

HMDを用いた音の可視化研究における表現方法の提案と評価

指導教員 須藤 正時 准教授

佐藤 貴大

1. 背景と目的

「JapanTrak」¹⁾によると、日本における自覚のある難聴者は2012年では10.9%、2015年では11.3%とされており、3年間で約50万人増加している。さらに、その内65歳以上の割合は59.6%にのぼり、高齢化が進んでいる日本ではさらに難聴者の人口が増加していくと予想される。

難聴者は歩行時に視界以外の情報を取得できず、周囲の危険に対して反応することが難しい。特に、後方からの危険に対しては視覚情報も得られないため、背後からせまる危険に気づかずに接触事故を起こしてしまう危険性がある。

現在、難聴者に対しての情報保障手段²⁾の有用なものの一つとして、音を可視化することによる視覚情報への代替がある。これまでの既往の研究では、単純光や文字・記号などを用いて音を可視化する研究や音の種類や表示方法についての評価など、様々な研究がされてきた。

本研究では、情報保証手段としての適正をふまえた表現方法を新たに提案し、反応時間や心理的な側面から評価する事で、情報保障手段におけるさらなる知見を得ることを目的とする。

2. 実験計画

2.1 実験概要 本研究は実験1、実験2の2回行った。実験1では作成した提示アイコンによる反応時間と負担度を調査するための実験を行った。実験2では、実験1から得られた結果をもとに、さらに素早く正確に反応できる表現方法を探る実験を行った。実験1の被験者は健常な学生12名(男性7名、女性5名、平均年齢22.9歳)であり、実験2での被験者は健常な学生8名(男性7名、女性1名、平均年齢24歳)とした。全ての被験者は矯正視力0.7以上を有していた。

2.2 実験環境

(1) 実験装置 本研究では、ブラザー工業株式会社の単眼光学透過型ヘッドマウントディスプレイ(以下、HMD)を用いた(表1)。このHMDは、焦点距離1000mm先に16インチ相当の画面を表示する。また、既往の研究²⁾を参考に、屋外光による視認性の低下を防ぐために、HMDを不透過状態にして実験を行った。被験者には利き目側にHMDを装着させた。

測定にはMac OSXのビジュアルプログラム環境

表1 本研究で使ったHMD

単眼光学透過型HMD Brother AiRScouter WD-B100		
外観	仕様	
	解像度	800×600pixel
	画角	約22.4度
	表示色	1677万色
	外光透過率	本実験では不透過にした
	本体重量	約64g

表2 提示アイコン

救急車	自転車	自動車
		

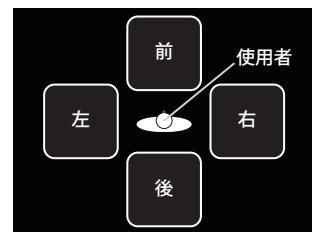


図1 アイコン表示位置

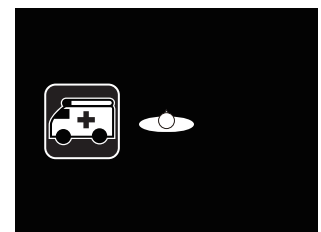


図2 アイコン提示例

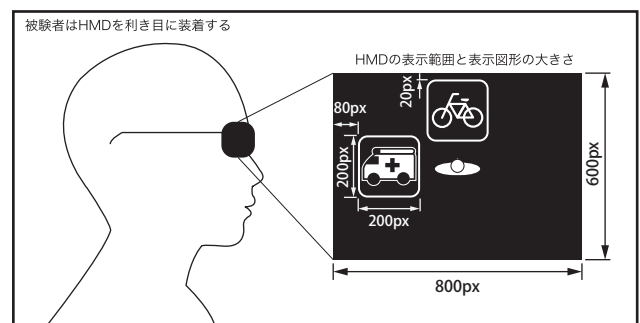


図3 HMDの表示画面

「Quartz Composer」を用いて実験プログラムを作成し使用した。また、被験者の反応入力装置にはWiiリモコン(型式:RLV-003)を用いた。

(2) 情報提示 提示アイコンを「聴覚障害者が必要としている音情報」³⁾を参考に、表2に示す3種類を選定した。方向に対応する画面位置に提示アイコンを表示させる事によって音が鳴っている種類と方向を表現した(図1、図2)。

