

HMD への反応時間に対する二重課題トレーニングの効果に関する研究

指導教員 須藤正時 准教授

寺邊 裕希

1. 背景と目的

近年、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が期待されている。その内の1つに透過型 HMD(Head-Mounted Display)¹⁾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²⁾。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証する手段である。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³⁾、この問題解決に対する貢献が期待される。

しかし、HMD の使用には個人の特性により向き・不向きがあることが既往の研究から明らかになっている⁴⁾。また HMD の使用は、複数の視覚情報に対し取舍選択を行い、適切に行動しなければならない。不向きである人の HMD の使用は負担が大きく、特に屋外歩行時の安全確保が難しい。

情報提示手法の観点から HMD の効率性・安全性の研究・評価は行われているが⁵⁾、使用者の慣れによる HMD の負担度の変化を考慮した研究はなされていない。そこで本研究は、被験者に HMD を使用したトレーニングを課し、HMD への反応時間の変化におけ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 HMD への慣れによる反応時間の変化の検証のため、数回の課題を反復するトレーニングを行った。その中で情報提示と反応時間の測定をした。課題は、HMD へ提示された情報を識別する【識別タスク】と、歩行時の前方への視覚的注意作業を再現する【ステップタスク】の2種類用意した。それぞれのタスクを個別で行うものと、HMD を装着時に発生する複数の動作を同時に行う場面を想定し、二重課題を与える【二重タスク】での反応時間と正答数の比較評価を行った。また、実験後に主観評価によるアンケートを実施した。実験はトレーニング回数異なる実験1と実験2を行った。被験者は実験1:15名(平均年齢22.8歳、男性7名、女性8名) 実験2:14名(平均年齢22.5歳、男性8名、女性6名)の計29人である。

2.2 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

表1 本研究で使用した HMD

単眼光学透過型HMD Brother AiRScouter WD-B100		
外観	仕様	
 紙を貼り不透過仕様にしている	画素数	800×600pixel
	表示色	1677色
	画角	約22.4度
	外景光透過率	約50%
	本体重量	約64g



図1 情報提示アイコン



図2 反応ボタン

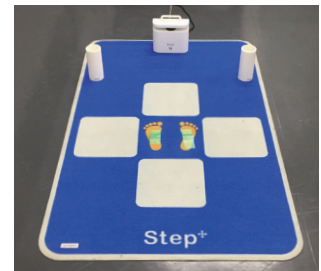


図3 STEP +

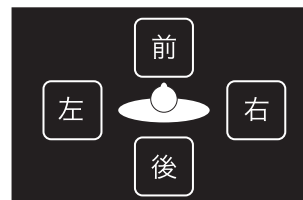


図4 情報提示位置



図5 情報提示例

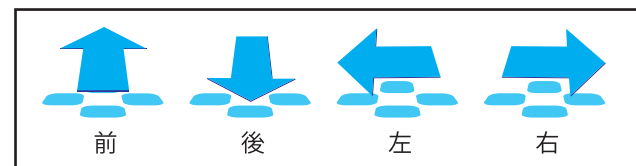


図6 ステップ指示アイコン

の約1000mm先に16インチ相当の画面を表示する。提示するアイコンは200×200pixelで屋外歩行時に情報提示が必要と想定される3種類を用意した⁶⁾。(図1) 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(図2)を携帯させた。また歩行の疑似再現に株式会社日本シューターのSTEP+を用いた。(図3) これはマット上で被験者前方のスクリーンに指示された方向にステップすることで、その反応時間と正誤を計測することができる。

2.3 情報提示手順

【識別タスク】提示アイコン（図1）をHMD上における上下左右、4箇所の提示位置（図4）へ表示する。提示アイコンの種類、提示位置のどちら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3秒間であり、アイコンが消えてから数秒後に次のアイコンが提示される。

【ステップタスク】ステップ提示アイコン（図6）を被験者の前方に配置したスクリーンへ表示する。提示位置は中央の一箇所で、ステップ提示アイコンはランダムで提示される。アイコンは被験者がステップするまで表示され、その数秒後に次のアイコンが表示される。

2.4 タスク設定

【識別タスク】HMDへランダムで表示される提示アイコンの種類を識別する課題である。被験者にはHMDへ表示されるアイコンに対して、その種類を識別し、アイコンに対応する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（秒）とした。また、ボタンの押し間違えとアイコンの表示から3秒以上経過したものを誤回答とした。このタスクの1試行はアイコンが15回表示されるまで行う。識別タスクのみ行うものをT1とする。識別タスクの流れを図7に示す。

