

ウェアラブル HMD 普及のための 安全ガイドライン制作指針

2007 年 3 月

経済産業省平成 18 年産業技術研究開発委託費
(基準認証研究開発事業：ウェアラブルコンピュータ安全性分野の調査研究)
ウェアラブル HMD 安全性検討委員会

ウェアラブル HMD 安全ガイドライン制作指針策定にあたって

本ガイドライン制作指針は、ウェアラブル HMD の普及を進めている産官学の研究者が中心となり 2007 年 3 月に策定された。国内で民生用 HMD が販売されたのは今から 10 年以上前までさかのぼるが、当時 HMD に対する安全性ガイドラインとして公的に認められたものは存在せず、(社) 電子情報技術産業協会の 3D 映像に関するガイドライン試案があるのみであった。その後、2005 年 9 月、関係者の努力が実を結び、国際標準化機構 ISO より映像の安全性に関するガイドライン ISO IWA3 が策定公開された。ISO IWA3 は、国際的に認められた立体を含む唯一のガイドラインで、安全面で、最初に参照されるべき基準となるものである。また、(社) 日本自動車工業会の画像表示器に関するガイドラインが公開され、安全面で参照されるべき基準ができあがった。

本ガイドライン制作指針は、今後、いっそう発展して多種多様な用途に使われる可能性のあるウェアラブル HMD の方向性を見据えながら、将来のウェアラブル HMD 安全性ガイドライン制作に向けての指針となるものとして、ウェアラブル HMD に関係する様々な安全規格を参照した上で、2007 年 3 月現在までの知見によりウェアラブル HMD を製造、および使用する上で考慮する必要があると思われる項目を取り上げ、参考情報として記したものである。

ガイドライン制作指針の目的

本ガイドライン政策指針の目的は以下の 3 点にある。

- ・ 違和感の無い快適なウェアラブル HMD を実現すること。たとえば、ウェアラブル HMD 使用による眼精疲労、不快感、不定愁訴を軽減するなどの点に着目する。
- ・ アウトドアやインドアでウェアラブル HMD を使うことによるさまざまなリスクを軽減すること。このようなリスクとしては、注意の転導、事故時の危険、電磁波の影響などがあげられる。
- ・ ウェアラブル関連ビジネスの健全な発展を促進すること。PL 訴訟のリスクを軽減するなどの点を考慮する。

これらを実現するため、さまざまな関連する関連安全規格やガイドラインなどを参照しながら、実践的内容をガイドライン制作指針としてまとめ、ウェアラブル関連ビジネスの拡大に寄与する。

背景

ウェアラブル HMD 普及には、ディスプレイ、コンテンツ、利用方法が一体となった適切な運用方法を示すガイドラインが不可欠である。また、関連規格をウェアラブル HMD としてまとめた実践的ガイドラインが不可欠である。このような観点から、本ガイドライン制作指針は、関連規格をベースに、さまざまな分野の研究者からのヒアリング結果を加味し、人に優しいウェアラブル HMD 実現のための指針として、ウェアラブル HMD を製造、および使用する際に考えられる留意点としての参考情報を取り上げたものである。

本制作指針使用上の注意

ウェアラブル HMD に関しては、考慮すべきことが非常に広範であるため、実証および科学データに基づくものがすべて記されているわけではなく、その一部について、参考データとして付与するのみであるが、今後、ガイドラインを作成するための参考情報として記載する。触れられていない点に関しても、決して考慮が不要というわけではなく、ISO IWA3「映像の生体安全性に関するガイドライン」、JEITA「3次元映像に関するガイドライン試案」及び（社）日本自動車工業会「画像表示器に関するガイドライン」など、関連規格の熟読を推奨する。

また、今後の研究進展に伴い、新たな知見が見出される可能性があるため、専門家から常に最新情報を入手することが望まれる。

JIS では、ガイドラインを作成するには専門家、製作者、中立者が揃って作る必要があるが、本制作指針はそういったプロセスを経ていないという点には注意を要する。

企業が製品を出す時に作成する取り扱い説明書の参考データとして利用していただきたい。

<注1> 本ガイドライン制作指針の対象とするウェアラブル HMD について

ウェアラブル HMD は頭部に装着する表示装置であり、両眼、単眼の 2 種類に大別される。ここでいう頭部とは人の首から上の部分を指し、眼鏡型のものなども含むものとする。両眼 HMD については 10 年以上前に商品化された実績があり研究例も豊富である。また、両眼視差の原理を用いた 3D(立体) システムに関する以下のようなガイドラインもあることから、それらの参照を推奨する。

- ・ JEITA 3次元映像に関するガイドライン試案
- ・ 3D コンソーシアム安全ガイドライン
- ・ ISO IWA3

また、以下の VDT ガイドラインも関連性が深い。

- ・ <http://www.mhlw.go.jp/houdou/2002/04/h0405-4.html>

一方、本制作指針策定時点では、単眼 HMD に関連するガイドラインがほとんど見当たらないため、本制作指針案では特に単眼 HMD についての使用上の注意をできるだけ包括的に議論している。

<注2> ウェアラブル HMD の特徴

ウェアラブル PC の表示デバイスとして、ハンズフリーで高い情報量が得られる HMD(ヘッドマウントディスプレイ) が望ましいとされている。ウェアラブル PC においては、利用本来の知覚、行動を妨げないことや、視界を妨げないことが重要であるため、外景認識が容易な小型・軽量の単眼 HMD が最も適した表示装置と考えられている。しかし、HMD を用いた映像観察時には、自然視とは大きく異なる視覚状態が形成されるため、生理的影響、疲労や負担等の人間工学的側面からの最新の研究に基づいたガイドラインが重要である。

