、現代的利用に即した方式を考慮する必要がある

などの問題が存在し、復原案の決定が難しい。復原には、残された史料や痕跡調査から決定できる部分と、それらからは読み取れない部分が存在するが、前者が厳密な史実追及を行うのに対し、後者には復原設計者のデザインの余地が生まれる。その余地に対し、これまでは設計者の恣意的な決定に頼って来ざるを得ず、史実追及の厳密性との不一致が問題であり、「目立たないように」デザインを決めるの

が慣例であった。

しかし、近年の再生利活用ブームを考えると、このデザインの余地については、別の手法による、公正かつ市民の期待にも応えられる新たな方式が考えられないだろうか。本研究では、複数の人の意見を取り入れられる、復原後の建築の姿をイメージしやすくする、あるいは当時の姿や複数の復原案を比較しながら議論することが可能であることから、バーチャル環境を利用して復原案の決定を支援することにした。前述の問題をクリアしながら素材や色彩の提案を行い、文化的価値の高い建物のより現代へ受け入れられるかたちでの保存・活用を目指す。この試みを通じて、歴史的建造物の復原支援手法を構築・検討することを目的とする。

なお、建築の設計については、バーチャル環境を利用した印象評価による設計支援については複数の既往研究があり [3, 4]、一方、コンピュータ援用による感性の定量化と建築構造の決定についても佐々木らの最近の成果が知られる [5]。本研究が既存の現代的な一般建物の色彩検討と異なるのは、このシステムには建築史家、復原専門家の参加が必要で、色彩・素材に関する選択肢が史実としての可能性をもつものであること、その一方、閉ざされた復原策定の作業を一般市民に開くことで、社会的意義を有することである。

また、バーチャル環境を利用した歴史的建造物や都市の復

原画像提示については、1980年前半より大手ゼネコンが作成開始し、現在では周知の手法となっている。しかしながら、歴史的建造物の復原支援について、バーチャル環境による印象評価を利用しながら行う研究については、管見に入らない。

今回対象としたのは、現在、芝居小屋としての復原が検討されている、埼玉県川越市に現存する旧鶴川座である。この芝居小屋の外装は、残された資料と痕跡調査から復原案がほぼ決定しているのに対し、内装については当時の資料が少ないことなどから、復原案の決定が困難な状況である。そこでこの鶴川座の内側である劇場空間をシミュレートし、内装案の決定を支援することにした。

2. 旧鶴川座について

2.1 施設概要

施設の概要を図1に示す。

2.2 歴史

創業は明治期であるが正確な年号は不明。明治26年の川越大火により焼失するも翌年には営業を再開したことから、鶴川座が地域の人々にとって貴重な娯楽として欠かせない存在であったことがうかがえる。大正期には外観をレンガ張りの洋風意匠に変え、活動写真の上映が始まる。昭和35年には川越日活劇場と名前を変え、映画の上映に切り替わるも、テレビの普及により客足が途絶え、ポルノ映画の上映が行われる。近年では書道用品の店舗、ライブハウスへと転身を遂げるが、平成18年にその歴史に幕を下ろす。

2.3 復元的考察

復原に際して、現状の建物の実測調査から図面及び3Dデータを作成した(図2)。痕跡調査においては、店舗やライブハウスに改装された時に新建材の内装が施されて、ほとんど

図1 鶴川座概要

図2 鶴川座現状3D

痕跡が見られず、一部解体して調査が行われている。以下に協同組合伝統技法研究会による調査結果に基づき、筆者らが現地を確認した内容をまとめる。

天井については、当初の梁が高い位置に残されており、現状では細い格縁を組み合わせた格天井(図3.a)にファイバーボードが用いられていることから、この天井は当初のものではないと言える。また、小屋裏の部材に下から見える面のみ化粧仕上げがなされていることから、建設当時は客席から小屋組が見え、天井がなかったと考えられる。また花吹雪を降らせるための葡萄棚(図3.b)が当時のまま残っている。

