Digital Cinema NOW 135

レーザープロジェクタ最新動向

川上　一郎

４月末に米国ラスベガスで開催された映画興行展示会である CinemaCon2018 の最新の話題と共に、今月号ではレーザー光源によるデジタルシネマプロジェクタの最新動向について紹介してゆく。映画興行関連情報サイトである BoxofficePro に掲載されたレーザー光源関連記事（https://pro.boxoffice.com/laser-focus-look-latest-offerings-laser-projection/ “Laser Focus: A Look at the Latest Offerings in Laser Projection”, Robert Rinderman, March 20, 2018）によると、IHS マーケットの集計では RGB レーザー光源によるデジタルプロジェクタ設置台数は 2017 年で 638 スクリーンとなり、2016 年末より 385 スクリーンも増加している。この増加は、映画館のプレミアスクリーンに RGB レーザープロジェクタを設置するトレンドによるもので、日本でも昨年４月に鹿児島県姶良市の「シネマサンシャイン姶良」がクリスティ 4KRGB レーザープロジェクタを導入している。通常のスクリーンでは 6P（RGB 各２光源）であるが、このスクリーンではスペックルが解消できなかったと見えて 9P（RGB の光源構成数は公表されていないが、最もスペックルが視認されやすい G の光源数を増加させていると推定される）光源構成としている。なお、このスクリーンはサンシャインシネマの PLF ブランドとして BESTIA(BEST Immersive Audiovisual) と称しており、GDC シネマサーバと dtsX 音響システムを組み合わせている。なお、2016 年以降での 385 スクリーン増加の大半はアジア太平洋地域での増加であり、638 スクリーンの 44%をアジア太平洋地域が占めており、北米地域が 28%、欧州地域が 17%となっており、大手映画興行チェーンでの PLF スクリーンを 4K + RGB レーザーに置き換えて競合対策とする戦略が顕著になっている。

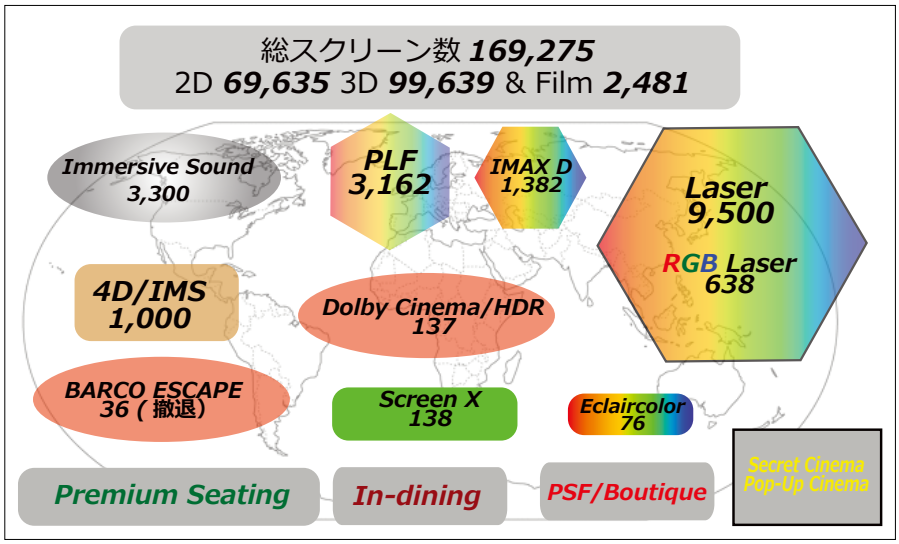

図１　世界の映画スクリーン動向 (CinemaCon2016 IHS David Hancock 氏講演資料を補足)

図 1 には世界の映画スクリーン動向を示している。昨年末で、全世界の PLF スクリーンは 3,162 となっており、IMAX も中国市場での急成長があり 1,382 スクリーンにまで拡大している。ドルビーシネマは AMC と提携し 134 スクリーンにまで拡大した。BARCO による３面スクリーン方式の ESCAPE はサポート終了宣言が行われたが、韓国の ScreenX は 138 スクリーンにまで拡大し３面上映対応作品の配給にも注力している。なお、次世代デジタルサラウンドである Immerive Sound のスクリーン数については 2016 年末の集計数であるのでご注意頂きたい。また、フランスを拠点に色域拡大や HDR 対応を標榜している Eclaircolor は 76 スクリーンにまで欧州で

