

# 拡張現実感を用いたテキスト変更による 人物行動制御手法の提案と評価

櫻木大和<sup>1</sup> 磯山直也<sup>1</sup> 寺田 努<sup>1,2</sup> 塚本昌彦<sup>1</sup>

**概要：** 走ることが好ましくない廊下や、左側通行への交通整理を求める横断歩道などでは、看板や音声によって人を注意・誘導させる方法が一般に用いられている。これらは強制力が弱く、人によっては無視して従わない場合や、見落としてしまう場合がある。従う人に対しても、指示の意味を解釈して行動に移す必要があり、心的コストが要求される。上記のような場面では、意味解釈を必要としない注意・誘導が望ましい。本研究では、階段や床のテキストを変更させることで人の行動に影響を与えられると考え、拡張現実感を用いてテキストを変更させて見せることによる人への影響を調査する。本稿では提案手法の評価として、3種類のテキストを用いて実験を行った。結果として、廊下に動くムービングウォークのテキストを表示することで歩行速度の体感が変化し、床に左右一方向に動く床のテキストを表示することで左右に誘導される感覚が得られることが示された。

## 1. はじめに

走ることが好ましくない廊下や左側通行による交通整理を求める横断歩道などでは、看板や音声によって人を注意・誘導させる方法が一般的である。しかし、これらは強制力が弱く無視して従わない場合や、見落としてしまう場合がある。従う人に対しても、指示の意味を解釈して行動に移す必要があり、心的コストが要求される。このような場面では、意味解釈を必要としない注意・誘導が望ましい。

五感によって得られる情報のうち、視覚によるものは87%を占めており、人の行動に大きな影響を及ぼすことが知られている [1]。例えば、止まっているエスカレータを歩くと階段と同じようには歩けず足取りが重くなってしまうエスカレータ効果 [2] や、錯覚によって歪んでいるように見せることで走りづらくさせる床が存在する [3]。これらのように、階段や床のテキストを変更させることで人の行動に影響を与えられ、注意・誘導が意味解釈を必要とせずに行うのではないかと考えられる。

実際に道路や床の上にテキストを貼ることは設置や撤去が容易ではなく、その場にいる全員に影響を与えることになるが、近年、視覚情報を変えることができる技術として拡張現実感 (AR: Augmented Reality) が注目されている。AR では実在する風景にバーチャルの視覚効果を重ね

て表示することで、目の前にある世界を仮想的に拡張できる。この AR を用いて実世界のテキストを変更させて見せることにより人の行動に影響を与えることができ、それを用いた注意・誘導ができるのではないかと考えた。AR を用いることにより場所や時間帯、あるいは人によって影響を与えたい目的が変わる場合において、個人に合わせた視覚効果を表示できる。実世界にバーチャルの視覚効果を重ねるので、実世界では看板の設置が難しい危険な場所や立地であっても、AR を用いてバーチャルなオブジェクトを設置できる。

そこで本研究では、AR を用いて実世界のテキストを変更させて見せることによる人への影響を調査し、歩行誘導に生かす手法について検討する。本稿では3つのテキストについて調査する。1つ目は階段を対象とし、エスカレータ効果を踏まえ、エスカレータのテキストを見せることによって足取りが重くなることを狙う。2つ目は道を対象とし、ムービングウォークのテキストを見せることによって歩行速度や疲労感の変化を狙う。3つ目は道を対象とし、動く床を見せることによって歩きづらくなることや歩行が左右に誘導されることを狙う。

本稿は以下のように構成される。2章で関連研究を紹介し、3章では使用デバイスについて述べる。4章では予備実験、5章で予備実験の結果を踏まえた評価実験と考察を行う。最後に、6章で本稿のまとめと今後の課題を述べる。

