
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 完成版

-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

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、インテリジェント照明、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。国家プロジェクトとしてNEDOにて“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”プロジェクトもスタートし、可視光半導体レーザー応用コンソーシアムも発足した。

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。2014年に暫定版を作成し、2015年改訂を行い本書である完成版とした。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および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ます。

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 完成版
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

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 -	11
2.1 はじめに	11
2.2 ブロードエリア半導体レーザー	14
2.2.1 はじめに	14
2.2.2 赤色 BA-LD (TO パッケージ)	14
2.2.3 青色 BA-LD	17
2.2.4 緑色 BA-LD	20
2.2.5 BA-LD のパッケージ	23
2.3 ナローストラップ半導体レーザー	25
2.3.1 はじめに	25
2.3.2 赤色 NS-LD	26
2.3.3 青色 NS-LD	29
2.3.4 緑色 NS-LD	31
2.3.5 NS-LD のパッケージ	33
2.4 第二高調波発生デバイス (SHG) 利用緑色レーザー	34
2.5 低出力・低消費電力半導体レーザー	35
3. レーザー照明・ディスプレイ製品の分類と特徴	44
・ プロジェクタ (携帯型～大型)	47
・ ヘッドマウントディスプレイ (HMD)	47
・ レーザーTV	48
・ 車載応用	49
・ レーザー照明とその応用	49
4. 各製品の市場推移予想	51
4.1 携帯レーザープロジェクターと各携帯機器	56
・ 携帯プロジェクター	58
・ スマートホン、フィーチャーホン	59
・ ポケットパソコン・パソコン周辺機器	60

・タブレット/ノートパソコン	61
4.2 ヘッドマウントディスプレイ	62
4.3 ヘッドアップディスプレイ	63
4.4 レーザープロジェクター（中型～大型）	65
・ホームプロジェクター	65
・業務プロジェクター	66
・シネマ用プロジェクター	67
・家庭用ロボット（プロジェクション機能付き）	69
4.5 レーザーTV	70
・走査型リア、リアプロ	70
・液晶 TV	71
・立体（ホログラフィック）	73
4.6 レーザー照明とその応用	74
・ライティング（照明）	74
・ヘッドライト	76
・イルミネーション	77
・植物工場	78
・海中プラント	79
5. レーザー照明・ディスプレイの最新応用動向および新規アプリ展望	80
5.1 はじめに	80
5.2 半導体レーザー（LD）の特徴と新規アプリ検討項目	80
5.3 ディスプレイ関係新規応用	83
5.3.1 社会潮流	83
5.3.2 ヘッドマウントディスプレイ（HMD）	84
・LD 応用の現状	86
5.3.3 LD 光源を活用したヘッドアップディスプレイ（HUD）	86
5.3.4 LD 光源を用いたフラットパネル	88
5.3.5 LD を用いたプロジェクタ	89
・3D プロジェクタへの展開	91
5.3.6 LD を用いたディスプレイ新規アプリの展望	92
5.4 照明関係新規応用	93
5.4.1 照明としてのレーザーの特長	93
5.4.2 レーザー照明の車載応用	94
5.4.3 レーザー照明技術と新たな応用	98
a) 走査型照明	98

b) ファイバー型照明	99
c) 特殊スペクトル・特殊条件照明	100
d) 回折光学デバイス (DOE) 照明	100
e) 照明ディスプレイ融合型照明	100
f) New コンセプト照明	101
5.5 異分野への応用展開	102
5.5.1 農業応用	102
5.5.2 水産業応用	107
5.5.3 林業応用	110
5.5.4 医療応用・エネルギー応用	110
5.6 まとめ	113
6. レーザー照明・ディスプレイの安全規制動向	116
6.1 はじめに	116
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	116
6.3 製品上市の状況	118
6.4 適合性評価機関による認証	119
6.5 IEC 60825-1 レーザ安全基準	119
6.6 AV 情報技術機器の安全性 IEC 62368-1	123
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	125
6.8 消費生活用製品安全法	126
6.9 電気用品安全法	128
6.10 まとめ	130
7. レーザーディスプレイの標準化動向	133
7.1 はじめに	133
7.2 国際標準化について	134
7.3 国内における標準化動向	137
7.4 国際機関における (IEC TC110) 標準化動向	139
・ 2012 年 12 月 TC110 プレナリー会議 (京都会議)	140
・ 2013 年 5 月 TC110 国際会議 (Vancouver 会議、図 7-4-1)	140
・ 2013 年 8 月 TC110 プレナリー会議 (慶州会議)	140
・ 2013 年 12 月 TC110 会議 (札幌会議)	141
・ 2014 年 6 月 TC110 会議 (San Diego 会議、図 7-4-2)	141
・ 2014 年 11 月 IEC 総会 (東京会議、図 7-4-3,4)	142
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	143

