

5. 結語

本研究の結論を以下にまとめる。

介護職員のストレス状況については、

- 1) ストレス指標は全国平均を上回り、介護業務がストレスの多い仕事であることが判明したが、上司あるいは同僚からの支援が平均以上されており、総合健康リスクは全国平均を下回っていた。
 - 2) 仕事ストレス度はユニット型のほうがやや高く、職場支援度は従来型のほうがやや高かったが、総合的には大きな差はなかった。
 - 3) 支援を最も必要としていたのは、従来型では中堅の職場の在職年数が少ない職員で、ユニット型では新人職員であった。
 - 4) ユニット型の方が、従来型に比べ勤務前のストレスが高く、特に新人職員のストレスは顕著なため、新人に対するストレス軽減対策が必要である。
 - 5) 従来型特養では、勤務によるストレス負荷が大きく感じられることが予想され、勤務終了後のクールダウンの必要性がある。
 - 6) 中堅・新人という勤務年数によって身体活動状況は変動しない。勤務年数よりも、所属するユニットあるいはフロアの業務(介護)内容に、身体状況を左右する要素がある可能性がある。
- 介護の生活環境に有効なストレス軽減療法として、
- 7) ラフターヨガは1回の実施で、開始前に比べてストレス減少効果があり、継続によるストレス軽減効果が高く、ストレスレベルも下がる可能性がある。

今後の課題として、本調査での対象数は少なく、この結果をもって結論とすることはできにくい。さらに対象数を増やして、調査結果の妥当性を追求していく必要がある。また、ストレス状況についても、個別的要因による差異か、あるいは介護業態や中堅と新人の捉え方によるのかという点について、これから詳細な検討や分析を要すると考える。

(謝辞)

最後に、調査にご協力いただきました各特養の介護職員、並びに調査を許可していただきました施設関係者、ラフターヨガ参加者の皆様に、この場を借りて御礼申し上げます。

尚、執筆分担は以下の通りである。

1. はじめに(上田)
2. 研究方法(○上田、仲田、志水)
3. 研究結果
 - 3-1-2, 3-1-3(上田)
 - 3-1-2(仲田)
 - 3-2(○上田、志水)

4. 研究結果

4-1-1, 4-1-3(上田)

4-1-2(仲田)

4-2(○上田、志水)

5. 結語(全員)

補注

注1) 厚生労働省所管の財団法人「介護労働安定センター」が公表した2008年度介護労働実態調査で、従業員の離職率が18.7%と、前年度より2.9ポイント改善したことが分かった。同年看護職の離職率は11.9%。

注2) コルチゾールとは、副腎皮質から分泌されるホルモンで、糖質コルチコイドの一種。糖代謝をはじめ、タンパク代謝、脂質代謝、電解質の代謝、骨代謝、さらに免疫機構にも関与しており、生命維持に不可欠なホルモンで、炎症を抑制する作用もある。ストレスに関与し、過度なストレスを受けると分泌量が増加し、その反応はとても敏感でストレスホルモンとも呼ばれる。採血を行なって調べるが、コルチゾールの分泌量は朝起床したときが最も多く、午後から夜にかけては徐々に減っていく(日内変動)。なお、下垂体から分泌されている副腎皮質刺激ホルモン(ATCH)が、コルチゾールの量をコントロールしているので、ATCHも同時に測定する。

注3) 記事「ニッポン人脈記-歩いて触れて癒される」朝日新聞、平成22年11月5日より、鹿児島県霧島にある病院で認知症高齢者に対して森林療法を実施し、想像を超える変化があり医学界からも注目されている。

注4) 日本は既に平成17(2005)年に高齢化率20.2%になり、平成27(2015)年には約26.9%という国民4人に1人が高齢者という諸外国が歴史上経験のない高齢社会に突入し、とりわけ75歳以上の後期高齢者の増加や寝たきり、認知症の要介護高齢者の急増が見込まれている。

注5) 仕事のストレス判定12項目の質問により仕事の量的負担、コントロール、上司の支援、同僚の支援の4分野を点数化し、その平均値と全国平均値と比較できるうえ、ストレスによる健康リスクを数値化し表示できる。

