



アクティブ方式立体視とプロジェクタ

佐藤弘則

日商エレクトロニクス



1. はじめに

液晶シャッターメガネと短残光CRTプロジェクタによるアクティブ方式立体視は、左右のダイナミックレンジ(Open/Close比)が大きいことや使用するスクリーンの偏光特性による影響が少ないことなどが最大のメリットである。また、偏光フィルターを用いるパッシブ方式に比べて色や明るさの均一性が保てるなど、画質を優先する用途に最適な方式と思われる。

弊社では、米国Stereo Graphics社の液晶シャッターメガネ(CrystalEYES)とカナダChristie Digital Systems社(旧Electrohome社)の短残光CRTプロジェクタ(Marqueeシリーズ)を使用したアクティブ方式立体視をCAVEなどのVRシステムとして提供している。しかし、最近のLCDやDLPプロジェクタに比べてCRTプロジェクタの明るさが劣ることや、時分割映像を送出する画像生成装置もハイスペックなものが必要なことからシステム全体も高額なものとなり、より安価なVR表示システムの提供も要求されている。

本文では、VRシステムの提供側として経験してきた現状のアクティブ方式立体視における問題点と他の表示デバイスでの応用について考察してみたい。

2. アクティブ立体視とCRTプロジェクタ

2.1 画像生成装置とプロジェクタの性能

単一モニターに上下2分割の視差映像を表示し、垂直同期を2倍に変換して立体視する場合は、PCなど比較的安価な画像生成装置(Image Generator)を使うことで構築できる。ただし、プロジェクタは通常のリフレッシュレートの倍(例えば60Hz×2=120Hz)の垂直同期に対応している必要がある。

上下分割映像の立体視変換では、垂直方向の解像度が1/2以下となるが、Non-Stereo時の解像度を維持しながらアクティブ立体視を行う場合は、水平同期も2倍以上にする必要がある。

ONYX2の代表的な時分割立体視のビデオフォーマットを表1に示すが、SXGAの解像度で120Hzの時分割映像を生成する場合、水平同期は131KHz、ピクセルクロックは約210MHzで出力される事になる。従って、使用するプロジェクタは、最低でもfV=120Hz、fH=132KHz、ビデオ帯域=105MHzに対応できる性能が必要になる。もちろんCRTの残光時間も120Hzに対応できる性能が必要となる。

表1 時分割立体視のビデオフォーマット

Video Format	1024x768_96s	1024x768_120s	1280x1024_96s	1280x1024_120s
Total Lines/field	807lines(10.4167ms)	807lines(8.3333ms)	1093lines(10.4167ms)	1093lines(8.3333ms)
Vert Sync+Back Porch	36lines(0.465ms)	36lines(0.372ms)	66lines(0.629ms)	66lines(0.503ms)
Vert Active Lines	768lines(9.9136ms)	768lines(7.9306ms)	1024lines(9.7591ms)	1024lines(7.8073ms)
Vert Front Porch	3lines(0.039ms)	3lines(0.031ms)	3lines(0.029ms)	3lines(0.023ms)
Horiz Frequency	77.472KHz	96.84KHz	104.928KHz	131.16KHz
1 Line Period	12.9079us	10.3263us	9.53034us	7.62428us
Vert Frequency	96Hz	120Hz	96Hz	120Hz
Pixel Clock	99.1642MHz	123.955MHz	167.885MHz	209.856MHz

2.2 CRTの残光特性

Marqueeシリーズでは、Green CRTを短残光CRTに換装することでアクティブ立体視対応プロジェクタとして提供しているが、実際にどの程度の残光特性であるのかを測定する事とした。

測定方法としては、図1の様にクロスハッチ映像の水平ライン上にフォトダイオードを置き、その電流（電圧）を

オシロスコープでモニターするという非常に単純な方法をとった。ライン周期=約33 μ s、投影サイズ=約2000mm、フォトセルのサイズ=約2mmから、計算上約33nsのパルスを検知しているはずである。オシロスコープのリファレンスの設定は、ピーク値を100%とし、100%から10%になる時間を立下り時間=残光時間とした。

実際の測定波形を図2(1)-(4)に示す。また、その数値データ及び式差計と白色校正板で色度座標を測定した結果を表2にまとめた(注：測定結果には多少の誤差があることをお断りしておく)。

