

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 9 月 7 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26289210

研究課題名(和文) 探索歩行時の空間把握における中心視と周辺視の協応メカニズムの解明

研究課題名(英文) Cooperative Mechanism between Central vision and Peripheral vision in Spatial Cognition while Walking

研究代表者

吉岡 陽介 (Yoshioka, Yohsuke)

千葉大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：00361444

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,100,000円

研究成果の概要(和文)：人間の視野機能は、その領域的特性によって「中心視」と「周辺視」に分類される。本研究では、中心視と周辺視の協応メカニズムの有無が歩行時の空間把握に与える影響を検証した。視野の任意の部分を遮蔽できる実験装置を開発し、この実験装置を用いて被験者の中心視や周辺視野の一部を制限し、歩行実験を実施した。実験結果より、中心視の制限によって階段歩行時の歩行速度が有意に低下すること、周辺視の制限によって対象までの距離感が変化すること、などが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to investigate the effects of selective restriction of central vision on the walking. Experiments were performed by using a newly developed experimental instrument for restricting the arbitrary area of the human visual field. The results revealed that the walking speed during the staircase is significantly reduced due to the selective restriction of central vision, and the sense of distance to an object in virtual environment would change due to the selective restriction of peripheral vision.

研究分野：建築計画、建築人間工学

キーワード：中心視野 周辺視野 探索歩行 協応機能 空間認知

1. 研究の背景

中心視野と周辺視野、この二つの視野機能を相互補完的に駆使することで、人間は、日常生活におけるさまざまな情報処理活動を実現することができる。

本研究では、中心視と周辺視の機能について、個別の視覚機能に加えて、それぞれの視覚機能の相互作用の重要性にも着目することとした。中心視と周辺視の相互作用によって成立している人間の空間認知の特性や空間内行動の特性を明らかにすることで、人間の空間把握のメカニズムに対する理解をさらに深め、安全で快適な建築空間を計画するための新しい知見を得ることができると考える。

2. 研究の目的

本研究は、日常の空間把握における中心視と周辺視の相互作用の機能を解明することを目的とする。制限視野法を用いた被験者実験の結果を定量分析することによって、中心視と周辺視の協応の重要性を明らかにし、既往研究で見出された知見の補完を試みることにした。

3. 研究の方法

本研究は 3 つの制限視野法を用いた歩行実験によって構成される。

制限視野法では、中心視や周辺視の一部のみを選択的に制限することができる実験装置を作成し、装置を装着した被験者を対象に歩行実験を行う。

視野の一部をあえて遮蔽し、その状態で能動的な行為を行ってもらうことで、遮蔽によって生じる被験者の行動の特性を、遮蔽されていない状態での行動の特性と比較することができるようになる。二つの状態での行動特性の比較によって、遮蔽された視野の部分が本来ならば担っていたであろう役割を定量的に抽出することができる。

4. 研究成果

4-1. 周辺視野情報と距離感

仮想環境内に提示した物体に対する距離感が、周辺視野情報の有無によってどのような影響を受けるのかを検証した。

(1) 実験手法の開発

没入型仮想環境提示システムの概要

対角視野 111 度のヘッドマウントディスプレイ (nVisor SX111:NVIS 社製) を核とした没入型仮想環境提示システムを用い、被験者による距離評価実験を行う。システム概要を図 1-1 に示す。

ヘッドマウントディスプレイの後頭部に取り付けられた 3 軸加速度センサー (InertiaCube 2+) が、被験者の頭部回転角を取得し、実験室の四隅に設置されたポジショントラッキング用の高精度カメラ (PPT-X:WORLD VIZ 社製) が、実験中の被験者の頭部位置座標を取得する。

これら二つの逐次データに同調するように、ヘッドマウントディスプレイ内の仮想環境映像をリアルタイムで制御することで、被験者に、あたかも自らの足と頭で仮想環境の中を歩き回り、見廻しているように感じさせることができる。

