

レーザー照明・ディスプレイ 産業動向・市場予測レポート 2020

協 力

可視光半導体レーザー応用コンソーシアム

(一社) 日本光学会 レーザーディスプレイ技術研究グループ



OPTRONICS

株式
会社

オプトロニクス社

目 次

1. レーザー照明・ディスプレイ概要	1
1.1 これまでの流れ	1
1.2 要素技術	3
1.2.1 光学系	3
1.2.2 レーザー光源	6
1.2.3 スペックルノイズ除去	8
1.2.4 レーザー安全	9
1.3 応用	10
1.3.1 プロジェクタ（携帯型～大型）	13
1.3.2 ヘッドマウントディスプレイ（HMD）	14
1.3.3 レーザーTV	14
1.3.4 車載応用	15
1.3.5 レーザー照明とその応用	15
1.4 課題と展望	16
2. レーザー照明・ディスプレイの安全に関する動向	19
2.1 はじめに	19
2.2 概要	20
2.3 レーザー光源／製品の基本的な安全規格（IEC 60825 / JIS C 6082）	23
2.4 ランプおよびランプシステムの光生物的安全性（IEC 62471 / JIS C 7550）	26
2.5 オーディオ／ビデオ及び情報／通信技術機器の安全性（IEC 62368-1）	27
2.6 JBMIA のレーザープロジェクタの安全に関するガイドライン	28
2.7 消費生活用製品安全法（消安法）	29
2.8 電気用品安全法（電安法）	32
2.9 評価機関による規格、法律への適合性の確認	33
2.10 国際規格と国内規格／国内法令との時間差の問題	33
2.11 最新動向	34
2.12 VLDAC 安全ガイドライン	35
2.13 まとめ	36

3. レーザー照明・ディスプレイの技術・産業動向.....	39
3.1 面発光レーザー	39
3.1.1 はじめに.....	39
3.1.2 VCSEL の基本.....	39
3.1.3 VCSEL の構造.....	40
3.1.4 VCSEL の特性.....	42
3.1.5 VCSEL の応用領域.....	43
3.1.6 まとめ	44
3.2 サーチライトクラスの超狭角配向を実現！レーザー投光器『LAXIS』を開発.....	45
3.3 照明・イルミネーションへの応用事例と将来展望.....	48
3.3.1 投影.....	48
3.3.2 高機能照明	50
3.3.3 高輝度照明	51
3.3.4 光拡散ファイバ.....	51
3.3.5 おわりに.....	52
3.4 レーザーディスプレイの VR 応用	54
3.4.1 はじめに.....	54
3.4.2 4K 超短焦点プロジェクタ.....	54
3.4.3 Warp Square	55
3.4.4 応用例	56
3.4.5 これからの VR.....	58
3.4.6 まとめ	58
3.5 現場で使える 現場が変わる！進化したスマートグラス「Versatile (バーサタイル)」	60
3.5.1 はじめに.....	60
3.5.2 用途（使用が進むと予測される有望な分野）	60
3.5.3 新スマートグラス「Versatile」製品開発の経緯.....	60
3.5.4 製品特長.....	62
3.5.5 製品の使用想定.....	65
3.5.6 まとめ	66

3.6	網膜走査型レーザーアイウェアを中心に.....	67
3.6.1	概要.....	67
3.6.2	市場動向.....	67
3.6.3	VISIRIUM® テクノロジー.....	68
3.6.4	世界初の網膜走査型レーザーアイウェア RETISSA® Display.....	69
3.6.5	解像感が大幅に向上した新モデル RETISSA® Display II.....	69
3.6.6	医療福祉応用.....	70
3.6.7	レーザー安全性.....	70
3.6.8	最新の光学技術の展開.....	71
3.6.9	視覚の再定義に向けて.....	71
3.7	2018年～2019年のニュースまとめ.....	72
3.7.1	レーザー照明.....	72
3.7.2	レーザーディスプレイ.....	74
3.7.3	レーザーイルミネーション.....	82
3.7.4	要素技術（光源）.....	84
3.8	月刊 OPTRONICS 特別インタビュー.....	89
	表現手段としてのレーザー光とは –アーティストが語るその魅力.....	89
	光技術が可能にした迫真の星空 –最新のプラネタリウムで活躍する光学技術とは...97	97
4.	市場予測.....	107
4.1	レーザー照明・ディスプレイの全体市場.....	107
4.2	アプリケーション別市場予測と推移.....	108
4.2.1	レーザー投光器.....	108
4.2.2	レーザー照明全体市場（金額）.....	109
4.2.3	ヘッドライト（数量）.....	109
4.2.4	ヘッドライト（金額）.....	110
4.2.5	プロジェクタ全体市場.....	111
4.2.6	ポケットプロジェクタ.....	112
4.2.7	ホームプロジェクタ.....	112
4.2.8	ビジネスプロジェクタ.....	113
4.2.9	ヘッドアップディスプレイ（HUD）.....	114

