

夜間街路上の他者に対する歩行者の回避行動に関する研究

THE PEDESTRIANS' AVOIDANCE BEHAVIORS TOWARD A STRANGER ON THE NIGHTTIME STREETS

小林茂雄*, 安部貴浩**, 吉崎圭介**

Shigeo KOBAYASHI, Takahiro ABE and Keisuke YOSHIZAKI

The purpose of this research is to clarify how oncoming pedestrians behave as to avoid a stranger on the nighttime street. As a result of observational research of walk behavior, it has been found that pedestrians tend to avert the stranger more quickly at nighttime compared to daytime, and the distance pedestrians leave between the stranger becomes greater when the stranger is standing at a dark side of the street. Moreover, it has also been found that pedestrians have the tendency to avoid the stranger in places that are not well illuminated, and that they tend to walk toward a place where it is well illuminated after crossing the stranger.

Keywords: *avoidance behavior, nighttime street, pedestrian, stranger, illuminance distribution*
回避行動、夜間街路、歩行者、他者、照度分布

1. 研究の目的

安全で快適な夜間街路計画のためには、歩行者の行動が環境のどのような条件に影響を受けやすいのかを知ることが重要である。それは、街路の幅員や照度レベルなどの物理的環境の影響だけでなく、街路上の他の歩行者に対して感じる意識などの対人的な影響も含まれる。

本研究の目的は、夜間街路上に見知らぬ他者が立つ場合に、接近する歩行者がどのような回避行動をとるのかについて明らかにすることにある。具体的には、路上の他者に対して歩行者が回避を始める地点、他者とすれ違う地点、回避を終了して直線歩行に戻る地点を取り上げ、それらと夜間街路の環境条件との関係について検討する。また、夜間街路において他者へ抱く不安感や、他者のパーソナルスペースに対する意識などについても併せて調査し検討する。

街路上の障害物に対する回避行動を取り上げた研究として、建部ら¹⁾²⁾³⁾は単独歩行者の路上人物に対する回避行動について、路上人物の向き、歩行者の人数、性別に着目して統計的な分析を行っている。依田ら⁴⁾は、人間同士のすれ違い行動における回避行動について、人物が静止している場合と歩行している場合で実験し、両者の回避領域はほぼ等しくなる結果を得ている。また回避行動ではないが、街路における歩行者の動線を扱ったものとして、仙田ら⁵⁾は、歩行者の近道行動の歩行線形を調査し、直角な曲がり角周辺で発生す

る近道行動を通路内に止める隅切り半径を導いている。高瀬ら⁶⁾は、汎用パソコン版CADに歩行シミュレーション機能を付加することを試み、辻本ら⁷⁾や鍛⁸⁾は、画像処理技術を応用して歩行における頭部の軌跡を計測する方法を構築し、これに基づいて歩行軌跡、速度、加速度について解析している。

しかしこれら回避行動に関する既往の研究は、いずれも昼間の屋外空間を対象にしたものであり、夜間の屋外空間について取り上げて検討したものはない。夜間の街路は、路上の障害物や人物などに対する視認性が低下する⁹⁾ことや、路面の照度レベルによって得られる安心感が異なる¹⁰⁾ことが知られている。街路の人通りが減少することなどから路上他者に対する意識も変化し、昼間とは異なった回避行動がとられるものと予想される。本研究は、昼間の回避行動と夜間の回避行動を比較することと、夜間における街路上の照度レベルや照度分布が与える影響について検討することが特徴的である。

2. 予備調査

夜間街路を対象にした他者に対する回避行動について、これまで調査した事例は見られない。そこで、どのような要因が主として関わっているかを把握する予備調査を行った。東京都目黒区と横浜市都筑区の住宅地域と商業地域において、道幅、路面の明るさ、周辺の光環境、人通りなどのタイプの異なる10箇所の街路を対象とした。

* 武蔵工業大学工学部建築学科 講師・博士(工学)

** 武蔵工業大学大学院工学研究科建築学専攻 大学院生

Lecturer, Dept. of Architecture, Musashi Institute of Technology, Dr. Eng.
Graduate Student, Dept. of Architecture, Musashi Institute of Technology

