

照度分布のデザインによる照明制御 UI の提案

the Lighting Control User Interface by Designing Illuminance Distribution

中村 彰之*¹

Akiyuki Nakamura

廣安 知之*²

Tomoyuki Hiroyasu

三木 光範*³

Mitsunori Miki

横内 久猛*²

Hisatake Yokouchi

*¹同志社大学大学院工学研究科

Graduate School of Engineering, Doshisha University

*²同志社大学生命医科学部

Faculty of Life and Medical Sciences, Doshisha University

*³同志社大学理工学部

Faculty of Science and Engineering, Doshisha University

Recently, many types of artifacts are networked and can be controlled over the network. While the complex system can be designed with these networked artifacts, it is very difficult to control these complex systems. The interface of these systems should be designed for each user and should be designed for easy control. In this paper, intellectual illuminance system, whose illuminance are networked and can be controlled over the network is targeted. For this system, a new type of user friendly interface was proposed. In the proposed system, user can design the illuminance distribution first and then system will control his lightning power with along to the user request.

1. はじめに

近年、ユビキタス技術が脚光を浴びているように、人々の身の周りに多くのコンピュータやセンサなどのハードウェアが存在し、それらがネットワークで繋がっている（以下、ネットワーク化）。そして多くのハードウェアをネットワーク化することで、システムが操作できる対象が増加し、機能が向上している。しかし、このようにシステムの機能が向上するに伴い、操作は複雑かつ多様なものとなりユーザの負担が増加している。そのため、ネットワーク化したシステムに適応したユーザビリティが User Interface（以下、UI）には求められている。

このような背景の中、照明システムにおいてもネットワーク化による操作負担の増加が生じている。以前の照明システムでは複数の照明の一括制御しか実現できなかった。一方、現在は複数の照明および制御装置をネットワーク化することで、複数の照明の個別制御が可能である。しかし、この機能の向上に伴って、照明システムにおいても操作は複雑かつ多様なものとなっている。従来 UI では、この照明システムの操作はユーザにとって大きな負担となっている。

そこで、本稿ではハードウェアのネットワーク化に適応する UI の要件について述べ、ネットワーク化した照明システムの UI の一例として照度分布 [照明学会 03] のデザインによる照明制御 UI を提案する。

2. ネットワーク化における UI の要件

コンピュータやセンサなどのハードウェアをネットワーク化することでシステムの操作対象が増えるため、実現できる機能は幅広く、そして高度なものとなる。しかし、このようなシステムの機能向上に伴い、その操作は複雑かつ多様なものとなり、ユーザの負担は増加する。例えば、AV 機器や白物家電などの家庭内の機器をネットワーク化するホームネットワークにおいても、複数の機器の操作を一つの UI で行うため、使いやすい UI の形態が必要となっている [NTT 04]。このように、上記のようなシステムに適応するために UI のユーザビリティの向上が求められている。

それではハードウェアをネットワーク化したシステムにおいて UI に求められる要件であるが、操作が複雑かつ多様になったシステムの UI が備えるべき性質として、「直感的な操作性」と「パーソナライズ」という 2 つの方向性が示されている [みずほ情報総研 08]。前者が要件となるのは、求める結果を得る方法を直感的にユーザが理解することができれば操作の負担を減らせるからである。そして後者は、操作方法または表示を好み或使用頻度などによりユーザごとに最適化すれば、そのユーザにとって使いやすい UI となるからである。

これらの性質が示すように、重要なことはユーザの求める結果にいかにか容易にユーザが辿り着けるかということである。ハードウェアがネットワーク化していく中で、UI はこのコンセプトを念頭に置いて設計されるべきである。

3. ネットワーク化した照明システムの UI

3.1 照明のネットワーク化

以前の照明システムは複数の照明の一括制御しか実現できず、UI も ON と OFF を切り替えるだけのスイッチで充分であった。一方、現在は複数の照明およびその照明の明るさ（光度 [照明学会 03]）を調節可能な制御装置をネットワーク化することで、複数の照明の個別制御が可能のように進歩している。実際に本研究では図 1 に示すように、そのような照明システムを備えた実験室を構築している。



図 1: ネットワーク化した照明システムを備えた実験室

図 1 において点灯している照明の光度を個別に調節することが可能であり、本実験室には 48 灯の照明を備えている。本実験室の照明システムにおけるネットワークの概要を図 2 に示す。