<注 3> 眼精疲労、不快感の自覚症状と計測方法及び原因

映像がしっかり見えても眼精疲労、不快感を訴える人がある。

(1) 立体観察による眼精疲労や不快感の自覚症状は次のようなものである。

目が疲れる、目が重い、二重に見える、目が乾く、頭が重い、頭が痛い、
肩こり、肩が痛い、背中が痛い、吐き気がする、めまいがする、酔う等

(2) 眼精疲労や不快感に関する客観的測定法（他覚的評価）としては下記が行われているが標準化された方法は、存在せず、研究途上である。以下がよく使われている。

融合限界頻度 C F F 、視機能（調節機能、輻輳機能）、視覚誘発電位

自律神経系（瞳孔、心電、血圧）

(3) 眼精疲労不快感等の原因として次のものが挙げられる。

見えの不自然さ、両眼闘争、外界との輝度差、外界との焦点調節

光学特性の不備、映像の歪、画枠歪、高軸のズレ

自然な見方とは異なるため、何かしらの違和感は避けられないが、注意深い設定により、それらを軽減することは可能である。

<補足>

画像が保有する視覚情報の差異が、脳内での処理プロセスにどのような影響を与えるかについて、以下の文献に調査報告がなされている。具体的には次の通りである。健常成人 10 人を対象に、3 種類の視覚刺激タスク中の脳波を測定した。タスクは、2 次元白黒画像、物体の表面に質感を与えた 3 次元カラー画像、物体の表面に質感を与え、さらに背景に奥行き感を付与した 3 次元画像を用いた。脳波はフーリエ変換を用いて周波数解析を行った。また、視覚イメージ鮮明性質問用紙（Vividness of Visual Imagery Questionnaire: VVIQ）を用いて、各被検者の心像力を測定した。その結果、心像力の高い人は、タスク間でのパワースペクトルの大きさの差が小さく、タスクの中では 3 次元画像を用いた情報量の多い視覚刺激時にパワースペクトル値が低い傾向がみられた。一方、心像力の低い人は、3 次元画像を用いた視覚刺激時にパワースペクトル値が高い傾向がみられた。以上のことより、イメージを構築する能力の高い人は、脳内の視覚処理において、特に情報量の多い画像を見た際には、脳活動は低かった。一方、イメージを構築する能力の低い人は、情報量の多い画像を見た場合にも、低い画像を見た場合と同様に脳活動は高く、脳機能処理に負担がかかることが分かった。以上の事は下記で発表した。（兵庫県立大学 水野由子）

大泉綾、水野（松本）由子、小西洋一郎、中尾美穂、堀尾裕幸、鵜飼聡、石井良平、篠崎和弘、立体画像認知における心理的負荷下での脳の状態変化、第 35 回日本臨床神経生理学

会学術集会．福岡，11 月，臨床神経生理学, Vol. 33, No. 5, pp. 438-439, 2005

大泉綾、水野（松本）由子、小西洋一郎、中尾美穂、堀尾裕幸、鵜飼聡、石井良平、篠崎和弘、稲田紘．脳機能反応に基づく立体画像の情報処理過程，第 25 回医療情報学連合大会．横浜，11 月，p.190, 2005

関連発表資料

水野（松本）由子，鵜飼聡，石井良平，甲斐島武，篠崎和 弘．性格安定度は脳波でわかるかについての一考，臨床神経生理学，Vol. 33, No. 4, 215-219, 2005

水野（松本）由子，甲斐島武，鵜飼聡，石井良平，山本雅清，川口 俊介，篠崎和 弘．独立成分分析を用いた情緒刺激下での脳磁図解析と性格安定度との関連性，臨床脳波, Vol. 47, No. 7, 430-434, 2005

水野（松本）由子、西村治彦、大泉綾、小西洋一郎、中尾美穂、甲斐島武、鵜飼聡、石井良平、篠崎和弘、稲田紘．若年者のための脳機能診断システムの開発，第 25 回医療情報学連合大会．横浜，11 月，p.189, 2005

<注 4> ウェアラブル HMD 利用を控えるべき人

次の人は利用を控えるべきである。

- ・光過敏の既往症のある人
- ・心臓に疾患のある人
- ・体調不良の人、睡眠不足の人
- ・疲れた状態の人
- ・酒気を帯びた人

利用者向けガイドライン制作指針

<U1> 取扱説明書の遵守

ウェアラブル機器の取り扱い説明書に記載されている使用上の様々な注意事項や制限があれば遵守すべきである。

<U2> ウェアラブル HMD の利用時間について

HMD の利用中、疲労、不快感等、異常を感じたら、使用を中止することが望ましい。不快な自覚症状は生体からの警告と考えるべきである。異常を感じなくても、30～60 分ごとに5～15 分休むことが望ましい。また、使用中・使用後に異常を感じた場合、直ちに使用をやめ、医師に相談を行い、必要に応じて精密検査を受けるなどの措置を行うことを推奨する。

<解説>

本制作指針に含まれる情報は利用者に周知させることが望まれる。また、ウェアラブル機器の取扱説明書への記述やイベントでの事前説明が推奨される。本制作指針に含まれる HMD 使用上の注意事項の履行は子供には困難であるものが含まれるので、利用は控えるか保護者の監視のもとで利用することが望ましい。

HMD の利用時間については以下の VDT ガイドラインが参考となる。

<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2002/04/h0405-4.html>

VDT ガイドラインによれば「作業の種類」の「単純入力型」及び「拘束型」に該当する作業に従事する者については、一連続作業時間が1 時間を超えないようにし、次の連続作業までの間に10 分～15 分の作業休止時間を設け、かつ、一連続作業時間内において1 回～2 回程度の小休止を設けること」とされている。

<注 5> 利用時間はどれぐらいまで許されるか

TV を同時間視聴したときに比較して、変わりなければ問題ないと判断する手法や視聴による生理的変化が短時間の休憩で元に戻ることを確認する手法が使われる。ただ、一般的結論を出す程の研究蓄積はない。したがって、<U1>、<U2>の遵守が望まれる。

<注 6> 個人差

眼精疲労を起こしやすい人が少なからず存在する。<U1>、<U2>の遵守が望まれる。

<U3> 乳幼児の使用

年齢制限について特に記載がない場合は、下記に示す J E I T A ガイドラインを参考に運用することが望ましい。片眼視、網膜投射などの特殊な視覚刺激があるため、特に乳幼児は単眼ディスプレイ・片眼視の使用をしないようにすべきである。

