レーザー照明・レーザーディスプレイ
最新動向調査報告書

-市場ロードマップ・技術ロードマップ・新規アプリ・安全・標準化-

オプトロニクス社

（禁無断複製・転載）

まえがき

レーザーは、装置の小型化だけでなく低消費電力であり低炭素社会への貢献が期待されている。21 世紀に入った時点では、レーザーの単色性による RGB 規格比約 2 倍の広い色再現範囲を持った画像表示がレーザーディスプレイの最大のアピール点であったが、このように他の特長も前面に押し出せるようになってきたのは昨今の飛躍的なレーザー光源性能向上の賜物である。

2008 年の民生用レーザーTV（リアプロ）の実用化に始まり、超小型プロジェクタ、高輝度データプロジェクタが製品化された。さらには RGB すべてを半導体レーザー化したヘッドアップディスプレイの商品化も行われた。このように究極のディスプレイを目指し、様々な応用に向け開発が加速している。またレーザーディスプレイ実用化の波及効果として光源の単価が下がりレーザーヘッドライト、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。

本レーザー照明・レーザーディスプレイ最新動向調査では 2012 年版のスマートレーザーディスプレイ動向調査報告書を根底から見直し、可視光レーザーの最新の応用・商品群を取り入れ幅広く動向分析を試みた。そのため調査範囲はレーザーディスプレイだけでなくレーザー照明やその応用まで含めている。ロードマップとしては光源（半導体レーザー）の技術予測および各種応用商品の市場予測を検討した。また応用のさらなる発展として新規アプリの議論も付加した。さらにレーザーディスプレイに関するレーザー安全および国際標準化についてもその動向を詳しく記載している。本調査報告が光産業界の研究開発の指針となり、レーザー照明およびレーザーディスプレイの実用製品群の連打に繋がることを期待したい。

報告書作成に際しては、一般社団法人レーザー学会レーザー照明・ディスプレイ専門委員会が企画し、委員会傘下の 4 つのワーキンググループ（ロードマップ WG、新規アプリ WG、レーザー安全 WG、標準化 WG）に調査・取りまとめいただいた。また専門委員会メンバーの多大なる協力、ご助言を賜った。ここに記してお礼を申し上げる。

レーザー照明・レーザーディスプレイ最新動向調査報告書

－市場ロードマップ・技術ロードマップ・新規アプリ・安全・標準化－

-----目次-----

まえがき

1．レーザー照明・ディスプレイ概要 …… 1

2．技術ロードマップ －光源ロードマップ－ …… 9

2.1　ブロードエリア半導体レーザー …… 12

2.1.1　はじめに …… 12

2.1.2　赤色ブロードエリア半導体レーザー（BA-LD） …… 12

2.1.3　青色ブロードエリア半導体レーザー（BA-LD） …… 16

2.1.4　緑色ブロードエリア半導体レーザー（BA-LD） …… 19

2.1.5　ブロードエリア半導体レーザー（BA-LD）のパッケージ …… 21

2.2　ナローストライプ半導体レーザー …… 23

2.2.1　はじめに …… 23

2.2.2　赤色ナローストライプ半導体レーザー（NS-LD） …… 24

2.2.3　青色ナローストライプ半導体レーザー（NS-LD） …… 28

2.2.4　緑色ナローストライプ半導体レーザー（NS-LD） …… 30

2.2.5　ナローストライプ半導体レーザー（NS-LD）のパッケージ …… 31

2.3　第二高調波発生デバイス（SHG）利用緑色レーザー …… 32

3．レーザー照明・ディスプレイ製品の分類と特徴 …… 40

・プロジェクタ（携帯型～大型） …… 42

・ヘッドマウントディスプレイ（HMD） …… 43

・レーザーTV …… 43

・車載応用 …… 44

・レーザー照明とその応用 …… 44

4．各製品の市場推移予想 …… 47

4.1　携帯レーザープロジェクターと各携帯機器 …… 52

・携帯プロジェクター …… 54

・スマートホン、フィーチャーホン …… 55

・ポケットパソコン・パソコン周辺機器 …… 56
・タブレット/ノートパソコン …… 57
4.2　ヘッドマウントディスプレイ …… 58
4.3　ヘッドアップディスプレイ …… 59
4.4　レーザープロジェクター（中型～大型）…… 60
・ホームプロジェクター …… 61
・業務プロジェクター …… 62
・シネマ用プロジェクター …… 63
・家庭用ロボット（プロジェクション機能付き）…… 65
4.5　レーザーTV …… 66
・走査型リア、リアプロ …… 66
・液晶 TV …… 67
・立体（ホログラフィック）…… 69
4.6　レーザー照明とその応用 …… 70
・ライティング（照明）…… 70
・ヘッドライト …… 72
・イルミネーション …… 73
・植物工場 …… 74
・海中プラント …… 75