<sup>1</sup> 神戸大学大学院工学研究科  
Graduate School of Engineering, Kobe University

<sup>2</sup> 科学技術振興機構さきがけ  
Japan Science and Technology Agency, PRESTO

## 2. 関連研究

本章では、視覚情報の変化による感覚や認識への影響の研究、歩行誘導手法に関する研究について述べる。

### 2.1 視覚刺激による他感覚や認識への影響に関する研究

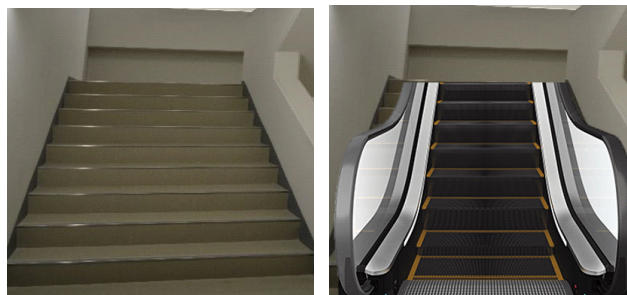
感覚は複数の感覚器が互いに影響し合って生成されている。例えば Pavani らは触覚刺激が与えられた時に知覚される位置は視覚に影響を受けることを示している [4]。Violentyev らは視覚フラッシュと同時にピープ音やタップ刺激を呈示することによって、フラッシュの回数が増減して感じられることを示している [5]。また、音声は同じだが異なる唇の動きの映像を見せた際に聞き取れる音声が変わることから、視覚と聴覚が矛盾するときに、視覚情報が優先され、聴覚による知覚が変化することが知られている [6]。これらのように、特定の視覚刺激を与えることでユーザの行動やその他の感覚が受ける影響について数多く研究されている。Narumi らは、食事の際に AR によって食べ物を実際の大きさよりも大きく見せることで、通常よりも満腹感が増幅する提示システムを提案している [7]。食べ物を大きく見せるとユーザの食べ物の消費量が減り、小さく見せると消費量が増えたことから、視覚によって満腹感を操作できることを立証した。Lindlbauer らはディスプレイの上に置かれた物体の下に映像を提示することで目の錯覚を生み出し、物体の大きさや高さ、色が変わったように見せるシステムを提案している [8]。岡野 らは人間の動きに応じて周辺視にオブティカルフローを提示することにより、ランニング時の自己運動感覚の増強について提案している [9]。

### 2.2 歩行誘導手法に関する研究

矢印や地図、音声などの案内の意味を解釈して行動に移させる情報提示を用いず、意味解釈を不要で歩行者を誘導可能な手法について数多く研究されている。これらの手法では提示の意味について解釈する過程を必要とせず、対象者のリソースを消費しないナビゲーション手法として注目されている。これまでに提案されている手法には、視覚以外の刺激を利用したもの、本研究と同様に視覚を利用したものがあ

#### 2.2.1 視覚以外を利用した歩行誘導手法

安藤 らはユーザの耳の後ろに装着した電極で前庭感覚に電気刺激を与えることで、平衡感覚を変化させる手法を提案している [10]。Kojima らは、耳を引っ張られた際に牽引される動きに着目し、耳牽引により頭部のバランスを傾かせる歩行誘導デバイスを提案している [11]。しかし、これらの手法では電気刺激や耳を引っ張るなど身体に触覚刺激を与えているため、ユーザが不快と感じる可能性がある。



(a) テクスチャ表示前の階段 (b) テクスチャ表示後の階段

図 1 AR 表示のイメージ

Frey らは靴の底を傾けて体勢を変化させることで歩行誘導を行う手法を提案している [12]。しかし、この手法では靴が傾くことによって足元が不安定になるため、転倒の危険性がある。

#### 2.2.2 視覚を利用した歩行誘導手法

渡邊 らは頭部装着型ディスプレイ (HMD: Head Mounted Display) と振動モータを用いて、ユーザの歩行の進行方向を誘導する手法を提案している [13]。この手法では、振動デバイスにより体性感覚を不安定にし、HMD 上にオブティカルフロー刺激を与えることで、刺激方向にユーザを誘導している。しかし、周辺視への視覚刺激によって身体動揺は見られたが、進行方向の誘導はできていない。Furukawa らは視線の角度に応じて見え方が変化するレンチキュラレンズに着目し、ユーザにベクションを付与する設置型の歩行誘導手法を提案している [14]。しかし、設置型のデバイスであるため利用場所が制限されてしまう。廣本 らは HMD に装着されたカメラを回転させることにより視界を水平方向に回転させ、その視界のずれを補正するように人が進行方向を無意識に変化させる誘導手法を提案している [15]。Ishii らは HMD に装着されたカメラの映像を拡大してユーザに提示し、視界を変化させることで進行方向を無意識に変化させる誘導手法を提案している [16]。この 2 つの手法では視覚情報を変化させることにより進行方向の制御を行っているが、その他の歩行速度を遅くさせるなどの制御へは応用できない。また、ビデオシースルー型の HMD を用いており、外の情報はカメラによって得られるためユーザに不安感を与える。

