

【特集3 プロジェクタ特集】

特集3 プロジェクタ特集

CAVE等の高臨場感ディスプレイの発展により、プロジェクタはバーチャルリアリティにとって非常に重要な技術になってきました。現在では、液晶、ILA、DLP、CRT等、種々の方式があり技術的にも多様になってきました。本特集では、プロジェクタの現状技術について、それぞれ解説をしていただくと同時に、皆様の資料として活用していただけるよう、製品の一覧表を作成しました。



プロジェクタ概説

糸井和美

(株) NHK テクニカルサービス



1 まえがき

プロジェクションディスプレイ（以下プロジェクタと呼ぶ）は、いま著しい進化の最中にある。表示素子や表示制御、そして光源や投射光学系の進歩により新製品が毎週登場すると云っても過言ではない状況にある。携帯パソコンの普及に伴いプレゼンテーションツールとして発展したプロジェクタも、ハイビジョンシアターなど大画面プロジェクタとして定着しつつあり、更にエレクトロシネマや家庭用ディスプレイ（背面投射を含む）をターゲットに大きく飛躍しようとしている。今年12月からはデジタル放送が始まる。大画面へのニーズも強く、用途も更に拡大しつつある。この様な状況のなかで、プロジェクタのユーザーとしての立場からその動向を概観したい。

2 プロジェクタの変遷

2.1 アイドホール

CRTやイドホールなどプロジェクタの歴史は古く、1950年代、テレビ放送の開始当時には既に開発されていた。イドホール [1] [2] の仕組みは、鏡面に一様の厚さで塗布した油膜上に電子ビームで走査して映像を書き込

み、油膜上に書き込んだ電荷像が、導電性の鏡面との間に働く吸引力により油膜上に作る凹凸像をシュリーレン光学系を介して投射するものである。シュリーレン光学系とは、透明なターゲットに生じた光学的歪み（凹凸）を可視像に変換する光学系のことであるが、当時4.2KWの光源で、光出力3500lm、水平解像度800本、コントラスト比100:1の性能を持ち、1983年には2200lmでハイビジョンを映写することもできたという。当時としては驚異的な数値であるが、書き込みに用いる電子銃のカソードを、100時間程度で交換する必要があったり、排気ポンプを必要とするなど安定性や運用性にも問題があった。イドホールが誕生した50年代は、未だテレビ受像器も高価であり、テレビの普及策として大画面ディスプレイが必要であったものと思われる。その後、家庭用テレビ受像器の普及に伴い、プロジェクタの動きも沈静化したが、カラーテレビの普及も一段落を遂げた1970年代から再びプロジェクタが見直されるようになった。

2.2 GE ライトバルブ

ライトバルブ [1] [2] とは文字通り光の弁であり、制御

信号により光の透過率や反射率が変わる光変調素子を用いて独立光源からの光を変調し画像を拡大投射するものである。GE ライトバルブはアイトホールから発展したもので、アイトホールと同様に油膜を使用しているが真空チャンバを電子管型式に封じきり、単電子銃、単一油膜、単レンズで一挙にカラー投射を可能にした、当時としては画期的なプロジェクタであり Talaria の商品名で市場にでた。高度な光学的技術を駆使し、装置を小型化して安定性を改善し、カソードの寿命は4500時間程度であったと云う。1.3KWの光源で、光出力2500lm、水平解像度800本、コントラスト比140:1程度の性能例がある。

2.3 ILA (Image Light Amplifier)

ILA [1] [2] は液晶を透過した光をミラーで反射させ、液晶を往復した光を投射するものである。入力映像はCRTにより光学映像に変換し、光学映像を電気信号に変換して液晶の光透過率を変調する反射型のプロジェクタであり、1970年代に米ヒューズ・エアクラフト社が開発したものである。CRTの光学映像をそのまま光増幅するように見えることから日本ビクターではILAをトレードマークとしており、国内ではこの名称が浸透している。CRTは、輝度を上げるとビームが太くなって解像度が低下し、TFT (Thin Film Transistor) 液晶は解像度を上げようとすると開口率が低下して輝度が低下するのに対し、ILAは解像度を決定する画像の入力系と、輝度を決定する出力系を分離させ、解像度と輝度の相互干渉を排除する構造であるため、解像度と輝度を両立させることが可能で、高いコントラスト比を得ることができるとしている。光出力12000ANSI-lmの製品もあり、つい最近まで大型プロジェクタの首位の座を占めていた。

