SIL講演者ら、20周年を記念してLEDとSSLの過去と未来を総括

モーリー・ライト

20周年を祝う垂れ幕を背景に、Strategies in Light（SIL）2019の講演者らは、LEDの歴史を振り返り、今後20年間に予想される技術進歩と、それがどのようなSSL製品の革新的な照明設計につながるかを議論し、市場予測を示した。

Strategies in Light 2019は、多くの観点から特別なイベントだった。今年は20周年記念ということで、過去20回のすべてに参加したという参加者も多数いた。LEDs Magazineは、LEDと固体照明（Solid State Lighting：SSL）部門のイノベーションに焦点を当てた、第5回サファイアアワード（Sap phire Award）のガラパーティを主催した（http://bit.ly/2FMIdXR）。カンファレンスは例年通り、学習機会にあふれたものとなり、LEDの品質からコネクテッド照明やモノのインターネット（Internet of Things：IoT）に至るまでのさまざまな講演が行われた。それに加えて20周年ということで、プレナリーセッションや基調講演の講演者らは、LED、SSLシステム、LEDベースの照明設計の過去を振り返り、未来に思いをはせた。

SILの創設者の1人であり、2019年の共同議長であるボブ・スティール氏（Bob Steele、**図1**）が最初の基調講演セッションに登壇し、まずは2000年にサンフランシスコ空港近くのホテルで開催された第1回のカンファレンスを振り返った。第1回の参加者は235名で、それだけの関心を集めたことで、創設者らは高輝度（High Brightness：HB）LEDが重要な分野になるという予感が正しいことを確信したという。HB LED市場の総売上高は当時、8億2000万ドルだった。当然ながら、インジケータとして使用されていた従来のLEDを除いた額である。高輝度に着目したのは、それが成長の可能性を秘めていたからであり、実際、同市場は当時、67％の成長率を示していた。最大の応用分野は、自動車の内装照明と後方外装照明、そして屋外看板（標識）だった。白色LEDの発光効率は約15 lm/Wで、白熱灯よりもやや低かったとスティール氏は述べた。

図1　自身20回目となるSILカンファレンスの共同議長を務めたボブ・スティール氏は、高輝度LEDの歴史を振り返り、知られていなかった事実を明らかにした。

図2は、2000年当時の応用分野の内訳を示したグラフである。LEDは当時、照明分野ではほとんど利用されていなかった。スティール氏は当時の主要な例として、建物の建築照明やファザード照明、マシンビジョン照明、懐中電灯を挙げた。その他のニッチな用途は、高い信頼性が求められる用途だった。

スティール氏は、それから20年間の経緯を振り返った。まず示したのは、売上高成長率のグラフで（**図3**）、17.2％の年平均成長率（Compound Annual Growth Rate：CAGR）によって、年間売上高は現在160億ドルを超え、20倍以上に増加したことが示されている。

グラフからわかるように、成長は直線的に右肩上がりというわけではまったくなかった。不況の時期にはその影響を受け、その後、新たな用途が次々と開拓されて成長するものの、供給過多の時期に入って価格が低下し、総売上高が抑えられた。スティール氏は、成長を牽引した4つの主要用途を挙げた。2002年まで市場を牽引したのは自動車と看板だった。2003～2007年の主要分野は携帯端末だった。2008～2012年の成長を促進したのは、テレ

ビやコンピュータディスプレイのバックライトである。そして2013年になって初めて、一般照明が主要な牽引要素としての座を引き継ぐことになる。本稿後半で説明するように、上記のすべての分野が現在でも活発に成長しており、自動車をはじめとする一部の分野は依然として、LED業界の健全性を左右する重要な分野である。

それでも、バックライト分野が短期的に100%近い成長率を示した2009～2010年に、明らかに変曲点が見てとれるのは、少し意外である。近年の一般照明に関しては、そのような急激な増加は見られない。しかし、照明は莫大な新しい機会を生み出している。スティール氏によると、バックライトとモバイル市場があまりにも急速に減速したことに、部品価格が下落したことと、高輝度LEDによってそうした用途に必要な部品数が減少したことが相まって、売上高が落ち込んだために、一般照明における利用急増の効果が相殺されてしまっただけだという。