展開しているが、米国にも現地法人を設立し米国の中小映画館による共同購買会社との提携を CinemaCon で発表し、中小映画館の PLF スクリーン展開にビジネスチャンスを見いだそうとしている。

NEC ディスプレイソリューションは、2014 年 3 月に世界で初めてのレーザー光源によるデジタルシネマプロジェクタ NC1100L を発売した。このプロジェクタは、青色レーザーにより蛍光体から黄色を発光させて白色を生成する方式を採用しており、蛍光体は劣化を防ぐために回転機構を設けている。寿命は 2 万時間であるが、既存のキセノン光源モデルと大差無い価格であることから注目を集め、その後の青色レーザー / 緑色蛍光＋赤色レーザーモデル（以下 RB レーザーと略称）の投入により、より高輝度なモデルを逐次投入し、PLF 向け RGB レーザーモデルと合わせて 4,500 台を越える販売実績を上げている。4 月の CinemaCon では、4K-RB レーザーの 2 機種（35,000 ルーメン：NC3540LS と NC3541L であり、外付けチラー有無で分かれている）と、2K-RB レーザーの NC1700L（14,000 ルーメン）、そして AC ランプ 2 灯を使用し静音設計となっている最もコンパクトな DCI 準拠プロジェクタである NC1000C を展示している。この、NC1000 シリーズは、試写室やカラーグレーディングでの標準機とも言える納入実績を誇っている機種である。なお、4K-RGB レーザー機種については既存のキセノンランプによる 4K プロジェクタについては、NEC Display Solutions Europe の Mark Kendall 氏 が ICTA で講演した資料 (Next Generation Laser Light Source) によると NC3540LS、NC1440L、NC1040 の RGB Laser 対応機種がラインアップされている。RGB レーザーに光源を置き換える機種では半導体レーザーモジュールを増設するだけで光出力が上げられるために 7 万ルーメンも対応可能としているが、問題は価格となるために RB レーザーのデュアルスタックが現時的な選択とも言える。また、この ICTA 講演資料では、2020 年には 70%のプロジェクタがレーザー光源に置き換わるのではとの予測も紹介されているが、以前の連載記事でも紹介しているが 2KW 以下のキセノンランプを定格電流より絞って運転している映画館ではランプ寿命が長いことから RB レーザー機種への更新をためらうケースも出てきている。

Barco は 2014 年 末 に Smart Laser と称して黄色蛍光体励起用青色レーザーとは別に光源用青色レーザーを追加する方式で蛍光体励起型デジタルシネマプロジェクタを発売した。コダックからプロジェクタ用レーザー光源技術を買い取った IMAX 向けに RGB レーザープロジェクタを生産していた経緯もあるが、NEC に続いて 4,000 台の販売実績を上げている。プレミアスクリーン向けには 4K-RGB レーザーで 56,000 ルーメンの DP4K-60L、44,000 ルーメンの DP4K-45L 等を展開しており、Smart Laser と称している BB レーザー機種では 35,000 ルーメンの DP4K-36BLP、DP2K-36BLP 等 を幅広く展開している。ベルギーを拠点にしてデジタルシネマ黎明期から積極的にデジタルシネマの展開を行ってきていた **Kinepolis** は 2016 年にオランダで最初の「オールバルコレーザー」シネコン（10 スクリーン）をオープンしており、RGB レーザーのフラッグシップモデルと Smart Laser が導入されている。また、米国ロサンゼルスのダウンタウン地区再開発エリア LA ライブに立地する Regal シネマ LA ライブも米国初の「オールバルコレーザー」としてリニューアルオープンするなど戦略的な営業方針が目立っている。

クリスティーデジタルは 2016 年に蛍光体励起型レーザープロジェクタ CP2208-LP も投入したが、主力は RGB レーザーでありプレミアスクリーン向けの 4K-RGB2 台セットで構成した 6P-RGB レーザー Duo システムにより大型スクリーンでの高輝度 3D 上映システムに注力している。