注6) ライフコーダー(EX版)とは生活習慣記録器であり、日常の身体活動状況(歩数、消費カロリー量、運動強度、時間、運動頻度)を最大200日連続して記録するツールである。加速度センサを搭載し、4秒ごとの運動強度を測定することも可能である。スズケンにより開発され、個人の生活場面における健康管理や、糖尿病教育を実施する医療機関、自治体等、また様々な研究分野で用いられている。機器としての性能の信頼性が担保されたツールであると認識されている。

注7) 唾液アミラーゼモニターの測定方法は、

- ① チップの先端を口に含み、唾液採取部を舌下に入れて 30 秒待つ。
- ② チップを本体の挿入口に差し込むと自動的にスイッチが入り、レバーを上げる。
- ③ 10 秒間待ち、表示によりシートを引っ張る。
- ④ シートの反対側を持ち、カチッというまで引っ張る。
- ⑤ カウントダウンが表示され 20 秒後結果が表示される。という手順で測定し、その数値を読み取る。測定値が高いほどストレスが多く、最大値 200KU/L である。目安として、0-30; ストレスなし, 31-45; ややあり, 46-60; あり, 61-; 多いとしているが、明確な基準値はなく、数値には個人差がある。

注8) 認知症の周辺症状とは、身体状況や環境によって二次的に出現するさまざまな精神症状(妄想、幻覚、抑うつ、昼夜逆転、不安いららなど)や行動異常(徘徊、異食、暴言暴力、介護拒否など)で、随伴症状、BPSD(認知症の行動・心理症状)と呼ばれることもある。

注9) 愛知県福祉・介護人材確保対策事業とは、進路選択学生支援事業、潜在的有資格者等養成支援事業、複数事業所連携事業、キャリア形成訪問指導事業から成る事業で、福祉・介護人材の緊急的な確保を図ることを目的とする。本学では平成 21 年～22 年の 2 年間、複数事業所連携事業を除く 3 事業の助成を得ている。ラフターヨガは、潜在的有資格者等養成支援事業に位置づけられた高齢者参画支援として、団塊の世代・主婦層等の知識・能力を生かして福祉・介護分野への参画を進めるための研修の一つとして開催された。

注10) 武田ら(2005)の調査によると介護職員の歩数は 6,000～12,000 歩の間に分布しており、平均は 9,447 歩であり、涌井(2003)は平均歩数が 12,927 歩、三浦ら(2001)は 10,000～15,000 歩位に分散しているという調査結果を示している。

参考文献

- [1] 山田富美雄編集:医療の行動科学;北大路書房, 2004
- [2] 介護労働者のストレス-(財法)介護労働安定センター調査から- ;月刊総合ケア 16(1), p88-90(2006)
- [3] 横山さつき:卒業生の労働実態と職業性ストレス-介護福祉士の介護労働を中心とした分析- ;中部学院大学・短期大学部研究紀要 8, p43-54(2007)
- [4] 三徳和子、森本寛訓、矢野香代他:施設における高齢者ケア職員の職業性ストレス要因とその特徴、くささ貴意量福祉学会誌 18(1), p121-128(2008)
- [5] 高橋美岐子、藤沢緑子、佐藤沙織他:介護専門職のストレスの現状と課題;日本赤十字秋田短期大学」紀要 6, p 61-68(2002)
- [6] 前川義量:介護職員から見た特別養護老人ホームのあり方の研究-歩数調査による介護負担の検証-, Kwansei Gakuin policy studies review 6, p89-112(2006)
- [7] 山口昌樹、花輪尚子(富山大学)、吉田博(ニプロ):唾液アミラーゼ式交感神経モニタの開発 電気学会誌, p13-16(2006)
- [8] 色川奈々:音楽プログラム参加前後の唾液アミラーゼ活性値の変化;日本看護学会論文集, 成人看護, 240,p347-349(2009)
- [9] 大森美津子, 小林春男, 大浦智華他:通所リハビリテーションに通う認知症高齢者のストレスの事例研究;香川大学看護学雑誌 11(1), p44-55(2007)
- [10] 石坂愛子, 安畑敏弘, 茂山千英子他:高齢者における歯周病と唾液ストレスマーカーとの関連;口腔衛生学会雑誌, 56(4), p592(2006)
- [11] 岡本和士:地域高齢者における主観的幸福感と家族とのコミュニケーションとの関連;日本老年医学会雑誌 37(2), p149-154(2000)
- [12] 太陽好子, 小林春男, 永瀬仁美他:認知症高齢者に対するイヌによる動物介在療法の有用性;川崎医療福祉学会誌 17(2), p353-361(2008)
- [13] 福島裕人:ラフター(笑い)ヨガの血圧低減効果について;笑い研究学 16, p109-113(2009)
- [14] ラフターヨガジャパン <http://laughteryoga.jp/>
- [15] (財)パブリックヘルスリサーチセンター:ストレススケールガイドブック第 1 版;P291-296(2004)
- [16] Karasek, R and Theorell, T: Healthy Work; Stress, Productivity, and the reconstruction of working life, Basic Books, p31-32(1990)
- [17] 三浦研、鈴木修二、佐藤友彦他:個室ユニット化に伴う看護および介護職員の身体活動量の変化;日本建築学会大会学術講演抄録集(2001)
- [18] 涌井忠昭:介護労働者の身体活動量、エネルギー消費量および生体負担;産業衛生学雑誌(2003)
- [19] 武田則昭、松本正富、齋藤芳徳他:高齢者施設における個別対応福祉用具導入が介護労働者の身体活動に与える影響;産業保健調査研究(2005)
- [20] 大阪府立公衆衛生研究所:腰痛の起こらない介護現場の実現のために(2005)
- [21] 田尾雅夫・久保真人:バーンアウトの理論と実際;誠信書房, 東京(1996)
- [22] 榎きんでん:無意識かつ非拘束なセンシングシステムによる見守り支援の実現;平成 20 年度サービス研究センター基盤整備事業に係る適応実証委託事業(2010)
- [22] 熊谷信二、田井中秀嗣、宮島啓子他:高齢者介護施設における介護労働者の腰部負担;産業衛生学雑誌(2005)

