

## 舞台空間の照明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
02202904	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

舞台などの演出効果の高い照明設計では、狙いとするコンセプトやイメージを基に、プランナーが今まで培ってきた経験や知識を用いて、照明器具の選定や配置、照射方向、配光等の設計パラメータを決定している。この段階での試行錯誤的な作業を効率化して、望ましい照明設計を行うためには、要件に合致した照明設計パラメータを自動的に求められるような照明計画法の開発が望まれる。[1][2]

実際の照明計画・設計問題は、多くの照明要件、照明条件に応じて設計パラメータの決定を必要とする大規模な組合せ問題と考えられる。既往の研究[3]では、スポットの配置、照射方向、配光等の設計パラメータを離散的に設定し、舞台(水平面)における均一照明の設計問題を定式化した。また、実用的な設計支援で許容される解法時間で求解するために、近似解法である遺伝的アルゴリズム(以下GA)による計画手法を提案した。しかし実際の舞台照明では、舞台上には人物やセットが存在することが一般的であり、それら対象に与えられる鉛直照度が非常に重要であると考えられている。

本研究では、複数のスポットライト(以下スポット)を用いて、舞台空間に照明を行う設計問題を定式化し、GAによる計画手法を提案する。

### 2 照明計画の最適化問題

照明空間を図1に示す。舞台上に離散的に設定した照射目標点 $s$ を考える。スポットは $I$ 個設置されており、 $S$ 個ある照射目標点のうち1点に向かって照射するものとする。また、スポットの配光パターンは $J$ 種類の中から1つを選ぶものとする。スポット $i$ が、配光パターン $j$ で照射目標点 $s$ に向けて照射する時、 $x_{ijs} = 1$ 、しない時を、 $x_{ijs} = 0$ とする。舞台内の照度計算点 $k$ における照度 $E_{hk}$ は、各スポットを点光源とする直射照度 $e_{hij,sk}$ の和として表現できる(式(1)参照)。

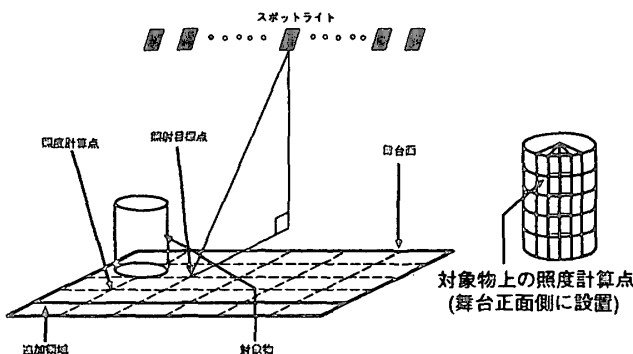


図1: 照明空間(舞台)

$$E_{hk} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{s=1}^S x_{ijs} e_{hij,sk} \quad (1)$$

同様に、対象物の計算点 $l$ における照度 $E_{vl}$ は式(2)で表すことができる。

$$E_{vl} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{s=1}^S x_{ijs} e_{vij,sl} \quad (2)$$

次に、舞台および対象物をそれぞれある一定の照度 $E_h^*$ 、 $E_v^*$ 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。

$$E_{hk} \geq E_h^* \quad (3)$$

$$E_{vl} \geq E_v^* \quad (4)$$

次に、自由度の高い照明を計画できるように、全てのスポットを使用するのではなく、一部のスポットだけを使用できるように、スポットを使用するか否かを示す制御変数 $t_i$ を導入する。スポット $i$ 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。

$$\sum_{j=1}^J \sum_{s=1}^S x_{ijs} = t_i \quad (5)$$

$$t_i \in \{0, 1\} \quad (6)$$

$t_i = 0$  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ことを示す.

舞台と対象物をそれぞれの要求照度  $\overline{E}_{h_k}$ ,  $\overline{E}_{v_l}$  を与え, 1 計算点当たりの自乗誤差平均を最小化するものとして,

$$z = (1-w) \frac{\sum_{k \in G} (E_{h_k} - \overline{E}_{h_k})^2}{|G|} + w \frac{\sum_{l=1}^L (E_{v_l} - \overline{E}_{v_l})^2}{L} \quad (7)$$

を考えた.