5．レーザー照明・ディスプレイの新規アプリ …… 76
5.1　はじめに …… 76
5.2　検討項目 …… 76
5.3　ディスプレイ関係新規応用 …… 78
5.3.1　社会潮流 …… 78
5.3.2　ヘッドマウントデイスプレイ（HMD）…… 78
5.3.3　LD 光源を活用したヘッドアップディスプレイ（HUD）…… 80
5.3.4　LD 光源を用いたフラットパネル …… 81
5.3.5　大型 LD プロジェクタ …… 81
5.4　照明関係新規応用 …… 83
5.4.1　実用化が近いレーザー照明 …… 83
5.4.2　レーザー照明技術と新たな応用 …… 85
a)　走査型照明 …… 85
b)　ファイバー型照明 …… 86
c)　特殊スペクトル・特殊条件照明 …… 87
d)　回折光学デバイス（DOE)照明 …… 87

e) 照明ディスプレイ融合型照明 …… 87
f) New コンセプト照明（2050 年技術） …… 87
5.5 異分野への応用展開 …… 88
5.5.1 農業、海（水）中プラント応用等 …… 88
5.5.2 医療応用・エネルギー伝送等 …… 89
5.6 まとめ …… 90

6．レーザー照明・ディスプレイの安全規制動向 …… 92
6.1 はじめに …… 92
6.2 レーザー照明、ディスプレイに係わる規格、法令などの全体像 …… 92
6.3 製品上市に係わる課題 …… 94
6.4 認証機関による適合性認証 …… 95
6.5 IEC 60825-1 レーザ安全基準 …… 95
6.6 新規格 IEC 62368-1 …… 98
6.7 JBMIA レーザを光源とするプロジェクタの安全に関するガイドライン …… 99
6.8 消費生活用製品安全法 …… 99
6.9 電気用品安全法 …… 101
6.10 まとめ …… 102

7．レーザーディスプレイの標準化動向 …… 104
7.1 はじめに …… 104
7.2 国際標準化について …… 105
7.3 国内における標準化動向 …… 108
7.4 国際機関における(IEC TC110)標準化動向 …… 110
7.5 レーザーディスプレイデバイス国際標準化に関する技術トピックス …… 112
・測定光学系に関する課題～測光学用光学系とスペックル測定系の違い …… 112
・カラー化に関する課題～モノクロ評価とマルチカラー評価の違い …… 113
7.6 今後の展望 …… 114

8．課題と展望 …… 118
8.1 課題 …… 118
8.2 展望 …… 119
8.3 おわりに …… 120

＜付録 1＞ レーザー照明・ディスプレイ関連装置売上推移
＜付録 2＞ レーザー学会 レーザー照明・ディスプレイ専門委員会名簿

１．レーザー照明・ディスプレイ概要

レーザーディスプレイは近い将来の巨大市場として大きく期待され始めている[1)]。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、約 45 年前に 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 1125 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、ガルバノミラーによる光偏向器とを組み合わせて、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 10kW と極めて大きく、またスペックル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。

1990 年代に入り赤色半導体レーザー（LD）の DVD での実用化、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。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。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る。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 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 月では国内で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加速しようとしている。

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(図 1.1)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）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期待されている。

