

研究助成実施報告書

助成実施年度	2022 年度
研究課題（タイトル）	照明シミュレーターによる街路空間の眺望隠れ場の検出と歩行環境評価
研究者名※	深堀 清隆
所属組織※	埼玉大学 大学院理工学研究科 准教授
研究種別	研究助成
研究分野	都市計画、都市景観
助成金額	150 万円
発表論文等	

※研究者名、所属組織は申請当時の名称となります。

() は、報告書提出時所属先。

大林財団 2022 年度研究助成実施報告書

所属機関名 埼玉大学
申請者氏名 深堀清隆

研究課題	照明シミュレーターによる街路空間の眺望隠れ場の検出と歩行環境評価
<p>(概要) 本研究は景観体験における眺望隠れ場理論の考え方を夜間街路空間の滞留空間の居心地の良さの評価に応用したものである。眺望性と隠れ場性を 2 つの要因として、光環境指標 (水平面照度分布・鉛直面輝度分布) と空間指標 (景観画像における Depth (奥行き) 値の分布) を基本指標とし、さらに Feu 値や局所的な照度差などにより複合化し、2 つの眺望性指標と 3 つの隠れ場性指標を独自に提案した。実際に照明シミュレーターを用いて、街路に配置した各種照明器具を点灯・消灯させることで、5 つの異なる光環境パターンを 3 次元仮想空間上に再現し、それぞれ眺望性と隠れ場性の発生のバランスや両者を兼ね備えた場所の存在可能性を、評価対象の歩道空間を想定したメッシュ分布図として可視化することができた。また現実の夜間街路空間において、光環境のもとにある歩行者のベンチへの着座行動を観察することで、滞留行動の頻度や時間の上で、眺望性と隠れ場性の影響可能性を検討している。</p>	

1. 研究の目的

都市の賑わい創出では、歩行者利便増進道路制度がスタートし、道路空間に歩行者の滞留や賑わいの場を創出する有効な手段が求められる。本研究は照明環境の観点から、安全な通行だけでなく、夜間の賑わい創出に効果的な歩道空間の光環境評価手法を検討する。街路空間に配置される植栽や座具等滞留のための施設や沿道建物を巡り、様々な照明デザインを施すことで、歩くことの楽しさや滞留する空間の居心地の良さをもたらす光環境を創出できる。ここでは 3DCG を用いた照明シミュレーターにより、配置した各種照明器具の配光 (均一、不均一)、点灯・消灯を変化させた 5 つの光環境パターンの仮想映像を作成し、景観体験に基づく眺望隠れ場理論を参照した光環境指標を独自に設定し、居心地のよい夜間街路空間のあり方を検討する。本研究のねらいとする分析は、①一般的な指標である水平面照度分布を活用し、相対的な暗がりの探索から隠れ場性を評価すること、②歩行者の視線を重視した視野内輝度分布から指標を算出し (Feu 値)、眺望性を規定する視線方向の明るさを評価する、③眺望性と隠れ場性の評価のため、三次元的空間の広がりや Depth (奥行き) 値により測定し見通しや閉鎖性を評価する、④光環境評価では歩道空間をメッシュ図化して 4 方向の光景観像を各視点で総合化し、歩行者の潜在的な光環境体験を歩道空間内で面的に評価する、⑤歩行空間内で眺望性と隠れ場性が相対的に高い場所を見つけ、また双方が高い評価となる場所が多い光環境パターンはどれかを比較検討する。以上に加え、別途、さいたま新都心駅周辺の歩行者空間を対象に、夜間光環境のもとでの座具への着座行動を観測することで、光環境による眺望性や隠れ場性の着座行動への影響可能性について検証を行う。

2. 研究の経過

2.1 評価対象となる仮想の街路空間と照明環境モデルの構築

仮想の街路空間モデルは、歩行空間を中心に構成し、滞留空間と通行主体の空間を混在させ、植栽、ベンチ、オープンカフェ、沿道セットバック空間を配置した（延長 100m、幅員 10m）。この空間に採用する照明として①路面へのポール照明（水平面）、②建物への照明（鉛直面）を空間における基本的な照明とし、それぞれ照射される面で光が均一・不均一のいずれかに感じられる 2 条件を設定した。加えて③ベンチ下照明（水平・鉛直面双方）、④植栽照明（鉛直面）、⑤ポロード照明（水平・鉛直面双方）を滞留空間を演出する照明として配置した。

比較評価では、モデルに配置された照明の点灯パターンを制御し、光環境パターンは、「全点灯」「植栽重視」「滞留機能重視」「通行機能重視」「路面照射のみ」の 5 パターンとした。