<解説>

視機能の発達段階（下図参照）に不適切な映像を与えることのないよう、特に注意が必要と考えられる。ISO IWA 3 にも同趣旨の記述がある。

視聴者と使用環境に係わるガイドライン試案-1

対象：視聴者と使用環境		分類：視聴者の資質											
項目：年齢（関連項目：機器開発／視聴者制限（1））		基礎データベース											
ガイドライン		実験結果・過去の知見・参考データ・参考文献										評価方法・注意	
- 視覚機能の発達段階において不適切な映像を与えると、健全な視覚発達に影響を与える可能性があるため十分な注意が必要である。 - 使用する装置の取扱説明書等に記載されている年齢制限に従うことが大切である。	項目	年齢	視覚発達段階(参考文献より)										・字一つ視力(angular vision) 視標を一つ一つ見せて測定する視力。 ・両眼立体視機能 Titmus Stereotests ・縞視力(fringe acuity) 縞の明暗が正弦波状に変化し、縞の間隔が漸次狭くなっている縞模様で、判別できる縞の間隔から求めた視力。 ・VEP(visual evoked potential)視覚誘発電位から求められた視力 Transient 法による P100 頂点潜時測定法
	角膜	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳	
	角膜	扁平化 屈折率変化	完										
	屈折値	+4D	+1D										
	眼軸長	16.5mm	23-24mm										
	字一つ視力 初期測定成功率		60% → 95%										
	網膜	4ヶ月 出生時ほぼ完成	黄斑部発達 → 成熟										
	両眼立体視機能	生後: 存在しない	成人同等										
	縦視力	出生時 6ヶ月 0.02 0.2	1歳 0.3-0.4 → 1.0 安定										
	VEP視力	3ヶ月 0.1	チェックサイズ大で 成人同レベル → チェックサイズ小 成人同等										

（「3D コンソーシアムガイドライン試案」より）

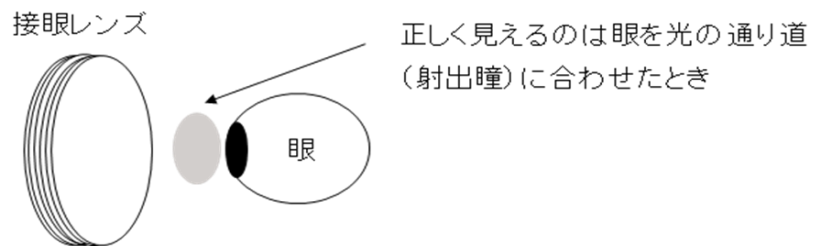
<U4> 取り付け位置

HMD、メガネ型ディスプレイでは、利用者の瞳の中心が表示装置の射出瞳内に納まるようにして使用すべきである。

<解説>

射出瞳をはずれると、視軸・光軸の不一致、画像歪が起こり不快感、疲労の原因となる。

※射出瞳：接眼レンズを通して映像が正しく見える範囲



<U5> 注意の転導

ユーザは、自分自身が周囲で起こることに対する発見や反応が遅れやすくなる可能性があることを常に意識しながら利用することが求められる。

<解説>

視覚的注意の研究によれば、「見る」ことが視覚的注意を伴わない場合、見た対象物は認識されず(Mach and Rock, 1998)、記憶にも残らない可能性が高まる。HMD に表示された映像を見て情報を取得する場合、HMD の表示画像に対して視覚的注意が向けられることになるが、これは言い換えると HMD 表示画像に対して注意が配分され、その分外界に対する注意配分量が減るということである。注意配分量が減ることにより、外界で発生する出来事に対する気づきが阻害されることが予想される。

また、「変化の見落とし(change blindness)」に関する研究では、二つの画像を連続的に見る場合に、その画像の間に空白が挿入されること(Rensink, O'Regan, and Clark, 1997)や、空白の代わりに画面上の「汚れ」のような局所的に注意を引く妨害刺激の挿入(O'Regan, Rensink, and Clark, 1996)で、二つの画像の相違点に気づくのが難しくなるという結果が得られている。この結果は、外界と HMD 画像を交互に見るような場合に、外界と HMD 画像のどちらか一方を見続ける場合に比べて、その認識が悪化する可能性があることを示している。

また、カーナビの画像を見た後に前方に視線を戻しても、危険対象の発見成績はしばらく(数秒)は元のレベルには戻らないという結果(三浦・篠原, 2001)や、視線を前方に戻す前に行う課題の難しさによって、前方での視覚的課題の成績の回復の早さが異なる(篠原・三浦, 2005)といった知見から、HMD の表示映像を見て視線を前方に戻しても、HMD を使わず前方だけを見ている場合に比べて、対処すべき危険対象への反応が遅れるということも考えられる。

HMD での表示がない状態でも、注意転導が起こりうる可能性もあることを知っておく必要がある。例えば、HMD から多くの情報を得た後ユーザの思考・記憶に大きな負荷がかかる場合(例えば、非常に深刻な内容のメールを受信し、HMD でその文面を読んだ後の状態はこのような状態の一つといえる)には、例え HMD に何も表示されていない状態であってもユーザは得た情報を処理することに注意を向け、外界に対して向けられる注意は減少し、結果として外界の出来事に気づきににくくなると考えられる。

特に外界で起こることに対する気づきが阻害されることは、危険が生じた場合にその危険を発見することが遅れる可能性が高まるという望ましくない結果をもたらす。このことは外界と HMD 表示画像の両方を見る必要がある状況では必然的なものであることに留意すべきである。これを回避するためには、ユーザが自分の視覚的認識に大きな負担がかかっていることを認識し、複雑な内容が表示された場合には HMD 画像への注視を自ら抑止することが必要である。また、複雑な情報を読み取らなければならない時や、表示された

内容について考える必要がある場合には安全な場所で立ち止まって情報を読むようにするといったことを行う必要がある。これは心的負荷の高まりに対処する対処行動の一つであるが、自動車運転の場合には携帯電話での通話で心的負荷が高まる場合には運転速度を落とすという対処行動がとられる(例えば Crundall, Bains, Chapman and Underwood, 2005)。(大阪大学 篠原一光)

Crundall, D., Bains, M., Chapman, P. and Underwood, G. (2005). Regulating conversation during driving: a problem for mobile telephones? *Transportation research Part F*, 8, 197-211.

