

〈一般研究課題〉 VR技術を用いたサステナブル建築の印象評価及び  
設計手法に関する研究

助成研究者 豊橋技術科学大学 渋谷 達郎



## VR技術を用いたサステナブル建築の印象評価及び 設計手法に関する研究

渋谷 達郎  
(豊橋技術科学大学)

### Study on Impression Evaluation and Design Methods of Sustainable Architecture Using Virtual Reality System

Tatsuro Shibuya  
(Toyohashi University of Technology)

#### Abstract :

In this research, the existing view and three alternative views are analyzed by the VR system in order to find the followings. 1) The impression of the street scene ; 2) factor components of the street scene that influences preference of people ; and 3) impact of physical elements of the preferred street scene. As a result, the impact of outside environment on people's preference found very influential.

#### 1. 研究の背景・目的

地球環境問題を契機として、エネルギー供給の脆弱性が懸念される中、持続可能な社会の実現を目的とした様々な取組みが近年行われている。建築分野においてもCO<sub>2</sub>の排出抑制や省エネルギー化などに加えて、一定規模以上の建築物の確認申請時にその建築物の環境性能評価を義務付ける自治体が増加傾向にあるなど、その取り組みは顕著である。しかしながら、CO<sub>2</sub>の排出量は削減どころか、年々増加しているのが現状である。今後、従来のトップダウン型の省エネルギー政策に加えて、生活者個人個人の意識を環境志向にするような、ボトムアップ型の政策やライフスタイルの転換が必要とされる。筆者らは、これまでに持続可能な建築(サステナブル建築)に関して、既往の事例分析を通じて、サステナブル建築で用いられているデザイン手法の特性を明らかにしている。また、サステナブル建築の外観がもたらす持続可能性の印象とその魅力構造についても研究を行って

いる。こうした美的、心理的側面から地球環境問題を考察することや、生活の質や快適性の研究はこれまでほとんど行われておらず、こうした人間の側からの研究は、間接的にその地域の気候・風土、伝統文化および周辺環境の問題と深くかかわっており、これから必要とされるボトムアップ型の政策や環境志向のライフスタイルへの転換に関して、有効な知見を有する可能性がある。

本研究は、これまで取組んできたサステナブル建築の印象に関する研究を踏まえ、建築物とその周辺環境を加えた街路景観について、VR (Virtual Reality) 技術を用いて建築の外部環境がもたらす持続可能性の印象を評価することを目的とする。VR技術の特徴である3次元CADとの連携機能により、建築および街路景観を変化させたときの印象の変化についてもHMD (Head Mounted Display) によるシミュレーションおよび印象分析を行う。研究にあたって、実在する場所をVR空間上で構築し、比較するために、ケーススタディとして豊橋市における大豊商店街(通称：水上ビル)を対象とした。

豊橋市では、平成4年に「豊橋市まちづくり景観条例」を制定したほか、平成21年3月には「豊橋市まちづくり景観形成基本計画」をまとめ、地域の自然や歴史、文化などの個性を活かした景観形成を進めている。豊橋駅前には「豊橋ビル」、「大豊ビル(大豊商店街)」、「大手ビル」からなる全長800 mに及ぶ通称「水上ビル」がある(図1)。水上ビルは、戦後の高度経済成長期、昭和30年代後半に農業用水路(牟呂用水)上に建てられた共同住宅である。鉄筋コンクリート造3~5階建ての板状の建築物群は、豊橋駅前の景観において、象徴的な存在となっている。しかし、近年では、建物の老朽化と住民の高齢化が問題となっている。また、建物下を流れている水路は歴史的、景観的価値がありながら、その存在は忘れられつつある。そこで、本研究では、持続可能な社会の実現のために、景観資源を活かした街路景観整備の一環として、VRを用いた水路復元を試み、それに伴う建築および街路景観に関する印象分析を行う。



図1 水上ビル航空写真

## 2. 対象エリアの選定

まず、現在の水上ビル周辺を調査し、対象エリアを水上ビル群の主要部分である田原街道から萱町橋までの大豊ビル各棟(大豊商店街)とした。これは、今後持続可能な社会を実現するための景観資源を活かした街路景観整備を推進するにあたって、VR上で水路を復元した場合に、もっとも効果があるエリアと考えたからである。