NormalのGreen CRTの立下り時間は約4.8msあるのに対して、短残光Green CRTでは約1.2msとなる。これに対

表2 CRT残光特性測定結果

CRT	Rise Time	Fall Time	CIE x	CIE y
Red	31.37 μ s	2.422ms	.6316	.3664
Normal Green	77.87 μ s	4.892ms	.2830	.6038
Blue	1.790 μ s	20.37 μ s	.1394	.0607
短残光 Green	19.12 μ s	1.203ms	.3249	.5751

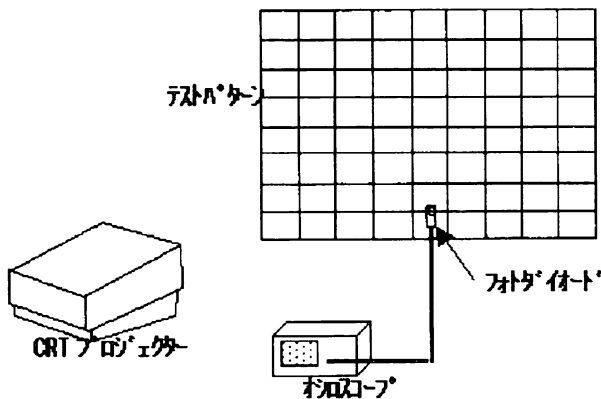


図1 残光特性測定方法

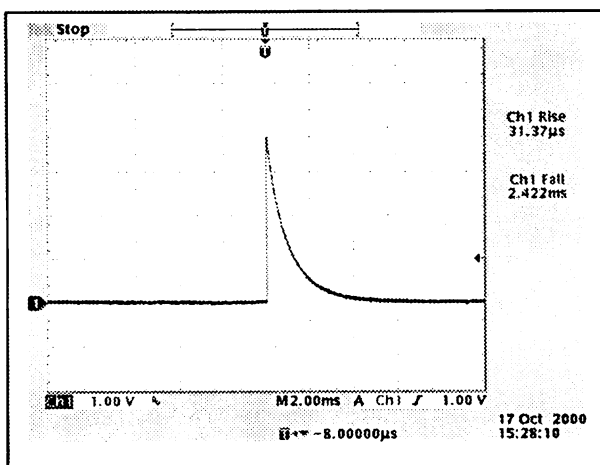


図2 (1) Redの測定波形

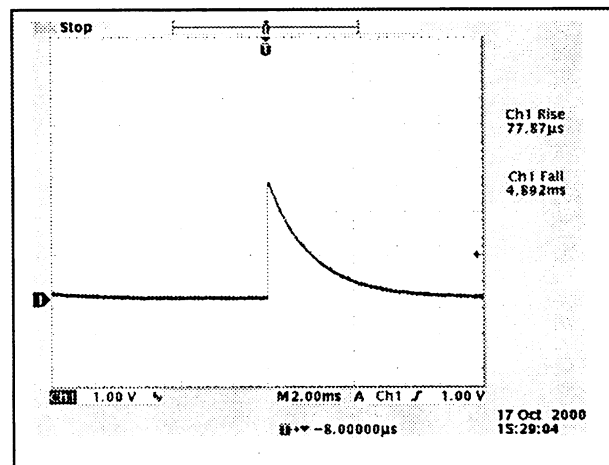


図2 (2) Normal Greenの測定波形

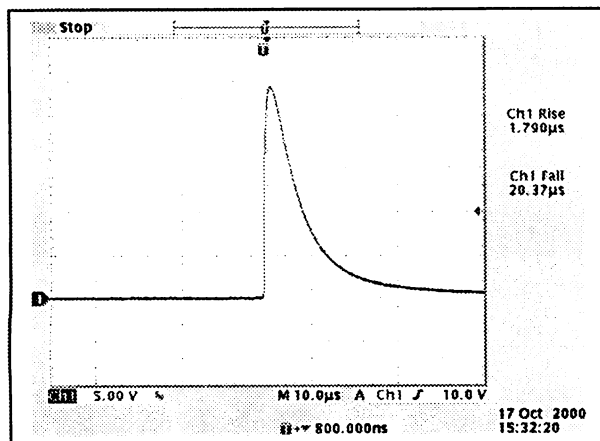


図2 (3) Blueの測定波形

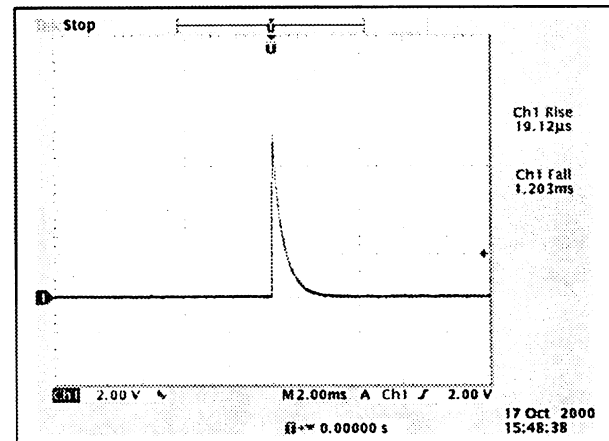


図2 (4) 短残光 Greenの測定波形

して未換装のRed CRTの残光は2.4msあり、フレームレートが高いとRedの残光が問題になる可能性がある。また、Greenの発色特性では、色度座標が $(x=.2830, y=.6038)$ から $(x=.3249, y=.5751)$ となり少し黄色味を帯びたGreenとなる。

2.3 液晶シャッターの開閉時間

この値も実測データでの検証を考えたが、CRTと同色の単色光源の環境を設定できなかったためメーカー仕様を参照する。CrystalEYE2において、開時間は3ms以下、閉時間は0.2ms以下となっている。シャッターが完全に開くまでの時間が比較的長いことから、ラスタースキャン映像の上部が帯状に暗くなる現象がある。実際には、短波長の青は液晶の開放途中でも透過する部分があり、帯の一部は見える。