LED技術の進化

続いてスティール氏は、LED技術の進化へと話を移し、まずは、ローランド・ハイツ氏（Roland Haitz）が1999年に初めて発表したハイツの法則（Haitz's Law、**図4**）について説明した。ハイツは、LED性能の向上に伴ってコストは低下すると予測した。ハイツの法則は、デジタル半導体業界のムーアの法則（Moore's Law）のLED版とみなされている。もともとハイツが予測したのは2010年までの期間だったが、スティール氏は、その予測の直線的な延長線を上回るペースで業界が進行していることを指摘した。予測どおりのペースで行くと、2020年に$1/klm（キロルーメンあたり1ドル）に達するはずだったが、業界は既にその水準を突破しているとスティール氏は述べた。

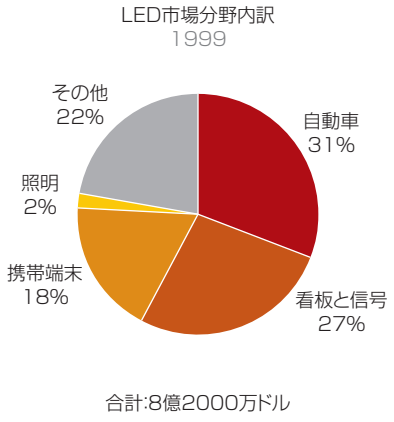

図2　1999年には、LEDは特殊な　途や懐中電灯以外の一般照明では　　が始まったばかりで、車載分　が主な　途だった。

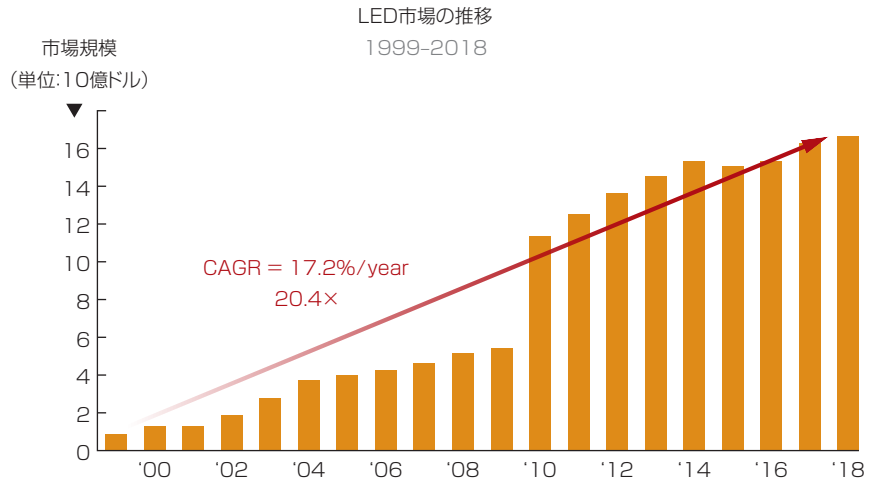

図3　2009～2010年にバックライトに起因する急増が見られるように、応　分　と経済的サイクルが、パッケージLED市場の成長を左右してきた。

その進行状況をよりわかりやすく示すために、スティール氏は発光効率面での性能向上について説明した。2000～2012年の間に、冷白色LEDの平均発光効率は24%向上している。また、2004～2012年の間に、暖白色LEDの平均発光効率は20%向上した。こうした性能向上によって、LEDが一般照明分野を占有するための道筋が切り開かれたことになる。

スティール氏に続いて登壇したのは、米クリー社（Cree）のジョン・エドモンド氏（John Edmond）である。クリー社の共同創設者であるエドモンド氏は、スティール氏同様、長期にわたってLED業界に従事してきた。エドモンド氏はLED製造のための材料科学に「32年間携わってきた」と述べた。しかし、SILの基調講演にあたって同氏は、LEDとSSLの今後20年間の進歩を予測するというテーマに挑んだ。

エドモンド氏も、ハイツの法則に触れて過去を簡単に振り返った。ハイツの法則によると2020年までに発光効率は200lm/Wに達するはずだったが、現時点で業界は230lm/W以上を達成していると同氏は述べた。ハイツは、2019年までに1250lm/$と予測していた。エドモンド氏によると、クリー社が2013年にA形交換用ランプを販売開始した時、そのランプは約250lm/$で、ハイツの法則どおりだったという（http://bit.ly/2FLG2nz）。しかし今では、高出力LEDで3500lm/$、中出力LEDで1万lm/$が達成されている。ハイツは、LEDパッケージあたり1万lmと予測していたが、業界ではCOB（Chip On Board）デバイスによって

