

液晶テレビ「アクオス」の最新表示技術

石原 將市

ディスプレイ技術開発本部 表示技術研究所

液晶ディスプレイは、薄型、軽量、低消費電力を特徴としたディスプレイであり、電卓、カメラ、ノートパソコン、テレビ、携帯電話等、様々な分野に応用されています。2010年には約12兆円の世界市場規模が見込まれ、なかでも市場の3分の1強を占める液晶テレビ市場は年率37%で伸びています*1。液晶テレビの開発は、これまでブラウン管テレビの画質に追いつくこと、放送規格に忠実に画像を再現することを目標に進めてきましたが、今では、ブラウン管テレビの画質に追いつき、更にはより自然に近い表現も可能となってきました。本稿ではシャープ液晶テレビAQUOSに搭載されている最新液晶表示技術を紹介するとともに、液晶テレビの今後を展望します。

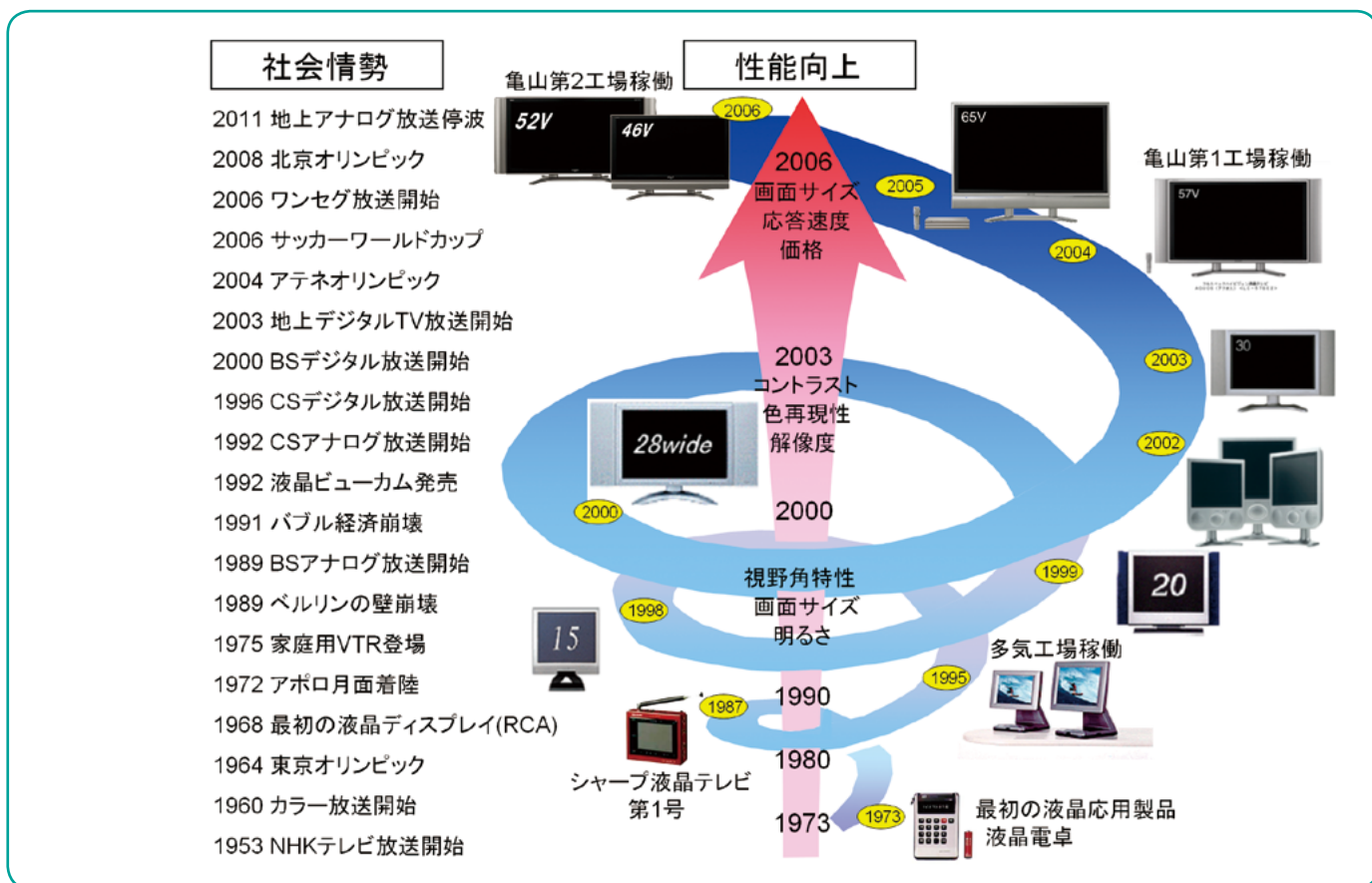


図1 シャープ液晶テレビの歩み

ブラウン管テレビから液晶テレビへ

1953年にNHKがテレビ放送を開始して以来、約半世紀が過ぎました。

人間が外界からの情報を得る場合、その約85%は視覚を通して入手すると言われていますが、テレビの出現はまさに私たちの生活

スタイルを一変させました。居間にいながら世界中の出来事を知ることが出来ますし、映画、演劇などの鑑賞を多くの人たちと同時に体験することも出来ます。

1970年代に入って、折からの高度経済成長の波に乗り、テレビはまたたく間に広く国民に行き渡り、今では生活必需品として、無くて

*1 液晶テレビ市場伸び率
ディスプレイサーチ社予測。

