

## 舞台ベース照明の計画法に関する数理的考察

01501824	神戸大学	藤井 進	FUJII Susumu
01604524	神戸大学	森田 浩	MORITA Hiroshi
	神戸大学 *	十河 知也	SOGO Tomoya
	松下電工	吉田 稔	YOSHIDA Minoru
	松下電工	米田 さつき	YONEDA Satsuki

### 1 はじめに

現在、舞台などの演出照明における照明計画は十分に確立されていない。特に演出効果を高める照明における照明器具の位置、照射方向、配光(ライトの広がり具合)等の決定は、プランナーが今まで培ってきた経験や知識を用いて行っている。このような作業を簡略化するためにも、要件に合致した照明を自動的に作成できるような照明計画法の開発が望まれている。[1][2]

実際の照明計画問題は、スポットライトの全ての条件を決定しなければ成らないため、かなり大規模な組み合わせ問題となる。従って、本研究ではプランナーが試行錯誤的な繰り返し作業を減らし、望ましい照明を作り出す計画支援システムを構築することを目的とする。

ここでは、その基礎的研究として舞台上の出演者が演じる部分であるアクティグスペースのベース照明を対象とする。ベース照明の要件とは、対象照射面をある一定の照度以上を保ちながら、低照度でかつ均一に照明することである。この時、アクティグスペースの最後部にいる人物にも十分に光が照射されるためには、アクティグスペースよりも後方にスポットライトを照射する必要がある。本研究ではアクティグスペースの後方に追加領域を設け、それを含む面を対象照射面として定義する。本研究ではベース照明問題を定式化し、GAによる解法を提案する。

### 2 照明計画の最適化問題

#### 2.1 問題設定

本研究では、図1に示す照明空間を考える。

本来のスポットライトの動きは連続的なものであるが、スポットライトの照射目標を連続的にとれるものとする。実時間内に求解することは困難になる。そこで、対象照射面内に離散的に設定した照射目標点  $s$  を考える。

スポットライトは  $I$  個設置されており、 $S$  個ある照射目標点のうちの1点に向かって照射するものとする。ま

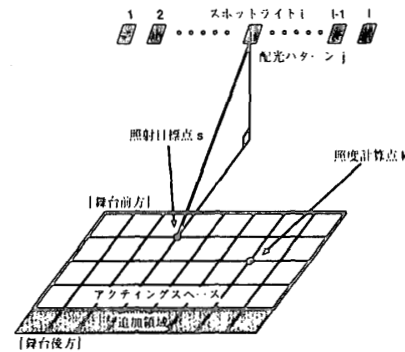


図1: 照明空間

た、スポットライトの配光パターンは離散的に決めた  $J$  個から1つを選ぶものとする。対象照射面内における照度計算点は格子状に  $K$  個設定する。スポットライト  $i$  を、配光パターン  $j$  で照射目標点  $s$  に向けて照射する時、 $x_{ijs} = 1$ 、照射しない時、 $x_{ijs} = 0$  とする。 $x_{ijs} = 1$  の場合、対象照射面内の照度計算点  $k$  における照度  $e_{ijks}$  が計算できる。点  $k$  における照度は、各スポットライトから得られる照度の和として表現できるため、点  $k$  における照度  $E_k$  は式(1)で表すことができる。

$$E_k = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{s=1}^S x_{ijs} e_{ijks} \quad (1)$$

次に、対象照射面上をある一定の照度  $E^*$  以上で照射しなければならないので、次の制約条件を加える。

$$E_k \geq E^* \quad (2)$$

次に、低照度で照明するために、全てのスポットライトを使用するのではなく、一部のスポットライトでの照明計画を作成するために、スポットライトを使用するかしないかを表す変数  $t_i$  を導入する。スポットライト  $i$  を使用する場合には1つの照射目標点と配光パターンしか取れないので、次のような制約条件を加える。

$$\sum_{j=1}^J \sum_{s=1}^S x_{ijs} = t_i \quad (3)$$

$$t_i = \{0, 1\} \quad (4)$$

$t_i = 0$ の時にライト  $i$  は不使用,  $t_i = 1$ の時にライト  $i$  は使用の状態にあるということを示す.

