

# 視覚・聴覚刺激が空間の印象に及ぼす影響に関する研究 屋外空間を対象とした VR 空間の評価実験

2151010 片山 俊  
指導教員 米村 美紀

音環境評価          視聴覚刺激          ヘッドマウントディスプレイ  
立体音場            VR

## 1. はじめに

人間は、視覚や聴覚をはじめとする様々な環境要素を複合的に理解・体験することで空間やその場の状況を認知している。建築や都市空間の音環境・視環境の評価研究では、これまで聴覚または視覚のみの刺激が提示されることが多かったが、バーチャルリアリティ (VR) 技術の発達により、実空間に近い立体的な視聴覚情報を提示することが可能となった。高解像度の 360 度の視覚刺激と、4 本のマイクロホンで立体音場を収録する Ambisonics 形式の聴覚刺激を組み合わせ、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) を用いて没入型の環境を提示するシステムが比較的容易に構築でき、近年はこれを利用した視覚情報の提示による音の評価実験に関する研究が行われている。例えば、VR 空間における音の主観的印象に対し映像提示が与える影響を定量的に示した研究や、商店街のサウンドスケープに着目し、聴覚・視覚的要素間の相互作用が VR 空間の体験に及ぼす影響について検討した研究がある<sup>[1, 2]</sup>。いずれにおいても視覚情報が音環境の評価に影響することが報告されている。しかし、これらの既往研究は音環境の評価を主眼としており、視覚刺激そのものによる印象や、それが音環境の評価に及ぼす影響についての検討は不足している。そこで、視覚情報により着目した検討が必要であると考えられる。

本研究では視覚情報および聴覚情報が空間の印象に与える影響を明らかにすることを目的とし、HMD およびヘッドホンを用いた視聴覚情報の提示システムを構築して音・視環境の評価実験を行った。

## 2. 実験概要

### 2.1 収録・再生システム

屋外の空間を対象に視聴覚刺激を収録した。視覚刺激は 360 度ビデオカメラ (Insta360 X4) で、聴覚刺激はアンビソニックスマイクロホン (Sennheiser, AMBEO VR Mic) を用いてレコーダ (ZOOM, F6) で収録した。また、音のレベル等の分析のため、精密騒音計 (RION, NL-62) で同時に録音を行った。収録した視聴覚刺激を 3D アプリケーション開発ソフトウェア (Unity, Ver.2020.3.48f1) を用いて作成した VR 空間上に配置し、HMD (HTCVIVE Cosmos Elite) とヘッドホン (AKG, K712 PRO) を用いて提示した。HMD には方向検知の機能があり、聴取者の頭部の動きに追従して視覚・聴覚刺激の提示方向が変化する。

### 2.2 試験刺激

評価空間 9 か所の 1 分間の A 特性音圧レベル ( $L_{Aeq, 1min}$ ) を表 1 に、評価空間の一例を図 1 に示す。 $L_{Aeq, 1min}$  は約 43~68 dB で、人通りや交通騒音、川の流れなど様々な音源を含むよう構成した。これらの 9 刺激に対し「音のみ (Audio Only, 以下 AO)」、「視覚のみ (Video Only, 以下 VO)」、「音+視覚 (Audio+Video, 以下 AV)」の 3 条件 (各 1 分)、計 27 条件の評価を行った。

表 1 刺激の種類と実空間の等価騒音レベル

	名称	内容	$L_{Aeq, 1min}$ (dB)
(a)	park	公園：無人，静か	43.2
(b)	rtn-far	自動車：遠くに道路	43.3
(c)	riverB	広瀬川：川沿いの歩道	48.4
(d)	hotel	ホテル：路地，BGM，自動車	52.3
(e)	riverA	広瀬川：橋の上	60.8
(f)	stationB	駅周辺の街路：線路が見えない，人通り	63.1
(g)	stationA	駅の展望デッキ：線路が見える，ビル	63.4
(h)	high-traffic	街路：人通り	65.1
(i)	rtn-near	自動車：道路付近	67.8



図 1 評価空間

表 2 評価項目

左端(-3)	右端(+3)
静か	騒がしい
活気がない	活気がある
落ち着かない	落ち着く
単調	複雑
閉鎖的	開放的
(音が)大きい	小さい
親しみのない	親しみのある
(遠近感)遠い	近い



図 2 実験時の様子

The Impact of Visual and Auditory Stimuli on Spatial Impressions:  
A VR Based Evaluation Experiment on Outdoor Spatial Perception.

