

照明設計ソフトウェアに 新たな要求を突きつけるカラー光源

イーアン・アシュダウン

建築士、電気技術者および都市計画担当者などの照明設計の専門家は、照明設計と照明解析のソフトウェアを利用して、建物や道路の照明レベルを計算する。その設計は公共安全の利益のための国家規格と国際規格を満たさなければならないが、景観への配慮も必要となり、芸術性が要求される場合もある。つまり、優れた照明は、われわれだれもが歓迎する類のものである。

したがって、照明の設計解析ソフトウェアは二つの役割を果す必要がある。第1に建築環境における光の分布を正確に予測できなければならぬ。第2は(必須ではないが)環境の物理的にもっともらしく見える画像を再生する必要がある。数表や描画は有用だが、光の効果を設計するときは「1枚の写真が千もの言葉の価値をもつ。」

今日のソフトウェアはこれらの要求を十分に満たしているが、建築の分野では高輝度の発光ダイオード(LED)による固体照明の実用化と自然な昼光照明の再評価とが一緒になり、市販とオープンソースの両方のソフトウェアに對して新しい機能を持ち込んでいる。

理論

専門家による照明設計は、何よりもまず、その専門分野が工学の領域に帰属する。電気照明の場合、その設計は照明器具の測定された照度分布(光度測定データ)から始まる。照度分布の情報は照明器具メーカーから提供され、メーカー製品の封印された設計図と同等の価値をもつ。

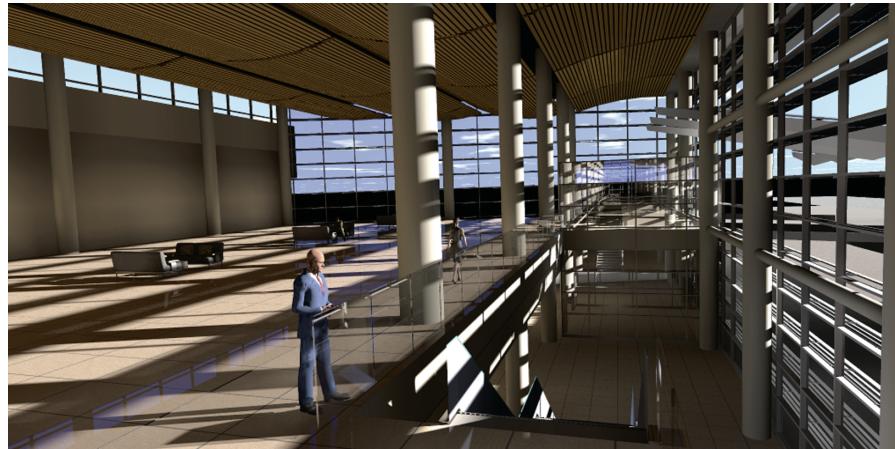


図1 このレイトレーシング法とラジオシティ法によるレンダリングは複雑な建築環境を示している。まず、ラジオシティ法を用いて照明設計のための照度分布が計算され、次に、レイトレーシング法を用いて建築を可視化するための鏡面反射による直接照明の再計算が行われた。(資料提供:ポール・ブローケン氏/Mulvey+Banani社)

自然な昼光照明の場合は、直射した太陽光と拡散した昼光の分布と強度を正確に予測するいくつかの「スカイモデル」があり、これらのモデルは日付と時間、地理的位置および気象条件をパラメータにしている。また、ほとんどの場所は気象データの履歴を利用できるため、年間の昼光条件は日毎および時間毎の予測が可能になる。

次の段階は建築環境のモデリングが課題になる。従来の室内のモデリングは、壁50%、天井80%、床20%の反射率を仮定し、部屋は中空の長方形となるものとされてきた。道路環境のモデリングはさらに簡単で、逆二乗則を用いた直接照明の手計算で行われてきた。現在の照明設計は3次元(3D)CAD設計が普及したため、その多くは建築設計プログラムを用いて、複雑な設計が見事に行われている。このようにしてモデルリングが完成すると、照明設計者は