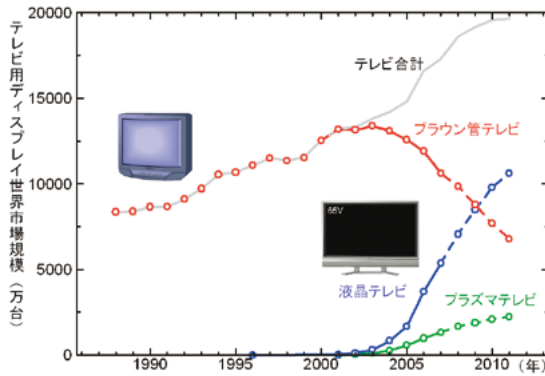


図2 テレビ用ディスプレイの市場規模
(出所：社団法人 電子情報技術産業協会 AV主要品目
世界需要予測)

はならない存在になっています。しかしながら、より迫力のある臨場感に富んだ画像を楽しむには大画面高精細が必須であり、テレビは次第に大型化していきました。当時のテレビはブラウン管(CRT^{*2})テレビであり重さ、奥行き、消費電力量の点で大型化の限界が指摘され始めていました。

シャープの液晶ディスプレイは電卓用のディスプレイ(1973)としてスタートし、最初の液晶テレビは1987年に発売した3型液晶テレビです。その後の20年間、「ブラウン管テレビを液晶テレビに置き換える」を合言葉に、スパイラル戦略^{*3}により多くの液晶テレビを世に送り出して来ました。図1にシャープ液晶テレビの歩みを示します。

薄型、軽量、低消費電力を特徴とした液晶テレビは表示品位の革新とも相まって、多くのお客様に支持され、今では年間5400万台の市場規模となっています^{*4}。図2の折線グラフは液晶テレビ市場の推移であり、年率78%の大きな伸びを示しています。液晶テレビは、生産額においては既にブラウン管テレビを追い越しており、2009年には台数においても追い抜くことが確実視されています。

大画面・高画質化が進む 液晶テレビ

シャープ液晶テレビは、これまで3型~65型までのラインアップを揃えています。技術革新による表示品位の向上、コンテンツの高画質化、地上波デジタル放送、BSハイビジョン放送の普及、及び市場価格の低下とともに、大画面化が急速に進展しています。図

