



歩行中のスマートグラス使用が視覚的注意に及ぼす影響

The Effects of Smart Glasses Use on Pedestrian Visual Attention While Walking

宗健智¹⁾, 九鬼慧太¹⁾, ハウタサーリアリ¹⁾, 福嶋政期^{1,2)}, 苗村健¹⁾

Kenchi SOU, Keita KUKI, Ari HAUTASAARI, Shogo FUKUSHIMA and Takeshi NAEMURA

1) 東京大学 (〒 113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1)

2) 科学技術振興機構 (〒 332-0012 埼玉県川口市本町 4-1-8)

概要: 昨今のスマートフォンの普及に伴い歩きスマホによる事故が社会問題となる中、我々は歩行中でも安全に使用可能な端末としてのスマートグラスに期待を抱いている。しかし現段階では歩行中のスマートグラス使用が視覚的注意に与える影響が十分に評価されておらず、端末間の比較も為されていない。そこで筆者らは、屋外での歩行実験によって歩行中の端末使用の影響を特に周囲の状況認識能力に着目して比較した結果を報告する。

キーワード: スマートグラス, 歩行, 行動・認知, 視覚

1. はじめに

昨今のスマートフォンの普及に伴い、歩行中のスマートフォン使用、いわゆる「歩きスマホ」が深刻な社会問題となっている。実際に、「歩きスマホ」が原因で発生した事故件数が年々上昇傾向にある事を各種データが示している [1, 2].

このように「歩きスマホ」は危険を伴うのは間違いないが、一方で歩行中に安全に情報を扱えばその利得は大きいはずである。このように考えた上で、我々はスマートグラスであれば歩行中に安全に使用できるのではないかの期待を抱いている。

このような期待を抱く最大の理由は、端末使用時の頭部の向きにある。これは、歩行中にスマートフォンを使用する場合我々の頭部が下向き (head-down) になって前方視野が狭まるという問題が生じるが、スマートグラスを使用する場合我々の頭部は通常の歩行中と同様に正面を向く (head-up) ためこの問題は生じないと考えられる、ということである。実際に、運転時においてはスマートグラスがスマートフォンよりも優れていることが示唆されている [3, 4]。しかし、現段階では歩行中のスマートグラス使用の影響は十分に評価されていない。

そこで本研究では、歩行中のスマートグラス使用の影響をスマートフォンと比較しながら評価することを目指す。影響の中でも特に危険回避に関わる部分を調べるため、外界に対して適切に視覚的注意を向けられているかどうかを周囲の状況認識の正確性により評価を行う。また、より実際の歩行環境に近づくため実験は屋外で実施する。

2. 関連研究

2.1 歩行中の端末使用が視覚的注意に与える影響

Hyman らおよび Nasar らは、歩行中にフィーチャーフォンを使用することで通常の歩行中であれば気付けるはずの

物体を見落とすようになるかを調べ、端末使用が視覚的注意に与える影響を評価した [5, 6]。これらの研究において被験者は事前に物体の存在を知らされておらず、そのため潜在的な視覚的注意を評価していると言える。

この他の視覚的注意への影響を調べた研究としては、Haga らによる歩行中のスマートフォン使用に関するものが挙げられる [7]。Haga らは、一定周期で繰り返し呈示される光刺激の変化に対する反応時間を調べており、これは顕在的な視覚的注意の評価と言える。

危険は潜在的なものであることを考えると、本稿で評価すべきは潜在的な視覚的注意であると言える。また、歩行中の端末使用が潜在的な視覚的注視に与える影響に関してはスマートグラスとスマートフォンの双方で十分議論されていないため、本稿はこの点において貢献していると言える。

2.2 端末の違いによる影響

Wu らおよび He らは、運転中のスマートグラス使用の影響をスマートフォンと比較した調査を行った [3, 4]。どちらも文章を読みながらドライブシュミレータで運転を行うという実験を行い、その結果スマートグラス条件の方が運転の安定度が高いことが確認された。この理由として、両者ともに端末間の頭部の向きの違いを挙げており、頭部が正面を向くスマートグラスの方が道路を見やすかったのではないかと考察している [3, 4]。