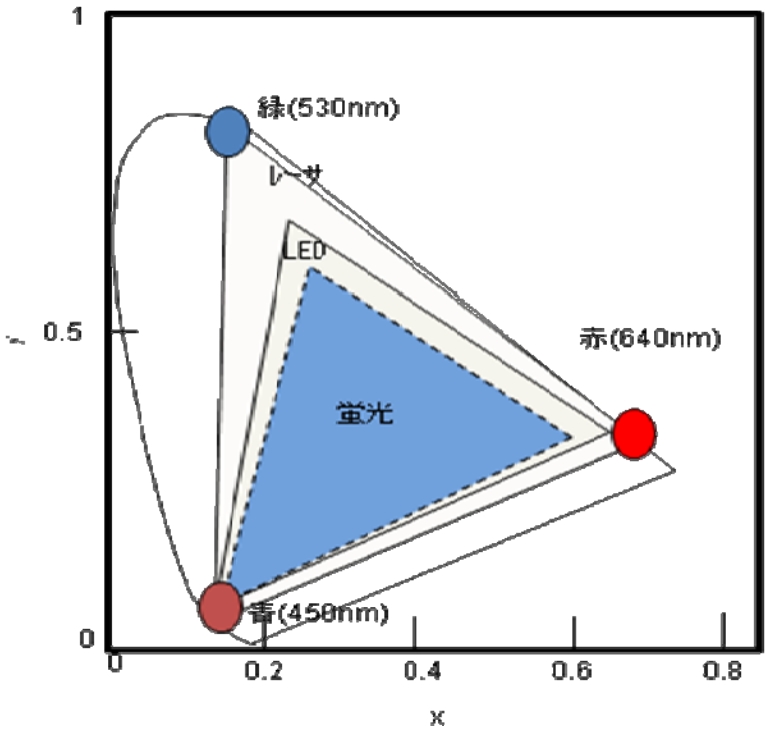

図 1.1　色度図（CIExy）

図 1.2 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、スペック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。

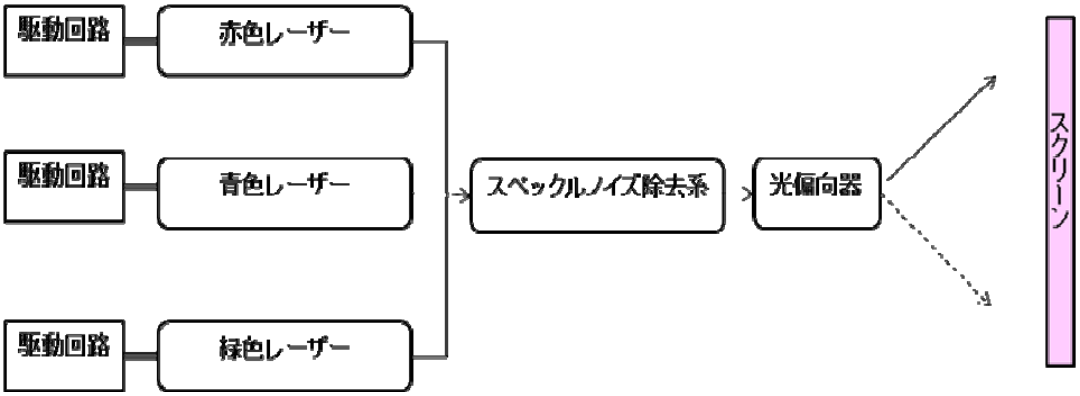

図 1.2　走査型レーザーディスプレイの基本構成

一方、図 1.3 は走査型とは異なり 2 次元空間変調デバイスを用いる構成である。通常のプロジェクタで用いられている画像デバイスと同様の 2 次元空間変調素子を用いる方式は、市販の高圧水銀ランプを用いたプロジェクタで用いられている安価な画像デバイスを利用することができ、またマルチモードのレーザー光源との組み合わせでもその威力を発揮する。レーザーはランプや LED に比べ投射効率の点でも有利である。これは 2 次元空間変調素子に集光できる光量が、光源の発光面積と発散角度の積に対し逆相関がありレーザーを用いるとこれを極めて小さくでき効率が高められるからである。