柱に貼られたタイルは、角が丸いことから比較的新しい年代のものであると考えられる。タイルをはがすと、モルタル下地にペンキ塗り、皮むきの丸太の柱、といった変遷が見られた(図3.c)。また、柱には手摺の痕跡が見られ、その位置が低いことから棧敷席であったとわかる。

床面は、店舗に改装した際に、土間コンクリートとなったことがわかっていて、また、かつて客席が枡席であったと記述された史料が残されていることから、枡席での復原とする。

床下では、奈落(図3.d)や回り舞台等が当初の姿で残っている。回り舞台は前面の1/3が切り取られており、かつての舞台は現状より大きかったと考えられる。

外装については、建設当初と考えられる蔵造風外観の絵はがきが残されている(図3.e)。この古写真から、漆喰の壁と瓦葺屋根の蔵造をイメージしたファサードが見て取れる。

2.4 特徴

度重なる用途転用によって、現状から芝居小屋の面影を見ることは困難であるが、天井の葡萄棚、床下の奈落や回り舞

(a) 格天井

(b) 葡萄棚

(c) 柱

(d) 奈落

(e) 芝居小屋時代正面

(f) トラス構造

図3 鶴川座の写真

台等、舞台装置の数多くが残存している。

また、小屋裏が非常に良い状態で残っており、細い材で正確にトラスが組まれている（図3.f）。当時、力学的性能の理解が得られていなかったトラス構造が用いられているという点もこの建物の大きな特徴と言える。さらに、明治の建設でありながら客席上に天井が張られておらず、江戸歌舞伎小屋の形態を残す貴重な芝居小屋である。

これらの特長に加えて、川越の歴史を踏襲するような外観（図3.e）と昭和30年代に多く作られた公会堂に近い舞台寸法から、多様な活用方法が見込まれ、首都圏随一の木造芝居小屋として、今後のまちづくりの拠点となり得る文化的・歴史的価値の高い建物である。

3. 実験システム

既往研究において [6-8]、VR空間の提示装置の違いによる空間認識の違いが明らかにされており、それらをふまえて、本研究では大型スクリーンを用いた没入型空間シミュレータを用いて実験を行なった。

バーチャル環境提示システムの構成を図4に示す。PCに接続した2台の直線偏光板付プロジェクタから、右目用・左目用それぞれの画像を傾斜型100インチスクリーンへ背面から投影する。被験者は偏光メガネを装着してスクリーンを見ることにより空間を立体視することができる。

また今回使用した装置は、既往研究において、実環境との印象の差異についての実験がなされており、その可能性と限界については検証されている [9]。

4. 予 備 実 験

4.1 実 験 目 的

劇場空間の印象評価実験を行うに際し、評価対象となりうる要素が非常に多いので、実際にこの芝居小屋の復原に携わる関係者の方から、使える材料、色彩の制限等を伺い対象の絞り込みを行なった。併せて実際の芝居小屋等 [10-12] を対象に、内装材としてどのような材料・色彩が用いられているかを調査した。その結果、床には畳、幕には歌舞伎用定式幕が用いられることが多いということがわかった。そこから今回は、復原に自由度のある、壁の材料及び材料の色を評価対象とした。しかし、材料と色彩の候補も極めて多いことから、まず壁の材料の色の候補を絞る予備実験を実施した。

また、劇場空間に期待される印象として、これから芝居が始まるという期待感を示す「わくわく」という印象を想定し、ここでは「わくわく」にふさわしい材料の色を選定する実験を行うことにした。

4.2 実 験 方 法

劇場空間を想定して作成した3Dモデルを用いてバーチャル空間を構築した。構築した空間の例を図5に示す。この空間の壁は、幕の上部の小壁（A）と、2階席より外側の壁面

（B）、2階席の前面（C）、幕の下部にある舞台の前面（D）の4箇所に分けられる。現存する芝居小屋の内装 [11, 12] を参考に、同じ材料が使われることの多い舞台の前面と2階席の前面をまとめ、これら3箇所の材料の組合せを3種類設定し、空間1～3とした（表1）。なお「塗り・布」とは「塗り壁」あるいは「布で覆われた壁」を指し、この両者がコンピュータグラフィックスを用いたバーチャル環境では区別しにくいことから一括して扱うこととした。