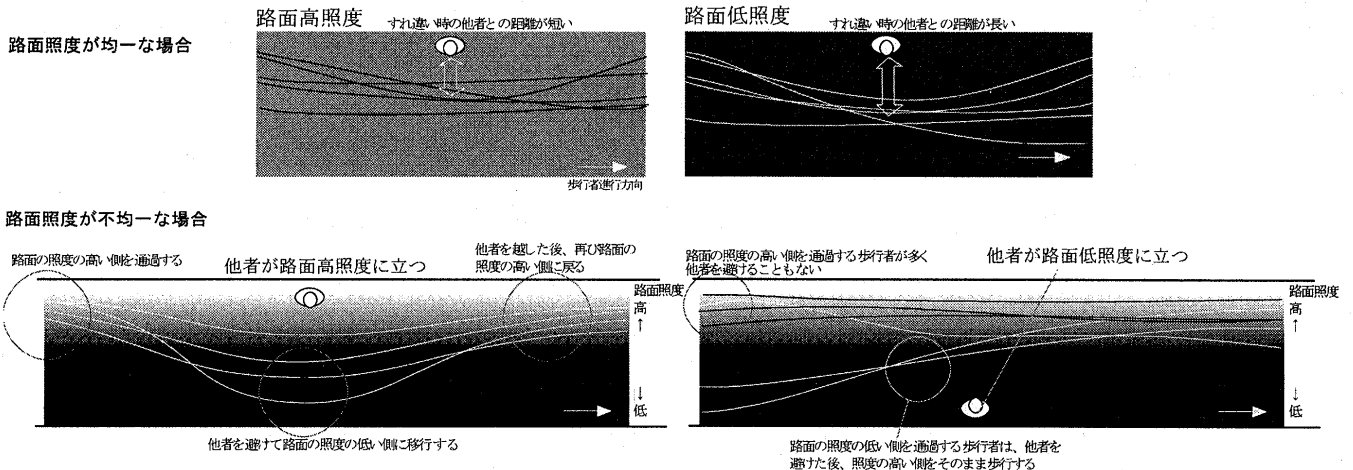


図1 街路照明と歩行者の回避行動の模式図(予備調査の結果から、歩行者の軌跡の特徴を模式的に表示したもの)

路上の片側に男性の実験者(22歳)を立たせ、通行する歩行者の行動を遠方かつ上方に位置したビデオカメラによって記録した。路上の人物は壁面を背にして立つものとしている。

調査の結果、他者から十分に離れた距離から回避しようとする傾向のある場所と、直前まで他者を回避しようとなし傾向のある場所があることが分かった。回避行動がとられず、路上人物の面前を通り過ぎる傾向のある場所は、近辺に他の歩行者がある、車道に車の通行がある、周辺の店舗が営業している、話し声が聞こえる、路面照度が高い(およそ50lx以上)、などの特徴があった。一方、回避行動がとられる傾向にある場所は、人通りが少ない、周囲に人の気配がない、路面照度が低い(平均でおよそ10lx以下)、曲がり角が少ない、などの特徴があった。また回避行動は、次のような条件にも左右されることが確認できた。ただし、これらは各街路について10~20名程度の歩行者の軌跡を基にして総合的に判断したものであり、統計的な分析に基づいた結果ではない。

- ・男性の歩行者よりも女性の歩行者の方が回避行動を早く始める傾向にある。
- ・図1・上のように、街路の路面照度が低いほど、他者とすれ違う際の距離が長い傾向にある。
- ・図1・下のように、街路の片側のみが照明されている場合、歩行者は明るい側を通る傾向にある。このとき、他者を回避した歩行者は元

の軌道へ復帰することが多い。一方、照度が比較的均一な場合(図1・上)、他者を回避して逆側へ移動した歩行者は元の軌道へ復帰するとは限らない。

- ・街路周辺のわずかな店舗の漏れ光や窓明かり、また自動車のヘッドライトなどによって回避行動は小さくなる。
- ・街路上の他者から20m以上離れた前方に車や看板など別の障害物がある場合でも、障害物を回避したまま元の軌道に戻らないことが多い。このことから、十分に離れた障害物が回避行動に影響を与えるこ

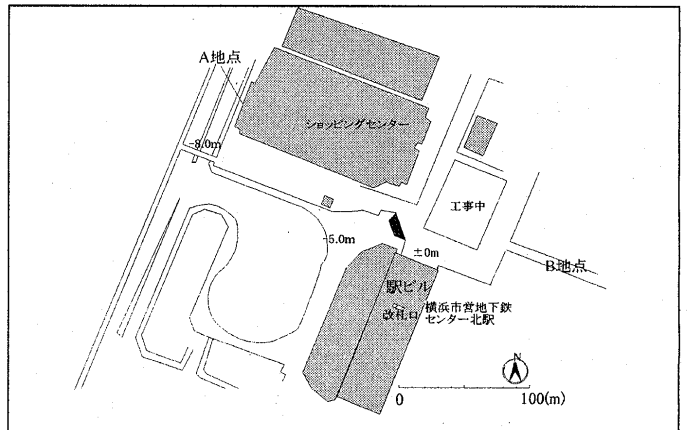
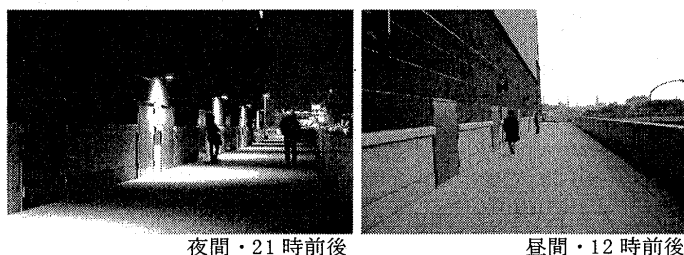
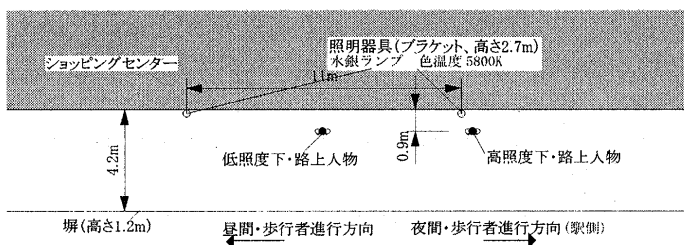
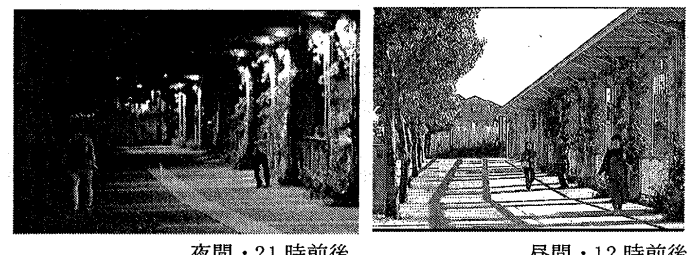
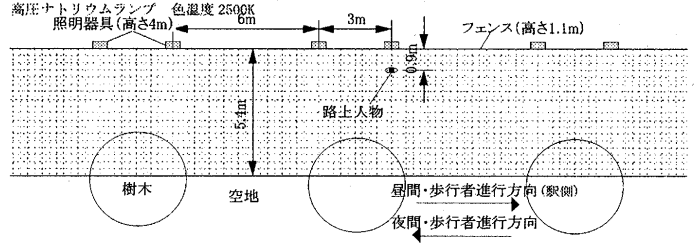


