

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：34425

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K04937

研究課題名（和文）音走査された音響刺激による屋内避難誘導の実現のための音響特性分析

研究課題名（英文）Acoustic Characteristics Analysis for Realization of Indoor Evacuation Guidance by Sound-Emitting Acoustic Stimulus

研究代表者

三好 哲也（Miyoshi, Tetsuya）

阪南大学・経営情報学部・教授

研究者番号：10254434

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、多数のスピーカ上を走査する音源の流動によって避難者に避難方向を認識させる機能の実現を目指して、走査音響刺激の位置・走査方向認識特性と走査音響刺激への追従特性について、実験に基づいて評価した。走査音源の走査方向定位や走査音源への追従に影響する要因として、音源種別、走査時間間隔、走査速度、環境騒音レベル、スピーカの指向性の程度を特定し、その影響の程度を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

火災などの災害時には、安全確保のために屋外への迅速な避難が不可欠である。本研究では、広大化する地下街やオフィスフロアで、効率的に避難誘導を行う方法として走査音源を用いた避難誘導の有効性について明らかにした。災害時の環境変化を考慮すると、現状の避難誘導灯や非常口灯を参照した避難者自身の避難に加えて、積極的に避難経路を提供することが求められる。本研究では実際に走査音源に追従する実験を通して、積極的避難誘導の一つの方法として走査音源による避難誘導の利用可能性を確認できた。

研究成果の概要（英文）：In this study, we evaluated the characteristics of the location and direction recognition of emitting acoustic stimuli and the behavior following acoustic stimuli based on experiments, aiming to realize a function that allows evacuees to recognize the direction of evacuation by the flow of sound sources emitting over many loudspeakers. The factors that influence the localization of emitting direction and the behavior following sound sources were identified as the sound source type, emitting time interval, emitting speed, environmental noise level, and the degree of directivity of the loudspeaker.

研究分野：社会信頼性，安全性

キーワード：避難誘導 音像定位 聴覚特性 走査音源

## 1. 研究開始当初の背景

火災などの災害時には、安全確保のために屋外への迅速な避難が不可欠である。そのため、消防法において多数の外来者が集まる施設においては、非常口灯や誘導灯の設置が義務付けられている。高密度化する都市機能を効率的に活用できるように広大化する地下街やオフィスフロアで、効率的に避難誘導を行う必要がある。その実現に向け多数の光源や音源を動的に制御して避難者に避難誘導情報を提供する積極的避難誘導システムが提案、開発されている。音源を用いる主たる方法として、先行して知覚した音源を優先的に認識するという先行音効果(ハース効果)を利用した積極的避難誘導システムが提案され、誘導方向を避難者が正しく認識できるようにそのシステムにおける音源設置や音刺激提示の方法などが規格化され制定されている。ハース効果が聴取者と音源との位置に強く依存することから生じる実装の困難性に着目し、それを回避する新たな避難誘導方法の開発とその実装条件を本研究課題として取り組んだ。

## 2. 研究の目的

本研究では、避難経路が複雑化する施設でも迅速な避難誘導の実現を目指して、音源を用いて避難者を積極的に避難誘導するシステムの開発のための基礎的研究を行った。本研究で目指す避難誘導システムでは、多数のスピーカが対象施設に格子状に敷設されることを前提として、そのスピーカ上を走査する音の流動によって避難者に避難方向を認識させる機能の実現を目指している。そのため、本研究課題では、提案の音源走査による避難誘導において、誘導方向を提示し避難者がそれを正しく認識してその音源刺激に追従することを可能にする音源走査環境についての考究を研究目的とした。

## 3. 研究の方法

多数のスピーカ上の走査音源を用いて避難誘導することを前提とした音源走査方向の認識に関する研究報告はほとんどないため、走査する音源種別、音源走査の時間間隔、スピーカ間隔などの基本的な音源走査環境の走査方向定位への影響についての評価を最初に行った。その後、被験者が走査音源を聴取する実験を実施して、環境騒音や使用するスピーカの指向性特性の影響、直線走査と屈曲走査の音源走査パターンの影響について評価・考察を行った。