Mack, A. and Rock, I. 1998 *Inattentional Blindness*. Cambridge, MA: MIT Press

三浦利章・篠原一光 2001 注意の心理学から見たカーナビゲーションの問題点、*IATSS Review*, 26, 33-41

O'Regan, J.K., Rensink, J.A., & Clark, J.J. 1999. Change blindness as a result of 'mudsplashes', *Nature*, 398, 34.

Rensink, R.A., O'Regan, J.K., and Clark, J.J. 1997 To see or not to see: The need for attention to perceive changes in scenes. *Psychological science*, 8, 368-373.

篠原一光・三浦利章 2005 車載情報機器からの情報取得後の視覚探索における持続的注意転導効果, *IATSS Review*, 30, 42-50

＜注 7＞ 注意転導・注意散漫について

注意転導・注意散漫(distraction)とは、何らかの行動をしているときにその行動とは直接関係ない物事に対して注意が向けられ、そのために本来注意を集中しておくべき行動に対して向けられる注意が低下し、その結果としてエラーや行動の質的低下が起こる、ということの意味する。

注意転導・注意散漫に関係する重要な心理学的概念としては注意資源の概念(Kahneman, 1973; Wickens, 1984)があるが、これは注意を行為や認識を行うための「心的エネルギー」として考えるものである。ひとつの課題に対して十分な量の注意資源が配分されればその課題の遂行成績はよいが、他にいくつも課題を行わなければならない、あるいは、何らかの刺激によって一時的に他の課題に注意が向けられたりした場合には課題の遂行成績は低下するということになる。複数の課題を同時に行う場合にどのような問題が起きるかについては、心理学の注意研究の中で多くの研究が行われており、それらの知見に基づいて注意のモデルが提案されてきた。単一資源モデル(Kahneman, 1973)では、あらゆる行動に共通の注意資源が用いられることを仮定するため、あらゆる課題の組み合わせにより、双方の課題の成績が下がることが予測される。多重資源モデル(Wickens, 1984)では、感覚モダリティ（視覚・聴覚）、符号（言語的・空間的）、処理段階（知覚中枢段階・反応段階）、反応方法（手による・声による）といった注意の次元が考えられており、用いる注意資源の重複が多いほど課題間の干渉が大きくなると考えられる。

注意転導が起こる状況としては、（１）ある作業（課題）が困難・複雑なもので、その作業（課題）を行うためには多大な注意を向ける必要があり、そのため別の作業（課題）に対して注意が向けられなくなる、という状況と、（２）さほど作業（課題）は困難・複雑ではないが、その作業（課題）が作業者の興味をひくものであるため自発的に注意が向けられ、結果的に別の作業（課題）に対する注意が不足する、という状況が考えられる。

自動車運転時の注意転導ではこの両者が問題となりうるが、これまで多くの研究がなされている。（１）に関しては、例えば車線変更時に先行車との車間距離に注意する一方で、後方から接近してくる車に注意するといった場面が考えられる。この時、車線変更する先の車線を後方から接近してくる車に注意を取られ、先行車に追突してしまうという事例があるが、このような事故は「動静不注視」による事故と分類される。また、道路の混雑状況によって有効視野（１つの注視点の周りで、刺激の検出などの視覚的情報処理が可能である範囲）が小さくなることも報告されている（三浦, 1996）。このことは、困難・複雑な運転状況、つまり、課題要件が増大することで認知的負荷が高まる状況では見落としが多くなることを示唆している。（２）に関してはさまざまな脇見の事例が分析・報告されている。長山(1988)は脇見による事故事例の分析から、車外へのわき見（単純なわき見、目的あるわき見）、車内へのわき見（物へのわき見、人へのわき見）のような脇見の分類を行っている。海外では、Stutts ら(2001)は運転時の注意転導と事故の関連を事故データに基づいて分析して 11 の注意転導カテゴリーを見出し、その中でもっとも事故に関係しているも

のは、「車外のモノ、人、出来事(事故の起こった時点で注意転導状態にあったドライバーのうち 29.4%はこれらに対して注意をとられた状態となっていた)」であるとしている。また、携帯電話やカーナビ利用、車内での会話が運転者の注意に対して妨害的效果を持つことについて、多くの研究が行われている。

HMD 使用時の注意の問題は、特に移動しながら HMD を利用するという状況では、自動車運転時の注意の問題と類似していると考えられる。自動車運転時の携帯電話の使用規制や、車載ディスプレイの設置に関する基準の策定と同様に、HMD を利用することがユーザの注意を阻害し、他の歩行者や自転車、自動車との衝突、転倒、転落といった事故につながる可能性を考えたガイドラインを策定すべきである。(大阪大学 篠原一光)

- Kahneman, D. Attention and Effort. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1973.
- 警察庁交通局交通企画課 2003 携帯電話などの走行中の使用等の禁止に関する規定施行
後 1 年間の交通事故発生状況 (速報)
- 三浦利章 1996 行動的視覚 風間書房
- 長山泰久 1988 道路交通における心理学的問題 262-293 長山・矢守 編 空間移動の
心理学 福村出版
- Stutts, J.C., Reinfurt, D.W., Staplin, L., Rodgman, E.A., 2001. The Role of Driver
Distraction in Traffic Crashes. AAA Foundation for Traffic Safety, Washington,
DC.
- Wickens, C.D. (1984). Processing resources in attention. In R. Parasuraman & D.R.
Davies (Eds.), Varieties of attention (pp.63-102). New York: Academic Press.