しかし、これらの研究では実際に頭部の向きについて確認を取ってはいない。本研究では、スマートグラスに期待を寄せる前提的な仮定の確認を行い、また端末間の違いによる影響を議論する材料を得るため、端末間の頭部の向きの違いを調査する。

2.3 他タスクとの競合による影響

He らは、運転の安定度と文章を読めた量がトレードオフ関係にあるのかを調べるため実験中に読めた文章量の比較を行った [4]。その結果、スマートグラスの方が読めた文章量も多いことが分かり、このことから運転中に関してはスマートグラスは運転と文章を読むタスクとの競合による認知負荷を軽減しているのではないかと推測した。

そこで、本研究においても歩行と文章を読むタスクとの競合がそれぞれのパフォーマンスにどのような影響を及ぼすかを、端末間で比較しつつ検討したい。

3. 実験

3.1 概要

本実験の目的は、歩行中にスマートフォンおよびスマートグラスを使用することによりどの程度状況認識が阻害されるかを明らかにすることである。実験では Nasar らの手法に倣って [6]、屋外のコース上に場違いな物体 (out-of-place objects) を配置し、被験者にはこのことを知らせずにコース上を歩行してもらい、歩行終了後に物体を認識できたかどうか確認することによって、状況認識能力を測った。本実験は被験者間実験であり、1) どの端末も持たずに歩く (Control 条件)、2) スマートフォンを用いて文章を読みながら歩く (Phone 条件)、3) スマートグラスを用いて文章を読みながら歩く (Glasses 条件)、の計 3 条件で実施した。端末に関して、スマートフォンは Nexus 5 (Samsung) を、スマートグラスは Moverio BT-300 (EPSON) を使用した。

実験では物体の認識率の他に頭部の向きを記録しており、スマートフォンおよびスマートグラスを使用する条件においては 1 分間に読めた文字数 (Characters per minute, CPM) を測定した。

3.2 被験者

実験参加者は計 60 名 (平均年齢 22.05 歳, SD=2.16, 男性 33 名, 女性 27 名) であった。被験者の募集は Web ページ上で行い、実験の参加条件として 18 歳以上で視力および歩行能力に困難を抱えておらず、また童話が読める程度の日本語能力を有することという制限を設けた。被験者の各条件への割り当ては男女の数が均等になるようにした上で (各条件毎に男性 11 名, 女性 9 名) ランダムに行った。

なお、本研究は東京大学工学系・情報理工学系等環境安全管理室の承認を受け実施した。

3.3 実験環境

実験は大学構内の屋外の歩道上で実施した。コースは約 75m の直線であり、被験者には 30cm 幅のタイル上を歩行するよう指示した。

3.4 場違いな物体

場違いな物体は図 1 に示すように計 8 個配置した。上段の 1 から 4 までを目線の高さ (eye level) に配置し、下段の 5 から 8 までを地面の高さ (ground level) に配置した。また、コース上における各物体の配置を図 2 に示す。赤線がコースであり、各番号は図 1 の物体番号に対応している。

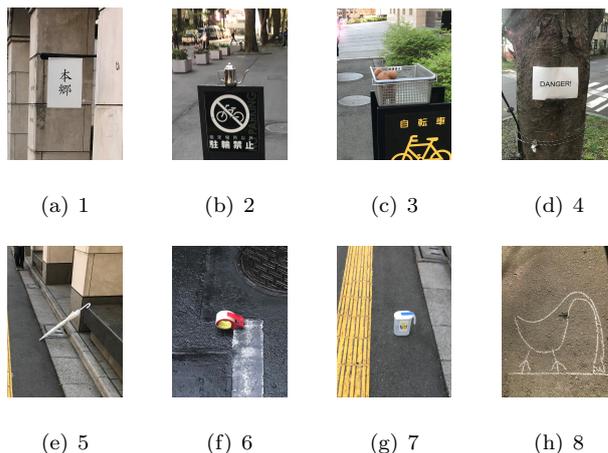


図 1: 場違いな物体。上段が eye level で下段が ground level.