4.2.10	ヘッドマウントディスプレイ (HMD)	115
--------	---------------------	-----

1. レーザー照明・ディスプレイ概要

1.1 これまでの流れ

レーザー照明・ディスプレイ開発に関し、これまでの流れを以下説明する。

レーザーを用いた映像表示装置（レーザーディスプレイ）の歴史は古く、1960年代のTI（TEXAS INSTRUMENTS社）のHe-Neを用いた単色レーザーTVに始まり、日本でも1970年大阪万博で日立が画面サイズ4m×3mのカラーディスプレイ装置を一般公開した。その後NHKが走査線数1,125本のハイビジョンを初めてデモし、今日の高精細テレビの先駆けとなった。当時はレーザーディスプレイの魅力は現在と異なり、大画面化、高精細化の最有力候補であった。開発された装置は光変調器と、ポリゴンおよびガルバノミラーによる光偏向器とを組み合わせ、変調されたレーザー光を2次元で走査し画像を得るものであった。しかし、レーザー光源として気体レーザーを用いていたため消費電力が数十kWと極めて大きく、またスペckルノイズ除去の切り札がなく1980年までに研究開発は縮小していった。一方でこの技術はショーやアトラクションなどでの限定された用途に実用化された。

1990年代に入り光源技術が大きく進展した。赤色半導体レーザー（LD）が光ディスクであるDVDで実用化された。また、半導体レーザー励起固体レーザーの波長変換技術（特に第2高調波発生：SHG）およびプロジェクション用空間変調素子の進展により、これらを組み合わせたレーザープロジェクタが注目を集めた。21世紀に入りGaN材料系での純青色半導体レーザーの実用化を含めたレーザー光源の著しい進展により、再び研究開発が加速した。2005年の愛知万博ではSONYにより、2005インチという超巨大ディスプレイが展示された。また対局となる超小型のヘッドマウントディスプレイがブラザー工業によりデモされた。

2008年には三菱電機により世界初の民生用レーザーTVが販売された。図1.1にレーザー照明・ディスプレイに関する商品化の状況（横軸は必要光出力）を示す。最初に実用化されたレーザーTVは赤色および青色は半導体レーザー、緑色は半導体レーザーの波長変換、また映像化には2次元空間変調素子を用いたリアプロジェクション方式であった。一方で、MEMS（Micro electro Mechanical Systems）の進展も激しく、これを用いた2次元走査型の提案も数多くあり、2009年にはMicrovision社により超小型の携帯プロジェクタが製品化された。また、2010年12月では日本国内でレーザー携帯機器製品化の障害となっていた消費生活用製品安全法が改正されたため、携帯レーザーディスプレイ関係の商品化が可能となった。また2014年にはIEC60825-1が改訂され、ある条件の拡散光出力タイプの高輝度プロジェクタは一般光源とみなしIEC62471で評価することが可能となり製品化の障壁が低くなった。現在各種プロジェクタに加え、液晶レーザーTV、ヘッドアップディスプ

