

# 屋外と屋内の境界をなくす、 青空を再現した照明器具“misola”

成田瑞恵\*  
Mizue Nariia

Lighting Equipment "misola" to Reproduce Blue Sky

## 要 旨

2016年に国連の持続可能な開発目標(SDGs)が発表され、その目標の一つに“GOOD HEALTH AND WELL-BEING”が挙げられた。WELL-BEING(ウェルビーイング)とは“幸福”“健康”を表しており、ここ十数年の建築設計に求められてきた環境問題への貢献に加えて、健康的で快適であるという人を中心にした評価が必要とされ始めている。時代の要求に応じて新しい目標が発表されるように、照明器具の技術も時代の要求とともに白熱灯から蛍光灯へ、そしてLEDへと移り変わり革新を続けてきた。省エネルギー性能も高まり、LED照明はZEB(net Zero Energy Building)に対応できるまでに進化を遂げている。このように大きく変貌を遂げている照明技術だが、照明器具で得られる屋内の光と窓から得られる自然光とは別々にとらえ

られ、この二つは同じ光を得る手段でありながら、はっきりと区別をされてきた。照明器具は自然光にはない利便性を軸に進化してきたが、本来の人が求める心地よい明かりとは何かという問いに対して、この二つの境界をなくして快適性と機能性を兼ね合わせた光を追求した照明器具“misola(みそら)”を開発した。misolaは、青空と同じレイリー散乱を応用して青空の色と奥行き感を再現することで心地よさを感じさせながらも、日の差し込みを表現しながら照明器具として実用的な照度も確保した。さらに調光制御することで時の移ろいを感じさせるなど、今の照明器具にはない快適性を実現した。また施工性を高める薄型化によって広い範囲の建築への設置を目指した。



青空を模擬する照明 misola

## 新しい照明の可能性

照明器具でありながら本物の窓と認識されるほど、再現性の高い青空によって従来にはない開放感と心地よさを感じさせることを追求した。窓やトップライトをどのフロアにも提案できるという建築の制約を最小限に抑えることで、閉塞しがちな空間でも広がり感を与え、コミュニケーションを活性化し、より快適な空間づくりを目指した。ユーザーが好みの青空や明るさをリモコンで簡単に設定できるなど、照明器具としての利便性も備えた。

## 1. ま え が き

窓からのぞく青い空を，青空と同じ原理を応用して再現した照明器具“misola”について述べる。2章では製品の特長を述べ，3章では慶應義塾大学と共同で行った効果測定実験について述べ，4章では実空間で想定される“misola”の展開や今後の期待について述べる。

## 2. 青空を再現する技術

### 2.1 レイリー散乱の再現

晴れた日中に空を見上げると青空が広がっている。私たちにとって見慣れた自然の光景であるが，これは太陽光が大気圏に入射した際に大気分子にぶつかり散乱することで起きる現象である。この現象をレイリー散乱と呼ぶ。もともとは白色である太陽光が大気分子で散乱した際に，赤く長い波長の光よりも，青く短い波長の方が強く散乱する。そのため青い光が私たちの目に届き，日中の空は青く見える。“misola”では本物と見分けがつかない青空を再現するために，器具内の樹脂パネルに光の波長よりも細かい微粒子を封入して光を入射させることで，大気同様のレイリー散乱を器具内で起こしている。またレイリー散乱は“misola”の再現する青空の広がり感にも寄与している。青空の色は映像ディスプレイを用いても再現可能だが，人の目が持つ分解能は非常に高く，ディスプレイの画素に焦点が合ってしまうと無意識にディスプレイとの距離を認識してしまう。そのため青空の映像を見ても空の広がりや奥行きを感じることができない。しかし，“misola”に封入した微粒子は非常に細かく視認できないため人の目は発光点に焦点を合わせられず，距離感を認識できない。微粒子によるレイリー散乱を起こすことで本物の青空に感じられるどころまでも広がる奥行きを再現している(図1)。