コンピュータグラフィックスにおけるシャドウ表現と

環境影響評価技術への応用 (2)

—光幕光源マップモデルを用いたシャドウの輝度分布シミュレーション—

Shadow Rendering on Computer Graphics and Application to Environmental Impact Evaluation Technology - Part Two - Veiling Light Source Model and Shadow Impact Estimation

宇田紀之・神谷淑貴

UDA Noriyuki and KAMIYA Yoshitaka

Abstract:

The large scale building has shadow impact on wide area. Its shadow is often consisted of penumbra (hard shadow) and umbra (soft shadow) with shade gradients. The shadow size and luminance distribution are depended on the solar position, project distance and atmospheric condition on that time. In shadow simulation, penumbra due to direct sunlight and umbra by illuminant effect of skylight are calculated individually and are synthesized afterward. This usual method could not forecast the luminance structure on shadow of building with complex structure.

In this study, we proposed an easy and effective method to forecast the shadow impact and produce shadow image with luminance gradients. We made a veiling light source, which produced by applying Gauss filter on the sun image. Veiling light source was used as mapping light source in global illuminant environment. In this model, the atmospheric condition is expressed by mean and variance of Gauss equation. The variation of shadow could be expressed corresponding to the change of sun ray diffusion. In this model, the shadow luminance on the project face could be calculated by inverse ray tracing method. It is valid as a method of forecasting shadow impacts.

Keywords: shadow simulation, penumbra (hard shadow), veiling light source

1. はじめに

高層建築物は太陽光を遮断して、建物周辺にシャドウを発生させる。シャドウは、本影（ハードシャドウ）と、その周辺にある濃度の薄い半影（ソフトシャドウ）で構成される。シャドウの大きさや濃淡輝度分布は、太陽位置（方位と高度）、投影距離、天候条件、地表条件（反射条件）などによって変化する。

日常生活において、太陽光とシャドウの影響を強く認識度の低い時間帯である。道路走行時に運転者の目に飛び込む太陽光の眩しさや、ベランダから室内に侵入するシャドウの違和

感・不快感は誰もが経験するところである。シャドウの気象影響については、さまざま研究がなされてきたが、日出日没の時間帯は大気状態が不安定であることから、太陽が低位置にある時間帯のシャドウ影響研究はあまり進んでいない。

本研究では、太陽が低位置にある場合のシャドウ影響を検討するために、太陽周辺の光幕を表現した光幕画像を光源マップとした仮想照明環境において、シャドウの輝度分布とその変化を予測する簡易方法を提案した。

