

# ベクション場による歩行誘導手法の提案

吉川 博美<sup>†</sup> 蜂須 拓<sup>†</sup> 福島 政期<sup>†</sup>  
古川 正紘<sup>†,‡</sup> 梶本 裕之<sup>†,††</sup>

歩行者が入り乱れる建物内や駅構内では混雑を緩和させる目的で記号や音声による案内を設置し、歩行者に片側通行等と呼びかけている。しかし案内の見落とし・無視により混雑は緩和されていない。そこで我々は、これらの意味解釈を必要とする案内に置き換わる手法として、床面に設置したレンチキュラレンズより歩行者にベクションを生じさせる視覚刺激を呈示する歩行誘導手法を提案した。本手法によって歩行者は自然に片側通行を行い、公共施設内の歩行者の混雑を緩和できると考えられる。本稿では歩行者にベクションが生じるように設計したレンチキュラレンズによる歩行誘導効果の評価を行った。

## Vection Field: the Visual Navigation Method for Pedestrian

YOSHIKAWA HIROMI<sup>†</sup> HACHISU TAKU<sup>†</sup> FUKUSHIMA SHOGO<sup>†</sup>  
FURUKAWA MASAHIRO<sup>†,‡</sup> KAJIMOTO HIROYUKI<sup>†,††</sup>

In urban crowded buildings and stations, handling pedestrians' flow is one of the most significant issues. Visual and audio signs asking pedestrians to keep one side are commonly used, which are mostly ignored or neglected. To cope with this issue, we proposed a new pedestrian control method, which presents visual cues that induce vection to pedestrian using animation on the floor. The animation is realized by lenticular lens and the pedestrians' motion so that no electrical power is needed. In this paper, we evaluated our proposal focusing on the animation behavior presented by the lenticular lenses. Results revealed that the animation significantly effects pedestrians' path way.

### 1. はじめに

都心部の建物内や駅構内等の多くの歩行者が入り乱れる環境において、歩行者の混雑を緩和するために「右側通行」などを示す記号や音声によって交通整理が試みられている。しかし歩行者はこれらの記号や音声を見落とししたり見落としていたりするため、混雑が緩和されていないという問題がある。歩行者は案内の意味を解釈して行動に移す必要があるため、心的コストが要求されていることが本問題の原因と考えられる。つまり従来の意味解釈を必要とする交通案内では混雑を緩和することは難しいと言える。

一方で歩行者を直感的に目的地まで誘導するという目的で、運動を誘発する感覚呈示によって方向を提示するウェアラブルな装置が考案されている。前田ら<sup>1)</sup>は、前庭感覚に電気刺激すると平衡感覚に作用して身体が傾くことを利用した歩行誘導技術を提案している。

また小島ら<sup>2)</sup>は耳が牽引される力に敏感であることに着目し、耳を牽引することで方向呈示が可能であることを明らかにした。

確かにこれらの手法は歩行者を直感的に誘導するという点では有効である。しかし本研究が目指す公共施設における交通整備を考えた場合、歩行者全員に感覚呈示装置を着用させることは実践的な方法ではない。このことから運動が誘発される刺激は個人に装着された装置からではなく、環境から歩行者に呈示されることが望ましい。環境から呈示できる刺激として一般的に視覚および聴覚が挙げられる。我々はこのうち視覚のもつ視覚誘導性自己運動感覚（ベクション）に着目した。

本研究ではベクションが生起される視覚刺激を環境に呈示し歩行者を右側通行させる（図 1）。これにより混雑した歩行者の流れが整い、自然と交通整備が行われる。ベクションは視覚刺激を床面に呈示した場合に強く生起されることから<sup>3)</sup>、我々は視覚刺激を床面に広範囲に呈示する。またベクションが及ぼされる空間を生成するという意味でこの空間を「ベクション場」と名付ける。

<sup>†</sup> 電気通信大学  
University of Electro-Communications  
<sup>‡</sup> 日本学術振興会特別研究員  
Japan Society for the Promotion of Science  
<sup>††</sup> 科学技術振興機構さきがけ  
Japan Science and Technology Agency