・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.....	143
・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.....	144
7.6 今後の展望	145
8. 課題と展望.....	152
8.1 課題.....	152
8.2 展望.....	153
8.3 おわりに.....	154
<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、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ck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。図1.1にその研究開発の歴史を示す。

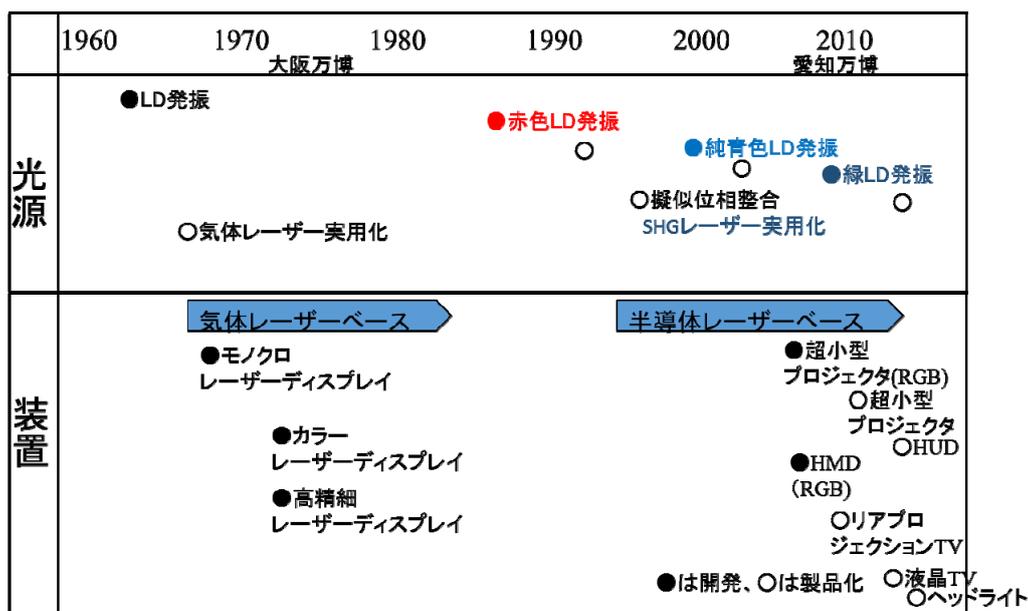


図 1.1 研究開発の歴史

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

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 月に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可能となった。

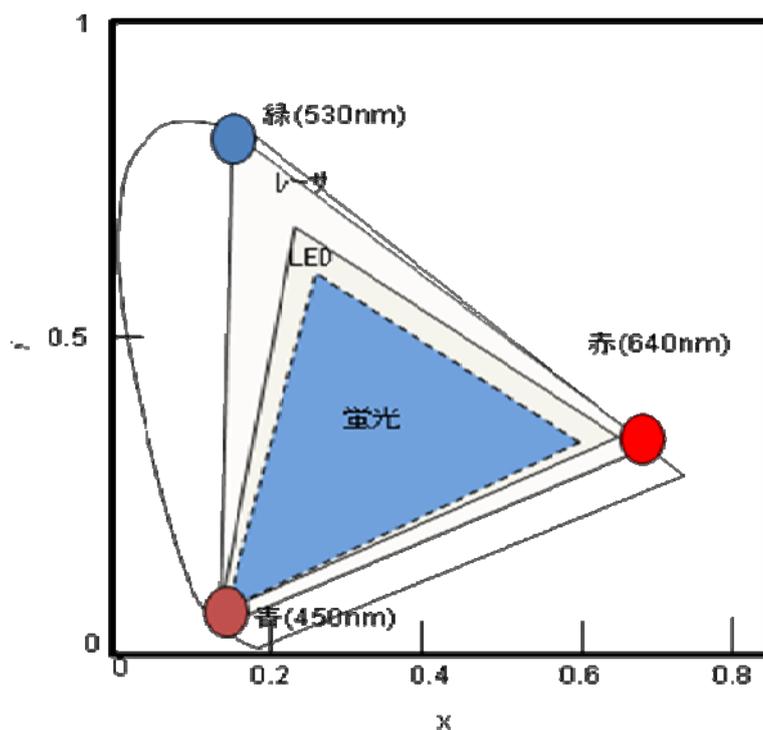


図 1.2 色度図 (CIExy)