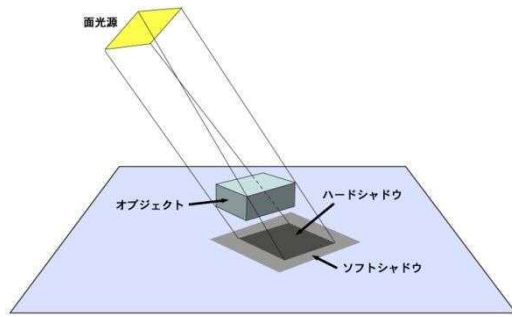


図 1.1 面光源の概念図



図 1.2 面光源

1.1 環境研究におけるシャドウ影響評価

建築物が太陽光を遮断してできるシャドウは、周辺住民の光環境や農作物の生育に影響を与えるため、環境影響評価における主要な研究課題のひとつとなっている。建築・土木の分野において、シャドウの影響領域や出現時間、および、その評価方法についてさまざま研究がなされてきた。

環境分野におけるシャドウ研究は、日照時間全体を問題とするために、太陽光の平行光線と大気の一様分布の仮定でシャドウを考えることが多い。しかし、太陽が低位置にある場合、すなわち、太陽光が大気による光散乱や地表面条件による遮断・反射の影響を深刻に受ける場合は、一様分布を仮定することは適当ではない。シャドウは、濃淡差を含んだソフトシャドウと考えるのが自然である。

1.2 CGにおけるシャドウ表現

シャドウは、物体の立体構造を認知し、画像の品質を決める重要なポイントであることから、コンピュータグラフィックスや画像処理の分野においてもさかんに研究がなされてきた。CG分野におけるシャドウ研究の関心は、光源の大きさや環境拡散光を考慮に入れて、本影の周辺に現れるぼんやりとしたソフトシャドウの表現にあった。

ソフトシャドウを表現には、面光源を仮定する必要がある(図1)。表現アルゴリズムとしては、シャドウマップ法、シャドウボリューム法、分散レイトレーシング法などがある。シャドウマップ法はゲーム制作に多用される並列化可能な簡便法である。恣意的な部分があり予

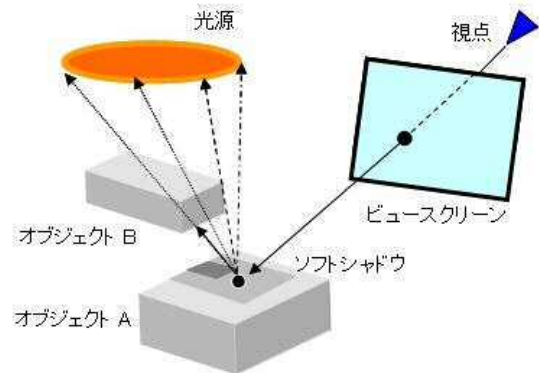
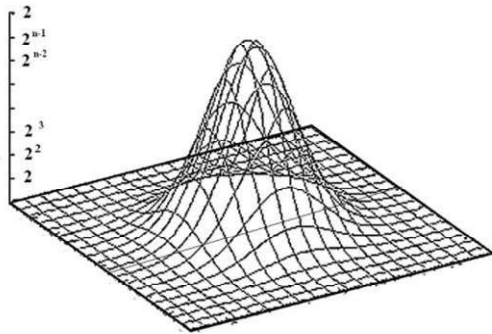


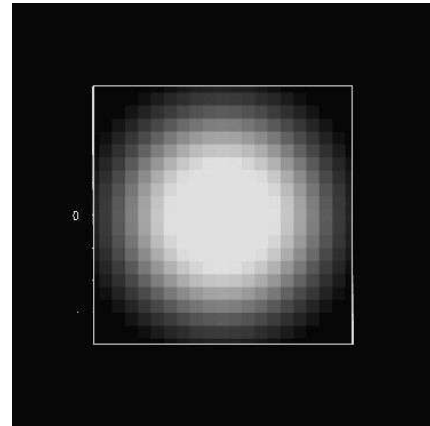
図 2 分散レイトレーシング法

測精度に欠ける。シャドウボリューム法は、光源と遮蔽オブジェクトの位置関係によって影が生じる空間をひとつのボリューム(シャドウボリューム)と考え、シャドウボリュームと他のオブジェクトの交差検出によってシャドウ判定を行うものである。シャドウボリューム法の利点は、シャドウ領域を比較的簡単に、そして、正確に予測できることにある。さらに、シャドウボリュームとオブジェクトとの交差判定によって、複数オブジェクトの重なりや干渉も表現できることである。多田村は、複数のデブスバッファを用いて複雑な大気状態の表現と試み、フォトリアリスティックな景観画像を生成した。ただし、この方法は、特定地点の輝度を計算する場合でも、すべてのオブジェクト頂点について交差計算をする必要があることから、シャドウ影響予測の目的には適さない。

