

色域表現について 松下電器産業（株） 先端技術研究所 本村秀人



1. 色域表現の必要性

ディスプレイシステムは、デバイス性能の向上とデバイス周辺回路のデジタル化に伴って、精細度、階調数、省スペース（薄型化）、画角バリエーションなど、限らない進化を遂げている。さらにユビキタスネットワークの進展は、様々な機器を制限なく接続可能にし、豊富な情報量を有するビジュアル・コミュニケーションが急速に普及している。

色彩情報はビジュアルコンテンツの内訳として重要な役割を持ち、色彩の正確さ・豊かさなど様々な角度からその質や量が問われる。ディスプレイシステムとしては、どのような要求スペックに応えられるように、色彩表現能力を高めることが重要であり、表示できる色の範囲、つまり色域を

広く持つことが一般に望ましい。たとえば、自然界の代表的な物体色をまとめた Pointer ガマツト¹⁾は色域評価基準として古くから用いられ、テレビ受像機の色域はこれらすべてをカバーしていないことが知られている。従って正確な色情報の伝達は色域の観点からは実現できていない。近年、正確な色表示、あるいは豊かな色彩表現力を目的に、広色域ディスプレイの開発が活発であり、色域の大きさや形状が多種多様になっている。

以上のように、色域は今後益々注目を集めるスペックとなるが、その表現方法はまちまちであり、一考の余地が残る。本稿は、色度図と色空間の関係を簡単に振り返り、色域表現の一方法について述べる。

2. 色度図と色空間

色を定量的に表記する色度図は、CIE 1931 表色系を中心に照明工学、画像工学等の分野で広く活用されている。 $(x, y) = (1/3, 1/3)$ を無彩色点とし、無彩色点から離れるほど色は鮮やかになり、無彩色点を中心とした回転方向で色相が変わる。このように色度図は色合いを示す機能を有するが、明度情報を表わすことができない。色表記の基本は CIE XYZ 三刺激値であり、3次元情報である。従って、色の表記は本来3次元空間で成されるべきであるが、2次元表記の色度図のように取り扱いが容易ではない。

色表記の次元数に加えて、色合いの均等性も重要である。つまり、色空間における幾何的距離と人間の色差感覚が対応していることが望ましい。CIE は均等性を向上した色空間として 1976 年に均等色空間 CIELAB と CIELUV を勧告した。色空間を1本化できなかったところに均等性確保の難しさが垣間見られる。さらに、色順応応答を考慮した色の見えモデル CIECAM97s, CIECAM02 (共に、CIE 国際照明委員会の技術報告書としてまとめられた) は色均等性の面においても改善されている。