【ステップタスク】被験者前方のスクリーンへ表示されるアイコンに従い前後左右へステップする課題である。被験者にはスクリーンへ表示されるステップ指示アイコンに対してその種類を識別し、マットの中央部からその方向へ片足ずつの歩行で計2歩のステップをし、正誤の判定が表示された後マットの中央部へ戻るように教示した。アイコン提示直後から一歩目が動き出すまでを反応時間（秒）とした。このタスクの1試行はアイコンが8回表示され被験者がマットの中央部へ戻るまで行う。ステップタスクのみ行うものをT2とする。ステップタスクの流れを図8に示す。

【二重タスク】HMDを装着した状態での歩行の想定として識別タスクとステップタスクを同時に行う。それぞれのタスクの情報提示はランダムでなされる。このタスクの1試行は識別、ステップタスクのどちらかが終了するまで行う。このタスクをDTとし、その試行回数に合わせてDT1、DT2とする。情報提示例とタスクの流れを図9、10に示す。

2.5 主観評価 実験終了後にそれぞれのタスクについて主観評価の設問を回答させた。同時に評価の理由と気が付いた点を自由記述にて回答させた。

3. 実験1

3.1 概要 実験1はT1、T2、DT1、DT2、DT3の

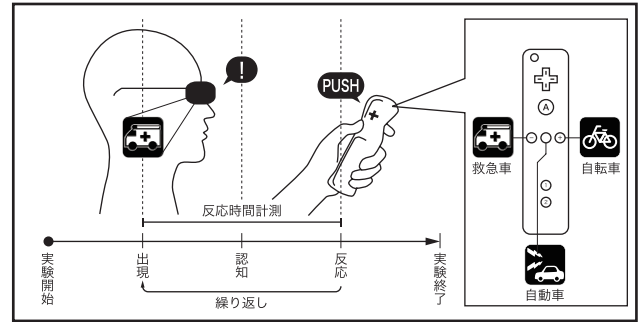


図7 識別タスクの流れ

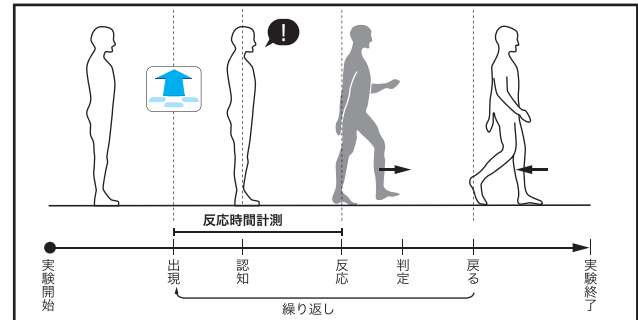


図8 ステップタスクの流れ

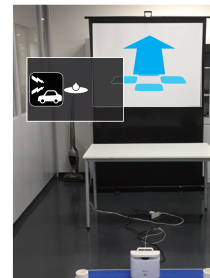


図9 情報提示例

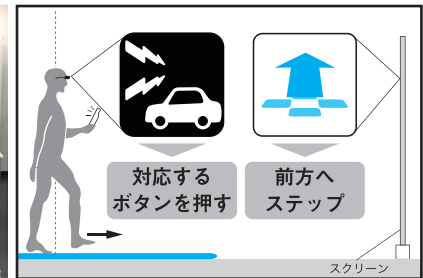


図10 タスクの流れ

順番で行う。DT1からDT3を二重課題を用いたトレーニングとして扱い、DTでのHMDへの反応時間の変化を測定する。それぞれのタスクの前に練習をさせ、十分に手順を理解させてから実験を行った。

3.2 反応時間 【識別タスク】反応時間の計測結果を図11に示す。4つの実験の中ではT1での値が一番小さく、DT1の値が一番大きい結果となった。さらにこの二つの値の間で有意差 ($p < 0.05$) が認められた。またT1とDT2、DT3との間にも有意差が認められ、DTはT1に比べHMDへの反応に多くの時間を要することが分かった。全てのDTにおいて反応時間が1.0秒を上回っており、これは一般に人の知覚反応時間は0.7～1.0秒程度が好ましいとされる知見⁷⁾に当てはまらない結果であった。DT1からDT3では僅かに値が小さくなったが、どの間にも有意差は認められなかった。