対象照射面の照度の均一性により照明条件を評価することにし, 2種類の評価関数について検討した. 1つは, 計算点における照度の最大値と最小値の差を最小化するものとして,

$$f_1 = \max_k E_k - \min_k E_k \quad (5)$$

を考え, もう1つは, 計算点における照度分布の分散を最小化するものとして,

$$f_2 = V[E_k] \quad (6)$$

を考えた. これらに対して, 以下で述べる GA を使って最適照明計画を立てた.

## 2.2 GA の適用

$I$  個のライトの位置は固定されているものとする. 1つのライトを表すビット列は要素としてただ1つの照射目標点と配光パターンを表すビット列とそのライトの使用・不使用を判定するビットを持つ. 1つのライトの照射目標点を表すのに  $a$  ビット, 配光パターンを表すのに  $b$  ビット, 使用・不使用の判定を表すのに 1 ビットとすると1つの遺伝子は  $I \times (a+b+1)$  ビットの配列で表すことができる. 本研究では, 照射対象面内に設定された照射目標点の数  $S$  を  $2^a$  個, 1つのライトが取ることのできる配光パターンの数  $J$  を  $2^b$  個とし, 遺伝子と解候補を 1対1で対応づけることにより致死遺伝子の発生を禁止する. (図2参照)

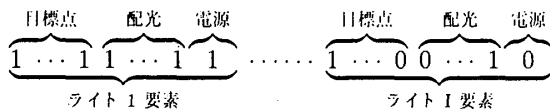


図 2: 遺伝子配列

## 3 シミュレーション結果

舞台の大きさを  $7.5\text{m} \times 10.0\text{m}$ , 最低照度を  $150(\text{lx})$  とし, GA のパラメータを, 遺伝子個体数 50, 世代数 10000, 突然変異率 0.2 でシミュレーションを行った.

最終的に得られた解のうち, 最上位の照明条件における舞台の照度を表したものを図3に示す. この図は 128 階調の白黒濃淡画像になっており,  $150(\text{lx})$  を 0,  $1000(\text{lx})$  を 127 で表してある.

式 (5) で得られた解は, 式 (6) で得られた解に比べ, ピーク値を抑えた照明空間を計画することができていた.

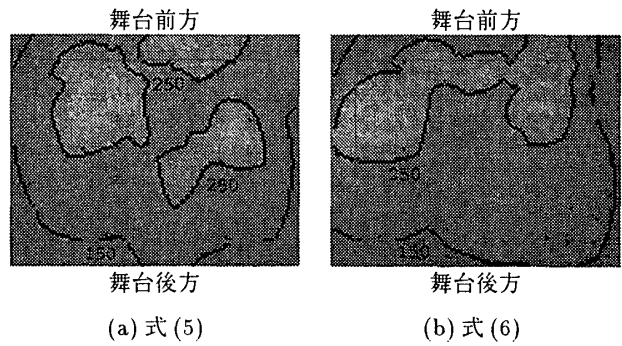


図 3: 照明結果

逆に, 式 (6) で得られた解は, 式 (5) で得られた解に比べ, 対象照射面上の照度のばらつきが小さい照明空間を計画することができていた. これは, それぞれの式の特性が結果に出たものと考えられる.

## 4 舞台照明への適用

実際の照明計画問題ではベース照明だけでなく, ある特定の部分を明るくするような照明パターンを実現するための照明計画を作成することが望まれる. そのためには, 照明モデルを定量的に与える必要があるが, 照明計画の現場では, 定量的な数値を与えることは難しく, 明るく, 暗くなどの言語データによる照明計画の立案方法の考案が必要となる.

また本研究では, 基礎的研究として追加領域を含んだ 2次元平面について考えてきた. しかし実際の照明を考える際には, 舞台面だけを考えるのではなく, 舞台上にある人物や物体などの鉛直面に対しても十分に考慮する必要がある. そこで現在, モデルを 3次元に拡張する方法を検討している. しかし, 3次元に拡張する際には, 複雑な物体の形状を認識したり, 物体によってできる影を考慮しなくてはならない. このことは, 各点の照度の計算を複雑にすることを意味する. また, 計算点の数が増加するため, 効率的な計算アルゴリズムの検討が必要となる.

## 参考文献

- [1] 松下電工株式会社, 照明設計資料, 電機総合企画部, 1992.
- [2] 関 重広, 照明工学講義 新訂版, 東京電機大学出版局, 1990.