3. 現状の問題点と回避策

液晶の開時間が閉時間に比べて長いことは、液晶シャッターとCRTプロジェクタによるアクティブ方式立体視の問題点である。

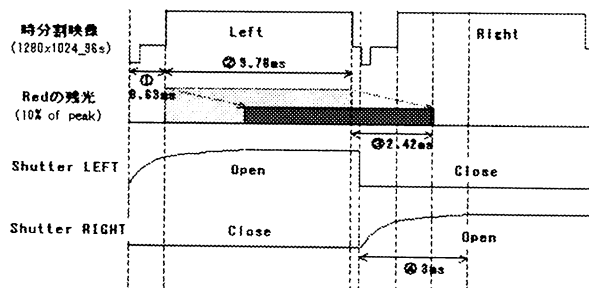


図3 時分割映像とシャッターリング

図3に示す1280×1024_96sのビデオフォーマットにおけるタイミングチャートで、シャッターの全開時間が④(3ms)とすると左眼映像のRedの残光③(2.4ms)は無視できる可能性がある。問題となるのはシャッターの開時間の遅れにより暗く見える時間④(3ms)−①(0.63ms)=2.37msであり、有効ライン②(9.76ms)の約25%に相当する。液晶のシャッターの応答特性を測定しないと判らないが、有効ラインの5%から20%がこの影響を受けると思われる。リフレッシュレートの選択(96Hz/120Hz)において、120Hzの周期は約8.33msとなり、96Hzの場合より大きい範囲で影響を受ける。この部分をブランキングなどで非表示にする事により、明暗のギャップを回避することができるが、実際には要求される解像度と立体視の目的

により判断する必要がある。

弊社のユーザにおいて、この問題点の回避策を講じた2つの実例を紹介したい。

3.1 CAVE

4面CAVEでは、正面、左右、と床面の立体映像で構築される。特に正面映像と床面映像の接続部分では、液晶の開時間による床面の暗い帯がギャップとなり立体視接続の邪魔となる。あるユーザでは、床面映像のラスタースキャン方向を180度回転させ、後方からラスタ表示させる様にした。これにより、液晶の開時間の遅延で発生する暗い帯を観察者の後方に移し、正面映像との接続部の輝度差を改善した。当然アプリケーション側で上下を180度回転した映像を生成できる必要がある。