(3) 実験コース 屋外歩行路の環境を想定して、名古屋工業大学3号館のエントランススペースを中心とする1週約40mの平坦な周回コースを設けた。歩行中、地点の足下に方向転換を促すための標識を

設置した。被験者がコースを間違えないように実験監督者が被験者の後方に同伴し、実験を行った。実験コースの概要と実験の様子を図4、図5に示す。

2.3 タスク設定 実際の歩行環境を想定した際の負担度を比較調査するために、段階的に難易度を上げるタスクを設定し、着席タスク(タスク1)、歩行タスク(タスク2)、歩行+行動タスク(タスク3、3')として実験を行った。すべてのタスクにおいて被験者には十分な練習をさせ、慣れさせた後に実験を行った。

【タスク1 | 着席タスク】 タスク1は、被験者に着席させた状態で、HMDの画面上に表示されるアイコンの種類を識別させる選択反応タスクである。Wiiリモコンの「+ボタン」「Homeボタン」「+ボタン」と3種類のアイコンを対応させ、提示されるアイコンと対応するボタンを被験者に押させた。また、3種類のアイコンとボタンの対応を記憶し、識別してボタンを押させるタスクは、難易度が高く、反応時間の増加を招く恐れがあるため、Wiiリモコンの各ボタンの上部に、対応するアイコンのシールを貼付けた(図6)。タスクの流れを図7に示す。

【タスク2 | 歩行タスク】 タスク2では、実験コース上を歩行させながら、タスク1と同様のタスクを行わせた。

【タスク3・3' | 歩行+動作タスク】 タスク3、3'では、タスク2に加えて、方向を識別し、動作させるタスクを設定した。表示されたアイコンの種類に対応したWiiリモコンのボタンを押すと同時に、前・左・右の位置にアイコンが表示された場合、Wiiリモコンを表示された方向に指す指示動作、後ろの位置にアイコンが表示された場合、その場で立ち止まる停止動作を行わせた。各動作後に実験監督者が被験者に指示をし、初期動作を再開させた。タスク3は表示するアイコンを3秒間提示し、タスク3'では0.6秒周期で点滅するアイコンを3秒間提示した。タスクの流れを図8に示す。

2.4 評価方法

(1) 行動的指標 各タスクにおいてアイコンをランダムに15回提示し、提示から対応する各ボタンを押すまでの反応時間(msec)と誤答数(回)を計測した。

(2) 主観的指標 各タスクにおける被験者の主観的メンタルワークロードを日本語版NASA-TLX⁴⁾を用いて評価した。各タスク終了後に表3に示す6項目について0から100点で評価してもらい、各得点の加重平均から算出される総合値AWWLを求めた。AWWLの得点が高いほど心理的な負担が高いことを示している。加えて、主観評価のアンケートも行った。