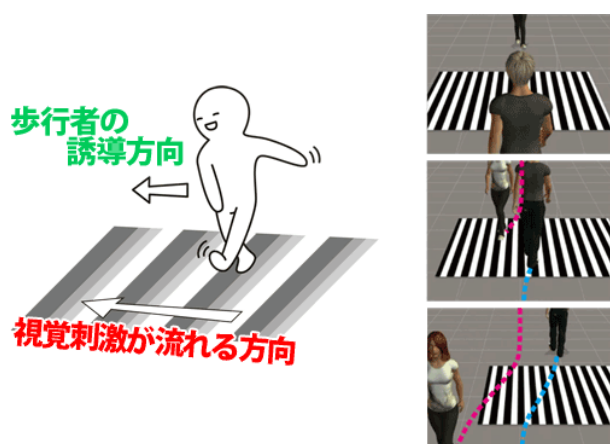


図 1 ベクシオン場の完成想定図

歩行者にベクシオンを生じさせる視覚刺激はレンチキュラレンズを用いて呈示する。レンチキュラレンズとは断面が半円状のレンズを無数に並べられたシートである。このレンズに少しずつ絵柄をずらした画像を格納すると、レンズに対して視線を任意方向に動かすことでアニメーションを呈示することができる。またレンチキュラレンズの特性上、任意方向と逆方向に視線を動かすとアニメーションが逆再生される。

歩行者にベクシオンを生じさせる視覚刺激をレンチキュラレンズに格納し、その上を歩行することで視覚刺激は完全無電源で生成される。また任意方向と逆方向に歩行すると視覚刺激が逆再生され、ベクシオンの向きも逆転する。したがってレンチキュラレンズによって構成されたベクシオン場を二人の歩行者が対面方向に前進すると、お互いがお互いを避けるように歩行すると考えられる (図 1 右)。

被験者がレンチキュラレンズの一点を見つめた場合、被験者に呈示されるアニメーションの再生速度は被験者の頭部運動速度に比例する。前回の報告で我々はプロジェクタと頭部位置計測システムを用いて画像を床面に投影し、頭部運動速度に応じて呈示画像を並進運動させることでレンチキュラレンズのシミュレーションを行った<sup>4)</sup>。そして頭部運動によって並進運動する視覚刺激が歩行誘導に有効であることを示した。

本稿では、この前回の報告に基づいて制作したレンチキュラレンズについて報告する。また制作したレンチキュラレンズが歩行誘導効果を有するかを検証する。

## 2. レンチキュラレンズによる実装

レンチキュラレンズの上を歩行するとき、歩行者には複数周期のアニメーションが観察されるので、視覚

刺激は周期的パターンをもつことが望ましい。また前回の報告<sup>4)</sup>で使用したランダムドットと縞模様はともに歩行誘導効果はあったものの、前者では、レンチキュラレンズで実装された画像は一般的に滲んでしまうことから、小さなドットが歩行者に十分に観察されない恐れがある。以上の理由から我々はレンチキュラレンズに格納するアニメーション画像として縞模様を採用した。縞模様には白色と黒色を用い、1本あたりの縞の幅を 0.2m に設計した。一周期のアニメーションは 6 コマの画像から構成され、床に設置されたレンチキュラレンズに対して視線を 30 度動かすことで観測される。縞模様は歩行者が前進すると右方向に並進運動するように設計した。

我々は 0.3×2m のレンチキュラレンズのパネルを 10 枚制作し、縦に並べて配置した (図 2)。

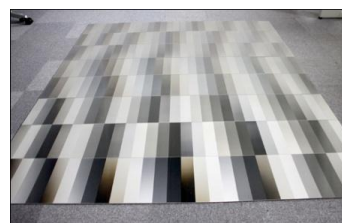


図 2 制作したレンチキュラレンズ

制作したパネルを並べて配置すると、視覚刺激は前回の報告のシミュレーションとは異なって観測された。

まず身長によって観察される画像が異なったことが挙げられる。図 3 に示すようにレンチキュラレンズパネルを床に敷いて同一位置からレンチキュラレンズを注視した場合、歩行者の視線の高さによって視線の角度が異なる。観察される画像は視線の角度に従うため、身長によって異なる画像が呈示される。

次に縞模様が曲がって観測されたことが挙げられる。歩行者がレンチキュラレンズの一点を注視した際、手前から奥にかけて次第にレンチキュラレンズに対する歩行者の視線の角度が逆余弦関数的に小さくなる。前述のように視線の角度によって画像は変化するため、直線的な縞模様には観察されない。またこれに伴い、歩行中に観察されるアニメーションは前回の報告のように画像全体が一定の速度で並進運動するのではなく、手前ほど速く、奥側ほど遅く観察された。歩行者の手前側では視線の角度変化が大きいためアニメーションが速く再生されるのに対し、奥側では視線の角度変化が小さくなり、再生速度が遅くなるためである。

前回の報告ではこれら空間的・時間的な要素が考慮されていなかったため、今回実装されたレンチキュラ

レンズの縞模様は異なる見え方をすると考えられる。しかし歩行者の運動に対して視覚刺激が並進運動することが誘導効果に必要な要素であるならば、前回の報告と同様の歩行誘導効果がレンチキュラレンズによる視覚刺激でも得られると考えられる。