床は黄緑の畳とし、正面の幕は歌舞伎用定式幕（配色が黒、柿色、浅黄の縞模様 [13]）を想定した。

壁面の各材料には、多数の色の候補 [14-16] から、使用される可能性のある色を複数用意した。木材は、黒、アメ色、黄色、無垢材の色、古色の5色とした。塗り・布系は、黒、灰色、白のほか、塗り材を想定した薄く明るい色を色相に偏りなく7色、日本の伝統色を想定した濃く暗い色を色相に偏りなく10色、計20色とした。

実験の手順は以下に示す通りである。

- (1) 被験者に図5に示すような空間と、材料の色の候補一覧を提示する。
- (2) 一覧より、「わくわくする空間にふさわしい色」とい

図4 実験システムの構成

図5 予備実験の空間の例

表1 空間の種類と材料の組み合わせ

	空間1	空間2	空間3
正面の小壁	木材	塗り・布	塗り・布
外側の壁面	木材	木材	塗り・布
舞台・2階席の前面	木材	木材	木材

う基準で壁の材料の色を選択してもらう。

- (3) 上述した(1)(2)を壁面3箇所について順に実施する。
この際、既に選んだ箇所の色の再選択も可能とする。
- (4) アンケートとして「材料の色を選択した際に工夫した点」と「よりわくわくさせるための改善案」を口頭で回答してもらう。
- (5) (1)～(4)を3種類の空間について順に実施する。
- (6) 色を決定した3種類の空間を再提示し、それらの中で最もわくわくする空間を1つ選択してもらい、またその理由を口頭で回答してもらう。

なお、3種類の空間の提示順序と壁面3箇所の選択順序は、被験者間でカウンターバランスをとった。

4.3 実験結果

被験者は20代男子学生28名、20代女子学生8名の計36名とした。選択された色は材料ごとに偏りが見られた。結果を材料別にまとめたグラフを図6に示す。ここで横軸は各材料の色または色彩番号、縦軸はその色を選択した人数を表す。

どの空間においても、木材では黒があまり選択されず、一方塗り・布では、黒・濃い赤・橙・黄・黄緑や、薄い黄・赤・黄緑などが多く選択された。この結果から、木材については現状通りの5種類とし、塗り・布については色数を半減することにして色の選定を行なった。選定した色を表2に示す。

「材料の色を選択した際に工夫した点」のアンケートの回答結果については、壁の材料の色を選択した際の工夫として「明るい色にした」「統一感を出した」「メリハリをつけた」「暗い色にした」など、色調に関する回答が非常に多かった。また、「集中させるように」「落ち着くように」といった印象に関する回答も多かった。

図6 予備実験面別選択結果

表2 予備実験により選定した材料と色彩

木材系			布・塗り系					
0	黒色		5	黒色		10	濃い青
1	アメ色		6	濃い赤		11	薄い赤
2	黄色		7	濃い橙		12	薄い黄
3	無垢		8	濃い黄		13	薄い黄緑
4	古色		9	濃い黄緑		14	白

5. 劇場空間の印象評価実験

5.1 実験目的

前節の結果を受け、選定した材料の色を候補として鶴川座の劇場空間をシミュレートしたバーチャル空間を用いて、「鶴川座の劇場空間」に適したわくわくする材料や色の組合せを明らかにする。

5.2 実験方法

実験空間は、鶴川座の実測調査からAutodesk社製AutoCADにより作成した3Dデータをもとに、同じくAutodesk社製3DCG作成ソフトウェアである3dsMaxと、株式会社ソリッドレイ研究所製OmegaSpaceを用いて構築した。空間の例を図7に示す。