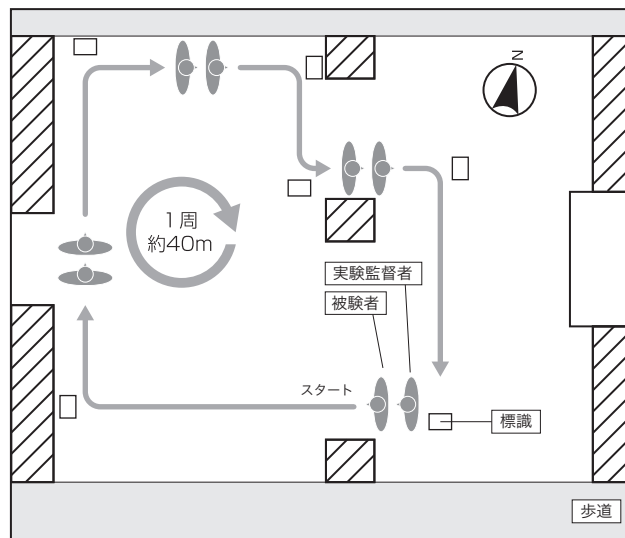


図4 歩行ルート



図5 実験の様子



図6 対応するボタン

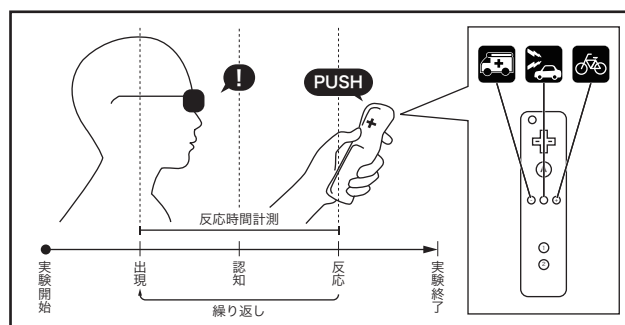


図7 タスクの流れ

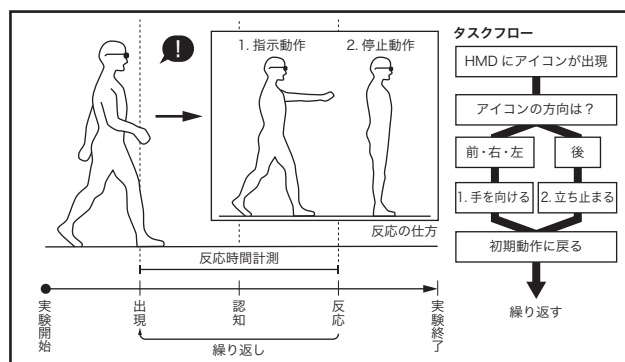


図8 歩行タスクの流れ

表3 NASA-TLXの評価項目

評価項目(端点)	項目の説明
精神的要求 (小/大)	課題を実行中に、図形を探す、HMDの表示を見るなどどれくらいの知覚的活動が必要だったと感じたか
身体的要求 (小/大)	課題を実行中に、反応ボタンを押すのにどれくらいの身体的活動が必要だったと感じたか
時間的圧迫感 (小/大)	課題を実行するにあたって、課題の頻度または速度から感じた時間的圧力はどの程度だったか
作業達成度 (良い/悪い)	課題目標について、どの程度成功したか
努力 (少ない/多い)	与えられた課題の維持・達成にどの程度がんばったか
不満 (低い/高い)	作業中に、いろいろ、不安、落胆、ストレス、悩みなどをどの程度感じたか(作業がうまくできなかったという思い)

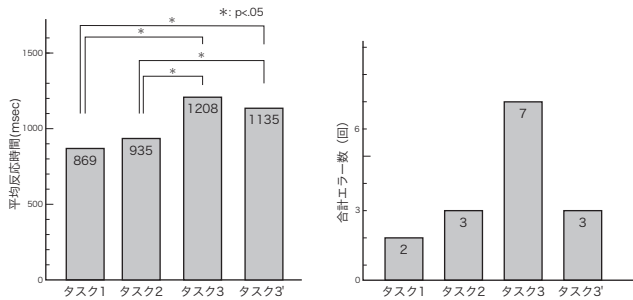


図9 各タスクにおける反応時間の平均 図10 各タスクにおける誤答数の合計

表4 NASA-TLXの結果

	タスク1	タスク2	タスク3	タスク3'
精神的要求	29.5	43.1	67.3	55.2
身体的要求	23.8	42.7	56.3	58.3
時間的圧迫感	36.7	39.1	56.8	52.1
作業達成度	25.6	28.7	47.9	39.9
努力	30.6	39.2	64.7	56.5
不満	15.8	24.0	45.5	40.3
AWWL	33.8	43.1	62.3	56.9

数値が大きいほど負担が大きい

表5 主観評価の結果

	タスク1	タスク2	タスク3	タスク3'
課題の難しさ	4.75	3.25	1.75	1.83
アイコンの大きさ	2.92	2.75	2.75	2.83
表示方法のわかりやすさ	4.17	3.67	3.50	3.92
体の反応のしやすさ	4.17	3.33	2.25	3.58
危機感を感じる	2.08	2.50	3.00	4.25

数値が大きいほど評価が良い

表6 自由記述 (一部抜粋)

