

スピーカアレイを用いた視覚障害者への情報提示装置  
: 直線・曲線の認識変化

Information presentation device for a visually impaired using the speaker array  
: Cognitive change of straight lines and curves

奥宮 瑞貴<sup>†</sup> 森 雄一郎<sup>‡</sup>  
Mizuki Okumiya Yuichiro Mori

### 1. はじめに

情報技術の進歩に伴い、視覚障害者が視覚情報を得る手段はデジタル化や更なる性能向上が行われ、文字や言葉によって表現可能な情報を視覚障害者が得られやすい環境がより発展している。

一方で、これらの手段を用いても表現が困難な視覚情報として、図形や動画などで表現される情報がある。図形情報を得る代表的な手段として触図が存在する。触図は点字のように点や線の凹凸によって図形を表現し、視覚障害者が図形を触察（手で触れることによって理解）することが可能である。そして、視覚障害者への理系科目の教育・学習の現場では、様々な物理現象やその元となる関数のイメージを構築するために、図形や動画など視覚による表現が非常に重要な役割を持ち、それらの表現は触図や教師の音声による補足説明によって行われる。

しかし、触図を読み取るためには時間を掛けて何度も触れる必要がある。また、触察によって読み取れる情報の量と質は触察能力に依存し、その触察能力自体も多くの訓練時間によって培われるものである<sup>[1]</sup>。そして、速さや向きなどの“動き”の情報（以降は動的情報と呼称する）を持つ動画などを表現することも困難であり、音声による補足説明にも限りがある。

本研究では、複数のスピーカを用いて音像を移動させることで、触図では表現困難な動的情報の表現をしつつ、即時の認識が可能な情報提示装置の開発を目指す。また、新たな視覚障害者への学習支援環境の構築を目指す。

以前の我々の先行研究<sup>[2]</sup>では、一定の効果が得られた。

### 2. 目的

先行研究<sup>[2]</sup>の続きとして、図形提示時間の合計を固定する予備実験（固定する全体時間が大きくなるにつれて図形の認識がどのように変化するかを検証する実験）を行った。この予備実験の際に全体提示時間が最も大きい900[ms]の時に一つ一つのスピーカの移動が感じやすく、四角形と円形の違いが比較的分かりやすいという被験者の意見があった。そして、各スピーカの提示時間を固定する場合には、円形と正四角形、長方形の違いがわかりにくいという意見があった。これらの意見から、四角形を円形と認識する場合などは、各スピーカの提示時間が“スピーカにより想像される軌跡の曲がり具合”の認識に影響があるのではないかと考えた。

本実験では、「各スピーカの提示時間の長短によって、

被験者が想像する軌跡の曲度の認識が変わる」という仮説を検証することが目的である。この仮説を検証するために実験を行った。

### 3. スピーカアレイの構成

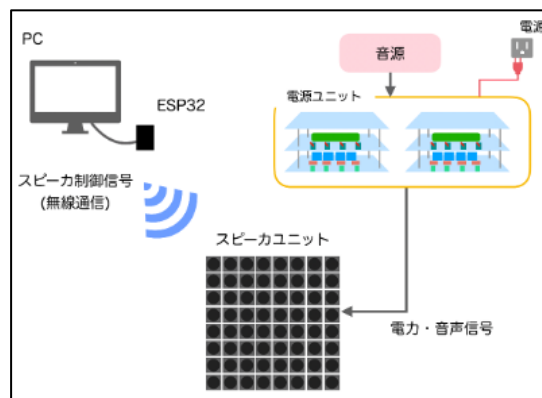


図1 スピーカアレイの概要図<sup>[2]</sup>

本研究のスピーカアレイの構成は大きく分けて三つの装置によって構成される（図1）。一つ目は各スピーカによって音の移動を実現する“スピーカユニット”，二つ目はスピーカユニットを無線通信によって制御する“PC+マイコン（ESP32）”，三つ目はスピーカユニットに電力と音声信号を供給する“電源ユニット”である。各スピーカの内部構造や制御方法の詳細については、以前の論文で報告した“スピーカアレイを用いた視覚障害者への情報提示装置の提案”<sup>[2]</sup>にある。

### 4. 実験

- スピーカアレイ配置は一辺の長さが800[mm].
- 音の種類はホワイトノイズに設定する。
- 角のある図形を提示する場合は、“角で音を止めない”とする。
- スピーカと被験者との距離は500[mm]に設定する。
- あるスピーカから別のスピーカへの遷移時間は0[ms]に設定する。
- 1スピーカあたりの基本の提示時間は300[ms], 600[ms], 900[ms]のいずれかに設定する。
- 各図形の開始点の提示時間は1000[ms]に設定する。
- 音圧は55[db SPL]に固定する。

図2 本実験の前提条件や設定値

実験の前提条件を図2に、実験で使用したスピーカアレイの配置の様子を図3に示す。そして、本実験で提示する3パターンの図形を図4に示す。

<sup>†</sup>高知大学大学院 総合人間自然科学研究科 Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Kochi University

<sup>‡</sup>高知大学 教育研究部 Research and Education Faculty, Kochi University

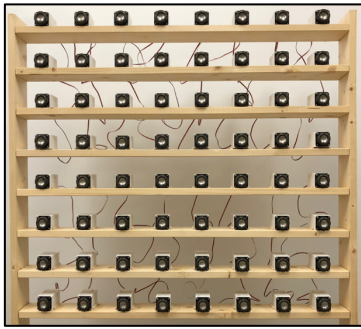


図3 スピーカレイ配置 (800[mm]×800[mm])