レイ、そしてレーザー照明も製品化されている。

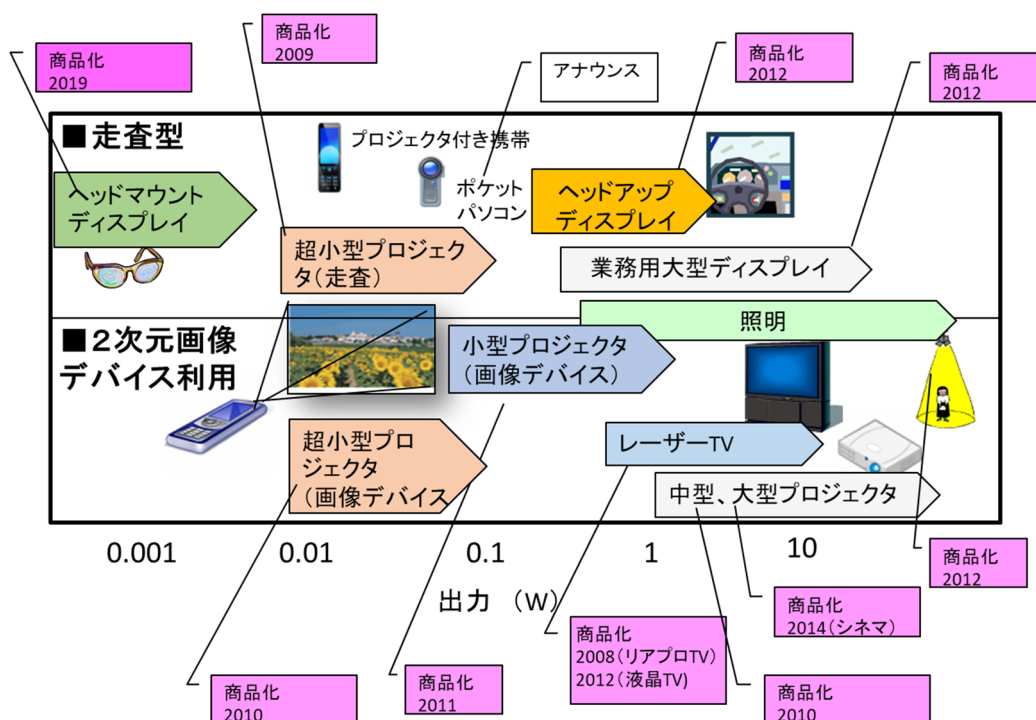


図 1.1 商品化の状況

レーザーディスプレイは従来の sRGB 規格に対し色再現範囲を約 2 倍程度広げることが可能であることに加え、光源の高効率化により超低消費電力化もねらえるという特徴も加わり、高出力レーザーを用いた高輝度プロジェクタやレーザーTV および小型低出力レーザーを搭載した携帯プロジェクタとヘッドマウントディスプレイ (HMD) という異なる方向に分かれて研究開発が行われている。

2009 年になって緑色半導体レーザーの発振報告があり、その後製品化もされたため RGB 3 色が揃い参入メーカーも大幅に増加している。また光源のコストダウンが急速に図られつつあるためレーザー照明への展開も可能となった。レーザーヘッドライト、情報表示照明、内視鏡照明などのレーザー照明への展開が始まっている。

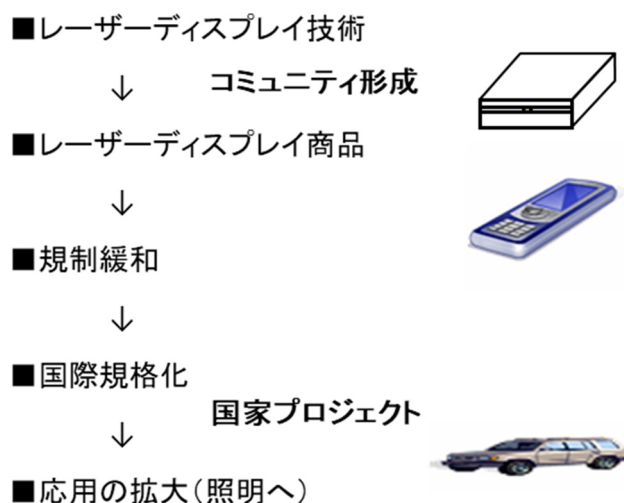


図 1.2 レーザー照明・レーザーディスプレイ普及までの流れ

このようにこれまで可視光半導体レーザーを中心に要素技術が開発され、それを用いて商品が世に出され、レーザー安全などの規制緩和が行われ、いくつかの商品の普及が始まり、現在国際標準化が行われるに至っている。普及への流れを図 1.2 に示す。

2014 年には国家プロジェクトとして、NEDO “最先端可視光半導体レーザーデバイス応用に係る基盤整備” プロジェクト関連で、レーザー照明・ディスプレイの団体として可視光半導体レーザー応用コンソーシアム (VLDAC) ¹⁾ も発足し、120 以上の機関が参画している。VLDAC では普及のためのガイドライン策定、国際標準化支援、ロードマップ策定、新規アプリ創出など応用の拡大をサポートしている。

1.2 要素技術

要素技術として、光学系、レーザー光源、スペckル除去およびレーザー安全について以下説明する。

1.2.1 光学系

レーザーディスプレイの光学系について説明する。図 1.3 (左) に走査型レーザーディスプレイの基本構成を示す。変調された赤色、青色、そして緑色レーザー光は合波され、スペckルノイズ除去系を通過した後、光偏向器により走査されスクリーンに投射される。この方式は、投射レンズを有しないため超小型化が可能、ミラーが基本なため光利用効率が高い、常時点灯する必要がなく低消費電力、フォーカスフリーというように数多くの特徴を有する。