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 1.2) 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。光源の単価が下がりレーザーヘッドライト、インテリジェント照明、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。

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 1.3 に示す。

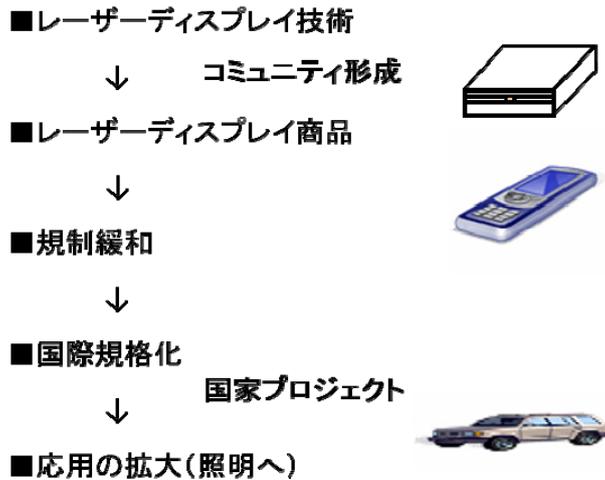


図 1.3 普及までの流れ

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” プロジェクトがスタートした。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²⁾も発足し、約 40 の機関が参画している。応用の拡大はこれからである。

次に関連コミュニティについて説明する。各種関連団体とその関係を図 1.4 に示す。2008 年日本光学会においてレーザーディスプレイ技術研究グループが設立、翌年レーザー学会に、レーザーディスプレイ技術専門委員会（現在レーザー照明・ディスプレイ専門委員会に名称変更）が設置された。その後各方面に多数の関連委員会・団体が設立され今日に至っている。