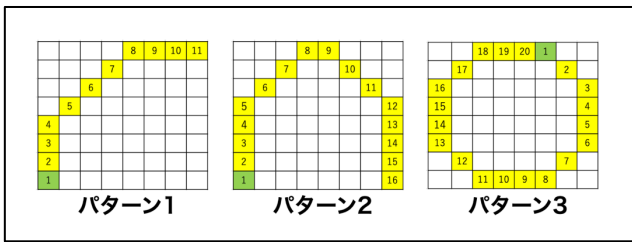


図4 3パターンの提示図形

図4の提示図形は8×8のマトリックスで表現しており、マスの数字は提示する順番を一筆書きで示している。また、通常状態で鳴らすスピーカを黄色、開始地点を緑色としている。

実験の手順として、最初に各スピーカあたりの提示時間を300[ms]に固定し、図4の3パターンを被験者に提示する。提示する合計回数は9セットであり、その内訳としては、3セットずつ図4のパターン1, 2, 3を順不同に提示する。そして、被験者自身に提示された図形をどのような軌跡として認識したかを描いてもらい、実際に提示した図形とともにデータを記録する。次に、各スピーカの提示時間を600[ms]と900[ms]に固定した二つ場合も300[ms]の実験手順と同様にして行う。(一人あたりの合計回数は27セットであり、その内訳は、「9セット」×「3つの提示時間」である)。以上の実験手順を高知大学生4人(晴眼者・健聴者)に被験者として実験を行った。

5. 実験結果

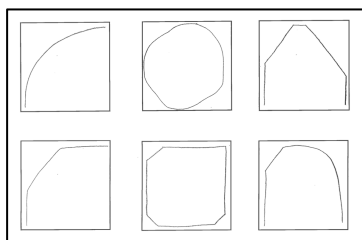


図5 被験者が回答した軌跡の一部

表1 軌跡の曲線・直線割合による分類

段階	軌跡における「曲線」と「直線」の割合
A	80%以上が曲線 (20%未満が直線)
B	60%から80%が曲線 (20%から40%が直線)
C	40%から60%が曲線 (40%から60%が直線)
D	60%から80%が直線 (20%から40%が曲線)
E	80%以上が直線 (20%未満が曲線)

ある被験者が回答した軌跡の一部が図5である。そして、実験から得られた被験者の回答を「軌跡における「曲線」と「直線」の割合」によって段階別にA, B, C, D, Eの5つに分類する(表1)。表1の「分類段階と割合」と「各スピーカあたりの提示時間」の項目によって実験結果をまとめると以下の表2と図6が得られる。

表2 提示時間による曲線・直線認識の割合

提示時間[ms]	分類段階と割合[%]				
	A	B	C	D	E
300	11.1	5.56	2.78	8.33	72.2
600	19.4	2.78	13.9	2.78	61.1
900	16.7	8.33	16.7	0.00	58.3

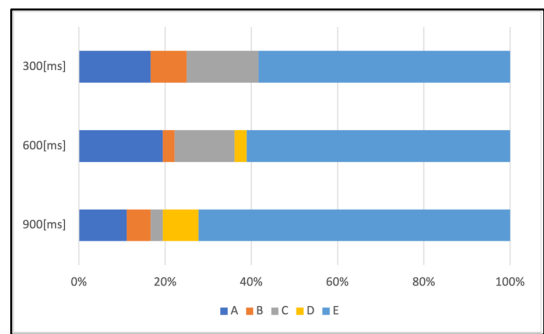


図6 提示時間による曲線・直線認識の割合

6. 考察

図6より、軌跡における曲線の割合が高いAとBの合計に注目すると、提示時間が長くなるにつれて低下していることがわかる。一方で、軌跡における直線の割合が高いDとEの合計に注目すると、提示時間が長くなるにつれて増加していることがわかる。以上のことより、「各スピーカの提示時間の長短によって、被験者が想像する軌跡の曲度の認識が変わる」と考えられる。

7. おわりに

スピーカレイによって動的情報の表現を目指すための前段階として、本論文では「各スピーカの提示時間」が「被験者が想像する軌跡の曲度の認識」に影響を与えることが分かった。今回の知見を踏まえ、今後は動的情報を「提示回数と提示時間」によって表現可能であるか、またはどの程度の表現能力があるかの調査を行う予定である。

参考文献

[1] Noboru Takagi, Yuichiro Mori, “Finger movements in blind individuals while touching tactile graphics”, Proceedings of 2018 Joint 10th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 19th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS&ISIS2018) in conjunction with Intelligent Systems Workshop 2018 (ISWS2018), pp.1178-1183 (2018)

[2] 竹内佑理子, 奥宮瑞貴, 森雄一郎, “スピーカレイを用いた視覚障害者への情報提示装置の提案”, 第24回日本知能情報ファジィ学会中国・四国支部大会講演論文集, pp46-48 (2019)

[3] 奥宮瑞貴, 竹内佑理子, 森雄一郎, “スピーカレイを用いた視覚障害者への情報提示装置の提案 - 音移動における時間的・空間的連続性 -”, “令和2年度電気・電子・情報関係学会四国支部連合大会講演論文集”, No.17-6 (2020)