以上より、ディスプレイの色域を表現する際には、均等性の高い3次元色空間を用いることが肝心である。

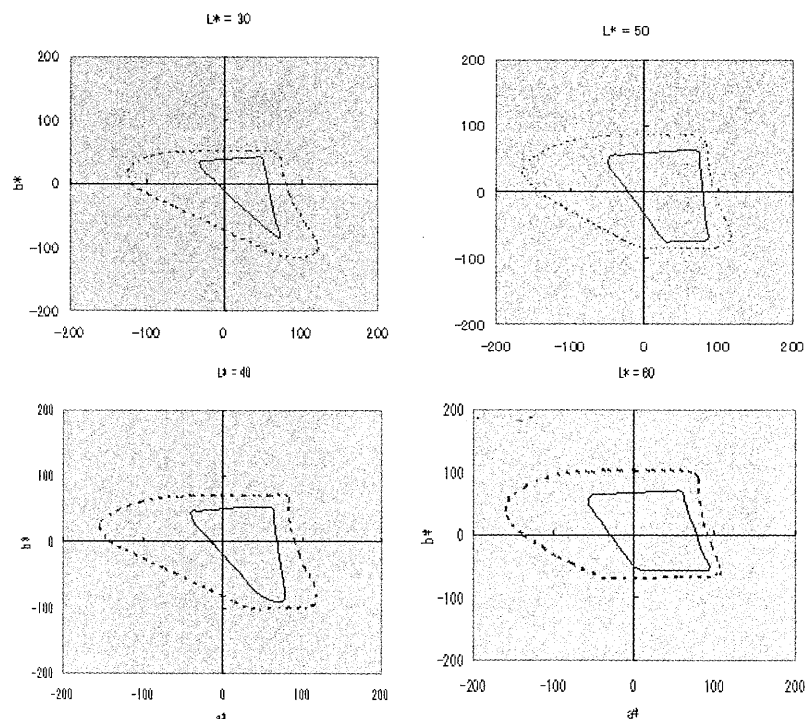


図1 sRGB色域のCIELAB空間における L^* 一定スライス面の一例。

$L^* = 30, 40, 50, 60$ の場合。

実線：sRGB, 点線：CIE2度視野等色関数に基づく可視域

3. 色域表現方法

色域の記述方法は未だ開発の途上にあり、標準的なフォーマットは存在しない。色域表面に位置する表示色をすべて測色すれば最高精度の色域表現が可能になるが、測色点数が膨大であり、現実的ではない。測色点数を少なくして非測定点を補間で与える場合、誤差が発生し、色域表現の精度が落ちる。ディスプレイの測色的入出力特性をモデル化できれば色域表面の任意点を計算で求めることができるが、モデル化誤差が伴う。そこで、使用目的に応じて、測定点数と精度のバランスを取ることを肝心である。

以上の事を勘案すると、均等色空間 CIELAB あるいは CIELUV 内でディスプレイ色域をスライスした 2 次元切断面を並べて表示する方法は有効であろう。色度図は、概念的には L^* の情報を削除し、 a^*-b^* 面に投影したものであり、投影された色域情報から、 L^* の違いは読み取れない。これに対し、図 1 は、sRGB ディスプレイ (ITU-R BT. 709-3) の色域スライス面であり、CIELAB 空間で L^* 均一面で切断したもので、これにより $L^* = 30$ と $L^* = 60$ では色域の大きさと形状が明らかに異なることを示すことができる。

1) M. R. Pointer, "The gamut of real surface color", *Color Research and Application*, 5(3), 145-155 (1980)

ASID04 参加報告

SID Regional Vice President Asia 前田 誠



中国南京空港から高速道路を走るバスに小一時間乗って南京市の城内にある鼓楼バス停に着きました。そこから目指すのはヒルトンホテル。タクシーの運転手に「ヒルトン」だと何度言っても「シェラトン」と言葉が返ってきます。私は中国語が不得手なので不安だったのですが 15 分後に車は無事ヒルトンに付きました。

朝成田を発ったにも関わらず会場であるヒルトンホテルについたのは午後 8 時。ずいぶん遠かったです。事務局スタッフとともに、今回のコンファレンスの Executive Symposium Chair Prof. Baoping Wang が私を出迎えてくれました。彼は今回のシンポジウムの開催に当たり多大な努力をした一人です。

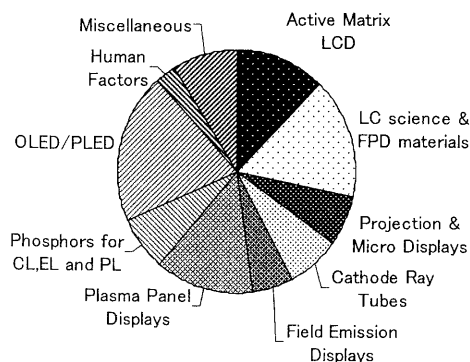
翌日 2 月 14 日から第 8 回 ASID (Asian Symposium of Information Display) が始まりました。会期は 4 日間、発表された論文数は 180 件、参加者は中国本土以外から 150 人、全体で 400 人を超え盛況でした。提出された論文の分類を図に示します。OLED/PLED が人気の中心でした。ASID04 は昨年 8 月の開催が計画されていました。しかし 2003 年の冬の間に中国で新型肺炎 SARS が拡大し 8 月開催の延期をしなければならなかったのです。この決定に当たり主催者である SID 北京支部は南京では問題は発生していなし 8 月までには全国で SARS は終焉するから予定通り開催したいとも言っていたのですが、外国から見るとそうは言われても本当に 8 月までに治まるのかなと言う不安もあり、協議の末 2004 年に延期したものです。このために一旦提出されたかなりの数の論文が取り消されたことを B.Wang は嘆いていました。

最近のアジア地域のディスプレイの研究開発生産の勢いはすさまじいものです。中国は生産基地、消費地としてだけでなく開発研究においても急成長を始めています。今回のシンポジウムにおいても多くの意欲的なレポートが見られました。たとえば東南大学 (中国) からはプラズマパネルの空間形成用バリアリブを従来の誘電体にかわり金属マスクに変えた例などが報告されています。