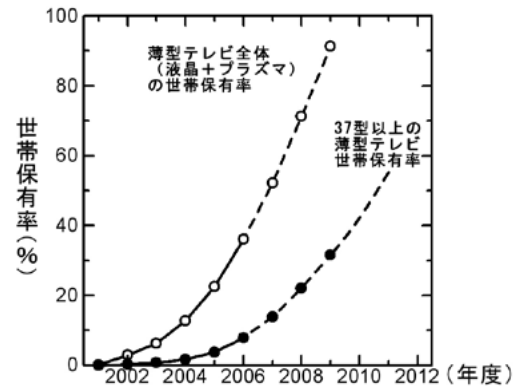


図3 薄型テレビの世帯保有率(出所：当社予測)

3は37型以上の液晶テレビの世帯保有率の年度別推移を表しています。2006年頃から液晶テレビの大型化傾向が顕著になってきています。

液晶テレビ第1号(1987)の発売以来、液晶テレビの開発は、まさに高画質化への挑戦の歴史でもありました。液晶テレビが大型化し、より臨場感が求められれば求められるほど、より高い表示品位が求められます。即ち、

①テレビを見る方向・角度により、表示が暗く、あるいは白っぽくならないこと、また色あいが変わらないこと(視野角特性)、②野球・サッカーなどの動きの速いシーンでも画像が流れないこと(動画性能)、③明るいいりビングルームでも、暗い寝室でもメリハリのある画像が得られるとともに、漆黒の闇を背景に空を飛ぶカラスでも容易に識別出来ること(コントラスト)、④原画に忠実に、より自然な画像が再現出来ること(色再現性、解像度)などの特性が求められています。

液晶テレビの高画質化技術

視野角特性

液晶テレビでは印加する電圧の大きさに応じて液晶分子の傾きを変化させ、これにより透過する光の量を制御して表示を行っています。一般に液晶分子は棒状であり、液晶分子が並んでいるということは、本質的に見る角度により異なって見えることを意味しており(図4)、どこから見ても違和感なく同じように見えるために種々の工夫がなされています。

図5に画素内での液晶配向の様子を示し

*2 CRT

Cathode Ray Tubeの略、内壁に塗布された蛍光体に電子線を照射し、発光させる表示装置。陰極線管のこと。1897年Brownが発明したことより、ブラウン管とも呼ばれる。

*3 スパイラル戦略

新技術の開発により新デバイスを開発し、それを応用した革新的な商品で新たな需要を創造する。さらに、その商品で得た情報や要望をフィードバックし、更なる新デバイスを開発するという戦略。

*4 液晶テレビ市場規模

社団法人 電子情報技術産業協会 AV主要品目世界需要予測。

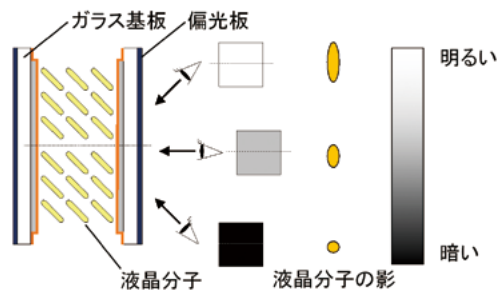


図4 液晶ディスプレイの視角依存性

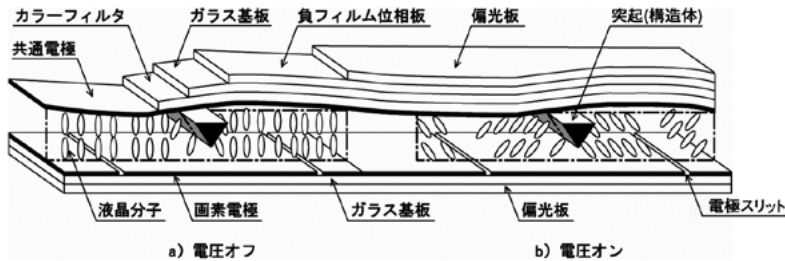


図5 液晶テレビ画素内での液晶配向

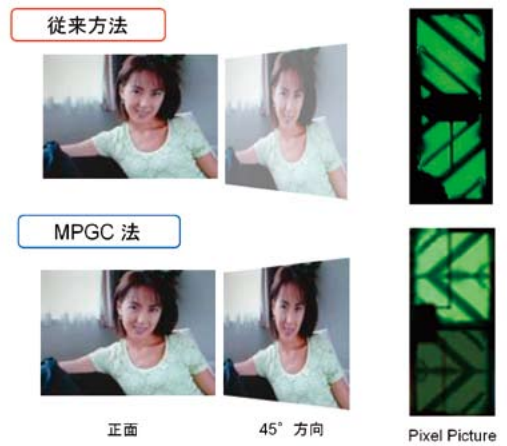


図6 MPGC法による視野角特性の改善 (MPGC: Multi Pixel Gamma Control)

