DESIGNER'S CORNER

何よりも害を成すなかれ

デボラ・バーネット

公認デザイナーでウェルネスコンサルタントである筆者が、電灯と人間の健全性に関する知識体系について解説し、健康に良いとされる固体照明（SSL：Solid State Lighting）の提供について、慎重な姿勢で取り組むよう警告する。

北米照明学会（IES：Illuminating Engineering Society）の業界パートナーであるアメリカインテリアデザイナー協会（ASID：American Society of Interior Designers）は、最近発行したState of the Industryレポートの中で、建造環境に影響を与える6つのマクロトレンドを特定している。6つの中には、技術、持続可能性、都市化などの項目があるが、最大規模と評価された健康・福祉に比べれば、それらの影響は些細なものである。年間3兆4000億ドルもの市場規模を誇る健康・福祉は現在、その影響を建造環境にまで拡大させている。このマクロトレンドは、他のどの項目よりも重要性が3分の1高いと評価され、科学的発見に基づく、健康に焦点を当てた設計ソリューションを提供することに対する関心が大きく高まっていることを示している。照明業界内でも、これと同じトレンドが勢いを増している。健康上のさまざまな効果をうたう、カラーチューニング可能で青色成分の強い、生物学に基づく照明製品がますます増加していることに、その様子が現れている。

これまで、建造環境、街景、道路用照明の仕様を定めるのは、エンジニアリングやデザインを専門とする人々の仕事で、それらの人々に制約を与えるのは、エネルギー関連規制への準拠性と、プロジェクトの創造性と建築上の制限に加えて、それらの間に押し込まれた顧客の予算だけだった。昼光照明や一般照明システムを含むすべての光源が、生物学的、生理学的、代謝的過程に影響を与えることによって、照明を浴びる人間の健康と福祉に寄与することを示す科学的根拠が現在、次々と明らかにされていることから、A/E/D（アーキテクチュア、エンジニアリング、デザイン）コミュニティは今、生命倫理上の責任という新しい制約に向き合わざるを得ない状況にある。そこでは、提供する照明ソリューションが、視力に適した照明を供給するだけでなく、意図せぬ生物学的被害を与える恐れのない照明仕様を備えていることを保証することが求められる。

1950年代に研究者フランツ・ハルバーグ（Franz Halberg）が「概日リズム」という用語を生み出して以来、世界中の研究チームが、周辺光と、人間のさまざまな生理系、神経内分泌機能、遺伝子発現、さらには行動反応との生物学的関係に関する研究に活発に取り組んできた。

20世紀終盤のジョージ・ブレイナード氏（George Brainard）とラッセル・フォスター氏（Russel Foster）という研究者による画期的な研究成果に基づき、2002年には、ipRGC（intrinsically photosensitive Retinal Ganglion Cell：内因性光感受性網膜神経節細胞）と呼ばれる特殊な細胞集合が人間の目の中に存在することが発見され、電気的に供給される光にも、自然に供給される昼と夜（明と暗）の周期と同じように、生物学的、遺伝的、代謝的、行動的反応に影響を与える可能性があることについて、さらなる研究の扉が開かれることとなった。

その後の科学的および医学的研究によって、確かに電気的に供給される光は、特に、自然界では暗いはずの光周期に供給される場合に、すべての生命体の概日システムに影響を与えることが結論付けられた。その一方で、継続中の研究からは、電灯と疾病の間の関係も明らかになっている。24時間の光周期の中の誤った時間に、いわゆる「青色成分の強い」明るい光を浴びると、乳がん、糖尿病、メタボリックシンドロームや、その他多数の健康関連の症状が悪化し、時には、発症や促進を招くこともあるという。

新たに明らかになったこの問題が深刻な懸念であったことから、アメリカ医師会（AMA：American Medical Association）は2012年、その指針（H-135.937）を変更し、青色成分の強い白色光源を夜間に使用することに対する厳重注意を呼びかけた。その理由は、疾病増加の恐れがあるだけでなく、このような光が、概日リズムの脱同調と呼ばれる深刻な健康被害の一因となることが発見されたためである。