図 1 作成した光環境パターン（左：全点灯、中央：滞留機能重視、右：路面照射のみ）

2.2 光環境評価の方法と指標

1) 光環境の面的評価

街路モデルにおいて歩道空間を設定し 1.5m 四方のメッシュ中心部を視点として街路横断方向に 6 地点、道路軸方向に 51 地点（植栽・ベンチ除く）を観測点とした。それぞれ視点高 1.5m、90 度間隔 4 方向の景観像を得て光環境計測を行う。計測指標は水平面照度分布、景観像から得られる鉛直面輝度分布と Depth 値（視線の見通し）を基本指標とした。さらに眺望隠れ場理論に基づいて基本指標に基づく複合化指標を算定し、基本・複合化指標値の空間分布図を作成して歩行空間の設備配置や場所の特性に応じた評価の高低を吟味できるようにした。

2) 眺望隠れ場理論に基づく評価指標の定義

本研究では歩行空間で求められる光環境として、通行性と滞留性のバランスや双方を兼ね備える視点場があるかに着目することとし、眺望性（明るく見通しが利く）の高さが通行性に、隠れ場性（視点が隠され周囲より相対的にやや暗い）が滞留性の評価を高めるとの仮説を設定した。この仮説を体現する複合化指標として、眺望性は①鉛直面輝度分布から算出する Feu 値（映像中心より鉛直 20 度、水平 30 度範囲の輝度値を使用）、②視点からの奥行き Depth 値と視野内輝度値を乗じて平均値を求めた見通し度、隠れ場性は、①水平面照度値、②各メッシュの相対的暗さ：当該視点と周辺 8 視点の水平面照度の差を算出、③視点の隠される度合い：各視点 4 方向の Depth 値分布画像の奥行き平均値を算出、の 5 指標を定義した。

3) 眺望性指標と隠れ場性指標の合成と各光環境パターンの比較

眺望性の 2 指標、隠れ場性の 3 指標は、各視点において標準化を行って合算し統合評価値とした。合成における各指標のウェイトについては今後心理実験での検証が必要である。得られた眺望性と隠れ場性の統合評価値について対象街路空間での面的分布図を作成し、各光環境パターン

で、眺望性が高い箇所、隠れ場性が高い箇所、双方ともに高得点の場所がどこに現れるかを比較検証した。

2.3 夜間照明空間における滞留行動データに基づく光環境の眺望隠れ場性の検証

本研究で仮説として定義した光環境における眺望性と隠れ場性に基づく評価について、実際の夜間屋外空間での滞留行動を調査し、滞留性の高い場所の光環境条件を明らかにすることで、仮説の有効性を検証する。

1) 滞留行動調査の実施

実験地としてさいたま新都心駅と周辺商業施設を接続するペDESTリアンデッキを選定し、配置された座具（129カ所）への着座行動の回数、着座位置、着座時の視線方向、着座（滞留）時間の計測を実施した。実験は2023年10月30日～11月8日の17時から20時に実施した。

2) 対象空間の光環境調査

着座行動は歩行者の事情など内的要因の影響もあるが、ここでは環境要因である光環境指標に着目し、着座地点の水平面照度値、4方向の鉛直面照度値、4方向の輝度画像（光源等発光体を除く）から得られる平均輝度を算出した。

3. 研究の成果

3.1 光環境指標による各光環境パターンの眺望隠れ場性の出現傾向

街路空間の全メッシュでの評価指標値の分布状況から以下の傾向が観察された。

1) 眺望性指標①：Feu 値による明るさ感指標の特性

一般的に通行空間と滞留空間では通行空間においてより高い明るさ感が得られている。これは路面の明るさが目に入りやすいためである。しかし滞留機能重視のパターンでは一般的傾向に反して滞留空間付近では鉛直面への偏った配光により高い明るさ感が得られる。

2) 眺望性指標②：Depth（奥行き）値と鉛直面輝度分布を用いた見通し度評価の特性

全体として滞留空間では見通し度の標準偏差が大きく変化に富んだ光環境が分布する。全点灯や植栽重視のパターンでは滞留空間付近での鉛直面輝度分布が高い影響により見通し度が高めに出やすく、滞留機能重視や路面照射重視では逆に通行空間でより高い見通しとなり、輝度分布より空間的奥行きの影響が出やすい。