設計図の各面に材料の色と模様を割り付けるが、その反射率と照明器具の光度測定データは自動的に決定される。

現在は芸術と科学がソフトウェアを通して融合し、3Dモデル内の光の分布は反復して計算される。この反復計算は電気照明と昼光照明(存在する場合)による各面の直接照明の計算から開始される。光は各面の材料特性に対応して、その一部は吸収されるが、残りは反射または透過(バウンス)して他の面へ向う。

この間接照明のそれぞれのバウンスによって、光の分布の計算は最終の解へと収束する。数学的に言うと、これは(非常に大きい)行列式を解くヤコビ反復法と同一の過程になる⁽¹⁾。

これらの計算には「放射フラックス伝達法(ラジオシティ法)」と「レイトレーシング法」の二つの基本的アプローチがあり、いずれも長所と短所を備

光学部品を大量生産する
ベストサプライヤーを
ご存じですか？



EOに今すぐご連絡ください

オプティクス製品の数量見積り:

- 標準規格品、又は特注品
- 数量値引きは、20個～100,000個まで
- 在庫品は、短納期供給で対応
- 製造拠点をグローバルに配置

設計から試作、そして生産までお客様に
好まれる光学部品の大量生産サプライヤーに

専門的アドバイスをお求めですか？

当社アブリケーションエンジニア
までご相談下さい。
総合カタログも無料でお届け致します！

more optics | more technology | more service

 **Edmund**
optics | japan

エド蒙ド・オプティクス・ジャパン株式会社

〒112-0001 東京都文京区白山5-369 白山麻の実ビル
TEL: 03-5800-4751 FAX: 03-5800-4733 | www.edmundoptics.jp
アブリケーションエンジニア | tech@edmundoptics.jp
カタログ請求 | catalog@edmundoptics.jp

えている。ラジオシティ法は有限要素法であり、各面を多角形の要素に分割する⁽²⁾。ユーザはすべての面の輝度分布を決定し、すべての視点からの環境を対話形式で観察できるが、モデリングは拡散面からの反射に限られる。

レイトレーシング法はユーザが設定した視点から可視できる各面に戻る光線の跡が含まれる。「放射照度キャッキング」や「光子マッピング」などの技術を用いると、拡散面と鏡面の両方からの反射を正確にモデリングできるため、より現実的な光の表現が可能になる^{(3)、(4)}。しかしながら、ユーザはレンダリング画像として観察できる面の輝度分布しか決定できない。

ラジオシティ法とレイトレーシング法を組合せて両者の長所を利用することが可能だが、これは市販のソフトウェアのほとんどに採用されている(図1)。

応用

照明設計ソフトウェアは人間の活動に必要になると考えられる電気照明と昼光照明のすべての場所に応用できる。それらの事例には、建築物の内装と外装、スポーツ施設、道路とトンネル、劇場と演奏会場、工場用地などが含まれる。このように照明設計の応用は多岐にわたるため、測定と計量では数多くの尺度の考慮が必要になる。

水平照度の測定は最も広く用いられ、オフィス環境の実際もしくは仮想の作業面に入射する光量(フットキャンドルまたはルクス)を測定する。日常的に使われる照明設計ソフトウェアの90%以上が水平照度を用いていると推定される。垂直照度はそれほど使われないが重要であり、例えば、通過駅のプラットホーム上にいる人物の顔の認識に十分な光量が得られているかどうかの判定に使われる。

その他の測定尺度には、外装(とくに建物のファサードや記念碑)の照度に使われる光束発散度(lm/ft²またはlm/m²)と輝度(cd/m²)、内装の電気照明の照度に使われる照明パワー密度(W/ft²)と屋内統一グレア評価(UGR)値、スポーツ施設の照明に使われる照度均一性の勾配および係数、小型標的可視度(STV)、適合標的効率(FTE)および道路照明に使われる舗装と被覆の輝度、建築の昼光照明設計に使われる昼光指数とLEED 2.1判定基準などがある(図2)。