ソニーも CinemaCon2018 で 4K レーザープロジェクタ SRX-R815P を発表した。15,000 ルーメンの光出力で、蛍光体励起型レーザー光源を採用しているが、今後の展開では RGB レーザーの高輝度型モデルの投入も予想される。

さて、RGB レーザーによる高輝度型プロジェクタにとっての最大の問題点はスペックルである。レーザーは単一波長できわめて干渉性が強いために表面がざらついた白

映像スタジオ施工
多様化するデジタル映像環境に対応、映像スタジオ施工なら豊富な実績、直営システムに依る徹底したコストダウンを実現する
Takahashi Construction Co., Ltd.
SOUND PROOF
匠の技をスタジオに
MA室 ブース 各種 編集室
新設、リニューアルに関わらず何でもご相談ください。
～映像・音響専門で 40年～
〔映像・音響・防音・建築・設計・施工〕
一級建築士事務所
高橋建設株式会社
本社 〒216－0032 神奈川県川崎市宮前区神木1－7－8
TEL044-853-0547 FAX044-852-1588
（社）日本ポストプロダクション協会会員／（社）日本音楽スタジオ協会会員
（社）日本音響学会会員
http://www.takahashi-kensetsu.co.jp
info@takahashi-kensetsu.co.jp

☆ http://www.uni-w.com/fdi/ ではフルカラーでご覧いただけます。

表1 レーザープロジェクターのコスト削減効果

	NC1100L	2KW キセノン DCプロジェクター
電力消費量	1．6KW	2．6KW
ランプ消費	–	6／7本
空調電力	0	0．6Kw
2万時間総費用計算		
電力料金(0.25EUR/KW)	8,000EUR	13,000EUR
ランプ費用	0EUR	4,900EUR
空調コスト	0EUR	3,300EUR
総合	8,000EUR	21,200EUR

Jens Kayser, NEC ,10th July 2014, Cinema Europa

表2 ランプ定格別ランプ費用と電気料金推定

ランプ定格 [KW]	寿命	単価	年間消費本数		年間ランプ費用		年間電気料金	
			シネコンモデル	単館モデル	シネコンモデル	単館モデル	シネコンモデル	単館モデル
1.2	3000	80,000	1.28	0.7	102,784	58,400	78,630	44,676
(エコ)	4000		0.96	0.5	77,088	43,800		
2	2400	90,000	1.61	0.9	128,480	73,000	131,050	74,460
(エコ)	3000		1.28	0.7	102,784	58,400		
4	1000	143,000	3.85	2.2	308,352	175,200	262,099	148,920
(エコ)	1500		2.57	1.5	205,568	116,800		
6	600	166,000	6.42	3.7	513,920	292,000	393,149	223,380
(エコ)	1000		3.85	2.2	308,352	175,200		
7	300	169,000	12.85	7.3	1,027,840	584,000	458,674	260,610
(エコ)	500		7.71	4.4	616,704	350,400		

	稼働時間／日	年間稼働時間
シネコン	10.56	3854.4
単館	6	2190.0
電気料金	17 [KW/H]	

表3 シネコンモデルでのランプ定格別年間電気料金 [千円]

産業用電気料金		1.2	2	4	6	7
日本	17	78.6	131.0	262.1	393.1	458.7
米国	6	27.8	46.3	92.5	138.8	161.9
英国	13	60.1	100.2	200.4	300.6	350.8
ドイツ	16	74.0	123.3	246.7	370.0	431.7

2013年電力中央研究所資料

色面で反射すると反射光線が互いに干渉しあうために干渉縞が発生し、人間の視覚特性で感度が最も高い緑の波長が最も強くスペックルを感じることになる。この RGB 波長別にスペックルの強度を並べていくと G ＞＞ R ＞ B となる。スクリーンの材質やプロジェクタ投射角度の影響もあるが、スペックル低減には光源を多重化すると効果があることが知られており、光源の数を N とすると、スペックル強度＝ $1/\sqrt{N}$ となることが知られており、冒頭で紹介した RGB-9P レーザーもスペックルが激しい G レーザーの光源数を増やしたと推定される。