## 3. AR 提示用デバイスの選定

本研究では、AR を用いて実世界のテクスチャを変更して見せることで人の行動に影響を与える手法について提案する。図 1 は、実世界の階段上にエスカレータのテクスチャを表示することでエスカレータ効果を引き起こし、階段昇降の足取りを重くさせることを狙ったイメージ図である。AR 表示が可能な HMD として EPSON 社の MOVERIO [17] や Vuzix 社の Vuzix Blade [18] などがあげられる。しかし、こ

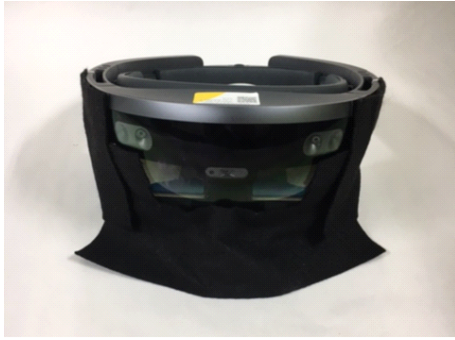


図 2 HoloLens に黒いフェルトを装着した様子

表 1 HoloLens の仕様

重量	579 [g]
ディスプレイのアスペクト比	16:9
解像度	1280 × 720 [dpi]
フレームレート	60 [fps]
オブジェクト配置可能距離	0.5-5 [m]
オブジェクト配置最適距離	1.25-5 [m]

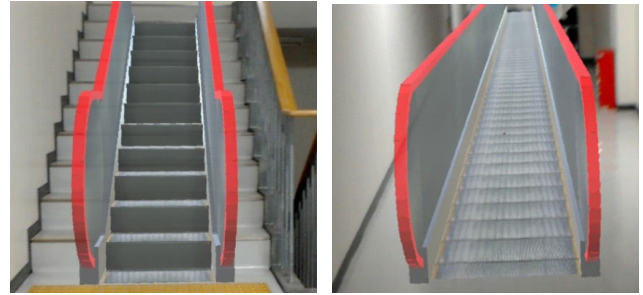
これらのデバイスはユーザの周囲にあるオブジェクトの配置状態などを詳細には認識できず、実世界にバーチャルの視覚効果を付与することが難しい。そこで本稿では Microsoft 社の HoloLens[19] を用いる。HoloLens は実世界の空間を認識することが可能なので、バーチャルのオブジェクトを床や階段といった場所の上に配置しユーザに提示できる。しかし、HoloLens の視野角は正式には発表されていないが約 35 度であり、ディスプレイ外の AR が表示されていない部分が視界に入ってしまう。そこで、ディスプレイ部分しか見えないように、図 2 のように黒色のフェルトを用いて HoloLens の一部を覆う。HoloLens の仕様を表 1 に示す。バーチャルのオブジェクトを表示するアプリケーションの作成には Unity[20] を用いる。

## 4. 予備実験

HoloLens を用いたテクスチャ変更がユーザに影響を与えるのかを調査するため、第一著者のみで予備実験を行った。この予備実験ではユーザに影響を与えることが期待されるテクスチャを 3 種類用意し、それぞれに対して評価を行った。

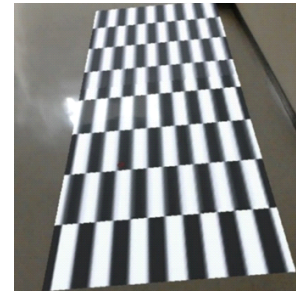
### 4.1 予備実験内容

予備実験 1 では階段を上るときに足取りが重くなることを狙い、階段に静止したエスカレータのテクスチャを表示した。予備実験 2 では廊下が歩きづらくなることを狙い、廊下に動くムービングウォークのテクスチャを表示した。ムービングウォークを表示する際には、進行方向に対して順方向へ動くパターンと、進行方向と逆方向へ動くパターンの両方で実験を行った。予備実験 3 では廊下が歩きづらくなることを狙い、廊下に左右に動く床のテクスチャを



(a) 予備実験 1

(b) 予備実験 2



(c) 予備実験 3

図 3 予備実験用のテクスチャを表示した様子



図 4 デバイスを装着した様子

示した。各テクスチャについてディスプレイを通して見える様子を図 3 に示し、デバイスを装着した様子を図 4 に示す。被験者は HoloLens を装着してテクスチャが表示されている箇所の上を歩いた。歩行後、予備実験 1 では階段の上りやすさを「1. 全く上りづらくなかった」「2. 上りづらくなかった」「3. どちらともいえなかった」「4. 上りづらかった」「5. 非常に上りづらかった」、予備実験 2, 3 では廊下の歩きやすさを「1. 全く歩きづらくなかった」「2. 歩きづらくなかった」「3. どちらともいえなかった」「4. 歩きづらかった」「5. 非常に歩きづらかった」の 5 段階のリッカート尺度で評価した。

