

インタラクティブ進化的計算による室内照明環境デザイン

杉野, 繁一
九州大学大学院芸術工学府

高木, 英行
九州大学大学院芸術工学研究院

<https://hdl.handle.net/2324/4482769>

出版情報：ファジィシステムシンポジウム講演論文集. 23, pp.585-588, 2007-08-29. Japan Society for Fuzzy Theory and Systems

バージョン：

権利関係：



インタラクティブ進化的計算による室内照明環境デザイン

Designing Room Lighting Environment Using Interactive Evolutionary Computation

杉野 繁一

九州大学大学院芸術工学府

Shigekazu SUGINO

Graduate School of Design, Kyushu University

高木 英行

九州大学大学院芸術工学研究院

Hideyuki TAKAGI

Faculty of Design, Kyushu University

Abstract: We develop a design support system for room lighting environment using interactive evolutionary computation. When many LED's with different lighting levels are distributed on wide ceiling and walls, the number of optimization solutions for desired lighting environment drastically increases. We introduce IEC into a lighting design support system to overcome this problem. Usually, it takes time to render many CG room objects, which hinders lighting design support even IEC is used. We overcome this problem by introducing a fast rendering method that approximates real rendering. First, we make a 2-D room lighting image from a fixed view angle when only one LED is turned on. We made many similar 2-D images by changing the turned LED. The fast rendering method is to generate any lighting image by weighted sum of the 2-D images. By combining the IEC method and the fast rendering method, the lighting design support system can be used by not only professional but also any users practically.

1 はじめに

LEDは大型ディスプレイ、信号機、自動車の方向指示やブレーキランプで使われている他、照明機器としても、消費電力、寿命、明るさの面で豆球に勝るLEDは急速に懐中電灯の主役になっている。また紫外線や熱に弱い文化財や絵画用照明では積極的に使用されているし、室内照明機器としてのLEDも製品化されている。最近のLED発光効率は大幅に改善され、小電力使用の場合、単位電力当たりの明るさが $100lm/W$ と蛍光灯並効率のLEDも発表されている。このため、蛍光灯よりも長寿命のLEDは、近い将来、室内やショーウィンドウ等の照明に大幅に使われるようになると考えられている。

これまでの蛍光灯や白熱灯のような照明源に比べ、LEDは小型で安価である。従来照明は大きさやコストのため大量に用いることは特殊な場合を除き考えられないが、LEDであれば天井や壁全体に広く分散させることも可能である。つまり面光源として扱うことが可能になる。大量の3色LEDを天井や壁に広く配置して面光源のように利用されるようになると、居住・ビジネス空間の部屋毎、時間毎、シーン毎の照明環境の演出を劇的に変える。

しかしながら照明デザインの点からは、

1. 多くの光源が面錠に広がると組合せ数の増大からプロの照明コーディネータにとっても困難になる。ましてや一般ユーザには無理である。
2. 照度・色が多様な面光源の照明環境シミュレーションは反射計算量が増大し、コンピュータ

グラフィックス(CG)表現や人工現実感空間による照明環境デザイン支援が技術的に困難になる。

そこで、本研究では、プロだけでなく一般のユーザが各自の好みで照明環境デザインを実用時間でできる室内照明環境デザイン支援システムを提供することを目的とする。この一般ユーザには、一般家庭のユーザだけでなく、今までデパートや商店のショーウィンドウへのディスプレイを外注していた業者や展示会出展業者も含まれる。この目的の実現のために3つの取組みを行う。

第1の取組みは、インタラクティブ進化的計算(IEC)技術を用いた照明デザイン支援システムの構築である。CG照明環境への主観的評価を基に、面状に分布するLED光源の強度と色の組合せ最適解を実用時間で探索するシステム構築を行う。

第2の取組みは、実用レベルの照明環境シミュレーション技術の実用化である。IECでは色々な照明環境をユーザに提示することになるが、各種家具を配した室内で光反射を計算してCGレンダリングするためには多くの時間が必要である。実用的な待ち時間で各種室内照明を提示できるようにするため、飛躍的に増大する計算量を実用レベルで大幅に削減する近似アルゴリズムを開発し、照明環境のCG表現を実装する。

第3の取組みは、視覚的に同等の照明解(点灯させる光源の位置と明るさと色の組合せ)は多数あるので、その中から最も経済的な解を探し出す主観評価を含めた多目的最適化の実現である。