また、波長多重化、レーザーの発振波長をなだらかにする、光路を多重化する、光路の途中に振動型散乱フィルターを挿入するなどの様々な手法が提案されている。液晶テレビ等の大型テレビが普及する前に米国で販売されていたリアプロジェクションテレビでは投射スクリーンにバイブレーターを装着してスペックル低減を狙った機種も販売されていた。また、デジタルシネマ黎明期にも、レーザープロジェクタ登場に備えて、映画館のスクリーン背面に携帯電話のバイブレーターとして使用されている偏心加重付きコアレスモーターを一定間隔で貼り付けてスクリーン膜を振動させスペックルを低減する手法の提案等も論じられていた。蛍光体励起レーザー光源が一斉に普及した背景には、干渉性の強いレーザーで蛍光体を励起させて得られた蛍光色には干渉性が無い利点がある。

ただし、入射エネルギーにたいして発生する蛍光の放射エネルギー効率の問題、そして DCI 規格の RGB 光強度バランスを保つための最適化などが問題となり、1 万ルーメン以下では青色レーザー / 黄色蛍光体の組み合わせが多く、それ以上の輝度では青色レーザー / 緑色蛍光体＋赤色レーザーの組み合わせが多く用いられている。なお、赤色レーザーでもスペックルは視認されるために、赤色半導体レーザー複数個使用してスペックル低減を計る必要がある。

表 1 は、蛍光体励起レーザー光源で先鞭を付けた NEC ディスプレイソリューションによる講演資料から引用したレーザープロジェクタのコスト削減効果表である。NEC の NC1100L は 11m 幅スクリーンまでに対応する DCI 準拠の S2K プロジェクタであり、電力消費量は 1.6KW、レーザー光源の寿命は 20,000 時間で、欧州の電気料金 0.25 ユーロ /KW から累計電気料金は 8,000 ユーロであり、2KW キセノンランプを 2 万時間使用した場合の電気料金・ランプ交換費用・空調費用の累積金額 21,200 ユーロと比較すれば、13,200 ユーロ（1 ユーロ \130 換算では \1,716,000）の削減効果があるとしている。

表４　全世界の映画スクリーン向けキセノンランプ市場推定　現状推定

総スクリーン数　167,000　　消費本数はシネコン定格寿命

スクリーン幅[m]	ランプ定格	ランプ金額	年間交換本数	比率	推定スクリーン数	消費本数	消費金額[百万]	比率	推定スクリーン数	消費本数	消費金額[百万]
6	1.2KW	80,000	1.28	36.0%	60120	76,954	6,156	28.5%	47595	60,922	4,874
10	2KW	90,000	1.60	58.0%	96860	154,976	13,948	65.3%	109051	174,482	15,703
15	4KW	143,000	2.56	4.5%	7515	19,238	2,751	4.5%	7515	19,238	2,751
20	6KW	166,000	6.39	1.0%	1670	10,671	1,771	1.0%	1670	10,671	1,771
30	7KW	169,000	12.78	0.5%	835	10,671	1,803	0.7%	1169	14,940	2,525
				100.0%	167000	272,511	26,430	100.0%	167,000	280,253	27,624

表５　全世界の映画スクリーン向けキセノンランプ市場推定　エコモード寿命

総スクリーン数　167,000　　消費本数はシネコン　エコモード寿命

スクリーン幅[m]	ランプ定格	ランプ金額	年間本数	比率	推定スクリーン数	消費本数	消費金額[百万]	比率	推定スクリーン数	消費本数	消費金額[百万]
6	1.2KW	80,000	0.96	36.0%	60120	57,715	4,617	28.5%	47595	45,691	3,655
10	2KW	90,000	1.28	58.0%	96860	123,981	11,158	65.3%	109051	139,585	12,563
15	4KW	143,000	2.56	4.5%	7515	19,238	2,751	4.5%	7515	19,238	2,751
20	6KW	166,000	3.83	1.0%	1670	6,396	1,062	1.0%	1670	6,396	1,062
30	7KW	169,000	7.67	0.5%	835	6,404	1,082	0.7%	1169	8,966	1,515
				100%	167000	213,735	20,671	100%	167,000	219,877	21,546

現在、全世界のデジタルスクリーン数は16万7千スクリーンに達しており、レーザープロジェクタ採用スクリーンは、おおよそ1万スクリーンと推定される。今後のVPF契約満了となる機器の更新需要や、競合他社との戦略的設備更新需要などを含めると、年間1万5千～2万スクリーンの設備更新が続くと推定されているが、レーザー光源への置き換えがどの程度進むのかはランプ交換費用をどう考えるのかにかかってくる。

