

音による建築

-建築を想起させる音の体験のデザイン-

‘Sound Architecture’

- Designing a Sound Experience That Evokes Architecture -

■ 杉江 彰人 Ayato SUGIE
愛知県立芸術大学大学院 水津研究室
Aichi University of the Arts (Century, 10pt, 斜体)

■ キーワード：サウンドスケープ、建築、空間認知

はじめに

空間認知において、視覚情報と同様に聴覚情報も重要な役割を果たしている。しかし、現在多くの建築空間は主に視覚情報から形成され、設計されている。本研究では、音に注目した建築空間のパラメーターを明らかにすることで、従来の建築空間の住みやすさや機能とは異なる新しい価値が生まれると捉え、新しい建築空間の構築を行うことを目的とする。

1. 建築空間における音の重要性

1.1. 聴覚情報の空間体験

通常の空間体験では、視覚的特徴と聴覚的特徴が一致している状態にあり、音空間がない実空間の体験では無響音室や Apple の Air Pots のノイズキャンセリング機能などにより、音が無い空間体験が存在している。その一方で、音空間のみの建築空間の体験は無く、音に注目した建築空間の表現の余地が見出せる。(図1)

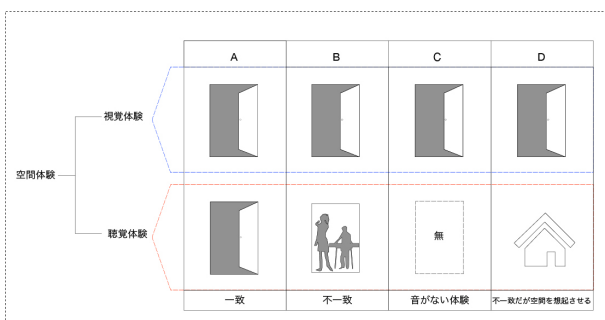


図1 聴覚情報の空間体験の概念図

1.2. 聴覚情報の空間認知

まず、実空間と音空間が一致した通常の空間体験ではなく、実空間と音空間がズレることによって生まれる違和感に注目した。音源が建築を想起させることができるなら、音空間のみの体験が可能だろう。違和感を生み出す聴覚的体験が建築空間の想起を引き起こすか確かめる必要がある。

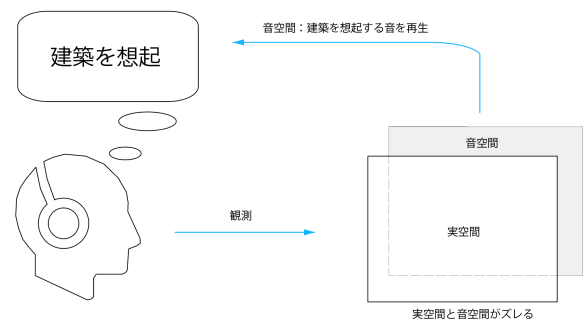


図2 聴覚による空間認知の仕組み

2. 実験1「聴覚的体験」

1で聴覚的な体験が空間を想起させることができるという仮説を検証するために実験を行った。

2.1. 方法

10箇所の聴覚的体験（キャンパス内デザイン棟の室内から室外や楽堂の室外から室内などを録音し、被験者8名に録音した場所とは異なる場所で聴かせる。その後、元の録音した空間を想起することができるのか調査し、データを分析して聴覚的特徴を記録した。

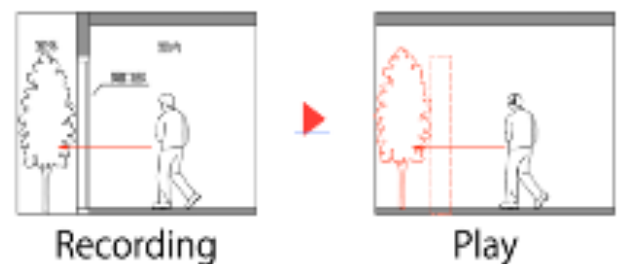


図3 実験1のイメージ

2.2. 結果

実験結果をまとめたデータシート(図4)から、空間の変わり目となる扉や窓や風除室を境に音の減少と音の増加が見られた。また被験者からは単純な音圧の増減ではなく、一定の周波数帯域に偏る傾向が感じられる意見が多数あった。主な結果として風除室のある空間の奏楽堂や管理棟は、風除室が外部の環境音を減衰する役割を果たしていた。一方、風除室のない図書館や食堂など空間では、外部から開口部に近づくとも内部の環境音が増減し、内部から開口部に近づくとも外部の環境音が増減している結果になった。

