

令和 6 年 6 月 11 日現在

機関番号：32657

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K11267

研究課題名（和文）携帯端末利用者（含高齢者）の歩行様態・階段昇降時等の動作特性と周囲注意度の分析

研究課題名（英文）Analysis of Walking Behavior, Stair-Climbing Movements, and Surrounding Awareness in Mobile Device Users

研究代表者

川澄 正史（Kawasumi, Masashi）

東京電機大学・未来科学部・特定教授

研究者番号：40177689

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、混雑時の駅階段での歩きスマホ、狭空間での携帯端末利用、その他動きながらの利用等の場面を想定し、利用者の注意度の評価を行い、歩行・昇降時の歩行変容を計測する。利用形態の多様化が進む携帯端末利用中における注意度低下について論じる。歩行中及び階段昇降中の利用者が周囲に払う注意を生理学的指標により検討するため、アイカメラ等からなる計測システムを作成し、周辺へ払われる注意の変化の分析を行った。携帯端末利用者が危険回避行動する際の反応を検討するための基礎実験を行った。利用者の負担推定を目的とした生理状態計測を実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

歩行中や人混み中での携帯端末利用が、利用者自身と周囲への安全に影響を及ぼすことは広く認識されている。特に、移動しながらの携帯端末利用（所謂歩きスマホ）が高齢者等の歩行弱者への安全に影響を及ぼすことから、各種対策が検討されているものの、依然として周囲が注意を払い危険回避せねばならない状況である。一方、増加している高齢者による歩きスマホも自身の不安定な歩行に繋がる。本研究では、歩きスマホ時の平地・階段昇降時の歩行変容を計測した。対向者に対して危険回避行動する際の反応を検討するための基礎実験を行った。高齢者にありがちな前傾姿勢での歩きスマホ時の特性、複雑なスマホ操作時の足の動きの変化も調査した。

研究成果の概要（英文）：This study evaluates the attentiveness of users in scenarios such as using smartphones while walking on crowded station stairs, using mobile devices in confined spaces, and other situations involving movement. It measures changes in gait during walking and ascending/descending stairs. The study discusses the decrease in attentiveness during mobile device usage, which has become increasingly diverse in its forms. To examine the attention users pay to their surroundings while walking and using stairs, a measurement system comprising eye cameras and other devices was created, and changes in attention were analyzed. Basic experiments were conducted to examine the reactions of mobile device users when performing evasive actions. Physiological state measurements were also conducted to estimate the burden on users.

研究分野：情報メディア学

キーワード：健康・福祉工学

1. 研究開始当初の背景

移動しながらの携帯端末利用(所謂歩きスマホ)が歩行弱者への安全に影響を及ぼすことから、各種対策が検討されているものの利用者の危険意識は低いままであり、歩行弱者側が多くの注意を払い危険回避せねばならない状況である。歩行中や人混み中での携帯端末利用者の危険意識の改善が求められる。危険性をデータにより提示し、意識啓発を進めることが重要である。一方、高齢者のスマホ利用は今後急増し、高齢者自身が被害者にも加害者にもなる状況が現れる。高齢者の衝突増加は転倒増加に繋がる。転倒予防事業が展開されるのに逆行する状況は改善せねばならない。

移動しながら携帯端末を利用するシーンも増えている。道案内等の歩行時での利用を想定して開発されたアプリも多くなり、残念ながら、歩きスマホが減る状況ではない。階段や店内等、思わぬ場所での利用(高齢利用者を含む)も増えている。階段等における携帯端末利用者も増加している。その利用は単にメッセージを黙読するに留まらず、テキストを書き込む操作や、アプリとインタラクティブな操作を繰り返し続ける場合もある。これら操作と歩行という二重課題の遂行時に問題が生じやすいと考えられる。利用形態の多様化が進む状況であり、携帯端末利用中の注意度低下や転倒危険性は深刻といえる。なお、近年、高齢者等が階段昇降しながら利用する危険な場面を見かけることもあり、平地歩行だけでなく階段昇降時等を想定した研究も必要である。