・点滅していると危機感を感じやすく、視界に入ってきた。
・点滅が動きを感じさせて、わかりやすかった。
・点滅しているので視線に入ってくるのが、目がチカチカするの疲れを感じた。
・点滅は見えている時間が短い分、認識するのに時間がかかった。
・もっと動きがある方がわかりやすいと感じた。
・アイコンが点滅している方が危機感を感じたが、点滅していることで気が紛れて反応しにくかった。
・あまり差は感じなかったが、点滅の方が少し危機感があった。

3. 実験1の結果と考察

(1) 行動的指標 各タスクにおける反応時間、誤答数をそれぞれ図9、10に示す。平均時間に関して、タスク1、2とタスク3、3'との間にそれぞれ有意差が認められた。タスク1、2においては、1000msec以下となり、タスク3、3'は1000msecを超える結果となった。危機回避に関する知見⁵⁾として、自動車事故の過失調査において、一般人の知覚反応時間は700～1000msec程度とされており、本研究ではその範囲内で反応出来ることを目標としているが、タスク3、3'は、その目標値を超える結果となった。タスク3、3'の歩行+行動タスクでは、提示された情報に対して「何が見えたか」ではなく、「どこに何が見えたか」を識別させるタスクを与えたため、難易度が上がり、タスク3、3'がタスク1よりも反応時間に遅れが生じたと考えられる。しかし、タスク3とタスク3'を比較すると、タスク3'の方が反応時間がわずかに早く、誤答数も少ない結果となり、点滅表示をすることでより素早く、正確に反応できることが示唆された。

(2) 主観的指標 NASA-TLX及び主観評価のアンケートの結果を表4～6に示す。NASA-TLXの結果に関して、タスク2とタスク3との間には6つの項目全てにおいて、有意な差は認められなかったが、大きく上昇していた。しかし、タスク3とタスク3'を比較すると、タスク3'の方が値が小さく、負担が少ない結果となっており、主観評価の結果か

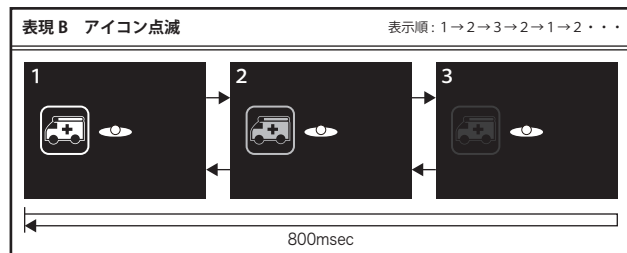


図11 表現B

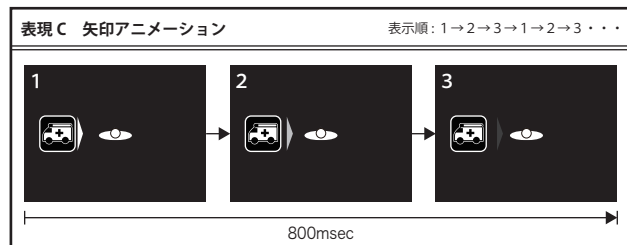


図12 表現C

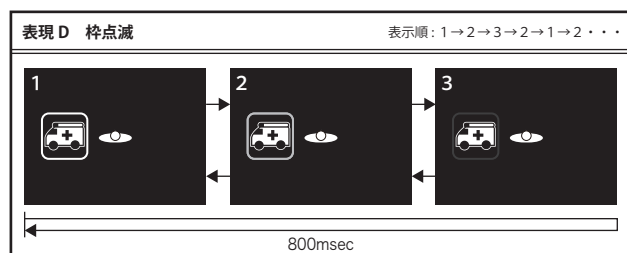


図13 表現D

らも、点滅表示の方が反応しやすい事が示唆された。また、「危機感を感じる」の項目についてもタスク3'は最も評価が高かった。

以上の結果から、歩行時において、方向と種類を同時に識別させることは使用者に大きな負担を与え、反応時間が遅れることがわかった。しかし、HMDによる表示において、点滅させるなど、危機感を感じさせることで、反応時間や負担度を減少させることができると推測できる。さらに、自由記述より、「もっと動きがある方がわかりやすい」「点滅は危機感を感じるが目がチカチカして疲れを感じる」などの意見も見られ、点滅やアニメーションの表示方法によって、より素早く正確な反応や負担度を減少させることができる可能性が示唆された。