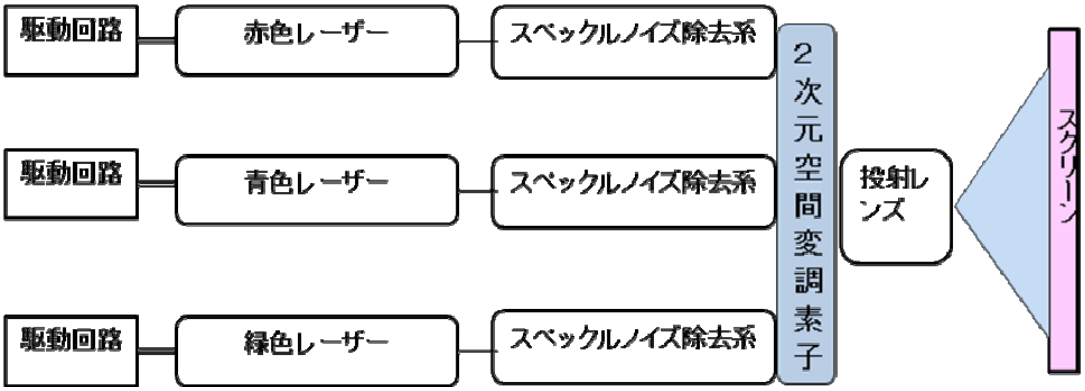

図 1.3　2 次元 SLM を用いたレーザーディスプレイの基本構成

他の構成として高輝度青色半導体レーザーを蛍光体に照射する方式もプロジェクタ等で実用化されている。この方式はレーザーヘッドランプ等の照明に波及している。図 1.4 にレーザー照明の基本構成を示す。バルク方式とファイバー利用方式があり、また多色方式と蛍光励起方式に分かれる。多色方式は現在黄色の半導体レーザーが実用化されていないので赤、青、緑の 3 色では演色性の点で難があるが、用途によっては使用可能である。蛍光励起方式は青色半導体レーザーで黄色の蛍光体を励起し青色と混ぜるという白色 LED と似た構成となる。

４．各製品の市場推移予想

３章で述べたようにレーザー照明・ディスプレイ装置の応用は広範囲にわたっている。レーザー学会の専門委員会であるレーザー照明・ディスプレイ専門委員会では、2011 年度にそれぞれの項目に関し委員からアンケートを実施し、またその結果をベースに委員で議論し各商品の年間売上額推移を 2040 年まで推定した[1)]。その当時に市場投入済みまたは開発が進んでいるプロジェクター、ヘッドマウントディスプレイ（HMD）、レーザーTV などに加えこれから研究開発が進むと考えられているレーザー植物工場や海中プラント、立体表示等の立体 TV も取り上げた。今回この 2 年間の開発の進展および各商品を取り巻く状況の変化を考慮して市場見込みの再検討を行った。今回の検討では、市場見込みについて可能であるものについては最大および最小値の検討を行っている。

ディスプレイや照明分野で市場が伸びるための要素として低消費電力というのがある。レーザー、特に半導体レーザー（LD：Laser Diode）は近赤外領域では 80%を超す電気－光変換効率（WPE：Wall Plug Efficiency）を持つものが発表されているなど本質的に高効率の光源であり可視光領域も 2 章技術ロードマップで述べたように今後効率がさらに向上することが予想されている。また、海底通信用 LD では 10FIT 以下の超高信頼性を実現できているなど、低消費電力に加えメンテナンス頻度の低減が一義的に求められるディスプレイや照明に最適な特性を有している。普及の前提条件としてもう１つ重要な要素にレーザー光源のコストがある。最終的にはチップ面積と歩留まりにより決まるため量産段階では大幅にコストは低減できる（CD,DVD 用途程度まで）とした。

図 4.1　各種レーザー照明・ディスプレイのピーク市場予想

図 4.1 に示すように大きくわけると、超小型プロジェクターおよびそれを内蔵した携帯機器、ヘッドマウントディスプレイ（HMD）、ヘッドアップディスプレイ（HUD）やレーザーヘッドランプなどの車載機器、レーザーバックライト液晶 TV およびデジタルサイネージを含めたテレビ・ディスプレイ、レーザープロジェクター、立体テレビ、照明とその農水産業への応用である。それぞれ後述するように市場総額のピーク年度は異なるが、総計すると総額は最大で年間 93 兆円に達する（世界市場）。図 4.2 に売上総額の推移を示す（最小値、最大値を記載）。