## 3. 印象評価実験

### 3-1. VRモデルの構築

本研究では、既往研究より、トラッキングセンサー付のHead Mounted Displayによる体験装置のVRシステムを採用し、建築および街路景観の印象評価実験を行った(図2)。VRモデルは、住宅地図および現地での実測により3Dモデルを作成し、撮影したファサード写真をマッピングして構築した。作成したVRモデルは、①現況モデルと②現況からアーケード撤去をしたモデル(以下、修景モデル1)。次に、③現在の建物をそのまま北側にセットバックし、水路を復元したモデル(以下、修景モデル2)。最後に、④建物を撤去し、水路を復元したモデル(以下、修景モデル3)の4モデルである。



図2 VRシステムの構成

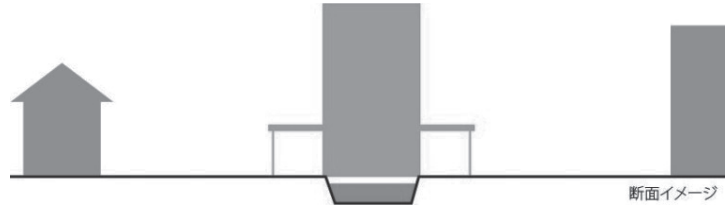


図3 構築したVRのキャプチャー画像とその断面イメージ(現況モデル)

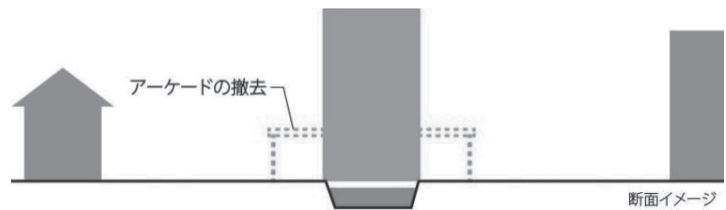


図4 アーケードを撤去したVRモデルとその断面イメージ(修景モデル1)

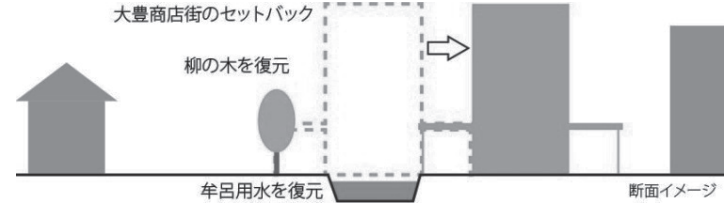


図5 建物をセットバックしたVRモデルとその断面イメージ(修景モデル2)

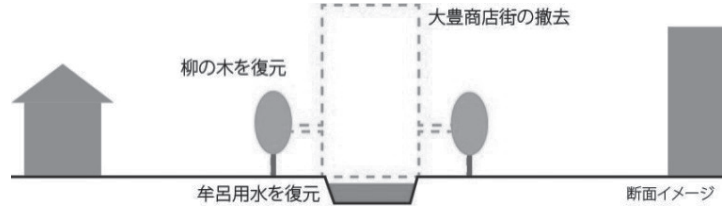


図6 建物を撤去したVRモデルとその断面イメージ(修景モデル3)



図7 構築したVRモデルを用いた建築および街路景観シミュレーション実験の様子

### 3-2. VRを用いた印象評価実験

構築した建築および街路景観に関する4つのVRモデル(図3~6)を用いて、街路景観を体験してもらい(図7)、SD法による建築および街路景観の印象評価を行った(表1)。構築した4つのVRモデルの「好ましさに」に関して、それぞれ、+2(好ましい)、+1(どちらかという好ましい)、0(どちらでもない)、-1(どちらかという好ましくない)、-2(好ましくない)の5段階による評価結果を集計し、各モデルの平均得点を求めた(図8)。対象者は、地域住民を対象とした予備実験を踏まえ、被験者の負荷やVR操作の習熟度を勘案し、37名の学生とした。被験者の年齢や職業等の特性は評価に影響を及ぼすと考えられるが、本研究では限られた年齢層を対象に、一定範囲の傾向を導き出すことを主眼とした。

表1 SD法を用いたアンケート項目

|              | あてはまる                    | ややあてはまる                  | どちらでもない                  | ややあてはまる                  | あてはまる                    |             |
|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|
| 単純な感じ        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 複雑な感じ       |
| 古い感じ         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 新しい感じ       |
| 地味な感じ        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 派手な感じ       |
| 柔らかい感じ       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 硬い感じ        |
| 弱い感じ         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 強い感じ        |
| 軽い感じ         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 重い感じ        |
| まとまりのない      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | まとまりのある     |
| 自然な感じ        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 構築された       |
| きたない感じ       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | きれいな感じ      |
| 暗い感じ         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 明るい感じ       |
| 冷たい感じ        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 温かい感じ       |
| 素朴な感じ        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 洗練された感じ     |
| 好ましくない       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 好ましい        |
| 緑の少ない感じ      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 緑の多い感じ      |
| 不快な感じ        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 快適な感じ       |
| 危険・不安な感じ     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 安全・安心な感じ    |
| 周辺環境と調和していない | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 周辺環境と調和している |
| 魅力的でない感じ     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 魅力的な感じ      |