図2 調査地点の配置図



夜間・21時前後 図3 A地点の概要
昼間・12時前後



夜間・21時前後 図4 B地点の概要
昼間・12時前後

とが考えられる。

これらの傾向から、路上他者に対する回避行動は、歩行者専用街路で、人通りが少なく、路面が低照度で、周辺に窓明かりなどがなく、女性の単独歩行者において顕著であると考えられた。そこで本研究では、こうした回避行動がとられやすい街路に絞って検討することとした。

3. 調査概要

調査場所は、横浜市営地下鉄センター北駅周辺に位置する2箇所の歩行者専用街路である(図2)。図3に示すA地点は、ショッピングセンターの裏壁面に隣接するペDESTリアンデッキである。駅ビル出口より約200m離れて位置しており、歩行者は終日まばらであ

る。比較的女性の歩行者が多い。壁面に取り付けられた11m間隔の照明器具により、路面の片側だけが不均一に照明されている(壁面から0.9m離れた路面の最高照度180lx、最低照度1.8lx)。デッキに面したビルの壁面には開口部はない。図4に示すB地点は、駅から住宅街へ向かう中途に位置する遊歩道であり、駅ビル出口より約100m離れている。夜間20時頃までは継続的な人通りがあるが、それ以降の人通りは少ない。7.5m間隔で設置された2組の照明器具により、路面の片側が比較的均一に照明されている(フェンスから0.9m離れた路面の最高照度361lx、最低照度18lx)。歩道に隣接する建物、車道はなく、街路灯以外の光は差し込んでいない。

調査は平日の昼間12時前後と夜間21時前後のそれぞれの時間帯で行った。街路上に男性22才の実験者1名(身長165cm)が図3、4に示す位置に立ち、歩行者がこの人物の前を通過する前後の約30mの範囲において遠方の上部からビデオカメラで撮影した。また、街路上の実験者が立ち止まっていること自体が歩行者に不自然な印象を与えないようにするため、実験者は無言で携帯電話を操作したり、耳にあてる動作をするようにした。夜間A地点における実験者の立つ位置

表1 歩行者の属性

場所	昼			夜			
	男	女	計	低照度	男	女	計
A	6(3)	38(24)	44(27)	7(2)	30(18)	37(20)	37(20)
B	19(4)	38(12)	57(16)	10(8)	19(10)	29(18)	29(18)

