

液晶輝度ムラ検査装置開発

田口智弘^{*1}、山川 昇^{*1}、大隈義信^{*2}、上村 直^{*2}、大隈恵治^{*2}、黒木卓也^{*3}、小山善文^{*4}

^{*1} 櫻井エンジニアリング (株) ^{*2} オオクマ電子 (株) ^{*3} 櫻井精技 (株) ^{*4} 熊本電波高専

1.はじめに

FPD (Flat Panel Display) は高精細、低消費電力、大型化が進み、マーケットが大きく伸びている。液晶 (LCD) パネルはこれまで PC、携帯機器、モニター用途が主流であったが、映像表示特性の改善から 50 型以下の液晶テレビ市場が急速に立ち上がってきている。液晶テレビは、数量ベースでは 2007 年には 2003 年の約 9 倍に相当する 2700 万台に達する見通しが出ている⁽¹⁾。また、プラズマ (PDP) テレビも躍進が著しい。FPD テレビは既存の CRT テレビを超える市場拡大が期待されている⁽²⁾。

一方、FPD 市場の競争激化は、表示品質による差別化を一層促すことになる。現在においても、点欠陥数、表示輝度ムラなどの表示品位に対する市場からの要求は過去と比較してますます厳しくなっている。

これらの背景から、FPD メーカーでは、この表示品位の検査を、高速にかつ正確に行う事が必要である。しかし残念ながら画質検査の完全自動化は大変難しく、人手による官能検査に頼っているのが現状である。これを自動検査機に置き換えることができればコスト削減と品質管理の定量化が大きく前進する。これが、自動画質検査装置が強く求められている所以である。