2.4 透過型液晶プロジェクタ

透過型液晶プロジェクタ [3] はスライド映写機のフィルム面を液晶パネルに置き換えたもので、1989年頃には液晶パネルを3枚用いたプロジェクタが商品化された。従来のプロジェクタが走査線をベースに表示したのに対し、透過型液晶プロジェクタは基本的に画素の概念に基づくドットマトリックス型の素子であり、パソコンが生成する画像との相性も良い。近年ノートパソコンの普及に伴いプレゼンテーション手法に革命を起こす程になり、急速な普及と性能の向上が続いている。1000ANSI-lm程度の製品が多く、現在、小型乃至中型のプロジェクタとして棲み分けが進みつつある。

2.5 DLP (Digital Light Processing)

プロジェクタ DMD [4] (Digital Micromirror Device) は元々レーザープリンタ用のデバイスとして、米TI社が開発に着手したもので、その後、用途を表示素子に転換し1995年からプロジェクタ向けにチップの供給を開始した。1996年には英デジタルプロジェクション社が投写型プロジェクタとして初めて製品化した未だ歴史の浅いものである。DMDはSRAMメモリーチップ上に $16 \times 16 \mu\text{m}$ のアルミ製の微小ミラーを100万個以上も集積したもので、ミラーを ± 10 度傾ける事により、光を反射するか、しないかの2値(いわゆる1/0)動作により、デジタル映像を直接デジタルの光信号に変換するものである。階調は光をパルス幅変調することで得ており、目の積分効果、表現を変えれば目の中でデジタル/アナログ変換して画像として認識するものである。このDMDを使用したプロジェクタを米TI社ではDLPと呼んでいる。DLPはフルデジタルで処理する事が可能であり、光の利用効率が高く、描画速度も速く($10 \mu\text{s}$)忠実な階調性を持ち、静止画から動画まで高画質な映像を得ることができる。2000年4月、TI社はDMD素子の累計出荷台数が35万台に達したと発表した。因みに99年の出荷台数は15万台であり、2000年は30万台になると予想している。この様にDLPはその素性の良さにより大型プロジェクタの分野では瞬く間に市場を席巻したが、デジタル化の波を背景にエレクトロシネマ、更に、家庭用受像器(リアプロジェクタ)を最大のターゲットに設定しており、小型から大型に至るまでプロジェクタの全分野に進出を図ろうとしている。

2.6 反射型液晶プロジェクタ

反射型液晶パネル [5] は液晶を通過した光を画素電極(ミラー)で反射させ、液晶を往復した光を投射するものである。ILAがCRT光で液晶の透過率を制御したのに対し、反射型液晶パネルは映像信号を電気信号のまま画素電極に印加して液晶の透過率を制御する。構造は、液晶を駆動する電子回路を予め焼き付けたSIウエーハ上にアルミ製の反射ミラーを形成し、このシリコン基板とガラスの間に液晶を挟んだ構成となっており、シリコン・ベースド液晶などと呼ばれている。1997年11月、日本IBMと日本ビクター、そしてパイオニアの3社は、ほぼ同時に反射型液晶プロジェクタ(IBMはエンジンのみを製造)を発表した。開口率も高く、現在90%を越えるものもある。透過型液晶やDMDと同じく画素の概念に基づくドットマトリックス型の素子であり、切れの良いすっきりした映像を得ることができる。この素子をビクターではD-ILA

(Direct Drive Image Light Amplifier)と呼んでおり、現在4000ANSI-lm、1365×1024画素の製品等がある。

2.7 CGS (Continuous Grain Silicon)

1998年、シャープと半導体エネルギー研究所は共同でCGS [6]と呼ぶ新しいシリコン材料を開発した。CGSは半導体内を移動する電子のスピードが速く、超小型高精細ディスプレイから大型超高精細ディスプレイまで、全てをデジタルで駆動する回路を液晶基板上に組み込むことが可能になり、これまで単結晶シリコン上でしか形成できなかった高速・高密度のLSIをガラス基板上に製作する可能性が開けたとしている。TFT液晶ディスプレイとその処理回路の全てを1枚のガラス基板上に一体形成することが可能になれば、インターフェースなどの周辺回路をも組み込んだ「システムオンパネル」を実現することが可能であり、新たな素子の台頭として注目される。99年末には高速の多結晶SI—TFT技術を使った60時のリアプロジェクタを製品化している。