実験の条件や手順は前節の実験とほぼ同様であるが、今回は舞台の前面の壁と2階席の前面の壁を分け、4箇所の材料の組合せを4通り設定し、それぞれ空間1～4とした(表3)。各材料の色は、前節にて選定したものをを用い、前節の実験空間には存在しなかった柱や小屋裏には、予備実験と同様にこの芝居小屋の復原を推進している方のご助言を受けて、古色の木材を使用した。

図7 実験空間の例

また、空間ごとに材料の色を選択した際に重視した点に関し、表4の各項目について選択肢から複数回答してもらうアンケートを実施した。

5.3 実験結果と考察

被験者は、20代男子学生23名、20代女子学生21名、及び男性職員5名、女性職員7名の計56名とした。各材料における各色の選択人数を表5に示す。

5.3.1 色彩選択傾向

色彩の選択結果を材料ごとにまとめたグラフを図8に示す。なお、図中の縦軸はその色を選択した人数、横軸は表2の色彩の番号を表す。

(1) A正面の小壁

木材系（図8.a）では黄色の支持率が高いが、黄色選択者は他の箇所に黄色か古色を選ぶ人が多かった。塗り・布系（図8.b）では濃い赤・黒色の支持率が特に高かった。濃い赤を選択した人は、他の箇所にも黄色等の明るい色を合わせる傾向があり、黒色を選んだ人はB外側の壁面やC2階席にも黒

や古色等の落ち着いた色を選択しやすかった。

木材系黄色選択者で、他の箇所に黄色を選んだ人は統一感を、古色を選んだ人はコントラストを持たせる狙いがあったと考察できる。

(2) B外側の壁面

木材系（図8.c）では前節の実験結果と結果が異なり、古色が多く選択された。古色選択者はC2階席前面にも古色を用いる傾向が強かった。次いで黄色が選ばれるが、黄色選択者も他の箇所に古色を合わせる人が多かった。

(3) C2階席の前面

木材系（図8.e）では古色を選択する人が最多であった。古色選択者のアンケートからは、舞台以外を落ち着いた色みにして舞台を明るくして注目を集める狙いや、演目に集中できる環境をつくる狙いが読み取れた。塗り系（図8.f）では濃い橙、濃い黄が選ばれ、これらの人はB外側の壁面に黒か濃い橙・黄色を選択した。

どちらの材料でも、2階席をアクセントにするか、空間に馴染ませるかの二通りの傾向があると考えられる。

(4) D舞台の前面

舞台の前面（図8.g）では他の木材系の選択と同様、黄色・古色が支持された。黄色選択者は、C2階席にも黄色・橙といった明るい色を合わせる傾向があり、古色選択者は半数以上が木材系ではC2階席にも古色を用いた。舞台の前面では、およそ半数程度がそれ以上の人が2階席にも同じ色を選択した。

表3 空間の種類と材料の組み合わせ

	空間1	空間2	空間3	空間4
A正面の小壁	木材	塗り・布	塗り・布	塗り・布
B外側の壁面	木材	木材	塗り・布	塗り・布
C2階席前面	木材	木材	木材	塗り・布
D舞台の前面	木材	木材	木材	木材

表4 アンケート項目

項目	選択肢
色調	明るい色にした、暗い色にした、メリハリをつけた、統一感を出した、その他（自由記述）
印象	落ち着き、高揚感のある、集中できる、期待感のある、馴染みのある、非日常的な、その他（自由記述）
基準箇所	正面の小壁、外側の壁、2階席の前の壁、ステージ、花道、トラス、柱、幕、畳、その他（自由記述）

表5 面別各色選択人数

		木材系					塗り・布系									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A面	空間1	9	5	20	10	12										
	空間2						14	15	2	5	7	5	1	4	2	1
	空間3						10	17	3	7	8	5	0	4	1	1
	空間4						9	17	2	8	8	7	0	4	0	1
B面	空間1	6	9	16	6	19										
	空間2	5	10	15	6	19										
	空間3						14	4	8	12	6	2	1	5	2	2
	空間4						13	6	7	12	5	2	0	6	2	3
C面	空間1	6	9	13	8	20										
	空間2	9	7	13	6	21										
	空間3	7	8	12	7	22										
	空間4						9	8	16	11	5	3	1	0	3	0
D面	空間1	9	4	17	12	14										
	空間2	10	5	18	9	14										
	空間3	10	7	15	8	16										
	空間4	9	6	15	9	17