分散レイトレーシング法は、ワールド座標における可視点から光源へ向かう追跡光線を複



$$p(xa, ya) = \frac{1}{N^2} \sum \theta \sum r \cdot \exp \frac{r^2}{2\sigma^2} \cdot P(x, y)$$



輝度分布の正規化

図 3 : 光幕光源画像の定義

数に分散させて、そのうち光源に到達した光線の比率によってソフトシャドウの輝度を定める方法である。シーン内のオブジェクトに反射属性を定義することによって、反射や屈折、光の回折現象やリバウンドまで、表現することも可能である。生成画像の品質を上げるには、フレームバッファの解像度を増やす必要があるが、特定地点のシャドウ影響を予測するには、比較的優れた方法である(図 2)。

2. シャドウ影響予測の方法

シャドウ影響予測の目的は、シャドウ影響領域と領域内の輝度分布、シャドウ影響時間、輝度コントラスト(シャドウ領域内と領域外の輝度対比)の予測である。特に、太陽高度が低い時間帯のシャドウ発生を問題とする。

この目的のために半球体を用いた大局照明環境を準備する。光源は光源周辺に輝度分布は、2次元ガウス関数を用いて光幕画像(テクスチャ)で定義する。半球体で定義した天空面に設置して、各光点を点光源としたマップ光源とする。遮蔽対象物は半球体の底円面の中心に設置して、測地系(WGS84)の緯度・経度に対応づける。赤緯・時角の近似式を用いて、時間の関数として太陽位置を定義することが可能である。シャドウは底円面に投影する。観測点は、光源と遮蔽物の反対面に位置するものとする。

地表面付近の大気状態は一樣と仮定して、地表面反射や2次反射、雲の相互散乱等は考えない。

2.1 光幕光源画像の定義

太陽光の散乱は、太陽光源の中心を原点とする XY 座標にガウス関数を用いて定義する。平均輝度 $R(x_0, y_0)$ と分散 δ を地表面付近の大気状態を表現するパラメータとして、光幕光源画像の各点の輝度 $P(xa, ya)$ は、次の式で定義する(図 3)。

$$p(xa, ya) = \frac{1}{N^2} \sum \theta \sum r \cdot \exp \frac{r^2}{2\sigma^2} \cdot P(x, y)$$

N は正規化定数

光源の光の強さは、法線面直達日射量 J_n [MJ / m²h] の変化に対応づけた。日射量の推計式は、次の近似式を利用した。

$$J_n = J_{n0} \times P_m$$

J_{n0} : 大気外日射量 [MJ / m²h]

P: 大気透過率

m: 大気質量

大気質量は、太陽光が地表に到達するまでの空気抵抗で、太陽高度が低い場合、大気の曲率の影響を強く受ける。太陽高度角 β を用いて直達日射量を補正する必要がある。以下の永田の補正式を利用した。

$$m_0 = \{ \sin \beta + 0.15(\beta + 3.885) - 1.253 \} - 1$$

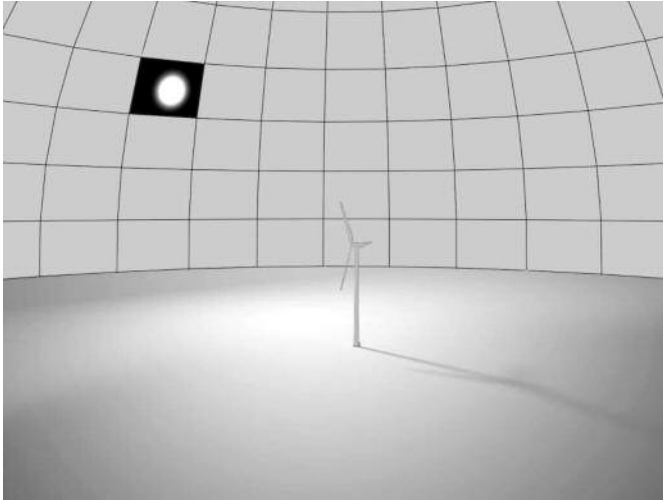


図 4 : 光幕光源マップの照明環境

2.2 光幕光源マップの照明環境

任意時刻における太陽方位角 α と、太陽高度角 β は、観測点の緯度 ϕ を介して次の式で計算した (図 4)。

$$\alpha = \sin^{-1}\{\sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos \tau\}$$

$$\beta = \tan^{-1}[\cos \phi \cos \delta \sin \tau / \{\sin \phi \sin \alpha - \sin \delta\}]$$

