

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 26 日現在

機関番号：13903

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23500649

研究課題名(和文)ヘッドマウントディスプレイを使用した音の可視化

研究課題名(英文)Sound visualization with a head-mounted display

研究代表者

須藤 正時(SUTOU, MASATOKI)

名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：70437094

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 4,300,000円

研究成果の概要(和文):本研究では「音を可視化する表示媒体」として透過型情報端末ヘッドマウントディスプレイ(以下HMD)を用いて歩行時の安全性や表示の見やすさの評価研究を行った。屋外歩行評価実験では安全な反応の指標とされる知覚反応時間0.7～1秒と比較すると、HMDは被験者の半数の人に安全に情報を提示し活用できる事が分かった。しかし半数の人には何らかの対策(例えば使用に際してのトレーニングなど)が必要である事が分かった。また聴覚障害者にとり死角となる後方視界については歩きながらの情報提示は安全な反応速度外であった。これら一連の研究成果に基づき音を判別する装置と屋外歩行に対応できるHMDの実験機の開発に成功した。

研究成果の概要(英文): We evaluated the safety and visibility of a transmission-type head-mounted display (HMD) device used as a display medium for visualizing sound while walking. In outdoor walking evaluation tests, the HMD was safely used by approximately half of the subjects when information was provided within the safety response index of 0.7-1 s, which is considered a safe response time during outdoor walking. This implies that half of the subjects would require some form of training to use the device safely. Additionally, tests for rearward visibility, typically a blind spot for individuals with hearing impairments, indicated that information displayed while walking was not presented within the safe reaction speed. Using the results of these tests, we developed a HMD device for differentiating sound that can be used while walking outdoors.

研究分野: インダストリアルデザイン

キーワード: 音の可視化 ヘッドマウントディスプレイ 後方死角情報 HMD 中途難聴 聴覚障害

### 1. 研究開始当初の背景

本研究では「音を可視化する表示媒体」として透過型情報端末ヘッドマウントディスプレイ (以下 HMD) を用いて歩行時の安全性や表示の見やすさの評価研究を行った。屋外歩行評価実験では安全な反応の指標とされる知覚反応時間 0.7~1 秒と比較すると、HMD は被験者の半数の人に安全に情報を提示し活用できる事が分かった。しかし半数の人には何らかの対策 (例えば使用に際してのトレーニングなど) が必要である事が分かった。また聴覚障がい者にとり死角となる後方視界については歩きながらの情報提示は安全な反応速度外であった。これら一連の研究成果に基づき音を判別する装置と屋外歩行に対応できる HMD の実験機の開発に成功した。

### 2. 研究の目的

これまで聴覚障がい者に対し屋外歩行時に音を伝える製品がいくつか登場しているがその機能が必要としているように発揮されていないとその利用者から意見を伺った。これは必要な音を選別し伝える事がいかに難しいかということである。また高齢化などにより中途難聴になった人たちに対する音の提示は補聴器が一般的であるがそれでは対応できないときには音の取得を残念ながら諦めているのが現状である。超高齢化社会が到来している今日、高齢化に伴う中途難聴は今後増えるものと予想されている。このような社会環境のなかでいきいきと生活を継続させるためには外出はとても大切行為である。いきいきとした生活を継続させるために屋外歩行時における新しい情報提示手段が求められている。そのニーズに応えるために生活者の目線にたった生活研究が求められている。一方、企業サイドでは現時点で市場規模がまだ大きくない (ユーザーは沢山いるが問題がまだ表面化していないだけ) ため、このような分野は企業としてなかなか事業化し難いのが現状である。

### 3. 研究の方法

(1) 本研究は加齢などにより中途難聴になった人たちを対象として「屋外歩行時に予め登録された外界の音を見える形で可視化」する。

(2) 本研究では日常生活で発せられる生活音を音の代わりになる表現 (映像、文字) で眼鏡型表示端末 HMD に表示して音の可視化を通し加齢等に伴い難聴者になった方や聴覚障がいの方が日常生活を快適、安全、安心に過ごせる事を目指す。