このような産業背景に基づき、我々は 10 インチ以上の中・大型パネル用途に特化し、ムラの検出

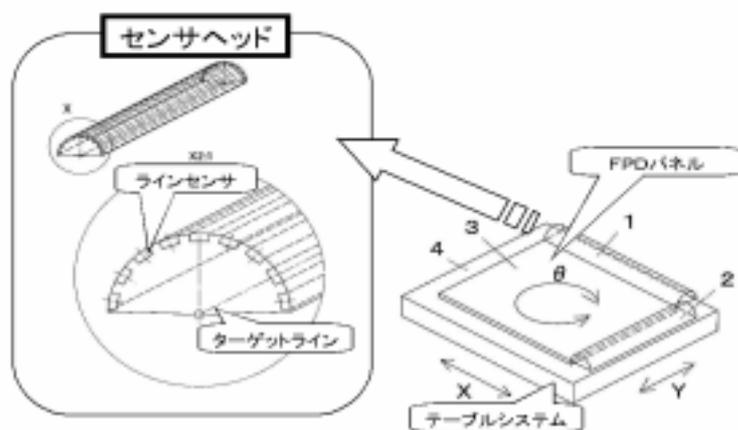


図 1 . 新コンセプト

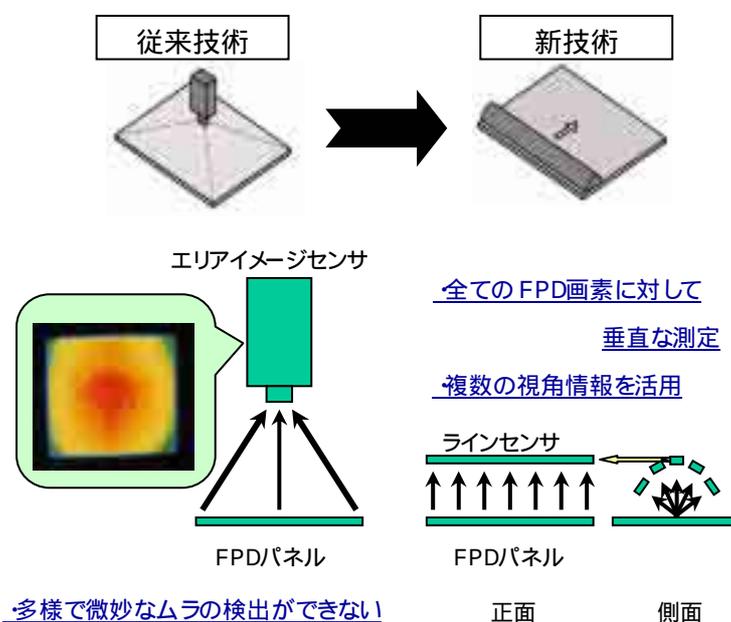


図 2 . 従来技術との比較

能力に優れた高性能な新コンセプトの FPD 輝度ムラ検査装置 (図 1、図 2 参照; 通称「蒲鉾ヘッド」方式) 開発に取り組んで

た成果を報告する。

平成15年度にプロトタイプ機を開発し新コンセプトの有効性を実証した。また、現在さらなるムラ検出性能の向上と大型パネルへの対応を目指して最新モデル検査機のエンジニアリングサンプルを開発中であり、これを5項で紹介する。

2.新コンセプト

液晶ディスプレイの輝度ムラには、さまざまな原因が考えられる。バックライトの光が通過する部分はすべて原理的にムラの原因となりうる。例えば、セルギャップ不均一、液晶やシール材からの汚染、ラビング工程、アレイ工程に起因する輝度ムラなどがある。これらの輝度ムラは、発生原因によっても異なるが、視角方向によってムラの見易さが異なる場合が多い。また、検査員は実際にあらゆる方向からパネルを見てムラを判断している。これは、輝度ムラを検出する上で見やすい方向と見難い方向があるからである。従って、我々は複数の視角方向の画像情報からムラの検出/検査を行う全く新しいコンセプトの検査装置の研究を進めた。図1にその概念図を示す。複数のCCDラインセンサを装着した蒲鉾型のセンサヘッドで、パネル全体を走査し、異なる複数の視角方向の輝度分布画像を同時に撮像可能である。

従来の検査装置と新コンセプトの違いを図2に示す。従来はエリアイメージセンサで画面全体を一括撮像する方法が一般的で、この方式では縮小光学系を使用しているため画面の周辺部と中心部ではCCDから見る角度が異なってしまう。従って、画面中心部は正面からみた像であるが、画面の周辺部の像は斜めから見た像になる。LCDの表示には視角依存性があるため、この方法はムラのない正常な画像であっても、ムラと判断してしまう可能性がある。また、検査時の視角方向が限



図3 .プロトタイプ検査装置写

られているため、実際には存在するムラを見落としてしまう場合があった。

これに対し、新コンセプトの場合、等倍光学系を使用しているため、各角度の画像において、画像全面に渡って視角が等しく、正確な輝度測定を可能としている。この正確な各角度の画像情報からムラの検出を行うものである。

3.プロトタイプ検査装置

図3～4に開発したプロトタイプの検査装置を示す。15インチXGAタイプのLCDパネル(バックライト組込済モジュール)を検査対象としてシステムを構築した。

3-1.センサヘッド

開発したセンサヘッドを図4に示す。センサユニット(図4(a))はラインセンサとロッドレンズアレイにて構成されるカメラで撮像系の最小単位である。センサユニット5個でサブモジュール(図4(b))を構成し、サブモジュール3個で15インチ対応のセンサヘッド(図4(c)(d))が構成される。より大型のパネルに対応するためには、蒲鉾ヘッドの構成単位であるサブモジュールを直列に配置することが可能なシステムとし、拡張性を高めている。



(a) センサユニット



(b) サブモジュール



(c) センサヘッド(外観)



(d) センサヘッド(下側から)

図4 . センサヘッド関係(直列配置タイプ)

< センサヘッド仕様 >

- ・ 15インチパネル対応直列配置タイプ
- ・ CCD画素サイズ : $7 \times 7 \mu\text{m}$
- ・ センサユニット数 : 15個
- ・ サブモジュール数 : 3個
- ・ 取込角度 : 0度, ± 25 度, ± 50 度

3-2. ステージシステムと取込画像

LCDパネルをステージにて往復移動させながら、センサヘッドにてパネル画面全体の撮像を行う仕組みである。取込画像データを図5(a)に示す。前述のとおり、15インチパネル対応のセンサヘッドはサブモジュール3個を直列に配置して構成している(直列タイプ)。従って、往路のみの副走査では各サ