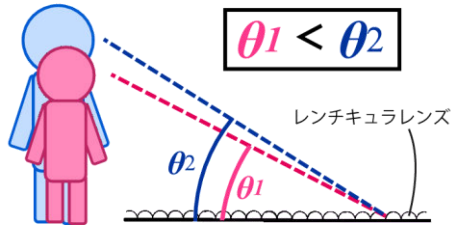


図3 目線の高さによる視線角度の違い

### 3. レンチキュラレンズの視覚刺激による歩行誘導効果検証実験

本実験では、制作したレンチキュラレンズの視覚刺激が歩行誘導効果を有するかの検証実験を行った。

#### 3.1 視覚刺激の設計

本実験では前章で述べたレンチキュラレンズのパネルを用いて視覚刺激を設計した（レンチキュラ刺激）。レンチキュラ刺激は10枚のレンチキュラレンズのパネルを床面に縦に並べて制作した（図4左）。

また比較刺激として被験者がレンチキュラレンズ刺激を端から直立して見たときの視覚刺激を模擬した静止画像（静止刺激）を設計した。0.3×2mの紙に1本当たり0.2mの白色と黒色の縞模様を描き、A3サイズのアクリル板によってカバーした静止画パネルを用いて静止刺激を制作した。この静止画パネルを10枚用意し、レンチキュラレンズ刺激と同様に、縦に並べて床面に配置した（図4右）。

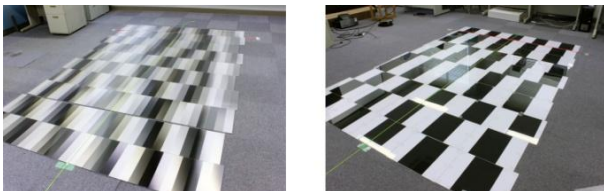


図4 レンチキュラレンズ刺激（左）およびレンチキュラレンズ刺激を模擬した静止刺激（右）

静止画パネルを設置する際、カバーしたA3サイズのアクリル板の繋ぎ目が手前から奥のパネルにかけて直線になり、被験者が直線的に歩くための手がかりになる可能性がある。その可能性を排除するために、パ

ネルを1枚毎に左右に0～5cmずらし、アクリル板の繋ぎ目が直線にならないように設置した。統制をとるため、レンチキュラレンズのパネルも同様にずらして設置した。

#### 3.2 被験者

本実験では男性4名、女性2名の計6名で行った。被験者の平均年齢(標準偏差)は23(±2)歳、平均身長(標準偏差)は164(±8)cmであった。

#### 3.3 実験手続き

実験の様子および実験構成を図5に示す。

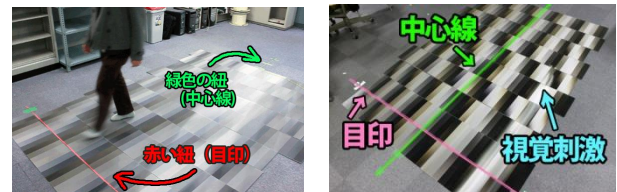


図5 実験の様子（左）および実験構成（右）

はじめに被験者はレンチキュラレンズの端に直立し、中心線を示す緑色の紐に身体を中心を合わせた。この地点をスタート地点とした。その後実験者によって中心線を示す紐は取り除かれた。被験者は、スタート地点から2.7m先の赤い紐を目印として、これを注視しながら歩行し、目印を越えたらその場で立ち止まるよう指示された。また被験者には普段の速度で歩行するようあらかじめ伝えられ、その際に体の力を抜き正面に向かって歩くように指示された。

被験者が目印を越えて立ち止まった後、実験者は中心線の紐を再び設置し、中心線から被験者の位置までの距離を測定した。なお中心線から右方向を正と定義した。1名の被験者につき、レンチキュラ刺激を5試行、静止刺激を5試行、計10試行が行われた。視覚刺激はランダムな順番で呈示された。

#### 3.4 実験結果

実験結果を図6に示す。なお被験者6名のうち1名が、レンチキュラ刺激の模様を観測しにくく刺激の並進運動を感じにくかったと訴えたため、その実験データを除外した。

グラフにおける縦軸は中心線から被験者が停止した地点までの平均距離を示し、エラーバーは標準偏差を示す。グラフよりレンチキュラ刺激によって被験者が視覚刺激の並進運動方向に誘導される一方で、静止刺激では被験者がほぼ真っ直ぐ歩行できていたことが分かる。またt検定より、レンチキュラ刺激と静止刺激の間で中心線と被験者の間の距離の大きさに有意差があることが認められた( $p<0.01$ )。

