

歩行時における光環境と高齢者の注視特性

正会員 白本雄大*1
同 ○ 梅宮典子*2
同 小林知広*3

4. 環境工学—6. 光・色—b. 照明方式

高齢者、視線、転倒事故

1. はじめに

高齢者の転倒事故の要因には、人体側では視力や運動機能、認知能力の加齢に伴う低下が挙げられ、医学・療法学の分野で研究が精力的に進められている。本研究は環境側の要因として光環境に着目して、高齢者の歩行における注視点を測定し、照明環境との関係を分析する。具体的には、顔面照度と瞳孔径の関係と、床面照度と歩行時の注視点の出現エリアについて分析したので報告する。

高齢者の視線を測定した例として、舟川ら(1999)^{文1)}は、70歳の瞳孔面積は20歳の半分以下で、網膜に到達する光量が少ないこと、福田(1999)ら^{文2)}は、高齢者は若齢者に比べて視線のばらつきが大きく、眼球運動の速度が速いことを明らかにしている。

分後に視線測定装置の装着を開始する。写真1のように装置をベルトで固定し、額の上に照度計を付ける。顔面照度は1秒間隔で記録する。レンズ角度等の出力調整に平均11.2分を要した。注視点は30Hzで測定する。

調整終了後、景色画像における注視点と実際の注視点の一致を確認後、起立して歩行を開始する。廊下に出て、図1の歩行経路に沿って約4分間歩行し気候室に戻る。途中、掲示板前で立ち止まり、画像上の注視点と実際の注視点の一致を再確認する。被験者には普段の速さで自然に歩くよう依頼した。経路は事前に説明したうえで歩行時に験者2名が付き添って経路を指示し、時刻を記録する。1人3回おこなう。

2.2 被験者

年齢が65歳以上で自分で実験場所まで来ることができることを条件に、実験場所から約1kmの範囲の集合住宅居住者を対象に協力者を募集した結果、24名の応募があった。交通手段は徒歩のほか、自転車や電車もあり、バギーを押して来てくださったかたも2名おられた。視線測定装置は頭部にベルトで固定するが、固定がうまくいかず画像上の注視点と実際の

2. 方法

2.1 測定方法

図1に実験室と廊下の歩行経路を示す。実験室のなかに気候室があり、照度は明・暗2段階に設定できる。被験者は実験室に入室し気候室外で安静にした後視力を測定、2ステップテストやバランス能力テストをおこなってから気候室に入室し、入室から約10

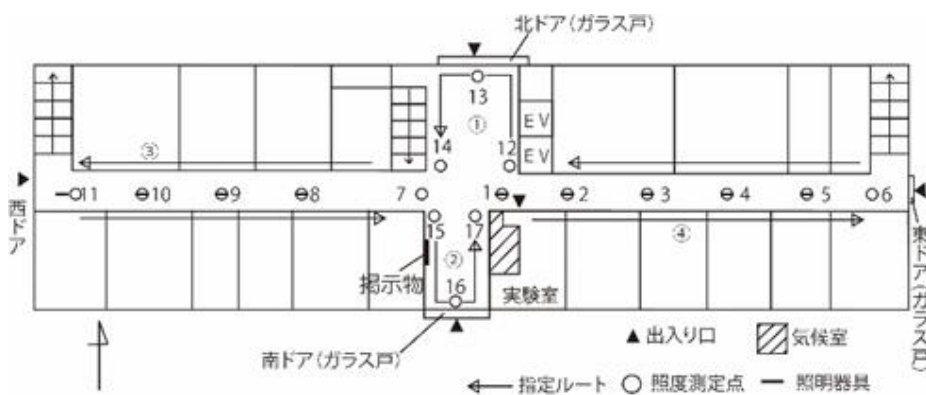
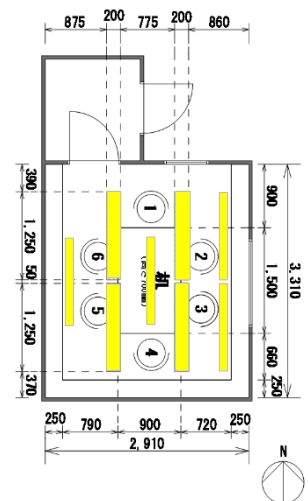