<U6> 歩行や運動時の利用

歩行しながら、あるいは運動（ジョギングなど）しながら HMD のビデオ映像を視聴することは危険をまねく可能性がある。

<解説>

歩くことそのものは人間にとってはほとんど注意を必要としないが、上述したとおり HMD の画像を注視することには注意が必要となり、そのため接近してくる他の歩行者や自転車を見落とす可能性や信号・標識を見落とす可能性が高まる。自分自身が移動する状況は周囲の空間的位置関係が常に変化する状況であり、自分自身が静止しているときよりも周囲に対して注意を向ける必要がある。

また、静止画像ではなくビデオ画像の場合、短時間の注視だけでは情報の内容を認識することができない。日本自動車工業会のガイドラインである「画像表示装置の取り扱いについて」では、自動車運転時ではカーナビのモニタにテレビ放送やDVDなどの動画像を表示することは禁止事項になっている。HMD でも同様に、移動時にビデオ画像を視聴することは、静止画像を見ることに比べより危険性が高いといえる。

なお、シースルー方式の HMD で HMD の表示画像を外界に重畳して表示するようにすれば、歩行中であってもユーザが大きな視点の移動なしに情報を得られる。この場合、視覚情報の近接は視点の移動が不要であることから、脇見をしながらの歩行にはなにくいともいえるが、例え映像が重畳していてもその中のある特徴だけに注目していると、当然見えているはずの別の特徴が見落とされるという非注意による見落としという現象もあるため(Mack and Rock, 1998)、シースルー方式の HMD であってもこの問題を解決するとは考えにくい。また、ヘッドアップディスプレイ(HUD)の研究では、あらかじめ预期している情報の提示は HUD 使用時のほうがよいが、预期していない情報が提示される場合には HUD 使用時にはそれに気づきにくくなるといった問題なども指摘されている (Yeh, Wickens, and Seagull, 1999)。(大阪大学 篠原一光)

Mack, A. and Rock, I. 1998 Inattentional Blindness. Cambridge, MA: MIT Press

Yeh, M., Wickens, C.D., and Seagull, F. J. 1999 Target cuing in visual search: the effects of conformality and display location on the allocation of visual attention. Human Factors, 41, 524-542.

<U7> 歩行、運動時の機器操作

歩行あるいは運動（ジョギングなど）している時に、HMD の表示映像を見ながら機器操作を行う（例えばカメラ機能を使う等）ことは特に危険であるので、これらの行為は安全な場所に移動して静止状態で行うか、あるいは周囲に危険がないことを確認した上で行う必要がある。

<解説>

自動車を運転しながらの携帯電話使用による事故統計では、携帯使用時の事故の多くが（ハンドヘルド型の電話機を用いた）受信操作時に発生し、逸れに告ぐのが架電操作時である（警察庁交通局交通企画課,2003）。また、ワーキングメモリの研究では、手を使って規則的な動作をさせることによって、ワーキングメモリの空間情報を保持する機能が阻害されることがわかっている（例えば Lee and Kang, 2002）。移動中は自分の周囲の空間的配置を記憶の中に保つことが状況認識の重要な部分を占めると考えられる（自動車運転時の場合の状況認識については Matthews らにより整理されている（Matthews, Bryant, Webb and Harbluk, 2001）。自動車運転の場合、携帯電話の会話によって状況認識が妨害されることが報告されている（Ma and Kaber, 2005）が、手による操作を行うことでこの空間的配置の情報が保持できなくなる可能性がある。自動車運転時には携帯電話の端末を手に持った通話が禁止されているが、HMD を使用する場合でも、移動時には自動車運転中のハンドヘルド端末を使った通話と同様の問題が考えられる。（大阪大学 篠原一光）

Lee, K.M. and Kang, S.Y. 2002 Arithmetic operation and working memory: differential suppression in dual tasks. *Cognition*, 83, 63-68.

Ma, R. and Kaber, D.B. 2005 Situation awareness and workload in driving while using adaptive cruise control and a cell phone. *International journal of industrial ergonomics*, 35, 939-953.

Matthews, M.L., Bryant, D.J., Webb, R.D. and Harbluk, J.L. 2001 Model for situation awareness and driving, *Transportation Research Record* 1779, 26-32.

<U8> 特に危険な状況における使用

車やバイク、自転車の運転中など一瞬の不注意が大きな危険を伴う場合には HMD を使用すべきではない。

<解説>

歩行時に比べ、車・バイクを使って自分自身も周囲もより高速で移動している場合、短時間の注意の転導が事故につながる可能性が高いことは言うまでもない。自転車は車・バイクに比べれば移動速度は低いですが、歩道を走行するなど車・バイクに比べてより複雑な状況での運転であるといえる。また、HMD を使うことによって視野の一部が遮蔽されたり、あるいは HMD を使用しない場合と比べて異質な視覚探索パターンを用いることになる点も問題がある。よって、車・バイク・自転車利用時に HMD を使うことは避けるべきである。(大阪大学 篠原一光)

<U9> 物理的危険

物理的危険のため、ジョギングしながらビデオプレーヤー、携帯電話、スポーツしながらデジカメを使う場合などは特に注意を要する。

<解説>

転倒や衝突時に、機器やその破片が身体に傷をつける危険性のないよう、装着方法や利用方法には注意を要する。ユーザだけでなく、第三者に危害を加える可能性も考慮する必要がある。ジョギングしながらビデオプレーヤー、携帯電話、スポーツしながらデジカメを使う場合というのは、ウェアラブル機器を利用しながら動き回る典型例であり、利用状況を具体的に明示することでその危険性を具体的にイメージすることを意図している。ジョギング時には交通事故や人、電柱などとの衝突、段差や溝での転倒など、スポーツでは転倒やボールがぶつかること、プレーヤー同士の接触などは頻繁に起こりうるものと考えられる。

製造者向けガイドライン制作指針

<M1> 脳への影響

単眼ディスプレイの利用は片眼視・両眼闘争の問題を日常生活に持ち込んだ例となる。これらは現在脳科学の分野で急速に発展している分野なので、最新の技術動向には常に傾注し、安全な利用方法を慎重に検討していくとともに、何か新しい事実が判明した場合にユーザに即座にそれを提供し、利用方法に関する注意を喚起する必要がある。

<解説>

脳科学・生体工学の分野によって研究が現在進行形で行われている分野であるため、すべての問題点を明記するのは難しい。特にこの分野の進展はここ数年目覚ましく、情報提供義務の提供方法（積極的・消極的）・責任範囲などについては常に慎重に考える必要がある。情報提供に関して、HMD 製造・販売元が個別で提供を行うより、何らかの研究機関を設置して共同で提供していくことが望まれるが、いずれにしても今後の継続的な状況把握と検討が必要である。