SILで白熱したワイヤレス論争

SILで最も白熱した話題を1つ挙げるとすれば、それは、スマート照明、接続性、IoTを妨げる障害についてであり、その障害の1つの要素が、広く受け入れられた相互運用可能でユビキタスなワイヤレス・ネットワークが存在しないことである。Investor Forumで講演を行った、米アビオン・ラブス社(Avi-On Labs)のCEOを務めるエリック・ミラー氏(Eric Miller)は、楽観的な見解を示しておいていきなりはしごを外す話術によって、その難問の複雑さを今一度明らかにした。

ミラー氏はまず、大規模な計測システムを含む、ユーティリティのスマートグリッド・インフラに関わる多数の業務に自身が従事してきたことを説明した。ビルと照明制御を調査する中で、同氏はスマート照明に関心を抱くようになったという。「使いやすさ、価格、供給が、良好と思える状態にあると感じたことがまったくなく、その技術が制約になっているという結論に至った」と同氏は述べた。2014年に、ユビキタスな制御を追求する上で、Bluetooth Meshが状況を一変させる「特効薬」になる可能性があると結論付けたという。

ミラー氏によると、アビオン社は2014年からその分野の製品を、「CSRMesh」というBluetooth Mesh技術のプロプライエタリ版に基づいて実装し、提供しているという。この技術はもともと、現在は米クアルコム社(Qualcomm)傘下にあるCSRという新興企業が開発したものだった。「現在、SIG(Bluetooth Special Interest Group)のMeshに移行中で、実は当社はそのプログラムの立ち上げを支援した」と同氏は付け加えた。

ミラー氏の企業は、建物内のスマート照明システムに構成要素として組み込まれる製品を製造している。Bluetoothに基づくセンサ、スイッチ、接続アダプタ、照明器具内のモジュール、LEDドライバなどである。アビオン社が製造した機器は35万を超えており、それらの機器を利用した実際のプロジェクトが4年以上前から存在するという。

当然ながら、そのような主張においておそらく重要なのは、その規模である。Bluetooth Meshは、1つのネットワークで200個以上のノードをサポートするように実装するのが難しいことは、これまでに何度も耳にしてきた。2018年のLight+BuildingとLEDucation後の記事で取り上げたように、理論的なノード上限は6万5000個以上という事実にもかかわらずである(http://bit.ly/2QvBvZN)。

しかしミラー氏は、SILにおいてその見解に反論し、大規模ユーティリティを手掛けた自身の経験を、アビオン社の能力の根拠として挙げた。同氏によると、同社はマサチューセッツ州ボストンにある米アメリカン・タワー社(American Tower)の本社に、すべてのノードが1つのメッシュ範囲に含まれた2200ノードからなるシステムを供給したという。また、米ジェネラル・ダイナミクス社(General Dynamics)の製造工場にも1700ノードからなるシステムを実装している。

ゲートウェイや中央コントローラは不要で、ミラー氏いわく「純粋な分散型アーキテクチュア」になっているという。いったん実装すれば、システムは自律的に稼働する。本誌は3月に、そのような自律的動作を取り上げたウェブキャストを提供している(http://bit.ly/2G7BOXw)。加えて、システムインテグレーターまたはエンドユーザーは、クラウド制御を追加できるという。

一方、IEEE 802.15.4のメッシュネットワーク規格をベースとする、有名な技術であるZigbeeにはゲートウェイが必要で、ミラー氏は、自分がこれまでに目にした、単一のゲートウェイに接続して適切に動作するネットワークは、最大規模のもので250ノードだったと述べた。アビオン社は、単一のゲートウェイで適切に動作しなかった450ノードのZigbeeネットワークに対して、代替システムを供給したことがあると同氏は述べた。

つまり、ワイヤレス競争を制するのは明らかにBluetooth Meshだということになるのだろうか。米国のスポーツコメンテーターならばここで、「早合点は禁物だ」と言うにちがいない。なすべき作業はまだ残っている。

Bluetooth Meshなどの規格の魅力は、次の2点にある。まず、照明制御の簡素化といった問題を解決する手段になることが期待できる。しかし、それよりも重要なのは、相互運用可能なエコシステムを実現し、照明デザイナー/仕様定義者、そしてエンドユーザーまでもが、多数のベンダーからの製品を組み合わせて使用できるようになることである。Wi-Fiを思い浮かべてほしい。