図1 気候室、実験室、および廊下の歩行経路



注視点が一致しなかった実験のデータは除外して、本報では被験者 21 名のうち男性 9 名、女性 8 名について述べる。

被験者の年齢は 66 才から 82 才まで、60 才台〇人、70 才台〇人、80 才台〇人、平均 74.1 才である。

図 2 に、両眼視力、利き手の握力、歩行開始から終了までの所要時間、2 ステップ値、および普段の自分の歩く速さや歩く歩幅を同年代と比較してどう感じているかの 3 段階評価の回答分布を示す。

視線測定装置は眼鏡の上から装着が可能で、視力は歩行時の眼鏡装着状態で測定した。0.5 が最も多い。握力には、高低 2 つの山がみられる。2 ステップテストはできるだけ大きい歩幅で 2 歩歩いたときの 2 歩の幅を身長で除す。1.4~1.6 が最多であるが、転倒の危険がある 1.3^{文3)} 以下が約 4 割ある。歩く早さや歩幅は「広い」「速い」と思っている人が「狭い」「遅い」

と知っている人より多い。

3. 光環境

図 3 に、歩行時に 1 秒間隔で記録した顔面照度の出現頻度を示す。8 割以上の時間では 500lux 以下であるが、3000lux 近いときもある。

図 4 に、歩行直前に測定した廊下 17 点の床面照度を示す。廊下は中廊下で外光に面していないが、歩行実験は 9 時~16 時に実施しており、12 番から 14 番の EV ホール付近では 1000lux をこえるときもある。廊下の蛍光灯は通常の利用状態にあわせて、1 台おきの間引き点灯とする。間引きされた部分の直下では数 lux 程度である。外光の影響で床面照度の変化が大きく、歩行中に被験者が暴露された光環境にばらつきが大きかったといえる。