ます。画素内に傾斜面を持った複数の突起(構造体)と電極スリットを設けることにより、電圧印加により液晶分子の倒れる方向を左右に分割させています。実際の液晶テレビでは、突起や電極パターンをジグザグ状に配置して、液晶配向を4分割しています。これにより、どこから見ても常に液晶分子を全方位から見ることで、視角依存性のない画像を得ることが出来ます。また、画素内で液晶が倒れ始める電圧が違う領域を設けるマルチ画素技術 (MPGC^{*5}) の採用により、斜めから見ても自然な肌合いが再現されています (図6)。これらの画素設計、およびパネルの光学設計の最適化により、上下176°、左右176°の幅広い視野角範囲^{*6}において、違和感のない美しい画像を達成しています。

コントラスト比

私たちの感ずる画質はコントラスト比に大きく影響されます。コントラスト比が小さいと、黒や黒近傍の低階調が表示される画面において、光漏れにより画質が劣化します。

言うまでもなく、コントラスト比は白輝度と黒輝度との比であり、前者は液晶パネル透過率、カラーフィルタ透過率、及び偏光板透過率で決まります。一方、黒輝度は液晶パネル内の各光学要素内、あるいは各光学要素間

の散乱、透過、及び反射の程度で決まり、パネルの基本的な光学設計を終えた段階では、この黒レベルがコントラスト比を決定付けると言っても過言ではありません。

液晶ディスプレイでは表示原理からして偏光板の偏光能力によって基本的なコントラスト比の限界が決まります。現在では偏光板の能力は30,000:1以上のコントラスト比が実現できるレベルにまで改善されてきていますが、これまでの液晶ディスプレイでは1,000:1程度のコントラスト比しか得られませんでした。

この原因は、セル中を通過する光が散乱、反射、複屈折^{*7}などによりその偏光状態が変化するためであり、これら原因の約1/3はカラーフィルタ中に存在します。カラーフィルタ中に分散されている顔料の粒形が大きいと偏光された光が顔料によって散乱され偏光状態が変化し、本来遮断される光が出射側の偏光板によって遮られることなく漏れて出てしまいます。そのほか画素内に形成された種々の段差など、カラーフィルタ以外にも液晶セルの内部にはさまざまな偏光状態を変化させる因子があり、これらを対策することによって、最近では3,000:1のコントラスト比が得られるようにまでなってきました。