相互運用性について尋ねられると、楽観的だったミラー氏の口調が陰りを帯びた。アビオン社は、ネットワークのトランスポート層を標準のBluetooth Meshに移行する作業を80%完了し、2019年はそのソフトウエアに移行する予定だと同氏は述べた。つまり、空中を飛び交う無線メッセージはSIG Mesh規格に準拠することになる。したがって、アビオン社の技術は、同規格に準拠する任意のチップセットで実行可能となる。しかし、アビオン社はしばらくの間、独自のプロトコルを使い続けるつもりだと同氏は述べた。標準規格よりも「機能的で安全」だからだという。

ミラー氏によると同社は、「ステータス監視」などの特定の機能に対する同社「モデル」を、1つずつ順次移行していく予定だという。「真の相互運用性とは、会ったこともない誰かが

ファームウェアを作成しても、そのデバイスを喜んで自分のネットワークに追加できることを意味する。会ったこともない誰かの作業の品質に、自分のネットワーク全体の性能を進んで委ねられるということだ」とミラー氏は述べた。アビオン社はセキュリティと信　性に重きを置いているので、それはアビオン社にとってはハードルが高いと同氏は述べた。「Bluetooth Meshは、他のどの技術よりも比較的早くその水準に達すると思うが、その水準に達するのはまだ数年先だ」と同氏は断言した。

それでもミラー氏は、複数の理由に基づき、アビオン社の技術が短期的にさらに広い範囲で実装されるだろうと楽観的に捉えている。まず、実装とコミッショニングが簡単であるためだ。同社の技術は数年前から、米ホーム・デポ社（Home Depot）などの小売業者を通じて、米ジャスコ社（Jasco）製のGEブランド製品として消費者向けに販売されている。そうした製品のほとんどが、例えば卓上照明に接続するための、単純なBluetooth対応のパワースイッチである。消費者にとって技術的な問題がないというのがミラー氏の主張だ。また現在、米イートン社（Eaton）の「Halo Home」（http://bit.ly/2TvcTpx）製品にはアビオン社の技術が採用されており、さらに複雑なコネクテッドSSLシステムの実現を可能にしている。

LEDパッケージあたり15,000lmが既に達成されている。LEDは予想をはるかに上回るペースで進化していると、同氏は結論付けた。

そして、普及を促進する要因として技術と同程度に重要なのがコストである。現在でも白熱灯を購入することができると、エドモンド氏は述べた。各種規制によってA形白熱電球の製造はほぼ廃止されているが、小売業者によって在庫が販売されている。人気の高い流通サイトで60Wの白熱電球が1.38ドルで販売されている、とエドモンド氏は述べた。同じウェブサイトで、それと等価で消費電力が9WのLEDランプが0.95ドルで販売されており、ランプ内のLEDで価格が0.10ドルのものもあるという。

エドモンド氏は、「（ここまで達成されているのに）なぜさらにLEDに取り組まなければならないのか」と修辞的な疑問を投げかけた。同氏が挙げたLEDランプは最上位品種ではないが、適切な信頼性と効率を備えていると同氏は述べた。しかし、「まだなすべきことは多い」と同氏は言い添えた。

LEDの機会

機会について説明するためにエドモンド氏は、LEDに投入される電子が、今日の標準的な製品においてどこで消費されるかを説明した（**図5**）。生成される光という意味での効率は、駆動電流と温度にもよるが50～55%の範囲である。残りのエネルギーは、ドループや再結合といった光を生成しない過程で失われる。業界は、次の項目に焦点を当てる必要がある。

1. 電流ドループの低減
2. 熱ドループの低減
3. 抵抗の低減
4. 蛍光体のイノベーション

エドモンド氏は、LED品質を含めた改善に取り組み、欠陥密度を最小化し、エピタキシャル結晶の品質を改善し、アクティブキャリアの密度と注入を改善する必要があると述べた。それと同時に、チップやパッケージ設計によって、熱管理を改善し、より効率的に電流を拡散し、蛍光体変換を改善しなければならない。そのような取り組みによって発光効率は15%改善され、冷白色LEDで265lm/W以上、暖白色LEDで240lm/W以上にまで引き上げられる可能性がある。

エドモンド氏は、パッケージレベルでの改善についてさらに深く掘り下げて、演色性と蛍光体技術の面から光品質について説明し、発光効率を損なうことなく品質を高められる可能性があるとした。同氏はまず、演色評価数（Color Rendering Index：CRI）や、TM-30などのその他の指標値が高いと、効率が低下することを改めて指摘した。CRIが70、相関色温度（Correlated Color Temperature：CCT）が2700K、動作温度が25℃の場合、標準的な中出力LEDの発光効率は205lm/W程度となる。エドモンド氏は、CRIが80になっても発光効率は4%しか低下しないと述べた。しかしCRIを90にしようとすると、発光効率は205lm/Wから21%も低下するという。