単位：兆円

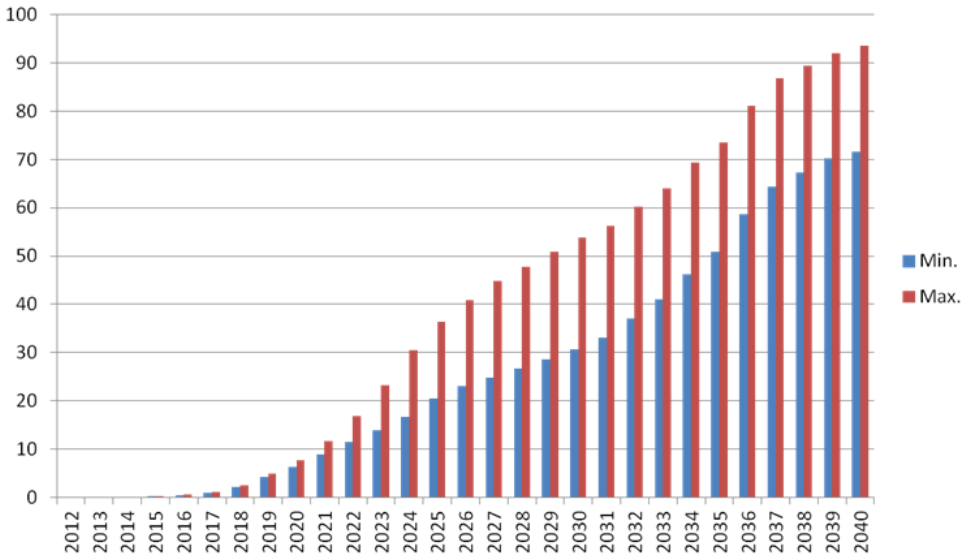

図 4.2　レーザー照明・ディスプレイ応用商品の総売り上げ推移

図 4.3 に 2030 年までの期間の市場規模の最大予測と最小予想を示す。ここでは各商品として、携帯機器関連、プロジェクター関連、テレビ、HMD、照明を記載した。2030 年以降急成長する立体テレビ、農水産応用は除いている。

・携帯プロジェクター

携帯プロジェクターの売上推移予想を図 4.6 に示す。超小型のプロジェクター単機能機は、ピーク時に最大値で年間約 2000 万台、最小値で約 300 万台、平均単価約 3 万円を仮定した。2030 年に最大で 6000 億円、最小で 1000 億円/年の売り上げとなる。

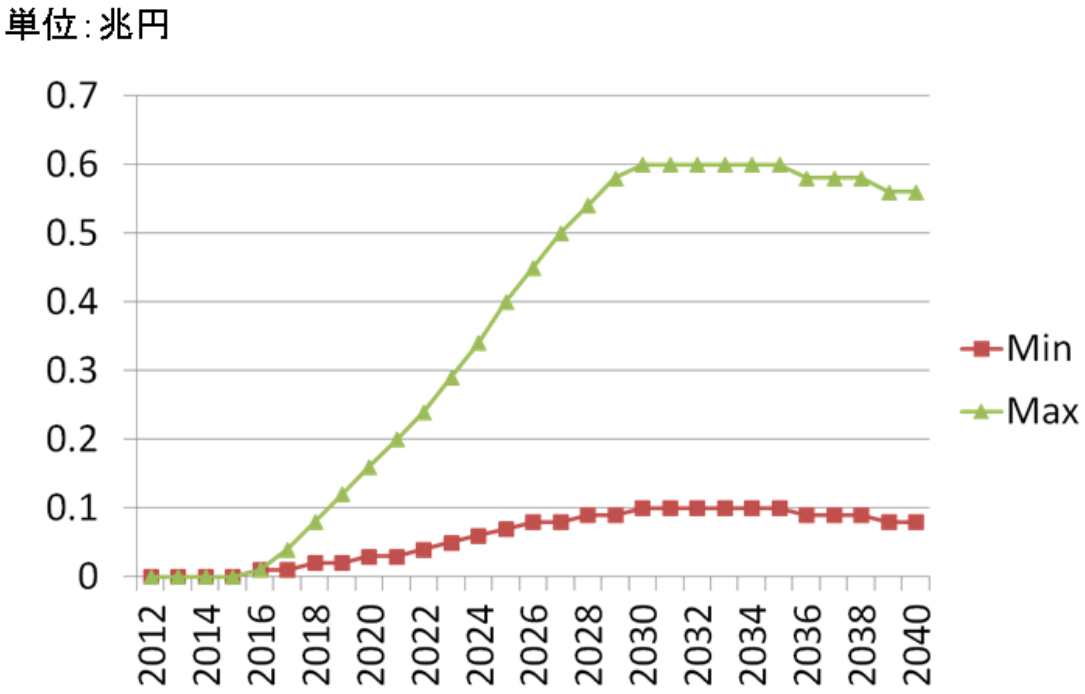

図 4.6　携帯プロジェクターの売上推移予想