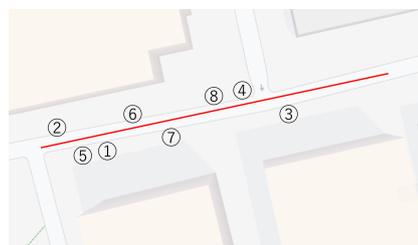


図 2: 物体配置。

実験終了後に物体認識が出来たかどうかを確認する際には、4 つの異なる物体および「この中に目撃のある物体はない」という文言からなる選択肢を与え、もっとも適切だと思う回答をしてもらった。

3.5 文章

スマートフォン及びスマートグラス条件下で使用する文章として、童謡「しっかり者のすずの兵隊」の冒頭箇所を引用した [8]。文章は図 3 に示すようにスライド形式で読んでもらい、スマートフォンの場合は左右のSwipeで、スマートグラスの場合はトラックパッドの左右ボタンで操作を行った。

3.6 実験手順

はじめに実験の説明を行い被験者の同意を得たのち、スマートフォンおよびスマートグラスを使用する条件の場合は歩行しながら文章を読む練習をする時間を設けた。続いて、実験開始前に歩行被験者に対して周囲によく注意して危険の無いよう実験に取り組むこと、および歩行と文章読み取りを自然な速度で行うことを指示し、実験中は頭部の

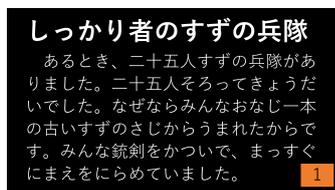


図 3: 歩行中に読む文章の例。

表 1: head-up および head-down の人数.

	head-up	head-down
Control	20	0
Phone	3	17
Glasses	20	0

表 2: 各物体の認識率. 物体番号は図 1 に対応.

Object ID	1	2	3	4	5	6	7	8
Control	0.55	0	0.45	0.15	0.30	0.30	0.50	0.05
Phone	0.25	0.10	0.15	0	0.15	0.15	0.35	0
Glasses	0.15	0	0.15	0.05	0.20	0.15	0.30	0

向きを記録するため被験者の歩行する様子をビデオカメラを用いて撮影した. 最後に, 実験終了後に場違いな物体を認識したかどうかを確認するテストと, 実験に対する意見・感想を集計するためのアンケートを実施した.

4. 結果

4.1 頭部の向き

実験時に撮影した映像よりコースのスタート地点から 20m 離れた地点における被験者の姿勢画像を抽出した. この画像を用いて 3 名の評価者により頭部の向きを head-up もしくは head-down の 2 値で判定した. その結果, 評価者間で評価が十分に一致していることが確認された (Krippendorff's $\alpha=0.807$, 一致率 88.3%). 60 枚のうち 7 枚の画像については, 評価が不一致であったため, 評価者 3 名で話し合いをし, 2 値を決めた. その結果を表 1 に示す.

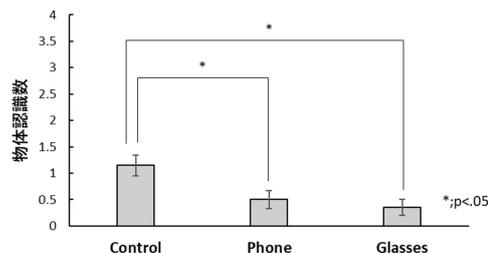
4.2 物体認識

図 4 に物体の配置条件別 (eye level, ground level) の平均物体認識数を示す. 最大スコアは両条件ともに 4 である. 歩行条件による 1 要因の分散分析を行った結果, eye level 条件では条件の効果は有意であったが ($F(2, 57) = 6.05, p < .05$), ground level 条件においては条件の効果は有意でなかった ($F(2, 57) = 2.08, n.s.$). また eye level 条件において LSD 法を用いた多重比較を行った結果, 各条件の平均物体認識数の大小関係は「統制条件>スマートフォン条件=スマートグラス条件」であった (MSe=0.60, 5%水準).