この効率の低下を最小限に抑えるために、業界で追求されている1つの方法が、発光帯域が非常に狭い赤色蛍光体である。赤色輝線発光の蛍光体とも呼ばれるこの蛍光体は、CRIが90の今日のLEDの典型的な問題となっている、非可視の赤外（IR）帯域における赤色発光が除去されている。米ルミレッズ社（Lumileds）の幹部であるジー・バードワジ氏（Jy Bhardwaj）も、数年前の基調講演で狭帯域の赤色技術を同じように推進していた（http://bit.ly/2FOJWfy）。米GEライティング社（GE Lighting）も、この技術分野に取り組んでいたことがあった（http://bit.ly/

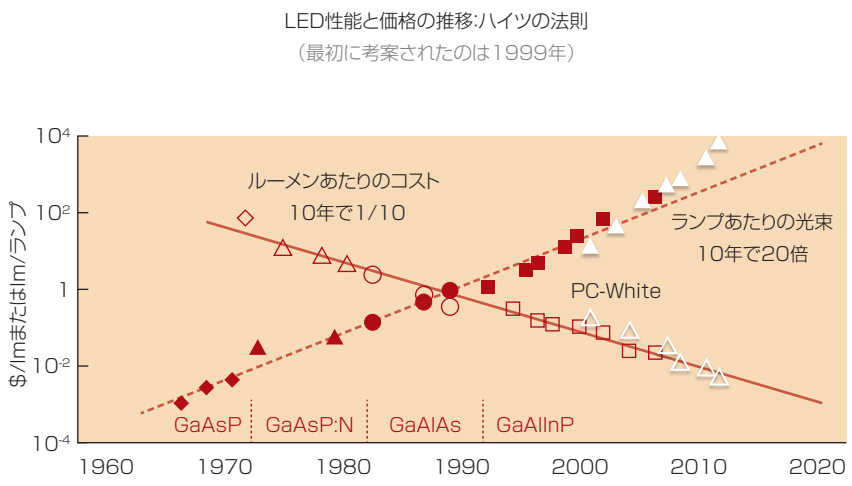

図4　LEDの性能向上と低価格化の関係を図式化したハイツの法則。白色のデータ点は、LED業界がこの法則を上回るペースで性能向上を果たしたことを示している。

2FLVpfV）。

エドモンド氏は、そのような蛍光体によって、CRIが90のLEDに伴う損失の14%を取り戻し、発光効率を190lm/W近くにまで引き上げることができると考えている。その進歩が実現されれば、CRIが80の照明はろうそくのように廃れていくだろうとエドモンド氏は予測した。当然ながら、ただ発光効率を改善すればよいというわけではなく、必要な光品質レベルを維持しつつ、それを改善しなければならない。

スマート照明への移行

しかし、過去数年間のSILの多くの基調講演者と同様にエドモンド氏も、新しいシステムレベルの応用分野とメリットがこれからの20年間において、エネルギー効率や光品質以上にとまではいかずとも、それらと同等に重要になると予測している。実際、LEDは、コネクテッド照明や、自律的制御またはプログラム制御の実現に向けた、単なる手段にすぎない。

LEDのメリットとしてよく知られているのは、蛍光灯をLEDに変えると、エネルギー効率が約50%向上することである。エドモンド氏は、LEDにすることで「これまでとは異なるものが得られる。GPSを適切に動作させるための衛星が空に配備されるのと同じように、天井にセンサのプラットフォームが設置される」と述べた。ネットワーク接続された、各照明器具内のセンサは、効率を占有検出によって30%向上させ、デイライトハーベストによってさらに15%向上させると同氏は述べた。続いてエドモンド氏は、HVACやセキュリティといった他のシステムとの統合によって得られるコスト削減という、よくある話題に話を展開させたが、一部のシステムを結び付けることによるメリットは限られていると付け加えた。