括弧内は回避が確認された人数

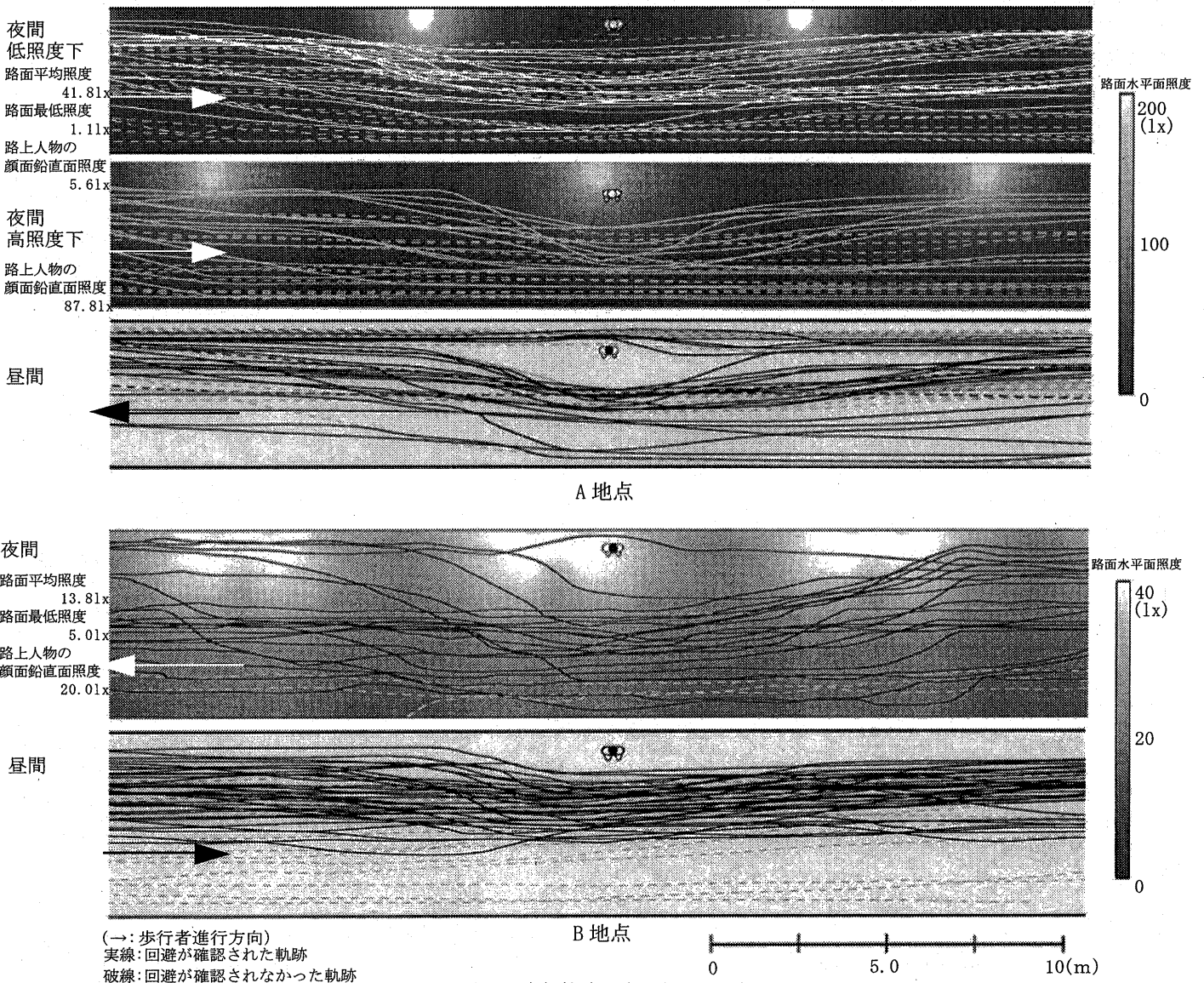


図5 歩行軌跡と路面水平面照度

は、路面が暗い低照度位置と、路面が明るい高照度位置の2箇所とした。A地点の昼間は駅ビルから離れる歩行者を対象とし、夜間は駅ビルへ向かう歩行者を対象とした。B地点は逆に、昼間は駅ビルへ向かう歩行者を、夜間は駅ビルから離れる歩行者を対象とした。

4. 調査結果

4.1 回避行動の特性

調査時間内に観察された歩行行動から、歩行者が単独で、かつ周囲に他の歩行者もいないものに限定し、それら歩行者の性別を読み取った。表1に歩行者の属性と他者を回避したと判断された人数について示す。また歩行者の軌跡をビデオ映像から目視によって平面図上に書き出した。図5は、調査条件ごとに歩行軌跡を重ね合わせたものである。歩行者の進行方向は、昼間と夜間で逆向きとなっている。

次に歩行者が、路上他者に対して回避行動を開始した地点と、他者とすれ違った地点、回避行動を終了して直線歩行に戻った地点を読み取った。図6に示すように、前者を回避開始地点、後者を回避終了地点とする。これは図面の歩行軌跡とビデオ映像を基にして2名の実験者が目視で判断したものである。また図6のように、回避開始地点と路上他者との距離を回避開始距離、路上他者とすれ違う位置での両者の距離を回避距離、回避終了地点と路上他者との距離を回避終了距離とした。明確な回避行動が認められなかった歩行者につい

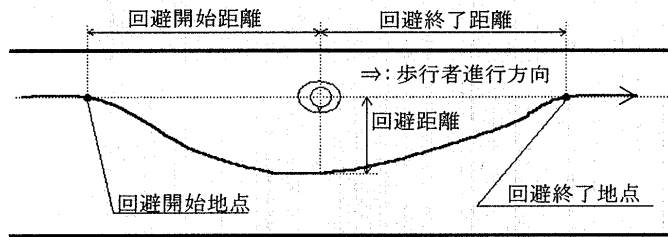


図6 回避開始地点と回避終了地点

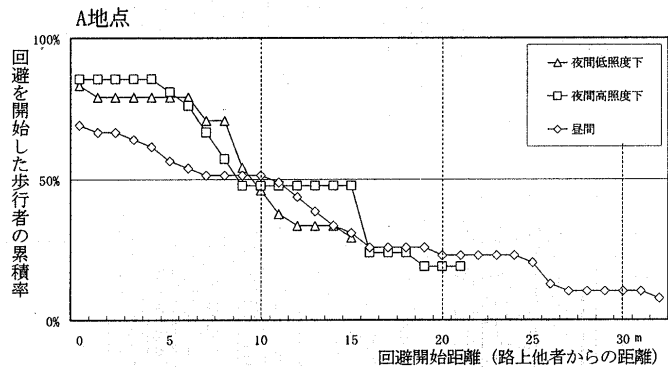


図7 回避開始距離の累積率

ては上記の値を与えていない。

図7は、回避開始距離について歩行者の累積率を示している。歩行者と路上他者との距離を横軸にとり、その距離までに回避を開始した歩行者の割合を縦軸に表した。歩行者の母数は、観察開始地点(路上人物の約20m手前)において壁面側から2.5m以内を歩行していたものに限った。女性歩行者が多い街路を選定したため(特にA地点)、性別による区別はしていない。図において0mでの累積率は、最終的に回避した歩行者の比率を示し、最後まで回避しなかった歩行者は0mでの残余分の比率を指す。