もっとも、これらは「暗室コントラスト」の数値です。一般家庭でのテレビ視聴では、真っ

*5 MPGC

Multi Pixel Gamma Controlの略、1画素を2分割し、各領域での電圧-透過率特性を違えることにより視野角特性を向上させる手法。

*6 視野角範囲

コントラスト比が10:1以上を示し、階調反転の起こらない視野角範囲。

*7 複屈折

透明なフィルムでも内部に歪みがあると通過する光の偏光状態が変化する現象。

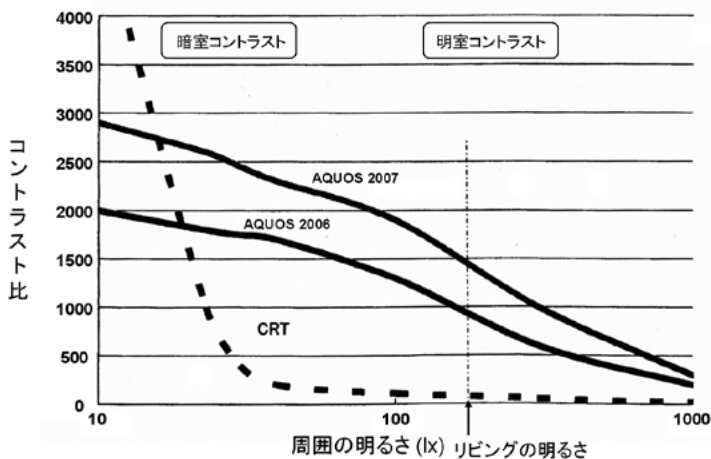


図7 周囲の明るさによるコントラスト比の変化

暗な室内というケースはあまり考えられません。図7は、周囲の明るさを変化させた場合のブラウン管テレビと液晶テレビのコントラスト比を比較したものです。周囲が真っ暗な暗室でコントラストを比較すると、ブラウン管テレビは非常に高い値を示しますが、一般家庭のリビングルームの照度200lx～300lxの環境で両者を比較すると、液晶テレビのほうがコントラストは高くなり表現力が出てきます。このリビングコントラスト*8は現在1300:1 (Rシリーズ) を達成しており、明るいリビングルームでも、液晶ならではの漆黒と光輝く色彩を再現出来るようになりました。

さらに、パネル自体でのコントラスト比向上の取り組みのほかに、暗い映像ではバックライト自体の輝度を低下させて見かけ上のコントラスト比を高めるアクティブバックライト制御技術にも取り組んでいます。

動画性能

従来より、ブラウン管テレビに比べて液晶テレビの応答が遅いと言われており、これを解決すべく様々な取り組みを行ってきました。

テレビ放送では、1秒間に60枚の画像が放送局から送信されてきます。即ち、16.7msごとに紙芝居のごとく画像が表示されています。液晶テレビで動画を表示した場合、よく「画像がボケる」と言われますが、この動画ボケは、

- ① 次の絵に切り替わっても正しく表示されるまでに16.7ms以上の時間がかかる、
- ② 表示される絵が切り替わる瞬間、これまで表示されていた画像と新しい画像とを同時

に見る、

ことによって引き起こされており、この両者を同時に解決しないと動画特性の向上は出来ません。前者の課題に対しては、液晶材料の粘度を下げるるとともに、液晶層の厚みを薄くすること、及び、電圧印加時の液晶分子の動きを予め予測して印加電圧を調整することにより、4msの高速応答を達成しています。

しかしながらこれだけでは、「絵が流れる」、「動画像がぼける」と言った問題は依然として残ります。これは液晶テレビとブラウン管テレビの表示方式の違いによるものです(図8)。

ブラウン管テレビでは電子ビームで表示面での蛍光体を励起発光させ画面内をスキャンすることにより画像を作るため、発光点は一瞬発光して消失し、16.7ms後に次の画像を表示させる電子ビームが照射されるまで発光しません(所謂、インパルス駆動)。即ち、人間の目には16.7msごとの点滅信号しか入りません。そのため、頭の中ではそれらを連続的につなぎ合わせる作業が行われて、残像感を感じない画像を形成しています。

一方で液晶ディスプレイの場合は表示されている画像は次の画像に書き換えられるまでの間は連続して表示が保持されています(ホールド方式)。そのため、瞬間的に次の画像に書き換わると、人間の目の残像効果により同時に前と後の2枚の画像を見ることとなり動画のボケとして認知されます。画面サイズが大きくなるにつれてボケ幅の絶対値も比例して大きくなるため、大画面の液晶ディスプレイでは動画品質を確保することが非常に重要となります。

このようなホールドモードに起因する残像感を解消する方法として、16.7msの表示時間内に短時間黒を表示する方法(図8b)と、倍速駆動*9を行う方法とがあります。前者は、輝度の低下やコントラストの低下を伴いますので、液晶テレビ AQUOS では後者を採用しています。

さらに AQUOS では新規なインパルス法を採用しています。この新駆動法の基本コンセプトは、倍速駆動とインパルス駆動を組み合わせたものです。図9に示しますように、放送規格の2倍、即ち、1秒間に120枚の画像を表示します。従来のホールドモードと比較すると、1枚の画像を表示する時間で、2枚の画像を表示するとともに、階調を表現する時、ホー