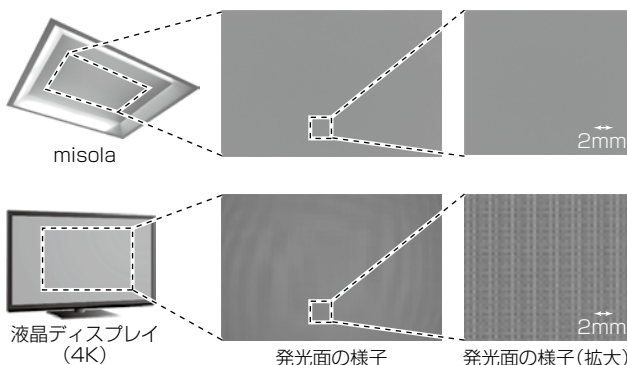


図1. 焦点の合わない広がり感

### 2.2 薄型化による施工性の追求

従来もレイリー散乱を再現した製品はあったが，均一な光を散乱体に向かって照射する必要があり，均一さを保つため光源と散乱体にはある程度の距離が求められていた。この距離を確保するために，製品の厚みが300~700mm程度になり一般的なオフィスの天井に埋め込むには厚さが障害になっていた。この厚みの問題解決に貢献したのが“エッジライト方式”と呼ばれる，液晶テレビの開発で培われた薄型化技術である(図2)。

この技術を応用し，光源をパネルの両脇に置くことでむらのない発光を可能にしながら“misola”の厚みを一般的な埋め込みの照明器具と同程度の120mmまで抑えることができた。これによって照明器具としての施工性を確保し，薄型化によって広い範囲での設置が可能になった。

### 2.3 照明器具としての制御

青空を再現する技術を高めると同時に，照明器具としての使いやすさや，利便性のバランスが開発の要になると考えた。室内へ自然光を得ようとした場合，強すぎる自然光は眩(まぶ)しさや不快感を生むため，光エネルギーの取り込みをブラインド等で調整をする必要がある。また窓際とそれ以外の場所との輝度の対比が強すぎると，他のエリアに暗がり感を覚えやすくなるなど，光環境を崩すおそれもあるため，極端な輝度は避ける必要がある。青空の心地よさを再現しながら，室内光源としての実用性のバランスをどう取るべきかが重要であると考えた。そこで，窓から差し込む光を感じさせるよう器具のフレームを適度な輝度で発光させて，実用的な照度を得るため，その光から一般的なグリッド照明と同様の4,000lm程度の光束量を確保することにした。自然光の差し込みを表現することで，青空の再現性を高めながら，照明器具として十分な光束量を持たせて，室内に必要な照度を得ることができた。

また一般的なLED照明と同様に，有害とされる紫外域，赤外域の波長を含んでいないため，自然光による日焼けや色焼けが懸念される場所に対しても使用できる。加えて空を感じさせるために空の中にある，時の移ろいも制御によって表現することも実現した。器具開発と並行して，専用の制御機器の開発も進め，器具内のLEDを調光するこ

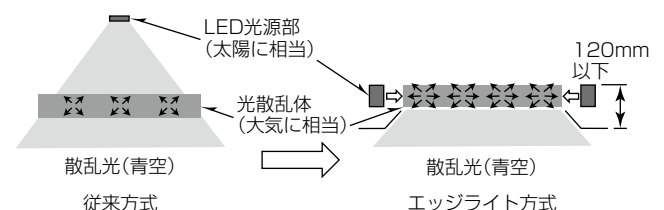


図2. エッジライト方式による薄型化

とで朝焼けから夕焼けまでの一日の流れのスケジュール制御を可能にした。この制御は、地下や窓を設置できないエリアでも、屋外の時間の流れを感じさせることができると期待している。このように、青空の再現性と照明器具としての使いやすさをバランス良く兼ね備えたことが“misola”の特長である。

### 3. 効果測定実験

“misola”の開発を進める中で、青空を模擬する照明器具による人体への影響や効果を検証した。通常の居室エリアに照明器具を設置し、長期使用した場合のリラックス効果や、休憩時など一時的な使用をした場合のリフレッシュ効果など、使用方法による効果の比較を目的にして、慶應義塾大学理工学部の満倉靖恵教授と共同で効果測定実験を行った。

#### 3.1 実験方法

3種類の照明条件(図3)を設定し、30分の順化の後、それぞれの環境下でアンケートを取った。脳波計測を行いながら15分の作業2回の間に2分の休憩1回を1セットとして、これを15分の休憩を挟みながら2セット繰り返して実験を行った。作業の内容はクレペリン検査とマインドマップ作成である。実験フローと照明条件を表1に示す。