歩きスマホの事故の要因として、携帯端末への意識集中、画面注視による視野制限、歩行に対する意識の低下が推察される。この結果、歩行様態が通常と異なり、斜め歩行や蛇行歩行に繋がりが事故を引き起こしている可能性がある。これらは歩行中の足底荷重の位置の変化や強弱などによって表すことができる。視野に着目して歩きスマホ時の障害物に対する反応差を測定して検討する試みもみられる。しかし平地歩行だけでなく階段昇降に対して分析を進める必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、混雑時の駅階段での歩きスマホ、狭空間での携帯端末利用、その他動きながらの利用等の場面を想定し、利用者の注意、歩行に関する基礎実験を行い、携帯端末利用時の歩行・昇降時の歩行変容を計測する。携帯端末利用者が危険回避行動する際の反応を計測・解析する。

3. 研究の方法

(1) 周辺へ払われる注意の変化の分析

アイカメラ等からなる計測システムを作成し、複数台並べたPCモニタに表示した情報への注意特性につき検討した。スクリーンベース型のアイトラッカーをモニタ下部に置いて実験を行った。モニタには視聴対象として作成した15分間の講義動画画面(携帯端末利用時の周辺視野を想定)と、課題等を遂行する作業画面(携帯端末利用時の作業画面を想定)が提示される。各画面への視線振り分け時間(割合)を指標として集中程度を検討した。

(2) 危険回避行動時の視線および歩行の特徴

(2-1) 概要

混雑した場所で、多くの人々が様々な方向に歩く状況に置かれたとき、衝突を回避するため自らが歩く方向を変える。対向者の情報に応じて直進または回避の判断を行っていると考えられる。判断に有用な情報の多くは視覚情報である。一対一のすれ違い状況を作り、回避判断のタイミングや回避に必要な情報を視覚からどう得ているか検討する。携帯端末利用時に変化する獲得情報について調べる。

標記特徴を計測するシステムの作成を進め、模擬実験を行った。被験者の視線の動きを計測するため、トビー・テクノロジー社の視線計測装置 Tobii Pro グラス 3 を用い、視線データ解析ソフトウェアには Tobii Pro Lab を用いた。

関連する先行研究では、対向者映像を前方に提示して被験者(歩行者を想定)の反応を調べている。対向者の脚部をマスクすると被験者の回避行動開始が遅くなると指摘し、脚部に回避判断の要因があると考察している。また、一対一のすれ違い状況を模擬して歩行させた場合、被験者(歩行者)を対向者が凝視するか、一瞬見るか、視線を外して向かってくるかの3条件において、対向者が回避するか/しないかを集計している。結果として有意差はなく、対向者の視線は回避と直進の意思決定に影響を及ぼさないというものであった。

これらの先行研究では、実際にすれ違う際に対向者のどの部位をどの程度離れた距離から視認し、どの程度離れた距離で回避行動を取るか調査されていない。回避行動時の距離や注視箇所を検討することで歩行者の誘導や、歩行者が対向者を回避するのか直進するのか、適切な判断を行う手助けになるのではないかと考えられる。

(2-2) 方法

利用者または接近者がどのタイミングでどのように相手に注意を払い、衝突を避けようとするか解析する。被験者に Tobii pro グラス 3 を装着させる。視線計測装置には人間の視野にあ

たる映像を撮影する視野カメラが付いており、その映像をコントローラである PC に接続し、映像を中継し録画する。同時に視線の先までの距離も推定する。

被験者にはある条件の下でこちらが指定した開始位置 から目的位置 に向かって合図と同時に直進してもらう。開始位置から目的位置までの距離は 10m で幅は 2m である(図 1)。被験者が直進歩行を開始すると同時に、対向者を目的位置 から開始位置 に向かって歩行させる。条件は以下である。

条件 1(歩行): 被験者は、対向者を左右どちらかに回避して目的位置まで定速(約 4km/h)で歩行する。対向者は、被験者を回避しないで定速(約 4km/h)で歩行するが、被験者に接触しそうな場合は停止する。

条件 2(特定部位注視): 条件 1 の内容に加え、被験者は、対向者の特定部位を注視して歩行する。特定の部位は頭部、胸部、脚部のいずれか三箇所である。

条件 3(スマホ): 条件 1 の内容に加え、対向者は、スマートフォンの操作をしながら歩行する。操作内容は指定されたテキストの入力である。

条件 2(特定部位注視)での被験者の回避行動において、回避開始した時点における被験者と対向者間の距離、および回避行動開始時から対向者とすれ違うまでの時間を算出した。

