

令和 3 年 6 月 22 日現在

機関番号：54301

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K18324

研究課題名（和文）ホテル照明による光環境制御システムの構築

研究課題名（英文）Construction of lighting control system by firefly lighting unit

研究代表者

室巻 孝郎（MUROMAKI, Takao）

舞鶴工業高等専門学校・その他部局等・准教授

研究者番号：80631572

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、3次元空間に配置される複数の照明機器から構成される照明システムの構築を行った。これは、複数の照明機器が自律分散的に3次元位置やON/OFFパターンを決定することで、空間全体の明るさの分布（照度分布）を制御するものである。空間内に自由に配置可能な照明ユニットを複数台導入し、それらを互いに協調させて3次元空間内の照度分布を制御する手法を開発した。また、1/8スケールの実験装置を製作し、実験を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、次世代型の照明システムを実現するため、3次元移動機能を備えた照明機器の開発と、自律分散的に行動（位置とON/OFFパターン）を決定する制御アルゴリズムの構築に取り組んだ。従来、天井や壁に固定されていた照明に移動機能を付加することで、環境の変化に応じて自律分散的に移動させることにより生活空間の光環境デザインを可能としている。本取り組みは、生活空間の知能化を加速し、QOL(Quality of life)の向上へとむすびつくものである。

研究成果の概要（英文）：In this study, we develop a three dimensional lighting system and propose an ON/OFF pattern decision method for the lighting system. The three-dimensional lighting system is composed of multiple LED lighting units that can be arranged at arbitrary positions in the space. The lighting pattern can be adjusted for each lighting units. By controlling the position and the lighting pattern of each lighting unit, a desired illuminance distribution is realized. We introduce a virtual network model to communicate the excess and deficiency of illuminance. The ON/OFF patterns are determined to supply an illuminance distribution similar to a desired one. The effectiveness of the pattern decision method is confirmed through the experiment with the developed system.

研究分野：システム工学

キーワード：LED照明 照度分布 分散型システム 3次元照明

1. 研究開始当初の背景

従来の照明システム(図1)は、照明機器が天井や壁に固定されており、点灯パターンもあらかじめ決められている。そのため、従来の照明システムの主目的は、床面の任意の場所に必要なだけの明るさを提供することであった。一方、居住者の QOL 向上や居住空間のスマート化に資する次世代型照明システムの開発も進められている。

本研究では、目的や環境の変化に柔軟に対応可能な照明システムのデザインを考える。3次元空間内を移動可能な照明システムの形を提案することにより、「照明は固定されて決まった場所を照らすもの」という照明の有り方を考え直し、次世代の照明システムの形を提案する。

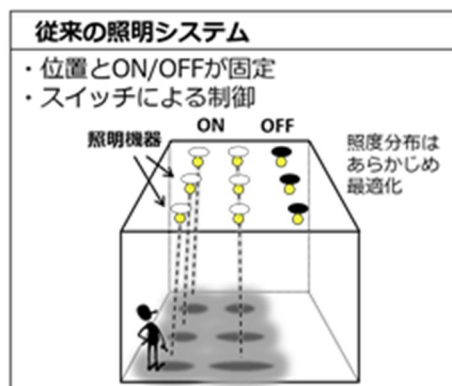


図1 従来の照明システム

2. 研究の目的

次世代型の照明システムを実現するため、3次元移動機能を備えた照明機器の開発(図2)と、自律分散的に行動(位置とON/OFFパターン)を決定する制御アルゴリズムの構築を行う。図2の照明システムの場合、照明が吊り下げられており、ケーブルの長さを調整すれば、空間内の照明高さを指定することができる。これら複数の照明をお互いに協調させることで、空間の光環境デザインを実現する。