図8 各部位の材料別選択結果

5.3.2 アンケート結果

アンケートの結果を表6及び図9～12に示す。表6の数値は、被験者一人分の意見を1点とし、複数回答の場合は1を選択項目数で除した点数として加算して集計した。

(1) 重視した色調

重視した色調（図9）では、全ての空間について最も選ばれたのは「統一感を出した」、次いで「メリハリを持たせた」となった。ただし空間1では「明るい色にした」がメリハリと同数で、他の空間と異なった。空間2ではメリハリを重視した割合が他の空間と比べて最も高かった。

空間1は全ての箇所を木材から選択する空間であり（表3）、

木材系は塗り・布系よりも色数が少ないため、気分を高める明るい色が好まれたと考えられる。

被験者は木材で統一された落ち着いた空間を好みながらも幕周りには鮮やかな色を用いる傾向がある。空間2はA正面の小壁に塗り・布系の鮮やかな色が選択でき、他の箇所は木材に指定されている。（表3）。落ち着いた客席と華やかなステージのメリハリが空間2では達成できたと言える。

空間3で「統一感」が他の空間に比べて高い割合を示したのは、A・B面が塗り・布、C・D面が木材といった材料の混合（表3）が考えられる。空間要素の多さから、統一感を意識した選択が導き出されたと考察できる。

(2) 重視した印象

印象（図10）については、割合に差はあったが、どの空間においても「落ち着いた」が最も重視される傾向があった。この傾向は空間4に顕著であった。

これは空間4がD舞台の前面以外の全ての箇所が塗り・布

系から選択される（表3）ことが影響していると考えられる。塗り・布系は色相が豊富であるため、合わせ方次第では落ち着いた空間になることからの配慮と読み取れる。これは空間3でも同様に考えられ、使用できる材料・色彩が多様であったことから落ち着いた印象を重視した選択になったと考えられる。逆を言えば、塗り・布系の鮮やかさからは期待感・高揚感といった華やかさが得られる。対して木材系の取り合わせからは、空間内の屋根や柱が予め木材系に設定されていることもあり、落ち着いた統一感が得られる。これは空間1で落ち着いた印象よりも期待感・高揚感の割合が高いことから読み取れる。被験者は選択の際に材料や色彩から得づらく、足りない印象を重視する傾向があった。

(3) 基準とした箇所

基準とした箇所（図11）では、空間ごとに特徴が現れたものの、全ての空間で多く選ばれた箇所は共通しており、空間1・2・3ではステージ、空間4で幕という結果になった。ただし、空間1・2・3においても幕は二番目に重視された箇所であった。空間4でもステージは二番目に高く、自由記述欄にも「舞台に意識が集中するようにした」等の回答が多かった。

劇場内装において、やはりステージや幕などの舞台周りは最も重要な箇所であると言える。

(4) 最もわくわくする空間

最もわくわくする空間の回答（図12）では、僅差であるも空間2が最も支持され、空間3を選んだ人が少なかった。

空間3が選ばれなかった理由については、A正面の小壁・B外側の壁面が塗り・布系、C2階席・D舞台の前面が木材（表3）といった材料の混合が考えられる。被験者は「統一感」を最も重視する傾向にあるため（図9）、空間3は空間要素の多さから敬遠されたのではないかと考えられる。

対して空間2が最も支持されたのは、「統一感」に次いで重視された「メリハリ」と（図9.b）、基準とした箇所でも幕周りが最も重要であったこと（図11）が関係していると言える。空間2はA正面の小壁のみが塗り・布系で他の箇所が木材系の空間である（表3）。塗り系の鮮やかな色彩が幕周りのアクセントとして受け入れられたと考えられる。空間2ではステージの華やかさと客席の落ち着いた両立でき、支持されたと言える。