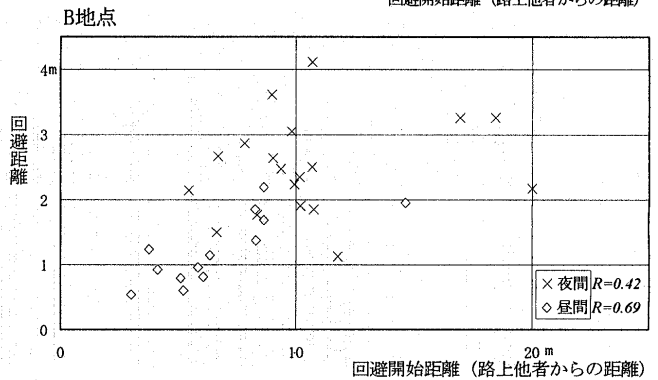
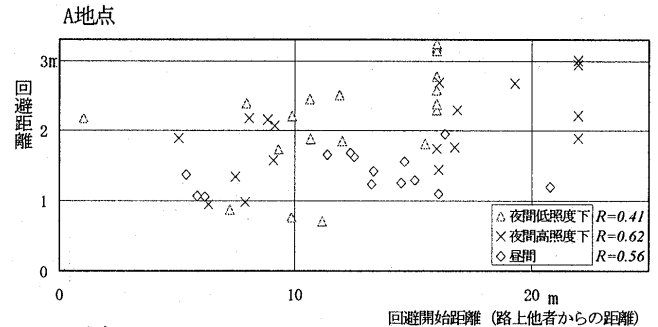


図8 回避開始距離と回避距離

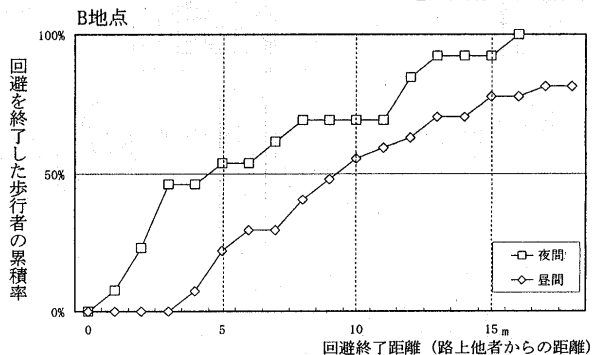
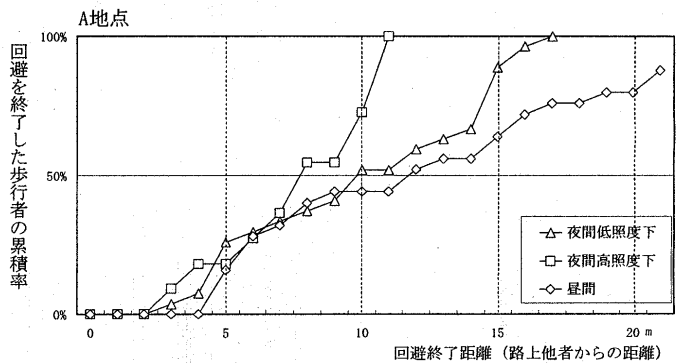


図9 回避終了距離の累積率

A地点の回避開始距離は、昼間より夜間の方が若干長く、B地点では夜間の方が明らかに長くなっている。これは、夜間の方が早い段階で他者を回避する歩行者が多いことを表している。また昼間では、回避行動を示した歩行者は最終的に60~70%に留まっており、30~40%の歩行者は回避せずに路上他者の前を通り過ぎていくことになる。一方で、早い段階で回避を始める歩行者の比率は昼間と夜間で拮抗している。A地点では20m以上手前から回避を開始した歩行者が昼夜とも20%程度であり、B地点では10m以上手前から回避を開始した歩行者が昼夜とも20%程度である。これらのことから、昼間では非常に手前から回避を開始する歩行者と全く回避しない歩行者まで、回避開始地点のばらつきが大きいといえる。これは、昼間の方が遠方から他者を視認できるという回避を早くする要因と、他者に対する不安を感じにくいという回避を遅くする要因が混在しているためではないかと考えられる。

A地点とB地点の回避開始距離を比較すると、昼間ではA地点の方が長い傾向にある。しかし夜間では両者に明確な差は見られない。またA地点について、路上他者が立つ位置によって回避行動を比較した場合でも明確な差は見られない。予備調査の結果から、他者が暗い場所に立つほど、早い段階で回避し始めるのではないかと予想されたが、ここではそうした傾向は認められなかった。ただし、回避を始める歩行者の位置は両者で若干ずれており、低照度下に立つ場合には他者から8~12m手前で、高照度下に立つ場合には5~9mと15~16m手前で回避を始める歩行者が多くなっている。このことから、路上に立つ人物の位置の違いが回避行動に何らかの影響を与えていたことが考えられる。また、A地点とB地点で回避開始距離に差が生じた原因は、照明条件以外の環境条件の違いにもあるといえる。特に、A地点は開口部のない建物壁面によって圧迫感が生じやすく、B地点よりも歩行者に心理的な不安を与えていたことが大きいと思われる。

図8は、回避開始距離と回避距離の関係をプロットしたものである。A地点よりもB地点の方が全体的に回避距離が長くなっている。これは、B地点の方が街路の幅員が広いことと関連しているものと考えられる。また、A地点、B地点共に、回避開始距離と回避距離には正の相関があり、早く回避を開始した歩行者ほど、他者と距離をあけてすれ違う傾向にあることが分かる。さらに、回避開始距離が同程度であっても、昼間より夜間ほど、夜間では低照度下に他者が立つほど、回避距離が長くなっていることが分かる。