表2に示しているのは、一般的な映画館で使用されている1.2KW～7KWのキセノンランプ定格寿命と単価である。定格寿命の下段に示しているのは通称エコモードと称している定格電流から低めに運転電流設定を落とした場合の寿命であり、キセノンランプでは3～5割寿命が延びるとされている。当然のことながら、ランプ電流を落とせば輝度は低下するわけであるが映画館の運転経費でランプ交換費用の削減は最もわかりやすい経営努力である。スクリーン幅6m程度の小型スクリーンに使用される1.2KWのランプでは定格寿命3,000時間で単価8万円であることから平均稼働時間10.56時間のシネコンモデルでは年間1.28本のランプ交換となり、年間10万円のランプ交換費用と年間7万8千円の電気料金となってくる。また、スクリーン幅10mでは2KWクラスのランプが使用されるが年間でのランプ交換本数は1.61本でランプ交換費用は12万8千円となる。蛍光体励起型レーザー光源プロジェクタの光源寿命20,000時間から考えると、定格寿命2400時間の2KWクラスランプ市場ではランプ8.3本分の費用削減にしかならないために、単価9万円×8.3本で75万円にしかコスト削減効果が見込めないことになる。これが、スクリーン幅20mクラスで使用される6KWクラスのランプでは、定格寿命が600時間となるために、単価16万6千円×33.3本で552万の費用削減効果が見込めることから、既存のキセノン光源プロジェクタとの価格差が5百万円以下であればランプ交換費用だけでも導入メリットがあると判断できる。また、青色レーザー/緑色蛍光体＋赤色レーザーのタイプであれば光源寿命が30,000時間と

☆ http://www.uni-w.com/fdi/　ではフルカラーでご覧いただけます。

表６　ニューヨーク　ブロードウェイの AMC & リーガル旗艦映画館上映実態 [03/11-03/17]

AMC Empire 25　[25スクリーン]

曜日	総上映回数	総上映時間[分]	Dolby Cinema@AMC Prime上映回数/時間		IMAX上映回数/時間	
金	134	14730	4	412	6	618
土	149	16286	6	618	6	618
日	131	14507	5	515	5	515
月	119	13138	5	515	5	515
火	112	12450	3	309	5	515
水	109	11766	4	412	5	515
木	109	12145	na		na	
予告編	863	12945	27	405	32	480
平均	143.8	15423.9	4.5	10.6	5.3	12.6
	5.8	617.0		Prime		IMAX
平均上映時間/日「Hr]		10.56		10.62		12.59

Regal E-Walk Stadium13&RPX [13スクリーン]

曜日	総上映回数	総上映時間[分]	RPX上映回数/時間	
金	71	7108	6	498
土	71	7108	6	498
日	71	7108	6	498
月	65	6556	6	498
火	65	6556	6	498
水	65	6556	6	498
木	63	6428	4	378
予告編	471	7065	40	600
平均	67.3	7783.6	5.7	3966.0
	5.2	598.7		RPX
平均上映時間/日「Hr]		8.69		9.44

表７　ロサンゼルス郊外バーバンク 16 での上映実態

曜日	総上映回数	総上映時間[分]	平均上映時間
土	87	9,663	11.4
木	78	8,616	10.2
予告編	165	2475	

なるためにメンテナンスフリーを前提としたブースレススクリーン（映写室を設置せずに天井吊り下げの箱に映写機を入れて上映する）でのシネコン設計も可能となってくる利点がある。

表３に示しているランプ定格別年間電気料金に加えて、特別な空調設備がいらないレーザープロジェクタであれば、映画館経営者にとっては映写室の無人化も含めて設備更新時の対象としてレーザー光源の採用が広がっていくと考えられる。