3.2 2×2マルチ立体視

CAVEの様な立方体ではなく、2×2面のウォールシステムでアクティブ立体視を構築したユーザにおいて、上段映像のRedの残光と下段映像の暗い帯による接続部のギャップが非常に大きな違和感を与えた。結果的に1024×1024_96s (fH=102KHz)のビデオフォーマットを作成し、垂直方向の25%分をオーバーラップさせた画像を作り、プロジェクタのブランキング調整で上下接続部の残光と黒味を非表示にすることで改善した。実際には、上段映像の上側5%/下側20%、下段映像の上側25%にオーバーラップを設定した。実質有効ラインは、1024×0.75=768となり、単面の解像度はXGAとなるが、4面でQXGAの立体視が違和感無く可能となった。この場合もアプリケーション側でオーバーラップの表示設定ができる必要がある。

4. 他の表示デバイスによるアクティブ立体視

4.1 液晶プロジェクタ

液晶プロジェクタの場合は、液晶の応答スピードが長いため、単一プロジェクタによる時分割シャッターリング方式の立体視には向かない。しかし、左右独立した映像を2台のプロジェクタに表示させ、各レンズの前に液晶シャッターフィルターを取り付け、それに同期したエミッター、シャッターメガネを使用することで、アクティブ立体プロジェクションシステムを構築できる。

液晶プロジェクタは液晶パネル自身に偏光特性を持っている。3板式ではランプの光効率を上げるためGreenパネルの偏光とRed/Blueパネルの偏光方向が90度異なるものがほとんどである。このためパッシブフィルター同様、

液晶シャッターフィルターの直線偏光板の角度をうまく設定しないと、色合いが正確に再現できない。また、ダイクロミックミラーの光学特性によって偏光特性が影響を受け、コーナー部分で色むらが発生する。

このため、アクティブ方式で使用する液晶プロジェクタを選択する場合は、パネル及び光学系と液晶シャッターの相性を検証する必要がある。

4.2 DLP プロジェクタ

十分な調査を行っていないが、DLP プロジェクタについても上記と同じような方法でアクティブ立体視を構築できる可能性がある。しかし、DLP プロジェクタにおける色の再現は、各ピクセル（ミラー）の反射時間を利用するため、液晶シャッターの開閉周期とDLPのフレーム周期が完全に一致していないと、正確に再現されない色が発生する。例えば、ある色調で黄色と淡いブルーの色を時間軸で表現するとき、ブルーは短いデューティーでOnすることとなる。たまたま液晶シャッターの切り替え時間に当たると、その色は透過せず正確な階調を表現できなくなる。DMDパネルのフレーム周期のドライブ信号を液晶シャッターのドライブ信号として利用できれば、DLPプロジェクタをアクティブ方式で使用できる可能性は高いが、液晶シャッターの開閉速度に対する時間軸表現の補正も必要となる事が予想される。

5. むすび

高輝度を要求される立体視アプリケーションにおいて、CRTタイプでは明るさが不足し、2台スタック方式での使

用例もあるが、価格、スペース、調整等の問題がありあまり普及しているとは言いがたい。

原理的には、プロジェクタの光軸上にシャッターフィルターを置き、このシャッターリングされた映像と同期がとれたシャッターメガネで見れば立体視が可能であり、プロジェクタの表示方式（表示デバイス）は問わないはずである。現実には、レンズ口径に十分な大きさでかつ応答の速い液晶シャッターの入手が困難であったため、今まで実現できなかった。

弊社では、複数のメーカーより応答速度の速い液晶シャッターの供給を受け、国内2社の小型液晶プロジェクタ（1000ANSIルーメンクラス）とのマッチングテストを行った。液晶シャッターを2枚透過することによる光出力の減衰をもって十分な明るさが得られる事や従来と同じ程度のダイナミックレンジが得られた。この結果、液晶プロジェクタによるアクティブ方式の立体視システムを商品化し、低価格かつ高輝度のVR表示システムを提供することが可能であることをご報告して結びとしたい。

【略歴】

佐藤弘則

1985年日商エレクトロニクス入社、産業システム部配属フィルムレコーダ技術サポート従事。1987年プロジェクター技術サポート（Electrohome社）、シュミレータ表示系のシステム構築（NAT, S-NAT）、NTT監視制御表示系のシステム構築。1997年画像電子部配属、DLP、立体プロジェクター表示系サポート、現在に到る。