### 4.2 予備実験結果

#### 4.2.1 予備実験 1

回答は「4. 上りづらかった」であった。この原因については、エスカレータ効果によって生じたものではなく、階

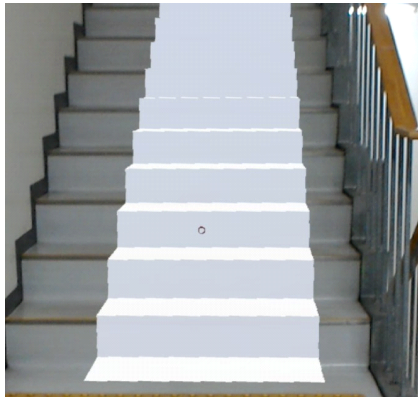


図 5 階段に白い階段のテクスチャ表示後



図 6 実験 1 の様子

段とエスカレータのテクスチャとのズレが原因で生じている可能性がある。そこで、5章での評価実験では階段上にARで階段のテクスチャを表示したパターンについても留意し、比較を行う。

#### 4.2.2 予備実験 2

回答は「1. 全く歩きづらくなかった」であり、歩きづらさには影響しなかった。しかし、ムービングウォークが動いている方向に歩くと速く歩いているように感じ、逆方向に歩くと遅く歩いているように感じた。そこで、評価実験では被験者を増やし、この影響を再度検証する。

#### 4.2.3 予備実験 3

回答は「1. 全く歩きづらくなかった」であり、歩きづらさには影響しなかった。原因としては、床が左右両方へ動くように提示していたため左右への影響が打ち消し合ってしまったと考えられる。そこで、評価実験では一方向へ並進運動する床のテクスチャに変更することで、被験者がその方向へ誘導されるのかを検証する。

## 5. 実験

予備実験の結果を踏まえて、ユーザに影響を与えることが期待される実験を3種類(実験1, 2, 3)用意し、それぞれに対して評価を行った。

### 5.1 実験 1 (静止したエスカレータ)

#### 5.1.1 実験 1 の内容

実験1ではエスカレータ効果を引き起こし、階段を上るときに足取りが重くなることを狙い、手法1-1として予備実験1と同様に階段に静止したエスカレータのテクスチャを表示した。階段とテクスチャとのズレが原因で上りづらくなる可能性があることが予備実験からわかっており、その影響について調査するため、手法1-2として図5のように階段に白い階段のテクスチャを表示した。実験は20代の男女5名の被験者A, B, C, D, Eで行った。被験者はHoloLensを装着し、AR表示を行っていない階段・手法1-1・手法1-2の順に6段歩行する。歩行後、手法1-1と

表 2 実験 1 でのテクスチャ表示による階段の上りやすさの評価

テクスチャ	手法 1-1	手法 1-2
評価値平均	1.8	2.2

手法1-2について、表示前と比較した階段の上りやすさを「1. 全く上りづらくなかった」「2. 上りづらくなかった」「3. どちらともいえなかった」「4. 上りづらかった」「5. 非常に上りづらかった」の5段階で、手法1-1については本物のエスカレータのように見えたかを「1. 全く見えなかった」「2. 見えなかった」「3. どちらともいえなかった」「4. 見えた」「5. 非常に見えた」の5段階のリッカート尺度でそれぞれ回答させた。実験1の様子を図6に示す。

#### 5.1.2 実験 1 の結果と考察

階段の上りやすさの評価値平均を表2に示す。手法1-1は1.8, 手法2-2は2.2とどちらも低い値となった。このことより、エスカレータ効果やテクスチャのズレによる影響は現れなかったと考えられる。被験者の意見で視界が狭く足元が見えないため自分がエスカレータの上を歩いている感覚がなかったとあり、エスカレータ効果を感じなかった原因としてデバイス装着による視界の狭さが挙げられる。また、階段とエスカレータでは足の感触が異なることも原因として考えられる。手法1-1は本物のエスカレータのように見えたかの評価値平均は2.4であったため、本物のエスカレータのように見えなかったこともエスカレータ効果が起こらなかった原因として考えられる。