録音場所	録音経路	被験者の回答
No.1 デザイン機 研究実験の扉		回答① 室内から外にでた時に扉を開けた瞬間に環境音(車の鳴き声)が流れできて室内に流れる音と室内に流れる音のギャップが空間が切り替わったと思った。 回答② だんだん環境音が大きく聞こえてきて外に近づいている感じがした 回答③ 扉は静かな音で足音がよく聞こえたが、だんだん環境音が聞こえてきたことにより足音が小さくなり外に移動したのかもしれないと思った。
No.2 デザイン機 2階後廊		回答① 室外から室内に移動した瞬間に環境音が減衰し室内に流れる音と室外の空間が切り替わったと思った。 回答② 室内の音「人の声」大きく聞こえてきて外の音が遠く聞こえるようになった。
No.3 食堂の扉		回答① 室外から食堂に入る時、室外の音がかなりさうりさうの対し室内に入る人の声が聞こえてきた。 回答② 食堂に近づくとつれて中に入っている人の音が聞こえた。 回答③ 室外の音はかなり大きくて周囲の音が消えていく。
No.4 木工室の扉		回答① 室外から半室外に移動した時同じ環境音でも半室外の方が減衰して聞こえる 回答② 半室外に近づくと作業している人の音が聞こえてくる
No.5 研究棟の空間		回答① 室外の音がかなり大きく、開口部から離れた場所では音が減衰していく 回答② 室内に近づくと、自分の足音が聞こえてくる。
No.6 音楽堂の扉		回答① 扉は環境音が大きくて外にいた途中で音と小さくなり音楽堂で音が大きく聞こえてきて室内に移動した気分になった。 回答② 途中で環境音が静かになる瞬間があった。その瞬間からここは外じゃないなと感じた。 回答③ 静かになって音が大きく聞こえてくる感じが、たまたま室内でガラス越しから聞こえる音の音が静かになっているように感じる。
No.7 試験棟の扉		回答① 試験棟内ではかなり音が反響し響くのに、外に出ると環境音に周囲の音が消えていく。 回答② 室内はかなり足音が響く 回答③ 反響した音が室内を想起させるが、外に出ると反響がなくなると外と分かる。
No.8 めぐり廊の開放空間		回答① 廊下を歩いている中で様々な音が反響することで移動していることが分かる。 回答② 建物の中が半室外のドーム状の形状をしているので外部に近いほど外の音が聞こえる。室内に近づくと音が反響する。 回答③ 廊下を歩いている音が空間を移動していることを想起させる。
No.9 管理棟一階廊		回答① 扉は環境音が大きくて外にいた途中で音と小さくなり音が反響する 回答② 途中で環境音が静かになる瞬間があった。その瞬間からここは外じゃないなと感じた 回答③ 廊下から音の減衰が始まって、室内に入るほど音が反響する
No.10 図書館の空間		回答① 聞こえてくる音は同じなのに、音が減衰して聞こえてくる感じが強いと感じた。 回答② 特定の音源と特定のギャップを感じた変化は感じなかったが小さく聞こえる瞬間があって音が空いている感じが分かった。 回答③ 環境音はずっと聞こえているのに、音が減衰する時、外から室内に入る感覚を覚えた。

図4 実験1のデータシート

この実験から、開口部(壁に開けられた穴、扉、門、風除室)などでは、聴覚的特徴が相互に減衰し、かつ周波数帯域に偏りを発生しながら相互介入するという仮説が得られた。

3. 実験2 違和感を引き起こす空間認知の実験

聴覚による違和感を引き起こす空間認知を確かめるために、開口部が無い場所に開口部があるかのように感じるかの実験を行った。

3.1. 方法

開口部のあるAの場所で録音した音源を、開口部の無いBの場所、開口部を想定した印をつけたCの場所のそれぞれで再生し、被験者に開口部があるかのように感じるか記録した。(図5)