3) 隠れ場性指標①：水平面照度による視認性の特性

全点灯では水平面照度平均値の値から隠れ場性は低く、路面照射のみでは隠れ場性が高くなる。植栽重視ではボラードやベンチの照明が鉛直面配光主体であることから隠れ場性が高くなる。滞留機能重視はベンチへの集中的な配光のため植栽重視よりやや隠れ場性が低下する。植栽重視と滞留機能重視の傾向より鉛直面照明を強調することが隠れ場性を高めることがわかる。

4) 隠れ場性指標②：各メッシュの相対的暗さ

高位置のポール照明直下は隠れ場性が低くなり灯具の配置位置が隠れ場性を決定づける。ベンチ下照明は局所的に水平面照度を高めることから、その近くで隠れ場性の高い場所を生み出す傾向がある。全点灯と滞留機能重視が隠れ場性の評価が高く、滞留機能重視がより高い評価である。通行機能重視ではボラード照明など路面への均一な照明が隠れ場を創出しにくい傾向となった。

5) 隠れ場性指標③：Depth（奥行き）値の分布を用いた視点の隠される度合いによる特性

建物壁面とベンチ・植栽を有する滞留空間で隠れ場性が高く指標が有効に機能した。滞留空間

より車道側は開放的で隠れ場性が特に低い。

3.2 眺望性および隠れ場性それぞれの統合評価値による検討結果

標準化の上、合算された眺望性および隠れ場性の指標による面的評価について示す(図2)。眺望性については、全点灯光環境の評価が最も高く、路面照射型の光環境は評価が最も低い。導入した照明数が寄与している可能性がある。照明数で同等の植栽重視、滞留機能重視、通行機能重視の比較では、植栽重視と滞留機能重視の光環境が眺望性の評価が高く、通行機能重視の光環境は低い。植栽や滞留機能を目的とした鉛直面照明が評価に影響している可能性がある。

眺望性が全体的に高い滞留機能重視の光環境では通行空間の評価が相対的に高くなる傾向が見られた。空間内のメッシュからのベンチ下照明の視認性がこの結果に影響したと思われる。

一方、隠れ場性の統合評価は、光環境指標のみと奥行き指標を加味した2つのケースで検討した。光環境のみの場合、全点灯は全体的に隠れ場性の評価が低い。逆に照明数が少ない路面のみの光環境では隠れ場性の評価が高い。植栽重視や滞留機能重視の鉛直面に多く配光する光環境は隠れ場性の評価が高まり、一方で通行機能重視の路面に多く配光する光環境では隠れ場性の評価が低い。特に通行空間では、ポール照明下で水平面照度値が高まり、全体的に隠れ場性評価が低い。不均一照明の光環境では隠れ場性の評価も高くなった。照明器具の全般的適用は隠れ場性を低下させるが、鉛直面配光を強調し不均一に配光する工夫により、居心地のよい隠れ場を提供できる。一方、Depth値の分布を考慮すると、隠れ場の出現傾向に変化が生じ、車道側の開放的な空間で隠れ場性の評価が低下した。車道側でも隠れ場性が高い場所は、相対的な照度差が隠れ場性に寄与しているためである。滞留空間の奥まった場所は全般的に隠れ場性の評価が高い。滞留空間で隠れ場性が低いのは路面照明の下やベンチ下照明が直接当たる地点である。建物に近い地点も空間的な行き止まりであり隠れ場性が高い。以上から光環境指標だけでなく、Depth(奥行き)値を考慮することで、配置する街路要素の実態を踏まえた隠れ場性の評価ができるだろう。

3.3 眺望性と隠れ場性指標を統合した総合評価

1) 眺望隠れ場理論による街路光環境の滞留性・通行性の評価の考え方

眺望性統合指標と隠れ場性統合指標の双方が高い空間は滞留空間としての居心地の良さと通行性の双方を兼ね備える空間と評価できる。眺望性が高く隠れ場性が低い空間は通行性に特化した空間、眺望性が低く、隠れ場性が高い空間は滞留において特に優れた空間と評価できる。

2) 眺望性評価・隠れ場性評価の2軸散布図(図3)による光環境パターンの評価

「全点灯」「植栽重視」では、その滞留空間に眺望性と隠れ場性双方が高いメッシュが多い。滞留空間に水平面配光の照明が少ないためである。その通行空間では眺望性が高く、隠れ場性が低いため通行空間に適した照明環境であり、このパターンは通行・滞留において全体的に評価が高い。「滞留機能重視」では、滞留空間に隠れ場性のみが高いメッシュが多く、前2パターンより滞留に特化している。通行空間では「植栽重視」よりも眺望性が高いが、ベンチ下照明の影響と考えられ、一部眺望性が低いのは建物への不均一な照明による。「通行機能重視」「路面照射のみ」では、眺望性の評価が高いメッシュ数が少なく、前者は通行機能に配慮した照明器具配置としたが、眺望性指標に基づく通行性の観点からは光環境の質が十分でない判断される。各光パターンでの眺望隠れ場性の評価を全体的に見ると、鉛直面を強調した配光をすると眺望性と隠れ場性が共に高くなり、居心地の良い空間が形成される。また配置する照明数が多くなれば眺望性は高くなるが、隠れ場性が低くなる傾向が見られ、通行空間に適した光環境になると思われる。