これまでにも頻繁に耳にしてきたことだが、真の可能性は、オフィスのスペース活用や屋内のウェイファインディングなどの新しい応用分野にある（http://bit.ly/2IIOfO9）。しかしエドモンド氏は、その次なるレベルに移行するための道筋として、少し異なるものを示した。もしかしたら、彼のエンジニアとしての内面が顔をのぞかせただけかもしれないが、同氏は、コネクテッドSSL用のキラー用途を開発するためにサードパーティーがアクセスすることのできる、オープンAPI（アプリケーション・プログラミング・インターフェース）の概念について説明した。

個人の利便性

エドモンド氏はアニメ動画を使って、非常によく耳にする3-30-300の規則（http://bit.ly/2FT63BE）さえをも超える可能性を示し、個人の利便性に焦点を当てた。同氏はそのようなコネクテッド照明システムについて、1日の仕事が終わると「この人はエレベーターを使うと知っているので、エレベーターに行くとエレベーターはその階に来ている。テスラ（Tesla）車はあなたが階段を降りてくるとわかるので、冷房を入れて、迎えに来る。もちろん自動運転車なので、あなたが座るのは後部座席だ」と述べた。

おとぎ話はまだ続き、家に到着するとガレージが自動的に開く。自宅のエアコンのスイッチは既に入っている。おそらく台所では調理器具が夕食の調理を始めていたり、飲み物を用意していたりする。「では、コネクテッド照明は何をするのか」とエドモンド氏は尋ねた。「それは、人間と機器とシステムを互いとインターネットに接続するためのプラットフォームであり、その規模は非常に大きい」（エドモンド氏）。

当然ながら、企業がその価値提案に納得する必要がある。そこで再び登場するのが3-30-300の規則である。エドモンド氏は、企業はホワイトカラー労働者の生産性向上により、1平方フィートあたり年間300ドルのコストを削減することになると述べた。大型店舗ならば削減幅はさらに大きくなる可能性

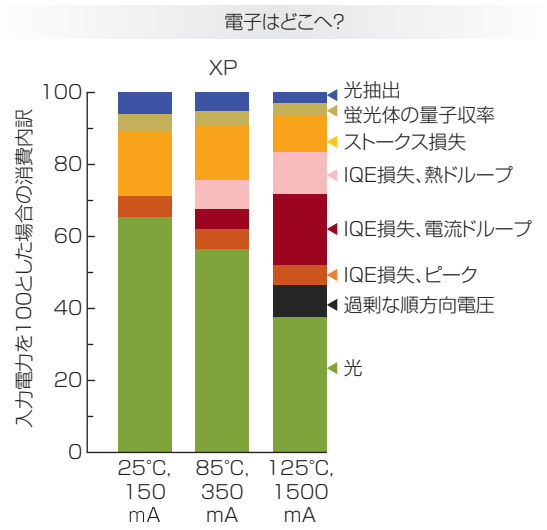

図5　LEDは、標準的な駆動電　において供給エネルギーの50～55
に変換しない。損失の　因は、半導体におけるドループから再結合過程まで多岐にわたる。

がある。また、高級小売店ならば売上高が増加する可能性もかなり高くなる。

エドモンド氏は基調講演の締めくくりとして、コネクテッドSSLが適用される可能性のある、その他の破壊的な応用分野をいくつか予想した。同氏はまず、2040年にコネクテッド照明がどのように使用されているかを予測するのは難しいと前置きした。携帯端末が現在どのように使用されているかを、10年前でさえ予測できた人はほとんどいなかったためだ。「将来を予測するのは難しいが、それを創造するのは楽しい」と同氏は述べた。

エドモンド氏は、栽培用照明が屋内農業に革新をもたらし、農薬をなくして、植物病原菌を直接的に制御するだろうと期待している（10月31日にデンバーで開催するHorticultural Lighting Conferenceで、そうしたトレンドのいくつかを取り上げる予定である。最新情報についてはhttp://horticulturelightingconference.com/usaを参照のこと）。エドモンド氏は、LEDはエンターテインメントの鍵となり、マイクロLEDはシネマ規模のディスプレイを可能にするとした。LEDは引き続き、建物やランドマークのファサード照明を進化させるだろうと、同氏は指摘している。そして最後に、適応型ヘッドライトと路面標示を、輝度が高く、より密集して配置できるLEDによって実現される、安全性を目的とした莫大な機会として挙げた。同氏は、自動車部品メーカーの仏ヴァレオ社（Valeo）によるビデオを上映した。ビデオは、メッセージを投影できるだけの解像度を備えて、今日の標準的なマトリックスヘッドライトを凌駕する車載技術を示すものだった。