避難者による避難方向の認知や追従を可能とする音源走査環境について以下の6実験に基づき評価した。走査音響刺激の位置・走査方向認識特性を評価するために、

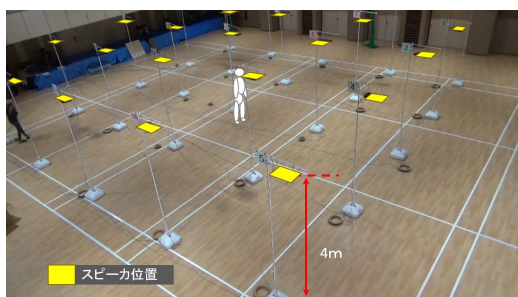
- (1) 走査された音響信号の走査方向定位特性、
- (2) スピーカ種別と走査パターン別の走査方向定位特性の比較、
- (3) 走査速度と環境騒音の走査方向定位への影響、
- (4) 実環境下での走査方向定位特性の評価

をテーマにした4実験を実施した。また、走査音響刺激への追従特性を評価するために

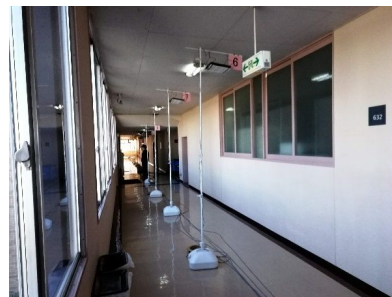
- (5) 音走査された音響刺激に対する追従特性、
- (6) 実環境下での追従特性の評価

をテーマにした2実験を実施し、これらすべての実験から得られた知見の成果を学術雑誌もしくは国際会議にて報告した。

走査音源に対する走査方向認知に関する実験ならびに走査音源へ追従移動する実験では、体育館もしくは、校舎内通路に図1のように多数のスピーカを配置し、実験目的に合わせて音源を走査し、10-15人の被験者の音源刺激に対する認知的反応と追従行動を記録した。



1) 体育館での実験



2) 校舎廊下での実験

図1 実験環境(スピーカの配置)

## 4. 研究成果

### (1) 走査された音源に対する人の走査方向定位の特性に関する研究成果

音源種別, 走査時間間隔, スピーカ間隔, 被験者と音源との位置関係を走査方向定位に影響する要因とした実験と, 走査パターンとして直線走査と屈曲走査を要因とした実験を行い, これらの要因の走査方向認知への影響の程度についてつぎのことを明らかにした. a) 音源に音声を用いる場合と走査時間間隔を延長した場合に, 走査方向の認知率が向上することを示した. b) 格子状のスピーカ配置の場合, 走査パターンが被験者位置から離れると認知率が低下し, その傾向は後方から走査されるパターンほど顕著であることを確認した. c) 走査パターンとして直線走査と屈曲走査を比較した結果, 本実験条件では明確な差は確認できなかった. これらの結果から, 走査音源を用いた避難誘導の可能性を示した.

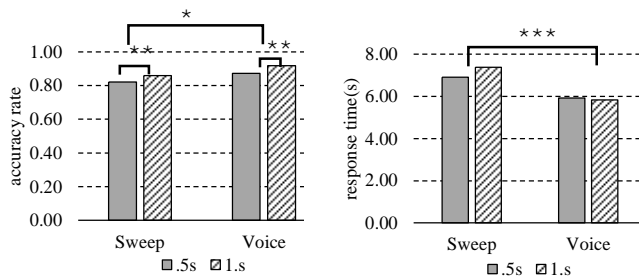


図2 音源種別と走査音源時間間隔に対する方向定位正答率と応答時間  
 $p < 0.001$ : \*\*\*,  $p < 0.01$ : \*\*,  $p < 0.05$ : \*

### (2) 走査音源の走査速度と環境騒音の走査方向認知に与える影響分析に関する成果

走査音源の走査方向定位において, 音源が走査される速度や音源聴取を阻害する騒音が走査方向認知に影響することが示唆されたため, その影響について新たな実験によって分析, 考察した. その結果, つぎのことを明らかにした. 走査方向を認識するためには, 一定距離の音源走査が必要であるが, 走査速度が速くなると走査方向を認識するまでの距離が延長する. 0.5m 間隔に配置したスピーカ上を 0.2s 間隔で走査した場合は, 走査方向認知までに平均 5m の走査距離が必要であるが, 1.0s 間隔で走査した場合は, 走査方向認知までに平均 4m 必要であることを明らかにした. また, 環境騒音が大きくなると走査方向認知までの時間が延長するが, 特に走査速度が速い場合の延長の程度が大きくなることを確認した.