ブモジュール間の撮像ができないため、復路にて残りの部分の撮像を行う。結果、1角度につき6個の短冊エリアの画像データ(約 $3750\text{pixel} \times 768\text{line}$)が得られ、この短冊を合成して全面パネルの画像データとしている。解析対象の画像データ量を減らすために $14 \mu\text{m}$ ピッチ(CCD画素ピッチの2倍)のデータを使用した。

CCDラインセンサの画素(受光素子)とワーク(LCDパネル)の画素の位置関係を図6に示す。LCDの1画素の大きさは15インチXGAタイプの場合でおよそ $300 \mu\text{m}$ 角、RGBサブ画素はおよそ縦 $300 \times$ 横 $100 \mu\text{m}$ である。つまり、この場合、サブ画素あたり7個の発光強度データを測定する

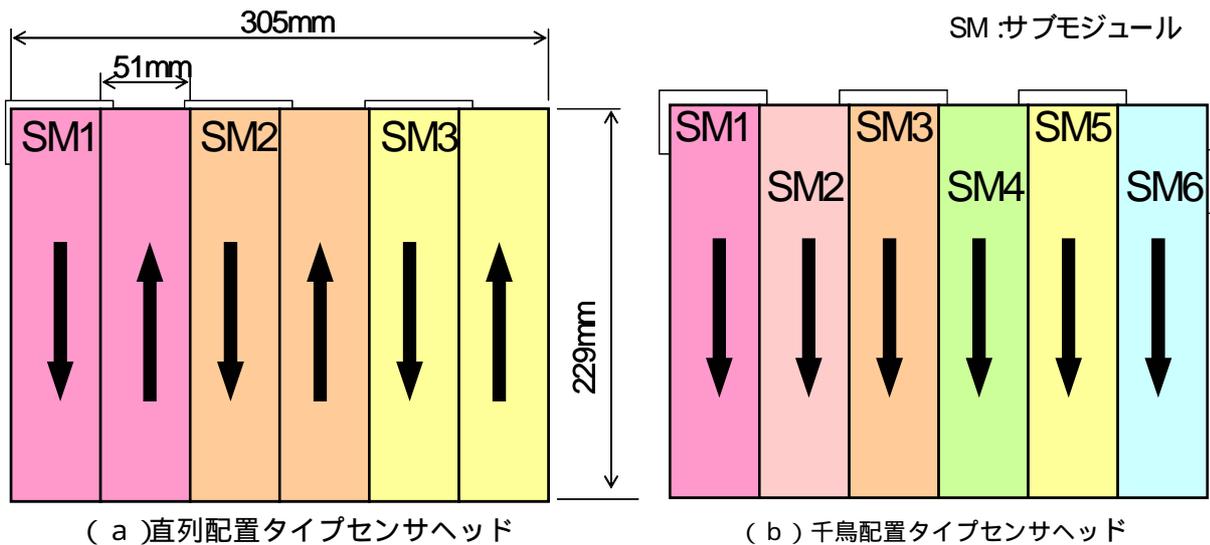


図5. 取込画像データ (15インチパネルの場合)

ことができる。すなわち、このことは高解像度を有していることから、欠陥を高精度に検出できることを意味している。

4. ムラ検出

ムラ検出ソフトウェアのプロトタイプを開発した。アルゴリズムには微分法を応用した手法を用いた。約40個の不良パネルに対してムラ不良の検出を試み、多種類のムラ検出に成功、新コンセプトの有効性を確認した。図7、8にムラの検出例を示し、表1にムラ不良の検出に成功した内容をまとめた。

図7は「バックライト白点」と呼ばれ、直径2mm程度の大きさで周辺部より明るく見えるムラの検出例である。このムラの特徴は、全面中間調（灰色）の表示において、正面からは視認されないが正面以外の視角方向からは視認されることにある。本装置でも正面（0度）の画像からはムラの検出ができなかったが、+25、+50度の画像から検出が可能であった。これにより正面以外の画像を使うムラ検出手法の有効性が確認されたことになる。