1) 眼鏡型の透過型情報提示端末 HMD が加齢による中途難聴者や生まれながらの聴覚障がい者にとり屋外歩行時において音を知る上で有効な情報提示端末になると考えた。想定ユーザーの被験者に実際に HMD を装着し使

用環境に近い屋外で歩行実験を行う。ここでは HMD に音情報を無線で伝え音を可視化 (音を絵文字で表現) して表示する (図 2)。このとき音の方向も同時に左右か後方かを表示する。被験者が HMD に音情報が表示されてから音を認識しするまでの時間を計測する。その計測値が安全な反応指標となる知覚反応時間 0.7~1 秒内であるかどうかを比較し HMD による情報取得の安全性の評価を行う。

2) 聴覚による情報取得と HMD を用いた視覚による情報取得についてその情報取得についてその情報処理過程における精神的負担を生理、行動、心理の 3 側面から定量的かつ総合的に評価比較することで、情報保障手段としての透過型情報提示デバイス使用の安全性を検証する。

研究の方法 1 の実験方法

①屋外歩行実験を中途失聴者、先天性難聴者、および健聴者を含む男女 6 名を被験者とし評価実験を行った。なお、障がいを持つ被験者の障がい等級は 2 級にあたる。

②装置は情報提示装置として透過型単眼 HMD を使用した。屋外での使用を考慮し視認性を高めるため、HMD の前面に付属の偏光板 (透過率 24%) を取り付けた。また、反応ボタンを操作するためのリモコンを携帯させた。

③音の可視化方法は「車のクラクション」、「救急車のサイレン」、「自転車のベル」の 3 種類の音を画像化した絵文字を使用した。方向についても同様に「左」、「後」、「右」の 3 方向を記号で表現し、これらを刺激として実験者が定める任意のタイミングで HMD に提示した。

④タスク設定 HMD を装着して実験コースを自然歩行で歩行してもらい、その最中に HMD に提示される刺激に反応する認知タスク (T1 音の種類, T2 音の方向) を設定した。実験コースは屋外歩行路の環境と同等となるように名古屋工業大学敷地内に設定した。本学 3 号館のエントランススペースを中心とする平坦な周回コースとなっている。なお、コースは屋根のある場所、ない場所が含まれている。

研究の方法 2 の実験方法

屋内での模擬歩行実験を学生被験者 (学生 20 歳~25 歳) 対象に座した状態で行った。前方のスクリーン (視野 35 度) 内に投影される複数のランドル環様 (視力検査の際に使われるドーナツ形状) の妨害形状の中から円環に切れ目のない標的を探す。図形は奥から手前に向かって近づいてくる様に動画表現 (成

人の歩行速度 4km/h と同等) したこの疑似歩行状態でタスクを行いながら音の種類や方向を判別する評価。脳血流量を測定しながら、反応時間と誤答率、カウンティングエラーなどを計測した。計測装置には近赤外光脳機能イメージング装置を使用した。計測部は前頭連合野とし3 2チャンネルにおけるヘモグロビン濃度の変化量を測定。同時に音の種類、方向の評価のあとに被験者の精神的負担の主観評価を行った。

#### 4. 研究成果

(1) 研究の方法1の屋外で実際に HMD を装着し音の種類や方向提示に対する反応時間を計測した結果、半数の被験者が安全速度内であった(図1)。残る半数の人は、安全速度を超えた。このことから音の取得のために HMD を装着し屋外歩行した場合、HMD の使用に向いている人と向かない人がいることが分った。主観評価では「歩行中の読み取り」表示の明るさ「表示の大きさ」について半数以上の被験者が最高7点中3点以下の低い点となり改善点が明らかとなった。一方「利便性」は絵文字・方向ともに3点以上であり役に立つとの評価、目の疲れや方向の読み取りは4点以上で HMD が役に立つ事が分った