被験者実験の結果、現況および修景モデル1と水路を復元した修景モデル2および3とでは、水路を復元したモデルの方が圧倒的に「好ましい」と感じられることが明らかになった。

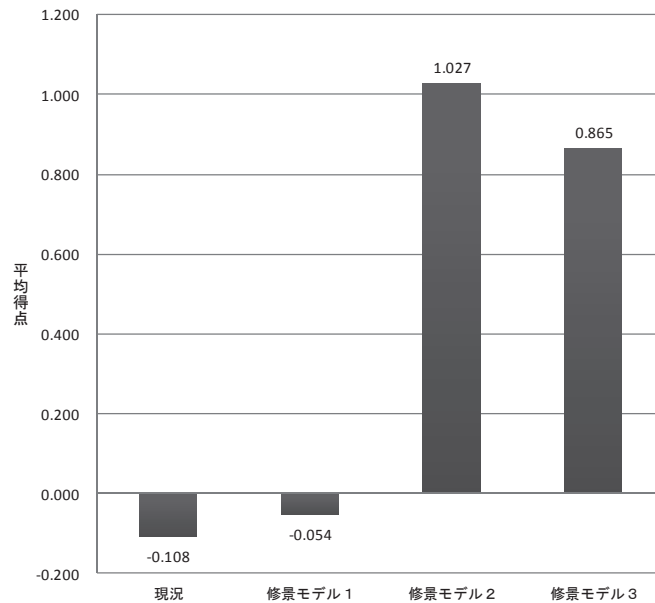


図8 「好ましき」に関する印象評価の各モデルの平均得点

#### 4. 被験者実験による街路景観の印象分析

##### 4-1. 「好ましき」に関する評価結果

構築したVRモデルに関するアンケート結果より、水路を復元した修景モデル2および3の評価が高く、特に、建物をセットバックした修景モデル2の評価が高かった。修景モデル2と修景モデル3には、既存建物の有無の違いがあるが、相対的な差は少ないため、建物をセットバックし、水路を復元したVRモデル(修景モデル2)を対象に分析を進めることとする。

##### 4-2. 街路景観の評価因子の抽出

修景モデル2に関して、被験者実験の集計結果を用いて、因子分析により評価因子を求めた。その結果、次に示す3つの因子が抽出された(表2)。まず、第1因子は、「地味な感じ / 派手な感じ」、「古い感じ / 新しい感じ」、「素朴な感じ / 洗練された感じ」、「単純な感じ / 複雑な感じ」、「暗い感じ / 明るい感じ」といった形容詞対で因子負荷量が高い傾向にあり、街路景観の派手さや装飾性、新しさ、洗練度など、時代性や経年に関する印象で構成されていることが明らかになった。よって、第1因子は、「先進性因子」(新しい⇔古い)とした。次に、第2因子は、「魅力的でない / 魅力的である」、「不快な感じ / 快適な感じ」、「周辺環境と調和していない / 調和している」、「まとまりのない / まとまりのある」といった形容詞対で因子負荷量が高い傾向にあり、街路の魅力や快適性、周辺環境との調和、整然性などの街路景観の秩序性に関する印象で構成されていることが明らかになった。よって、第2因子は、「秩序性因子」(整っている⇔整っていない)とした。さらに、第3因子では、「つめたい感じ / あたたかい感じ」、「弱い感じ / 強い感じ」、「柔らかい感じ / 硬い感じ」といった街路景観のあたたかさなどの雰囲気、強さ、硬さなどの強度に関わる形容詞対で構成されていることが明らかになった。よって、第3因子は、「強度因子」(硬い⇔柔らかい)とした。