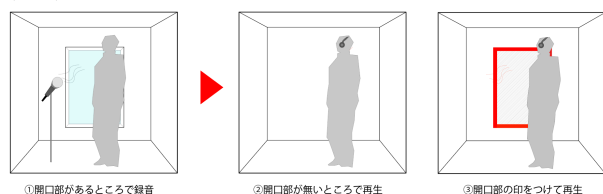


図5 実験2のイメージ

3.2. 結果

Bの場所、Cの場所のそれぞれで再生した時の被験者の回答として、以下の意見が挙げられた。

Bの場所での回答

- ① 違和感は感じるが、開口部を感じとることが難しい
- ② 外の音を聞き、室内で外の音を聴いている感覚になったという回答があった。

Cの場所での回答

- ① 印を付けたことで開口部から音が聞こえてくるという回答があった。
- ② 印を窓と認識し、窓から音が聞こえるという回答があった。

3.3. 考察

Bの場所で再生した場合、多くの被験者が違和感を覚えると思えたが、それが開口部があるかのように感じる人が少なかった。反対にCの場所で再生した場合、ほとんどの被験者が印から窓を想起し、窓から音が流れていると答えた。よって、Bの場所よりもCの場所の方が開口部を想起する人が増えたことが判明した。

このことから、音によって開口部を想起する方法として、聴覚によって空間を認知するためには、空間に想定される音のイメージと異なる音源を再生する必要性があり、加えてある程度の視覚情報の誘導が必要なことが判明した。

4. 音による空間想起の仮説の整理

2つの実験を行った結果と考察から音による空間想起には特定条件に影響されることがわかった。それらを4つのパターン(特定の空間的要素の存在、特徴的な音の周波数帯域、聴覚的な特徴の複合的影響)に分類し評価指標を作成する。これらの評価指標を元にデザインの検討を行う。(図6)

音による空間認知の仮説	
特定の空間的要素の存在	空間の変わり目や特定の要素に関連した音の存在が空間想起に影響を与える可能性があり、これらの要素に関連した音の増減や周波数帯域の変化が、空間想起に強く関連する。 例：扉や窓、風除室など
特徴的な音の周波数帯域	特定の周波数帯域が、空間の特徴を強く表していることが示唆され、特定の周波数帯域に偏る傾向が、空間想起において特に重要である。 例：窓からの音や開口部からの風の音、扉の開閉音など
聴覚的な特徴の複合的影響	複数の聴覚的特徴が組み合わさり、空間想起に影響を与える可能性があり、音の増減だけでなく、周波数帯域や特定の音の存在など、複合的な聴覚的特徴が空間想起に関与する。

図6

4. デザインへの可能性

4.1. 聴覚的建築のシーン

実験をもとに得られた仮説から聴覚的建築を引き起こす音の体験を12のシーンを選んだ。

1. 壁に近づくと外の音が聞こえる「音の窓」
2. 見えないヴォイド空間を感じる「音のドア」
3. 室内で橋を渡っているように感じる「音の橋」

- 4.天井から架空の音源(空の音、雨など)が流れる「音の天井」
- 5.室外の音が減衰し部屋の中にいると感じる「音の屋根」
- 6.部屋の中に崖を感じる「音の凹凸」
- 7.壁がない場所に壁を感じる「音の壁」
- 8.室内全体が外にいるように感じる「音の外部」
- 9.部屋の一部分から外の音が聞こえる「音のダクト」
- 10.床のテクスチャの音に変化する「音の床」
- 11.環境音が減衰して聞こえる「音のシークエンス」
- 12.狭い部屋が反響によって広く感じる「音の反響」

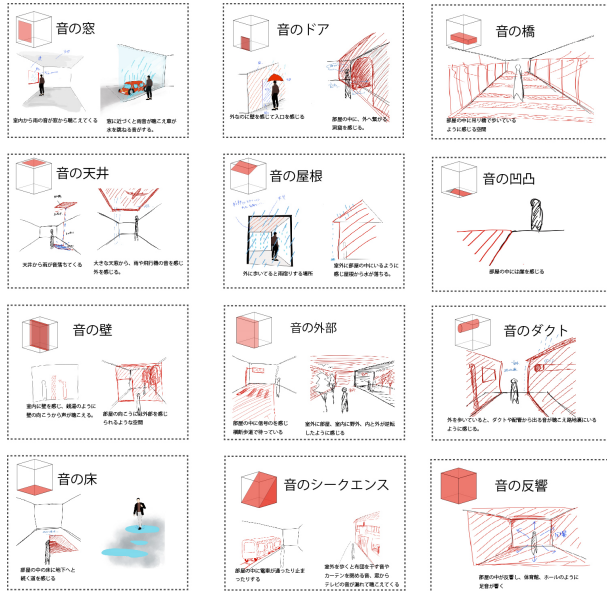


図 7 12 個のシーン

4.2 ダイアグラムの作成

次に、アイデア出しで行ったシーンから、音体験を建築的に分類したダイアグラムの作成を行った。開口部「窓、ドア、天窗」や建築の構成要素「テラス、橋、床」などから引き起こされる聴覚的建築のイメージデザインに展開していく。(図8)