*8 リビングコントラスト

室内照度が200ルクス時のコントラスト比 (JISが定める居間での団らん、娯楽時の照度基準は150～300ルクス)。

*9 倍速駆動

1秒間に120枚の画像を表示する方式、放送局からは1秒間に60枚の画像しか送られて来ないため、残りの60枚の画像は独自開発のLSIによって前後の画像から中間画像を補間する。

ルドモード (図9 (a)) のように単純に輝度を変化させるのではなく、階調の増加に伴い、まず1枚目の画像の輝度を上昇させ、それが最大輝度に達したあとで、2枚目の画像の輝度を上昇させます。最大輝度は2枚の画像の輝度が最大の時で、従来と全く変わりません。このように、中間調レベルでインパルス効果を与えることが可能となります。特に、輝度が50%以下のところで、大きなインパルス効果を与えられ、動画表示性能を格段に向上させることが出来ます。

色再現性

ディスプレイにおいて重要な性能に色再現性があります。これまでは、ブラウン管テレビの色再現範囲が事実上の標準規格であり液晶ディスプレイにおいてもブラウン管テレビの色再現範囲を実現することが目標となっていました。

色再現範囲の規格としては初期に制定されたNTSC*10と放送で使用されているEBU*11があります。モニター用途やTV用途ではEBU比100%が標準の仕様であり、これはNTSCの72%の領域に対応します。

液晶ディスプレイの色再現範囲はバックライトのスペクトルとカラーフィルタの透過スペクトルで決まります。色再現という意味では現行の放送規格であるEBU比100%で問題ありませんが、液晶ディスプレイではさらに色再現範囲を広げることが可能であり、32型以上のAQUOSテレビでは、バックライトとして従来の赤、緑、青の他に深紅の光を出す4波長バックライトを用い、限りなく自然に近い色相を出しています。

また、現行の液晶テレビでは1つの絵素は赤、緑、青の3つの画素からなっており、各画素の濃淡(256階調)の組み合わせで16,777,216色の色を表現しています。これに対して、4原色、5原色と原色の数を増やす(1絵素中の画素数を増やす)ことにより、自然界の全ての色を再現することも可能となりました。このように色再現範囲を自由に設計できるのも液晶ディスプレイの特長の一つです。

解像度

よりリアリティのある映像を楽しむには、より高精細な映像も必須です。従来からのテ

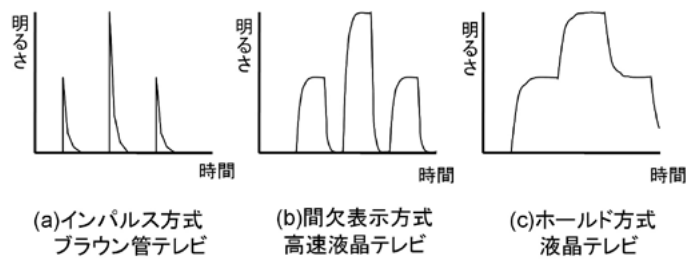


図8 液晶テレビとブラウン管テレビの表示方式の違い

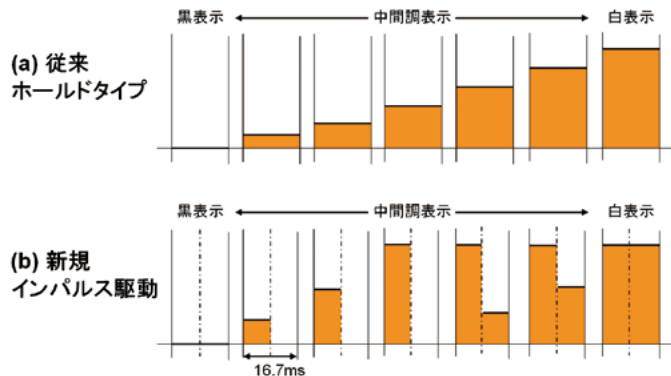


図9 新規インパルス駆動による高速応答化

レビでは放送規格により画面は横640×縦480の画素で構成されていましたが、昨今の画面液晶TVではハイビジョン放送に対応したFHD (Full High Definition: 1920 × 1080画素) が当たり前になってきています。例えば、42型FHDテレビでは1画素は150 μm × 200 μmの大きさとなります。

