

反響・残響下での避難誘導サイン音により生じる「迷い」の分析 Investigation of getting lost behavior caused by escape guidance sound in reverberant environments

山崎 治[†], 小寫 直樹[‡]
Osamu Yamazaki, Naoki Kojima

[†]千葉工業大学, [‡]インクリメントP株式会社
Chiba Institute of Technology, Increment P Corporation
yamazaki@net.it-chiba.ac.jp

Abstract

‘Escape guidance sound’ plays a major role in disaster evacuation behavior in public spaces. In closed public spaces, for instance, in underground malls and in buildings, it is difficult to localize accurately using auditory signals. We investigated influence of reverberant environments on sound localization using escape guidance sounds. Underground mall simulator was developed for a sound localization experiment.

Keywords — **Escape guidance sound, Underground mall simulator, Sound localization**

1. はじめに

駅や空港など公共空間における災害時の避難では、誘導を目的としたサインが避難行動の選択に大きな影響を与える。そのため、正しい誘導に適したサインの設計についての検討が多く行われている[1][2]。このようなサインには、誘導灯や矢印掲示、案内板などの視覚的なサインと、音声アナウンスやサイン音などの聴覚的なサインとがある。特に、サイン音や音声案内は、的確な避難行動を誘導するために重要な役割をもつと考えられる。これは、視覚的なサインを直接見ることができないような状況であっても、聴覚的なサインにより誘導のメッセージを伝えることができるという特徴をもつためである。

しかし、実際の公共空間では聴覚的なサインにおいても避難誘導が困難になる事態が想定される。例えば、音声による誘導では、雑音の影響によって明瞭性が低くなり、意味情報の理解が困難になることが挙げられる。これに対してサイン音（避難口誘導灯などから発する「ピンポン」などの音）の場合、言語による誘導と比較して、雑音状

況下でも検知されやすいと考えられる。しかし、地下街やビル内などの閉じられた公共空間において、反響や残響の影響を強く受け、音源定位が困難になることが予想され、進むべき方向を判断する際の「迷い」につながると考えられる。

そこで本研究では、特定の場所（音源位置）への誘導を目的としたサイン音に注目し、「迷いが発生するポイント」を明らかにし、その原因を特定していくことを大目的とする。

このような公共空間における「迷い」の研究では、実空間（実際の街並みやビル内、駅内など）を利用した経路探索実験や観察などを行い、「迷いが発生しやすいポイント」の同定や、原因の特定が進められてきた。しかし、聴覚的な情報である誘導のサイン音に注目した場合、視覚的な情報による手がかりが豊富な環境下で実験や観察を行うことは望ましくない。そのために、本研究では、仮想的な公共空間を用いたシミュレーションベースのアプローチにより、避難誘導における聴覚的な要素に着目した研究を進めていく。

2. 目的

本研究では、サイン音による避難誘導を想定し、閉じられた空間によっておこる反響や残響により、方向判断の迷いがどのように表れるのかを明らかにしていく。そこで、仮想的な地下街空間に対して音響シミュレーションを行い、主要地点におけるサイン音の聴こえを再現した実験環境である地下街シミュレータを構築した。さらにこのシミュレータを用いて、サイン音を手掛かりとした音源探索課題を実施した。

3. 地下街シミュレータ (Sound Maze)

公共空間である地下街を疑似的に再現した Sound Maze は、3DCG 制作ソフトである 3DStudioMax と音響シミュレーションソフト ODEON および、OSS の ADV ゲーム制作キットである TYRANO SCRIPT を用いて制作された疑似 3D 迷路である。