### 5.2 実験 2 (動くムービングウォーク)

#### 5.2.1 実験 2 の内容

実験2では歩行速度の体感が変化することを狙い、予備実験2と同様に廊下に動くムービングウォークのテクスチャを表示した。進行方向に対して順方向に動く表示を手法2-1, 逆方向に動く表示を手法2-2とした。被験者は20代の男女7名の被験者A, B, C, D, F, G, Hで行った(実験1とアルファベットが同じ被験者は同一人物)。まず図7に示すように、進行方向に対して垂直なライン $\alpha$ を決め、そこから8m進んだ場所をライン $\beta$ とし、それぞれ印

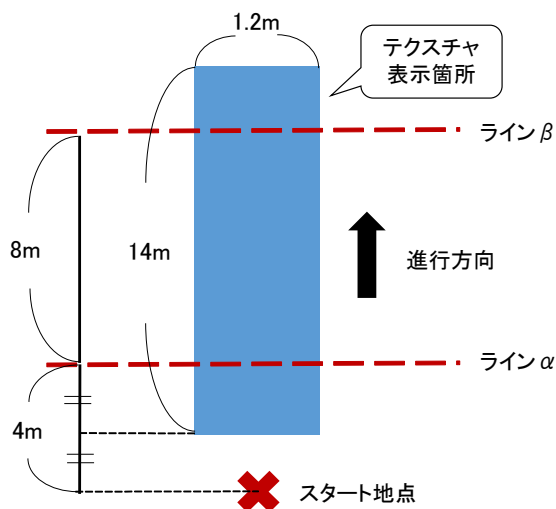


図 7 実験 2 の環境模式



図 8 実験 2 の様子

をつけた。実験は HoloLens を装着しライン  $\alpha$  から 4メートル手前のスタート地点から、AR 表示を行っていない廊下・手法 2-1・手法 2-2 の順に歩行し、それぞれライン  $\alpha$  からライン  $\beta$  までの到達時間を計測した。テクスチャはスタート地点の 2メートル先から縦 14メートル、横 1.2メートルの大きさで表示した。歩行後、歩いている速度が速く感じるか、遅く感じるかといった感覚を速度感とし、手法 2-1 について表示前と比較して速い速度感を得たか、手法 2-2 について表示前と比較して遅い速度感を得たかを「1. 全く感じなかった」「2. 感じなかった」「3. どちらともいえなかった」「4. 感じた」「5. 非常に感じた」の 5段階で、テクスチャは本物のムービングウォークのように見えたかを「1. 全く見えなかった」「2. 見えなかった」「3. どちらともいえなかった」「4. 見えた」「5. 非常に見えた」の 5段階のリッカート尺度でそれぞれ回答させた。実験 2 の様子を図 8 に示す。

### 5.2.2 実験 2 の結果と考察

速度感の変化の評価値平均を表 3 に、各テクスチャでの歩行にかかった被験者ごとの時間を図 9 に示す。手法 2-1

表 3 実験 2 でのテクスチャ表示による速度感の変化の評価

テクスチャ	手法 2-1	手法 2-2
評価値平均	3.6	4.0

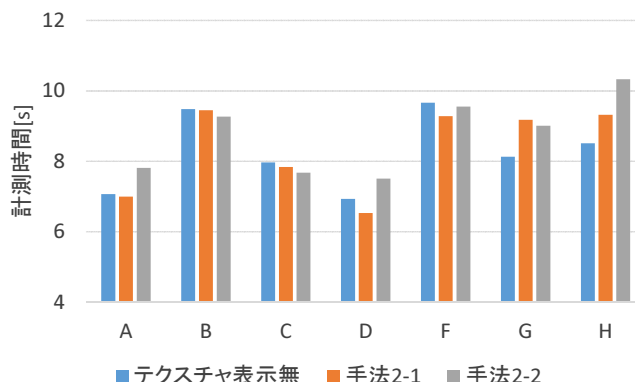


図 9 各テクスチャでの歩行にかかった被験者ごとの時間

に対して速く感じたかという評価値平均は 3.6 で、手法 2-2 に対して遅く感じたかという評価値平均は 4.0 であった。各手法について同程度感じたという結果であったが、手法 2-2 は逆方向に動いているテクスチャの動きがわかりやすかったという意見が得られた。手法 2-1 の速度感の変化に対して、被験者 B は「2. 感じなかった」と回答し、被験者の中で唯一遅くなったように感じたと感想を述べていた。動くテクスチャの上を歩く際の恐怖心で遅く歩いているように感じたと述べており、被験者の恐怖心によるものだと考えられる。被験者 A, G は手法 2-1 の速度感の変化に対して「3. どちらともいえない」と回答した。HoloLens の視界が狭く足元が見えないため自分がムービングウォークの上を歩いている感覚がなかったという意見を述べており、デバイスの視界が狭いため影響がでなかったと考えられる。歩く速度とムービングウォークの速度が同じでテクスチャが動いている感覚がしなかったとも意見しており、歩行速度とムービングウォークの速度が同じであったため速度感に変化がみられなかったと考えられる。