今後の中国の Display 開発研究にも目を離せません。

南京には中国革命の先導者と言われる孫文の墓があります。会議を抜けだして見学に行きました。一山全部がお墓と言う孫中山陵公園です。公園入り口から見るとはるか彼方の中腹に建物が見えます。そこまでおよそ 1km の直線の階段を汗をかきながら登っていきます。途中の参道はよく整備され針葉樹や花壇などで飾られています。中腹の建物には孫文の遺体が安置されていました。その前からは南京市が一望できます。日曜日の休日を大勢の人が楽しんでいます。公園入り口付近には日本の名所と同じように多くの土産物屋があり南京近郊で取れる雨花石が並べられていました。絵画のような模様が付いているように見える綺麗で立派な自然石です。とはいえ石ですから持って帰るのは重くて大変です。手のひらサイズの小さな石を買い求めました。

ASID04論文数の分類



Display of the Year 2003

Display of the Year / Gold Award:

LG.Philips LCD's 20.1-in. UXGA LCD Panel with Copper Bus Lines

バスラインに銅を用い、フリッカー、輝度、消費電力を向上させた。

Display of the Year / Silver Award:

Hitachi's Polysilicon-TFT Displays Made with a Low-Temperature Process on 730x920-mm Glass Substrates

ポリシリコン TFT-LCD の低温プロセスの開発により、低コストを実現し大画面化を可能にした。

Display Product of the Year / Gold Award:

Mitsubishi Electric Corp.'s Ultra-Thin Rear Projector

斬新な光学系の開発により、奥行き 10.2 インチのリアプロジェクターを商品化した。

Display Product of the Year / Silver Award:

Eastman Kodak's EasyShare LS633 Digital Still Camera with an OLED Display

初めてフルカラーアクティブマトリックス OLED を搭載したデジタルスチルカメラを商品化した。

Display Material or Component of the Year / Gold Award:

Universal Display Corp. and Pittsburg Plate Glass's Phosphorescent OLED Material

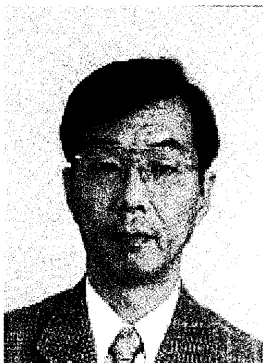
燐光 OLED 材料を開発し、発光効率を 3～4 倍に高めた。

Display Material or Component of the Year / Silver Award:

NXT's SoundVu® Distributed Mode loudspeaker Technology

パネル全面を高音質 2 チャンネルステレオのスピーカーとして作動させる技術を開発した。

Display of the Year 受賞の声 (株) 日立ディスプレイズ 開発本部 大倉 理



カメラ付携帯電話や動画対応の第 3 世代携帯電話、更には一眼レフデジタルスチルカメラの登場に伴い、これらに用いられるディスプレイの一層の高精細化が求められています。この高精細化の実現には、接続ピッチの制約等により、従来のアモルファス Si (a-Si) TFT では対応が難しいとされてきており、周辺回路内蔵により狭ピッチ化や低コスト化が図れる低温ポリシリコン(LTPS) TFT の適用が加速されています。

私どもは、LTPS の開発にあたり、低コスト化と同時に環境負荷低減を図るべく、従来 600℃で行われていた LTPS の製造プロセスを 450℃まで下げることが目標としました。600℃プロセスではガラス基板に歪は発生しないものの、熱収縮が生じます。このため、リソグラフィ工程において合わせずれが発生し、デバイス形成が困難となります。従来は、600℃でアニールして予め熱収縮させたガラス

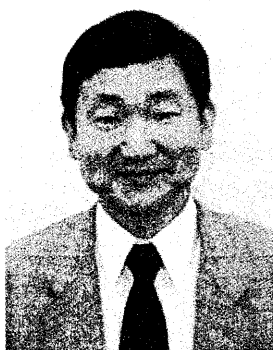
基板を用いてこれを回避していました。このアニール工程を削減し、コスト低減、工程時間の短縮、省エネルギー化を図るのが狙いです。

プロセスを低温化しながらも、回路動作上必要となる TFT の性能、信頼性を引き出すために、TFT 活性層の基板材料であるポリシリコン形成方法の最適化や、不純物活性化時間の短縮、更には回路方式の工夫等を進めました。その結果として、プロセスの 450℃化を達成し、量産にまでこぎつけることができました。また、生産技術面としては 730x920mm² の世界最大面積でかつ板厚を 0.5mm まで薄くした基板の適用を実現し、2 型パネルであれば、一枚のガラス基板から 250 台以上のパネル取得、また 20 型クラスまでの LCD、更には OLED パネルの製造が可能となりました。