ここで, 物体によって照射を妨げられる計算点は計算に含まないようにしている. 評価領域集合  $G$  および, 評価に含まない影領域集合  $\overline{G}$  は, 使用されるライトごとに作られる照射領域に論理演算を行うことにより作成される. 図 2 に本研究で用いた評価領域の AND 検出法と OR 検出法を示している.

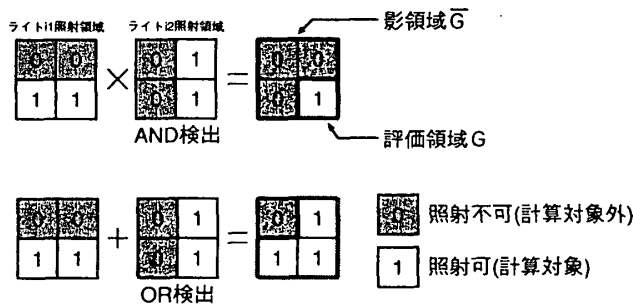


図 2: 評価領域の決定戦略

また, 舞台と対象物の評価に重みを持たせるために変数  $w (0 \leq w < 1)$  を用いることにした. この評価式に対して, GA を使って最適照明計画を立てた.

### 3 シミュレーション結果と考察

舞台の大きさを  $5.0\text{m} \times 10.0\text{m}$ , 最低照度を  $150(\text{lx})$  とし, 舞台中央部に対象物 (直径  $0.5\text{m}$ , 高さ  $1.6\text{m}$ ) が存在する空間に対して, 舞台および対象物の要求照度がそれぞれ  $250(\text{lx})$ ,  $200(\text{lx})$  となる照明設計を考えた. その際, 評価領域の決定戦略には AND 検出を用い, 対象物の重みを  $w = 0.5$  とした. また GA のパラメータを, 遺伝子数 2000, 世代数 4000, 突然変異率を  $0.2 \sim 0.03$  の時間推移でシミュレーションした. 最終的に得られた解の舞台照度分布, 対象物照度分布を図 3, 4 に示す.

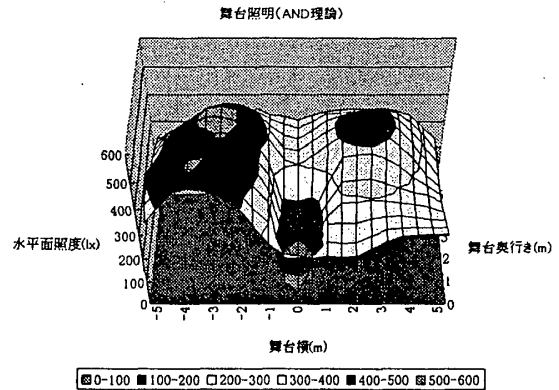


図 3: 計画結果 (舞台照度分布)

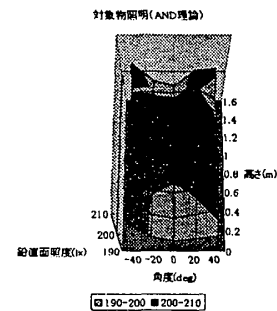


図 4: 照明結果 (対象物照度分布)

対象物に比べて舞舞台の均質度が低くなっているが, 舞舞台が対象物に比べて大きく, 均一照射が難しいためと考えられる. また, 適切な評価領域の設定方法についても検討を行っている.

### 参考文献

- [1] M.Moeck, On ComputerAided Lighting Design, Annual Conf. of IESNA, pp423-435, 1998.
- [2] 吉田 他, 要求照度からの照明設計アプローチ, 照明学会全国大会講演論文集, pp137-138, 1999.
- [3] 藤井 他, 舞台ベース照明の計画法に関する数理的考察, 日本 OR 学会春季研究発表会アブストラクト集, pp72-73, 1999.
- [4] 松下電工株式会社, 照明設計資料, 電機総合企画部, 1992.