LED警光灯において、点滅は視認性が良く、素早く反応できるとする既往の研究⁶⁾は存在するが、歩行時における情報保障手段としての反応時間を評価している研究は行われていない。そのため、点滅及びアニメーションによる表現方法を作成し、再度実験を行った。

4. 実験2

4.1 実験概要 実験2では3種類の表現方法を新たに作成し、それらの表現方法を用いて実験1のタスク3と同様のタスクを行うことによって、反応時間や負担度が減少できるかを比較評価した。

4.2 表現方法 実験1のタスク3で用いた、3秒間アイコンを提示する表現パターンを【表現A】とし、

以下の3種類の表現方法に加えた4種類の表現方法を用いた。実験は各表現ごとに行い、提示する表現方法の順番はランダムとした。また、どの表現方法も1周期0.8秒で3秒間繰り返し提示した。

【表現B | アイコン点滅】 表現Bは、既往の論文⁶⁾からLED警光灯において視認性が最も高い点滅パターンとされる、点滅の時間変化を立ち下がりsin半波^{注2)}を用いた表現とした(図11)。

【表現C | 矢印アニメーション】 表現Cは、動きがある方がわかりやすいという意見から、表示された危険が自分に向かってくるような動きを感じさせる、矢印が使用者に向かってくるアニメーション表現とした(図12)。

【表現D | 枠点滅】 表現Dは、実験1のタスク3'の点滅が見えなくなる時間があり、わかりにくいという意見が見られたため、枠内のアイコンに注目させるように、アイコン周りの枠が点滅する表現とし、表現Bと同様の点滅パターンを用いた(図13)。

4.3 結果と考察

(1) 行動的指標 各表現による反応時間、誤答数をそれぞれ図14、15に示す。平均反応時間に関して、表現Dは、表現Aとの間に有意差が認められた。また、1000msec以下となり、目標とする範囲の時間内に反応させることができた。

(2) 主観的指標 NASA-TLX及び主観評価のアンケートの結果を図16、17、表7～9に示す。NASA-TLXの結果に関して、「精神的要求」「作業達成度」「努力」「不満」「AWWL」の5項目において表現Bと表現Dとの間に有意差が認められた。主観評価の結果に関しては、表現Aは「視認性の良さ」において高い評価を得ているが、「危機感を感じる」「体の反応のしやすさ」においては、最も低い評価となった。対して、表現Bは「視認性の良さ」については最も低い評価であったが、危機感については最も高い評価を得ていた。表現Bはアイコン自体が点滅していることによって、危機感を感じさせているが、見にくくなってしまっていることが考えられる。さらに、各表現を「視認性の良さ」「危機感を感じる」「体の反応のしやすさ」の観点から順位付けしてもらい、点数付け^{注3)}を行った結果において、表現Cと表現Dは高い評価を得ていた。しかし、表現Cと表現Dにおいて、「点滅や矢印の方に目がいつてしまう」などの意見が見られ、改善する必要があることがわかった。

以上の結果より、危機感を感じさせることで、素早く反応させることができるとわかった。しかし、点滅などの表現は使用者に負担となるため、少ない変化によって注目させることができる表現が情報保障手段として有効な表現方法であるといえる。