概日システム

人間の概日システムは、主要なゲートキーパーとみなすことができる。つまり、遺伝子、ホルモン、神経伝達物質が複雑に連動するシステムにおい

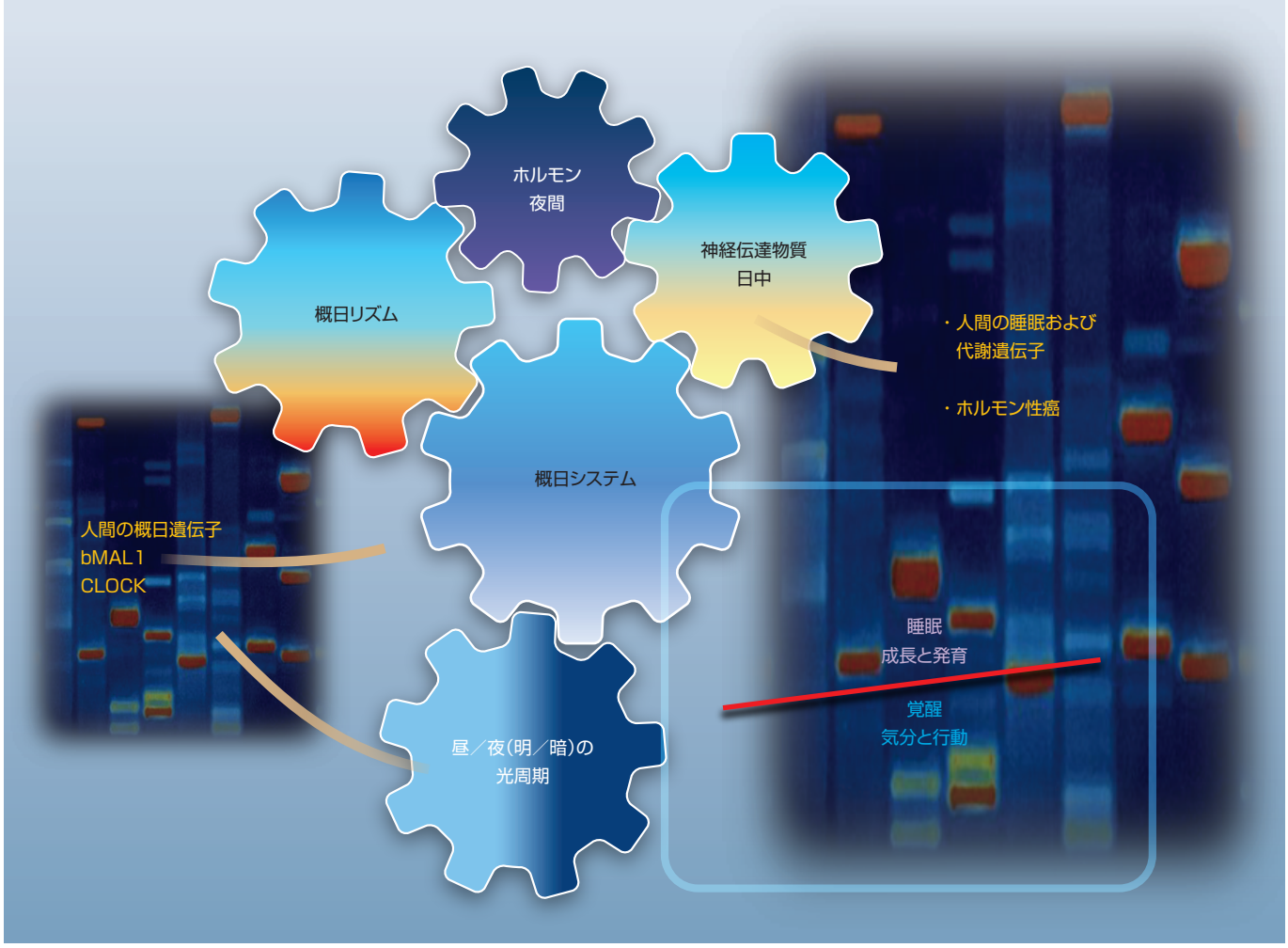


図1　周辺光は、人間の視覚系と概日システムの両方にとって重要なものである。概日システムは、遺伝子発現や神経化学的反応、さらには夜間の睡眠の質といった、基本的な生命機能に影響を与える。

て、中央に位置する最も重要な歯車の歯であり、人間の細胞、ほとんどの遺伝子、そしてすべての生体内作用の機能を指揮し、それによって全体的に統合された生命体に動力を与えている(**図1**)。人体において概日システムは、生態を環境に適応させることによって、人間の注意力、十分な休息、そして活発な健康状態を維持することを目的とした、分子ネットワークで構成された生物学的な予期システムとして設計されている。周辺光という信号を時間的な合図として利用することにより、次の過程に向けて体と脳の準備を整えることでこれが行われる。環境と生態の相互的な結び付きは、生存確率を高め、繁殖の実行可能性を確保するという進化上の必要性に駆られた仕組みである。しかし、概日システムを有するのは人間だけではなく、すべての生命体が類似のシステムを備える。最近発見された5億4000万年前の原始的なヒドラでさえも、生存に欠かせないこの機能を備えていた。