設計技術

続いて基調講演の話題は、必然的な流れに沿って、LEDの進化する機能を踏まえた照明設計の検討へと移った。米クラントンアンドアソシエイツ社（Clanton and Associates）の最高経営責任者（CEO）を務めるナンシー・クラントン氏（Nancy Clanton）が講演を行った。同氏は長年にわたってLEDに従事してきた経歴を持ち、本誌でも、LED街灯や安全性に関する基礎的な取り組みなど、同氏がこれまでに手掛けたいくつかのプロジェクトを取り上げたことがある（http://bit.ly/2FLiIq6）。同氏もSIL基調講演セッションの傾向に倣って、過去を振り返り、未来に目を向けた。

クラントン氏は2008年に自身が初めて手掛けたLEDプロジェクトを振り返り、「業界がまだ始まったばかりだったことを知らなかった。LEDを狭いスペースに配置できないことを誰も教えてくれなかった。1個のドライバで2フィート分のLEDしか動作させてはいけないことを当時は誰も教えてくれなかった」と述べた。そのプロジェクトは100%失敗に終わったが、信頼できるメーカーがすべてを交換して、ドライバの数を2倍にしてくれた。それにもかかわらず、すべてが再び失敗に終わったという。「そのメーカーも私たちとともに学習していた。そして最終的にはそのプロジェクトを成功させることができた」と同氏は述べた。

それから今日まで、クラントン氏は専らLEDまたはSSLに取り組み、「今ではこの技術によって、蛍光灯では決してできなかったことを行っている」と述べた。高圧ナトリウム（High Pressure Sodium：HPS）にも同じことが当てはまる。クラントン氏は、デンバーを代表する名所である16番街モールの屋外エリア照明プロジェクトを特に取り上げた。もともとは白熱灯で実装されていた照明をHPSに置き換えるという象徴的なプロジェクトだったのだが、夜間に人が集まる屋外スポットの照明として、HPSは快適さに欠け、視界は最悪だった。クラントン氏はLEDによってそれを改修し、その誤りを是正することにより、元の白熱灯の魅力を復元した（**図6**）。

夢

クラントン氏はさらに、照明におけるLEDに関する自身の夢を語り、会場にいる照明器具開発者らに対してま

図6　デンバーの人気の高い屋外エリアである16番街モールにおいて、白熱灯時代の雰囲気がLED照明によって復元された　子(下)と、HPSに置換してうまくいかなかった時の様子(上)。

ず、グレアに取り組むべきだと提案した。同氏は明らかに、可視点光源の推進者ではない。同氏は新しいグレア指標が必要であることを認め、「光量だけでなく、光品質を把握する必要がある」と主張した。

クラントン氏は、平面状のエッジ発光の照明を有望なトレンドとして指摘した。そうした照明は拡散光を提供し、オフ状態で透明な照明器具もあると同氏は説明した。透明な照明器具は、採光をより適切に取り入れることができる。同氏は聴衆に対して、従来の形状からの脱却も助言し、「ダウンライトを二度と目にしなくなれば、幸せだと思う」と述べ、LEDベースのダウンライトが普及している現状を嘆いた。同氏は「見えない光が最高の光だ」としつつ、光がパーソナライズ可能であることを望むとした。

健康と幸福感を高める照明も、同氏の講演において扱いが難しい話題だった。クラントン氏によると、照明デザイナーは一般的に、存在する数少ない規格に合わせて照明の仕様を定めるために必要な情報を与えられないという。また、光レベルがスペクトルよりも重要であるらしいにもかかわらず、SSL業界はスペクトルを重視しているようだと同氏は述べた。デザイナーが一貫した色を提供できるように、すべての製品のスペクトルパワー分布(Spectral Power Distribution:SPD)が簡単に入手できるなど、より良いツールと情報を提供してほしいと同氏は述べた。

クラントン氏は、環境とダークスカイ(過剰照明)についても長い間懸念してきた。CCTが2200KのLEDが屋外照明で利用できるようになれば、環境に配慮しつつ歩行者のために安全な照明を確保できるのではないかと同氏は考えている。「2つの月明かりを点灯するのだから、自分たちの基準をがらりと変える必要がある」とクラントン氏は述べた。同氏は、例えば歩行者が足元を見えるようにするために、空間周波数とシャドウイングは重要だと述べ、これを「自然現象に適合する屋外照明のピケットフェンス」と表現した。そして会場にいる製品開発者ならば、自分の夢をかなえてくれるだろうと述べた。