写真 1 装着状況

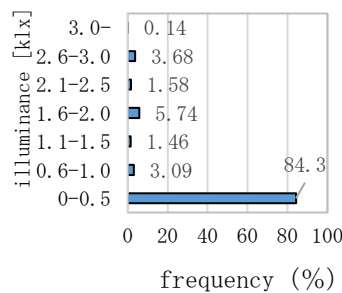


図 3 歩行時の顔面照度

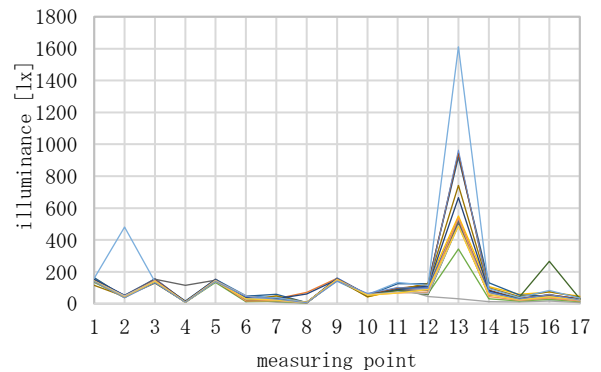


図 4 歩行時の廊下各点の床面照度

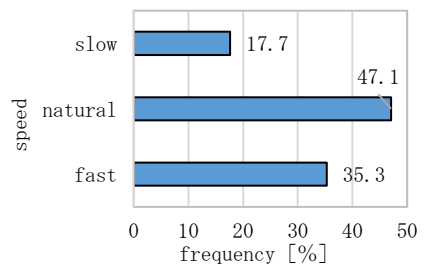
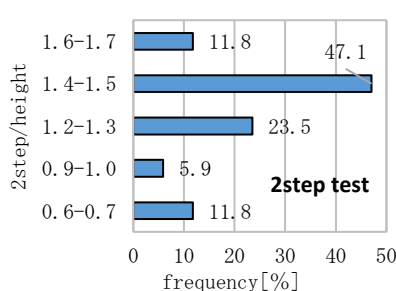
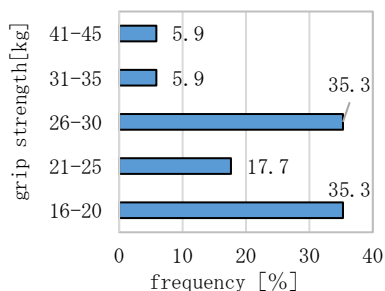
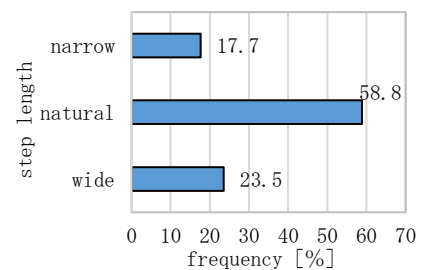
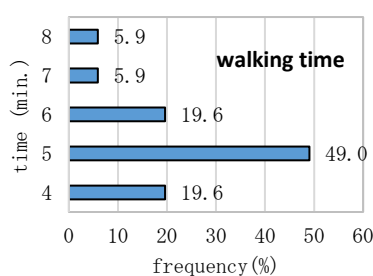
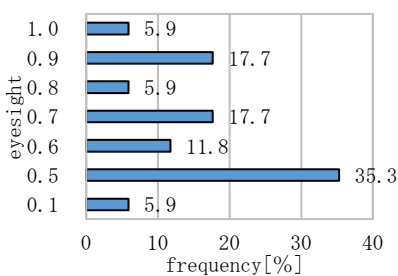


図 2 視力、握力、実験所要時間、2 ステップテスト値、歩幅と歩行速度の主観的評価

図 5 に瞳孔径の被験者別分布を示す。平均値には差があるが 25-75%タイル値の個人差は小さい。

顔面照度と瞳孔径の関係の例を図 6 に示す。勾配がゼロに近く、顔面照度に変化しても瞳孔径がほとんど変化しない被験者もいる。瞳孔径の平均値が 4.9 であるのに対して標準偏差は 3.6 であり、ばらつきが大きいといえる。

そこで瞳孔径を顔面照度で線形回帰した回帰線の勾配の出現頻度分布を図 7 に示す。勾配には -8~-10 と -2 以下の 2 つの山がある。同じ照度に対して約 33 倍の個人差がある。

5. 注視点のエリア別出現頻度

歩行時の視野を水平方向と鉛直方向においてそれぞれ左、中央、右と、天井、正面、床の 3 エリアに分割し、視野を 3×3 の合計 9 エリアに分割して、エ

ア別の注視点の出現頻度について考察する。

図 8 に、9 エリアの出現頻度を被験者別に求めた例を示す。これら 4 人では、中央の床と中央の正面が多い。また、右側よりも左側を見る傾向がある。廊下は左側通行であったため、左側の部屋のドアなどを見ていたと思われる。

中央水平方向では 1 人を除き正面、左、右の順に注視点が多い。鉛直方向では、正面の出現度数が最大の被験者が 10 人と最多で、10 人とも正面、床、天井の順である。それ以外の 7 人は、床、正面、天井の順に多い (図略)。

図 9 に、瞳孔径を顔面照度で線形回帰した勾配と天井、正面、床のエリア別の注視点の出現頻度との関係を示す。勾配が -8 より急な 4 人では、注視点が天井正面床のエリアに均等に出現する。一方、勾配が -2 より緩やかな 5 人では天井正面床のうち特定のエリアに注視点が集中している。顔面照度によって

瞳孔径が変化する被験者のほうが、視野を均等に見ている。

図 10 に、被験者の 1 日の歩行時間と天井正面床エリアの出現頻度との関係を示す。2 時間を超える 3 人はエリア間のばらつきが小さく、左の出現頻度が極端に高い被験者を除くと、最小のエリアでも 24.3%出現している。