現在、人間が持つ高度な概日システムは、地球上の24時間の光周期など、周辺環境の合図に依存して、生来の(約)24.2時間の概日リズムを再調整し、夜間に睡眠がとれるように睡眠過程を開始する。組み合わせると、概日リズムは、睡眠／覚醒サイクルとは逆に、人間の生理学的および代謝的過程、生物学的機能、神経内分泌活動、遺伝子発現のすべてを駆動して、人間を健康で活発な状態に維持する。概日システムの影響を受ける重要な生命維持機能としては、心拍、血圧、免疫系機能、創傷治癒、空腹、飽満、さらには尿量などがある。これだけ多くのものが影響を受けると知れば、概日システムの脱同調がどれだけ深刻な懸念であるかを理解することができる。そして科学的発見によって現在、スイッチを押すだけで、電灯がこのような影響を与え得ることが裏付けられている。

図2　科学コミュニティは、光に対する非視覚的反応の研究を続けているが、研究結果からは、人間の全般的な健康と福祉を向上または阻害し、最悪の場合は、癌などの深刻な疾病を引き起こす、光暴露の品質を構成する複数の要素が明らかにされている。

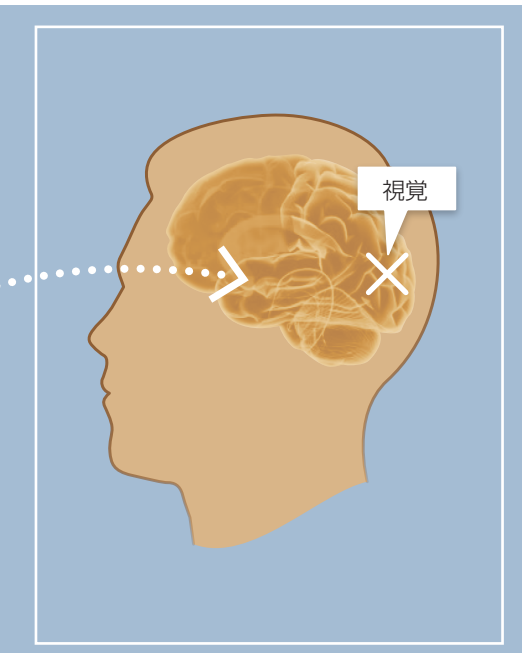
照明──健康への新しい道すじとしての取り組み

実際の照明設計の場では、電灯と生態の関係を活用することに莫大な市場可能性が見出されるようになった。その応用分野において、利用者の疲労を軽減し、患者の症状を改善し、標準化試験における性能を高めることによって、健康上の効果を活用しようとする取り組みが世界中で促進された。初期の製品ではその健康効果として、青色成分の強い白色光が非常に高いレベルで供給されること、そして、24時間年中無休稼働の高性能オフィス環境、コールセンター、そして患者の病室といったあらゆる用途に対応する、いわゆる概日照明製品であることが強調された。カラーチューニング可能なLED照明システムから人工空にいたるまで、一日の日光の色変化を模倣する照明製品を採用することによって、建物内にいる人をさらに健康的かつ生産的にしようという構想が、世界中において莫大な潜在性を秘めた全く新しい高級照明製品の市場を築き上げた。

機を見た早期の動き

光を健康に結びつけるという概念は、設計者やメーカーによる、視力以外の効果を約束する製品の開発促進にもつながった。生産性の向上、睡眠の改善、誤り率の低下といった効果が、そのような効果を生み出すと考えられる生理学的過程を完全には把握しないまま、謳われた（**図2**）。そのキャッチフレーズとも言うべきヒューマン・セントリック・ライティング（HCL：人に優しい照明）は、業界全体にわたって、改修業界の個人コンサルタントから、照明や電気製品を製造する世界最大規模の1つに挙げられるメーカーにいたるまでの間で、ますます一般的に用いられるようになっている。しかし、光源構造によってもたらされる高度な専門的見解と健康上の効果を主張するために、具体的にどのような証明が必要なのだろうか。

原則として、照明や設計に携わる人々は、定義済みの実践領域の範囲内にとどまりつつ、利害関係者らに問い合わせることで解決策を見出す。しかし、光と健康の関係については、健康効果のある照明設計のこのパラダイムを再定義するために利用できるような、古くからの規則、確立された知識体系、