距離評価のための仮想環境の構築

Vizard4.0 用いて距離感評価のための仮想環境実験プログラムを構築した。幅 6m 天井高 6m の直線経路を作成し、その末端に球体を浮遊させる。被験者は、その球体までの距離をコントローラで調整する。

球体の直径は約 1.05m とし、球体の背後 3m の位置には経路壁面と同じテクスチャの壁を置き、球体を囲む行き止りを構成する。

なお、球体の浮遊する高さは、実験開始時に取得した各被験者の目線高さとも一致させるように、制御プログラムを仕組んでいる。

被験者は、はじめに「基準距離」の記憶を行う。3m、6m、9m のうち、いずれかの距離に浮遊する球体を 10 秒間、立位のまま眺め、球体までの距離感を記憶する。

つづいて、基準距離よりも少し離れた位置に表示される球体に対して、自らの足で近づき、基準距離と同じ距離だと感じる地点で立ち止まる。この調整フェーズにおけるスタート地点から球体までの距離は「基準距離 + 」とし、には 1.5m、2.0m、2.5m のいずれかをランダムに入力することとした。

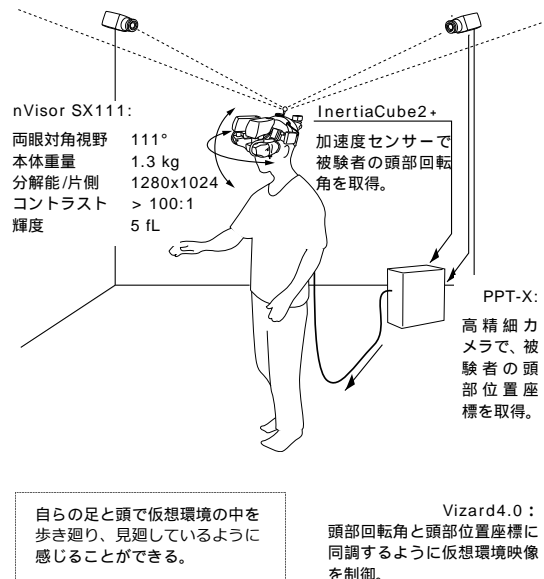


図 1-1 仮想環境提示システムの概要

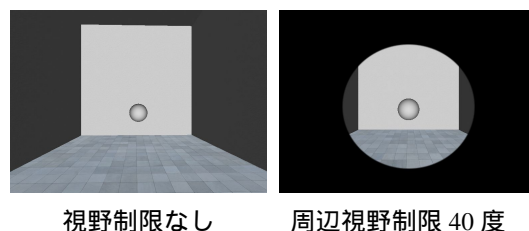


図 1-2 浮遊する球体と周辺視野の有無

加えて、この調整フェーズでは、実験条件に応じて20度、40度、60度の円形の穴（マスク）が表示され、被験者の視野を制限する。立ち止まった位置から球体までの距離が、基準距離に比べてどの程度の誤差を含んでいるのかを分析することで、視野制限が仮想環境内での距離感に与える影響を検証する。

(2) 表示視野角と距離評価の精度

20代の学生30名（男性15名、女性15名）を被験者として実験を行った。実験条件は、基準距離「3m、6m、9m」の3条件×表示視野角「20度、40度、60度、なし」の4条件、の合計12条件である。

各実験条件における基準距離と調整後の球体までの距離との差分を算出し、その絶対値を「誤差」として距離評価の精度を分析する。各表示視野角における誤差の平均値と基準距離との関係を、図1-3に示す。

表示視野角20度および60度の条件では、基準距離が長くなるに従って、誤差が大きくなり距離評価の精度は低くなる傾向にある。しかし表示視野角40度では、基準距離9mでの誤差が基準距離6mでの誤差よりも小さい。