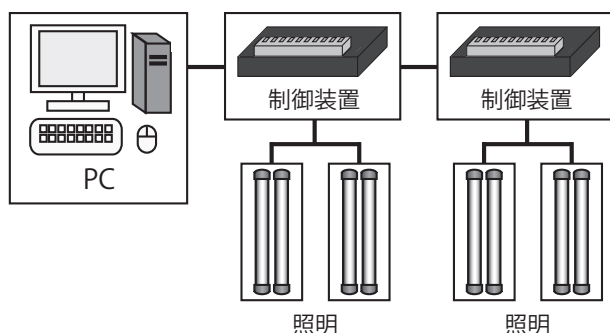


図 2: 照明システムのネットワーク概要

図 2 に示すように、照明の光度を個別に調節可能な制御装置が PC と数珠繋ぎ状に繋がっている。そして、各々の制御装置は複数の照明と繋がっており、最大で 5 灯の照明を制御可能である。このように複数の照明と制御装置をネットワーク化することにより、PC から複数の照明の個別制御が可能となっている。

しかし、2 章で述べた背景と同様に、照明システムの操作対象が増えたことで、ユーザが行う操作は複雑かつ多様なものとなっている。この照明システムの従来 UI の例として、予め定められた点灯パターンの中から選択するものがある [パナソニック電工 08]。この UI ではユーザの操作の負担は少ない。しかし、上記の照明システムでは多様な光環境を実現できるにも関わらず、この UI ではその利点を有効に利用することができない。また他の例として、照明の光度を個別に設定する UI がある [三木 05]。この UI は任意の照明の光度を任意に設定できるため、多様な光環境を実現可能である。しかし、複数の照明の光度を個別に調節する操作はユーザにとって大きな負担となる。そのため、照明をネットワーク化した照明システムの UI には、ユーザビリティの向上が必要となっている。2 章で述べたように、操作が複雑かつ多様になったシステムでは、UI の備えるべき性質として「直感的な操作性」と「パーソナライズ」という 2 つの方向性がある。

そこで本稿では、ネットワーク化により複数の照明の個別制御が可能となった照明システムをより使い易いものにするために、直感的な操作性を備えた UI を検討する。

3.2 直感的な操作性を備えた UI

照明システムを直感的に操作できる UI を検討するにあたり、重要となるのは UI の操作対象の考察である。3.1 節で述べたような従来の照明制御 UI は、照明が放つ明るさである光度を操作するものであった。それに対して、ユーザが照明システムに求める結果は手元の明るさである照度の分布だということに着目する。従来の UI では、ユーザは求める照度分布を得るためにはどのように光度を設定すべきかを考える必要があった。しかし 2 章で述べたように、重要なことはいかに容易にユーザの求める結果にユーザが辿り着けるかということである。そのため、照度分布を得るために光度を操作するのではなく、照度分布を得るために照度分布を操作する UI がユーザにとって直感的な UI である。既に照度の制御は実現されており [Miki 04]、本稿で検討する UI においても照度分布を操作の対象とする。

次に照度分布の表現方法については、照度分布を等高線や数値で表現するという考えられる。しかし、照度分布をより感覚的に把握し易くするには 3 Dimensional Computer Graphics (以下、3DCG) を用いた視覚化が有効である。

最後に 3DCG により表現する照度分布の操作方法について検討する。操作をより直感的なものにするには、ユーザが「こうしたい」と望む操作を可能な限りその通りに UI 上で表現できる必要がある。そのため、照度を高くしたいのであれば照度分布を上を盛り上げ、照度分布を広げたいのであれば横に引き延ばすといった操作が直感的な操作だと言える。

そこで、本稿では照明をネットワーク化した照明システムを直感的に操作できる UI の一例として、ドラッグ&ドロップ操作により照度分布を自由にデザインすることで照明を制御する UI を提案する。

4. 照度分布のデザインによる照明制御 UI

4.1 概要

本稿で提案する UI は、照度分布のデザインによる照明制御 UI である。この UI は、照明のネットワーク化により複数の照明の個別制御が可能となった照明システムを直感的に操作できる UI として提案する。3DCG で表現した照度分布を操作対象とし、照度分布をより感覚的にデザインすることが可能である。提案 UI の外観を図 3 に示す。

