

視点動線測定による屋外歩行時の HMD への情報提示評価

指導教員 藤岡 伸子 教授

川本 一輝

1. 背景と目的

近年の計算端末の小型・軽量化技術の進展に伴い、端末を身体に装着し利用するウェアラブルコンピューティングの考えは身近なものになり、様々な場面での利用可能性を期待されている。その内の1つに HMD (Head-Mounted Display) を用いた聴覚障害者への情報提示手段があり研究も進められている¹⁾。これは聴覚障害者支援の考え方として、聴覚情報を視覚情報に代替し提示することで情報を保障する手段である。急速な高齢化が進行している現状において聴覚障害は見落とせない課題であり²⁾、この課題解決に対する貢献が期待される。

効率性や安全性の観点から歩行中の HMD による情報提示手法の研究・評価が行われている³⁾が、被験者の実際の視点動線特性を考慮した評価はなされていない。そこで本研究では視点動線を測定・観察し、情報提示手法における更なる知見を得ることを目的とする。

2. 評価実験

2.1 実験概要 情報提示手法の比較評価のため、HMD 上における提示位置を変化させて情報提示を行った。その情報を識別した際に行う[識別タスク]と、屋外歩行を想定した実験コースを歩行する[歩行タスク]を同時に行う課題を設定し、実験を行った。複数の情報提示位置における[識別タスク]の正答率と反応時間の比較評価と、実験中に記録した視点動線の観察を行い、視点動線のパターン抽出及び考察を行った。被験者は 20 代学生で男性 9 名、女性 3 名の計 12 名である。

2.2 実験環境

(1) 実験装置 ブラザー工業株式会社の単眼光学透過型 HMD (表 1) を用いて情報提示を行った。この HMD は左右どちらかの目に装着することで、視野の約 1,000mm 先に 16 インチ相当の画面を表示する。本実験では屋外光による視認性の低下を防ぐため、既往研究⁴⁾を参考に HMD の全面に不透過部分を設けた。提示するアイコンは 150×150pixel で、屋外歩行時に識別が必要と想定される 3 種類を用意した(図 1)。また、ナックイメージテクノロジー社のモバイル型アイマークレコーダ EMR-9(表 2)も同時に装着させた。このレコーダはセンサーがヘッドユニットに収まっており、頭部を自由に動かしながらの自然歩行が可能である。これにより視野カメ

表 1. 使用した HMD

| 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. 使用したアイマークレコーダ


| 着用イメージ | 仕様 | |
|--|-------|---------------------|
|  | 視野カメラ | 1/3 インチカラーイメージセンサ |
| | 有効画素数 | 640×480pixel |
| | 検出センサ | 1/3 インチ B/W イメージセンサ |
| | 測定範囲 | 水平 ±40 度、垂直 ±20 度 |
| | 検出方式 | 瞳孔/角膜反射方式、瞳孔法 |
| | 質量 | 約 150g |



図 1. HMD への提示用アイコン

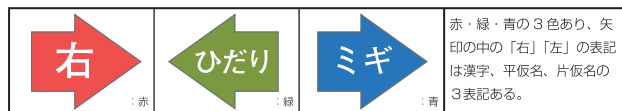


図 2. 方向転換を促す標識例

ラの映像と視点動線を記録した。加えて反応時間を記録するために、被験者が識別反応を明示するための反応ボタンを携帯させた。

(2) 実験コース 屋外歩行路の環境を想定して、本学 3 号館のエントランススペースを中心とする 1 周約 40 メートルの平坦な周回コースを設けた。歩行中、方向転換する地点の足元に基準としてバツ印を設け、また地面から 1,500mm の高さに方向転換を促すための図 2 に示すような標識を設置した。実験コースの概要を図 3 に示す。

2.3 情報提示手順 提示アイコン(図 1)は、HMD 上における左上、左下、中央、右上、右下の 5 箇所の提示位置(図 4)に対して、種類と位置どちらにおいてもランダムで提示される。提示例を図 5 に示す。アイコンの提示時間は 2 秒間と 5 秒間の 2 通りあり、アイコンが消えてから 5 秒後に次のアイコンが提示される。1 試行は約 100 秒で、その間に 10 回アイコンが提示される。提示時間の例を図 6 に示

す。片方の目で2試行ずつ、左右の目で計4試行を1名の被験者に対して行った。

2.4 タスク設定

【識別タスク】 HMDにランダムに提示されるアイコンの種類を識別する課題である。被験者にはHMDに提示されるアイコンに対して、その種類を識別し口頭で答えてもらい、同時に反応ボタンを押すように教示した。アイコン提示直後から反応ボタンを押すまでを反応時間(msec)とした。