δ : 赤緯
 τ : 時角

半球体の内面の該当位置に光幕画像を設置して中心においた遮蔽物を照射する。視点位置から見た太陽光源サイズは、立体角 5 度で一定とする。直達太陽光以外の天空光については、以下の天空光日射量 I_{sh} の推定式を利用する。

$$I_{sh} = J_n 0 \times \sin \beta (1 - P \cos \epsilon \beta) \times KSD$$

KSD は、大気拡散係数

2.3 分散レイトレーシングを用いた輝度予測

シャドウ影響予測は、観測点におけるシャドウ影響判定と輝度計算によって行うことができる。面光源の光線追跡によって観測点の輝度を計算する分散レイトレーシング法が適当である。光幕マップが微分可能な関数で定義でき、また、規則的な有限個のサンプルリングが可能であることから、自動微分アルゴリズムの利用が最適である。

2.3.1 分散レイトレーシング法

光幕光源の中心座標を $L (L_x, L_y, L_z)$ として、

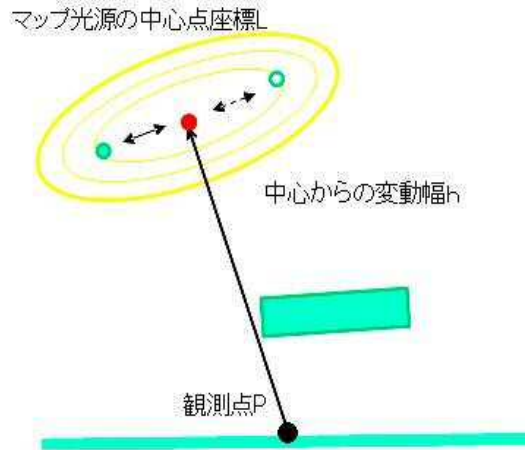


図 5 : 微分法を用いた分散アルゴリズムの概念図

$L_x=x, L_y=y, L_z=z$ とする。 x, y, z に関する偏微分値を持たせて以下のように定義する (図 5)。

$$l_x \left[\frac{\partial L_x}{\partial x} = 1, \frac{\partial L_x}{\partial y} = 0, \frac{\partial L_x}{\partial z} = 0 \right]$$

$$l_y \left[\frac{\partial L_y}{\partial y} = 1, \frac{\partial L_y}{\partial x} = 0, \frac{\partial L_y}{\partial z} = 0 \right]$$

$$l_z \left[\frac{\partial L_z}{\partial z} = 1, \frac{\partial L_z}{\partial x} = 0, \frac{\partial L_z}{\partial y} = 0 \right]$$

観測点を P として、光源 L と遮断物体 o とそれぞれの光線の交点計算を行い、シャドウ影響を判定する。この判定式を D とする。レイをあらかじめ決めた近傍のサンプルポイントに分散させる。 L からの変異幅を h としたときの判定式は、自動微分法を用いて、それぞれのポイントにおける D の 1 次近似値、2 次近似値で求めた。

$$Dh = D + \frac{\partial D}{\partial x} h_x + \frac{\partial D}{\partial y} h_y + \frac{\partial D}{\partial z} h_z$$