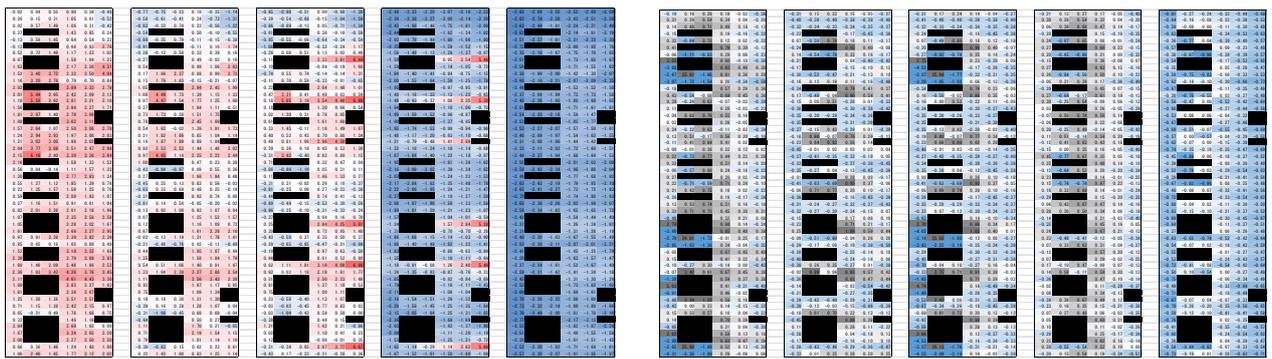


図2 歩道空間（道路軸：上下方向）の眺望性（左）および隠れ場性（右）の統合評価値分布図
 左から、「全点灯」「植栽重視」「滞留機能重視」「通行機能重視」「路面照射のみ」の光環境パターンの分布図
 眺望性【濃赤：高い、濃青：低い】、隠れ場性【濃青：高い】、黒色：滞留用設備

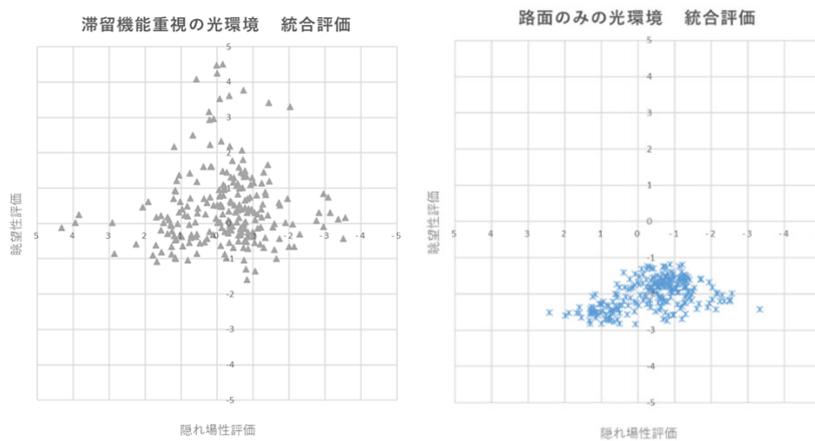


図3 「滞留機能(左)」「路面照射(右)」の眺望性(縦軸)及び隠れ場性(横軸)評価散布図
 「滞留機能」は眺望、隠れ場が高い場所が多く、「路面照射」では隠れ場は中庸で変動幅が小さく、眺望が全般に低い。

3.4 夜間歩行者空間での着座行動の観測と光環境が着座行動に及ぼす影響分析

さいたま新都心駅周辺の歩行空間にて夜間の光環境下の着座行動を観察し、得られた行動データへの光環境指標の影響を分析した。デッキ上の全般的な分布として、駅とデッキの接続部（図4左端部）を例外として、図4（L字型の内側沿い）デッキ縁の部分で床面・座面双方の水平面照度平均値が低く、同時に着座件数と滞留時間が多い傾向が見られた。水平面照度分布の相対的低さが隠れ場性をもたらし滞留に寄与した可能性がある。一方、着座時の視線方向と鉛直面照度平均値の関係は負の相関が見られ($r=-0.73$)、明るい見通し（眺望性）の仮説とは相反する傾向である。これはデッキ沿いの店舗等の漏れ光の照度が高く眩しい光を避ける傾向とも考えられる。