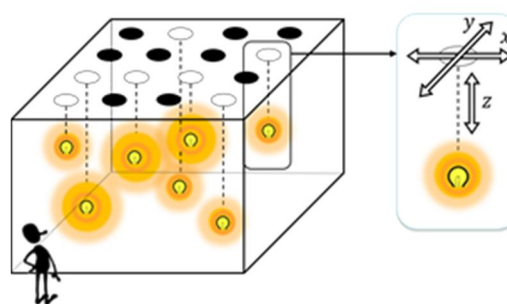


図2 3次元照明システム

3. 研究の方法

3次元照明システムを実現するため、理論研究と実験実験を行った。

3.1 問題設定

実現したい目標照度の分布(以下、目標照度分布と呼ぶ)は事前に与えられるものとする。目標照度分布の例を図3に示す。グレースケールで表現されており、空間内に明るい領域が2つ存在する分布となっている。この目標照度分布と各照明を点灯したときに実現される照度分布との差が小さくなるようにON/OFFパターンを決定する問題として定式化した。

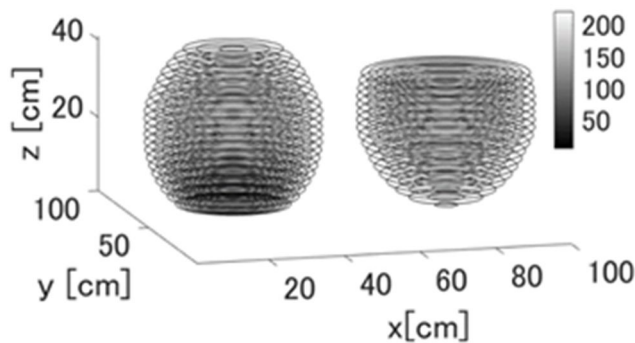


図3 目標照度分布

3.2 ON/OFF パターン決定アルゴリズム

照明の行動(位置とON/OFFパターン)を決定するため、図4に示す計算モデルを導入した。この計算モデルでは、照明を配置する候補地点を予め用意しており、各候補地点において照明のON/OFFを決定する。

ON/OFFパターンを決定するアルゴリズムについては、ネットワークモデルを用いた反復アルゴリズムを構築した。ネットワークモデルとは、数値計算を行う際に使用する仮想的なものであり、事前に与えられる目標照度分布に対し、照明がONあるいはOFFの場合に生じる照度の過不足を近くの照明に伝達する役割を果たす。各照明で生じた目標照度との差を、ネットワークを通して伝達することにより、近くの照明が照

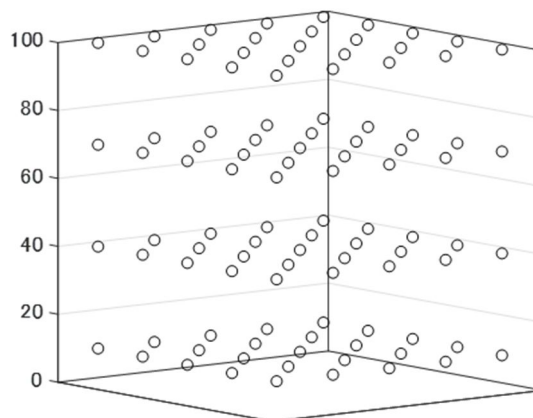


図4 計算モデル

度の過不足を補うことで全体として誤差の影響を小さくするようにしている。

3.3 実験装置

開発した3次元照明システムの外観を図5に示す。照明ユニットが移動可能な範囲は縦 1000 [mm]、横 1000 [mm]、高さ 500 [mm] となっている。照明ユニットの構成を図6に示す。照明ユニットは LED 照明とステッピングモータを用いた電動ウインチで構成されている。ワイヤを巻き取ることにより、照明の高さを調節することができる。LED 照明については、立方体ベースの各面にパワーLEDを取り付けており、6つのLEDは同時に点灯・消灯する。なお、LED 照明の ON/OFF やステッピングモータの駆動には Arduino を使用した。

4. 研究成果

図3に示す目標照度分布に対して ON/OFF パターン制御を行った。ON/OFF パターン決定問題を解いて得られた解に従い、照明の配置および点灯を行った様子を図7に示す。手前左側と奥右側の2つの明領域に照明が集まっており、目標照度分布に近い照度分布となっていることを目視で確認した。ただし、実際の照度分布がどの程度の誤差を有しているかについて、定量的な評価をしていないため、照度計を導入した測定が必要であると考えている。