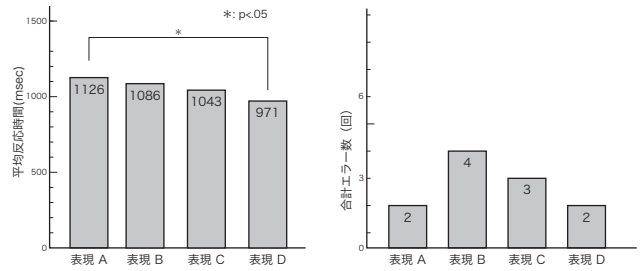


図14 各表現における反応時間の平均

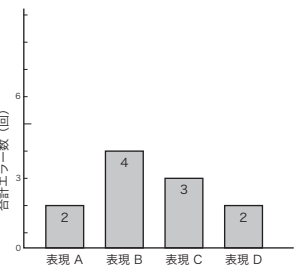


図15 各タスクにおける誤答数の合計

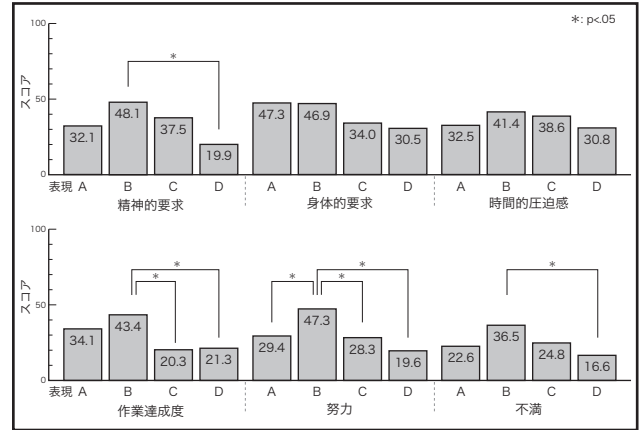


図16 NASA-TLX: 各評価項目の比較

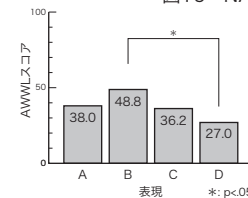


図17 NASA-TLX: AWWLの比較

表7 各表現における主観評価の結果

	表現 A	表現 B	表現 C	表現 D
視認性の良さ	4.25	3.00	4.13	4.63
危機感を感じる	2.38	4.38	3.75	3.75
体の反応のしやすさ	2.88	3.50	4.25	4.13

数値が大きいほど評価が良い

表8 順位付けの平均

表現 A	表現 B	表現 C	表現 D
1.50	1.63	3.5	3.38

数値が大きいほど評価が良い

表9 自由記述 (一部抜粋)

表現	自由記述 (一部抜粋)
A	・アイコンが一番見やすかったが、危機感は全然感じなかった。
B	・点滅がある分、危機感を感じたが、その点滅で見にくさがあった。 ・点滅することで徐々に近づいている感じがした。 ・方向を矢印の向きと点滅で表現していたのでわかりやすかった。 ・矢印の方に目がいつてしまう。
C	・矢印が向かってくることで、分かり易く反応しやすかった。 ・矢印が動いていることで、自分に向かってくる感じがかった。 ・表現Bの点滅よりもわかりやすかった。
D	・危機感はあまり感じなかったが、情報が少なくなりやすかった。 ・表現Bの点滅よりもわかりやすかった。 ・枠のみが点滅することで見やすかったが、反応はしにくかった。

5. 結論

本研究で作成した表現方法は、一般的な危機回避の知見を満たす範囲内で反応させることができた。しかし、より反応しやすい情報保障手段として有用なものとなるためにはさらに改善させる必要があることがわかった。

また、本実験では平面的な表現による評価を行ったが、今後は、AR(拡張現実)を活用した立体的な提示方法の提案など、更なる表現方法を評価していくことで、より有用な情報提示手段になるだろう。

【注釈及び参考文献】

- 注1) 身体的な障がいなどにより情報を得られない人に対し、代替手段を用いて情報を提供(情報保障)すること。
- 注2) 立ち上がり時は直線形に変化し、立ち下がり時はsin波形に変化する。
- 注3) 一位4点、二位3点、三位2点、四位1点とした。
- 1) アノバル社, 一般社団法人 日本補聴器工業会: JapanTrak 2015 調査報告書
- 2) 山本 浩司: 単純光を用いた音の可視化方法の提案と評価, 平成 27 年度 名古屋工業大学修士論文梗概集, 2015
- 3) 財団法人 共用品推進機構: 聴覚障害者が必要としている音情報 ~「音見本」調査報告書~, 2002.3
- 4) 三宅 晋司, 神代 雅晴: メンタルワークロードの主観的評価法—NASA-TLX と SWAT の紹介および簡便法の提案—, 人間工学, 1993.12
- 5) 林 洋: 実用自動車事故鑑定工学, 技術書院, p.204, 2002.4
- 6) 飛谷 謙介, 土屋 晋, 藤澤 隆史, 巖庭 絵里子, 長田 典子: LED 警光灯の視認性向上のための感性指標に基づく点滅パターン評価方法, 電気学会論文誌 D, Vol.133, No.2, p.240-245, 2013