<注 8 > HMD を介した脳内視覚情報処理過程

以下の文献では HMD を介した脳内での視覚情報処理過程についての調査結果が報告されている。具体的には次の通りである。22－39 歳の成人 13 名を対象に、HMD を介して視覚画像を呈示した際の脳波測定を行った。解析にはフーリエ変換を用いた。また、個人の精神的作業負荷の大きさを測定し、脳波による脳機能活動との関連性を調べた。その結果、HMD 作業時に、精神的作業負荷が高い群は、精神的作業負荷が低い群と比較して、 α 波成分が少ない傾向がみられた。これらの結果より、HMD 作業は、使用者の精神的作業負荷の感受性により、脳機能反応が異なっており、その適性を考慮する必要があることが分かっている。（兵庫県立大学 水野由子）

小西洋一郎、水野（松本）由子、大泉綾、中尾美穂、堀尾裕幸、鵜飼聡、石井良平、篠崎和弘、ウェアラブルコンピュータ作業時における認知処理過程と精神負荷，第 35 回日本臨床神経生理学会学術集会，福岡，11 月，Vol. 33, No. 5, p. 438, 2005

小西洋一郎、水野（松本）由子、大泉綾、中尾美穂、堀尾裕幸、鵜飼聡、石井良平、篠崎和弘、稲田紘，ウェアラブルコンピュータを用いた認知過程における脳機能反応，第 25 回医療情報学連合大会，横浜，11 月，p.190, 2005

<M2> 長時間の注視の禁止

長時間コンテンツを注視し続けないう注意を喚起する必要がある。特に単眼の場合必要である。

<解説>

VDT などでは 1 時間ごとに 15 分程度の休憩を促している。単眼で一定時間以上の注視させないための工夫が望ましいし、コンテンツ側になんらかの工夫を施すことも考えられる。暗い環境下で連続的な強い光刺激が与えられることについても、VDT のグレアと同様にユーザの疲労の原因となる可能性があるため、配慮することが望まれる。

<M3> 機器故障時の危険

網膜投射型などを使用する場合には、機器故障時にも目に危険な信号が入らないよう設計を行うべきである。

<解説>

レーザにおける安全基準 は JIS で以下のように規定されている。

- ・クラス 1 合理的に予見可能な運転条件下で安全なレーザ（裸眼及び光学機器含む）
「光出力はおおむね 0.39μW 以下」
- ・クラス 1M 裸眼で安全なレーザであり、光学機器を使用した場合に危険となるレーザ
- ・クラス 2 可視光レーザであり瞬き反射を含む回避行動によって安全なレーザ（裸眼及び光学機器含む）
「光出力はおおむね 1mW 以下」

レーザ以外のメカニズムの場合も同様の配慮が必要である。

参考文献等

JIS C6802

【厚生労働省】レーザ光線による障害の防止対策について

<M4> 製品精度

製品精度が悪いと、不良商品を長時間使用することにより眼精疲労や視力が低下するなどの影響が考えられる。十分な製品精度を保つこと。

<解説>

メーカは「目への影響」という観点から必要精度を決める必要がある。粗悪品が出るとHMD自体の評価が下がってしまう危険性があるので、精度に関してはメーカ側の十分な検証を求めたい。

<M5> 注意の転導による危険

位置の変化や点滅など、動きを伴う視覚情報はユーザの注意を自動的かつ即座に引き付ける可能性があるため、これらの情報を出す頻度やタイミングに留意すべきである。

<解説>

何に注意が向かうか、向けられるかということに関して、自分自身の意図によってある対象に注意を向ける内発的注意定位と、刺激などによって自動的に注意がひきつけられる外発的注意定位がある。特に後者に関して、HMDに提示される画像が知覚的に目立つものであれば、ユーザの意図に関係なく自動的・即座に注意がひきつけられる可能性がある。注意を自動的にひきつける特性としては、例えば、提示される画像の輝度が非常に高い、緑色の表示の中に一つだけ赤色の表示があるというように、他の表示物に比べてひとつの突出した特徴を持っているといったものがある。このような外発的な注意定位は、例えば警報のように出来るだけすばやく気づかせたい内容の表示としては有効だが、不必要に注意を引くことによって外界の情報の見落としにつながる可能性もあることに留意すべきである。

また、交差点進入時、道路横断時などにこれら外発的な注意定位を引き起こす表示が出ることにより、信号や標識、他の歩行者や自転車の存在を見落とす可能性が考えられる。特に歩行時に使用するナビゲーションでの案内情報表示装置としてHMDを使う場合に、案内情報の表示方法やタイミングを設定する場合には、標識や信号を見落とす可能性を考慮する必要がある。(大阪大学 篠原一光)

<M6> 他の感覚モダリティとの組み合わせ

聴覚・触覚など他の感覚モダリティを使った情報提示を適宜組み合わせ、HMD で過度の視覚情報提示を行わないよう留意するのが望ましい。

また、視覚以外で情報提示を行う場合、外界の情報を過度に遮断しないように工夫する必要がある。

<解説>

注意資源の一つのモデルである多重資源モデル(Wickens, 1984)では、感覚モダリティが異なる2つの課題はそれぞれが次元の異なる注意資源を必要とするため、その2つの課題を同時に行っても妨害の程度は低いということが予測される。例えば、音楽を聴きながら本を読むという場合、音楽によって読書が妨害されない場合が多い。これは音楽を聴く課題が聴覚に基づくもので、読書が視覚に基づくものであるからである。HMDは視覚情報を提示する装置であるが、すべての情報をHMDにより視覚提示するのではなく、同時に聴覚・触覚などの他の感覚モダリティを利用することで相互に干渉することなく、より多くの情報を提供できるといえる。

ただし、以下2点に注意すべきである。

- (1)聴覚情報を利用しようとする場合に、外界の音の大部分を遮断してしまうと外界の情報がとれなくなってしまうので、視覚以外の感覚モダリティでも外界の情報を取り入れられるようにしておく必要がある。
- (2)情報の入力段階では異なる感覚モダリティを使うことでよりたくさんの情報を処理できるが、認識されたあとの情報処理がボトルネックとなる可能性がある。注意の多重資源モデルでも、情報処理段階が知覚・中枢段階であるか、あるいは反応段階であるかということもひとつの注意資源の次元として位置づけられている。つまり、異なる感覚モダリティで入力された情報であっても、それらがすべて知覚・中枢段階での情報処理を必要とし、相互に干渉する特性を持つものであれば相互に干渉が起こる、ということである。よって、ユーザに与える情報の「総量」がどの程度になるか、また、与えられた情報がどのように処理されるかということを検討する必要がある。(大阪大学 篠原一光)