2. レーザー照明・ディスプレイの安全に関する動向

2.1 はじめに

レーザー照明・ディスプレイは、周知のように、LED にはない集光性や広色域などの特長がある。近年、この特長が広く認識されるようになり、加速的に商品化が進んでいる。特に、高輝度の点光源が必要なプロジェクタの分野では、LED の出番をスキップして、キセノンランプから LD（レーザーダイオード）を光源とする方式の新製品に一気に置き換わった^{1)・6)}。さらに、下置型の短焦点プロジェクタが、TV セットも兼ねる大画面のホームシアター市場に進出している。映画館（シネマコンプレックス）でもレーザーシネマと銘打って⁷⁾、ハイエンドのレーザープロジェクタが集客に貢献している。また、スマートフォンとの連携や、また、ロボホン⁸⁾ など他の機器にも搭載されている超小型の走査型携帯プロジェクタ^{9)・10)} が注目されている。RGB-LD の混合レーザービームを直接走査する、レーザーならではの方式である。

このように、レーザープロジェクタは幅広いラインアップで市場を席卷するようになった。光源が固体素子となったことで、高機能化、瞬時点灯、長寿命化（メンテナンスコストの低減）、省エネ化を実現できた効果が非常に大きい。

照明でも、自動車のヘッドランプや屋外スポット照明（投光器）^{11)・12)} などに応用が広がっている。また、プロジェクタと照明の境界が融合する傾向にあり^{13)・14)}、屋内でも屋外でも、照明光と映像を区別なく楽しむプロジェクション文化が定着し始めている。

レーザー光源とそれを用いた応用機器は、光エネルギーを一点に集中できる能力の高さから、眼や皮膚の損傷に対する安全上の制約が厳しい。従来から国際標準をベースにした安全規格や法令が厳格に整備されており、それらを遵守する必要がある。しかし、レーザー照明・ディスプレイへの応用では、直接的にレーザービームを固定して使用するというより、元のレーザービームより角度がやや広く、発光サイズもやや大きい所定条件を満たす二次光源に変換する、あるいは、高速でビームを走査するなど、新たな方式で商品化されている。それらの方式に合理的に整合するように国際規格を改訂したことを契機にプロジェクタ市場が一気に拡大した経緯がある。現在も、センサーを用いた安全担保など、応用拡大に向けての検討が進められている。

本章では、2018 年度版¹⁵⁾ のレーザーディスプレイの安全に関する記載を踏襲しながら、具体的に経緯を含めて、国際および国内規格（標準）や法令、認証機関などの関連について紹介する。また、最近の新たな動きも紹介する。