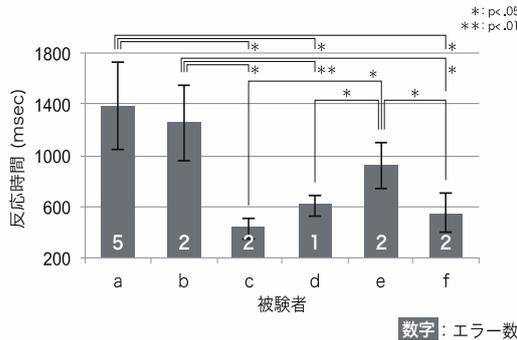


図1 音の種類を判別する反応時間

(表1)。

表1 主観評価

評価項目	平均	評価得点の分布					
		1人	2人	3人	4人	5人	
① 利便性	絵文字	3.5	[分布]				
	方向	3.7	[分布]				
②	歩行中の読み取り	2.8	[分布]				
③*	表示の明るさ	2.0	[分布]				
④*	表示の大きさ	2.5	[分布]				
⑤	目の疲れ	4.0	[分布]				
⑥	絵文字と方向の読み取り	4.2	[分布]				
⑦	斜め方向の提示	3.7	[分布]				

\*評価項目③・④は「3点」に近いほど高評価

(2) 研究の方法2の学生を対象とした生理、

行動、心理計測により総合的に評価を行った評価では音や絵文字の情報提示に伴い左右外側での脳血流量の増加が見られ、音源識別のみの情報に対する反応時間は安全の指標となる知覚反応時間1秒以内に収まる結果が得られた。脳血流量の賦活度と反応時間に負の相関が認められ(図2)、脳の活性化により認知機能が高められることが示唆される。一方で、HMD に後方視界を表示させた際は脳血流量の増加が見られたものの、反応時間の遅延と主観的負担度の増加が確認できた。したがって、HMD を用いた情報提示において、反応を促進させるように負担度を軽減させる情報提示と、負担度を増加させる情報提示が存在することが分かった。聴覚障がい者のための透過型情報提示による情報保障を実現するためには、ユーザーに対し注意の切り替えを促すような情報提示をする必要がある。

その際、注意を向けやすい提示方法や容易に

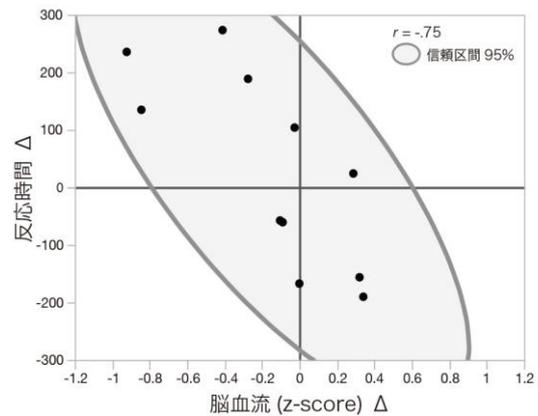


図2 脳血流と反応時間の相関

識別できるアイコンデザインをどのように設計するかが課題となる。

(3) 視覚情報のみでは認知機能が低下するという人の注意特性や、後方の死角情報の提示は歩行時では知覚反応の遅延を招くことが分った。歩行時の情報提示は具体的な絵文字のような提示ではなく、抽象的な方法、例えば、光の点滅や、これら視覚情報に加えて振動などの触覚フィードバックを活用したインタフェースと併用することがポイントと考えられる。

(4) 研究の方法2と1との比較で歩行する動作が加わることで反応の遅延が生じたと考えられる。

(5) 歩行しながら後方死角情報を HMD へ提示した場合、安全な速度内で反応することができないことが分かった。後方の死角情報の提示方法について継続研究する必要がある。

(6) 本実験で用いた情報保障環境をモデル化した評価方法が、HMD 使用に関する安全面での使用判定基準になり得る可能性が得られ

た。

(7) 評価実験に使用した透過型 HMD は明るい太陽光の下では表示が見えない。

外からの光を画像表示部のみ光りを不透過とすることで明るい屋外でも表示情報が見えかつ前方の視認性も確保できることを発見した。

(8) HMD を屋外で安全に使用する指針が明らかとなった。

a. 使用するには十分な練習や訓練が必要。

b. 後方死角情報は歩きながらでは安全に情報確認できない。

後方死角情報を安全に得るには歩行を停止する必要がある。

(9) 生活研究用の音を可視化する装置の試作機完成 (図 3)