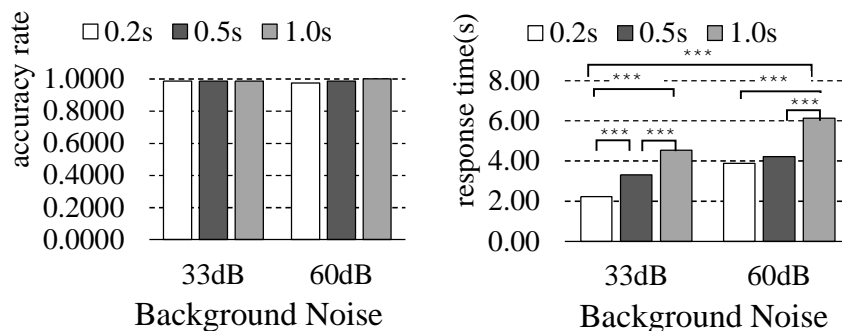
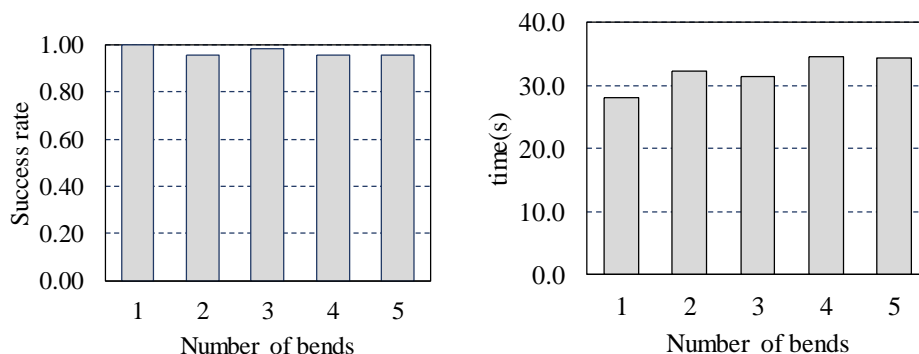


図3 騒音レベル別走査時間間隔別の正答率と回答時間  
 $p < 0.001$ : \*\*\*,  $p < 0.01$ : \*\*,  $p < 0.05$ : \*

### (3) 走査音による誘導時の追従可能性の検証

走査音への追従可能性の検証を目的として, 走査時間間隔, 音源種別, 誘導パターンの複雑性を要因とする走査音源への追従実験を行い, 走査音源への追従行動への影響について分析・検証した. ここでいう誘導パターンの複雑性は, 誘導のために発する音源の走査パターンにおいて, 直進ではなく左右に屈曲する回数の大小として定義した. 誘導開始から終点までの誘導パターンにおいて, 屈曲回数が多いほど複雑な誘導パターンであるとして, 複雑性の異なる誘導パターン

を用いて実験を行い、走査音源への追従行動に対する影響を考察した。左右に進路変更するパターンの回数が増えると走査音源の走査経路を認識できず、その結果正しく追従できる割合が低下し、追従する時間が延長することを確認した。また、その際、音源種別によって追従所要時間と追従成功率に差は確認されなかった。スピーカ種別に関しては、指向性の高いスピーカと通常のダイナミックスピーカを用いた場合を比較した結果、指向性の高いスピーカの場合に追従所要時間が延長することを確認した。