2.2 概要

図 2.1 に、レーザープロジェクトの安全に関する国際規格、国内規格、国内法、および規格適合性機関（委員会と認証機関）の相関図を示す。

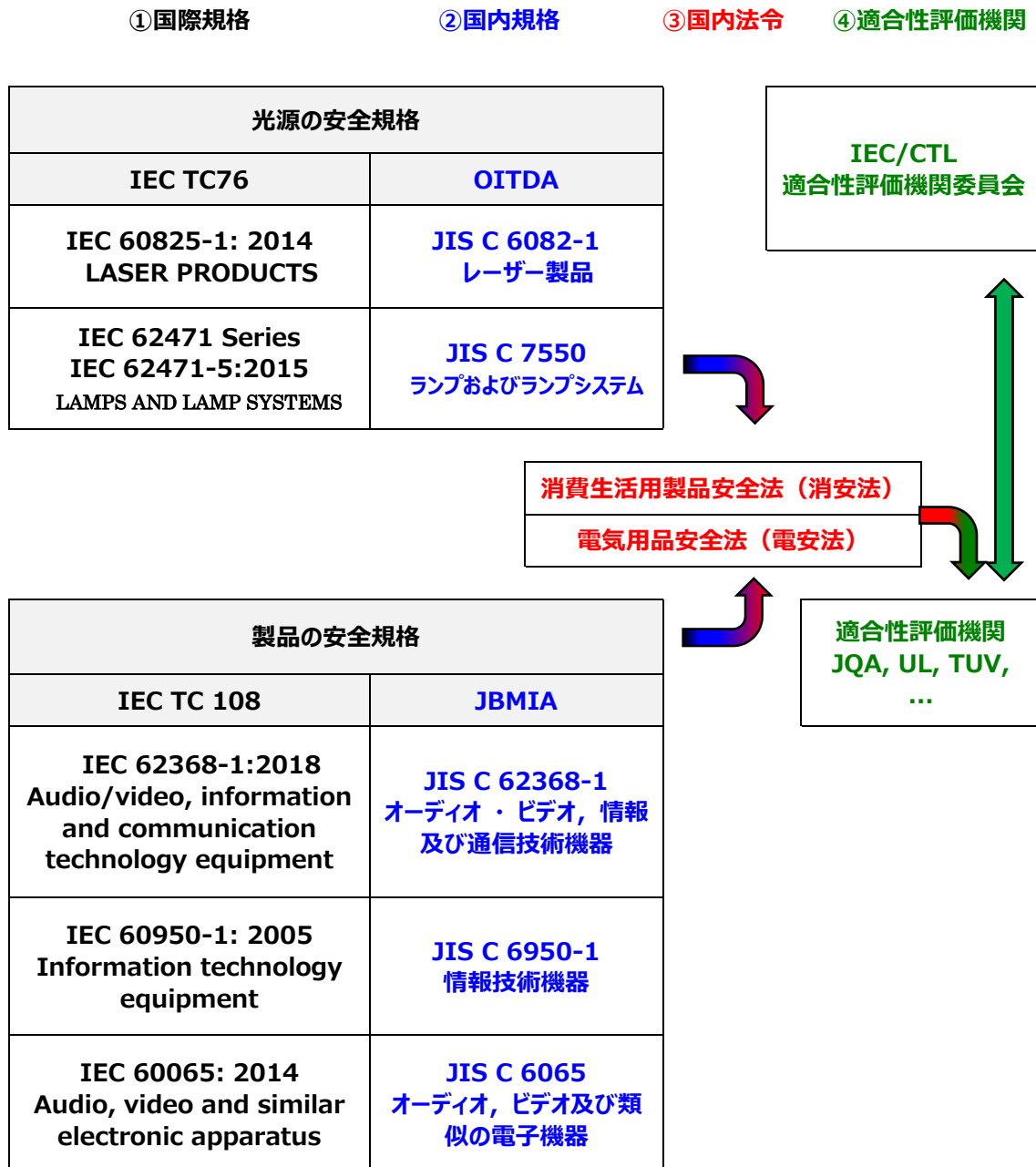


図 2.1 レーザープロジェクトの安全に関する国際規格、国内規格、国内法令、規格委員会および認証機関等の相関図

3. レーザー照明・ディスプレイの技術・産業動向

3.1 面発光レーザー

3.1.1 はじめに

垂直共振器型面発光半導体レーザー（面発光レーザー、VCSEL：vertical cavity surface emitting laser）とは、1977年に伊賀健一博士（東京工業大学名誉教授）により発案されたデバイスである¹⁾。通常の端面出射型レーザーは、半導体基板のへき開端面から光出射するが、VCSELは基板表面に垂直に光出射する。半導体レーザーとして同じ原理に基づくが、この光出射方向がデバイス構造や製法に強く影響し、多くの優れたレーザーの特性・機能性を生み出し、新しい応用分野の創出にもつながっている。なお、レーザー照明・ディスプレイ応用の視点では可視光が重要だが、実用済みの近赤外帯に比べて、研究開発段階である。このため、本節では近赤外帯面発光レーザーの動向も含めて将来動向を解説する。

3.1.2 VCSELの基本

VCSELは単体デバイスとしても利用されるが、図3.1.1のような2次元アレー状レーザーとしても利用される。アレーの個々を独立に制御する場合や、アレー全体を同時に動作させる高出力応用もある。端面出射型レーザーは1次元アレー構成までに制限されるのに対し、性能・機能・応用上のVCSELの特徴といえる。