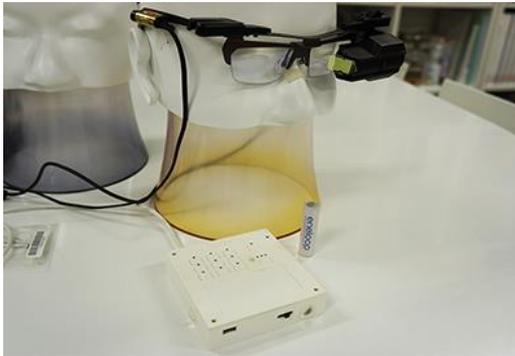


図 3 生活研究用の HMD と音判別装置

この試作機は成果(1)～(7)を加味している。後方の死角情報の入手については後方の情報を獲得できる小型カメラを搭載し HMD に表示できる。これを用い事前の光りによる予告、停止時の画像提示などその効果を繰り返し生活研究のなかで評価して完成度を高めて行けると期待できる。これらの内容は特許として申請(図 4)。

(10) HMD のスタイリングデザインに関して、著者の先行研究では、生まれながらの聴覚障がい者の 20 代女性から「私は屋外歩行時に身につける装置はお洒落であってほしい。というデザイン面におけるリクエストがあった。

そこで同一フレームで眼鏡を必要とする人と不要な人が同一フレームで兼用ができるデザインを考案しそのデザインモデルの開発に成功した(図 4、5、6)。

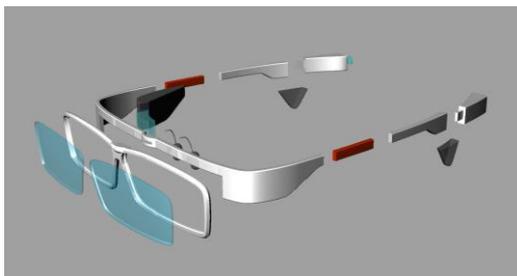


図 4 HMD 特許申請用の HMD の爆発図



図 5 HMD デザイン評価モデル



図 6 HMD デザイン評価モデルレンズ付き

(8) 音判別装置のコンパクト化。

100mm(H) × 25mm(W) × 10mm(T)

図 7 の中央 右は厚さが 25mm

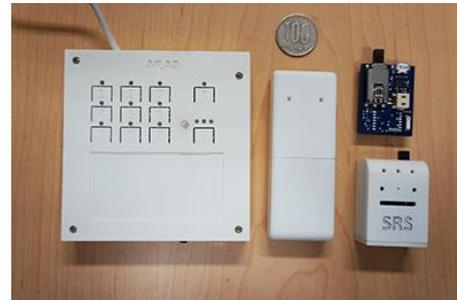


図 7 音判別装置の小型化

(9) 音を光で表示する機能試作が完成 (図 8, 9)。HMD より安価に製作が可能である。生活研究の中で今後評価を行う。



図 8 音を光りで表示する機能試作



図 9 音を光りで表示するデザイン案

名古屋工業大学 情報工学メディア系  
研究者番号：70456713

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

### 研究論文

[雑誌論文]: 報告 (査読付き) (計 1 件)

- ① 須藤正時,深谷晃輔: 透過型情報提示における歩行時の安全性評価-ヘッドマウントディスプレイを使用した音の可視化研究-, デザイン学研究 Vol.61 No2 2014, pp.95-102

[学会発表] (計 1 件)

- ① 須藤正時,深谷晃輔: 透過型情報提示における歩行時の安全性評価-ヘッドマウントディスプレイを使用した音の可視化研究(1)-研究発表会概要集 B01pp.21-22 日本デザイン学会第3支部平成26年度研究発表会

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計 1 件)

名称: ヘッドマウントディスプレイ  
発明者: 須藤正時, クグレ マウリシオ,  
深谷晃輔, マコヴニコバ ヤナ  
権利者: 名古屋工業大学  
種類: 特許  
番号: 2015-012863  
出願年月日: 平成27年1月27日  
国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

須藤正時 (SUTOU MASATOKI)  
名古屋工業大学 工学研究科 准教授  
研究者番号: 70437094

### (2) 研究分担者

なし ( )

研究者番号:

### (3) 連携研究者

クグレ マウリシオ (MAURICIO KUGLER)