ラジオシティ法による計算には、計算がいったん終わると、仮想光度計を配置し、環境の全方向の照度を測定できる利点がある。対照的に、レイトレーシング法による計算はユーザが特定する視点での照度に限定され、新しい視点を選択すると、終了まで数分から数時間をする照明計算の反復が必要になる。一般の大規模建築プロジェクトに使われるソフトウェアは、数十万から数百万の多面体要素間の光反射の反復計算が必要になる。

通常の建築照明設計は地方自治体、州および連邦政府のさまざまな建築基準法の規制を守る必要がある。これらの規制は米国グリーンビルディング委員会(US Green Building Council)のエネルギー環境設計リーダーシップ(Leadership in Energy and Environmental Design: LEED)などの省エネルギーの要請を取り入れており、その認定プロセスはますます複雑になっている。この規制は昼光照明も対象となるため、設計者は年間の気象データに基づいて、日付と時間、地理的位置、場所の方向、天空条件などを考慮しなければならない。

表1は最新の照明設計解析ソフトウェアを示している。ここで重要なことは、建築分野における固体照明の採用と昼光照明の再評価がソフトウェア分析に使われる。

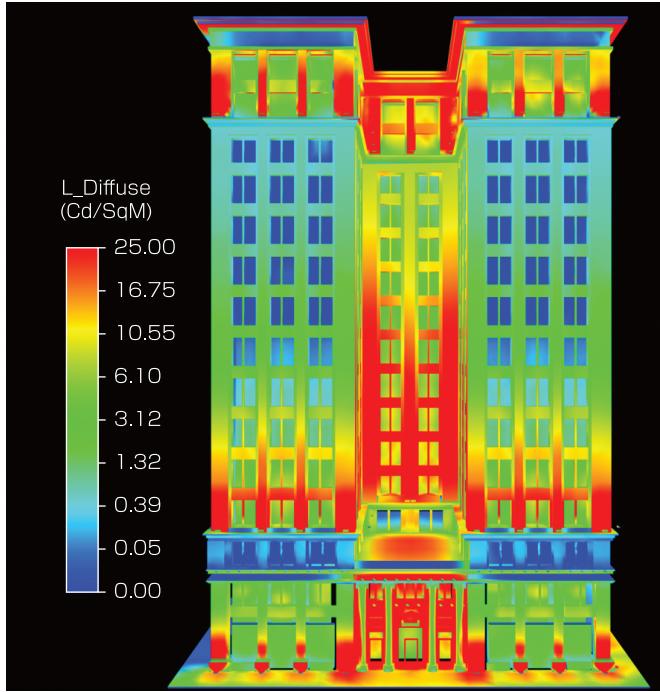


図2 この擬似カラーレンダリングによる画像はホテルのファサードの輝度分布を示している。(資料提供:マイク・ヌーン氏/Palindrome Lighting Design社)

表1 専門の照明設計者が利用できる照明設計ソフトウェア製品

製品	メーカー	URL
AGI32	Lighting Analysts	www.agi32.com
DIALux	DIAL GmbH	www.dial.de
Optis	Optis	www.optis-world.com
OptiWin	Glamox International	www.glamox-international.com
Radiance	Lawrence Berkeley Laboratory	radsite.lbl.gov
Relux	Relux Informatik AG	www.relux.ch
Visual	Acuity Brands Lighting	www.acuitybrandslighting.com

野にも大きな変化をもたらしていることだ。

将来動向

驚かされることかも知れないが、照明設計は色をほとんど考慮しない。設計者は不透明材料と透明材料の色を指定するが、これは図1に示すように、建築主に提示する現実に近い画像を再生するために使われる。照明設計者の設計計算において、色が問題になることは稀であった。