多重比較検定を行った結果、基準距離9mでは、表示視野角40度における誤差が、他の表示視野角における誤差に比べて有意に小さいことが確認された。

また表示視野角40度を除く、表示視野角20度、60度、視野制限なし、において、基準距離9mでの誤差が、基準距離3mでの誤差に比べ有意に大きいことが確認された。二つの結果より、基準距離9mでは、表示視野角40度における距離評価の精度が特異的に高いことが了解される。

ただし、視野制限なしでの誤差は、基準距離6mにおいて特に小さく、他の表示視野角とは明らかに異なる推移を見せていること、全体としては、表示視野角が大きくとも誤差が大きくなる場合がある。

実験結果から抽出した距離評価の精度については、表示視野角の増減に対応するような定性的な傾向が見出せず、解釈の難しい部分も残された。被験者それぞれの、距離評価における周辺環境の利用の仕方の違いが、こうした交錯した結果を生じさせている可能性があることがわかった。

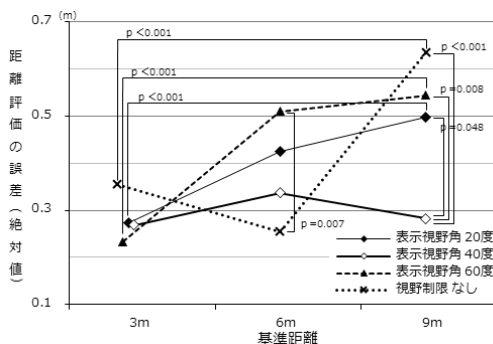


図 1-3 周辺表示角と距離評価の誤差

4-2. 物理的視野遮蔽と空間把握

矩形の仮想空間の中に、寸法や配置の異なる垂れ壁を提示し、被験者が認識する空間の中心位置の推移を測定した。そのことによって、垂れ壁による物理的な視野遮蔽が仮想空間における空間の中心位置の認識にどのような変化を及ぼすのかを検証した。

(1) 実験方法

Vizard4.0 (WORLD VIZ)を用いて、幅 5400mm × 奥行 7200mm × 高さ 3000mm の仮想空間を作成した。天井と壁面は木目調、垂れ壁はコンクリート、床はグレーのタイルをテクスチャとして割り当てた。この仮想空間にさまざまな寸法と配置の垂れ壁を乗算して提示する。

被験者には、対角 111度の広い視野角を備えたHMD (nVisor SX111: NVIS社製)を用い、仮想環境に没入してもらう。ポジショントラッキング用のカメラと3軸角度センサーにより頭部の三次元座標を取得することで、仮想環境内を歩き廻り見廻すことができる。

被験者は、20代の大学生7名（男性5名、女性2名）とした。垂れ壁の高さは、800mm、1300mm、1800mmの3段階の高さとし、左右方向への配置、前後方向への配置の2パターンで提示する。

(2) 実験の結果

空間の中心位置の移動距離について、垂れ壁の寸法、配置条件を要因とした分散分析を行い、主効果あるいは単純主効果が確認された条件について、ボンフェローニ法による多重比較検定（1%水準）の結果を拾った。

左右型配置による空間中心の移動

「左右型」による前後方向への空間中心の移動について分析を行ったところ、垂れ壁高さについて主効果が認められた。

多重比較から、基準空間との間に、有意な空間中心の移動が認められた。垂れ壁提示によって、空間中心が後向きに移動することが確認できた。

垂れ壁を中央に配置した場合、垂れ壁の高さ800mmと垂れ壁の高さ1800mmの間に、有意な差が認められた。また垂れ壁の高さ1300mmと垂れ壁の高さ1800mmの間にも、有意な移動が認められた。