【歩行タスク】 実験コース(図3)を自然歩行する課題である。スタート地点からA→B→C→D→E→Fを経由して再びA地点に戻る経路を、HMDへの提示が終了するまで周回する。被験者がコースを間違えないように事前に実験監督者が同伴し実験コースを確認した。方向転換は足元にある基準のバツ印上で行うように教示した。

2.5 主観評価 左右各々の目での実験終了後に、HMDへのアイコン提示位置5箇所に対して、順位づけする設問(表3)を回答させた。同時にその順位づけをした理由及び気がついた点を自由記述にて回答させた。また、集計を行う際、屋外歩行時に優位な効果を示す順位を得られた提示位置ほど、得点が高い値を示すように回答を数値に置き換えて比較し評価を行った。

3. 実験結果

3.1 口頭回答 2名の被験者において誤回答し、言い直す行為が見られた。2名とも全回答の内1回だけの誤回答である。両者の共通点として、表示時間が2秒間で、かつ利き目にHMDからのアイコン提示がなされている際の回答であることが認められた。その他の被験者の正答率は100%であり、誤回答をした2名を考慮しても高い正答率が得られた。

3.2 反応時間 左右の目における全アイコン提示に対する反応時間の平均結果を図7に示す。左右どちらにおいても右下より右上、左下より左上へのアイコン提示に対する反応時間の平均が高い値を示した。また、右目装着時には左下への提示に、左目装着時には右下への提示において反応時間の平均が最も低い値を示した。それぞれにt検定を行い、提示位置による有意差を求めたところ、左目装着時の提示位置、右下と右上の間のみ有意差が認められ($p<.05$)、他位置の組み合わせには有意差は認められなかった。

3.3 視点動線 自然歩行中の視点は、基本前方中央を捉えており、そこを中心として小さな微動作を繰り返しており、周囲環境を認知しようとしている様子が伺える。アイコン提示に対する視点移動の反応が薄く、顕著に観察できるものは少ない傾向が見られた。方向転換時には転換する方向先に視点が先行

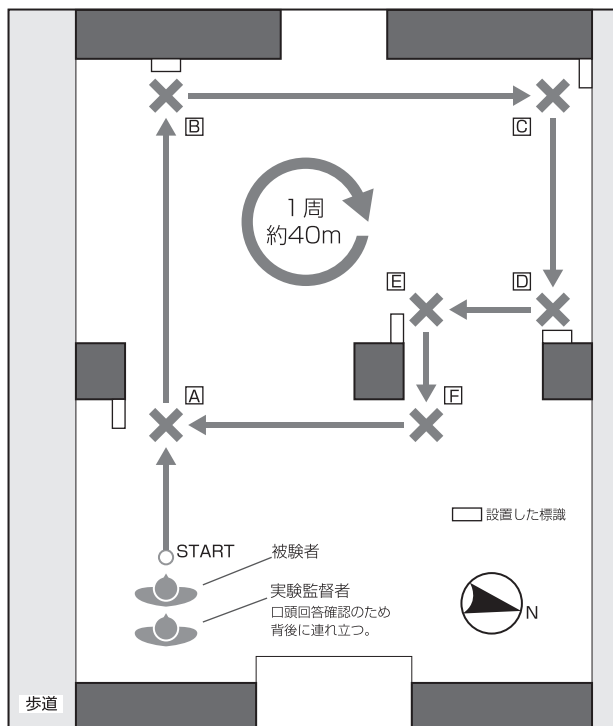


図3. 実験コース

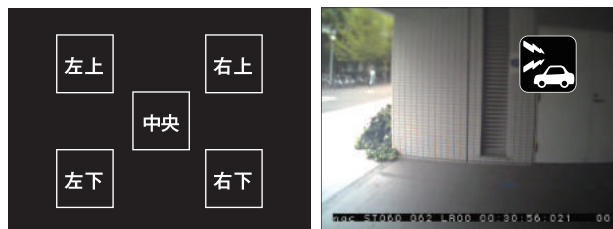


図4. アイコン提示位置

図5. アイコン提示例

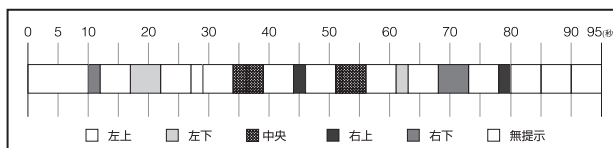


図6. アイコン提示時間例

表3. 設問項目

| | |
|-----|---|
| 設問1 | アイコンの情報はどの位置での提示が「見やすい」と感じましたか。 |
| 設問2 | 歩行タスクを行う上で「邪魔だ」と感じたアイコン提示位置はどこですか。 |
| 設問3 | タスクを通して歩行中の情報提示に総合的に「適切」に感じる提示位置はどこですか。 |