図9は、回避終了距離の累積率を示している。横軸に示した路上他者との距離までに、回避を終了して直線歩行へ戻った歩行者の割合を縦軸に表した。この歩行者の母数は、図7において最終的に回避行動を示した歩行者数とした。回避終了距離は、A地点に関しては昼間の方が夜間より長くなり、夜間では低照度下に路上他者が立つほど長くなっている。B地点に関しては昼間の方が夜間より回避終了距離が長くなっている。すなわち、回避開始距離と回避終了距離は、昼間と夜間で序列が逆転していることになる。図5の歩行軌跡の特徴を見ると、昼間、特にB地点では他者を回避した直後に元の軌道へ戻らず、直進する歩行者が多いことが分かる。一方、夜間では歩行者の多くが元の軌道へ戻る傾向にある。この違いは、夜間ではA地点、B地点共に街路の片側の照度が高いために、他者を回避した歩行者が再び照度の高い街路側へ戻ろうとする力が働くためだと考えら

れる。一方、昼間ではそうした力が強く働かなかったのではないかとと思われる。

4.2 回避行動と路面照度の関係

次に、路面の照度分布と回避行動の関係を取り上げて検討する。歩行者の動線上の路面照度の均斉度が低いA地点について、歩行中の路面照度と回避を開始した地点、回避を終了した地点とを比較する。壁面から0.9m離れた軸線を、歩行者が回避行動に移る前と回避行動から戻った後の代表的な軌道とした。この軌道の路面照度の中央値はおよそ20lxであったため、これを境として高照度位置と低照度位置に分離した。歩行中の路面照度は歩行者により実際には異なるが、その相対的明暗は上記の分類を用いることにした。図10、11は、回避開始距離、回避終了距離の歩行者累積率と路面照度分類との関係を図示したものである。

図10から、A地点で歩行者が回避を開始するのは、路面照度20lx未満の低照度の位置で多いことが分かる。路面照度の高低の分類によって回避を開始する歩行者の差を検定したところ、低照度下に他者が立つ場合でも、高照度下に他者が立つ場合でも1%の有意差が見られた。低照度位置で回避を始める要因としては、歩行者が路面の暗い場所を歩いている時の方が明るい場所を歩いているよりも路上の他者を知覚しやすいこと、暗い場所の方が歩行者が心理的な不安を感じやすくなることなどが挙げられる。

図11はA地点の回避終了距離と路面照度との関係を示したものである。回避開始距離と異なり、路面が高照度の位置で回避を終了している歩行者の方が低照度の位置で回避を終了している歩行者より若干多い。ただし検定による有意差は見られなかった。高照度位置で回避を終了する要因としては、歩行者が元の動線へ戻ろうとする時、できるだけ路面照度が高く明るい場所へ向かう意識があったことが考えられる。

5. 路上他者に対する歩行者の接近実験

5.1 実験概要

次に、観察調査で得られた歩行者の回避行動を、歩行者が路上他者に対して持つ意識と関連づけることを試みた。路上人物の位置を2種類としたA地点を対象とし、被験者を用いた接近実験を行った。調査項目は表2に示すような3種類とした。路上他者のパーソナルスペースの広がり測るための<迷惑>項目、歩行者自身が他者からの安全を確保する距離を測るための<危険>項目、路上他者の顔面が十分に見える距離を測る<視認性>項目である。

実験は、表2の一つの項目を被験者に教示した後、路上人物から十分離れた位置からゆっくりと近づいてもらい、極限で立ち止まるように指示した。この時、被験者には路上人物が見知らぬ他者であると想定するように教示した。同一の項目について左右2方向から行き、立ち止まった位置から路上人物までの距離を測定した。被験者は昼間16名(男性11名、女性5名)、夜間10名(男性2名、女性8名)、全て20代の大学生であった。被験者の視力は0.7~1.2の範囲内である。路上人物は先の調査と同一人物とした。