本研究では、天井から照明を吊り下げる形で3次元照明システムを構築した。空間内の任意の位置に照明を配置することができるが、同一の縦の列に2つ以上の照明を配置することができないという物理的制約も存在する。当初の計画では、ドローンに照明を取り付けて浮遊させるという構想であったが、位置が安定しない、飛行時の音がうるさいなどの問題があり実現に至っていない。今後は、これらの課題を解決する形で3次元照明システムの実現を進めていく。

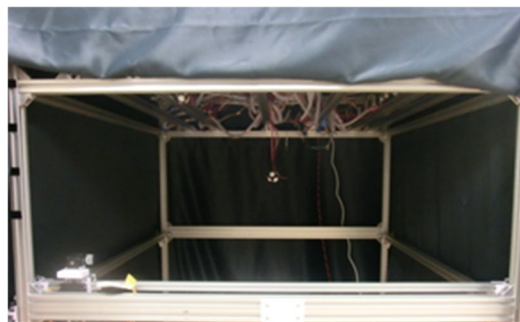


図5 実験装置の概観

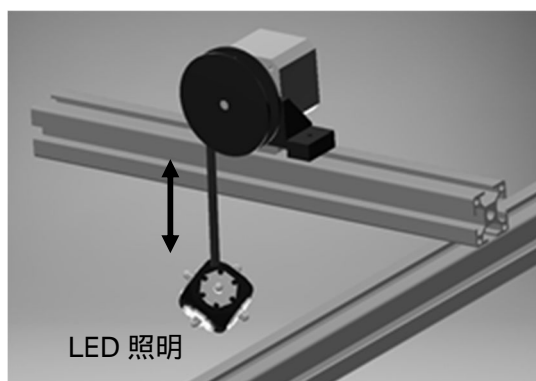


図6 照明ユニットの構成

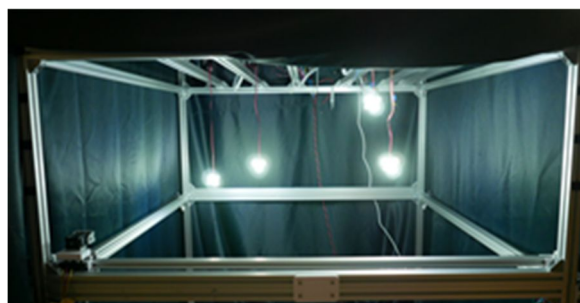


図7 点灯実験の様子

[参考文献]

- 1) 外村, 三木, 川田, 間: 鉛直方向に移動可能な照明を用いた知的照明システムの検証, 同志社大学ハリス理化学研究報告, Vol.57, No.1, 18/25 (2016)
- 2) 神, 小林, 栗山: 照度センサ搭載型 LED 照明を用いた自律分散型調光制御, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム, 1684/1689 (2013)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 室巻孝郎, 南裕樹	4. 巻 56
2. 論文標題 計算モデルを利用した3次元照明システムのON/OFFパターン制御	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 舞鶴工業高等専門学校紀要	6. 最初と最後の頁 23-28
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 谷仁裕, 室巻孝郎, 南裕樹
2. 発表標題 3次元照明システムの設計・製作
3. 学会等名 日本設計工学会関西支部令和元年度研究発表講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuki Minami and Takao Muromaki
2. 発表標題 Development of a Three-Dimensional Distributed Lighting Control System
3. 学会等名 SICE Annual Conference 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 室巻孝郎, 南裕樹
2. 発表標題 3次元照明システムの点灯パターン制御
3. 学会等名 計測自動制御学会システム・情報部門 学術講演会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 谷仁裕、室巻孝郎、南裕樹
2. 発表標題 空間内の照明の点灯パターン制御
3. 学会等名 日本設計工学会関西支部令和2年度研究発表講演会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------