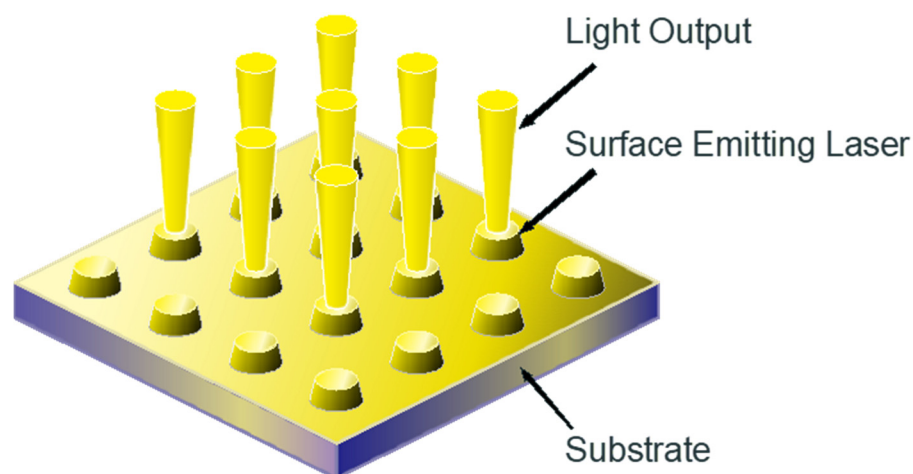


図 3.1.1 2次元アレー面発光レーザー

単体デバイスの VCSEL は、特にそのデバイスサイズが波長程度に小さく形成されることで、極微小レーザーとなっている。この微小化は、デバイス実現上も必要な構造であり、当初は VCSEL の製作性や性能改善を制約したが、その克服により端面出射型レーザーの 1/100 以下といった極低消費電力動作が可能となり、レーザー応用機器の低電力化、また、低電力による新応用創出につながっている。

ここで VCSEL の歴史を概説する。VCSEL は、伊賀博士の 1977 年 3 月 22 日の研究ノートに最初の発案が記されている。1978 年に構造と製作法の基本提案が学会発表されたが、レーザー動作は達成しておらず、1979 年に最初のレーザー動作が報告された²⁾。77 K におけるパルス動作で、しきい値電流は 0.9 A と端面出射型レーザーの数 10 倍も大きかった。その後、研究が進み、1988 年に室温連続 (cw) 動作でしきい値電流 10 mA クラスが達成された³⁾。また、1989 年にしきい値電流 1 mA という端面出射レーザーの 1/10 ほどが報告された⁴⁾。これらの成果を契機に世界的に研究が活発化し、90 年代後半には実用化され始めた。図 3.1.2 に VCSEL 関連の文献数推移を示す。2000 年ころ以降は、デバイス研究に加え、応用システムも多数報告されるようになってきている。

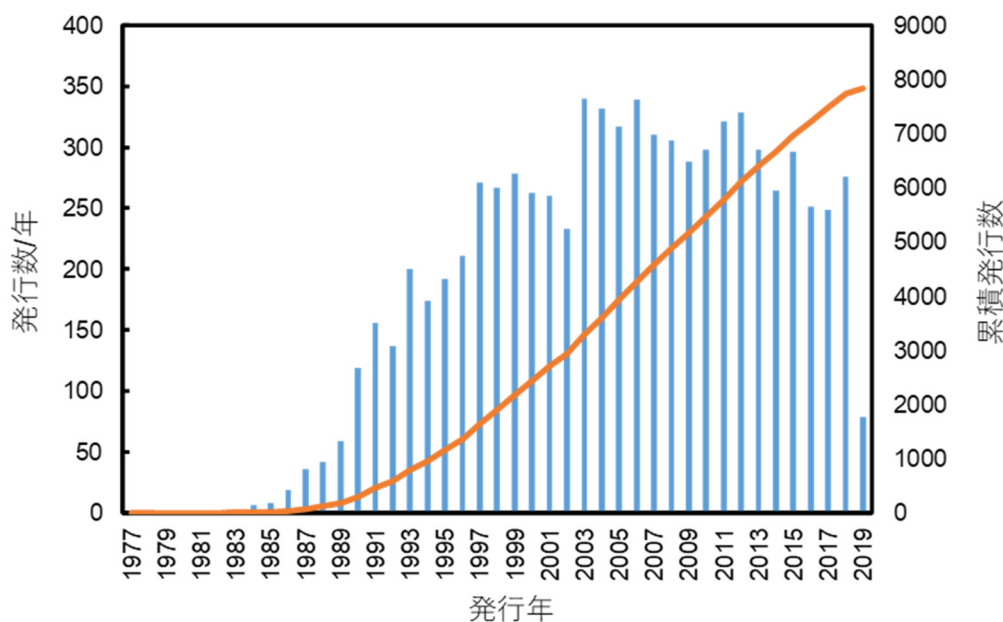


図 3.1.2 VCSEL 関連の文献数推移

3.1.3 VCSEL の構造

VCSEL の発光領域、つまり電流注入領域は、直径数 μm 程度、厚さ数 10 nm であり、端面出射型レーザーの発光領域体積に対して 2-3 桁小さい。結果として、しきい値電流が 2-3 桁小さくなり、極低電力動作という特徴を可能としている。図 3.1.3 は、初期の VCSEL の