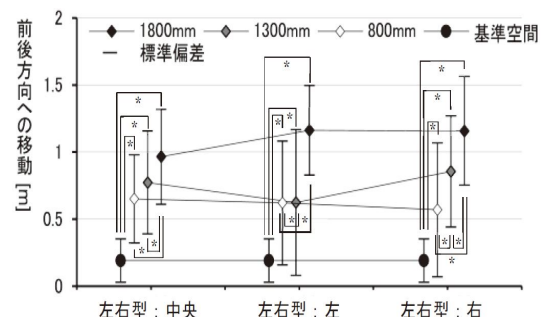


図 3-1 左右型配置による空間中心の移動

前後型配置による空間中心の移動

垂れ壁の配置と高さを要因とした分散分析を行ったところ、いずれの要因についても有意な主効果・交互作用は認められなかった。

以上より、垂れ壁を、矩形空間の長辺方向の中央軸に対して、片寄せて配置した場合には、短辺方向の中央軸に対して片寄せて配置した場合は異なり、垂れ壁に平行な方向への空間中心の移動は発生しないことがわかる。また「左右型」の片寄せ配置では、空間の幅に対して垂れ壁の幅が占める割合が大きい。それに対して「前後型」配置では、空間の幅に対する垂れ壁の幅が占める割合はちょうど半分になっていた。

片寄せ配置と空間中心の移動

次に、垂れ壁を片寄せて配置した場合の、空間中心の移動する方向について分析する。左右方向と前後方向の空間中心の移動量を分析した結果、次の二つの傾向が見られた。

- 左右型配置で、垂れ壁を左右に片寄せると、空間中心も、提示した垂れ壁の中央の軸に近づくように斜めに後退する。
- 前後型配置では、垂れ壁を左右に片寄せても、空間中心はどちらにも偏ることなく提示した垂れ壁に対して垂直に後退する。

以上の実験結果より、垂れ壁による視野遮蔽によって、仮想空間における空間の心理的な中心位置が定性的に移動することが、明らかになった。垂れ壁によって、利用者が認識する空間の形状を任意に操作できる可能性が示唆される。

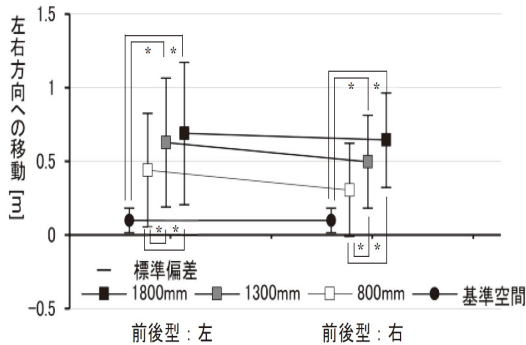
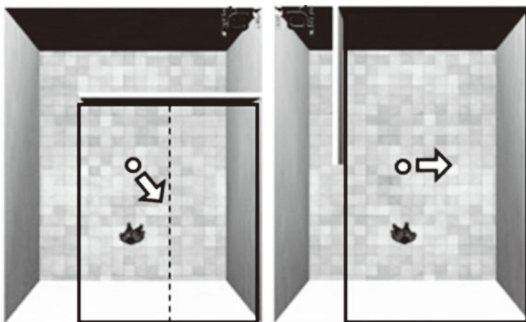


図 3-2. 前後型配置による空間中心の移動



a. 「左右型」配置

b. 「前後型」配置

図 3-3. 空間中心の移動特性

4-3. 階段下降時の視野協応

中心視による情報獲得の有無が階段下降時の歩行速度に与える影響を検証した。

視野の任意の部分を制限できる実験装置をあらたに開発し、この実験装置を用いて、被験者の中心視を選択的に制限した階段下降実験を実施した。歩行速度の変化に加え、歩幅や頭部回転角との関連を分析することで、階段下降時における中心視の機能の解明を試みた。

(1) 実験装置の開発

既往研究において我々が開発した実験装置では、眼前に直径 1mm の小さな穴を配置することで、全方位に 35° 強の広さの円形の視野を確保しつつ、その中で任意の視野部分を制限した。今回開発した実験装置では、垂直方向であれば 150° 以上の視野を確保しつつ、任意の視野部分の制限が可能である。