表2 修景モデル2の印象に関する因子負荷行列

| 形容詞対                  | 因子1    | 因子2     | 因子3     |
|-----------------------|--------|---------|---------|
| 地味な感じ/派手な感じ           | 0.9206 | 0.1155  | 0.1167  |
| 古い感じ/新しい感じ            | 0.6812 | 0.2152  | -0.0331 |
| 素朴な感じ/洗練された感じ         | 0.5968 | 0.0304  | 0.2476  |
| 単純な感じ/複雑な感じ           | 0.596  | 0.0871  | -0.2997 |
| 暗い感じ/明るい感じ            | 0.5204 | 0.0022  | 0.2394  |
| 汚い感じ/綺麗な感じ            | 0.4773 | 0.4632  | -0.0802 |
| 軽い感じ/重い感じ             | -0.469 | 0.1212  | -0.4208 |
| 自然な感じ/構築された           | -0.407 | 0.0044  | -0.2562 |
| 魅力的でない感じ/魅力的な感じ       | 0.2031 | 0.733   | -0.0632 |
| 不快な感じ/快適な感じ           | 0.109  | 0.7243  | 0.2623  |
| 周辺環境と調和していない感じ/している感じ | 0.2747 | 0.6452  | 0.1458  |
| まとまりのない/まとまりのある       | -0.416 | 0.5702  | -0.0093 |
| 危険・不安な感じ/安全・安心な感じ     | 0.0656 | 0.4698  | 0.2735  |
| 緑の少ない感じ/緑の多い感じ        | -0.059 | 0.4565  | -0.0436 |
| つめたい感じ/あたたかい感じ        | 0.0923 | -0.0038 | 0.7524  |
| 弱い感じ/強い感じ             | -0.095 | -0.0616 | -0.3802 |
| 柔らかい感じ/硬い感じ           | 0.0213 | -0.2122 | -0.3549 |
| 因子負荷量の2乗和             | 3.852  | 2.172   | 1.269   |
| 因子の寄与率(%)             | 19.026 | 15.170  | 8.705   |
| 累積寄与率(%)              | 19.026 | 34.195  | 42.900  |

先進性因子     
 秩序性因子     
 強度因子

### 5. 「好ましき」に対する評価因子の影響

修景モデル2について、前章で因子分析によって導いた3つの評価因子を説明変量とし、「好ましき」を目的変量とした重回帰分析を行い、下記に示す重回帰式が得られた。

$$y=0.390x_1+0.278x_2-0.129x_3+0.660$$

y : 好ましき、 $x_1$  : 先進性因子、 $x_2$  : 秩序性因子、 $x_3$  : 強度因子

この結果より、VRにより水路を復元した際の街路景観の好ましきは、先進性因子>秩序性因子>強度因子の順に影響を受けることが明らかになった。影響が比較的強い先進性因子は正の値をとることから、新しい印象を与える街路景観が、好ましきが高くなる傾向にあり、古い印象を与える街路景観は、好ましきが低くなる傾向にあることがわかった。また、秩序性因子は、正の値をとり、整った印象を与える街路景観が、好ましきが高くなる傾向にあり、整っていない印象を与える街路景観は、好ましきが低くなる傾向にあることがわかった。一方、強度因子は影響が弱いものの

負の値をとり、柔らかい印象を与える街路景観が好ましさが高くなる傾向にあり、硬い印象を与える街路景観は、好ましさが低くなる傾向にあることが明らかになった。

## 6. 建築および街路景観の物理的構成要素との関係分析

修景モデル2に関して、「好ましさ」への影響が最も高い傾向にあった先進性因子(新しい⇔古い)について、街路の物理的構成要素との相関分析を行った。その結果、水路や街路樹との関係性は、相関係数がいずれも0.9を超え、関係性が高いことが明らかになった(図9)。このことより、ケーススタディとした水上ビルの建築および街路景観においては、綺麗で明るい印象、複雑な形状や洗練された印象が新しく感じ、より好まれる傾向にあることが明らかになった。また、ガラスやコンクリート、タイルなどの材料に関しては、重く、構築された印象が新しさと相関が高い傾向にあり、ディスプレイや連続窓などの建物の形状についても同様に、重く、構築された印象の方が新しさを感じ、好まれる傾向にあることが明らかになった。