<M7> 転倒、事故時の危険

物理的危険のため、転倒や事故時に、機器の破損によりユーザならびに周辺にいる人の人体に直接的な危害を加えないよう設計時に配慮する必要がある。

<解説>

HMD 本体の破損により、光学系などガラス類の破損、フレームなどの破損を考慮する必要がある。めがねフレームの強度に関する基準が参考になるが、めがね形状とは異なる場合にも、必要に応じた強度の基準を考えるべきである。

参考文献等

めがねフレーム：JIS B7280-7285, ISO 7998, 8624, ISO 12870

<M8> 巻き込みの危険

物理的危険のため、ケーブルや機器の一部がドアノブやフック、電車やエレベータのドアに引っかかる、自動車やバイクの車輪などに絡まった場合にユーザに危険がないよう設計時に配慮する必要がある。いざというときには抜けたほうがよい場合もある。

<解説>

バイク運転においてマフラー巻き込みによる事故誘発が問題となっているが、ウェアラブル機器も同様の危険性がある。エレベータや電車、自動扉、道路ですれ違う自転車やバイクなどに機器やケーブルが引っ掛かることも重要な危険性につながる。

<M9> 体漏電流

雨に濡れたときや水をこぼしたとき、汗をかいたときなどの体漏電流については、人体に危害のないよう配慮して設計する必要がある。

<解説>

一般的な電気機器の接触電流（人が機器に触れた際に人体を通して流れる電流）が、通常状態において 0.5mA 以下、単一故障状態において 3.5mA 以下のように規定されていることがあるが、このレベルであれば通常状態においてはほとんどの人は電流を知覚せず（AC-1）、また故障状態においても有害な影響を生じない（AC-2）ことが期待される。IEC 479 を参考にすること。

<M10> 高温

使用時に異常に高温にならないようにすること。特に、身体接触部に関しては、それほど高温でなくても低温やけどとなることがあるので、設計上の注意が必要である。

<解説>

通常の電気機器でも異常高温に関しては注意を要するが、身体に装着するウェアラブル HMD の場合、通常の電気機器と比べて、より注意が必要となる。低温やけどは40度から50度程度の熱に皮膚が長時間触れていて起きるものとされている。熱源との圧迫や長時間の接触により、血流による熱の発散が不十分となり、温度が上昇する。電気あんかや湯たんぽ、電気敷毛布、電気カーペットなどの暖房機器に関する基準が参考になる。

<M11> 爆発

利用される可能性のある場所の気温や気圧条件を十分に考慮し、爆発などの危険性がないように設計すること。

<解説>

爆発の危険性は電子・電気機器全般に共通の問題であるが、身体に装着している要するウェアラブル HMD の場合、爆発時の人体・生命に対する危険度は極めて高く、より慎重でなければならない。高温、多湿な場合や、水や食品、飲料、せっけん洗剤などの化学物質との接触など環境条件は極めて多様であり、さまざまな状況を考慮した設計が必要である。

<M12> 素材

身体接触部に關し、化学的に安全な素材を用いること。アレルギー体質を考慮し、適切な原材料表示などを行うこと。

<解説>

身体接触部の化学的な安全性については、被服素材学、被服衛生学などにおける知見があり、それらを考慮する必要がある。アレルギー体質に対する考慮としては、原材料表示は必須である。

<M13> 誤飲

単眼ディスプレイなど、小型のものは誤飲したり、なめたりする危険性がある。成分や形状など、誤飲の可能性を考慮したものとする。

<解説>

さまざまな物質の幼児による誤飲事故は多く、ウェアラブル HMD に関しても小形の場合、その危険性を考慮する必要がある。

<注 9 > 視認性

視認性のため、状況の変化に応じて文字などは見やすく提示できるよう配慮する必要がある。状況に合わせた文字拡大や表示位置の変更などを検討する必要がある。ユーザに見にくいときにどのような行動を取ればよいかを提示するなど、研究分野としても新しいユーザインタフェースを考える余地がある。

また、視認性のため、別のことをしながら利用することを考慮して提示する情報量はできるだけ少なくすることなどが考えられる。WEB コンソーシアムのアクセシビリティのガイドラインがあり、参考になるものと考えられる。

<注 10> 電磁波の影響

無線通信機能等を持たない HMD に関しては積極的に電磁波を発するものではないが、無線機能を持つような HMD に関しては周囲への電磁波の影響を考慮する必要がある。無線機能をもつ HMD を装着した人への電磁波の影響についてはまだ解明されていない部分がある。

公共交通機関など他人と接近して利用する場合には、ペースメーカーへの影響を考慮する必要がある。相当量の電磁波を出す場合には使用を停止できるようにする必要があるなど、他の機器に与える影響を考慮することは重要である。電磁波に関する基準としては EMC、FCC 規制、VCCI 規定などがあり、配慮する必要があるが、2007 年 3 月段階の研究では十分に解明されていない。

参考文献等

総務省 2002 年度 電波の医療機器などへの影響に関する調査報告書

EMC 電磁波放出に関する代表的な国際規格
CISPR 14-1 家庭用器具、電動工具、及び類似の器具
CISPR 22 情報技術機器
IEC 61000-6-4 工業環境向けの機器(一般規格)