次に実際に歩く速度が変化するか検証するため、AR 表示無しの廊下・手法 2-1・手法 2-2 それぞれ歩行にかかった時間に対して分散分析による検定を行った結果、有意差はみられなかった。それぞれの被験者の歩く速度の変化について見てみると、どの被験者も同程度の時間で歩き切っていた。これらより、テクスチャ変更によって速度感に変化は与えるが、実際に歩く速度には影響しないことがわかった。速度感が変化することにより、肉体的な疲労には影響を与えないが、精神的な疲労の軽減に繋がると考えられる。また、ムービングウォークのテクスチャが本物のムービングウォークに見えたかの評価値平均は 4.0 であった。動きがあったためより本物のように見えたという意見があり、実験 1 と比較すると、動きがある方がより本物のように知覚されやすいと考えられる。



図 10 床に右方向に動く縞模様の床のテクスチャ表示後

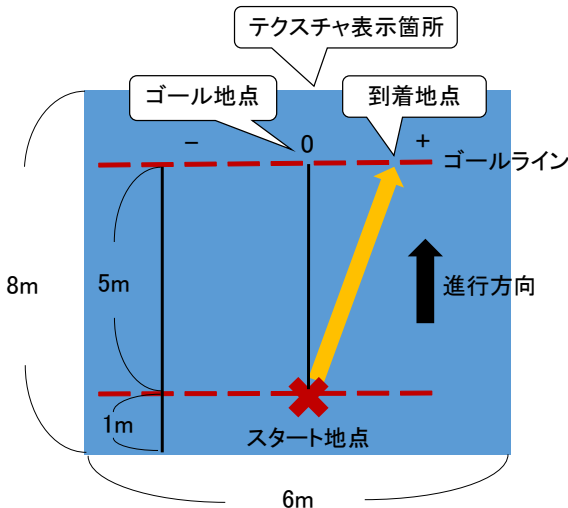


図 11 実験 3 の環境模式

### 5.3 実験 3 (右方向へ動く縞模様の床)

#### 5.3.1 実験 3 の内容

実験 3 では歩行が右方向に誘導されることを狙い、床に右方向に動く縞模様の床のテクスチャを表示した。表示した様子を図 10 に示す。右方向に動く床へのテクスチャを手法 3-1、手法 3-1 よりも速い速度で右方向に動く床へのテクスチャを手法 3-2 とした。実験は室内で行った。実験環境の模式を図 11 に示す。スタート地点から 5m 直進した点をゴール地点とし、ゴール地点を通る進行方向に対して垂直なラインをゴールラインとした。被験者にはスタート地点からゴール地点に向かってまっすぐ歩行するように指示し、ゴールラインに到達した際の被験者の位置を到着点とした。実験は 20 代の男女 9 名の被験者 A, B, C, F, G, I, J, K, L で行った。被験者は HoloLens を装着しスタート地点から、AR 表示を行っていない床・手法 3-1・手法 3-2 を、被験者によってランダムな順番で歩行した。そして進行方向に対して右側方向を正としてゴール地点から到着点までの距離を計測した。テクスチャはスタート地点の 1メートル手前から縦 8メートル、横 6メートルの大きさで表示した。実験終了後、歩行中に誘導されているような感覚 (以下、誘導感) があったかを尋ねた。実験 3 の様子を図 12 に示す。