音のダイアグラム

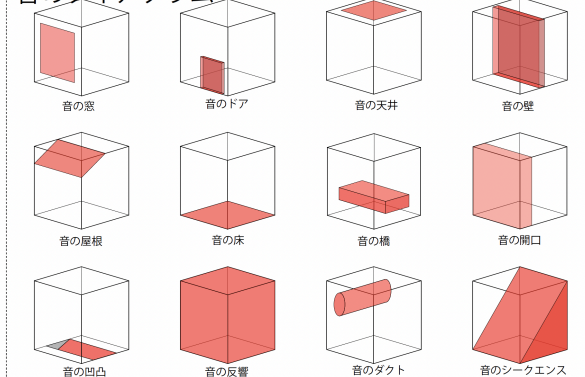


図 8 ダイアグラム

5.1 音の建築表現に必要なパラメータ

ダイアグラムから建築を想起する音の体験に必要なパラメータを設定し、そのパラメータに沿ってプロトタイプを作成する。

建築を想起する音のパラメーター

音の響きや残響	建築物の空間は、音の響きや残響に大きな影響を与える。大きな空間では長い残響があり、小さな部屋には短い残響があり、または、材料(石、木、金属なども)音の質に影響する。
音の強さと方向	音源の位置や建築物の構造によって、音の強さや、方向が代わり、空いている空間では音が広がりやすく、閉じられた空間では音が集中する。
環境音	建築物の外部や内部の環境音(交通の音、人の話し声、自然の音など、その場所が持つ特有の音響体験に影響される。
心理的要因	人々が建築空間で感じる感情や期待や日常生活の中で経験したことがある音の体験などに影響を与えることができる。

図 9 建築を想起させる音のパラメーター

5.音の建築「窓」の製作

建築を想起させる音のパラメーターの情報を元に、図8のダイアグラムの中から音の建築「窓」を選定し制作を行う。図 10 のイメージパースの赤い四角い箇所から環境音を流し、実際には存在しない窓があたかもそこにあるように感じさせ、音のみで構成された建築空間を再現することを目的とする。



図 10 イメージパース

5.1 音の建築「窓」のシステム

音の建築の窓の製作方法として、まず、壁に取り付けたウェブカメラ(kinect)が体験者を認識し、取得した動きに合わせてビジュアルプログラムソフトウェア max8 で、センサーに近づく音が振幅したり減衰したりするプログラムを作成し、アクリルフレームと伝振動スピーカーで構築した窓から音を再生する。

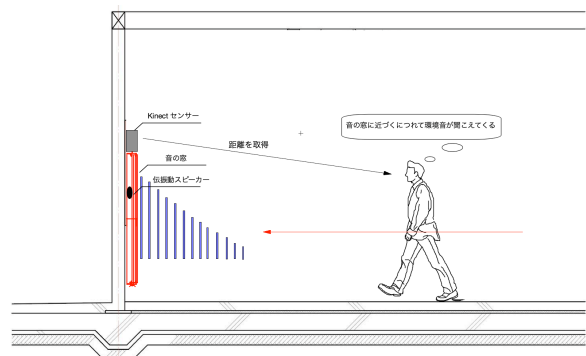


図 9 音の建築「窓」のシステムの構成

5.2 システム構築の方法

システムの構築方法として、距離センサーのデータに基づいて、音のカットオフ周波数を動的に調整し、音が遠くなるにつれて籠ったように聞こえる効果を作成し、これを実現するために、TouchDesigner 内でオーディオソースをフィルタリングし、距離データに応じてフィルターのカットオフ周波数を調整します。そのデータを伝震動スピーカーで調整した音源の再生を行う。