計測項目は脳波(感性アナライザ<sup>(1)</sup>)、作業成績、心拍変動である。またどの照明条件も色温度4,000K/机上面照度600lxにそろえた。20代12名の被験者に対してこの実験を実施した。

#### 3.2 実験結果

青空を模擬する照明の長期使用を想定した照明条件②と一時使用を想定した照明条件③で得られた結果をそれぞれ次に示す。

##### (1) 照明条件②での結果

- (a) 初めて見たときのアンケートで、13項目全てで照明条件①より高評価であった(図4)。
- (b) マインドマップ作成の回答数が上昇した(図5(b))。
- (c) 脳波の解析結果から、作業中のストレス値が低い傾向がある(図6(a))。

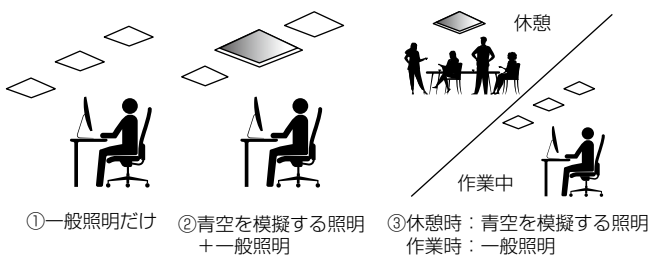


図3. 3種類の照明条件

##### (2) 照明条件③での結果

- (a) 脳波測定の結果から作業中の沈静値が高い傾向(心が穏やか)であった(図6(b))。
- (b) クレペリン検査の回答数が上昇した(図5(a))。
- (c) 脳波の解析結果から、作業後のストレス値の増加が抑えられる傾向がある(図7)。

表1. 実験フローと照明条件

実験フロー	時間(分)	照明条件		
		①一般照明だけ	②青空を模擬する照明+一般照明	③休憩時：青空を模擬する照明 作業時：一般照明
順化	30.0		一般照明	一般照明
アンケート 脳波測定	5.5			青空を模擬する照明だけ
クレペリン検査	15.0			一般照明だけ 色温度4,000K/ 机上面照度600lx
小休憩	2.0			青空を模擬する照明だけ
マインド マップ作成	15.0	一般照明だけ	青空を模擬する照明+一般照明	一般照明だけ 色温度4,000K/ 机上面照度600lx
休憩	15.0	机上面照度 色温度4,000K/ 机上面照度600lx	一般照明	青空を模擬する照明だけ
クレペリン 検査	15.0		色温度4,000K/ 机上面照度600lx	一般照明だけ 色温度4,000K/ 机上面照度600lx
小休憩	2.0			青空を模擬する照明だけ
マインド マップ作成	15.0			一般照明だけ 色温度4,000K/ 机上面照度600lx
小休憩	0.5			青空を模擬する照明だけ
合計実験時間	115.0			

