光品質が、LEDとSSLマーケット成功促進の鍵に

モーリー・ライト

Strategies in Lightの包括的なプログラムは、LEDと固体照明技術分野のすべての領域を網羅していた。本稿では、光品質に関する重要なメッセージを報告する。

Strategies in Light 2021（https://www.strategiesinlight.com/）は、8月24日と25日にバーチャルなカンファレンス会場で開催された。しかし、オンライン形式を侮ってはいけない。プレゼンテーションは素晴らしかった。また、2日間のプレゼンテーションに加えて、バーチャルな人脈づくりの機会、ビデオインタビュー、オンライン製品発表などがあった。コネクテッド照明、スマートビル、付加製造（積層造形）、殺菌紫外線（germicidal ultraviolet：GUV）など、LEDと固体照明（Solid State Lighting：SSL）の分野で、プログラムの中で触れられなかった領域を探すのは難しいだろう。本稿では、業界第一人者である照明デザイナーによる基調講演と、健康と幸福をもたらす照明に関するセッションについて、報告する。繰り返されたテーマは、光品質（真の美しさと美的感覚）が、この業界を推進する要素だということである。

Strategies in Lightは当初、例年どおりの2月に来場形式で開催される予定だったが、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）のパンデミックを受けて延期され、それでもなお来場形式で計画されていたが、最終的にはコロナに屈してオンライン形式での開催となった。皮肉なことに、私たちの多くが最後に来場形式のイベントに集まったのは、サンディエゴで開催されたStrategies in Light 2020で、サンディエゴの参加者らもコロナの影響を受けた。

図1　ジム・コリン氏は、照明品質が測定基準だけの問題ではないことを、身をもって学んだ（講演者の写真は、Strategies in Light/Endeavor Business Mediaの許可を得て使用）。

それでも、2021年のイベントは素晴らしい学習機会だった。そのことは、本稿で紹介するプレゼンテーションからも感じ取れると思う。また、オンライン形式での開催だったため、まだオンデマンドで一定期間、アーカイブにアクセスすることができる。基調講演を行ったのは、スウェーデンのAnnell Ljus+Form AB社のパートナーで、建築照明担当営業責任者を務めるジム・コリン氏（Jim Collin）である（**図1**）。コリン氏は、エンジニアから照明デザイナーに転身し、英国とノルウェーを拠点とするLight Bureau社の国際的責任者として、100人の照明デザイナーを束ねる地位にまで上り詰めたことで、名を知られる人物である。

光とインパクト

コリン氏はまず、ローマの歴史的建造物であるパンテオン教会に対する所見を語り始めた。その象徴的な建築様式と歴史的構造を際立たせる唯一の光は、日光だと同氏は述べ、白昼に撮影した数枚の写真を示した（**図2**）。その例は、太陽が生み出す素晴らしい光へと議論を展開するための起点であるとともに、1日のうちの時間と季節による影響を指摘するものでもあった。続いて同氏は、夏に撮影したスウェーデンの自身の仕事場の写真を、午前4時のものから順に示し、夏場は午後3時でも午後10時でも、光が基本的に同じであることを指摘した。

コリン氏はさらに、炎、キャンドル、電灯などの人工的な光源と、照明効果を表す屋内と屋外の写真を次々と示し、最後に、ニューヨークのハドソンヤードにある階段をつなぎ合わせた公開建築物であるベッセルの写真を見せた。「これは、iPhoneで撮影した、私の1年間の生活だ」とコリン氏は述べた。

同氏は、この1年間の生活の写真と照明業界の関連性に、聴講者は気づかないかもしれないとして、その関係を説明した。「これは、美しさと美的感覚を実現することの重要性を早い段階で理解した技術である。ユーザーエク

スペリエンスが絶対不可欠であることを理解した技術であり、人工知能（AI）を早期に採用して、残念ながら非常に平凡な写真家である私でも、かなりまともな写真が撮れるようになっている」とコリン氏は述べた。

コリン氏は、「技術や美的感覚についてはあまり優秀ではない」と自己評価する自分自身が、キャリアで成功を収めたこれまでの経歴を、冗談を交えながら簡単に話し、「そのため、両方の分野のスキルを身につけて、すべての人工照明が生まれるその中間の領域を極める必要があった」と述べた。このプレゼンテーションの目的は、照明デザインという職業に素晴らしい未来があるその境界領域に関する洞察を、聴講者に提供することだと同氏は述べた。技術は主要な推進力になるが、美的感覚は主要な実現手段になると、同氏は述べた。