1) 追従成功率

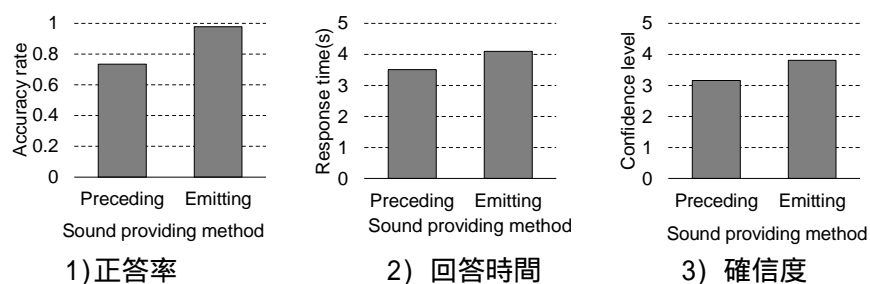
2) 追従完了時間

図4 走査音源パターンの屈曲回数に対する追従成功率と追従完了時間

#### (4) 先行音効果を伴う音源と走査音源に対する方向認知特性の比較

先行音効果を伴う音源と走査音源を誘導音源として用いた場合に、それぞれの誘導方向の認知における容易性や避難者の位置による誘導方向認知への影響の程度について、比較検討を行った。音刺激の音圧レベルや誘導対象領域の広さなどの誘導環境に関する条件を一致させて、音刺激提示方法を実験要因として、誘導方向認知に対する影響についての評価および考察した結果、つぎのことを明らかにした。

正答率を比較すると、走査音源を用いる場合の正答率が高くなった。また、回答に対する確信度についても同様の結果であった。一方で、回答時間は、先行音効果を伴う音刺激を用いる方法の場合が短くなった。



1) 正答率

2) 回答時間

3) 確信度

図5 先行音効果を伴う誘導音源と走査音源を用いた場合の方向定位正答率、応答時間、回答に対する確信度

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Tetsuya Miyoshi	4. 巻 265
2. 論文標題 Influential Factors on Recognition of Sound Emitting Direction Using in Evacuation Guidance System	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings	6. 最初と最後の頁 5585 ~ 5594
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3397/IN_2022_0824	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Miyoshi Tetsuya	4. 巻 263
2. 論文標題 Evaluation of recognition performance of guidance direction present-ing by sequential emitting sound in evacuation guidance system	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings	6. 最初と最後の頁 5335 ~ 5345
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3397/IN-2021-3052	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Miyoshi Tetsuya	4. 巻 32
2. 論文標題 Evaluation of Recognition Performance for Direction Detection of Sequential Sound in Evacuation Guidance System	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Intelligent Informatics	6. 最初と最後の頁 891 ~ 896
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3156/jssoft.32.5_891	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 Tetsuya Miyoshi
2. 発表標題 Comparison of guidance effectiveness using two different sound source presentation methods in evacuation systems
3. 学会等名 the 6th International conference on Materials and Reliability
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三好哲也
2. 発表標題 音響信号走査パターンの走査方向認識への影響分析
3. 学会等名 日本材料学会第70期通常総会・学術講演会/オンライン
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三好哲也
2. 発表標題 走査音源の走査方向認知に影響する要因分析
3. 学会等名 第37回 ファジィ システム シンポジウム/オンライン
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三好哲也
2. 発表標題 先行音効果を伴う音源と走査音源に対する方向認知特性の比較
3. 学会等名 第51回東海ファジィ研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三好哲也
2. 発表標題 走査音を用いた積極的避難誘導システムにおける走査方向定位特性
3. 学会等名 日本材料学会第69回定期講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三好哲也
2. 発表標題 避難誘導における効果的音走査パターンに関する考察
3. 学会等名 日本知能情報ファジィ学会 第36回ファジィシステムシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三好哲也
2. 発表標題 走査音による誘導時の追従可能単位の検証
3. 学会等名 日本材料学会 第32回信頼性シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三好哲也
2. 発表標題 走査音響刺激の走査方向認知への影響要因
3. 学会等名 第49回東海ファジィ研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三好哲也
2. 発表標題 音響信号による誘導における音像定位特性
3. 学会等名 日本材料学会第 68 期通常総会・学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三好哲也
2. 発表標題 走査音源を用いた避難誘導システムにおける誘導性能分析
3. 学会等名 第35回ファジィシステムシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三好哲也
2. 発表標題 音響刺激を用いた避難誘導システムにおける方向定位特性
3. 学会等名 第9回構造物の安全性・信頼性に関する国内シンポジウム (JCOSAR2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三好哲也
2. 発表標題 走査音を用いた避難誘導システムの実装方法の提案
3. 学会等名 第48回東海ファジィ研究会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Tetsuya Miyoshi, editor:Marco Caniato and Federica Bettarello	4. 発行年 2023年
2. 出版社 IntechOpen	5. 総ページ数 20
3. 書名 Evacuation Guidance Assistance System Using Emitting Sound, Noise Control, Noise Control (Chapter 5)	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-



6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------