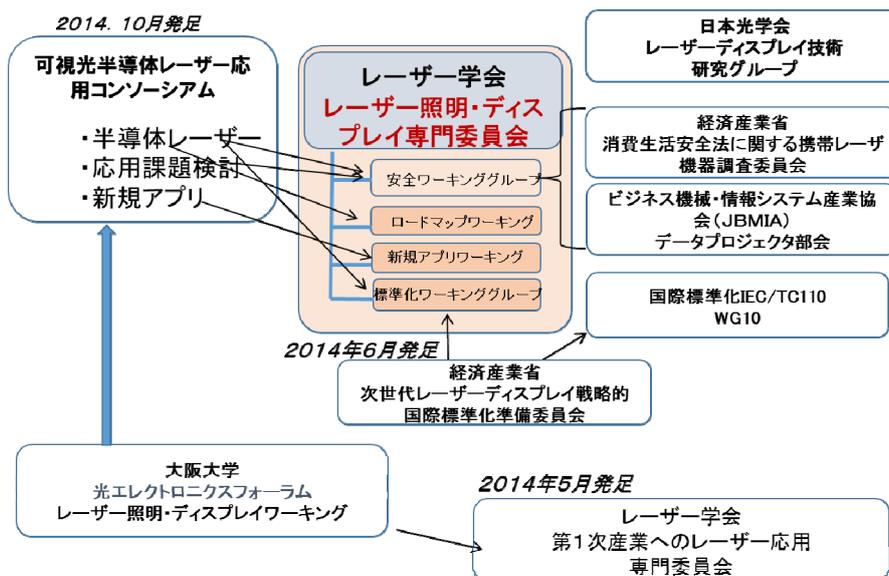


図 1.4 レーザー照明・レーザーディスプレイ関連団体とその関係

図 1.5 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。

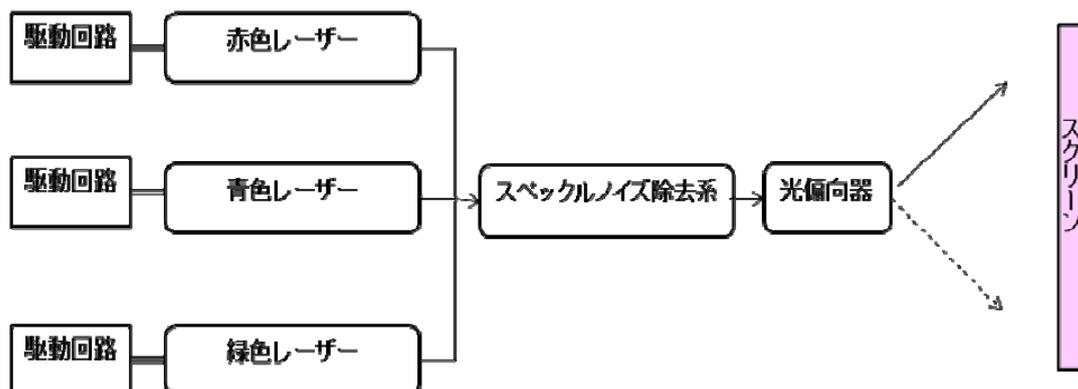


図 1.5 走査型レーザーディスプレイの基本構成

一方、図 1.6 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。

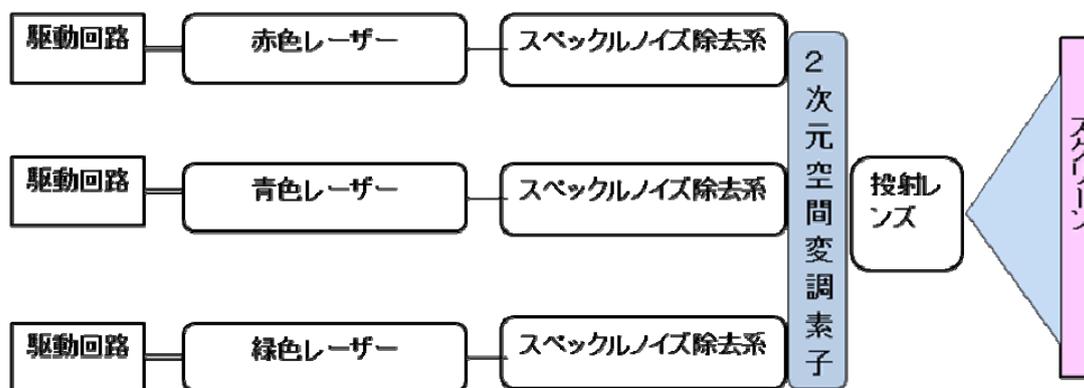


図 1.6 2次元 SLM を用いたレーザーディスプレイの基本構成

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 1.7 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った白色 LED と似た構成となる。