図2　ローマのパンテオンが示すように、完璧な光はやはり日光である（写真：Pixabayに掲載されているMeredith Grotti氏のもの。商用または非商用目的に対するフリーライセンスの下で使用）。

光の魔法

エンジニアから照明デザイナーに転身したコリン氏は、照明業界に足を踏み入れたばかりの頃は「フートキャンドル（照度の単位）ばかり気にしていた」と述べた。自身の唯一の問題は、障害を作り出す「奇人」に遭遇し続けたことだったという。彼らは、自分自身を奇人ではなく建築家と呼び、ある部屋に必要な照明器具の数がなぜ16個ではなく17個なのかといった、工学を中心とした議論を同氏にぶつけ続けた。そうした奇人に出会い続けたことで、同氏は自分が変わり者であることに気づき、学校に戻って美学と光を学ぶことにしたという。そして、光の輝き、重要性、魔法を理解するようになった。

また、魔法を知っているというだけでは十分でないことにも気づいたという。同氏は、それを他人に証明しなければならないと感じた。そこで、光の魔法を感じることのできる思考実験を考案した。コリン氏は聴講者らに対し、目を閉じて、どこか遠くの楽園にある自然のままのビーチで、ヤシの木の下のハンモックに寝そべっている状況を想像してほしいと述べた。そのような状況を想像するとき、人々は必ず、素晴らしい自然な光と雲一つない空を思い浮かべると同氏は述べた。陰鬱な空に覆われて薄暗い嵐の日を思い浮かべる人などいない。これが光の魔法を証明する実験だと、同氏は述べた。

コリン氏によると、これは「私たちの食事パターン、睡眠パターン、1日のサイクルに、光が大きな影響を与えるという事実ではない」という。光の魔法は、私たちの感情状態を一瞬にして変えられるという点にある。同氏の主張は複雑であり、ある意味において、直観に反していた。同氏が見せた、暗雲に覆われたビーチの写真は、晴れた日を想像した聴講者らの心地よい気分を台無しにしたかもしれない。それでも同氏は、曇った日の自然光は完璧な光だと述べた。それはまったくグレアのない均一な光だった。しかし、規格や規約を満たす完璧な光は、良い光とは何の関係もないというのが、コリン氏の主張だった。

コリン氏は、私たちの問題は、光を簡単に測定可能なものとして捉えがちだという点にあると述べた。「光を、人間の脳によって常に認識され、人間の脳を欺くものとして考える必要がある」と同氏は述べた。人間の脳は、物体または表面の光に直ちに反応するが、おそらく正しくは解釈しない。チェス盤の画像の例は、色合いに対する脳の認識が、光によって変わる可能性があることを示していた。

照明設計の話題へ

続いてコリン氏は、思考プロセスから、一般的なオフィス空間や教室と、簡単な測定基準による仕様定義の問題へと話を移した。同氏は、至る所に設置されているトロファ照明を問題として指摘し、トロファ照明は、完璧に均一なグレアを生成するにもかかわらず、設置が容易でコストが低いために使われていると述べた。また、世界人口のほとんどが、どんよりとした灰色のかすみの下で仕事や勉強をしている一方で、サプライチェーンや照明メー

カーには「恐ろしいほど低い利幅」しか与えられていないと述べた。コリン氏は、1950年代や1960年代から現在においても、さまざまな用途に広く対応するトロファ照明を製造しようとしている業界の動きを嘆き、「近視眼的な愚かな行為の完璧な例だ」と切り捨てた。

より最近の問題としてコリン氏が指摘したのは、高輝度のLEDポイント光源を活用する手段として現れた、平面状の拡散照明器具である。この最小主義的な照明器具の一部は、かなり良いものだったが、照明業界は、コストの削減と知的財産の複製に動いた。「フラットで真四角のパネルを複製するよりも簡単なことが、他にあるだろうか」とコリン氏は皮肉を込めて質問した。コリン氏によると、模倣しにくくすることを狙った機能を追加したメーカーもあったという。しかし同氏は、ヒューマンセントリックライティング（HCL）の調光性などの機能は、ニーズではなく、製品を販売しなければならないメーカーの事情によって推進されていると述べた。

コリン氏は、平面状のトロファ照明に注力するメーカーや、サプライチェーンに関わるその他の企業は、ゆくゆくは廃業することになると予測した。同氏はさらに、そうした製品は、あまりにも多くの光を供給するので、ほぼ間違いなく危険だと述べた。空間の中の人間には、より適切な垂直照明を提供できる、指向性光源と環境光源の組み合わせが必要だという。

当然ながら、トロファ照明が今後も普及し続けることを支持する照明デザイナー／仕様定義者は存在する。ほとんどの人が、空間の中で仕事をする人々のニーズを知らないのだと、コリン氏は述べた。そして多くの場合、選