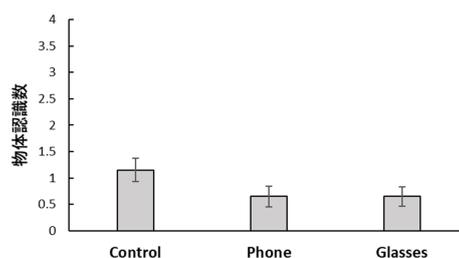
また, 表 2 に各物体毎の認識率を示す. 物体間によって認識率に差はあるものの, 端末を使用する条件では統制条件に比べて認識率が低く, またスマートフォン条件とスマートグラス条件で認識率がほとんど変わらないという傾向が読み取れる.

4.3 読めた文章量

CPM はスマートフォン条件で 746.52 (SD=382.07), スマートグラス条件で 412.19 (SD=116.59) であった. 等分散を仮定できなかったため, ウェルチの t 検定を行った結果, 両条件の差は有意であった (両側検定: $t(23) = 3.74, p < .05$). したがって, スマートフォン条件ではスマートグラスより



(a) eye level



(b) ground level

図 4: 平均物体認識数 (エラーバーは標準誤差).

も有意に CPM が高いと言える.

4.4 内観報告

実験後に実施したアンケートでは, スマートグラス条件の被験者から文章が読みづらかったとの報告を受けた. 具体的に, 20 名中 1 名が「歩くたびに画面が揺れるので少し読みづらかった」と報告しており, また 3 名が「背景によって見やすさに差があった」や「空 (白い光) と被って文字が見えにくい時があった」などと背景の変化による読みづらさを報告した.

5. 考察

頭部の向きに関する実験結果から, スマートフォンを使用する場合には頭部が下向きに, スマートグラスを使用する場合には通常の歩行時と同様に頭部が正面向きになるという本研究の前提的な仮説が示された. このことはスマートグラス使用時には, スマートフォン使用時に比べてより通常歩行に近い視野を確保できることを示唆している.

続いて物体認識率に関する結果を見ると, Nasar らの報告 [6] と同様に歩行中の端末使用が状況認識を阻害することが確認できる. また, 端末を持たない条件での全物体の平均認識率は本稿でも Nasar らの研究でも約 30% (Ours: 2.30/5, Nasar's: 1.58/5) であったのに対し, 端末を持った条件での認識率は本稿では 15%未滿 (Phone: 1.15/8, Glasses: 1.00/8) で Nasar らの研究では 20%を超えていた (1.15/5). この差は端末使用時のタスクの違いによると考えられ, 通話よりも文章読み取りの方が状況認識を阻害するのではないかと推測できる. また, 本稿および Nasar らの実験のどちらでも認識率のスコアがあまり高くないが, これは「物体に見覚えが無い」という選択肢によるバイアスが大きいと考えられ, 純粋な 4 択形式で確認を行う方がより適切で

あったと考えられる。

その一方で、物体認識率に関してスマートフォンとスマートグラスの端末間の違いは認められなかった。He らの報告によれば、運転中においてはスマートグラスを使用する場合スマートフォンよりも運転の安定度が向上するということがあったが [4]、この違いはどこに起因するのだろうか。まず考えられるのは歩行と運転の視界の性質の違いである。He らは運転中においてスマートグラスを使用した方が運転の安定度が高かった理由として、スマートフォンではディスプレイが下に位置しているため正面の道路を見るため視線が上下してしまうが、スマートグラスではそうならないということを挙げている。これを踏まえると、運転中は正面方向を中心として頻りに周囲の状況を確認することが必要な一方で、歩行中は必ずしも正面を向く必要は無く、周囲の状況の確認頻度も少なく済むため、運転中に見られるようなスマートフォン使用のデメリットが歩行中には大きな問題とならず、そのために端末間の違いが生じなかったということが考えられる。