【ステップタスク】各タスクの反応時間の計測結果を図12へ示す。識別タスクの反応時間と同様にDTでの値はT2よりも大きくなった。DT1からDT3の間ではHMDと同様に僅かに減少傾向が見られたが、有意差は認められなかった。

3.3 誤回答数 各タスクの誤回答数の平均計測結果を図13、14に示す。識別・ステップタスクともにSTからDT1にかけて値が2倍近く増加する結果

となった。ステップタスクの誤回答数はDT1からDT3にかけて大幅に減少し、DT3はT2を下回る値となった。

3.4 主観評価 主観評価の結果を表2へ示す。T1とT2の自己評価は高い値となり、DTでの自己評価の値が比較的低い値となった。どちらか一方のタスクを行うT1やT2からDTへの反応時間と誤回答数の増加に伴う結果だといえる。その結果に対し、二重タスクの繰り返しで慣れたかという項目においても高い値となり、主観的な慣れや上達と、数値で見る慣れには差があることが分かった。

自由記述では、識別タスクとステップタスクの情報提示が同時に出されると、上下左右に表示されるHMDのアイコンがステップする方向だと勘違いしてしまう、という記述が多く見られ、これがステップタスクの誤回答に多く繋がったと考えられる。

3.5 考察 DTでは識別、ステップタスクの両方で反応時間が大きくなった。一般に二重課題下では二つの課題へ注意を適切に配分しながら課題を遂行することが要求され、課題に向けられる注意量には限界があることが知られている⁸⁾。今回は識別、ステップタスクのどちらかに注意量を裂き過ぎてもう一方のタスクに注意が行き渡らず、反応が遅れたと考えられる。実験1では3回のDTでのトレーニングでHMDへの反応の向上を試みたが、その効果は小さく、反応時間、誤回答数の観点からトレーニングは不十分だと考えられる。しかし数名の被験者の中にはDT3のHMDへの反応時間において1.0秒を下回る結果となり、HMDへの慣れは個人差があることが考えられる。

4. 実験2

4.1 概要 実験2はT1、T2、DT1、DT2、DT3、DT4、DT5、DT6の順番で行う。実験1から3つ増やしたDT1からDT6を二重課題を用いたトレーニングとして扱い、DTでのHMDへの反応時間の变化を測定する。それぞれのタスクの前に練習をさせ、十分に手順を理解させてから実験を行った。また、主観評価はDT3後とDT6後の二回行った。

4.2 反応時間 【識別タスク】各タスクの反応時間の計測結果を図15に示す。7つの実験の中ではT1での値が一番小さく、時点でDT6であった。実験1と同様にDT1での値が一番大きく、DT1からDT6までは徐々に反応時間の値が小さくなる傾向が見られた。また、DT1とDT3、DT4、DT5、DT6との間で有意差が認められ、実験1よりも試行回数を多くしたことで、HMDへの反応時間のさらなる短縮が見られた。さらにDT6では平均反応時間が0.98秒であり、これは一般に人の知覚反応時間は0.7～1.0秒が好ましいとされる危険回避の

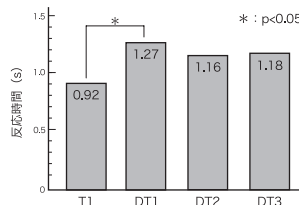


図11 識別タスク平均反応時間

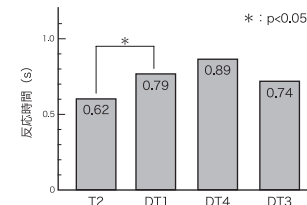


図12 ステップタスク平均反応時間

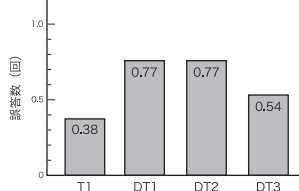


図13 識別タスク平均誤回答数

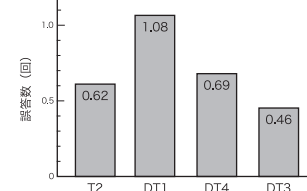


図14 ステップタスク平均誤回答数

表2 主観評価の結果

T1の自己評価	4.69	自由記述 ・目と頭の疲れを感じた ・タスクの情報が重なりと反応をためらってミスが増えた ・HMDの表示の方向にステップしそうなことが何回かあった ・HMDとステップのどちらかに集中してしまった
T2の自己評価	4.62	
DT時の総合自己評価	3.77	
二重タスクの繰り返しで慣れたか	4.31	
HMDの表示の読み取りやすさ	4.15	
目の疲れ	3.77	