被験者は健康な 20 代男性とする。条件 1 および条件 2 では 9 名(被験者 A~I)、条件 3 では 9 名のうちの 4 名(被験者 F,G,H,I)とした。

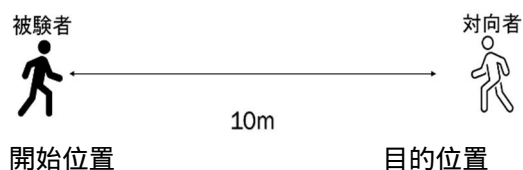


図1 向かい合い歩行する被験者と対向者

(3) 携帯端末利用時の歩行・昇降時の歩行変容

(3-1) 概要

歩きスマホによる事故の要因として挙げられるのが、スマホ上に表示される文字列等の情報取得やインタラクティブな操作による個人の注意資源の不足である。これらが歩行活動に必要な脳の情報処理を阻害すると躓きや踏み外しといった歩行の事故へとつながると考えられる。

二重課題とは被験者に同時に遂行させる異なる 2 つの課題を指す。複数の課題を並行して行うことにより、脳の情報処理の許容量となるワーキングメモリの処理可能量をこえ、課題遂行の妨げになるとされている。歩きスマホを二重課題としてみると、歩行、スマホにおける操作や入力がそれぞれ課題とされる。一般にスマホを行うことによって歩行速度、歩幅、遊脚時間などに影響を与えるとされているが、スマホ提示内容の差異による足圧中心軌跡の分析評価の研究は見られない。本研究では歩行の解析を目的とするため、姿勢の変化を主課題とし、異なる複数のスマホ操作を副課題とする。

歩行の評価指標としては足底にかかる圧力である足圧や重心である足底中心軌跡(以下 COP)の変化が多く使われる。しかし、二重課題として歩きスマホを評価認知的負荷の増大の多寡による歩行の変化の関係を調査した実験はあまり見られない。

本研究では健康若年者の階段における歩きスマホ時の足圧変化を指標とし歩行時のスマホの画面提示内容及びスマホ保持時の姿勢による COP 変化について検討する。平地(廊下)、上り階段、下り階段におけるスマホ利用を伴う歩行を行い、歩行中のスマホ内の情報量の違う課題を提示、また保持方法の姿勢変更を指示し、それぞれの上下方向の COP 移動比率、左右方向の COP 移動比率を比較することで歩行の安全性の評価を行う。

(3-2) 方法

スマホを保持しない通常の歩行に近い姿勢であるほど歩きスマホによる歩行時の COP の安定性が増すと考えられる。従来の計測手法では姿勢の変化のみ、提示内容のみであり複合的な課題提示による分析は行っていない。本研究では複数の課題提示により詳細な対照比較を行う。

実験では歩行中の COP 変化の計測にインソール型圧力計を使用した。被験者は靴の内部にインソール型圧力計シート、足首部分にシートを接続する計測装置、腰部に記録装置を装着し計測装置と記録装置を LAN ケーブルで接続した状態で計測を行う。被験者の歩行を自然な状態に保つためにスマホは本人の所有するものを使用させた。自然な歩行状態を計測するために計測時は履きなれた靴を履かせ計測を行った。

階段における歩きスマホ時の足圧変化を指標とし、歩行時の歩きスマホの提示内容およびスマホ保持姿勢による COP 変化を調べる。スマートフォン上にタスク(SNS 読書タスク、チャット入力タスク、乗り換え案内アプリ操作タスク)を提示し、それぞれ平地(廊下)、上り階段、下り階段、において通常保持姿勢、持ち上げ保持姿勢にて COP を計測し COP の上下移動幅の比率(% Long)と左右移動幅の比率(% Trans)を用いて歩行の安定性の評価、検討を行う。

被験者は計測器を装着し平地、上り階段、下り階段で各 15m を歩行する。この 3 歩行時に 6 つのスマホ保持条件を設定した。すなわち、主課題である姿勢課題 1(胸の高さで保持)、姿勢課題 2(腕が水平になるよう保持)、副課題であるスマホ提示課題として、歩きスマホを行う際に

広く利用されている SNS , チャットアプリ , ルート検索を模した副課題を設定した . これを副課題 1 (画面視 (SNS の閲覧)) , 副課題 2 (複数操作 (チャットアプリの入力)) , 副課題 3 (複数操作 (乗換え検索の利用)) として . また , コントロールとして画面を消灯したスマホを保持した状態で歩行 (消灯歩行) , およびスマホを持たずに歩行する (通常歩行) を行った . 被験者は周囲に他の歩行者がいない状態で歩行する . 姿勢課題 1 , 2 のうち 1 つと , スマホ提示課題 1 , 2 , 3 , を無作為に組み合わせた 6 条件と通常歩行 , 消灯歩行の 8 条件で上り階段 , 下り階段 , 平地を歩行する . 図 2 , 図 3 は実験風景である .