3 デバイスの特徴

3.1 CRT

現在、CRTはハイビジョンをフルスペックで表示することのできる唯一のデバイスであり、その画質の良さ故に今日に至るまで需要を維持してきた。反面、地磁気の影響を受けやすく、焼き付きが発生するほか、コンバージェンスの調整も難しく、輝度を上げるとビームが太くなって解像度が低下する等の弱点を持つ。とりわけ輝度(光量)不足は否めず、高輝度大画面時代の到来と共にその存在感も薄らいできた。今やCRTプロジェクタも製造中止の報が相次いでおり製造メーカーもわずかとなった。

3.2 液晶

液晶は、基本的に単一偏波面(p波又はs波)の光しか利用することができないため、全光束の半分は捨てることになり、光の利用効率が悪い。また描画速度も遅く一般論として動画に不向きといえる。階調を得るのも難しく現状では基本特性として不利な材料がある。反面、地磁気の影響を受けず、焼き付きも無く、CRTと異なり光源光量を増すことにより一定の輝度を得ることができる。チップサイズは小さくプロジェクタをコンパクトに構成することもできる。なお、P波とS波を加算することにより光の利用効率を倍化する試みもある。

3.3 ILA

ILAは映像をCRT光で液晶に書き込む構造上、CRTと液晶両者の得失を併せ持ち、地磁気の影響や、焼き付き、そして描画速度も不足し、設置調整に時間を要す。解像度を決定する画像の入力系と輝度を決定する出力系を分離したことにより、解像度と輝度を両立させることができるのが最大の特徴である。また、光の利用効率も高く、熱吸収が少ないため明るい光源を使用することができ、画素分割がないためあらゆる入力信号に対応できるとしている。書き込みにCRT光を利用するためハイビジョンをフルスペックで表示することが可能であり、またCRTの偏向を制御することにより容易にキーストン歪みを補正することができるという利点もある。

3.4 透過型液晶パネル

透過型液晶パネルは開口率が明るさの決め手となる。精細度(画素数)を上げようとすれば、バスライン等が占める無効部分の面積が増加して開口率が低下すると云う二律背反の課題を持つため、開口率の向上と画素数の増加を両立させることは難しい。また無効面積の増加は発熱の要因にもなる。製造技術の進歩により開口率も徐々に向上してはいるものの現状ではDMDや反射型液晶には見劣りする。現在、画素毎にマイクロレンズを集積して、見かけ上の開口率を上げようとする試みもある。小型コンパクトでシンプルな構造であり設置調整に時間を要しない。

3.5 反射型液晶パネル

反射型液晶パネルはバスラインなどの無効部分が反射ミラーの裏側に位置するため開口率が高く、透過型液晶パネルでは困難であった解像度(画素数)と輝度(開口率)の向上を両立させることができる特徴を持つ。素子として液晶を使用するため液晶の弱点も持ち合わせるが、光学系を含め小型コンパクトであり、集積度の向上が比較的容易で、90%以上の高い開口率を得ることができ、そのぶん輝度を向上することができる。反射型液晶パネルを使ってプロジェクタを構成するには液晶に入射する光と反射した光が同じ光路を通る構造にする必要があり、透過型パネルに比べ複雑な構造となるが、設置調整に時間を要しない。なお、VA (Vertically Aligned) 配向の液晶を採用することによりコントラスト比が高く応答速度を向上した製品もある。

3.6 DLP

DLPはフルデジタルで処理することができるのが最大の

特徴であり、デジタル時代にマッチしたデバイスと云える。光の利用効率が高く、描画速度も早く、忠実な階調特性を得ることができ、設置調整に時間を要しない。反面、画素数に比例してチップサイズが大きくなり、レンズのサイズも大きくなるが、現状では画素数を増しながらチップサイズを小さくすることは難しそう。DLPはフルデジタルが売りであるが、現実には画素数変換時にアナログに戻して処理する製品が多く、画質の劣化要因となるだけに惜しまれる。