現在ハリウッドではデジタルシネマ規格*12 (Digital Cinema Initiative: 4096 × 2160) が提唱されています。この規格はフルスペックハイビジョンの約4倍という高精細ですが、シャープでは既に64型の試作機を完成させています。さらにNHKでは2015年から7680 × 4320画素のスーパーハイビジョン*13という次世代放送の試験を始める計画です。このように高精細化はますます進展していくものと思われます。

消費電力

地球環境保全の観点から、低消費電力化が強く求められています。65型のフルハイビジョンでは395kWh/年の年間消費電力量を達成し、省エネ法で定められた2008年度基準をクリアしています。将来的には、バックライト技術や光学設計技術により、40型クラスで

*10 NTSC

National Television Standards Committeeの略、地上波アナログカラーテレビ放送の方式を策定するアメリカの標準化委員会の名称。または、同委員会が1953年に策定した方式の名称。

*11 EBU

European Broadcasting Unionの略、ヨーロッパ放送協会、または同協会により策定された方式の名称。

*12 デジタルシネマ規格

ハリウッドの映画会社7社が加盟するDCI(Digital Cinema Initiative)という協会が決めた、デジタル映画を上映するための規格。

*13 スーパーハイビジョン

NHK放送技術研究所が開発を進めるハイビジョン(1920×1080画素)の次世代の超高精細映像システム(7680×4320画素)。



写真1 亀山工場全景

100kWh／年を目指します。

高性能液晶テレビは亀山から

現在、大型液晶テレビ AQUOSは業界最先端の製造技術を取り入れた亀山工場で作られています(写真1)。同工場は最新鋭の環境配慮型工場であり、ビルの外壁、及び屋上に太陽電池を敷き詰めるとともに、コ・ジェネレーションシステムを導入することにより、年間使用電力量の約3分の1を自家発電し、廃熱利用と合わせてCO₂の排出量を約40%削減しています。更に、製造工程で使用する水を100%循環利用するなど、先進の環境技術を導入しています。

また、同第2工場では、縦2160mm×横2460mmの第8世代ガラス基板を用いており、42型液晶パネル基板では8枚(52型液晶パネルでは6枚)を一括処理することにより製造コストの低減に努めています。

液晶テレビが作る新しい文化

液晶が初めて電卓に搭載されてから34年が過ぎ、今やその表示品質は、テレビ用途ではブラウン管を凌ぐほどになってきています。これまでは、いかに放送規格に合わせるかが開発の中心でしたが、これからはより忠実に自然を再現出来るディスプレイ、あるいはより自然らしく表現出来るディスプレイの開発を進めていきます。

機能面では、液晶本来の特徴を生かした、究極の薄型、軽量、低消費電力ディスプレイが求められており、積極的に研究開発を進めていきます。

テレビの大画面化・高精細化は更に進展し、これまでの「箱の中の映像を覗き込む」視聴スタイルから、「映像の中に入り込んだ」生活スタイルへと変わっていくでしょう。今後の液晶ディスプレイは感性を伝える、感動を与えるディスプレイでなければなりません。「壁掛けテレビ」は言うまでもなく、超大画面の「壁面テレビ」も夢ではありません。

インターネットとテレビとの融合は更に加速され、これまでの受動的な視聴スタイルから、見たい映像を見たい時に、と言った新しい生活スタイルが主流となってきます。更に、ワールドシリーズを現地で観戦しているのと同じ迫力、臨場感を味わうことも可能になってきます。

これら大容量の情報処理を可能とするインフラストラクチャーの構築が今後の課題です。

ブラウン管テレビ普及の歴史を見るまでもなく、今後液晶テレビは大画面化の一層の進展に並行して、中型機種分野においては、勉強部屋、台所などの各部屋にも浸透していくことが予想されます。2006年に比べ、2010年の大型液晶テレビ需要は約2.5倍であり、廃棄処理を含め省資源・省エネルギー・環境に配慮したテレビを目指していきます。