<注 11> 一般的な安全性についての適合性

家庭用電子機器、情報機器、マルチメディア機器の安全性基準に適合する必要がある。
以下に安全性に関するいくつかの重要関連規格を示す。

参考文献等

H18 年度 HMD 安全性委員会配付資料 1-1 スライド 13・14

全般：DIN/VDE 3100/Teil 2

家庭用電子機器：JIS C6065, 9335, ISO 60335, BS EN 60335, UL 60335

家庭用電気機器：JIS C9335

情報機器：JIS C6950, IEC 60950, BS EN 60950, 61508, UL 1950, 60950

医用電気機器：JIS T0601, T1002, IEC 60601, 62274

機械類：JIS B9700, TR B 0008, 0009, ISO 12100, 14738, 60204, BS EN 292, 563, 1005, 60204, 61310

マルチメディア機器：IEC GUIDE 112

産業用ロボット：BS 7228

通信網：IEC 62151, IEC GUIDE 105, BS EN 41003

玩具：ISO 8124, BS EN 71, 50088, ASTM F 963

ケーブル：IEC 60728-11

電源装置：IEC 61558, BS EN 61293

電池：IEC 60086, IEC/TA 61438

電磁波：IEC/TS 61000

低周波、電磁波の人体暴露：JIS B1910, IEC 62209-1, 62226, BS EN 50360, 50361, 50364

携帯電話のテスト：DD/ENV 50204

人体磁気誘導電流：TTA 1

レーザ：ISO/DIS 11553, IEC/TR 60825

自転車：JIS D 1703, 9102

体漏電流：TR C 0023, IEC/TR 60479

静電気：IEC 61340

<注 12> 低視力者支援用電子めがねの安全性について（事例）

（研究開発の背景、従来技術）

TV 等、従来の映像機器は、健常者が観察できることが前提で設計されている。例えば現在市販されているヘッドマウントディスプレイは、矯正用メガネを装用した状態でなければ観察できない。またビデオカメラの電子ビューファインダーでは視度調整がついているものもあるが、その調整範囲は僅かであり、強度の近視、遠視の人では、自分の矯正メガネを装用しなければならない。デジタルカメラでは小さな液晶画を直視するための視力が要求される。近年、高齢化が進み、65 歳以上の人口は 2400 万人を超え、さらに年々増加の一途にある。高齢化とともに、老眼並びに白内障等の眼疾患が増加し、視覚障害者（ロービジョン者）に対するケアが重要視されている。

（研究開発の内容）

本研究の起点は視覚生理にやさしい立体表示システムを開発することであった。種々の立体表示のなかで、最も実用化に容易である両眼視差を用いた方式、すなわち、ステレオグラム方式は輻輳と焦点調節に生理的矛盾を持ち、これを解決できる手法の導入が渴望されていた。マックスウエル視が水晶体の焦点調節に関係ない視覚を実現できる数少ない手法であることに注目していたが、マックスウエル視を用いた網膜投影方式のディスプレイ装置が目の黄斑機能の劣化による視力低下について健全な残存網膜の有効利用によりある程度の視力回復できるであろうとの推測から始まり、比較的大掛かりな試作システムによる臨床実験からいわゆる低視力者の患者さんに有効であることの確証を得た。

しかし、この電子めがねは、低視力者支援という目的から、「支援の利益と使用による危険量とのバランス」という考えがある一方、視覚機能に直接関わるものであるから、電子めがねによる生体異常が生じれば、生産者責任を厳しく追及される。

したがって、開発を進めるにあたり、安全性にかかわる課題が随時発生したので、それらを検討した事について簡単に述べる。

（安全性について）

1) 網膜照度

マックスウエル視を用いた網膜投影方式のディスプレイ装置は図のように基本的に光束を一点に集める場所をもつ。目にいたるまでに液晶などの空間光変調器を経るとはいえ、この一点にしばられた光のエネルギーが水晶体、ガラス体、網膜を損傷させることは十分に考えられることである。したがって、液晶パネルを照明する光源として、集光によって高エネルギーを発する恐れのあるレーザーでなく LED を使い、テレセントリック光学系により瞳孔に生じるピンホール像を通して映像が網膜に到達することにした。そして、映像に達する像面照度を光源の光束（ルーメン）からすべての光学素子を透過し網膜に達する光

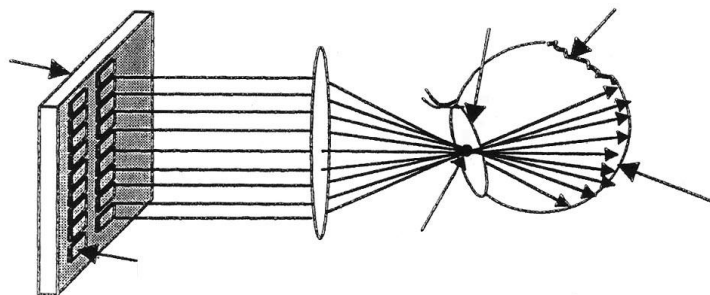
束・照度を算出し、検討した。結果は通常のTV画面を観賞する際の照度と同程度であることがわかった。ロービジョンの方に使っていただくとまぶしいという反応はほとんどないが、今までの視覚障害者の経験で遮光フィルターという透過率を低下させるフィルターを利用できるようにしている。また明るさ調整の機能も有している。

2) アイカップ 瞳孔とピンホール像の位置合わせが必要なためアイカップといわれる位置合わせのためのゴム製の「眼あて」を使用するシステムも開発している。直接肌に接触する為その素材の毒性（アレルギー等）について検討した。

3) 片眼遮蔽 電子めがねは現在視力の良い方の片眼のみで使用する場合がありますので、使わない眼は無意識に閉じることになる。そのため本来の映像が見にくいという意見があり、使用しない眼を不透明な板で蔽い外界が見えないようにしている。その結果、本来の映像は見やすくなることが確認できた。いわゆる片眼視とか両眼視野闘争といわれる課題であるが、低視力者の場合、システムを試用していない片眼の視力がかなり低いこともあり、この課題について電子めがねが安全性との関係については考察していない。

4) 電子めがねによる歩行と日常生活

視覚障害者は歩行には白杖を利用されるが（最近では超音波センサーを組み込んだ白杖もある）、将来HMD型の電子めがねとカメラを装着して歩行を実現したい。また、このシステムは日常生活で定常的に利用することになる。そのような場合の安全性についてはどんな課題をクリアする必要があるか明らかにする必要があり、検討中である。（宝塚造形芸術大学 教授 志水英二）



ビデオカメラ型



帽子型試作機(片寄せ型)