概日システムは、周辺光、地理的位置、温度、個人の動的な特徴（年齢、それまでの光履歴、食事回数、日々の肉体的活動など）を使用して、概日リズムを調整し、睡眠／覚醒サイクルに入力を与える。

実証済みのベストプラクティスが存在しない。私たちのほとんどが、自分たちが何を知らないのかということすら把握していないのだから、科学者がまだ解明中の内容を理解するために行動を起こすことは不可能であり、ましてやそれを適用することなど論外である。

科学者でさえまだ全容は解明できていないが、これまでに明らかにされている内容には説得力がある。販売されている照明製品や提供されている設計ソリューションが、光強度、タイミング、位置、モーション、スペクトル分布率といった生態に影響を与える自然光の要素を考慮することなく、その時点の屋外条件に基づいて光の色をただ変化させるだけのものであるとすれば、その設計ソリューションは、実際の問題を捉えておらず、何の疑いもなく建物内でその照明を浴びる人々に健康上のリスクを与える恐れがあることを、多くの研究者が一般的に認めている。

利用者の同意を得ることなく、また、青色成分の強い電灯に付随する潜在的効果と潜在的リスクに関する知識を持たないまま、裏付けのない主張に基づいてそのようなプロジェクトを実施したとすれば、設計者やメーカーは、非倫理的な人体実験を行った罪に問われる場合もあり得ると筆者は思う。最悪の場合は、スペクトルパワー分布（SPD: Spectral Power Distribution）の仕様定義と性能保証の過程で、設計者が誤った前提や誤った予測を行ったために、利用者の脱同調を引き起こしたり、増長したりする可能性もある。筆者に言わせればそれは、医師免許を持たずに医療行為を行うことに類似する、お粗末な行為である。

事実の確認

設計専門家の1人として筆者が同業者に対して率直に質問を投げかけるとすれば、まずは、科学的事実として私たちは何を理解しているか、そしてそれをどのようにすればクライアントに説明できるかということになるだろう。ここでは、光と健康の間の複雑な関係をシンプルな形で説明したいと思う。人間の概日システムは、概日リズムと睡眠／覚醒サイクルで構成される体内のシーソーのように機能するとみなすことができる。それは陰と陽のように機能し、相互に作用しながら生物エネルギーを生成する。言い換えるならば、一方の生物学的機能または過程が最適化されると、他方は休止する。その間、その2つの期間の間に生成される神経化学的反応によって、人間が生命、幸福感、健康を維持するための「生命力」が供給される。

生物学的な相互関係を示す主な例として、各神経化学・概日遺伝子のオン／オフ（発現と抑制）の間にあるトレードオフに関する現在の理解がある。現時点で最も多く研究されているのは、ホルモンメラトニンである。簡単に言えば、日中に、青色成分の強い白色光を適切な時間だけ浴びることは、メラトニンの抑制に必要であり、それによって、夜間のメラトニンの十分な分泌が確保される。夜間の暗さが、このホルモンの正常な発現または生成に必須だからである。健康問題と概日リズムの脱同調が生じるのは、青色成分の強い白色光を夜間に浴びる場合である。この場合、非常に重要な腫瘍抑制因子およびDNA保護因子であるメラトニンの分泌が阻まれたり、ときには数時間ほど遅れたりする。これが、癌や片頭痛といった健康被害、うつ病症状の促進、さらには体重増加といった問題を招く条件となる。ただし、このモデルは生物種に固有であり、複数の要因に依存して個人によって異なる。最も顕著な要因は、実年齢と神経変性疾患の有無であると見られている。

機を見るだけでは得られず

科学界と医学界の両方が現在、概日システムを理解しない設計専門家が、生物学的に適切な季節性や、24時間周期における正しい昼夜時間を考慮することなく、また、特定の条件下では特定の年齢層に対して禁じられている（例えば、朝の明るい光を浴びる時間を遅らせることが必要な10代の若者や高齢者か、成人や小学生か）にもかかわらず、ほとんどのプロジェクトに対して何も考えずに青色成分の強い白色光を指定し、概日リズムの脱同調の非常に基本的な部分に意図せず作用す

る場合に、潜在的問題が生じることを認識し始めている。結局、このような製品仕様を定め、健康に良いと考える光プロトコルを適用するための根拠とした仮定が、誤りであることが判明したとすれば、どうなるのだろうか。