図8は「黒ギャップムラ」と呼ばれ、黒表示（バックライト点灯、液晶の作用で光が遮

断されている状態）において微少領域（1～10cm²）が周囲より明るく（または暗く）見えるムラの検出例である。人の目では正面からは確認できないが深い角度から視認される。本検査装置では中間調表示にて0度、+25度、+50度の画像でムラを検出したが、+50度の画像がムラ部のコントラストが大きく一番良好な検出結果となった。ここで注目すべきことは、人による検査ではその視認性のよさから全面黒表示にて行っているものが、本装置では全面中間調表示での検出が可能と判明したことである。

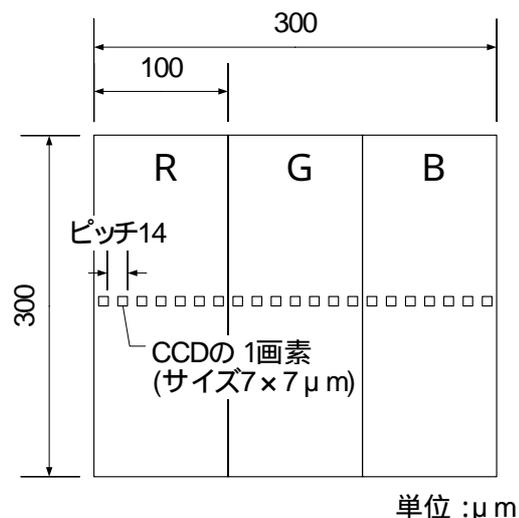


図6. 15インチLCDモジュールとCCD

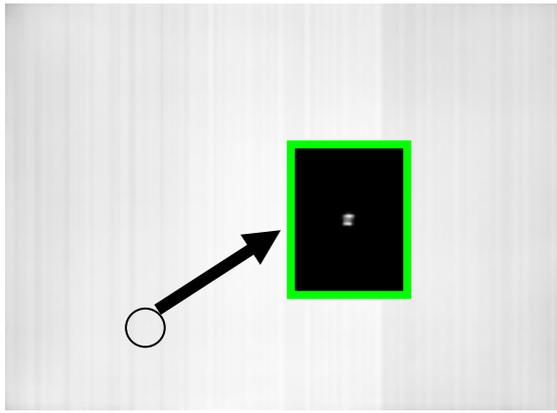


図7．バックライト白点検出
結果

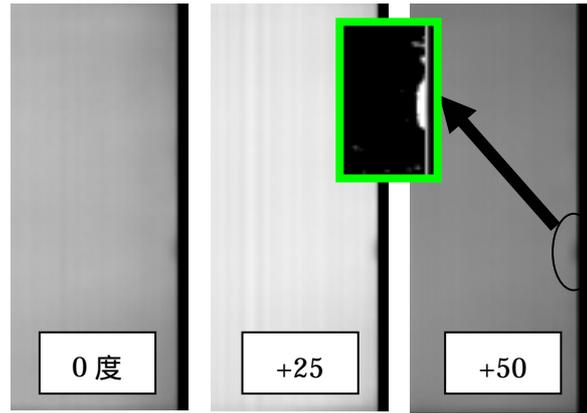


図8．黒ギャップムラ検出結
果

表1に示す自動検出は全て全面中間調表示で行ったものである。これに対し、従来の人による検査ではそれぞれのムラが一番見易い表示（例えば、黒、中間調、赤、青、緑）にて行う必要があった。すなわち、人では検査対象のムラに対応した複数種類の表示を切り換えながら検査を行う必要があったものが、本検査装置では全面中間調の1表示のみの画面を対象として、検査を効率よく行う手法が可能となることを示すことができた。

5. エンジニアリングサンプル

プロトタイプは画像取込に約3分を要し、取込画像にノイズ等の課題があり、画像処理によるムラ検出に限界があることが判明した。従って、画像取込時間の短縮、取込画像のクオリティ向上、大型パネル対応を目指し、新しい検査装置のエンジニアリングサンプルの開発を行い、現在チューニング中である。図11にその概要を示す。