判定式は、シャドウありが 0、シャドウなしが 1 である。レイを分散したそれぞれのポイントの輝度 I_n を求める。その平均値を点 P の輝度とした。

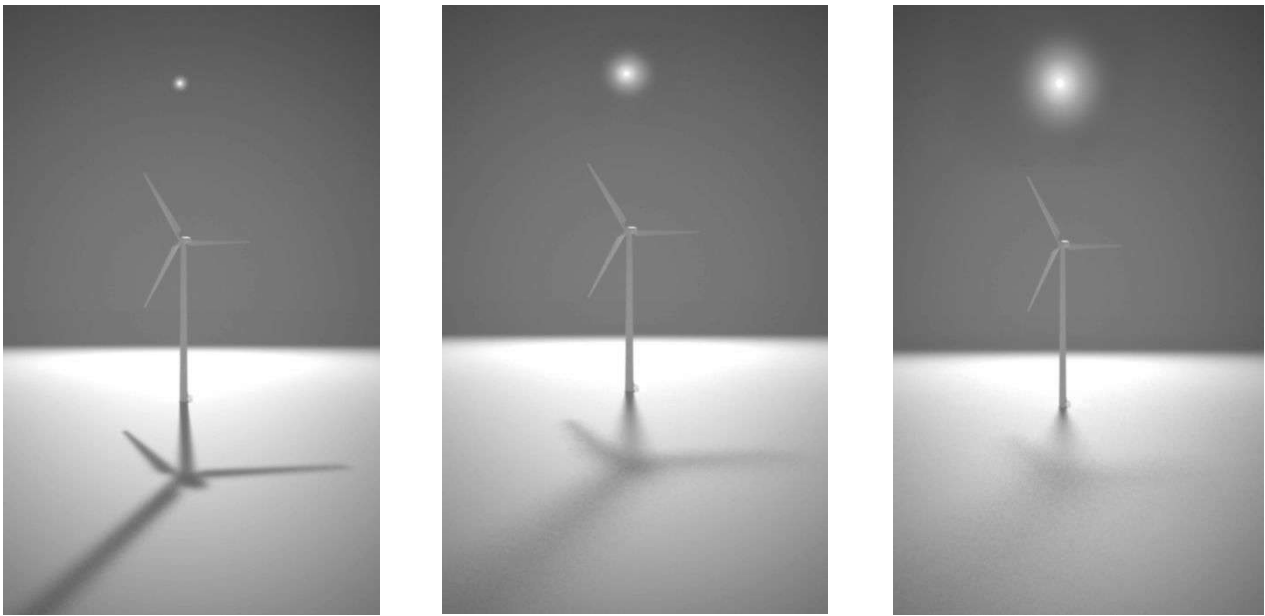


図 6：光幕光源の輝度分布変化とシャドウ影響範囲の変化

3. 予測と評価

3.1 設定

大型風力発電機（ハブ高 80m, ロータ半径 60m）を遮蔽物に設定し、シャドウシミュレーションを行った。光幕マップは、快晴、晴、薄曇りの 3 つの気象条件を想定して 3 種類の光幕画像を作成した。

3.2 シャドウの輝度分布計算

光幕光源だけを光源に設定した状態で、シャドウ領域の大きさと領域内の最大輝度と最小輝度を求めて、輝度コントラスト計算した。シャドウなし領域とシャドウ領域の輝度コントラストを求めたところ、晴天条件でもコントラスト比は 20%程度であり、晴・曇天条件では 10%未満であった。

3.3 シャドウキャスティング

仮想環境に 30%の環境光を加算したうえで、底面にシャドウに投影したのが、図 6 である。曇天環境では、遠方部ではほとんどシャドウが認識されないことが明らかである。ラプラシアンフィルターでエッジ検出を行ったが、晴・曇天条件では、エッジは検出できなかった。

4. まとめ

平行光源と大気一様の仮定では、シャドウ領域に内の輝度分布は把握できない。本研究が提案した方法では、気象条件を反映した光幕マップ光源の利用により、ソフトシャドウ領域の輝度分布の表現が可能であることがわかった。光幕マップのパラメータ（輝度平均/分散）と気象情報の関連づけが今後の課題である。

文 献

- [1] 宇田紀之, 神谷淑貴: コンピュータグラフィックスにおけるシャドウ表現と環境影響評価技術への応用 (1): 名古屋産業大学論集, 第 16 号, pp. 33-40
- [2] 斉藤平(著): 建築気候 (大学講座建築学環境編 1) 共立出版 (1974/01)
- [3] NAKAMAE, E., KANEDA, K., OKAMOTO, T., NISHITA, T.: A lighting model aiming at drive simulators. Computer Graphics 24, 4, pp. 395 - 404. (1990)
- [4] 長沢工(著) (1999): 日の出・日の入りの計算—天体の出没時刻の求め方, 地人書館
- [5] 篠塚五月, 牧野光則: 自動微分を利用した適応的分散レイトレーシング, 電子情報通信学会論文誌, vol-J85-A No. 10 pp. 1115-1125, 2002