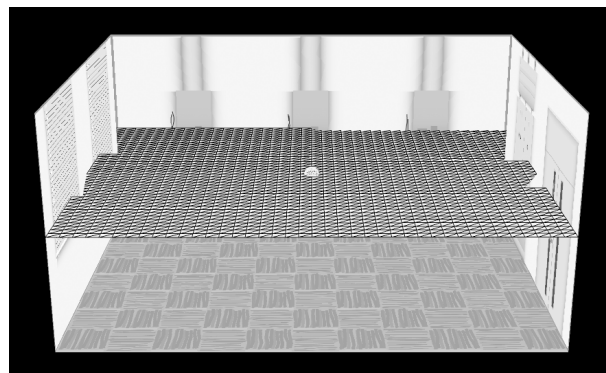


図 3: 提案 UI の外観

図 3 に示す UI は、図 1 で紹介した実験室を模している。この図 3 の実験室の中央部にある網目状の平面（以下、照度分布オブジェクト）が室内の照度分布を表し、照明を調節するためにユーザが操作する対象である。実験室の床平面の 2 軸を x 軸と y 軸、床平面に垂直な軸を z 軸とすると、この照度分布オブジェクトの x 軸と y 軸が床平面における位置、z 軸がその位置での照度を示す。この z 軸が示す照度は上方に行く程高い照度を表す。

4.2 機能

提案 UI は視点移動と照度分布デザインの 2 つの機能を備えている。本節ではこれらの機能を説明する。

4.2.1 視点移動

提案 UI では、マウスポインタの位置により視点の移動を行う。マウスポインタを UI 画面の右方向に配置すると、視点は実験室を中心に反時計回りに、左方向に配置すると時計回りに周回する。また上方向に配置すると視点は上昇し、下方向に配置すると下降する。この視点の移動はマウスポインタを照度分布オブジェクトに重ねることで停止する。

4.2.2 照度分布デザイン

提案 UI では、照度分布オブジェクトにマウスポインタを重ねている時に照度分布をデザインすることができる。照度分布オブジェクトはドラッグ&ドロップ操作により形状を変化させる。形状変化させるモードは2つあり、1つはある点における照度を決定するモード（以下、照度決定モード）、もう1つは照度分布の凹凸を横に広げる、もしくは狭めるモード（以下、分布変化モード）である。

照度決定モードでは、上下方向のドラッグ&ドロップ操作により照度分布オブジェクトの一部に凹凸を生じさせる。まず、照度オブジェクト上の照度を変化させたい位置でドラッグを開始する。そして、その位置における照度を高くしたいのであれば上方で、低くしたいのであれば下方でドロップする。ドロップすると、その位置を頂点とする凹凸が照度分布オブジェクトに発生する。このように、照度決定モードにより任意の位置の照度を任意に設定することが可能である。図4に、照度決定モードにより照度分布オブジェクトを変形させた図を示す。図4は、図3における照度分布オブジェクトの中央部を上方にドラッグ&ドロップ操作し、任意に盛り上がりさせたものである。このUIの状態は、床中央部の照度分布が高くなるように設定していることを示す。

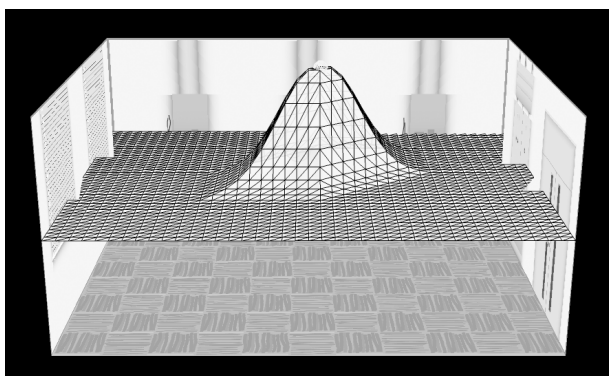


図4: 照度決定モードでの変形

分布変化モードでは、横方向のドラッグ&ドロップ操作により照度決定モードで最後に生じさせた凹凸を横に広げる、もしくは狭めるといった形状変化ができる。まず、照度分布オブジェクトの凹凸上の任意の場所でドラッグを開始する。この開始点が分布変化の基準となる。そして照度分布を広げたいのであれば凹凸の外側で、狭めたいのであれば内側でドロップをする。ドロップをすると、その位置と重なるように凹凸の幅が変化する。このように分布変化モードにより、照度分布の広がり方を任意に変化させることが可能である。図5に分布変化モードにより照度分布オブジェクトを変形させた図を示す。図5は、図4の凹凸を外側にドラッグ&ドロップ操作し、任意に広げたものである。このUIの状態は図4の状態より、照度が高い場所が広範囲になるように設定していることを示す。

このように、提案 UI ではユーザの求める結果である照度分布を操作対象とし、ドラッグ&ドロップ操作によってユーザが「こうしたい」と感じた操作をより直感的に UI 上で表現することが可能である。そのため、提案 UI はユーザの求める結果をより容易にユーザが得られる UI だと言える。