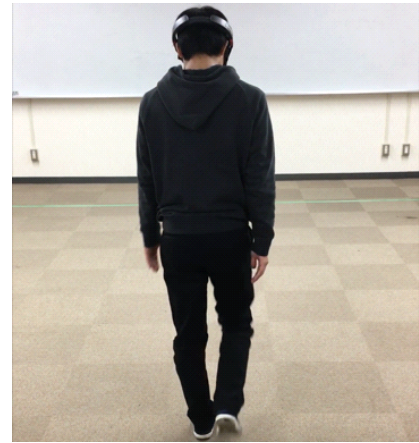


図 12 実験 3 の様子

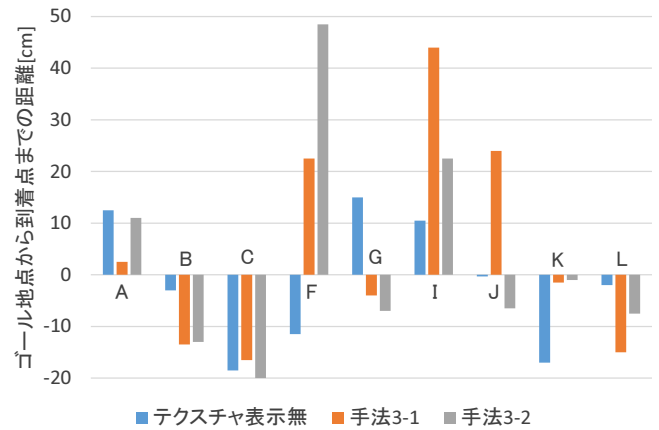


図 13 ゴール地点から到着点までの被験者ごとの距離

#### 5.3.2 実験 3 の結果と考察

各テクスチャについて被験者ごとのゴール地点から到着点までの距離を図 13 に示す。テクスチャを変更することで歩行が誘導されるのか検証するため、AR 表示無・手法 3-1・手法 3-2 の床を歩いたときのゴール地点から到着点までの距離に対して分散分析による検定を行った結果、有意差はみられなかった。被験者の意見では、右方向への誘導感があったと答えた被験者が 7 名おり、特に被験者 F, I は図 13 から右に誘導されていることがわかる。速度の違いによる影響の差が見られた被験者がいるが、手法 3-1 のほうが移動距離が大きい被験者、手法 3-2 の方が大きい被験者、それぞれいたため、速度の違いによる一貫した影響はみられなかった。被験者 B, G, L は左方向へ移動しているが、右方向に流されそうだったので左に修正しようとしたという意見があり、右方向への誘導という狙いと異なるが、テクスチャ表示によって行動に影響を与えたと考えられる。移動距離についてあまり大きな影響が得られなかった原因としては、テクスチャ上の歩行距離が短かったため影響が十分に出る前に歩行が終了してしまったことや、流されていると感じて被験者が軌道を修正したこと、実世界の床が AR で表示しているテクスチャを透かしてわずかに見えてしまっていたことなどが原因として考えられる。

## 5.4 実験のまとめ

実験1では、静止したエスカレータのテクスチャを表示しても、上りづらさを感じないという意見がほとんどであった。実験2では、動くムービングウォークの表示により、速度感に変化があった。実験3では、右方向に動く縞模様を表示することで、9名中7名の被験者が右方向に流されていると感じたと答えた。これらより、テクスチャ変更には人に影響を与えやすいものと、与えにくいものがあると考えられる。実験2, 3ではテクスチャに動きがあったので、動きのあるテクスチャがより人に影響を与えやすい可能性がある。実験3では、速度の違いによる影響に一貫した傾向はみられなかったため、今後は実際に歩行が左右へ誘導されるために、最も誘導されやすい速度を検証する。今回の実験では歩行距離が短かったことにより影響が十分にでなかったと考えられるため、長い距離の歩行についても調査する。デバイスの視界が狭いという意見が多くみられたため、視界が広いデバイスを使用する必要もある。

今回の実験より、提案システムを用いることで片側通行を求める場所で人をどちらか片方に誘導することや、速度感を遅くさせて歩行の疲労感を増やし走ることが好ましくない場所で走りづらくさせる誘導などに利用できると考えられる。

## 6. まとめ

本稿では、ARを用いて実世界のテクスチャを変化させて見せることによる人物誘導手法を提案し、テクスチャ変更による人への影響を調査することで、歩行誘導に利用できる手法を検討した。

予備実験の結果を踏まえ3種類の評価実験を行った。実験1では、階段に静止したエスカレータと白い階段のテクスチャを表示し比較を行ったが、両者ともに歩きづらさに影響はなかった。また、階段とテクスチャとのズレによる影響はみられなかった。実験2では、廊下に動くムービングウォークのテクスチャを表示したところ、歩行時の速度感に変化があった。実験3では、床に右方向に動く縞模様の床のテクスチャを表示したところ、歩行の誘導は確認できなかったが、誘導感には影響を与えた。今回の実験より、ARを用いたテクスチャ表示により、歩行の誘導や抑制が可能であると考えられる。