3.7 光源

光源の性能はプロジェクタにとって極めて重要な要素である。光学的には発光効率と演色性が良く、点光源に近く、寿命が長く、取り扱い易く安価であることが望まれる。光源として従来メタルハライドランプが使用されてきたが、最近ではUHP (Ultra High Power) ランプへと移行している。UHPはメタハラに比べ約3倍の効率を持ち、120WのUHPが350Wのメタハラに相当する。UHPはコンパクトで明るく、点光源に近く、効率も良く、寿命も長い。演色性については赤色が不足するとされている。演色性よりも効率を重視する小型乃至中型プロジェクタの分野では現在UHPが主流となりつつある。

キセノンランプは高輝度で大出力を要するものに適し、点光源であり、スペクトルが自然光に近く優れた演色性を持つ。反面、ランプ電圧が低いため電流値が大きく点灯回路が大型化し、効率も低く高価である。画質を重視する大型プロジェクタの分野では現在殆どがキセノンランプを採用している。

なお、スクリーンは従来、光量不足を補う目的からスクリーンゲインの高いものが使用されてきたが、ゲインを上げると「ぎらつき」が増し、見る角度により輝度が変化することから、高輝度プロジェクタ時代の到来と共にスクリーンゲインも低めのものが使用されるようになった。

3.8 共通の課題

現在主流となりつつある表示素子はドットマトリックス型の素子であり、アスペクト比は全て3:4の構成となっている。この素子で9:16のハイビジョン映像を映写すると、垂直方向の走査線(画素数)が25%無効となり、映写に寄与する画素数、ひいては画面全体の解像度を大きく損なうことになる。ハイビジョンの高精細映像を忠実に表示することのできる9:16の素子が望まれる。

また、これらの表示素子は画素数変換が不可欠であるが、一般に再サンプリングで処理されるケースが多く、画

質の劣化要因となることが懸念される。

更に、プロジェクタの殆どはオーバースキャンに設定されており、その量もメーカーや機種で様々な状況にある。複数のプロジェクタの映像をスクリーン上でつなぎ合わせて一つの大画面映像を実現するようなニーズも多く、このオーバースキャンを可能な限り少なくすることも望まれる。

4 今後の展望

DLPや液晶など現在主流となりつつある表示素子でハイビジョンをフルスペックで表示可能なものは見あたらないが、2001年には画素数を315万画素(QXGA:2048×1536)に向上し、ハイビジョン(1920×1080)をフルスペックで表示することのできる素子が登場する予定だ。また、一般的なTN(Twisted Nematic)型液晶は応答時間が数十msと長く動画を表示した際に残像感があるが、材料の改善等による高速化も着実に進んでおり、IPS(In Plane Switching)やVA配向で20~25ms以下が得られている。フラットパネル液晶ディスプレイでは既に応答速度15msの製品もあり、プロジェクタの高速化も早晚達成されるものと思われる。

単結晶シリコンウエハと液晶を組み合わせた反射型素子の開発も盛んである。応答時間が数十 μ sと短い強誘電性液晶[7]を採用する試みもあり、新しい表示モードの開発により、応答時間12ms、コントラスト比1000:1が実現できたとの報告もある。この素子は、開口率も高く画素の集積度を高めやすいと云う特徴から、大画面ディスプレイ用表示素子として今後大いに注目される。

DMDを用いたDLP技術では、1板式DLPシステムの回転板に透明なフィルタを加えることで輝度等が改善できること、またスプリングチップの採用によりDMDの寿命は10万時間に達することなどの報告もある。なお、既にミラーサイズを14×14 μ に小型化し、開口率とコントラスト比を向上したチップの出荷が始まった。

TFTやTN液晶の課題を材料面から克服する試みとして、強誘電性液晶を用いたディスプレイの実用化も始まった。強誘電性液晶はTN液晶に比べ3桁以上の高速応答と2値のメモリー動作を示すためTFTなしで高精細ディスプレイを実現できる可能性がある。