市場調査

米ストラテジーズ・アンリミテッド社(Strategies Unlimited)の市場調査発表が、すべてのトラックが終了した後に、カンファレンスを締めくくる形で行われたのは、SILにおいて初めてのことだった。同社の調査ディレクターを務めるフィリップ・スモールウッド氏(Philip Smallwood、**図7**)が、クロージングプレナリーに登壇した。

スモールウッド氏は、スティール氏と同じいくつかの要因を挙げて、ディスプレイに使われる製品向けのパッケージLEDの売上高は年間12%減少していると指摘した。携帯端末向けのLED売上高は10%減少している。米

国の消費者が1台のスマートフォンを所有し続ける期間は、最近まで平均2年だったのに対し、現在では3年になっていると同氏は述べた。さらに市場では有機ELの影響も見られ、折りたたみ式スマートフォンが出回ればその傾向は加速すると考えられる。

一般照明でさえ、LED売上高の面で堅牢な市場とはいえない状態にある。日用品としての照明製品の値下げ競争が激しく、部品にコストダウンの圧力がかかっていることがその主な要因である。その圧力は、中国からのさらに過酷な競争とさらに積極的な値下げにつながっている。一方、より高出力の産業および屋外用市場は、より高品質のLEDが求められるため、例外である。

スモールウッド氏は、自動車分野、特に外装照明を、LED売上高の短期的な牽引要素として捉えている。自動車市場そのものは期待外れだったにもかかわらず、LED売上高は18%増加したという。LEDは、はるかに多くの車種に普及しつつある。また、自動車は設計サイクルが長いため、価格の低下がさほど大きな影響を与えない。

例年通り、この講演で最も期待を集めるのが、パッケージLED供給メーカー上位10社の発表である。上位10社と、その本社所在国および市場シェアは以下のとおり。

1. **日亜化学工業**
   日本:14%
2. **オスラム・オプト・セミコンダクターズ社(Osram Opto Semiconductors)**
   ドイツ:11%
3. **ルミレッズ社(Lumileds)**
   米国:9%
4. **ソウル・セミコンダクタ社(Seoul Semiconductor)**
   韓国:6%

図7 ストラテジーズ・アンリミテッド社のフィリップ・スモールウッド氏が、SIL2019の最後を締めくくった。最終日の特別プレナリーセッションに登壇した同氏は、毎年恒例のLEDメーカー上位10社をはじめとする市場データを発表した。

5. **サムスン社(Samsung)**
   韓国:6%
6. **木林森社(MLS:Mulinsen)**
   中国:5%
7. **LGイノテック社(LG Innotek)**
   韓国:5%
8. **クリー社(Cree)**
   米国:4%
9. **エバーライト社(Everlight)**
   台湾:3%
10. **ルーメンス社(Lumens)**
    韓国:3%

2018年のSILの市場調査で示されたリストからの変化はほんのわずかだった(http://bit.ly/2JcoFOf)。しかし、日亜とそのすぐ下の競合企業らとの差は縮まっている。オスラム社は明らかに、自動車部門の利益を伸ばし続けている。スモールウッド氏は、中国のMLS社がこの1年間で大幅な成長を遂げたことも指摘した。

続いてランプと照明器具へと話題は移ったが、この市場では最近、ほとんど変化が見られないという。LEDの普及率は現在約20%で、照明器具にいたってはさらに低い。スモールウッド氏は、2022年にはLEDの普及率が50%に達すると述べた。ランプ売上高の大きな部分を占めるのはLED製品だが、ランプ市場全体は2018年に180億ドルでピークに達し、そのLED部門は2019年に124億ドルでピークに達するとスモールウッド氏は述べた。屋内LED照明器具については、2022年には売上高が480億ドルに達し、世界の屋内照明器具市場全体の67%を占めることになるという。

SILの基調講演と多数のカンファレンスセッションを総括すると、LEDとSSLは活気に満ちた重要な市場であるという印象を受ける。しかし、地理的経済と同様に、産業セクターの経済も金融基盤を混乱させ、不透明にすることがある。また、迫り来る飽和という現実をこれらの市場からぬぐい去ることはできない。刃がなくなればカミソリ市場は成り立たない。コネクテッド照明とIoTはまだ、可能性を秘めた前方の道筋を照らしている。栽培、自動車、健康を促進する照明のような、予期せぬ機会をもたらす可能性のあるニッチな用途が、まだ潜んでいるかもしれない。

LEDJ