はじめに、地下街全体の形状として、通路が田の字の構造につながっている単純な構造を用いた (図 1)。

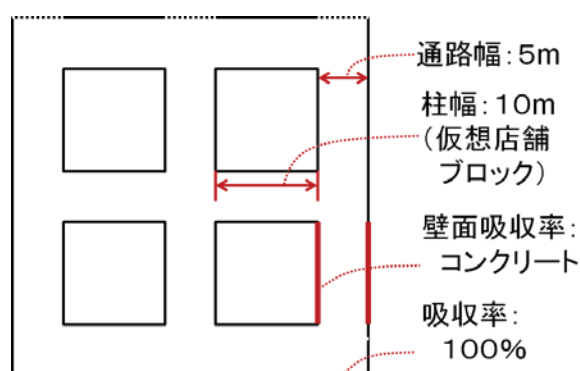


図1 仮想的な地下街の構造

地下街構造は、通路幅 5m で柱幅（仮想的な地下街の店舗に相当）10mとし、天井高は 3m で設定を行った。この構造に対して 3DCG ソフト 3dStudio Max により壁面のテクスチャおよびライトを設定し、通上の主要箇所 21 点 (図 2) にカメラを設置した状態でそれぞれ前後左右 4 方向を向いたときのシーン画像 (計 84 枚) を作成した。

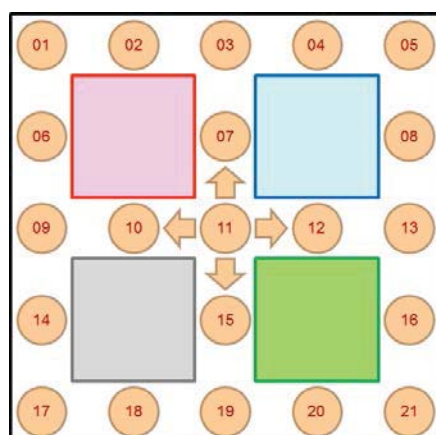


図2 カメラ／ダミーヘッドの設置位置

さらに、地下街空間の各地点での聴こえを再現するために、ODEON A/S により開発された室内音響シミュレーションソフト ODEON を用いた。図 2 の「04」「05」「08」の天井にスピーカを設置したと仮定し、シーン画像の作成で設定された 21 点にダミーヘッドを設置し、前後左右 4 方向を向かせたときの音響シミュレートを行った。今回は、コンクリートと同じ壁面吸収率を設定し、図 1 中において点線で示された 6 カ所の壁は 100% の吸収率を設定した。これは、通路がそれぞれの方向に続いていることを簡易的に表現するために行った。音響シミュレーションの結果として得られたインパルス応答を用いた畳み込みにより、各地点での誘導サイン音の聴こえを wave ファイルとして作成した再現した。

TYRANO SCRIPT でシーン画像および誘導サイン音を結び付け、移動のためのインタフェースをつけることで、地下街シミュレータを作成した (図 1)。ユーザは、各地点において聴こえるサイン音を手掛かりに、仮想の地下街空間の中で音源位置を探す。ユーザに許される移動は、前への移動と左右への方向転換であった。前への移動は、図 2 に示されている 21 点において、現在地点から前方にある地点への移動だけが行えた。この移動および左右への方向転換などに伴う操作の系列はログとしてサーバ上に転送、保存され、分析に利用された。

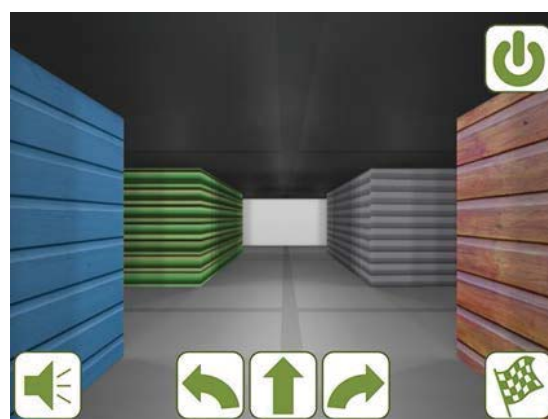


図3 Sound Maze の画面

4. 地下街シミュレータ実験

4.1 方法

実験参加者: 大学生 20 名 (男性 17 名 / 女性 3 名) が個別に実験に参加した。

装置・環境: Sound Maze はノートパソコン上のブラウザで実行された。聴覚的な刺激提示のためヘッドホンを用いた。

装置・環境: はじめに、調査開始前に参加者に実験内容を説明した。次に、Sound Maze 内の指示に従ってインストラクションを進めた。操作説明の後ヘッドホンを装着し、参加者自身が聞きやすいよう音量調節を行ってもらった。