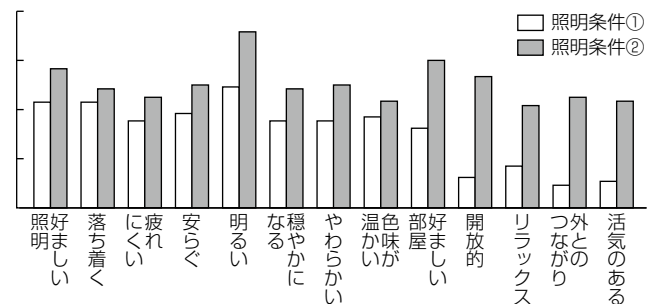


図4. 初めて見たときのアンケート結果

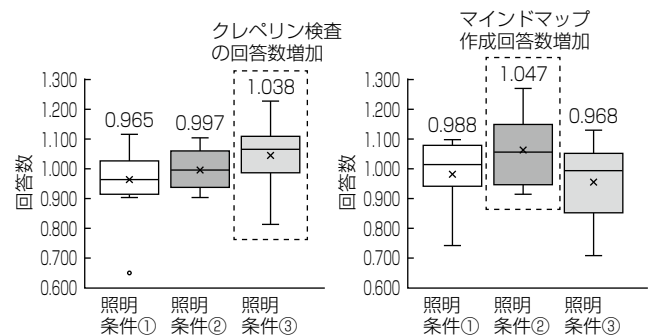


図5. 作業成績結果

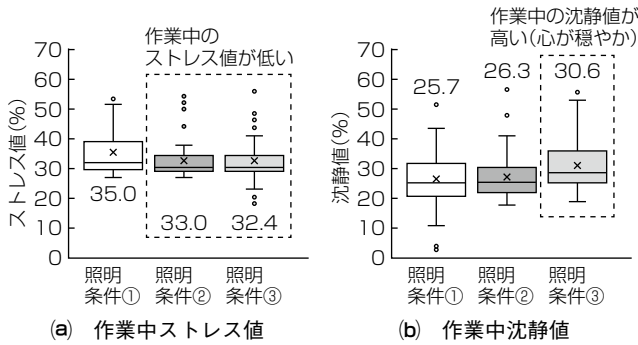


図6. 作業中の脳波測定

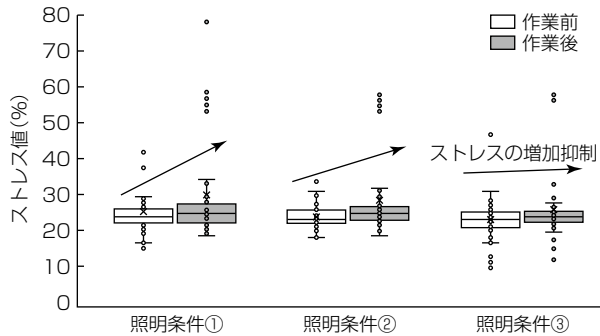


図7. 脳波解析による作業前後のストレス値

### 3.3 実験のまとめ

得られた実験結果からは，青空を模擬する照明を長時間使用した場合と，一時的に使用した場合，ともに作業中のストレス値が低い傾向が見られた。合わせて次のような異なる傾向も見られた。

- (1) 照明条件②で使用した場合，ストレス値を抑えて，発想力を高め活性化に向かわせる傾向があった。
- (2) 照明条件③で使用した場合，リフレッシュ効果が期待され，その後の作業で心を落ち着け集中力を高めて，そしてストレスの増加を抑える傾向が見えた。

## 4. 想定される“misola”の活用方法

従来窓を設置できなかったエリアにも青空を持ち込むことによって，今までにない活性化や安らぎのある空間を創造できると期待している。3章の実験で得られた結果も踏まえて，様々な空間での活用方法と，これからの“misola”への期待を述べる。

### 4.1 会議室での活用方法

閉鎖的な空間になりがちな会議室で，一般照明と“misola”を組み合わせることで，開放感を覚えながら会議を活性化させ，発想力を高める効果を期待する。また，制御機器と組み合わせることで，会議の開催者の意図に合わせた制御でより効果を高める。会議の場面に合わせた空間照明をユーザーがリモコン操作で容易に切り替えられる



図8. 場面に合わせたユーザーによるリモコン制御

ことで(図8)，意思決定を行うようなオフィシャルな会議のときは，青空のすっきりとした空間を作り，アイディアミーティングのような発想力が求められる場面では，夕方のリラックスした空間を作るなど場面に合わせた運用が可能になる。

### 4.2 コンサートホールでの活用方法

演奏・上演中は照明を落とすなどのコントロールが求められるコンサートホールや劇場のような空間では，窓の設置は難しい。しかし窓のない閉鎖的な空間は娯楽施設でありながら，入場者に緊張感を覚えさせるおそれがある。“misola”をハイサイドライトのように高い壁面に設置することで開場から開演までの時間は青空の演出によって開放的な心地よさを感じさせ，演奏中は他の照明と同様に消灯させることでステージの演出を邪魔することはない。さらに終演後の空の色をスケジュール管理することで時間の移ろいも感じさせることができると考える。照明のコントロールが必要なために窓を設置できない施設に新しい選択肢となることが期待される。

## 5. むすび

ICT(Information and Communication Technology)の技術向上に伴って，どこで働いても良いABW(アクティビティ・ベースド・ワーキング)という制度を導入している企業も増えており，労働環境に限らずどこで何をするかの自由度は大幅に向上している。その中で“どこを選ぶのか。”という問いに対し，軸になるのはその活動にふさわしい快適性と，コミュニケーションの場ではないかと考える。人が集まって新しい価値が生み出される時“misola”の快適環境の創造は，柔軟にそれぞれの要求に応えるポテンシャルを持つものであると期待する。

### 参考文献

- (1) (株)電通サイエンスジャム：感性アナライザ  
<https://www.dentsciencejam.com/kansei-analyzer/>