5.2 実験結果

実験の結果、<危険>に関してのみ女性の被験者の方が他者との

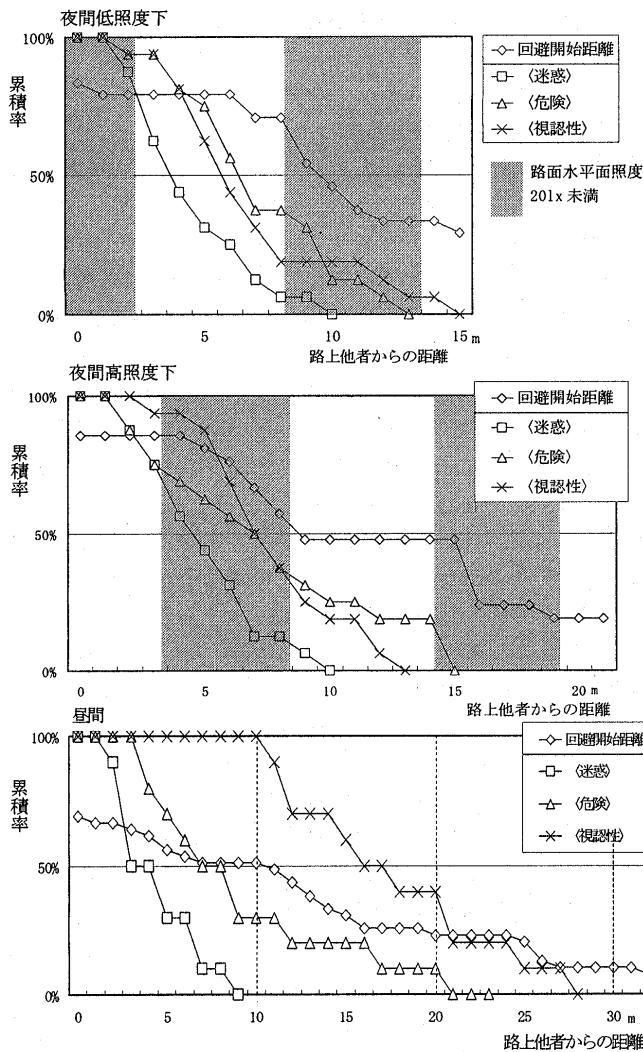


図10 A地点における回避開始距離と他者への接近実験結果

距離が長くなる傾向にあったが、被験者の個人差も大きく、性別による明確な差は見られなかった。そこで左右2方向からの距離の平均値を被験者毎に求め、図10に評価項目ごとに路上他者からの距離による累積率を全被験者について示した。3つの項目の中では、夜間では<迷惑>が最も短く、<危険>と<視認性>が同程度である。また昼間では<迷惑>が最も短く、<視認性>が最も長い。<視認性>は、他者が低照度の路上に立つよりも高照度の路上に立つ方が長くなり、夜間よりも昼間の方が長くなっている。これは顔面に当たる照度の差によるものと考えられるが、高照度下であっても光が上部から鋭角に差すため、必ずしも顔面全体がはっきり見えるわけではなかった。また、夜間では路上他者の口の形が分かる<視認性>が得られる前に歩行者が回避を始めているが、昼間では<視認性>が得られた後に回避を始めていることになる。

<迷惑>に関する極限距離は、昼間より夜間の方が他者との距離は若干長くなっている。夜間では他者の立つ位置による違いは余り見られない。また<危険>については、昼間と夜間の間でも、他者の立つ位置によっても、違いは余り見られない。昼間では歩行者による回避開始距離のばらつきが夜間よりも大きい、これは遠方から他者を視認できることによる回避が早まるという要因と、他者のパーソナルスペースが短く感じられることによる回避が抑制される

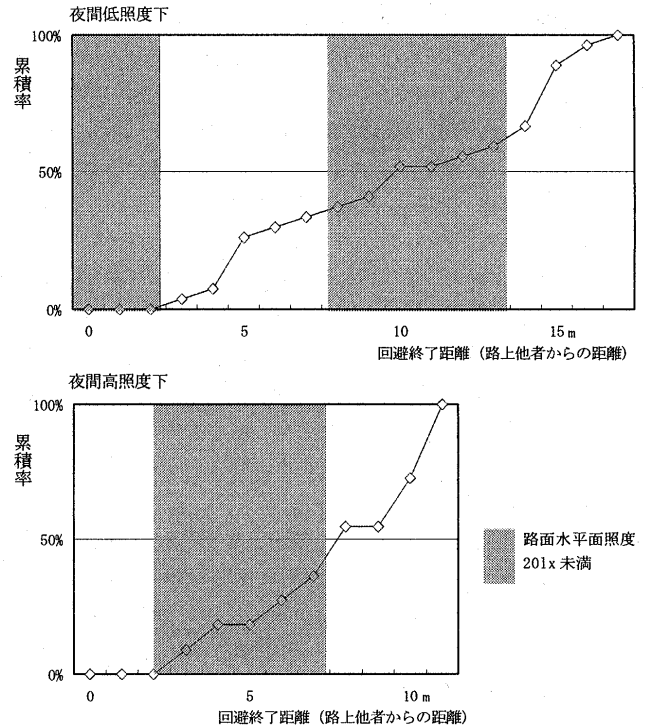


図11 A地点の回避終了距離と路面照度

表2 路上他者の意識に対する調査項目

<迷惑>	立っている人の迷惑を考えるとこれ以上近づけない距離
<危険>	立っている人に対して自分の身の危険を考えるとこれ以上近づけない距離
<視認性>	立っている人の開いている口がはっきりわかる距離

という要因が混在しているためではないかと考えられる。また既往研究¹¹⁾では、照度が低いほど横方向のパーソナルスペースを大きく感じられるという結果があったため、本実験でも低照度に立つ方が<迷惑>の距離が長くなる予想していたが、そのような傾向は認められなかった。その原因としては、被験者にとって路上人物である実験者が既に見知らぬ他者ではなかったという実験条件による問題が影響したのではないかと考えられる。

6. 既往研究との比較

既往研究では、路上他者に対する回避行動は、昼間、街路の中央に人物が横向きや前向きで立つ状況で検討されている。回避を開始する距離は、横向きの場合平均5.9m¹⁾、前向きの場合、女性で7.39m、男性で8.84m²⁾という結果が得られ、また街路を想定した実験室内において、他者に対して2.09m⁴⁾で回避するという結果が得られている。本研究では、A地点の回避開始距離の中央値は昼間で約10m、B地点の回避開始距離の中央値は昼間で約3.5mとなっている。ただし、回避しなかった歩行者を除くと、昼間でも約12mとなる。このように、昼間でも夜間でも路上人物のおよそ10m手前で回避を始めることが多いが、回避行動は街路の幅員や環境条件によって左右されやすいものといえる。