3.8 月刊 OPTRONICS 特別インタビュー

表現手段としてのレーザー光とは —アーティストが語るその魅力

桜美林大学

田中 敬一



レーザーには加工や通信をはじめとして様々な応用があるが、他とは少々趣を異にするものにレーザーアートがある。自然界に存在しないレーザー光は、それまでの照明とは全く異なる印象を見る者に与える。絹糸のように絞り込まれた光線を目にしたとき、人々がそこにアートへの可能性を見出したのはごく自然の成り行きだろう。レーザーアートの登場は意外と早く、わが国でもレーザー発振から10年後の1970年には、日本万国博覧会で画家の宇佐美圭司氏による作品が披露されている。現在でこそ舞台やステージの演出としてのレーザーは珍しくなくなったが、そこには機材の進歩も大きな役割を果たしてきた。

今回はレーザーアートの第一人者である、桜美林大学教授の田中敬一氏に、使用する機材や自身の作品についてお話を聞かせて頂いた。アートらしからぬ技術的な苦勞も交えたそのエピソードを、是非ご一読頂きたい。

◆田中 敬一 (タナカ ケイイチ)

光・環境造形作家 レーザー・アーティスト
桜美林大学芸術文化学群ビジュアル・アーツ専修 教授
1977年 北海道教育大学卒
2014年 空間デザイン大賞 2014 ゴールドアワード
2016年 フィレンツェ マルチメディア フェスティバル入選招待公演
2017年 New York City Electoro Acoustic Music Festival 入選招待公演

レーザー光をはじめとする様々な光源を使った空間デザインを手掛け、環境の中の光が持つ人々へ働きかける感性分野での役割の先鋭化をめざす。発表のステージは海外十数か国におよび、アートシーンでの活動にとどまらず、公共建築空間、都市計画、教育など多岐にわたる。特に大学教育と都市機能とをリンクさせたデザインプロジェクトは、他に類例のない大規模建設現場、空港や船舶、航空機、最新鉄道車両を教育活動の場とし、東京2020文化オリンピック参画プログラムの対象となるなど、メディアが注目するユニークな内容となっている。
k-one space <http://www.ne.jp/asahi/k-one/space/>

— 先生は 2018 年に玉川大学から桜美林大学に移られました。どのようなことを教えていらっしゃるのでしょうか？

桜美林大学では芸術文化学群のビジュアル・アーツ専修で、主に光による空間デザイン、およびプロジェクト型授業を担当しています。この 2 つの領域は、当学では新たな分野での開講となります。学生にとって今まで経験したことのない専門領域になるため期待も大きく、これまで他の大学教育にはなかった、これからが楽しみな授業を目指しています。他にも桜美林大学の芸術文化学群は移転計画が進行中です。これらの授業を実践していくうえで、今後新たな大学の教育環境をどのように運用していけば、成果に結び付けられるのかという実証実験を重ねていく下地が出来るので、さらに社会からの要請密度の高い教育が可能になることを目指します。

— プロジェクト型授業とはどのようなものでしょうか

今まで、企業や自治体、場合によっては医療法人などと教育連携をとり、学生が学内では体験できないクリエイションを業務とする実社会での実務を学外で体験するという、新たなキャリア教育の可能性の拡張を目指し展開しています。社会に出る直前に、大学だからこそ可能なこれらの特別な授業体験は、将来進むべき道に悩む多くの学生にとって、実社会における自身の立ち位置を浮き彫りにさせ、自然に就職活動そのものに目的意識が覚醒され、社会に出るまでのインターフェイス期間の過ごし方を拡充させる効果がプロジェクト型授業の大きな特色です。ここでは大学と教育連携先とが Win-Win になるだけでなく、結果に社会的評価を持たせることが出来るかが重要になります。ある程度公平な立場で社会に対してその結果をアピールしていけるようなクオリティが不可欠で、マスコミ掲載などもひとつの指標になります。本格的な一番初めのプロジェクト型授業は 2014 年です。私はレーザーやライトアート系の光に絡んだ内容を中心に教えています。妻（ライトモードアートの柏原エリナ氏）が航空機をイメージしてデザインした、光るドレスを学生モデルに着せ、羽田空港で徹夜で



羽田空港でのプロジェクト型授業
(写真提供：田中氏)

4. 市場予測

4.1 レーザー照明・ディスプレイの全体市場

本市場で対象とした品目はレーザー照明、ヘッドライト、プロジェクタ（ポケットプロジェクタ・ホームプロジェクタ、ビジネスプロジェクタ）、ヘッドアップディスプレイ（HUD）、ヘッドマウントディスプレイ（HMD）とし、2019年～2025年、さらに2030年の世界市場を予測した。