一方、視力や握力、2 ステップテスト値は、注視点の出現頻度とは顕著な関係がみられなかった。

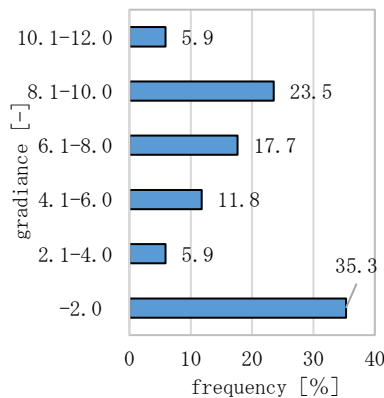
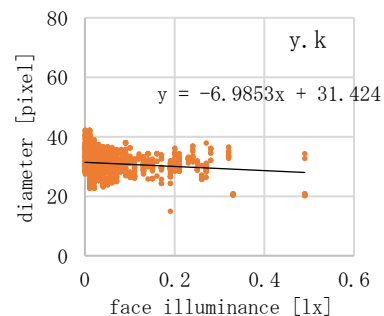
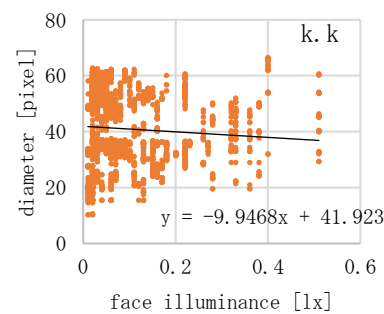
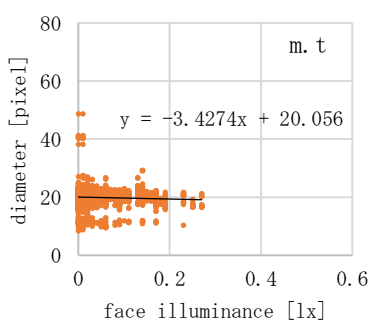


図 7 瞳孔径の顔面照度による線形回帰勾配の出現頻度

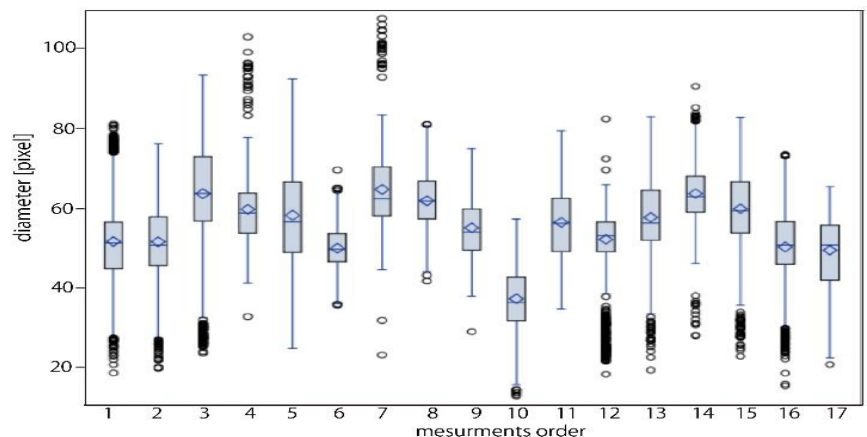


図 6 顔面照度と瞳孔径の関係の例

図 5 瞳孔径の被験者別出現頻度

6. まとめ

66才から82歳までの高齢者を対象に、視線測定装置を装着して廊下を歩行した場合の歩行時の注視点の分布と瞳孔径、および顔面照度を測定して関係性を分析した結果、以下を明らかにした。

1) 瞳孔径を顔面照度で線形回帰した場合の線形回帰の勾配には、個人差が大きい。

2) 線形回帰の勾配が緩やかな被験者は上下エリアの注視点が集中し、急な被験者はエリア間のばらつきが小さい。

3) 1日の歩行時間が2時間を超える被験者は上下エリアの注視点のばらつきが小さい。

筆者らは大学生を対象とした同様の実験も実施しており、今後は大学生について分析を進めて高齢者と比較する予定である。

謝辞 大阪市立大学卒論生番蔚氏に謝意を表す。

参考文献

- 1) 舟川政美ほか：水晶体加齢モデルと瞳孔径データ、高齢者の視覚特性を考慮した照明視環境の基礎検討、照明学会、22-25、1999年
- 2) 福田享子ほか：高齢者の読みにおける眼球運動の測定について、同上、41-43、1999年
- 3) 村永信吾ほか：2ステップテストを用いた簡便な歩行能力推定法の開発、昭和医会誌、63-3、301-308、2003年
- 4) 番蔚ほか：照度変化時における光環境および室内印象評価の高齢者と若齢者の比較、日本建築学会近畿支部研究報告集、2018年6月、投稿中