CPM からもこの違いを考えたい。He らの研究においても読めた英語文章量が 1 分あたりの単語量 (Words per Minute, WPM) という形で記録されており、スマートフォンで 84.40 WPM、スマートグラスで 93.61 WPM という結果であった。意味内容として日本語 400 文字が英単語 200 字程度に相当することを考えると [9]、He らの実験において被験者は日本語換算でおよそ 160~200 CPM 相当の意味内容を処理していたことが分かる。言語間の差異はあるものの、CPM で単純比較すればこれは今回の実験と比べて相対的に低い数値であると言える。このことから、歩行と比較して危険で負荷の高い運転中においては運転タスクに認識資源の多くが割かれ文章を読むタスクにはあまり資源配分されなかったのに対し、歩行中においてはこの逆に歩行タスクではなく文章を読むタスクに認識資源が多く割かれたのではないかと推測できる。

次に今回の実験におけるスマートフォン条件とスマートグラス条件間の CPM の違いについて考える。スマートグラスの CPM の方が低いという結果であったが、被験者から得られた意見とあわせると、画面の揺れや背景の変化による読みづらさがそのまま CPM の差に繋がっていることが分かる。さらに、このような読みづらさが認知的な負荷を向上させたために周囲の状況認識が阻害されたという推測もできる。従って、スマートグラスの読みづらさを改善させる実装を行い、これにより周囲の状況認識能力が向上するかどうかを検証するのが今後の課題と言える。

6. まとめ

本稿では、スマートグラスを歩行中に安全に使用することが出来るのではないかと期待のもと、歩行中のスマートグラスが視覚的注意に及ぼす影響をスマートフォンと対

比させて調査した。

実験の結果から、スマートグラス使用時に頭部の向きが head-up であることが確認できた。また、端末を使用することで周囲の状況認識が阻害されることを示した。しかし、スマートフォンとスマートグラスの間で状況認識の阻害の程度の違いは認められなかった。

考察では、端末間で認識率に差が無かった理由を運転中の端末使用に関する先行研究と比較しながら検討した。また、スマートグラス条件でスマートフォン条件よりも CPM が低かったことと、画面の揺れや背景の変化のためスマートグラスで文章が読みづらかったという被験者の報告をあわせ、文章の読みづらさを改善させる実装により認知負荷を軽減させ、周囲の状況認識能力の向上につなげるという今後の指針について議論した。

謝辞 本研究 (の一部) は JST PRESTO JPMJPR1658 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] やめよう! 運転中のスマートフォン・携帯電話等使用. <https://www.npa.go.jp/bureau/traffic/keitai/info.html>. (2019 年 7 月 18 日アクセス).
- [2] 歩きスマホ等に係る事故に注意!. <http://www.tfd.metro.tokyo.jp/lfe/topics/201602/mobile.html>. (2019 年 7 月 18 日アクセス).
- [3] Xiaohui Wu, et al. Which is a better in-vehicle information display? a comparison of google glass and smartphones. *Journal of Display Technology*, Vol. 12, No. 11, pp. 13641371, 2016.
- [4] Jibo He, et al. Driving while reading using google glass versus using a smartphone: Which is more distracting to driving performance? 2015.
- [5] Ira E Hyman Jr, et al. Did you see the unicycling clown? inattentive blindness while walking and talking on a cell phone. *Applied Cognitive Psychology*, Vol. 24, No. 5, pp. 597607, 2010.
- [6] Jack Nasar, Peter Hecht, and Richard Wener. Mobile telephones, distracted attention, and pedestrian safety. *Accident analysis & prevention*, Vol. 40, No. 1, pp. 6975, 2008.
- [7] Shigeru Haga, et al. Effects of using a smart phone on pedestrians' attention and walking. *Procedia Manufacturing*, Vol. 3, pp. 25742580, 2015.
- [8] しっかり者のすずの兵隊. <https://www.aozora.gr.jp/cards/000019/files/4237921528.html>. (2019 年 7 月 18 日アクセス).
- [9] 翻訳料金表. <http://www.e-jesco.jp/kakaku.html>. (2019 年 7 月 18 日アクセス).