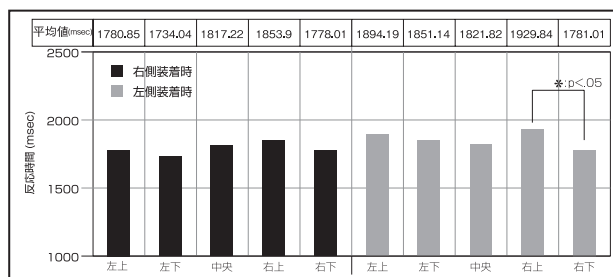


図7. 反応時間

して移動している様子も伺える。また、設置した標識や足元のバツ印を注視する様子も全体を通して頻繁に確認することができた。

【視点動線パターン】 アイコン提示時の視点動線パターンに以下の5種類が確認できた。アイコンが提示されても注視することなく視野の中央にて周囲環

境を伺う微動作を続けるパターンA (例:図9)。提示されたアイコンに瞬時的に視点を移動させ、提示中にも関わらず再び前方中央に視点を戻すパターンB (例:図10)。提示されたアイコンと中央の間を、素早く視点を往復移動させ、提示時間中、何度もアイコンを確認するパターンC (例:図11)。提示されたアイコンに視点を移動させ、提示時間中、アイコン上に視点を留めるパターンD (例:図12)。提示されたアイコンへの視点移動は起こさないが、提示時間中、視点の微動作が抑えられ提示が消えると再び微動作が激しくなるパターンE (例:図13)。

パターンA、Bは全被験者に確認できた。パターンCは66.7%、Dは83.3%、Eは16.7%の被験者に反応が確認できた(図14)。パターンC、D、Eが確認できたのは、全てアイコンを5秒間提示した時であった。また、パターンDにおいて、パターンが確認できた提示位置の内約59%が、HMD中央への提示に対する反応であった。

【パターンの確認回数】 視野ビデオにて確認できた、アイコン提示位置に対する視点移動の回数を図15にその割合を図16に示す。これはパターンE以外の視点移動を伴うパターンを数えたものである。

右目装着時、HMD右上にアイコン提示した場合の視点移動回数が18回と最も大きい値を示した。その後、右下、左上、左下の順で値は小さくなり、右上と対称の位置である左下が最小の値を示した。右上、右下を合わせた右側への提示に対する視点移動回数は33回と71.7%を占めており、全体的に右側への提示に大きい反応を示していることが伺える。また、右上、左上を合わせた上側への提示に対する視点移動回数は26回と56.6%を占めており、下側よりも上側への提示に対する反応が顕著であることが分かる。

左目装着時、HMD左上にアイコン提示した場合の視点移動回数が23回と右目装着時とは対照的に最も大きい値を示した。その後も左下、右上、右下の順で値は小さくなり、右下が最小の値を示した。これは右側装着時と全く対照の結果である。左上、左下を合わせた左側への提示に対する視点移動回数は35回と70%を占めており、全体的に左側への提示に大きい反応を示していることが伺える。また、右目装着時同様に、左上、右上を合わせた上側への提示に対する視点移動回数は34回と68%を占めており、下側よりも上側への提示に対する反応が顕著であることが分かる。

3.4 主観評価 得られた回答結果を表5、図17に示す。設問1に関して、左右装着時共に中央の値が最も大きく、提示されたアイコン自体が見やすいのは、中央への提示であると評価された。右目装着時