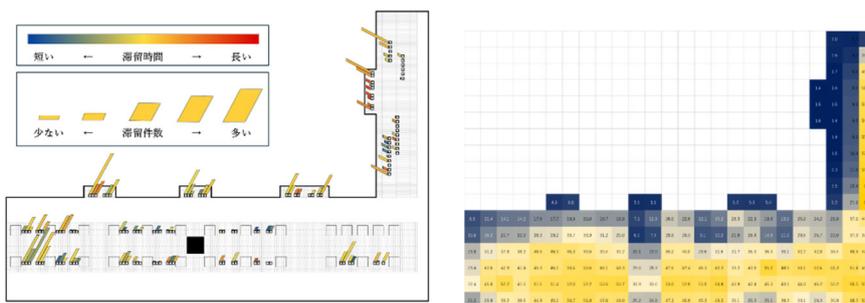


図4 夜間歩行者空間での着座行動分布(滞留件数・時間(左))と路面水平面照度平均値の分布(右)

4. 今後の課題

本研究は景観体験における眺望隠れ場理論の考え方を夜間街路空間の滞留空間の居心地の良さの評価に応用したものである。眺望性と隠れ場性を2つの要因として、光環境指標（水平面照度分布・鉛直面輝度分布）と空間指標（景観画像におけるDepth（奥行き）値の分布）を基本指標とし、さらにFeu値や局所的な照度差などにより複合化し、2つの眺望性指標と3つの隠れ場性指標を独自に提案した。実際に照明シミュレーターを用いて、街路に配置した各種照明器具を点灯・消灯させることで、5つの異なる光環境パターンを3次元仮想空間上に再現し、それぞれ眺望性と隠れ場性の発生のバランスや両者を兼ね備えた場所の存在可能性を、評価対象の歩道空間を想定したメッシュ分布図として可視化することができた。また現実の夜間街路空間において、光環境のもとにある歩行者のベンチへの着座行動を観察することで、滞留行動の頻度や時間の上で、眺望性と隠れ場性の影響可能性を検討している。

今後の課題は以下の通りである。

1) 眺望性および隠れ場性が滞留行動を誘発する効果の検証

眺望隠れ場理論の適用は、街路滞留空間の居心地の良さに影響するとの仮説はより詳細な心理実験による検証が必要である。本研究の夜間の着座行動調査では、大局的には平均水平面照度が相対的に低い座具に着座行動が多い傾向が見受けられたが、前方視野において空間的見通しの影響はデータ上検証できず、また視線方向のより高い輝度分布は避けられている可能性が指摘された。実際の着座行動は周辺環境条件のコントロールが難しく、歩行者の内的要因に左右されやすいため、今後は仮想映像を被験者に提示する心理実験、および室内実験により実際の照明器具の点灯条件によって再現された眺望性と隠れ場性について、被験者の居心地の感じ方を実験的アプローチにより検証する必要がある。

2) 眺望性および隠れ場性の指標の寄与度の検証

本研究では眺望性と隠れ場性の定量化において、複数の指標を仮説に基づき複合化して面的に評価した。Depth（奥行き）値と輝度分布の乗算や複合指標の単純な合算が妥当であるかは、前述の心理実験データを用いた回帰モデルを用いた分析等により検証する必要がある。

3) 眺望性および隠れ場性の検出方法の検討

本研究では眺望性と隠れ場性に影響する基本指標群と複合化指標を提案し、その高低を歩道空間上の分布図として可視化したため、相対的に眺望性、隠れ場性のいずれか、両者ともに高い値となった場所を見いだすことは可能である。しかしそれらの指標がどの程度の水準であれば影響力を発揮するかは別途心理実験を行い一定の基準値・目安を見いだす必要がある。

4) 歩行者視線の光環境評価を行うための評価対象映像のあり方の検討

本研究では街路歩行者が多方向を視認する潜在的可能性を考慮するため、歩行空間を規定するメッシュ群より4方向の景観画像を鉛直面輝度分布とDepth値分布算出の情報源とした。近年は360度パノラマ画像を用いた全方位で緑視率を画像分析する手法も用いられており、光環境評価において全方位映像化を検討すべきである。また歩行者が特定の方向のみ体験する場合など動線固定条件における眺望隠れ場性を有する場所の同定も課題となる。

以上