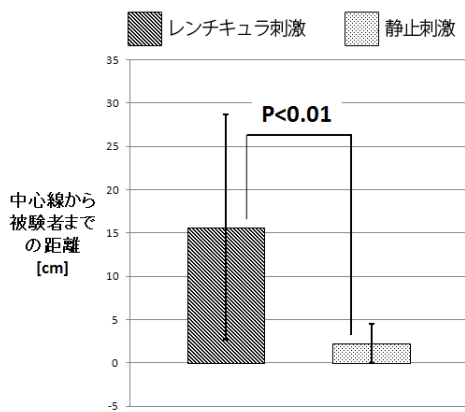


図 6 実験結果：レンチキュラレンズによる歩行誘導効果

#### 4. 考察

実験結果から、レンチキュラ刺激が視覚刺激の並進運動方向に歩行誘導効果を有することが分かる。また視覚刺激が並進運動しない静止刺激では、歩行誘導効果は見られなかった。この結果より、歩行者の運動に応じて視覚刺激が並進運動することが歩行誘導効果の重要な要素であることが示唆された。

実験終了後の内観報告で「目印に近づくほど誘導される」という前回の報告と同様のコメントが得られた。目印に近づくとき視線は次第に真下を向いていくため、中心視野に占める視覚刺激の割合が大きくなり、被験者により強いベクションが生じていたためと考えられる。また、目印に近づくほど被験者の視線の角度変化が大きくなり視覚刺激の並進運動速度が速くなるため、よりベクションを強く感じていたと考えられる。

また「実験中、視覚刺激以外の周囲のものに注意が向けられ、誘導効果が妨げられる気がした」といった内観報告もあった。これは視覚刺激周辺のものが並進運動しないため被験者が真っ直ぐ歩くための手がかりになったと考えられる。実際にレンチキュラレンズを建物内や駅構内の環境下に設置する際、さらに多くの歩行者の周囲のものが視覚刺激の妨げになると考えられる。視野に占める視覚刺激の割合と歩行誘導効果の関連性も今後検証する必要がある。

歩行誘導効果が見られなかった被験者については「刺激が動いている様子が分からなかった」との内観報告を得た。原因として、レンチキュラレンズの表面上で照明光の反射が起こる箇所があることや、レンズへの照明光の入射角度によって視覚刺激の白色と黒色のコントラストが低くなり、刺激を観察しにくい箇所があることが考えられる。これらの解決策として間接照明の使用が挙げられる。間接照明を用いることでレン

ズ表面の反射を防ぎ、レンチキュラレンズに一樣に光を当てることでコントラストの低下を抑えることができると考えられる。

実際にレンチキュラレンズを建物内、駅構内に設置する際には多くの歩行者がその上を歩行するため、レンズが摩耗することが考えられる。したがってレンチキュラレンズの上に透明な板やシートで覆う必要がある。また光を拡散させるシートを用いることで反射によるコントラストの低下も防ぐことができると考えられる。

#### 5. おわりに

本研究では、歩行者の動きに応じた視覚刺激をレンチキュラレンズを用いて床面に呈示して歩行者にベクションを生じさせることで歩行誘導を行い、公共施設の混雑を解決する手法を提案した。本稿では制作したレンチキュラレンズについての報告を行った。そしてそのレンチキュラレンズによる歩行誘導効果の検証実験を行い、レンチキュラレンズによって呈示される視覚刺激が歩行誘導に有効であることを示した。

今後は視野に占める視覚刺激の割合と歩行誘導効果の相互作用の検証を行う予定である。また実際にレンチキュラレンズを公共施設に設置するに当たっての問題点や改善点についても議論する必要がある。

#### 参考文献

- 1) 前田, 安藤, 渡邊, 杉本: 「前庭感覚電気刺激を用いた感覚の提示」, バイオメカニズム学会誌, 2007, vol.31, no.2
- 2) Y. Kojima, Y. Hashimoto, H. Kajimoto, “Pull-Navi,” Emerging Technologies Session, ACM SIGGRAPH, 2009.
- 3) 佐藤, 妹尾, 金谷, 深沢: 「地面は空よりも堅固なのか?—ベクション誘導における地面と空の比較—」, 亜細亜芸術科学学会 學術文集, 2007
- 4) 吉川, 蜂須, 福嶋, 古川, 梶本: 「歩行誘導における自己運動を用いたベクション場の設計」, 日本バーチャルリアリティ学会第 15 回大会論文集 (2010 年 9 月金沢), 2010
- 5) 吉田, 竹中, 伊東, 上田, 飛嶋: 「オブティカルフローの提示によって引き起こされる自己運動感覚を用いた歩行の誘導」, 情報処理学会 CVIM [2006-CVIM-152], 2006, pp.125-128
- 6) J R Lishman, D N Lee: “The autonomy of visual kinaesthesia”, Perception, 1973, vol.2, p.287-294