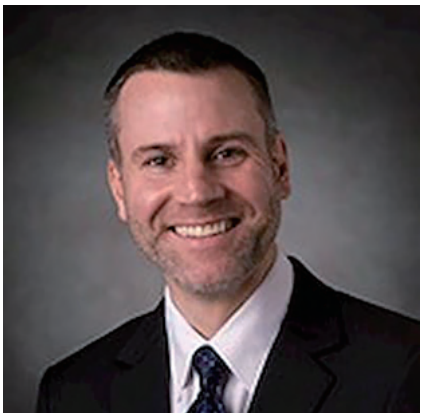

図3　オレゴン州立大のケビン・ハウザー教授は、日中に活動する人間の職場に必要なのは、概日リズムに対する有効性の高い1種類の光のみだと述べた。

択を行うのは、照明科学の知識を持たないエンジニアや技術者である。照明の仕様定義を行う人は、ユーザーエクスペリエンスを第一とする必要があると同氏は述べた。「技術畑の人に、美しさについて考えてもらわなければならない」とコリン氏は述べた。芸術家も、技術について考える必要がある。「連携と広い思考力が鍵だ。それら2つの世界の融合が、その鍵を握る」とコリン氏は述べた。

過去の白熱灯プロジェクト

コリン氏は自身の主張を説明するために、2013年に同氏が取り組んだプロジェクトに言及した。新しく設立されたオフィスには、空気質システムなど、占有者に快適性をもたらす最先端のビルシステムが導入されていた。空間は現代的な蛍光灯で照らされていたが、輝度が高く快適ではなかった。コリン氏は白熱灯技術を利用して、この空間を転換することに成功した。必要なところだけに光を供給することで80%のエネルギー削減を約束するとともに、従業員に完璧な光を提供した。

このプロジェクトの主要な機能の1つは、エンドユーザーが各デスクで照明を制御できることだった。そのような制御は、経営陣によって避けられるケースもあるが、導入を義務付けるべきだとコリン氏は述べた。「自分の照明を消灯する機能は、人権だ」と同氏は述べた。このプロジェクトは92%の効率を達成した。「無知とは逆の要素を利用しただけだ。常識とユーザーエクスペリエンスの知識を利用した」とコリン氏は述べた。

コリン氏は基調講演の終盤にかけて、照明業界に影響を与えている他の要素について語った。好むと好まざるにかかわらず、デジタル化の波が照明に押し寄せており、照明業界は、照明と人間の知覚に関する知識を活用して進化の基調を定めつつ、その進化を促進する必要があると同氏は述べた。また、照明分野では立ち上がりに時間がかかっていたモノのインターネット（Internet of Things：IoT）の動きが始まる見込みで、ただ時間の問題だと、コリン氏は述べた。ビル内でアクセス可能なデータはあまりにも貴重で、照明はその自然な仲介役である。

健康と幸福をもたらす照明

コリン氏は基調講演の中で、何度かヒューマンセントリックライティングに言及したが、否定的な意味合いがほとんどで、そうした製品の多くが業界のニーズに基づいていないことを指摘していた。健康をもたらす照明を取り上げたStrategies in Lightのセッションでも、これに並行する話題があった。この概念とその望ましい結果について、考え直す時が来たのかもしれない。

健康と幸福をもたらす照明、統合型照明、ヒューマンセントリックライティングなど、いくつかの名称があるが、これがおそらく非常に重要な概念であることには、1つ理由がある。オレゴ

ン州立大の建築工学教授であるケビン・ハウザー氏（Kevin Houser、**図3**）は、セッションの冒頭で、大人は平均で自分の時間の90%を、屋内の人工照明の下で過ごすことを指摘した。従って、ビル技術は人口の大部分の生活の質に大きな影響を及ぼす可能性がある。照明は、生産性、収益性、心理的な幸福感、生理的な健康に影響を与える可能性がある。ハウザー氏によると、照明には人間に影響を与える4つの変数があり、それは、時間、強度、スペクトル、パターン、または空間分布だという。

これらの変数と生理的相互作用の説明に入る前に、ハウザー氏はまず、議論の範囲を定めようとした。同氏いわく、ヒューマンセントリックライティングはマーケティング用語であり、技術用語ではない。ハウザー氏はヒューマンセントリックライティングを、「Just do it」（行動あるのみ）という象徴的なフレーズになぞらえた。そのようなマーケティング用語は、口にするだけで良いアドバイスになる場合が多いが、技術を説明しているわけではないので誤解してはならない。