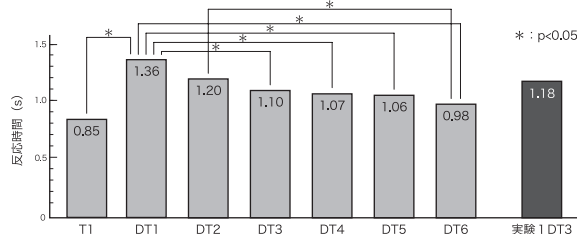


図15 識別タスク平均反応時間

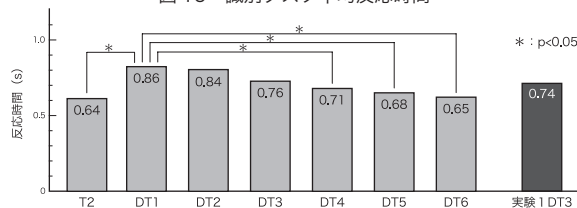


図16 ステップタスク平均反応時間

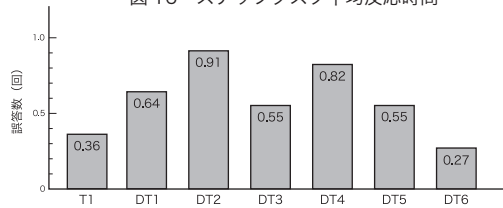


図17 識別タスク平均誤回答数

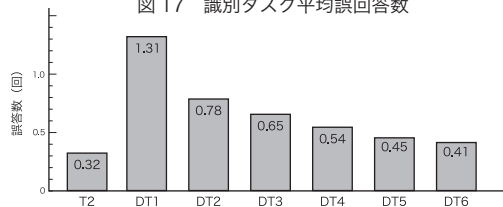


図18 ステップタスク平均誤回答数

知見に当てはまる結果であった。これにより反復練習がより安全なHMDの使用に繋がる可能性が示唆された。

【ステップタスク】各タスクの反応時間の計測結果を図16に示す。HMDへの反応時間と同様にDT1からDT6にかけて反応時間の短縮が見られ、DT1とDT4、DT5、DT6との間で有意差が認められた。また、DT6はT2とほぼ同じ値まで近づいて

おり、二重の課題を遂行しながら T2 の時と同じようなパフォーマンスができていていることが分かる。

4.3 誤回答数 各タスクでの誤回答数の測定結果を図 17、18 に示す。識別タスクでの誤回答数に目立った傾向は見られなかった。徐々に減少する反応時間に対し、DT1 から DT2 や DT3 から DT4 にかけて誤回答数が増加する結果となり、誤回答数は反復練習による慣れの影響が少なく、そのタスクでの情報提示のタイミングに大きく左右されると考えられる。

ステップタスクでの誤回答数は T2 から DT1 にかけて大幅に増加するが、DT2 以降徐々に減少する傾向が見られた。ステップタスクは識別タスクに比べ容易なため、反復練習の慣れによる影響が強く、大幅に減少したと考えられる。

4.4 主観評価 主観評価の結果を表 3 に示す。T1 ～ DT3 では T1 と T2 の自己評価は高い値となり、DT での自己評価の値が比較的低い値となった。DT4 ～ DT6 の回答では DT 時の自己評価と二重タスクの繰り返しで慣れたかという項目では、T1 ～ DT3 の回答と比べ僅かに高い値となった。

また自由記述では落ち着いてやるとできた、慣れてきてストレス無く処理できた、という意見があり、反復練習の効果を慣れやコツを掴むことで実感した被験者がいた。また、表示の読み取りやすさの項目では、実験 1、2 とともに低い値では無かったが、情報提示のタイミングで誤った方向にステップしてしまうという意見が挙げられ、アイコンの提示位置を改良する必要があると考えられる。その他に、目や身体の疲れを訴える意見が見られた。

4.5 グループ別の比較 実験 2 の DT6 における識別タスクの反応時間の値が 1.0 秒を下回った被験者のグループ (A グループ) 8 人と 1.0 秒を上回ったグループ (B グループ) 6 人に分けて考察をする。(図 19、図 20) 識別タスク反応時間において、両グループとも DT1 が最も高い値となりその後 DT2 から DT6 にかけて値が減少していく傾向が見られた。しかし、減少具合に差が見られ、DT を数回重ねた後の DT4、DT5、DT6 において A グループと B グループの間で有意差が認められた。