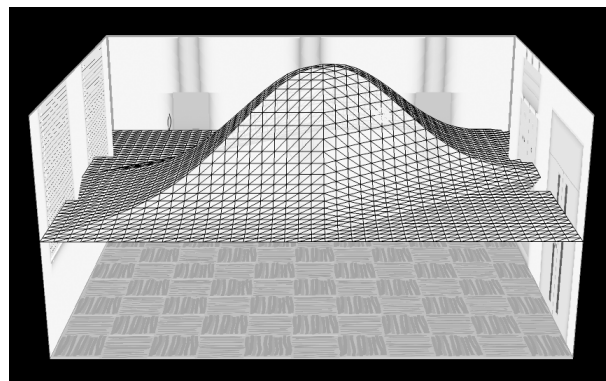


図5: 分布変化モードでの変形

5. 提案 UI の評価実験

提案 UI の操作性に関する改善点を見出すために、20代の被験者（男性6人、女性2人：被験者A~Hとする）で提案 UI の評価実験を行った。

5.1 実験内容

評価実験では目標とする照度分布を表示した2種類のUIの図を被験者に提示し、提示した図と同様の照度分布をそれぞれ作成するように指示した。提示した2種類の目標画像を図6と図7に示す。

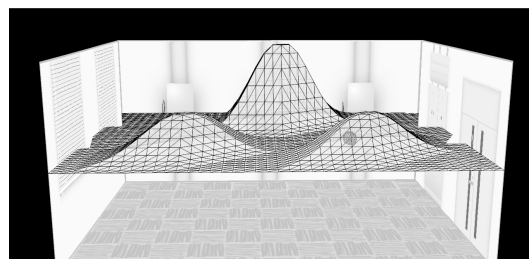


図6: 目標画像1

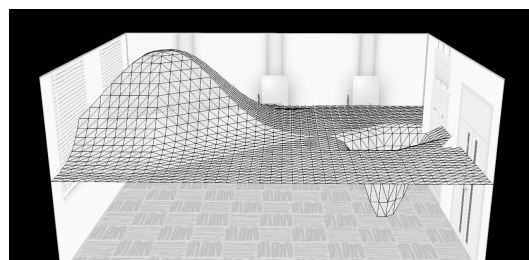


図7: 目標画像2

図6の目標画像1は、再現するにあたって視点の移動が必要になることを意図して提示した。そして図7の目標画像2は、分布変化モードによるデザインが必要になることを意図したものである。また、2種類の画像は凹凸の位置や高さがかかるように、視点を移動した画像も提示した。

評価実験に際して被験者に与えた提案 UI の情報を以下に示す。

- 実験対象である UI は室内の明るさを調節するものである。
- 明るさの調節はドラッグ&ドロップなどのマウス操作によって行う。
- 操作のモードには2つあり、それらは Shift キーで切り替え可能である。

上記の条件により評価実験を行い、被験者から提案 UI に対する不満意見を尋ねた。

5.2 結果

評価実験により得られた提案 UI に対する不満意見を表 1 に示す。また、表 1 の意見を分類したものを表 2 に示す。表 2 には表 1 から抽出した改善すべき点と、それを要望した人数を示す。

表 1: 実験結果

被験者	提案 UI に対する不満
被験者 A	<ul style="list-style-type: none"> 分布変化モードが、照度決定モードで最後に生じさせた凹凸に対してしか操作できないのが不満である。 視点の移動はなんらかのボタンを押す事で 90 度回転、180 度回転といった操作で行えるようにしてほしい。
被験者 B	<ul style="list-style-type: none"> 照度決定モードでの操作を元に戻せないのが不満である。 分布変化モード時にドラッグ開始点を表示してほしい。 分布変化モードでのドラッグ開始時に出現する平面は、視点に対して垂直に出現させてほしい。
被験者 C	<ul style="list-style-type: none"> 視点の移動が予期しない時にも起こるため使いにくい。 分布変化モードが照度決定モードで最後に生じさせた凹凸にしか変形できないのでは使いにくい。 行った操作を元に戻す機能が欲しい。
被験者 D	<ul style="list-style-type: none"> 視点の移動を右クリックのドラッグ&ドロップで行ってはどうか。 照度分布の変形をドラッグ&ドロップではなく、全てクリックで行う方が慣れている感じがした。 モードの切り替えをキー操作で替えるのではなく、全てマウスで操作できるようにするべき。
被験者 E	<ul style="list-style-type: none"> 移動したくないのに移動してしまうことがあり、視点の移動が難しい。
被験者 F	<ul style="list-style-type: none"> どのような因果により視点が移動しているのかが把握できず、視点移動が難しかった。 照度決定モードで高さを指定する際、やり直しができないため任意の高さに合わせ難い。
被験者 G	<ul style="list-style-type: none"> 分布変化モードでのドラッグ時に出現する灰色の平面は、視点に対して垂直に出現してほしい。 分布変化モードが、照度決定モードで最後に変化させた凹凸にしか適応できないのが残念である。 照度分布を思うように自由自在にデザインできるのかと言えは疑問である。
被験者 H	<ul style="list-style-type: none"> 視点を固定することができる機能が欲しい。 照度決定モードで高さを微調整できるようにしてほしい。 分布変化モードが、照度決定モードで最後に変化させた凹凸に対してしか行えないのが不満である。