センサヘッドは千鳥配置タイプ図5(b)を採用し、往路のみの副走査による画像取込を行い時間短縮を狙った。また、ワークであるLCDパネル側を固定、センサヘッドを副

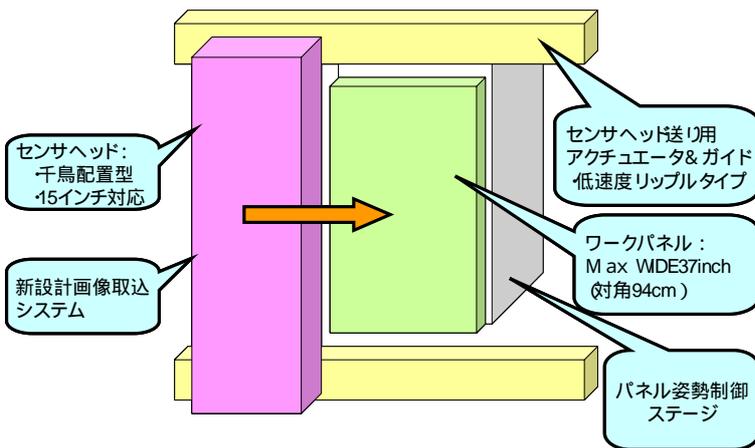
表1．検出結果まとめ

不良モード	自動検査検出結果と検出角度	目視検査時のパネル表示
黒ギャップムラ	(0度、+25度、+50度)	黒
額縁ムラ	(+50度)	
異物ギャップムラ	(+50度)	
周辺白抜け	(0度)	
配向不良	(+50度)	
全黒横スジ	(+50度)	
B/L 白点	(+25度、+50度)	中間調(灰色)
パネル割れ	(0度、+25度、+50度)	赤
赤色ムラ	(0度、+25度、+50度)	
赤色スジ状ムラ	(+50度)	青
青色スジ状ムラ	(+50度)	
緑色ムラ	(0度、+25度、+50度)	緑



検査機本体 大きさW2100×D1300×H2200mm、重量 1500kg

(a)装置外観



(b)装置模式図

図9．エンジニアリングサンプル（最新型検査装置）

走査方向に移動させる方式とし、速度リップルの低減を優先した機構とした。パネル姿勢は縦置きとした。画像入出力システムについてはリニアエンコーダパルスでのコントロール機能を強化、処理速度の向上を行った。

<仕様>

- ・ステージサイズ： 37インチパネル対応
- ・センサヘッドフレーム： 37インチ対応
- ・センサヘッド： 千鳥配置タイプ
15インチ対応分
- ・センサユニット数： 30個

- ・サブモジュール数： 6個
- ・画像取込時間： 30秒以下

6.おわりに

今後の主な課題は、ユーザーからの検出ニーズのあるムラへの対応拡張と検出能力の強化である。従って、取込画像の画質向上と検出アルゴリズム強化を行う必要がある。

輝度ムラ検査装置の開発は、人間がムラをどのように認識するかという、定量化が極めて難しい課題を有しており、定量化の手法もさまざまな方法が検討されている最中である⁽³⁾。

ハードルは高いが、インライン検査にて“使える”自動検査装置の開発を目指し、ユーザーと歩調を合わせ、事業化に挑戦していく所存である。

なお、本件のエンジニアリングサンプル開発は(財)新技術開発財団(市村財団)の新技術開発助成にて取り組んでいるものである。

謝辞

本研究をご指導頂きました熊本大学の故園田頼信教授に深く感謝の意を申し上げます。

参考文献

- (1) 日経B P社「NIKKEI MICRODEVICES」, 11月号, pp. 31-61(2003)
- (2) 日経B P社「NIKKEI MICRODEVICES」, 5月号, pp. 101(2004)

- (3) 森由美, 吉武良治, 森口喜代, 棚橋
高成, 辻智, 田村徹, (社)精密工学会,
第293回講習会「官能検査の自動化」
資料, pp. 21 - 26 (2003)