しかし、業界研究者の中には、ヒューマンセントリックライティングを技術であるかのように扱う人もいて、ハウザー氏は、この市場が2018年の13億ドルから2025年には64億ドル規模にまで拡大するという、1つの予測を挙げた。その成長について同氏は、ヒューマンセントリックライティングとして再販される既存製品のほうが、新たに市場に投入される新規製品よりも多くなる可能性があると述べた。また、夜間の一般的な人工照明は、睡眠パターンなどの面で人間に直接的な悪影響があることが知られているが、環境への影響など、あまり知られていない間接的な影響もあることを指摘した。ヒューマンセントリックライティングに関する考察は、長期的視点に基づいて、エコシステムや生物多様性などの要因を含めて行う必要があると、同氏は述べた。

現代的な光品質

ハウザー氏は、ヒューマンセントリックライティングは単に、照明品質に対する新しい見方にすぎないと自分は思うと述べた。品質指標が一連の新しい基準と、目、脳、体の生理学に関する理解の深まりに基づいているだけにすぎない。

ハウザー氏は人間の生理系について、短期または長期に及ぶ人間の刺激／反応シーケンスの視覚系及び非視覚系の経路を簡潔に示した（**図4**）。時間、スペクトル、強度、空間的トリガが、多くの形で人間の生理系に影響を及ぼす。同氏はさらに、刺激によって引き起こされる反応の確実性を表す図も示した。実験室環境では確実性は高く、

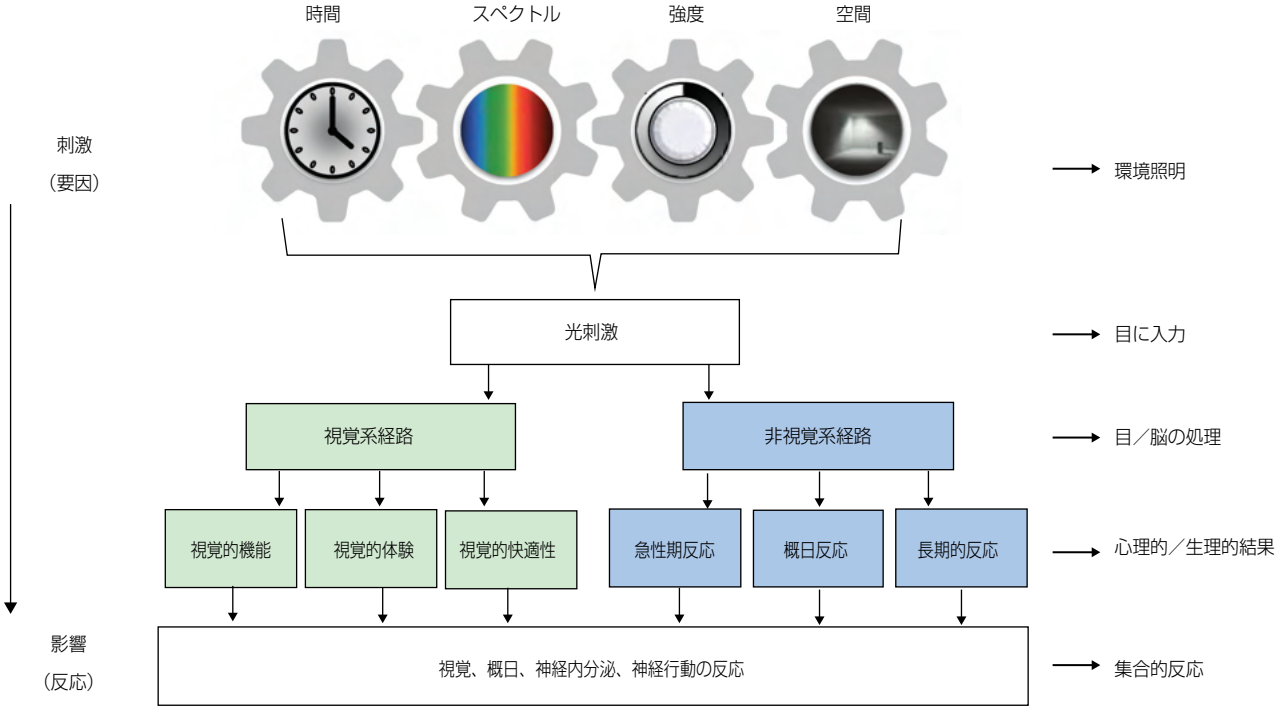

図4　4つの変数からなる小さな集合が、人間の視覚系と非視覚系にさまざまな影響を与える（画像：ケビン・ハウザー氏提供。https://doi.org/10.3389/fneur.2021.630553から転載）。