表 2: 評価実験結果

改善点	人数 (人)
視点の移動方法	6
分布変化モードの制限	4
戻る機能の追加	3
分布変化モードでの平面の出現方法	2
分布変化モードでの開始点表示	1
デザインの操作方法	1
モード切換え方法	1
デザインの自由度	1
デザイン操作の細やかさ	1

5.3 考察

表 2 の結果より、まず「分布変化モードの制限」や「戻る機能の追加」といった基本的な機能の改善が必要である。そして、改善点として顕著に現れた問題が「視点の移動方法」である。現在は上述したようにマウスポインタの位置により視点が移動し、照度分布オブジェクトにマウスポインタが触れることで視点移動が停止する。しかし、被験者からはマウスポインタ

の位置による視点移動は扱い難いという意見が得られた。表 1 に示す被験者の意見を元にすると、被験者 A の意見からの「90 度ごとに視点を回転させる」、被験者 D の意見からの「右クリックのドラッグ&ドロップ操作で移動させる」、また被験者 H の意見からの「視点移動モードと照度分布デザインモードを切り分ける」といった解決策が考えられる。今後、ユーザにとってどのような視点移動がより扱い易いかを検討する。また、表 2 に示すように少数の意見も多く得られた。これらの意見を参考に操作方法を変更すると、全てのユーザにとって良くなるものもあるが、中には被験者 D の「照度分布の変形をクリックで行いたい」という意見のようにユーザによっては扱い難くなると予想されるものもある。このように扱い易い操作方はユーザの好みに依存する。この問題の解決手段として、操作方法をユーザごとにパーソナライズできる機能を検討する。

6. まとめ

本稿では、ハードウェアのネットワーク化による機能向上に伴ってその操作は複雑かつ多様になることを述べた。そして、そのようなシステムにおける UI に求められる性質として「直感的な操作性」と「パーソナライズ」という 2 つの方向性があり、ユーザの求める結果にいかにか容易にユーザが辿り着けるかということが重要であると説明した。

また、このような背景と同様に、照明システムにおいても複数の照明および制御装置をネットワーク化することで複数の照明の個別制御が可能となったが、従来の UI ではユーザの操作負担が大きいという現状を述べた。そこで、本稿ではこのような照明システムをより直感的に扱える UI の要件を検討し、その一例としてユーザの求める結果である照度分布をデザインすることで照明を制御する UI を提案した。また、本稿では提案 UI の改善点を見出すために行った評価実験を示した。そして、「戻る機能の追加」などの基本的な改善や「視点の移動方法」の改善、またユーザの好みに対応するために UI をパーソナライズする機能の検討が必要であることを述べた。

また、現在は提案 UI を用いた実環境での照度分布制御は実現できていない。今後、提案 UI を用いた照度分布制御の実現を目指す。実際にこの UI によって照度分布を制御するには、照度分布がユーザから入力された際に、その照度分布を満たす光度を導出するアルゴリズムの開発が必要である。このアルゴリズムは精度の高さや収束の速度などを考慮して検討を行う。

参考文献

- [照明学会 03] 照明学会, 照明ハンドブック 第 2 版, オーム社, 2003.
- [NTT 04] NTT マイクロシステムインテグレーション研究所, NTT 技術ジャーナル 2004 Vol.16 No.11, 2004.
- [みずほ情報総研 08] みずほ情報総研, NAVIS 005 — OCTOBER 2008, 2008.
- [パナソニック電工 08] パナソニック電工, 多重伝送 フル 2 線式リモコン カタログ兼用技術資料 (2008 年度版), 2008.
- [三木 05] 三木光範, 廣安知之, 池田聡, 知的照明システムにおけるユーザインタフェースの構築 (音声認識およびタッチパネルを用いた照明コントロール), 情報処理学会第 67 回全国大会講演論文集, 2005.
- [Miki 04] Miki M, Hiroyasu T, Imazato K, Proposal for an Intelligent Lighting System, and Verification of Control Method Effectiveness, Proc IEEE CIS, 520-525, 2004.