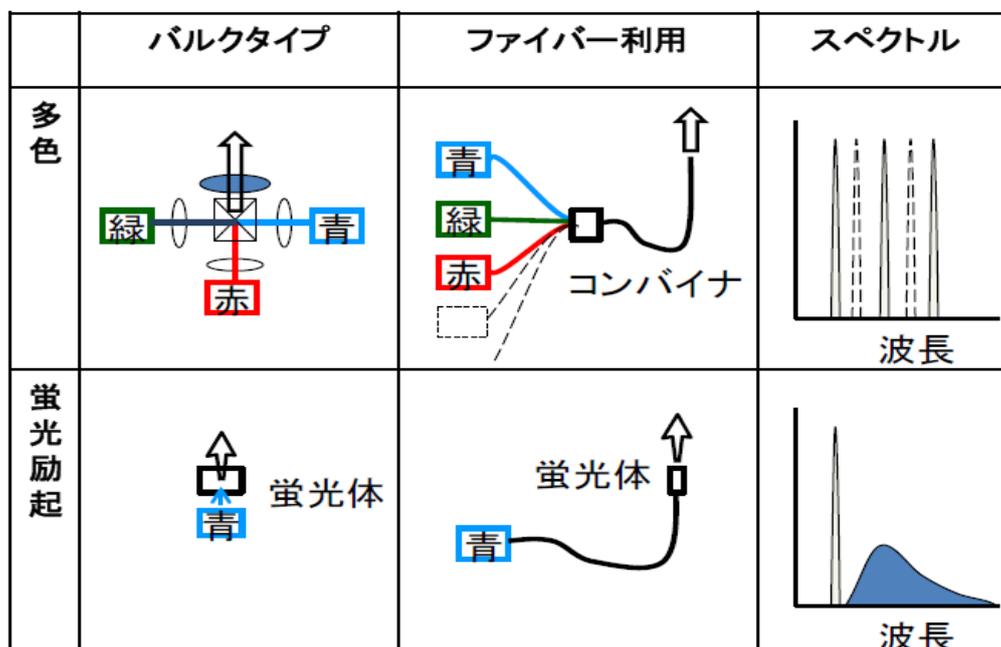


図 1.7 レーザー照明の基本構成

レーザー光源に関して、従来のランプおよび LED 光源を用いた構成との比較を表 1.1 に示す。

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%を越す電気-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。