5.3.3 印象別の色彩選択傾向

選択した印象（図10）ごとに選択状況を調べ、全体の選択状況との比較を行なった。

(1) 落ち着いたもの

「落ち着いたもの」選択者の木材系の選択では全ての木材指定箇所において古色を選択する人の割合が増えた。古色からは落ち着いた印象が得られると言える。特に増加が顕著だった空間1のB外側の壁面の、全体と落ち着いた選択者の結果を図13. (a) (b) に示す。塗り・布系では大きな変化は見られないが、全体的に濃い赤と淡く明るい色の割合が減り、黒色の割合が増える傾向が見られた。空間3のA正面の小壁の例を図13. (c) (d) に示す。

表6 アンケート集計結果

		空間1	空間2	空間3	空間4
重視した色調	明るい色にした	11.75	5.83	5.50	6.00
	暗い色にした	5.33	4.17	9.00	9.00
	メリハリをつけた	11.58	18.50	9.83	16.50
	統一感を出した	24.25	25.67	31.33	21.50
	その他	3.08	1.83	0.33	3.00
重視した印象	落ち着いた	16.67	19.08	21.00	22.50
	高揚感のある	11.67	7.75	5.25	6.67
	集中できる	4.75	12.08	11.25	7.50
	期待感のある	11.33	5.58	7.33	8.00
	馴染みのある	7.33	7.17	6.92	6.50
	非日常的な	2.25	3.50	2.00	3.33
	その他	2.00	0.83	2.25	1.50
基準とした箇所	正面の小壁	7.95	6.33	6.00	6.92
	外側の壁	5.48	7.66	2.92	2.17
	2階席の前の壁	5.23	5.36	9.58	3.50
	ステージ	15.70	15.91	14.75	11.42
	花道	1.08	0.46	0.75	0.00
	トラス	7.65	4.03	2.42	2.33
	柱	2.20	2.33	7.50	6.17
	幕	9.03	12.61	9.33	20.00
	畳	1.67	1.33	2.75	3.50

図9 重視した色調

図10 重視した印象

図11 基準とした箇所

図12 わくわくする空間

(2) 集中できる

木材系では、落ち着きの項目と同じく古色の割合が増えた。ただし、D舞台の前面においては黄色の割合の増加傾向にあった。舞台を際立たせ、舞台に集中できるようにという狙いが読み取れる。空間1のD舞台の前面の結果を図14.(a)(b)に示す。

塗り・布系では黒色の割合が全体的に増え、濃い赤色の割合が減った。また濃い青の増加も見られた。集中できる環境をつくるには暗い色調が重視されると言える。空間2のA正面の小壁の例を図14.(c)(d)に示す。

(3) 高揚感のある

木材系では、全体的に黒・古色といった暗い色調の割合が減る。特に空間3・4では黒色の選択者がいなくなった。代

わりに黄色・無垢が増え、明るい色調が選ばれた。特に顕著だった空間4のD舞台の前面の結果を図15.(a)(b)に示す。

塗り・布系でも同様に黒色の割合が減った。代わって、全体ではあまり選択されなかった淡い色調の割合が増えた。結果の例を図15.(c)(d)に示す。

(4) 期待感のある

期待感の項目においても、「高揚感」と同様に木材系では黒色の割合が減少傾向にあり、黄色・無垢の割合が増えた。ただしB外側の壁面では無垢の選択者がいなくなり、その分黄色の割合が増えた。他は空間によって傾向が異なり、全体の傾向は見られなかった。結果の例を図16.(a)(b)に示す。

塗り・布系の選択ではほとんどの箇所でも濃い赤の割合が増えた。濃い赤は全体でも支持率の高い色であったが、期待感

の演出において重要な色であると考えられる。強く傾向が見られた空間4のC2階席の前面の結果を図16.(c)(d)に示す。

6. 分析に基づいた一提案

前節の実験結果と考察を以下にまとめる。

今回の実験を通じて、被験者は材料及び色彩の選択において、色調としては空間全体の統一感やメリハリを重要視しているということがわかった。加えて、舞台周りを基準に選択がなされる。印象では高揚感や期待感よりも、舞台に集中できる、落ち着いた環境にすることを最も重視する傾向があった。これらを達成するために、木材の多く使われた統一感のある空間が支持され、木材系の選択では落ち着きを理由に古