照明メーカーが健康に良い照明プロジェクトと称して、集中治療室（ICU）で長く病臥中の患者に対して過度に高いレベルの光を当てようとしたケースを紹介しよう。光は概日リズムを調整し、患者の概日リズムを維持することが患者の健康改善と回復促進につながると広く考えられているのだから、光のレベルを上げて、短波長の電灯の光を患者の頭部の上から集中的に直接当てれよいではないか。そんなふうに結論を急いではいけない。一般的なICU患者の状態や投薬に関する正しい科学的、医学研究的、一般的知識がなかったため、このメーカーは、ICU患者が250もの一般処方の光毒薬の中から投薬を受ける場合が多いことに気付かなかった。関係者が最終段階で実施した再検討によって、大惨事は免れた。しかし、高齢者入居施設、病院の新生児ICU、あるいは、交代勤務睡眠障害（SWSD：Shift Work Sleep Disorder）という新たに認識されるようになった睡眠障害を、自覚症状なく患う数百人もの従業員がシフト制で勤務する24時間年中無休稼働の工場に対する設計を次に求められた場合に、平均的な照明設計者にそれだけの幸運が望めるだろうか。

予防的なアプローチ

この問題に対し、国際照明委員会（CIE：International Commission on Illumination）は最近、照明専門家が、あらゆる建物の各利用者に具体的な健康効果をもたらす、実行可能な健康照明製品を提供できるようになるまでの道のりは程遠いとする声明を発表した。「光刺激とそれに起因する非視覚的反応との間の入出力特性に関する理解の欠如により、望ましい照明効果を達成する、適切な照明を製造することは不可能と思われる」とCIEは述べた。

このことは、生命倫理の原則を思い出させる。つまり、問題が存在するならば、何かを実行しない方がよい。あるいは何もしない方がよいかもしれない。有害無益な事態を招くリスクを冒すよりはましだ、という考え方である。しかし、30年前に照明メーカーが、いわゆるフルスペクトルの照明を導入および推進するという結論に飛び付いたときには、この原則は当てはまらなかった。この原則が当てはまった例としては1985年、疑わしい科学的価値を主張する業界出資の論文を除いて検証が得られなかった健康効果を、多数の企業がこぞって宣伝したことから、米食品医薬品局（FDA：Food and Drug Administration）がやむを得ず、過度に効果を誇張した企業に対して、照明製品の使用による健康効果を宣伝することを停止するよう指導したことがあった。現在もそれと同じ状況にある可能性はないだろうか。

今後の展望

チューニング可能なLED採用製品の登場により、今では概日システムに対する有益な効果と有害な効果の両方が生成可能であることから、私たちは歴史を繰り返し、医業類似行為の無法地帯にひそかに足を踏み入れてしまうのだろうか。私たちの知識と、CIE、AMA、世界保健機関（WHO：World Health Organization）の懸念、そして、加速化する科学的発見の軌跡を総合すると、2つの非常に重要な疑問をここに呈しておかなければならない。①照明メーカーとHCL推進派は、色を変化させる照明や、相関色温度（CCT：Correlated Color Temperature）の高い照明を設置するだけで、認識力の向上、睡眠の改善、疲労の軽減といった効果が得られるという主張を撤回した方が賢明ではないのか。②私たちが現在販売して仕様定義する照明製品の素晴らしい効果と潜在的有害性の両方の可能性について、業界全体が利害関係者と利用者に対して、警告はおろか忠告さえしてこなかったことを、どうすれば良心に恥じることなく説明し続けていくことができるだろうか。

将来何が待ち受けているかはまだわからないが、あまりにも多額の金銭がかかっているからというだけの理由で、照明業界が医業類似行為の領域に危険にも立ち入ろうとし続けるであろうことが、あらゆる情報から明らかである。法的責任を問われることがないように、また、照明業界が業務停止命令を受けることがないように自らを守るべく、私たちは目を覚まし、先を予測して行動し、（業界出資ではなく）科学的検証を得た応用ガイドラインと、概日システムの基本知識に関する仕様定義者の教育的要件を要求した方がよいだろう。しかし、私たちにできる最も重要なことは、適切なプロトコルや利用者に対する教育ガイドラインなしに、チューニング可能なLEDの設置による健康効果をうたうのは、意図せず害を及ぼすことのできる、色が変化するインチキ薬を売っているに等しいという事実を、それぞれが個人的に、しっかりと認識することである。

著者紹介
デボラ・バーネット（DEBORAH BURNETT）は、ベンヤ・バーネット・コンサルタント会社（Benya Burnett Consultancy）の創設者であり、パートナー。

LEDJ