また、TN液晶や強誘電性液晶は、偏光板を使用するため全光束の半分以上をロスするが、PDLC(Polymer Dispersed Liquid Crystal)は無偏波の光をそのまま変調することができるため、偏光板を用いる従来の液晶素子に比べ2倍以上に明るいディスプレイを実現することができる。応答速度も速く、DMDに代替し得る素子として注目

される。

更に、DMDに似た素子としてGLV (Grating Light Valve) がある。DMDとGLVの違いは光路を制御する手法にあり、DMDはミラーの傾きを変えて光路を制御するのに対し、GLVでは短冊状のシリコン片を数本並べた回析格子により、光を回折させるか、させないか、で光路を制御する。GLV素子はオンとオフの2値動作で表示するという点ではDMDと同じくフルデジタル化が可能であり、素子の応答時間は20nsと早く、1920×1080画素の画面を60フレーム/秒で表示できるという。光源にはR、G、Bの半導体レーザを用いて実用化されようとしている。このように、より高画質で高性能なプロジェクタの実現に向け、様々な試みがなされており、今後プロジェクタの勢力図は大きく変化する可能性もある。

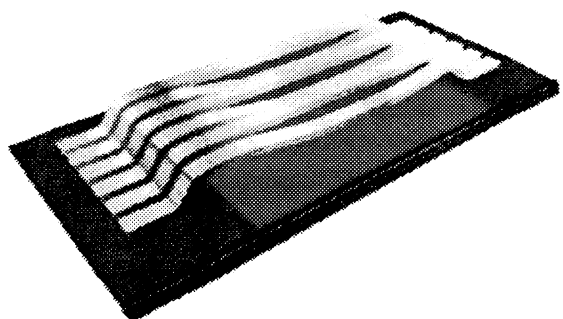


図1 GLV素子米 SiliconLightMachines社が開発したGLV素子(1画素分)、リボンがたわむと回析格子として働き、画素がオンとなる。(Nikkeibp.co.jp-DisplayWorldから引用)

5 むすび

プロジェクタはいま最も進化の激しい分野の一つである。今や700ANSI-lmのSVGA/液晶プロジェクタは40万円を切り、5000ANSI-lmのXGA/液晶プロジェクタが300万円の時代が到来した。ITが叫ばれる昨今、21世紀は新たな映像情報メディアの時代となり、その中に占める

プロジェクタの役割は大きい。液晶も日々進化を遂げている。強誘電性液晶やPDLCへの期待もあり、GLVからも目が離せない。高輝度、高画質で効率が良く、ハイビジョンフルスペックでフルデジタルの安価なプロジェクタが待たれる。

参考文献

- [1] 上貞良二・他、ライトバルブ投写型ディスプレイ、テレビ学会、Vol. 38、NO. 1、PP17-20 (1984)
- [2] 若月一晃、ライトバルブ、テレビ学会、Vol. 45、NO. 2、PP175-179 (1991)
- [3] 合田 研、液晶投写型ディスプレイ、テレビ学会、Vol. 45、NO. 2、PP170-175 (1991)
- [4] 新地 修、デジタルマイクロミラーデバイス、情報メディア学会、Vol. 51、NO. 4、PP479-483 (1997)
- [5] 田野倉保雄、反射型液晶パネルを使う投写型ディスプレイが登場、日経エレクトロニクス、Vol. 707、NO. 1.12、PP49-52 (1998)
- [6] 伊藤政隆・他、システム・オン・パネルの道拓くシャープのCGSの詳細、日経マイクロデバイセス、6月、PP122-129 (1998)
- [7] 和 慎一、FLCが拓く新しい液晶ディスプレイの可能性、月刊FPDインテリジェンス、9月号、PP62-66 (1998)

【略歴】

1958年NHKに入局、技術現業(VTR)を経て1980年技術局・技術開発センターで放送システムの開発に従事、1996年退職、同年(株)NHKテクニカルサービスに入社、ハイビジョンLEDディスプレイの開発、超大画面システムの開発等に従事、現在、デジタル技術開発室・施設システム部長。小型高輝度液晶データプロジェクタ