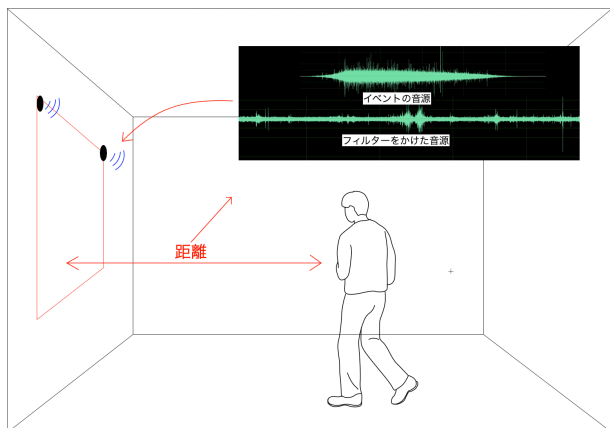


図 10 システム図



図 11 システムの実験装置

5.3.制作したプロトタイプの分析と考察

プロトタイプを制作して、現段階の研究では、音のみで窓を感じ取ることが難しいという結果になった。その原因を分析し考察を行った。

1. 音量と距離の比較

プロトタイプで作成した「音の窓」において、距離に応じた音量の変化について考察すると、特に 0m から 4m の範囲での動作に関して課題が見受けられ、Kinect センサーは 4m を超える距離を認識できず、その結果、音量が突然無くなってしまったため、窓のような継続的な音響体験を提供することが困難であることと、また、距離データの取得が不十分であるため、人が近づいたり遠ざかったりするに応じて音源を適切に減衰させることが難しく、そのため音量の変化が十分に感じ取りにくい状態となってしまう。これらの点は、今後の改善と開発における重要な課題と考える。

2. パラメーターの追加

構築したシステムでは、建築を連想させるようなパラメータ

ーを用いて音質にエフェクトを加えたが、現在のシステムから建築的な要素を音響に反映させるパラメーターをより具体的に豊かな建築的体験を提供するためには、追加的なパラメーターの探求が必要である。

これらの課題を今後の研究で解決することでより分かりやすい建築を想起させる音の体験を実現できると考える。

まとめ

本研究では、現在多くの建築空間は主に視覚情報から形成され、設計されているという観点から、空間認知において視覚情報と同様に重要な役割を果たす聴覚情報に注目し、新しい空間設計を生み出す研究を行った。まず、実空間と音空間が一致した通常の空間体験ではなく、実空間と音空間がズレることによって生まれる違和感に注目し、音源が建築を想起させることができるなら、音空間のみの体験が可能だろうと仮説を立て、実験を行った。実験結果から、音による空間想起には、特定の空間的要素の存在、特徴的な音の周波数帯域、視覚情報との関連性、聴覚的な特徴の複合的影響に影響されることがわかった。これらの条件に基づき、音から想定される建築空間のシーンからダイアグラムを作成し、その中の窓を選択しデザインを行った。制作した音の建築「窓」は、音のみで建築の構成要素である窓を再現することを目的とした。現段階の研究としては、音のみで窓を想起させるには難しいという結果になったが、今後の研究として必要な改善点と要素が結果として得られた。

本研究の今後の展望として、今回の修士研究では、音による空間認知に注目し、音の建築「窓」を制作したが、窓だけではなく、ダイアグラムのその他の要素を研究することで、建築設計において、かなり意義のある研究になると考えている。例えば、閉鎖的な空間やパーソナルスペースが確保できない空間、構造的に開口部が開けられない地下空間を音に注目した建築設計により、改善することで、今まで視覚的なデザインによって住みやすさや機能を設計していたが、音に注目することで建築業界に広く応用されたいと考える。

参考文献

- ・マリー・シェーフアー著『世界の調律』
- ・アラン・コルバン著『音の風景』1997
- ・鳥越けい子著『サウンドスケープ・その思考と実践』1997
- ・N H K ブックス著『音の風景とは何か サウンドスケープの社会誌』1999
- ・小松正史著『サウンドスケープの技法・音風景とまちづくり』

謝辞

本研究を進めるあたり、愛知県立芸術大学の長谷高史名誉教授および、ビジュアル・プログラム・ソフトウェア「MAX8」の指導を本学 OB の野呂有我さんから多くのご教授をいただきました。また、調査へご協力くださった皆様へ、厚く御礼を申し上げ、感謝致します。