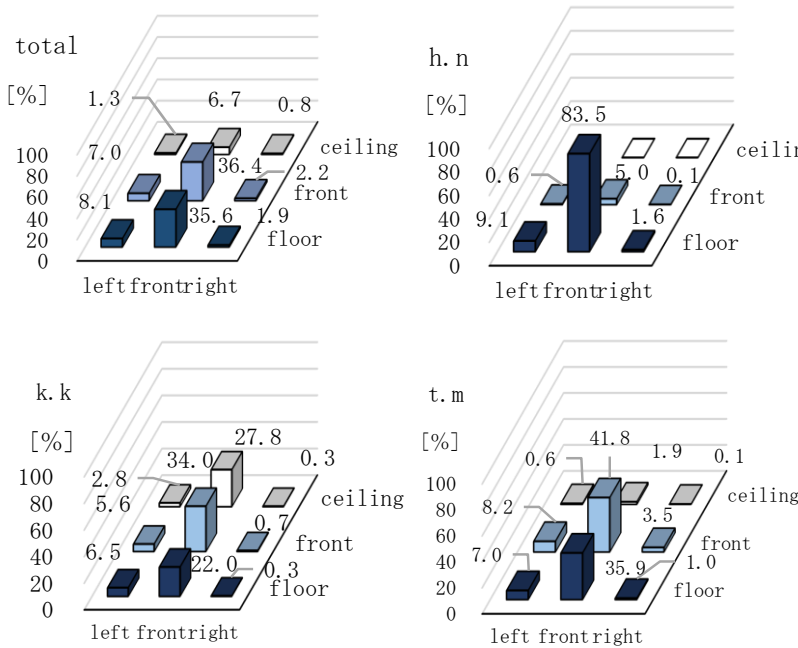


図8 注視点のエリア別出現頻度の例

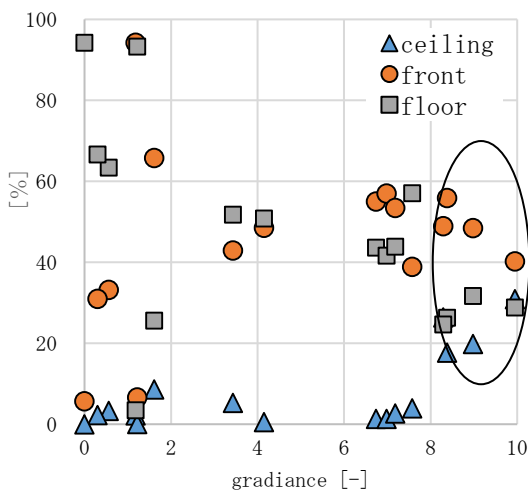


図9 勾配とエリアの出現頻度

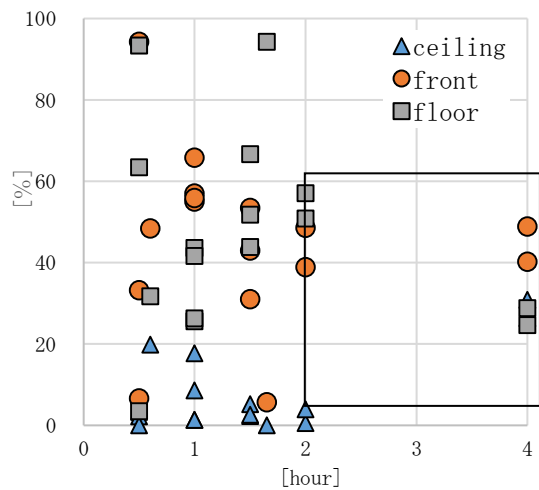


図10 1日の歩行時間とエリアの出現頻度

*1 大阪市立大学学生
 *2 大阪市立大学教授、博士（工）
 *3 大阪市立大学講師、博士（工）

Student, Osaka City University
 Professor, Dr. Eng, Osaka City University
 Lecturer, Dr. Eng, Osaka City University