表４と表５には筆者が推定した全世界の映画館向けキセノンランプ市場規模の推定結果を示している。この推定で、映画館スクリーンの規模別比率については筆者の独断による推計値であるので、興味のあるかたはスクリーン幅のわかるシネコンのデータから推定値を新規に入力して計算頂きたい。冒頭でもデジタルプロジェクタ各社の動向を紹介しているが、現在の映画館向けキセノンランプ市場規模が 200 ～ 276 億円で、クリスティーデジタルの親会社であるウシオ電機がシェア６割強を占めており、最もスクリーン数が多いと推定される 10m 前後のスクリーンでどの程度レーザー光源への更新が進むのかが注目されるところである。表６には米国で最も売上を上げている AMC Empire25 と、同じ通りに立地している Regal E-Walk Stadium13 & RPX の週間上映回数と総上映時間を集計している。このふたつの映画館はニュヨーク・マンハッタンの中心部にあるブロードウェイに立地している。通常のスクリーンと、AMC がドルビーと提携して展開しているドルビーシネマ、そして IMAX スクリーンの上映時間なども比較して頂くと映画館運営の実態が理解して頂ける。

さて、VPF 契約期間が終わったデジタルプロジェクタとサーバーについては、それまでの補修費用を負担して映画館側が使用を続けると VPF ベンダー側にとってはコスト倒れになると言われている。通常のリース機器であれば、リース期間満了後には定価の１割程度で買い取りも選択できるがデジタルシネマの VPF 契約では期間が長すぎるためにメーカー側の保守が継続できるかが大きな問題となってくる。したがって、レーザー光源が話題になり出したときに、既設のプロジェクタ光源部分を取り外

してレーザー光源で置き換える“レトロフィット”が話題になったがプロジェクタメーカー側にとって利益がでるのかが疑問視された。フィルム映写機の場合には、フィルムを間欠駆動でコマ送りする単純な機構があるだけであったので摩耗部品の交換や代替部品の製作で保守が可能であったが、デジタルプロジェクタではDMDチップやLCOSチップ等の映像エンジン部分に加えて基板等の電子部品の在庫、交換をどこまでメーカーとして行うのかが問題となってくる。当然のことながら、映画館側が支払い可能な保守費用の範囲もあり、VPF契約満了機器は更新することが前提となり、メンテナンスフリーでランプ交換費用が不要なレーザープロジェクタを選択するかキセノンランプを使用する従来機種かの二者択一となる。

半導体レーザーの小型化や、スペックル抑制の発振波長多重化などが進んでDLPチップの分光プリズム部に直接実装できる機種が登場すれば一挙に価格が低下する可能性もある。また、10ナノサイズで三次元構造にLEDを構成するマイクロLED技術が急速に進展していることから、サムソンとソニーが展開を進めようとしている直視型LEDスクリーンについては価格面での問題が最大の課題であり、1平方メートル当たり数千円のスクリーンと数百万円台のプロジェクタとの合計価格に対して2倍以内の金額に何年すれば到達できるのかが楽しみなところである。マイクロLEDの製造技術については、アップル社が次世代スマートホンの表示デバイス用に数十件の特許を韓国に申請したとの報道もあり数年の内に一挙に量産技術が開花すれば次世代シネマは直視型スクリーンとレーザー光源による投写型スクリーンが競い合う時代が来そうである。

Ichiro Kawakami
デジタル・ルック・ラボ

cinegy
マルチチャンネル・マルチフォーマット
リアルタイムインジェスター
Capture PRO
Cinegy Capture

・ネットワークにも対応したインジェストアプライアンスWindowsソフトウェア
・マルチチャンネル/マルチフォーマット/マルチプロキシ/マルチユーザーをシングルアプリでコントロール
・HDで最大8入力チャンネル、1入力チャンネルに対して最大8個のマルチコーデック同時収録
・OPAtom Avid形式MXF、Apple認証ProResキャプチャ対応
・キャプチャ先を複数指定可能
・Gangでグループ化、またカレンダーや時刻によるスケジューリング可能
・Sonyプロトコルデッキコントロール
・ドロップフレーム検出
・メインおよびプロキシ収録映像にBurn In Time Code可能
・新たに1080/23.98PsFと非圧縮コーデックを対応

ITOCHU
伊藤忠ケーブルシステム株式会社
クロスメディアソリューション本部
TEL.03(6277)1854
〒141-0022 東京都品川区東五反田3-20-14　高輪パークタワー

☆ http://www.uni-w.com/fdi/　ではフルカラーでご覧いただけます。