また、夜間の方が回避し始めるのが早くなることについては、歩行者(特に女性)が防犯のためにとる行動によることが大きいと考えられる。そしてそれには、路上の人物がどれだけはっきりと見えるかという視覚情報が強く関わっていると思われる。宮前らの研究⁹⁾では、10m前方から誰であるかを判断できるためには、鉛直面照度で5lx以上必要であるとしている。本調査対象では何れもこの照度レベルは上回っており、直前まで認識できないという状況ではなかった。しかし街路照明が防犯灯のみの住宅地域では、実際には路上人物の顔面の鉛直面照度が1lx以下の場合が多い。こうした極度に低照度の街路では、早めの回避行動をとることが必要な一方で、前方の人の存在に気づかず接近してしまうことになり、接近しすぎた歩行者に難しい判断を迫ることになっていると考えられる。

7. まとめ

本研究で得られた主な結果を以下にまとめる。

- ・夜間街路上に立っている他者に対する歩行者の回避行動は、人通りや周辺建物の窓明かりなどに左右されやすく、人の気配を感じさせる光がなく、低照度の街路において顕著に見られる。
- ・昼間より夜間ほど、歩行者は他者に対してより手前から回避し始める。また路面照度が低い場所に他者が立つほど、すれ違う際の歩行者と他者との距離は長くなる。
- ・歩行動線上の照度が不均一な街路では、歩行者は照度の低い地点で他者への回避を開始する傾向にある。また他者とすれ違った後、照度の高い地点で回避行動を終える傾向にある。
- ・夜間より昼間ほど、歩行者が他者を回避し始める距離にはばらつきが大きい。これは、昼間の方が遠方から他者を視認できるという回避を早くする要因と、他者に対する不安を感じにくいという回避を遅くする要因が併存しているためではないかと考えられる。

8. 今後の課題

本研究は、歩行者の軌跡や回避行動の開始地点などは、全てビデオ映像を基に目視によって判断した。そのため歩行者の速度などを測定することはできなかった。既往研究では、精度の向上と労力の低減から昼間の街路の歩行行動について、画像処理による自動計測が試されている。夜間、特に明暗が不均一な環境では歩行者の輝度値が頻繁に変化するため歩行者の特定に工夫が必要であるが、今後、自動計測を実現することでデータを蓄積すると共に、歩行スピードの変化についても検討したい。

また今回の調査において、路上人物の立つ位置をずらした時、路上人物と周辺の路面照度の位置関係も相対的に変わる事となった。回避行動に与える路上人物の明るさと路面照度分布の影響を明らかにするためには、これらの関係を独立した条件で検討する必要がある。さらに、路上他者に対する歩行者の意識については、今回、正確に把握できたとはいえない。見知らぬ他者に対する歩行者の心理を把握する手段についても検討したい。

付記 本研究の一部は、科学研究費補助金(基盤研究(C)(2))の助成を得て実施した。

参考文献

- 1) 建部謙治、中島一：静止した障害物に対する単独歩行者の回避行動、歩行者の回避行動に関する研究(I)、日本建築学会計画系論文集、第418号、pp.51-57、1990.12
- 2) 建部謙治、辻本誠、志田弘二：回避行動開始点の判定と前方回避距離、歩行者の回避行動に関する研究(II)、日本建築学会計画系論文集、第465号、pp.95-104、1994.11
- 3) 建部謙治：歩行者の属性による回避行動特性、MERA Journal、第6号、pp.23-29、1997.1
- 4) 依田光正、塩田泰仁：人間同士のすれ違い行動における回避領域の実験的研究、人間工学、Vol.35、No.1、pp.9-15、1999
- 5) 仙田満、矢田努、大越英俊：歩行線形による屋外通路空間の形状に関する研究、日本建築学会計画系論文集、第479号、pp.131-138、1996.1
- 6) 高瀬大樹、円満隆平、佐野友紀、渡部仁史：歩行者動線シミュレーションの開発、日本建築学会技術報告集、第3号、pp.263-267、1996.12
- 7) 辻本誠、建部謙治、志田弘二：歩行解析への画像処理技術の応用に関する研究、日本建築学会計画系論文集、No.436、pp.41-47、1992.6
- 8) 鍛佳代子：画像処理による歩行流動の自動追尾手法、日本建築学会計画系論文集、第493号、pp.195-200、1997.3
- 9) 宮前あつ子、武内徹二：街路・防犯照明における顔の見え方と照明レベル、照明学会誌、Vol.73、pp.303-307、1989
- 10) P. R. Boyce, N. H. Eklund, B. J. Hamilton and L. D. Bruno : Perceptions of safety at night in different lighting conditions, Lighting Research and Technology, Vol.32, pp.72-91, 2000
- 11) 田中政子：Personal spaceの異方的構造について、教育心理学研究、Vol.21、1973
- 12) 平井一正、西田素之：歩行者の行動モデルとシミュレーション、人間工学、Vol.13、No.5、pp.185-188、1977
- 13) 岡崎甚幸：建築空間における歩行のためのシミュレーションモデルの研究、その1、磁気モデルの応用による歩行モデル、日本建築学会論文報告集、No.283、pp.111-117、1979.9
- 14) 小塚滋久、中祐一郎ほか：交錯する歩行者の衝突回避行動に関する観測と解析、日本建築学会計画系論文集、No.436、pp.41-47、1992.6

(2001年9月7日原稿受理、2002年2月21日採用決定)