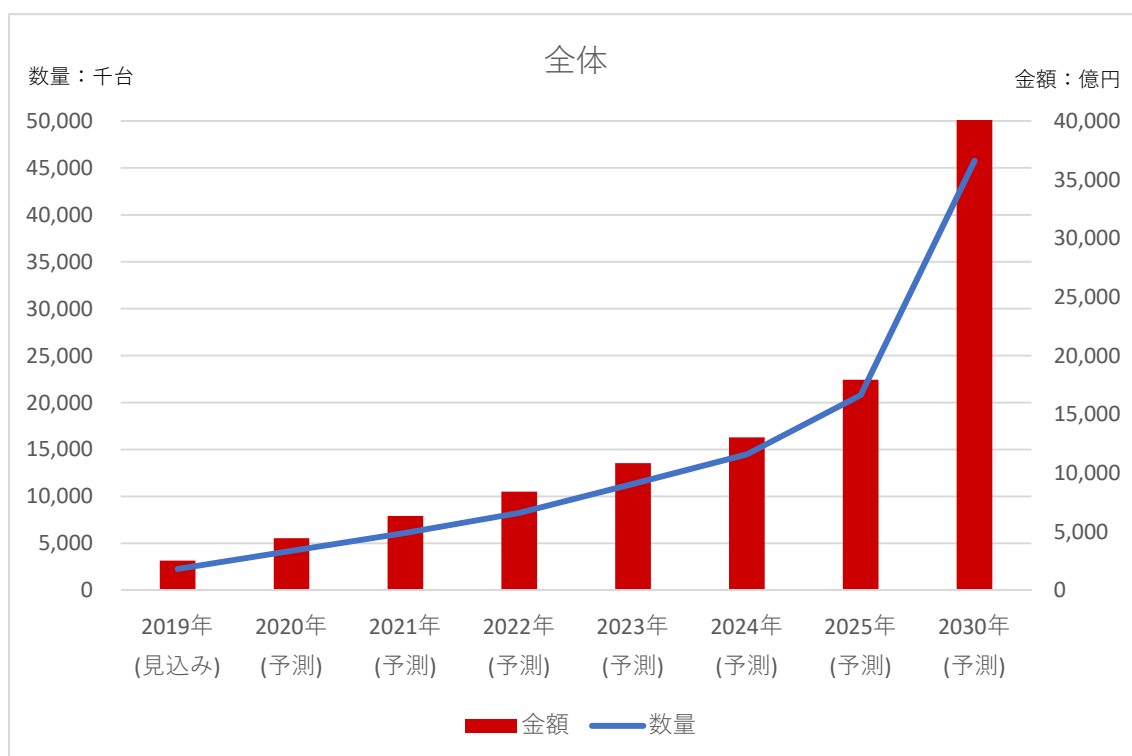


図 4.1 レーザー照明・ディスプレイの全体市場推移予測

今回調査対象とした品目全体の市場は、2019年見込みが数量ベースで228万台、金額ベースで2,531億円となった。2020年市場はほぼ倍に推移し、数量ベースで420万台、金額ベースで4,443億円と予測。2023年以降は1,000万台を超えるまでに成長し、金額ベースでは1兆円を超えると予測。2030年には金額ベースで4兆523億円になると予測している。特にレーザー光源の応用製品としてはプロジェクタがけん引役となるが、ヘッドライトやHUD/HMDの急成長が期待されている。

レーザー照明・ディスプレイの応用範囲は広いいため、今回対象とした品目以外にも応用製品がある。2020年以降、レーザー光源を用いた新たなアプリケーションや新規参入メーカーの登場によって、市場はさらに活況を呈していくことが予測されている。

— 禁 無 断 複 製 ・ 転 載 —

レーザー照明・ディスプレイ産業動向・市場予測レポート 2020

発 行 2019年12月16日
協 力 可視光半導体レーザー応用コンソーシアム
(一社)日本光学会 レーザーディスプレイ技術研究グループ

編集・発行 (株)オプトロニクス社
〒162-0814
東京都新宿区新小川町 5-5 サンケンビル
TEL (03) 3269-3550
FAX (03) 3269-2551
E-mail booksale@optronics.co.jp (販売部)
URL <http://www.optronics.co.jp>

本資料の内容（文字、図表等）は、日本国著作権法および国際条約により保護されています。
無断転載・複製は堅くお断り致します。