ステップタスクの反応時間においては、B グループの方がやや高い値となったが、どのタスクでも有意差は認められなかった。ステップタスクではなく HMD を用いた識別タスクで反応時間短縮の差が見られたことから、この二重課題トレーニングは個人の HMD への適性を判別する要素となりうるということが示唆された。

4.6 考察 実験 2 では識別タスクの DT6 が平均で 1.0 秒を下回る結果となり、HMD への反応時間短

表 3 主観評価の結果

T1～DT3後		自由記述 ・HMDとスクリーンの画面を両方意識するのが難しい ・1度目よりも3度目の方が慣れた一度間違えると難しい ・HMDトステップのタイミングがバラバラなのが難しい ・集中力が必要と感じた。また目が疲れた
T1の自己評価	4.57	
T2の自己評価	4.64	
DT時の総合自己評価	3.29	
二重タスクの繰り返しで慣れたか	4.07	
HMDの表示の読み取りやすさ	3.57	
目の疲れ	3.43	
DT4～DT6後		自由記述 ・HMD表示の方に身体が動いた ・慣れてストレス無くタスクを処理することができた
DT時の総合自己評価	3.79	
二重タスクの繰り返しで慣れたか	4.29	
目の疲れ	3.50	

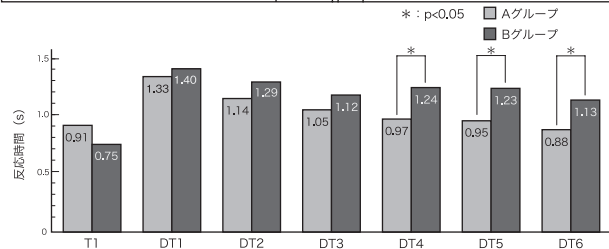


図 19 識別タスク平均反応時間

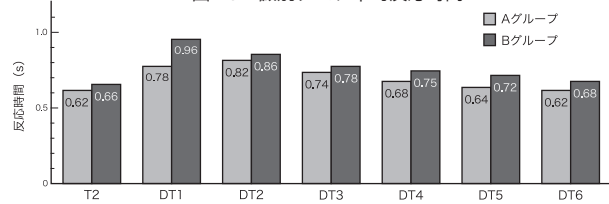


図 20 ステップタスク平均反応時間

縮に有効なトレーニングであることが示唆された。これは実験 1 に比べ DT の試行回数を増やしたことが、被験者が持つ注意量をうまく分散させることに繋がったためと考えられる。また、安全確保の観点から、本研究のような HMD への慣れを促すトレーニングを受けてから HMD を使用することが望ましいと考えられる。今回は試行回数の増加が HMD への慣れを促したが、同時に身体の疲れを感じる被験者が見られ、過度な試行回数の増加は反応時間に悪影響をもたらすことが考えられる。

5. まとめ

本研究では、HMD を装着した状態での歩行を想定した二重課題トレーニングが HMD への反応時間の向上に有効であることが推察できた。またこの課題は、簡易的に HMD 使用に対する向き・不向きを判別する要素となりうる可能性がある。しかし、二重課題の反復練習では反応時間の著しい向上が見受けられない被験者も存在した。今後はこのような被験者には別の練習方法を提案していく必要がある。

[注釈及び参考文献]

- 1) 頭部の装着するディスプレイ装置で、眼鏡のレンズのような近距離に配置された導光板に映像を投影し、視線の先に画面が存在しているかのように情報を表示する。
- 2) 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の評価, デザイン学研究, Vol.61, No.2, pp.95-102, 2014.4
- 3) 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 年身体障害児・者実態調査結果,
- 4) 須藤正時, 深谷晃輔: 脳血流から見た透過型情報デバイスの利用に伴う負担度評価, デザイン学研究, Vol.62 No.6, pp.19, 2016.8
- 5) 田中宏平, 岸野泰恵, ほか: 光学式シーズル型 HMD のための読み取りやすさ, 2008 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
- 6) 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
- 7) 林洋: 実用自動車事故鑑定光学, 技術書院, p.204, 2002.4
- 8) 友井雅浩, 中川慧, 猪村剛史ほか: 二重課題下での手指動作課題の動作練習効果の検討 - 脳磁図を用いた報告 -, 第 52 回日本理学療法学会大会, 2017.5