本試行として、前半 3 試行・後半 3 試行の計 6 試行を行った。前半と後半の間に休憩を 5 分間とってもらった。各試行では、仮想地下街内で移動をしながら音源位置を探してもらうことを課題とした。参加者は自分が音源位置にいると判断した場合、ゴールチェックのアイコンをクリックし、正解であるかどうかを確認した。一度確認をすると、正解であっても不正解であっても、次の試行が開始され、新たな音源位置とスタート位置が割り当てられた。音源位置 (ゴール位置) とスタート位置、スタート位置において向いている方向の各情報は、試行ごとにランダムに設定された。

4.2 結果

参加者 20 名がそれぞれ 10 試行を実施することにより、200 試行分のログデータが取得された。図 4 に、Sound Maze 上で、正しい音源位置に到達した試行数の割合を示す。「到達」は、音源位置においてゴールの判断がされた場合で、「失敗」は

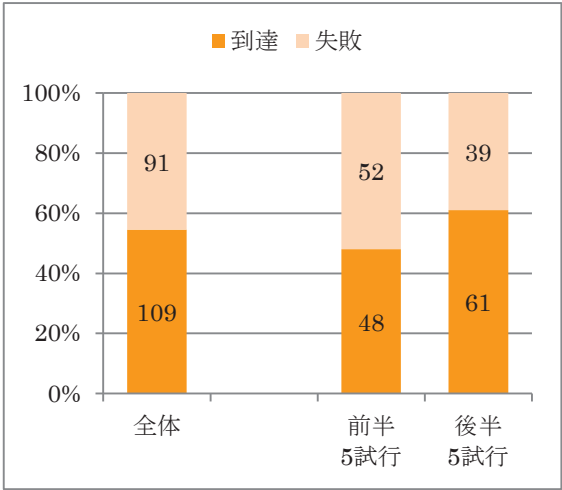


図 4 音源位置への到達率

音源位置以外でゴールの判断がされた場合を示す。200 試行全体では、到達率が 54.5%と予想よりも低い値であった。また、各参加者が行った 10 試行に対して、前半 5 試行と後半 5 試行にわけて到達率を求めると、後半 5 試行の到達率が高くなっていた (前半 5 試行: 48% / 後半 5 試行: 61%)。

さらに、Sound Maze で記録された音源探索行動に基づき、「迷い」が発生したと考えられる位置を特定し、迷いの発生頻度を確認した。今回、次の 2 つの振る舞いを「迷い」の行動として規定した。(1) 同一箇所 (座標上) で連続して 2 回以上方向転換をしている場合と、(2) 音源から離れた方向 (座標) への移動が 2 回以上連続した場合の 2 つであった。それぞれ、音源位置に対して離れた方向への転換および離れた位置への移動の行動を表しており、明確に音源位置 (ゴール) が認識されている場合には起こらない行動であると考えられ