色がよく選ばれた。木材系で次に多く選ばれたのは黄色で、古色との取り合わせでメリハリを演出する人が多かった。空間全体で落ち着きが重視されるのに対して、正面の小壁・舞台では、意識を集中させるために明るい色が好まれた。

そこで、以上を考慮して材料及び色彩の選定を行なった空間を図17に示す。空間全体の落ち着きと舞台周りの華やかさの両立を目指して選定した。選択箇所の中で最も面積の大きい外側の壁面には、落ち着き・統一感を理由に支持された木材系古色を選んだ。舞台の前面には、舞台を際立たせる狙いから、明るい木材系黄色を選択した。また、舞台と2階席前面は同じ色を選択する人が多かったこと、立体感を出し、空間にアクセントを加えるために2階席前面にも木材系黄色を選択した。正面の小壁は選んだ印象によって選択した

図13 印象別選択傾向比較：落ち着きのある

図14 印象別選択傾向比較：集中できる

図15 印象別選択傾向比較：高揚感のある

図16 印象別選択傾向比較：期待感のある

色が異なったため、この箇所については演目に応じて布を掛け替えるなどの手段がとられることを想定し、塗り・布系から選択を行なった。今回は、高揚感を演出する明るい色みから、特に期待感を理由に支持された濃い赤色を選定した。

7. ま と め

歴史的建造物の復原には、歴史資料や部材痕跡の調査からでは決定しきれない部分が存在する。本研究では、これまで設計者の判断に頼って決められてきた決定困難な部分に対して、関係者や地域住民等も参加可能な、複数意見によってアプローチすることのできるバーチャル環境を用いた復原案決定支援システムを構築した（図18）。

本研究では、実際に復原が検討され、そのための調査が行われている埼玉県川越市の鶴川座を対象とした。今回の対象では、調査を行い、決定可能な部分として2階席や舞台・花道の位置や、構造などが挙げられ、決定困難な部分として特に内装の材料や色彩などがあつた。決定可能な部分からバーチャル空間を構築し、決定困難な部分の検証を行い、本システムを用いて復原案を提案することができた。具体的には、舞台上の小壁・外側の壁面・2階席の前面・舞台の前面に対

図17 復原案の提案

図18 本研究で提案する歴史的建造物復原フロー

して、バーチャル環境を用いた印象評価を通じ、相応しい色調や重要な印象を明らかにすることができた。

歴史的建築物の復原には、復原後のイメージがわかり、また複数の人の判断を通じ、様々な可能性を事前に検討することのできるシステムの利用が有用と考えられる。今後は、関係者にこのシステムを利用してもらい、実際の復原案の策定に役立ててもらおう予定である。また、今回の対象は鶴川座であるが、別の建造物も対象とすることによりサンプル数を増やし、本手法を確立していくことが今後の課題と考えられる。

謝 辞

実際に鶴川座の復原を推進しておられる、伝統技法研究会の大平茂男様、衣袋和子様には、本研究の遂行にあたり、その前提に関して貴重なご意見、ご助言をいただき誠にありがとうございました。また、被験者としてご協力いただいた芝浦工業大学職員および大学院工学研究科・工学部建築工学科・工学部情報工学科の学生の皆様に謝意を表します。