その理由の一つは、照明設計者にはカラー光源を用いて設計する機会がほ

とんどなかったことによる。すべてのランプは「白色」光源として扱われてきた。カラー光源に遭遇しても、設計者の多くはエンタテインメント照明用のダイクロイックカラーフィルタの付いたメタルハライドアークランプによる設計を採用し、それを変更することはしなかった。白色光源の場合、カラー材料に関する唯一のパラメータはそのグレースケール反射率であった。

この状況は10年ほど前の固体照明の登場によって一変した。現在の建物の内部や劇場の配置には動的カラー変化機能をもつマルチカラーLEDの照

明器具が広く使われている。そのなかにはユーザによる「暖色」と「寒色」の白色光の選択を可能にする可変相関色温度(CCT)白色光の照明器具も含まれる⁽⁵⁾。

このような変化に対して、照明設計ソフトウェア開発者の対応は遅れたが、現在は新しい機能をもつソフトウェアが登場している。そのなかの全スペクトル解析ソフトウェアは、現在の材料色の指定に使われている赤、緑、青の3刺激値を5または10nmの波長分解能で等価のスペクトルパワー分布に変換する。このソフトウェアをプラッドフォード変換などの色認識の心理物理学モデルに組合せると、照明設計者は異なるCCTと演色指数(CRI)の光源を用いて照明したときの材料色の変化を正確に可視化できる^{(6), (7)}。

動的照明の効果を可視化することも、調光および色変化効果を含めて、そのニーズへの対応が進んでいる。現在のデスクトップ型／ノート型パソコンの多くは、グラフィック処理装置(GPU)を内蔵して、コンピュータゲームのグラフィクス機能を強化している。現在、この技術は照明ソフトウェアにも導入され、照明設計者はその3D環境と対話しながら、ユーザの入力、タイマーおよび仮想占有センサに対応した調光と色変化の状態を観察できる。

この技術は建築の昼光照明の新しい研究手段にもなる。現在の照明設計者は、年間の省エネルギー効果を解析しようとすると、数百から数千の昼光シミュレーションが必要になる。その結果、異なる昼光センサの位置、調光制御アルゴリズム、巻上げ式ブラインドのような遮光調整器具などの効果のシミュレーションは現実的でなく実行も難しい。GPUに基づく照明設計ソフトウェアを使うと、設計者はこれらのすべての設

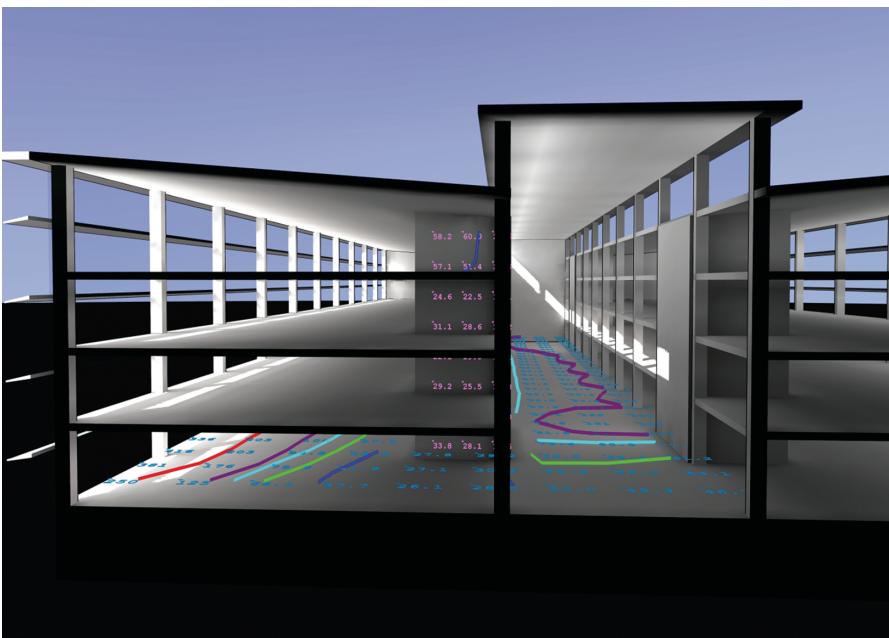


図3 この昼光照明解析は直接と間接の自然照明による照度の等値線を示している。(資料提供: ディビッド・シュペール氏/Lighting Analysts社)