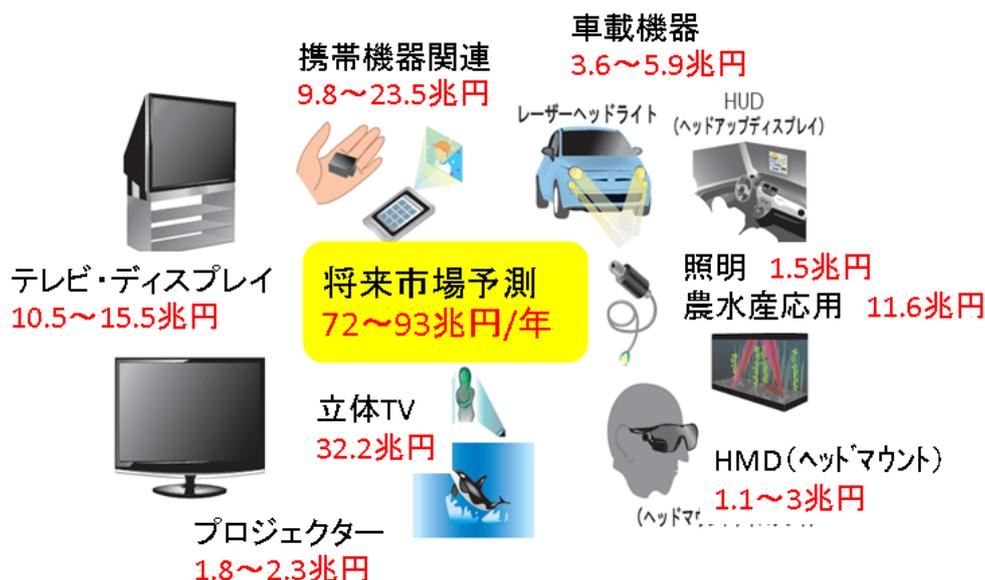


図 4.1 各種レーザー照明・ディスプレイのピーク市場予想

図 4.1 に示すように大きく分けると、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

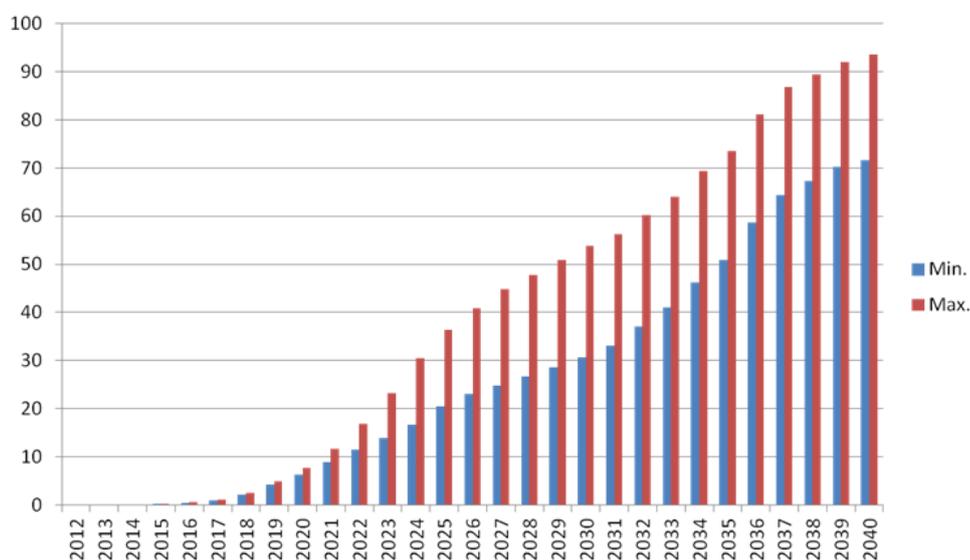


図 4.2 レーザー照明・ディスプレイ応用商品の総売り上げ推移

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。

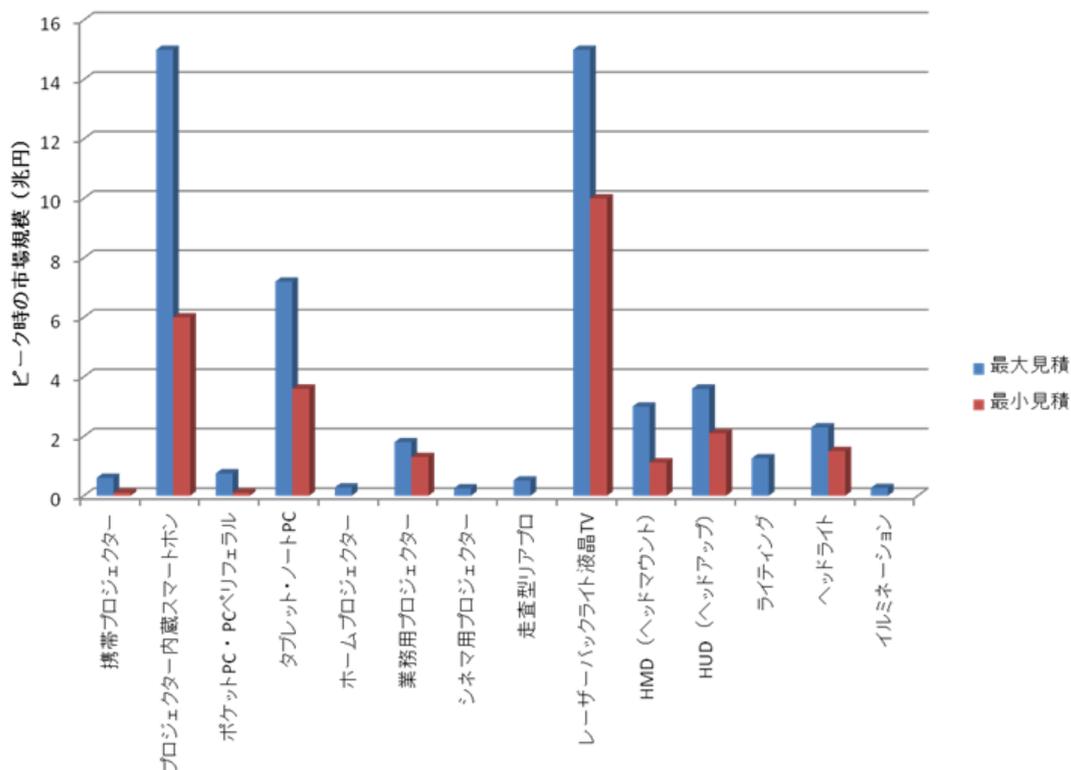


図 4.3 各製品の最大値と最小値

以下簡単に商品群ごとにその市場動向予想を記述する。

超小型レーザーエンジンを搭載した携帯プロジェクター機器は、米国や中国メーカーから既にピコプロジェクタが製品化されている。国内では携帯レーザー応用装置として消費生活用品安全法の適用を受けていた。この法律はレーザーポインタによる事故により制定されたが、当時想定もされなかったレーザーディスプレイが含まれてしまった。空間伝搬中にエネルギー密度が維持されるレーザーポインタとは異なり、進行方向に大きく低下していくディスプレイの違いを考慮しながら議論がなされており、2010年12月27日の改訂によりクラス2以下の範囲にて製品化が可能となった。そのため国内でも2011年から携帯レーザープロジェクター、ノートパソコン搭載レーザープロジェクターが市場に投入されている。

レーザープロジェクターは先行したLEDプロジェクターに比べ光利用効率が高い上に、ユーザーとして面倒なフォーカス調整が不要なため市場占有率を拡大していくと予想される。レーザーエンジン部は超小型化していくためすでに商品として投入されているデジタルカメラやノートパソコン搭載だけではなく、スマートホン搭載やタブレットへの搭載も視野に入れている。図4.4に携帯プロジェクター関係の2025年時点での商品売上比率(最大値見積もり)を示す。