図 2 階段実験



図 3 姿勢課題 2

条件や被験者間の比較のため COP 評価には %Long , Trans (COP 変動の足長 , 足幅に対する割合) を用いた . 転倒経験者と非経験者の比較において転倒経験者の %Long および %Trans が非経験者に比べ低値を示した先行研究の結果より , 本研究では評価値の値が大きいほど歩行安定性が高いと評価する .

4 . 研究成果

(1) 周辺へ払われる注意の変化の分析

15 分間に動画画面を見ている割合は , 被験者のアンケートでは 64% (9.6 分間) であったが , 実際の動画画面に目を止めた割合は 55% (8.25 分間) であった . 被験者自身が注視していると自身で思っている時間の $55/64 = \text{約 } 85\%$ に過ぎない . 携帯端末利用時の周辺に対する注意は , 時間的には自身が思うよりも実際には短く , 注意が十分ではないと考えられる . また , 講義内容に関する質問においては , 動画画面を見る時間が短いほど回答が正しくない傾向があり , 周辺に注意が払われていないと考えられる .

(2) 危険回避行動時の視線および歩行の特徴

条件 1 , 2 の被験者が回避行動開始した際の被験者と対向者間の距離を表 1 に示す . 条件 2 での被験者の回避行動開始時から対向者とすれ違うまでの時間を図 4 に示す . 視線軌跡 (ゲイズプロット) を観察すると , 条件 1 (歩行) ではほぼ全員が対向者の上半身特に顔に視線を向ける回数が多かった . 一方 , 脚部に視線を向けることはなかった . 条件 3 (スマホ) でも同様であった . 人は回避行動準備のため , 対向者の顔周辺から情報を得ようとすると考えられる .

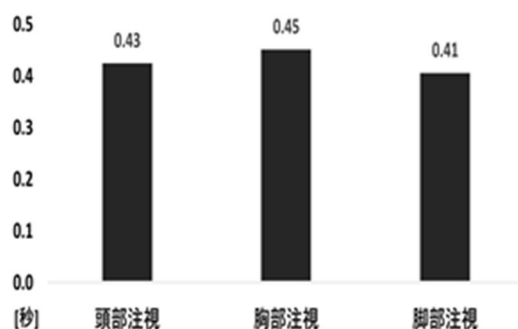


図 4 条件 2 の回避行動開始時から対向者とすれ違うまでの時間の平均 (9 名)

条件 2 (特定部位注視) の結果において , 回避行動開始が早かった注視先は胸部 , 頭部 , 脚部の順であった . 視線を上半身に向けた方が , 脚部に向けるよりも早い段階で回避行動を開始できることを示唆している . 再現性の確認のため , 被験者 B に条件 2 の計測を複数日に複数回行ったが , 同様の結果であった . 条件 3 (スマホ) の歩行では , 被験者 4 人全員の回避距離が条件 1 よりも遠くなる (回避開始が早くなる) 結果となった (表 2) . 対向者が俯いてスマートフォン操作するため , 回避行動準備に有効な対向者の顔が視認しにくく早めに回避した方がよいという意識が働いたためと考えられる .