本論文では、このうち、第1の取組みを第2節

と第3節で、第2の取組みを第4節で述べる。

2 システム構成

通常の IEC と同様、最適化対象の照明環境シミュレータ (CG 生成部)、遺伝的アルゴリズム (GA) で構成される EC 部、ユーザインタフェースの3つから構成され (図1)、IEC ユーザは図2や3のユーザインタフェースに提示される9または12 照明環境候補に対して5段階評価を行う。

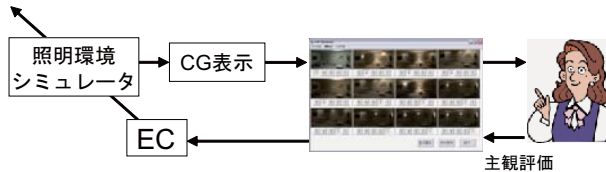


図 1: IEC による照明環境デザイン構成

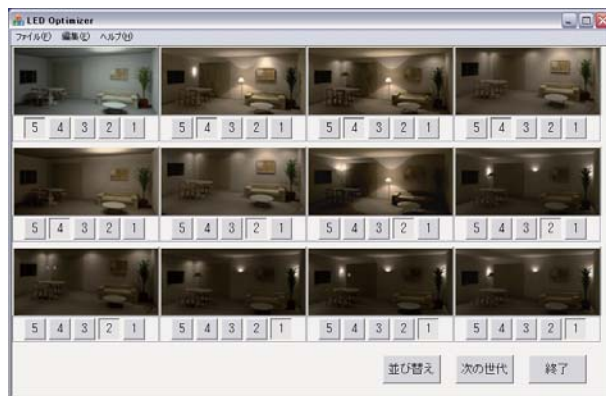


図 2: 室内照明環境デザインシステムの IEC ユーザインタフェースの一例

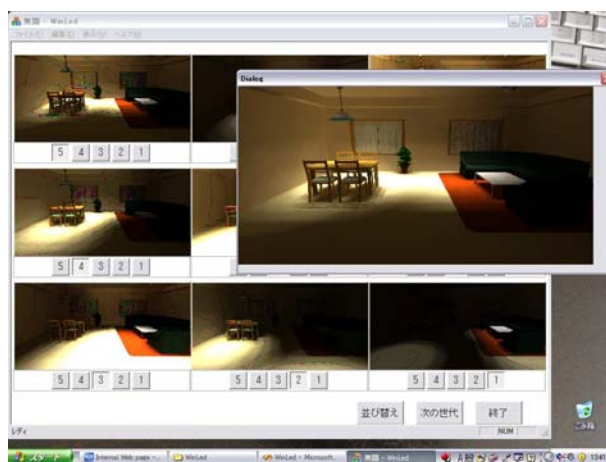


図 3: IEC ユーザインタフェースのマルチウィンドウの一例

室内照明の場合、家具などの陰影のような詳細な点をよく観察したい場合が多々あるので、提示された室内照明デザインをクリックすることで、別ウィンドウが開き詳細提示できるようにもしてある。図3は、16個×16個 (= 256個) のライトを天井に配置した照明環境で「食後のアダルトな雰囲気のリビング」をテーマに照明環境デザインを行っている過程のマルチウィンドウ表示をした IEC ユーザインタフェースの一例である。

通常の CG 生成部と異なる点は、毎回 CG レンダリングを行うのではなく、オフラインで事前に生成しておいた照明数分の CG 画像を、EC パラメータに応じて重み付き線形加算を行う点にある。この詳細は第4節で述べる。

3 GA コーディング

最も単純に考えられる GA コーディングは、照明数×調光段階数で個体の遺伝子型表現する方法であろう。しかし、ランダムに初期化しても、大量の照明源が一様分布する環境では、得られる照明デザイン個体はどれも似たようなものになり、視覚的評価が困難になる。何らかの方法で照明パターンの類似度を計算し、似通った個体を排除することで異なる照明デザインを生成する必要があるが、単純に個体間のベクトル距離を求めるだけでは不十分である。例えば、奇数番目と偶数番目の照明をすべて ON/OFF にする個体とすべて OFF/ON にする個体では個体間距離は最大になるであろうが、照明デザインは視覚的判断がつかないくらい同じになるであろう。これが照明源数が少ない場合との違いである。