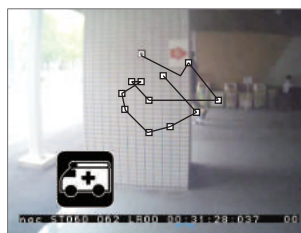


図9. パターンA



図10. パターンB

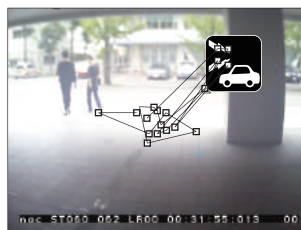


図11. パターンC

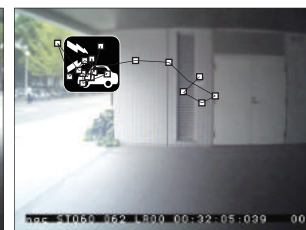


図12. パターンD

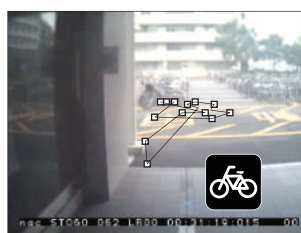


図13. パターンE

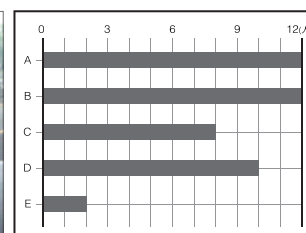


図14. パターン別被験者人数

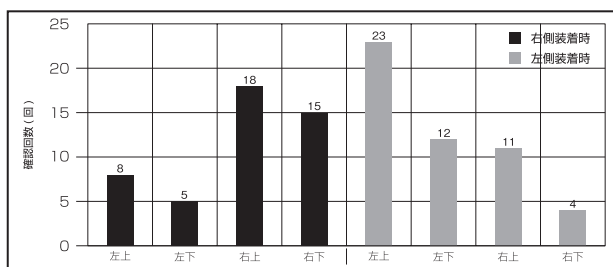


図15. パターン確認回数

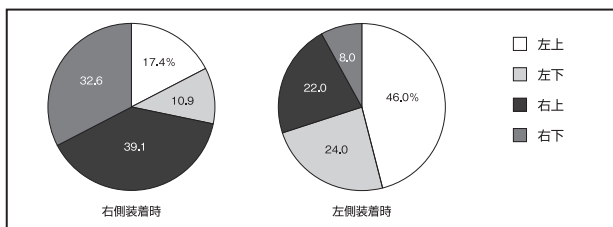


図16. パターン確認回数割合

は右上、対照的に左目装着時は左上の値が最小を示した。どちらもHMDを装着した側の上部位置への提示である。設問2に関して、右目装着時は右上、左目装着時は左上の値が最も大きく屋外歩行時に差しさが少ない提示位置であると評価された。最小値を示したのは左右装着時共に中央への提示である。これは設問1とは真逆の結果となった。設問3に関して、左右装着時共に中央の値が最も大きく、右目装着時は右上、左目装着時は左上の値が最小を示した。しかし、設問1の結果と違い被験者間で評価が偏ることなく、高評価と低評価が入り混じる傾向が見られた。

4. 考察

HMD上のどの位置においても、提示アイコン

表 5. 各設問の評価得点に対する提示位置分布

| 設問 | 装着側 | 得点 | 提示位置分布 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|------|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | | | | | | | |
| 設問1 | 右 | 5.44 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | 左 | 5.44 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 設問2 | 右 | 5.44 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | 左 | 5.44 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 設問3 | 右 | 5.44 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | 左 | 5.44 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |

■ 左上 ■ 左下 ■ 中央 ■ 右上 ■ 右下

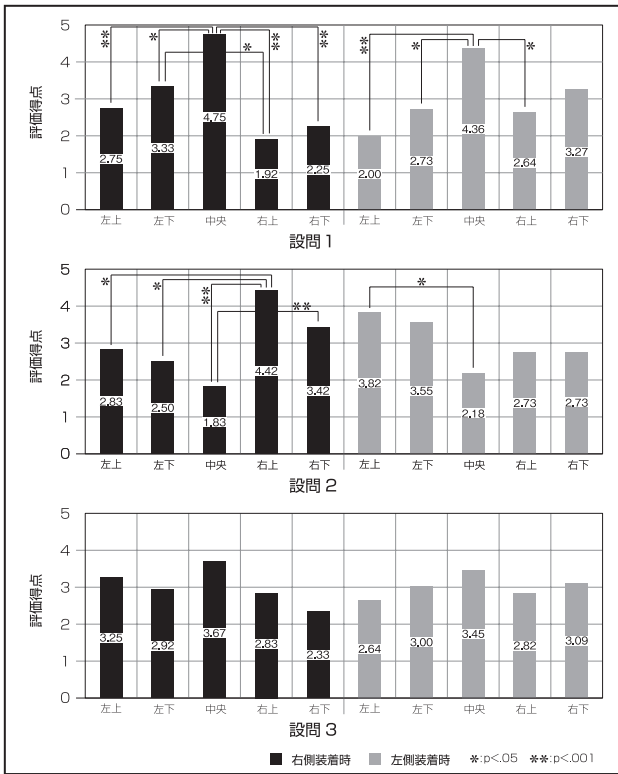


図 17. 主観評価結果

の口頭回答の正答率がほぼ 100%である。加えて、反応時間の平均値が、左目装着時の右上以外 1750msec から 1900msec の間に収まり、有意差においても左目装着時の右上-右下以外認められず、提示位置による反応時間のばらつきが認められない。このことから、情報提示直後の情報認識に関しては HMD 上の提示位置に差異なく認識が可能であることが示唆される。しかし、提示位置の上下にのみ焦点を充てると左右装着時どちらにおいても下側提示より上側提示の平均反応時間が大きくなる傾向があり、唯一有意差が認められた左目装着時の右上-右下の組み合わせにおいてもその傾向が認められる。自由記述からも「上側への提示が他よりも遠く感じた」という意見が見られる。情報識別早さの観点のみにおいては、上側よりも下側への提示が素早く識別できる可能性がある。

全ての被験者に非常に多く確認できた視点動線パターン A、B から、基本的に歩行時の HMD 上の情

報への注視はわずかで、周囲環境への意識が優先的に高い傾向が伺える。5 秒間提示のアイコンに対して、何度も確認したり、視点を留めたりする視点動線パターン C、D、E から、周囲環境向けられていた意識の矛先が 2 秒間提示の際よりも 5 秒間提示において HMD 上の情報向けられていることが推察できる。ここから HMD 上の情報への意識の強さは提示時間の長短が大きく影響しており、情報提示時間を長くすることで提示情報を強く意識づけることができると考えられる。しかし、その分周囲環境への意識を疎かにするため、屋外歩行時の情報提示としては、長時間の情報提示は、安全性に欠け不適切であると評価できる。

視点移動パターン確認回数に関して、右目装着時において、HMD 上の提示位置右上を中心に右側、上側に偏っていること分かる。これは被験者が前方視野と、HMD 右側、上側に提示された情報とははっきりと区別して認識しているために視点の動きが分かりやすく表れているからであると推察できる。この区別の有無は、周囲環境への認知にも影響しており主観評価の設問 2 にて左下、中央の評価得点が低く、「中央提示は前方の視界と被って前方が見にくくなる」という自由記述もあり、左下、中央への提示情報が歩行する上で差し障りになる評価がなされている。よって歩行上の安全性を考慮する場合、提示情報と周囲環境を区別できる位置、右目装着時は HMD 右上に情報を提示することが望ましいと推察できる。また、左目装着時は右目装着時とは提示位置において対照的な評価結果になっている。

5. まとめ

HMD 上の情報提示位置と情報の提示時間の条件を変化させ屋外歩行中の情報識別の様子を、反応時間と視点動線の観点から評価した。情報提示時間の条件変化から基本的なパターンを含めた視点動線パターンを 5 種類見出した。反応時間による差異は 1 組以外認められず、反応時間による条件の優劣の評価はできなかったが、視点動線と主観評価から、長時間の情報提示は避けること、周囲環境と重ねるのではなく区別できる位置に情報提示することが屋外歩行時の安全な情報提示に繋がると推察できた。また、提示位置の評価は HMD を装着する目で左右対照的な結果を示す。

[注釈及び参考文献]

- 1) 須藤正時, 深谷見輔: 透過型情報提示における歩行時の安全性の評価, デザイン学研究, Vol.61, No.2, pp.95-102, 2014.4
- 2) 2006 年の聴覚障害者数は約 36 万人であり、そのうち 68%が高齢者となっている。厚生労働省 社会・援護局障害保険福祉部企画課: 平成 18 年身体障害者・実態調査結果, 2008
- 3) 田中宏平, 岸野泰恵, 宮前雅一ほか: 光学式シースルー型 HMD のための読み取りやすさを考慮した情報提示手法, 情報処理学会論文誌 48, 4, pp.1847-1858, 2007.4
- 4) 新保暢行: 単眼透過型 HMD の屋外使用を想定した安全性と情報取得に関する研究, 卒業論文梗概集, 名古屋工業大学建築・デザイン工学科, pp.171-172, 2014.12
- 5) 佐々木康人, 富永浩之, 林俊浩ほか: 文書・会が閲覧時における視線情報の計測と分析, 電子情報通信学会技術研究報告 105, 一般社団法人電子情報通信学会 48, pp.51-56, 2005.10