表1 被験者が回避行動を始めた時点の
対向者との距離[cm] (条件1及び2)
カッコ内は条件1との差分

	条件1 歩行	条件2 頭部注視	条件2 胸部注視	条件2 脚部注視
被験者A	157	116 (-41)	156 (-1)	217 (+60)
被験者B	65	54 (-11)	63 (-2)	57 (-8)
被験者C	75	32 (-43)	42 (-33)	46 (-29)
被験者D	98	144 (+56)	153 (+55)	51 (-47)
被験者E	130	140 (+10)	99 (-31)	94 (-36)
被験者F	127	117 (-10)	148 (+21)	92 (-35)
被験者G	112	119 (+7)	111 (-1)	133 (+21)
被験者H	66	32 (-34)	27 (-39)	30 (-36)
被験者I	38	133 (+95)	144 (+106)	128 (+90)

表2 被験者が回避行動を始めた時点の
対向者との距離[cm]
(条件1および条件3)

	条件1(歩行)	条件3(スマホ)
被験者F	127	210
被験者G	112	134
被験者H	66	87
被験者I	38	69

歩行者同士のすれ違い状況の実験から、向かってくる対向者を回避する判断に有効な情報について検討した。回避行動開始時の対向者との距離および時間を視線計測装置により計測した。視線情報と回避距離からは、胸部と頭部に対向者回避判断に有効な情報があることが考察された。歩きスマホ時は主に俯いて操作する場合が多く、向かってくる対向者を回避する判断に有効な情報を、対向者の頭や上半身から得にくいと考えられる。

(3) 携帯端末利用時の歩行・昇降時の歩行変容

本研究では健常若年者の階段における歩きスマホ時の足圧変化を指標とし歩行時のスマホの画面提示内容及びスマホ保持時の姿勢によるCOP変化について検討した。各被験者に平地、上り階段、下り階段の環境において、スマホを持たない通常歩行、コントロールとなるスマホ所持消灯歩行の2条件と主課題である)通常保持姿勢と)腕上げ保持姿勢、副課題であるa)SNS読書課題、b)チャット入力課題、c)乗り換え検索課題の組み合わせ6条件の計8条件を比較した。

・平地歩行

平地歩行において姿勢課題の変化による%Transの上昇が見られた。これは歩行状態の改善に一定の効果が見られたと考えられる。スマホを持ち上げたことにより前傾姿勢が改善されたことが要因であると考えられる。また前後方向のCOP変化の指標となる%Longについてもa)SNS読書課題については値が上昇した。他のスマホ提示課題に比べると被験者のアウトプット作業がないため情報負荷が少ないことから、姿勢変化による%Longの改善の影響はわずかである可能性が考えられる。

・階段上り歩行

姿勢条件の変化による同一スマホ提示課題間の%Transを比較するといずれのスマホ提示条件においても低下が見られ歩行安定性が低下したと考えられる。原因としてはスマホ利用をせずとも上り階段では前傾姿勢をとるため、)持ち上げ保持姿勢による前傾姿勢の改善により階段上昇時の適切な姿勢をとることを阻害してしまうことが要因であると考えられる。

・階段下り歩行

階段上り、階段下りの条件においてコントロール(通常歩行)とスマホ保持歩行を比較すると%Longについては上り階段、下り階段の条件で有意差は見られなかった。%Transについては上り階段において有意な低下が見られた。理由としてスマホ操作歩行時の踏み外し等を被験者が意識した結果、被験者の情報処理の負荷が大きくなったことが考えられる。一方c)乗換案内操作においては持ち上げ姿勢により%Transが上昇した、通常歩行時には後方重心が安定する下り階段において、スマホ保持による前傾姿勢が解消されたことにより姿勢がスマホを保持しない姿勢に近似したことが原因として考えられる。

以上の結果より、歩きスマホ中ではスマホ所持による歩行姿勢の変化および操作の煩雑なスマホ提示内容の影響により変化が転倒経験者のものに近づくことが示された。

スマホの腕上げ保持による姿勢変化時のCOP変化は通常歩行時のCOP変化への近似が平地歩行では見られたものの、階段歩行では見られなかった。スマホを高く保持する歩行方法はCOP変化に影響を与えることは示唆されたものの歩行における安全性の上昇を目的とした場合には適切な方法ではないことが考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 川澄正史, 大矢哲也
2. 発表標題 対向する携帯端末操作歩行者への視線と回避行動
3. 学会等名 日本生体医工学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 荒岡佑樹, 川澄正史
2. 発表標題 歩行者のすれ違い時の視線と回避時の対向者との距離
3. 学会等名 日本人間工学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村井克彦, 川澄正史
2. 発表標題 VR映像内の移動に則した下肢運動によるVR酔い軽減の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	大矢 哲也 (OHYA TETSUYA) (60514247)	日本医療科学大学・保健医療学部・准教授 (32427)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------