実験装置の仕組み

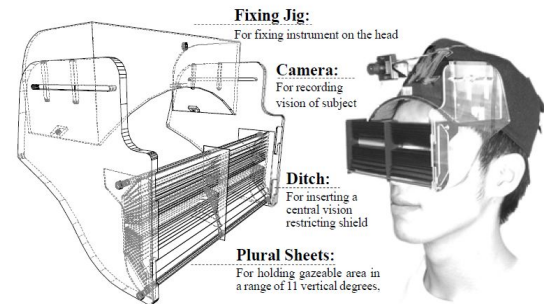
眼前の薄い板によって、眼球が正面を向いていれば、周囲から眼球へ向かう光は、板と板の隙間を通して網膜へ到達する(図 2-1)。すなわちこの状態では、板の向こう側の環境を視野全体で「見る」ことができる。この見えている範囲を「視野範囲」と定義する。

しかし視野範囲の中で、注視できるエリアは、中央部に限定される。中心窩網膜から水晶体中央へと伸ばした視線を、回旋点を中心に回転させると、放射状の配列の中央部では、向こう側まで視線を伸ばすことができる。

ただし、配列中央から外側へと視線を回転させると、板によって視線が遮られ、そのまま連続的に配列の周縁部分まで、向こう側を捉えられない状態が続く。中心窩網膜が活用できる範囲、「注視可能な範囲」は中央のごく狭い範囲に限定される。本研究で開発した実験装置はこの原理を応用したものである。

実験装置の構造

実験装置は、装着者の視野状態を制御する「装置部」と「台座部」によって構成される(図 2-1)。装置部には溝があり、この溝に特定の形状の遮蔽板を嵌め込むことで、任意の視野の部分を制限することが可能となる。



The instrument consists of plural sheets arranged regularly and a head-fixing jig. A small camera is placed on the upper part for recording the vision of subjects.

図 2-1. 実験装置の仕組みと外観

実験装置の効果の検証

20代の大学院生22名(男性14名,女性8名)を対象に実験装置による視野の特性を測定した。計測ではまずレーザーポインタを照射し,その反射光が視認できる限界域を「視野範囲」とした。続いて視力検査用のランドルト環を用いて,中心窩視力が維持できている範囲を測定し,「注視可能な範囲」とした。

「視野範囲」は,各被験者とも約150度の広さを維持している一方,「注視可能な範囲」は,「視野範囲」の中央の約11度の範囲に狭められていた。「遮蔽範囲」は約22度であり,「注視可能な範囲」より十分に大きいことが確認された。最後に,「遮蔽板」のみでの視野状態の計測を行い,眼前中央約22度の帯状の領域が遮蔽されていることを確認した。

(2) 実験方法

視野条件

本実験での視野条件は以下の4つとする。

1) 中心視制限条件 (Central Restrict under Fixed Fixation/以下 CR-Fix): 注視可能な範囲が限定された状態での中央遮蔽。

2) 中央遮蔽条件 (Central Restrict under Free Fixation/以下 CR-Free): 中央遮蔽用の「遮蔽板」のみをセットした装置を装着。

3) 注視範囲限定条件 (No Restriction under Fixed Fixation/以下 NR-Fix): 「装置部」のみ装着。注視可能な範囲は中央部に限定。

4) 通常視野条件 (No Restriction under Free Fixation/以下 NR-Free): 「装置部」を外した実験装置を装着。自由な注視が可能。

計測方法

踏面300mm, 蹴上160mm, 幅1300mm, 12段の階段(傾斜約28度)にて実施した。実験中は,実験経路上方に設置した7台のカメラによって撮影を行い,被験者の頭部位置やつま先の位置などを抽出した。

実験経路を,「階段下りはじめ」「階段下り」「階段下りおわり」の三つに区分し,各区分での歩行特性を個別に抽出し比較する。

定点撮影映像および実験装置頂部のCCDカメラの映像より,経路区分ごとの被験者の俯頭部回転角を平均化し比較する。

(3) 実験の結果

経路全体における歩行速度

経路全体の歩行速度の推移を図2-3に示す。NR-Freeの値が最も高く,次にNR-FixとCR-Free,が検出された。多重比較検定より,CR-FixとNR-Fix, NR-FreeとCR-Freeの間に有意差が見出された。