日常生活の中で人間が空間を動き回る場合は、確実性ははるかに低くなる。「実験室環境の研究結果の実環境への適用可能性については、疑問の余地がある。人間の反応に影響を与える、照明と照明以外の要因があるためだ」と同氏は述べた。

研究と実世界で違いがあることを前置きしたうえで、ハウザー氏は、光関連の変数が健康に与える影響について語り始めた。時間パターンが最も大きな刺激だと同氏は述べた。視覚系に対してはそうではないが、概日リズムに対してはそうだという。2番目に影響が大きい刺激は強度で、3番目はスペクトルだが、どちらの場合も、刺激が対数的に変化しなければ、線形的な応答（例えばメラトニン抑制）に影響は表れないという。ハウザー氏は、非常に複雑な話題を簡潔に説明し、日中に活動する人間に対する健康的な処方は、午前から勤務時間の終了まで生物学的有効性の高い照明を浴び、夕方までは有効性が中程度の照明を浴び、夜間は有効性の低い照明を浴びることだと述べた。

ハウザー氏は、興味深いロジスティクス上の疑問として、「健康志向の照明ソリューションを提供する責任は誰にあるのか」と尋ねた。個人が責任を持って適切な量の光を浴びる必要があるのか、それとも、ビル所有者や学区などの義務なのだろうかと同氏は述べた。そして、非常に興味深い見解を示した。日中に活動する人間の場合、その生活と睡眠の場には3つの有効性レベルの光が必要である。しかし、職場や教育現場に必要なのは、有効性の高い照明のみである。職場や学校で、照明のレベルやスペクトルを変更するシステムが必要または有効だとは、同氏は考えていない。

LEDの役割

ハウザー氏に続いて登壇したのは、米BIOS Lighting社の共同創設者で、生物学的研究及び技術担当副社長を務めるロバート・ソーラー氏（Robert Soler）で、健康をもたらす照明を実現するLED技術について語った。本誌は、ピーク概日感度を波長490nm周辺に位置付けた、BIOS社の研究を記事に取り上げたことがある。また、BIOS社と蘭ルミレッズ社（Lumileds）は2020年に、概日リズムに対する刺激を高めるために、490nmに青色のピーク波長をもつLEDの商用提供を発表している（https://bit.ly/3dgHCPe）。

ソーラー氏によるStrategies in Lightのプレゼンテーションは、BIOS社の技術の宣伝に偏っていたが、それでもいくつかの非常に有益な情報があった。読者の多くが知っているように、本誌はこの数年間、概日反応に関する話題にかなりの誌面を割いている。例えば、米レンセラー工科大（Rensselaer Polytechnic Institute：RPI）の照明研究センター（Lighting Research Center：LRC）による4部のシリーズ記事を掲載した。この記事の著者らはその後、新しいMount Sinai Light and Health Research Centerに移っている（https://bit.ly/2VYzApu）。また、この話題に関する米Circadian ZircLight社の記事も掲載した（https://bit.ly/39kThL9）。

図5　BIOS Lighting社のロバート・ソーラー氏は、LEDにおける蛍光体の混色に基づき、490nmの励起波長が、最大限の概日反応を引き起こすように設計されたLEDに対する理想的な基盤であると主張した。

さまざまな最近の研究によって、ほとんどの白色LEDが青色ピークを持つ450nmよりも上の波長に、ピーク概日感度があるという理論が概して裏付けられている。ソーラー氏はプレゼンテーションの中で、410～500nmの励起波長を使用して4000K CCTの光を提供するために必要な蛍光体の組み合わせについて、詳しく説明した。青色励起波長と蛍光体によってどのようにして特定のCCTが生成されるのかを理解したいという人は、アーカイブを参照してほしい。

ソーラー氏は、混色の説明で基礎を示した上で、ピーク概日感度が最終的に470nmまたは480nmと特定されたとしても、蛍光体の混色に基づいて、490nmのLEDのほうが470nmや480nmのLEDよりも、概日リズムに対する有効性が高いことを示すデータを提示した。同社にとって都合の良い結論かもしれないが、論拠は正しいように思われる。

今後に向けて、本稿で紹介したプレゼンテーションは、高品質で概日リズムに対する有効性が高い照明を、オフィスや学校などの環境の標準として強く推奨するものだといえる。本誌はこの数年間で、品質が与える好影響を何度も取り上げているが、健康をもたらす照明という側面が、その議論に組み込まれるべきだと思う。その処方は、パンデミックから脱出する手段を模索する業界に対する良い薬になるだろう。

LEDJ