計選択肢によるシミュレーションを対話形式で実行可能になり、従来は数時間から数日を要した年間の昼光解析を数分で完了できる(図3)。

さらに、専門の照明設計者が使用する高ダイナミックレンジ画像には、LEDによる高精細テレビと局所調光機能をもつコンピュータ用モニタが導入された⁽⁶⁾。これらの表示装置と適切な照明設計ソフトウェアを使用すると、設計者は建築主との対話を可視画像を通して行うことができる。

現在の照明設計解析ソフトウェアは

専門の照明設計者のニーズを満たしているが、さらなる多くの機能も備えている。照明設計者は建築主の「数値のことは知りたくない。その設計がどのように見えるのか知りたい」という声を聞き、設計ソフトウェアは数字を重視するプログラムから建築の可視性を重視するプログラムへと進歩した。次世代の照明設計ソフトウェアは照明設計者と建築家の共通のツールとなり、すべての関係者は電気照明と昼光照明の両方の効果を可視化し解析することが可能になるだろう。

参考文献

- (1) I. Ashdown, Radiosity: A Programmer's Perspective, Wiley (1994). (Freely available from www.agi32.com under "Support-Technical Documents.")
- (2) [http://en.wikipedia.org/wiki/Radiosity_\(3D_computer_graphics\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Radiosity_(3D_computer_graphics))
- (3) P. Dutré et al., Advanced Global Illumination, A.K. Peters (2006).
- (4) http://en.wikipedia.org/wiki/Photon_mapping
- (5) I. Ashdown et al., "White-light LEDs range from 'warm' to 'cool,'" Laser Focus World, 42, 5, 73-77(2006).
- (6) E. Reinhard et al., High Dynamic Range Imaging, Second Edition, Morgan Kaufmann (2010).
- (7) M. Rea, Ed. IESNA Lighting Handbook, Ninth Edition, Illuminating Engineering Society of North America (2000).

著者紹介

イーアン・アシュダウ (Ian Ashdown)はバイハート・コンサルタンツ社 (byHeart Consultants Limited)の社長。e-mail: ian_ashdown@helios32.com



究極の 周波数安定化 半導体レーザー

<100kHz



JILAが培った技術がふんだんに盛り込まれ(John Hall設計極低ノイズ、ハイスピードレーザーコントローラー;極低ノイズ電源、多機能サーボコントローラー、DBRレーザー、CECレーザー、スペクトロスコピーモジュール等)、商品化に際しさらにプラッシュアップしました。いつでも、どこでも、使用可能な究極のターンキ一周波数安定化レーザーです。

- ライン幅<100 kHz**
- メカニックパーツ、ピエゾ素子などを使用せず振動に強い**
- アナモリフィックプリズム使用円ビーム**
- 35dBオプティカルアイソレーター内蔵**
- 広帯域高速モードポップフリーチューニングが電流制御のみで可能**


オーテックス株式会社
URL <http://www.autex-inc.co.jp>
E-mail Sales11@autex-inc.co.jp

東京本社 〒162-0067 東京都新宿区富久町16-5 新宿宿高砂ビル
TEL. 03 (3226) 6321 FAX. 03 (3226) 6290

大阪支社 〒530-0004 大阪市北区堂島浜2-1-29
TEL. 06 (6344) 6328 FAX. 06 (6344) 6342