なお本研究の一部は、芝浦工業大学プロジェクト研究助成の支援を受けて行われました。

参 考 文 献

- [1] 文化庁の建造物関連指針に従い、現存する歴史的建築をもとの姿に復することを「復原」(restoration)、失われた建築を復することを「復元」(reconstruction)と表記する。
- [2] 建築基準法第35条の2、同施行令128条、129条。
- [3] 土井暁、渡辺真知子、大木淳「次世代バーチャルリアリティを利用した計画・設計支援システム」日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸）2002年8月。
- [4] 横山広充、松原斎樹、合掌頭、蔵澄美仁「複合環境評価実験による建築物外観の検討」日本建築学会環境系論文集 第592号、pp.59-65、2005年6月。
- [5] 佐々木啓介、堤和敏、大倉典子「VRを利用した浮遊感のある屋根の形態創生に関する研究」日本建築学会構造系論文集 第612号、pp.231-237、2007年2月。
- [6] 吉岡貴行、矢野博明、岩田洋夫「広視野映像の空間知覚への影響」日本バーチャルリアリティ学会第6回大会論文集 2001年9月。
- [7] 小野浩史、青島智恵、森川泰成、吉澤望、平手小太郎「提示装置の違いによる現実感・没入感・設計ツールとしての有効性の検証」日本建築学会環境系論文集 第583号、pp.57-63、2004年9月。
- [8] 小野浩史、平手小太郎「被検者属性・提示装置の違いに着目した空間認識に関する基礎的研究」日本建築学会環境系論文集 第593号、pp.103-109、2005年7月。
- [9] 大倉典子、小松由枝、嶋田裕希、柴田卓巳、中山慎一郎、青砥哲朗、渡辺洋子「傾斜型投影ディスプレイシステムにおける空間の印象の比較」感性工学研究論文集 Vol.6, No.2、2006年11月。

- [10] 服部幸雄, 一ノ関圭「絵本 夢の江戸歌舞伎」岩波書店, 東京, 2001年.
- [11] 「サライ」編集部 編, 「全国芝居小屋巡り」小学館, 東京, 1995年.
- [12] 沢美也子, 田中まこと「にはん全国芝居小屋巡り」株式会社阪急コミュニケーションズ, 東京, 2005年.
- [13] 独立行政法人日本芸術文化振興会,
<http://www.ntj.jac.go.jp/>.
- [14] 清野恒介, 島森功「配色事典」新紀元社, 東京, 2006年.
- [15] 日本の伝統色和色大辞典, <http://www.colordic.org/w/>.
- [16] Spiral Graphics, <http://www.spiralgraphics.biz/>.

伊藤 真琴 (非会員)

2008年芝浦工業大学工学部建築工学科卒業。同年同大学大学院工学研究科修士課程入学。2010年修了見込み。卒業後は株式会社丹青社に入社予定。卒業論文のテーマは、色彩と行動特性の相関に関する研究。現在、没入型空間シミュレータを用いた歴史的建造物の復原及び再生利活用支援の研究に従事。

三重野 はるひ (非会員)

2009年芝浦工業大学工学部建築工学科卒業。現在、株式会社占部製作所に勤務。積算及び、店舗内装に関わる設計職に従事。卒業論文のテーマはVR空間を用いた印象評価による劇場内装の提案。

藤沼 誉英 (非会員)

2009年3月芝浦工業大学工学部情報工学科卒業。同年4月日本電気株式会社に入社。OMCS事業本部第一OMCS事業部にて、法人企業向け業務アプリケーション開発に従事。在学中、没入型空間シミュレータを用いた建築物復原支援手法の研究に従事。

大倉 典子 (正会員)

1976年東京大学工学部計数工学科数理コース卒業。1978年同大学大学院工学系研究科修士課程修了。(株)日立製作所中央研究所等を経て(この間1995年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了)、1999年より芝浦工業大学工学部教授。インタラクティブシステムや感性情報処理、医薬品インタフェース等の研究に従事。博士(工学)。

渡辺 洋子 (非会員)

1979年東京大学工学部建築学科卒業。1981年同大学大学院工学系研究科修士課程修了。1985年同博士課程満期退学。職業能力開発総合大学校等を経て(この間1987年東京大学より博士号授与)、2000年より芝浦工業大学工学部教授。文化庁文化財分科会第二専門調査会(建造物)委員。建築史、都市形成史、歴史的建造物活用等の研究に従事。工学博士。