今後は、影響がみられた実験2, 3のような動きのあるテクスチャへの変更に着目し、人の行動に影響を与え特定の方向へ誘導するテクスチャ表示をさらに検証していく。実験3のテクスチャにおいて実際に歩行を左右方向へ誘導させるため、より影響を与える速度の調査や歩行距離を延ばすことで影響が大きくなるかについても調査していく。また、床以外にも壁や天井にARでテクスチャを表示した際の影響についても検討する。

謝辞 本研究の一部は、国立研究開発法人情報通信研究

機構、JST CREST(JPMJCR16E1)およびJST さきがけ(JPMJPR15D4)の支援によるものである。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

- [1] 照明学会編『屋内照明のガイド』電気書院(1980).
- [2] T. Fukui, T. Kimura, K. Kadota, S. Shimojo, and H. Gomi: Odd Sensation Induced by Moving-Phantom Which Triggers Subconscious Motor Program, *PLoS ONE*, Vol. 4, No. 6, pp. 1–11 (June 2009).
- [3] Case Ceramica, <http://www.casaceramica.co.uk/>.
- [4] F. Pavani, C. Spence, and J. Driver: Visual Capture of Touch: Out-of-the-Body Experiences With Rubber Gloves, *Psychological Science*, Vol. 11, No. 5, pp. 353–359 (Sep. 2000).
- [5] A. Violyentsev, S. Shimojo, and L. Shams: Touch-Induced Visual Illusion, *NeuroReport*, Vol. 16, No. 10, pp. 1107–1110 (July 2005).
- [6] H. McGurk and J. Macdonald: Hearing Lips and Seeing Voices, *Nature*, Vol. 264, pp. 746–748 (Dec. 1976).
- [7] T. Narumi, Y. Ban, T. Kajinami, T. Tanikawa, and M. Hirose: Augmented Perception of Satiety: Controlling Food Consumption by Changing Apparent Size of Food with Augmented Reality, *Proc. of the Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2012)*, pp. 109–118 (May 2012).
- [8] D. Lindlbauer, J. Mueller, and M. Alexa: Changing the Appearance of Real-World Objects by Modifying Their Surroundings, *Proc. of the Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2017)*, pp. 3954–3965 (May 2017).
- [9] 岡野 裕, 雑賀慶彦, 橋本悠希, 野嶋琢也, 梶本 裕之: 周辺視ディスプレイを用いた自己運動感覚の増強, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp. 139–140 (Sep. 2007).
- [10] 安藤英由樹, 渡邊淳司, 杉本麻樹, 前田太郎: 前庭感覚インターフェース技術の理論と応用, 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 3, pp. 1326–1335 (Mar. 2007).
- [11] Y. Kojima, Y. Hashimoto, S. Fukushima, and H. Kajimoto: Pull-Navi: A Novel Tactile Navigation Interface by Pulling Ears, *Proc. of the 36th International Conference and Exhibition on Computer Graphics and Interactive Techniques (SIGGRAPH 2009)*, No. 19, p. 1 (Aug. 2009).
- [12] M. Frey: CabBoots: Shoes with Integrated Guidance System, *Proc. of the 1st International Conference on Tangible and Embedded Interaction (TEI 2007)*, pp. 245–246 (Feb. 2007).
- [13] 渡邊紀文, 森 文彦, 大森隆司: 周辺視へのオプティカルフロー刺激と身体動揺を利用した歩行者の誘導モデル, 映像情報メディア学会誌, Vol. 67, No. 12, pp. 434–440 (Nov. 2013).
- [14] M. Furukawa, H. Yoshikawa, T. Hachisu, S. Fukushima, and H. Kajimoto: “Vection Field” for Pedestrian Traffic Control, *Proc. of the 2nd Augmented Human International Conference (AH 2011)*, No. 19, pp. 1–8 (Mar. 2011).
- [15] 廣本皓大, 寺田 努, 塚本昌彦: 装着型ディスプレイへの視覚効果提示による歩行誘導手法の提案, 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOMO2015) 論文集, pp.1664–1670 (July 2015).
- [16] A. Ishii, I. Suzuki, S. Sakamoto, K. Kanai, K. Takazawa, H. Doi, and Y. Ochiai: Optical Marionette: Graphical Manipulation of Human’s Walking Direction, *Proc. of*

*the 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology (UIST 2016)*, pp. 705–716 (Oct. 2016).

- [17] MOVERIO, <http://www.epson.jp/products/moverio/bt300special/>.
- [18] Vuzix Blade, <https://www.vuzix.com/>.
- [19] Microsoft HoloLens, <https://www.microsoft.com/en-us/hololens>.
- [20] Unity, <http://japan.unity3d.com/>.