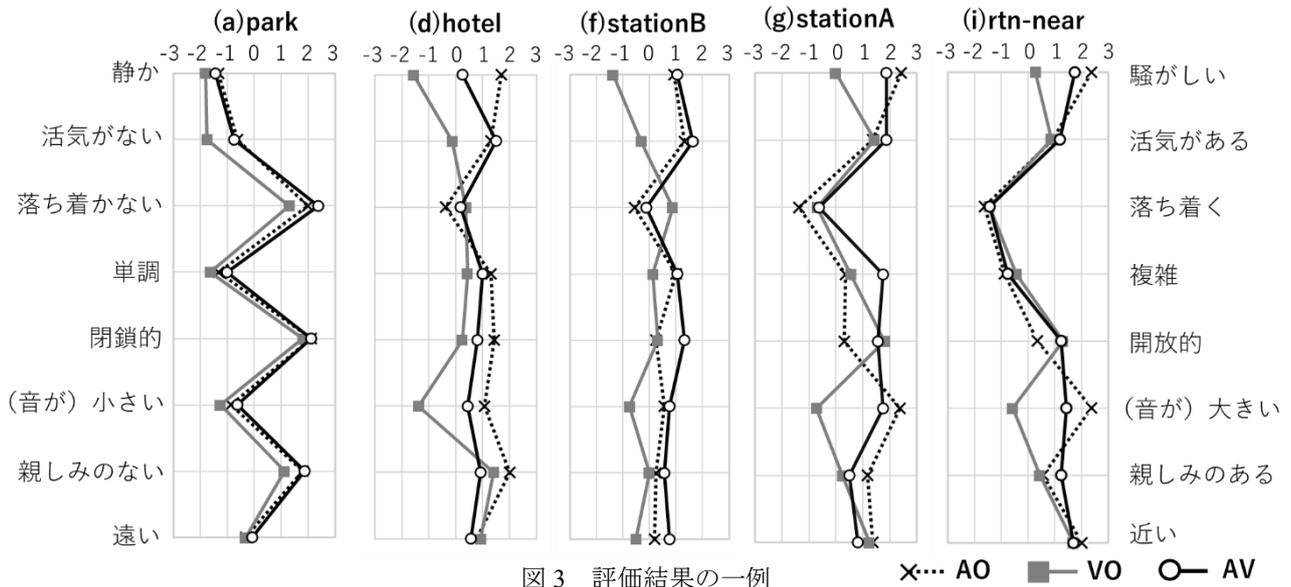


図3 評価結果の一例

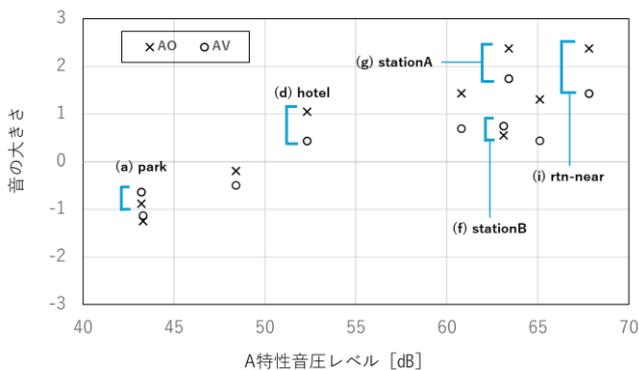


図4 A 特性音圧レベルと「音の大きさ」評価の関係

### 2.3 評価方法

実験参加者に無響室内で HMD およびヘッドホンを用いて、VR 上で視聴覚情報を提示し (図 2)、再現する空間の印象を評価させた。評価には SD 法を用いた。実験参加者は刺激の提示後に、表 2 に示す 8 対の評価項目に対し-3~+3 で 0.5 刻みの 13 段階の尺度を用いて評価した。加えて、各条件において「印象的だった空間の要素」と気になった程度を 0~+3 で 0.5 刻みの 7 段階で評価した。提示の順番は、AO の 9 条件を先に評価させ、その後 VO, AV の 18 条件をランダムな順で提示した。実験には、視力・聴力に異常のない 20 代の男女 8 名が参加した。

### 3. 結果および考察

図 3 に評価結果の一例を、図 4 に A 特性音圧レベルと音の大きさ評価の関係を示す。「音の大きさ」の項目では、条件(f)を除き AO 条件よりも、視覚刺激を追加した AV 条件の方が低く評価された。これは、既往の報告とも同じ傾向である<sup>[1]</sup>。内感報告では、AO 提示では大きい音や近くにある音源からの音が印象的だが、AV 提示で視覚情報が加わると実空間での認知へ近づき、音の大きさ等の印象が小さく感じられるというコメントがあった。 $L_{Aeq, 1min}$  が

60 dB 以上の条件(f), (g), (i)を比べると、条件(f)の「音の大きさ」、「騒がしさ」の評価は AO-AV 提示条件間の評価の差が小さかった。この要因となりうる視覚要素の違いとして、(g), (i) は騒音源である鉄道や自動車が見えるが、(f)では音源の像が見えず音だけが聞こえることが影響したと考えられた。これは、VO の評価では指摘されなかった鉄道の要素が、音刺激を提示した AO, AV の評価では最も気になる要素として報告されたこととも対応する。

「落ち着き」に関する評価は主に交通騒音が起因していると考えられる。(a)の公園で評価が+1~2であったのと比べ、(d), (g), (i) の評価は 0 以下の評価であった。このうち(d)は、景観の良い路地で、視覚的には落ち着く空間と評価されると考えたが、近くを通る自動車が視覚・聴覚ともに「落ち着かない」印象に寄与したと考えられる。

### 4. まとめ

本研究では、空間の印象に聴覚・視覚刺激が及ぼす影響を調べるため、9 つの空間を 3 種類の提示方法 (AO, VO, AV) で評価し、空間の音の大きさ、騒がしさの印象に視覚刺激が確認された。特に、騒音源の像が視覚刺激に含まれると音の大きさ、騒がしさの印象が和らぐ傾向にあることが示唆された。今後は、VR 空間の評価と実空間での評価の対応を調べるとともに、屋内の空間にも対象を広げた検討が必要である。

### 参考文献

- 1) 朝倉：「VR空間における主観的印象に対して映像提示が与える影響」, 日本音響学会誌, 76 巻 1 号(2020), pp.53-60
- 2) 近藤, 許：「商店街環境におけるサウンドスケープの最適化手法に関する研究-聴覚要素と視覚要素が相互に及ぼす影響」, 日本音響学会講演論文集, 1-Q-21, pp.779-780, 2024 年 9 月
- 3) 佐藤, 阿部：「バーチャルリアリティ技術を用いた音源の距離知覚の心理実験法に関する一検討」, 日本音響学会講演論文集, 1-Q-22, pp.781-784, 2024 年 9 月