いろいろな GA コーディングが考えられるであろうが、本論文では3つの照明領域を GA コーディングする例を示す。天井 ($x-y$) 平面上の点と半径をセットにした図4のコーディングを行う。この結果、図5のような3つの円が天井に形成される。個々の円内にある照明源が強度1で、2つの円が重なる領域の照明源が強度2で、3つの円が重なる領域の照明源が強度3で調光される、として室内照明デザインを計算する。

x_1	y_1	$dist_1$	x_2	y_2	$dist_2$	x_3	y_3	$dist_3$
-------	-------	----------	-------	-------	----------	-------	-------	----------

図 4: 3つの点灯領域を中心座標と半径で表す GA コーディング

個体数は図2や図3の IEC ユーザインタフェースに示す9または12, GA 演算は、ルーレット選択, 一様交差, 交差率 100%, 突然変異率 10%で

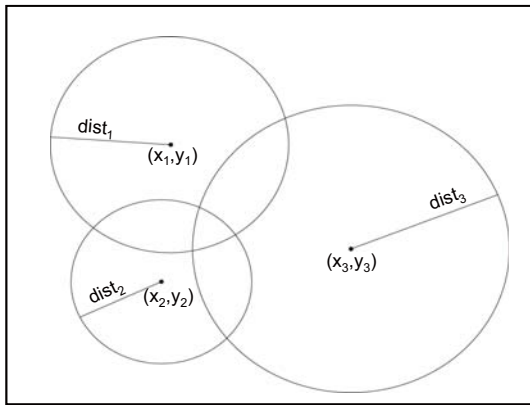


図 5: 天井平面上の 3 つの点灯領域

ある．通常の GA 演算に比べ突然変異率が高いのは，少個体数の IEC で同じような照明環境デザインが提示されると比較評価が困難になるため多様性を高めるためである．

4 高速化簡易レンダリング

筆者等の以前 IEC による 3-D CG ライティングデザイン支援システム [1] では，ユーザの視点が固定され CG オブジェクトが回転しないこと，光源が 3 灯のみであったこと，CG オブジェクトが人物像のみであり反射光の計算が容易であったこと，などからレンダリング時間は大きな問題にならなかった．

しかし，照明数が圧倒的に増え，机，イス，壁の反射など複数のオブジェクトでの複雑な光反射を計算するには早くても数分の時間を要し，複数の照明環境デザイン案をユーザに提示する IEC システムでは，実用使用に耐えがたい．

そこで，IEC 探索を行っている間は，ユーザが 3-D 室内を歩き廻らずユーザの視野角が固定されるという制約を導入し，表示される 2-D 画面のみの画像操作で高速な簡易レンダリングを実現する．具体的には，256 照明源が一灯ずつ点灯した場合の室内照明環境を予め計算し作成しておく（図 6）．256 枚の CG 画像を生成するには長時間を要するが，IEC 探索を始める前に 1 回用意するだけなので，IEC ユーザの疲労や使い勝手には影響はない．次に，合成 CG 像の j 番目の画素をこれら画像の画素の重み付き加算として計算する（図 7）．

$$pixel_j = \left(\sum_{i=1}^{256} w_i \cdot light_{ij} \right) / \sum_{i=1}^{256} w_i$$

ここで， $pixel_j$ は合成 CG 像の j 番目の画素， $light_{ij}$ は i 番目の照明源が点灯した場合の CG 画像の j 番目の画素， w_i は i 番目の照明源の強度で，

今回の場合，消灯 ($w_i = 0$) と図 5 の点灯領域の重なりによって決まる 3 段階の調光レベルを表す．

GA 演算で得られた個体に基づいて 256 個の w_i が確定し，その個体に対応する室内照明環境の 2-D CG が高速に生成される．こうして，個体数分の室内照明環境の 2-D CG が IEC ユーザに提示される．

IEC 探索中は 2-D 画像のみを生成しているが，最終照明デザインが確定すると，数分をかけて通常の 3-D レンダリングを行うので，通常の CG 同様，回転させたり，室内を歩き回ったすることが可能になる．得られた照明環境デザイン例の拡大図を図 8 に示す．