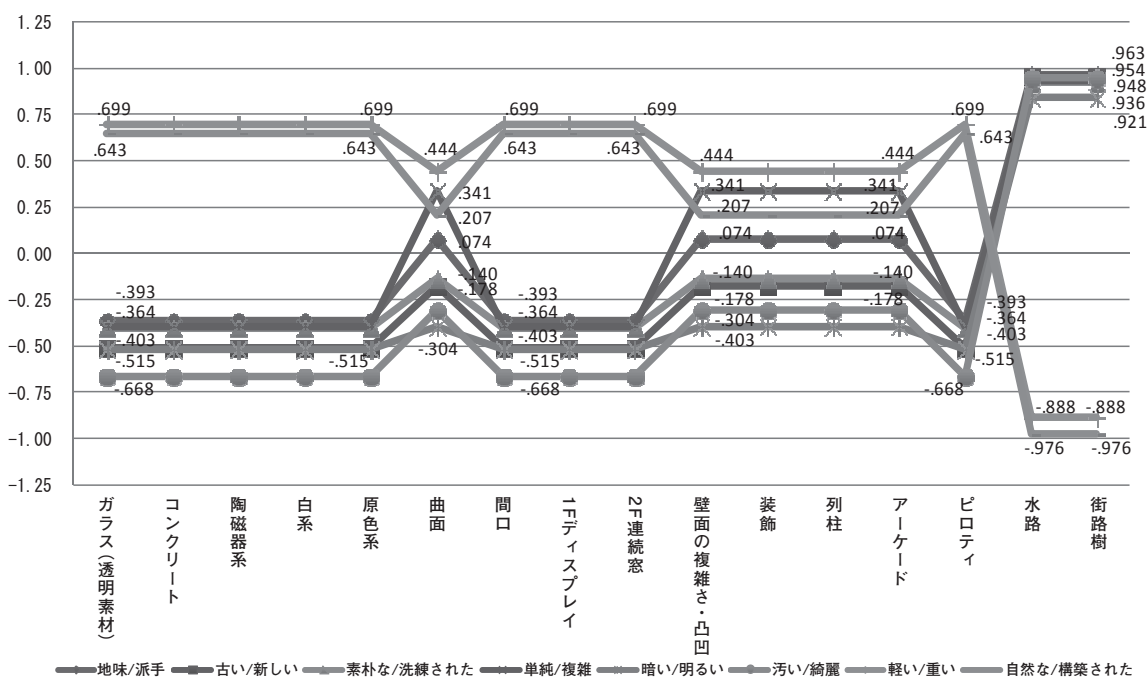


図9 建築および街路景観の物理的構成要素と評価因子との関係

## 7. まとめ

本研究では、4つのVRモデルの内、好ましさの評価が高かった修景モデル2について印象分析を行った。まず、街路景観に関する評価因子として、先進性因子(新しい⇔古い)、秩序性因子(整っている⇔整っていない)、強度因子(硬い⇔柔らかい)の3つを抽出した。次に、「好ましさ」に関して、先進性因子(新しい) > 秩序性因子(整っている) > 強度因子(柔らかい)の順で影響があり、新しく整っていて柔らかい印象の街路景観が好ましさが高くなる傾向にあることを明らかにした。さらに、街路景観の物理的構成要素との関係では、水路と街路樹との相関が高いことを明らかにした。

本研究では、ケーススタディとして大豊商店街を分析対象として印象分析を行ったが、今後の課題として、他の地域での建築および街路景観についても対象を広げ、持続可能な建築および街路景



観の印象について考察を行いたい。また、VRの構築にあたっては、地域住民からのヒヤリングを踏まえて作業を進めたが、今回明らかになった建築および街路景観の「好ましさ」の要素なども取り入れながらVRを構築し、持続可能な社会をめざした、より実現性の高い研究へとつなげていきたい。

#### 参考文献

- 1) 渋谷達郎, 岸本達也: 欧州及び日本におけるサステナブル建築のデザイン手法とその特性に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, NO.589, PP99-105, 2005.3
- 2) 小泉光司, 岸本達也: 銀座中央通りにおける建物高さと建物ファサードに着目した景観分析 個性的な街路景観創出を目的としたVRを用いた景観分析(その1), 日本建築学会計画系論文集, NO.613, PP151-158, 2007.5
- 3) 小場則夫, 小泉光司, 岸本達也: VRを用いた日本橋中央通りにおける建物形態と景観の印象分析 個性的な街路景観創出を目的としたVRを用いた景観分析(その2), 日本建築学会計画系論文集, NO.626, PP795-802, 2008.4
- 4) 小泉光司, 岸本達也, 小場則夫: 街路の統一感と建物の独自性に着目した横濱元町通りにおける景観分析 個性的な街路景観創出を目的としたVRを用いた景観分析(その3), 日本建築学会計画系論文集, NO.636, PP393-400, 2009.2
- 5) 渋谷達郎, 宮脇務, 岸本達也: サステナブル建築の外観がもたらす印象と魅力の分析 建築デザインの持続可能性に関する研究(その1), 日本建築学会計画系論文集, NO.647, PP227-233, 2010.1