経路区分ごとの歩行速度

「階段下りはじめ」における歩行速度の推移を図2-4に示す。多重比較からは, NR-FreeとCR-Freeの間に有意差が認められた。またCR-FixとCR-Freeの間, NR-FixとNR-Freeの間にも有意差が見出された。

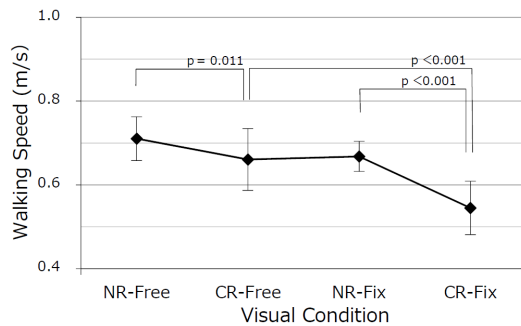


図2-2 経路全体における歩行速度

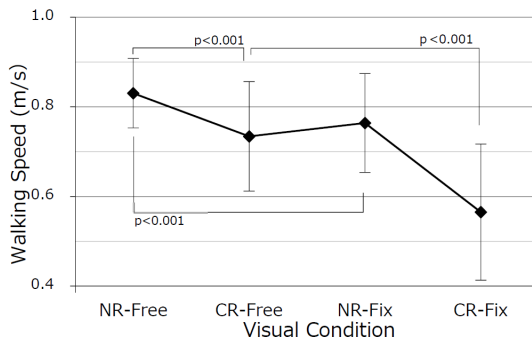


図2-3 「階段下りはじめ」の歩行速度

考察: 視野条件と水平歩行速度の変化

実験結果より,中心視の選択的な制限によって,「階段下りはじめ」における歩行速度が低下することがわかった。「階段下りはじめ」を速やかに歩行するためには,中心視が機能している必要があるといえる。また,中央遮蔽と注視範囲限定,それぞれの単純主効果が確認されているが,多重比較検定では, NR-FixとCR-Fixの間に有意差が見出されていない。中央遮蔽や注視範囲限定の付加が歩行速度を低下させる効果を持つか否かは,付加される前の視野状態に依存するといえる。

既往研究において我々は,「階段下りはじめ」と,「階段下りおわり」において特に周辺視による視覚情報の獲得が重要であることを示した。本実験より,特に「階段下りはじめ」において,周辺視だけでなく,中心視による情報獲得がともわなければ速やかな歩行ができないことがわかった。この知見は中心視野欠損のある弱視者の混在を想定した建築計画,特に中規模歩行空間における群衆流動の予測,高層建築における避難所用時間の想定や,踊場などの下りはじめのある空間の設計に援用できると考える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計8件)

没入型仮想環境における距離感の精度に影響を与える要因の検証:馬淵大宇・吉岡陽介・藤井皓介・遠田敦・佐野友紀,日本建築学会技術報告集,23(53),223-228(2017)(査読有)

垂れ壁の寸法や配置が仮想空間における空間中心位置の把握に与える影響:高橋

勇人, 吉岡陽介, 日本建築学会計画系論文集, 日本建築学会計画系論文集, 81(727), 1905-1915(2016) (査読有)

Effects of Cross-sectional Shapes of Roadside Columns on Human Speed Perception: Y.Yoshioka, Proceedings of Proceedings of the 7th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics, 214(2016) (査読有)

Effects of Intervals between Roadside Columns on Speed Perception in Human Walking and Running Speed, Y.Yoshioka, Proceedings of Advances in Computer-Human Interactions 2016, 366-371(2016)(査読有)

中心視の選択的制限が階段下降時の歩行速度に与える影響: 吉岡陽介, 人間工学, 52(1), 19-29(2016) (査読有)