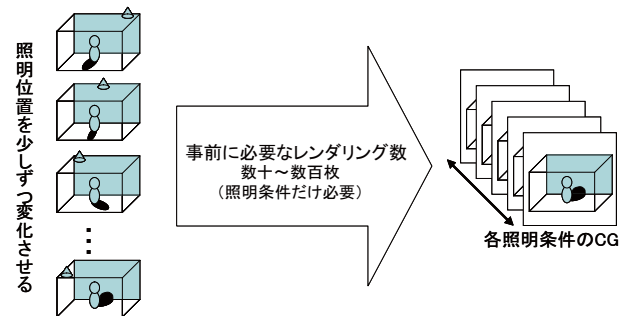


図 6: 各照明一灯のみを点灯させた場合の CG レンダリングを照明数用意

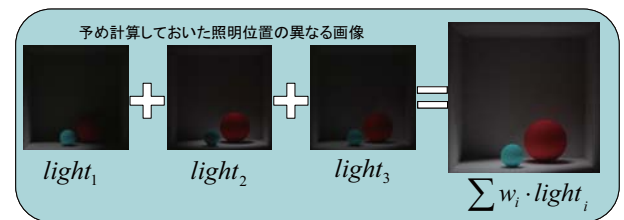


図 7: IEC 探索に応じた点灯照明時の CG レンダリングを一灯照明の重み付き線形和で近似



図 8: 出来上がった照明環境デザイン例

5 今後の取り組み課題

今回は室内照明環境デザイン支援システムを作成した報告段階であるが、今後このシステムを使っている研究を始める予定である。

第1の研究項目はGAコーディングである。今回は3箇所の円領域をGAで設計しその領域内の照明源を点灯させる、ある意味、面光源的な設計を行った。今後、最小の照明源数で設計意図の照明環境をデザインすることを考えれば、点灯領域の制約をできるだけなくすることが必要となる。すると、第3節で述べた困難さが生じる。この問題をクリアすることが第1の研究項目である。

第2の研究項目は多目的最適化の導入である。照明環境デザインでは、設計したいコンセプト、テーマ、好みの照明環境を見出すこと以外に、できるだけ少ない照明源で実現すること、施工のしやすさとコストの導入も考慮する必要がある。また多目的最適化とIEC探索を組み合わせる研究[2, 3]も必要になる。

第3の研究項目は、ショーウィンドウのような照明源の設置制約があり照明デザインコンセプトが居住空間よりもバラエティに富む照明環境、蛍光灯やシャンデリアなどので従来の大型照明源との組み合わせなどによる照明環境の設計である。

6 まとめ

最近作成した室内照明環境デザイン支援システムを紹介した。長時間のCGレンダリングのために、通常のIECによる設計では実用上問題があったが、一灯ずつのレンダリング画像を予め用意しておき、GA探索結果に基づいてこれらのCGを重み付け加算する高速で簡易なレンダリング手法を導入し、実用的なIEC探索を可能にした。また、このシステムを利用した今後の取り組み課題を示した。

謝辞

本研究には本学芸術工学研究院の鶴野准教授、修士生松村誠明君らのご助言を賜った。御礼申し上げます。本研究はH16年度文部科学省科学振興調整費「戦略的研究拠点育成プログラム」による九州大学ユーザーサイエンス機構の支援を受けた。

参考文献

- [1] 青木研, 高木英行「対話型GAによる3次元CGライティングデザイン支援」信学論誌D-II, vol. J81-DII, no. 7 pp. 1601-1608 (1998).
- [2] A. M. Brintrup, H. Takagi, A. Tiwari and J. J. Ramsden, "Evaluation of sequential, multi-objective, and parallel interactive genetic algorithms for multi-objective optimization problems," J. of Biological Physics and Chemistry, Vol.6, pp.137-146 (2006).
- [3] R. Kamalian, H. Takagi, and A. M. Agogino, "Optimized Design of MEMS by Evolutionary Multi-objective Optimization with Interactive Evolutionary Computation," Genetic and Evolutionary Computation (GECCO2004), Seattle, WA, pp. 1030-1041 (June, 2004).

[連絡] 高木英行 (takagi@design.kyushu-u.ac.jp)
815-8540 福岡市南区塩原4丁目9-1
九州大学 大学院芸術工学研究院
TEL&FAX 092-553-4555