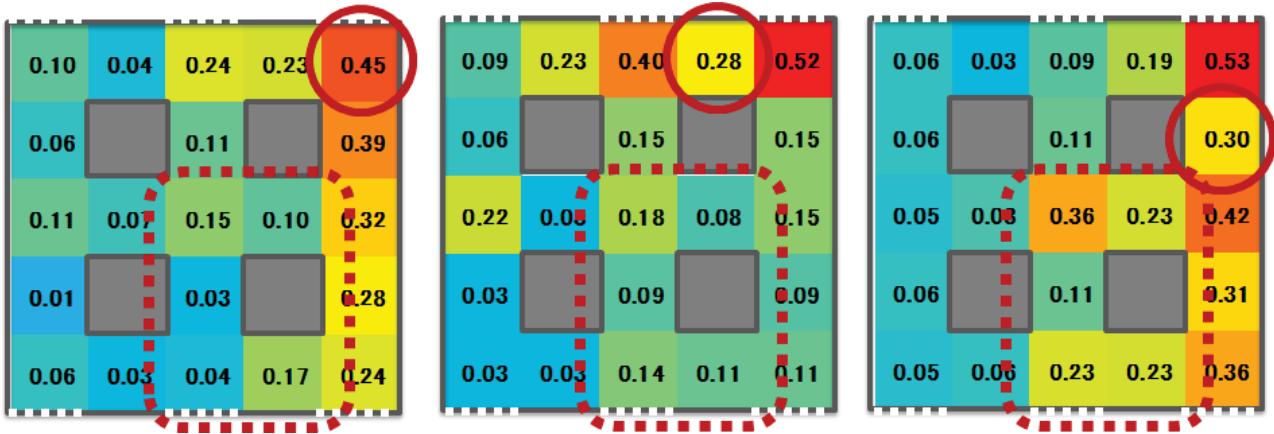


図 5 音源位置ごとの迷い行動の発生する割合

る。また、もし、単なる操作ミスでこれらの行動が発生するとした場合、地下街構造全体を俯瞰したとき、これらの行動は特に偏りなく全体に分布するものと予想される。

ここでは、規定した「迷い」の行動のうち(1)を取り上げ分析した。音源位置ごとに参加者が迷った座標を集計し、その座標を通過した数に対する割合を求め、ヒートマップ化した。図5として、3カ所の音源位置に対して21カ所の地点それぞれで(1)の迷い行動が現れた割合を示す。図中の丸印は音源位置を示しており、音源位置付近で迷いの行動(方向転換)の行動が多くなっていることが明らかとなった。また、音源位置によって、迷いが発生する箇所にも違いも見られた。図5中の点線で囲われた位置に着目すると、音源位置が吸収率の高い壁(図中の点線で示された壁面で、音の吸収率を100%と設定されている)から離れた位置に音源を持ってきたことにより、迷いが発生しやすくなっていたことが示される。音源位置の変化に伴う各地点での聴こえの変化に伴い、迷いが生じやすいエリアが変化していたことが明らかとなった。

5. おわりに

Sound Mazeを用いた音源探索課題を実施した結果、到達率の低さや音源位置での迷い行動の発生など、現実場面では起こりくい状況が確認された。この大きな要因として、音響シミュレーションによって作成された刺激に特有の問題が挙げられる。今回の音響シミュレーションでは、インパルス応答とサイン音の畳み込みにおいて、振幅の正規化を行っており、それにより、音響減衰に相当する要素が省かれてしまった。音源位置と聴取位置の距離に応じた変化が、通常観察されるのに対して、今回のシミュレーションにおいては、その手がかりが使えず、両耳間のレベル差や時間差による手がかりのみから音源位置を判断していた。この点は、今後、音響シミュレーションの方法を検討していく必要がある。

これに対して、「迷い」の発生しやすい地点が音

源位置によって変化する可能性が指摘された。もともと、通路を移動している際に角/T字路/中央の交差路では、音源方向を改めて確認する割合が増えてくることが容易に予想される。これに対して、音源の配置位置を工夫することによって、迷いの行動を抑制できる可能性が示唆される。

今回は「迷った地点」に基づき、音源位置に伴う反響・残響の変化の影響を示した。実際の迷いの行動は、移動系列の中で保持されるおおまかな進行方向に対する見込み(本研究ではグローバルな定位と呼ぶ)と、各地点でサイン音の聴こえから逐一確認される方向(本研究ではローカルな定位と呼ぶ)の乖離が生じたところで発生すると考えられる。今後、Sound Mazeを用いず、各地点でのサイン音のみを提示し、その聴こえから方向判断をしてもらう「ローカルな定位における方向判断」について、新たな実験を行う予定である。そこで得られた結果と、今回の結果とを対照することにより、サイン音に基づいた「迷い」が生じる過程について明らかにしていきたい。

参考文献

- [1] 田中考治・加藤隆(2012) 避難口誘導灯に通過後の情報を付加することの効果, 心理学研究, Vol.83, No.3, pp.182-192
- [2] 佐伯徹郎・藤井健生・山口静馬(2003) 避難誘導音の音響特性と心理評価に関する一考察, 騒音制御, Vol.27, No.2, pp.137-144