Simulation of Low-Vision Experience by Using A Head-Mounted Virtual Reality System: Y.Yoshioka, Proceedings of International Conferences of interfaces and human Computer interaction 2015, 242-246(2015) (査読有)

Walking Speed in VR Maze while Central Visual Fields Are Restricted with Synchronously Moving Black Circles: Y.Yoshioka, C.Ellard, Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics 8532, 212-220 (2014)(査読有)

Fixation Height in Way-finding while Peripheral Visual Fields are Restricted with Synchronously Moving Virtual Holes: Y.Yoshioka, Advances in Ergonomics In Design, Usability & Special Populations: part1, 402-409(2014) (査読有)

[学会発表](計9件)

AR 空間映像システムを用いたピワイチコースの緑化計画と快適速度に関する研究 齊藤涼介(滋賀県立大)・高柳英明・吉岡陽介・菅原将太, 2016年度日本建築学会大会(九州), 学術講演梗概集(D-1) (2016.8.26,九州大学)

没入型仮想環境を用いた体積感育成ツールの開発と評価 和泉智也(東京大)・高橋勇人・遠田敦・馬淵大宇・藤井皓介・佐野友紀・陳紹華・吉岡陽介, 2016年度日本建築学会大会(九州), 学術講演梗概集(D-1) (2016.8.26,九州大学)

没入型仮想環境を用いた距離感育成ツールの開発と評価 馬淵大宇(釧路高専)・吉岡陽介・遠田敦・藤井皓介・陳紹華・佐野友紀, 2016年度日本建築学会大会(九州), 学術講演梗概集(D-1) (2016.8.26,九州大学)

AAL(Ambient Assisted Living)における環境行動モニタリング手法 身体加速度を用いた人間-環境-ロボット系の実験

研究 高橋正樹(文化学園大)・渡辺秀俊・林田和人・佐野友紀・遠田敦・吉岡陽介, 2016年度日本建築学会大会, 学術講演梗概集(D-1) (2016.8.26,九州大学)

Effects of Intervals and Textures of Roadside Columns on Human Speed Perception: Y.Yoshioka, Proceedings of the 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics, 61(2015.7.25/Las Vegas, USA)

没入型仮想環境における距離感と表示視野角との関係 その1 実験手法の開発および表示視野角が距離評価の精度に与える影響: 吉岡陽介, 遠田敦, 馬淵大宇, 佐野友紀, 藤井皓介, 2015年度日本建築学会大会, 学術講演梗概集(D-1), 545-546(2015.9.6/東海大学)

没入型仮想環境における距離感と表示視野角との関係 その2 周辺環境の状態把握の違いによる距離精度の比較: 吉岡陽介, 遠田敦, 馬淵大宇, 佐野友紀, 藤井皓介, 2015年度日本建築学会大会, 学術講演梗概集(D-1), 547-548(2015.9.6/東海大学)

没入型仮想環境における体積感と表示視野角との関係 その1 表示視野角と調整誤差との関係: 遠田敦, 馬淵大宇, 佐野友紀, 藤井皓介, 吉岡陽介, 2015年度日本建築学会大会, 学術講演梗概集(D-1), 615-616(2015.9.6/東海大学)

没入型仮想環境における体積感と表示視野角との関係 その2 表示視野角と調整時間および調整回数との関係: 藤井皓介, 遠田敦, 馬淵大宇, 佐野友紀, 吉岡陽介, 2015年度日本建築学会大会, 学術講演梗概集(D-1), 617-618(2015.9.6/東海大学)

[産業財産権]

出願状況(計1件)

名称: ヘッドマウントディスプレイにおける視野拡張技術

発明者: 吉岡陽介

権利者: 千葉大学

種類: 特許

番号: 特願 2016-77694 号

出願年月日: 2016年4月

国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉岡陽介 (Yohsuke Yoshioka)

千葉大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号: 00361444

(2) 研究分担者

平沢 岳人 (Gakuhito Hirasawa)

千葉大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号: 30268578

宗方 淳 (Jun Munakata)

千葉大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号: 80323517