今般、このようにして製品化した LTPS-TFT パネルに対して SID Display of the Year Silver Award を賜りました。既に世の中で量産が進んでいる LTPS パネルの改善という比較的地味な内容での受賞には少なからず驚いておりますが、大変光栄なものと受止めております。また、今回の受賞が、SID 日本支部からの推薦によるものではないと漏れ伺い、一体どなたが推薦して下さったのか今も謎ですが、大変有難いことと感謝申し上げます。私ども開発部門のみならず、設計部門や実際に量産に携わっている製造部門にとっても大きな励みとなっております。

今後 LTPS パネルは一層の高精細化、これまで以上に周辺回路をガラス基板上に取り込んだ、システムインディスプレイへと進化して行くことと期待されております。今回の受賞を機に気持ちを新たにして、次回はもっとインパクトのある製品での受賞をと、次世代技術の開発に取り組んでいるところです。

Display Product of the Year 受賞の声 三菱電機 (株) 情報技術総合研究所 鹿間 信介



当社では、LCD方式リアプロジェクタの研究開発に1990年頃から着手し、折り曲げ屈折レンズを用いた薄型リアプロジェクションモニタを早期に市場投入しました。また、DLPTTM方式リアプロジェクタの分野でも、監視・制御に用いるキューブ型の製品を1997年に業界に先駆けて市場投入し、デジタルソースの鮮明な表示により市場拡大をリードしつつ技術蓄積を行ってきた経緯があります。

1999年の終わり頃、「駅や通路の壁にある電飾看板に置き換え可能な大型ディスプレイ」の構想が事業部より提起され、当初2~3名で実現に向けた光学系の方式検討に着手しました。目標は60インチサイズで30cm未満と、従来製品の半分以下です。全く前例のない仕様の光学系を開発するにあたり、製造できることが必須条件ですから、「同軸」光学系で検討するという方針を初期段階で立てました。従来比1.5倍の画角を実現するにあたり、広角レンズ系の前玉を非球面反射鏡に置換して大口径レンズの製造制約を無くし、かつ色収差補正の制約を緩和することとし、粗設計段階で徐々に仕様を厳しくしていきました。仕様を厳しくすると当然性能が劣化していきます。従来の光学設計では計算機による自動設計に頼って設計していたため、「計算機任せ」の部分が多かったのですが、今回はこの段階で性能劣化要因につき徹底検討し、改善アイデアを出し合ったのです。この結果をもとに半ば強制的に光学設計を変更していく作業を迅速に繰り返した結果、仕様を満たす解を見出しました。この後、得られた解を実際に製造できるようにするために、「組立て・調整方式」、「公差設定」、「温度特性」に関する徹底した検討を行い、システム厚み26cmを実現する詳細光学設計を完了しました。2001年6月に原理検証光学系が完成し、フロントスクリーンに実画像を投写したところ、マルチディスプレイに必要な歪みの殆どない画像が高解像度で表示され、関係者は心から感動したことを鮮明に覚えております。この原理検証デモをきっかけに、実用化に向けて開発人員も増強され、「各種環境条件、設置条件においても問題なく使用可能なこと」という、事業部の厳しい要求をクリアできる、マルチ表示対応可能な超薄型リアプロジェクタの開発を完了することができました。難易度の高い製品化を完了するために、当社研究所群の研究開発リソースをフル活用する体制をとれたのも、デモの成功が製品化に向けた強い開発動機を与えたからです。本開発による製品、「DLPTTM方式リアプロジェクションパネル」は、駅・銀行・キャンパス・会議場等の公共用途に、マルチ・単画面双方の形態で、新カテゴリの大画面ディスプレイとして採用が進んでおります。

このたび、SIDよりDPYA Gold Awardを頂き技術面で高く評価されたことは、開発に携わった多くのメンバーの大きな誇りです。今後、開発した技術を一層普及させるために、技術に磨きをかけるための挑戦を継続する上での励みとしたいと考えております。

DLPTTM(Digital Light Processing)は、米国テキサス・インスツルメンツ社の商標。

SID' 04 報告会のお知らせ

開催日時：2004年7月9日(金) 9:30 ~ 17:00

開催場所：シャープ(株)東京支社 市ヶ谷ビル8F エルムホール

(JR市ヶ谷駅下車 徒歩5分)

(ビル入館時、1F受付にお立ち寄り願います)

編集後記

次世代のディスプレイの姿について今後とも考えて行きたいと思います。ご意見、ご要望をお聞かせください。

編集担当：市田耕資 (ソニー)

電話：046-226-2505, FAX: 046-226-2451

E-mail: Koji.Ichida@jp.sony.com