

4-4. ディスプレイの画質

4-4-a) ディスプレイの仕様

ディスプレイの仕様は、ディスプレイ技術の進化、ディスプレイへの要求の変化に連れて、時代と共に変化してきた。新たな仕様項目、仕様に対する新たな考え方や定義も次々に生まれてきた。

ディスプレイの主な仕様を表に示す。

<ディスプレイの主な仕様>

項目	定義、表現法など	具体例
画面サイズ	対角インチ数で表すのが一般的	5型, 20型, 55型
画素数	表示フォーマットに伴って規格化された画素数がある	SXGA (1280×1024) 2K4K (2160×3840)
画素ピッチ	画素のピッチ	42μm, 159μm
画素密度	ppi: Pixel Per Inch (1インチあたりの画素数)	160ppi, 400ppi
輝度	全白状態の輝度を表記する場合と、ピーク輝度を表記する場合がある。	200cd/m ² , 500cd/m ²
コントラスト	黒状態の輝度と白状態の輝度の比 (暗室状態か明室状態かも重要)	500:1, 10万:1
視野角	明確な定義がないが、CR > 10:1以上の角度などで定義	上下: 80° 左右: 120°
階調	階調の数。通常、2のべき乗。	16階調, 256階調
カラー	モノクロかカラーか。RGB各8ビット(256階調)を通常、フルカラー(1670万色 $\approx 256^3$)と呼ぶ。	モノクロ フルカラー(1670万色)
色再現範囲	色表現能力。 通常、色規格に対して表現できる色範囲を%表示する。	NTSC比90%
応答速度	明確な定義はないが、電圧印加から到達すべき輝度の90%に達するまでの時間などで定義。駆動表示法とも関係する。	15msec
消費電力		1W, 15W
保存温度範囲		-40~85°C
動作温度範囲		-20~70°C

<表示フォーマットと画素数> ※代表例を記載

応用分野	規格	画素数
テレビ映像	SDTV (Standard Definition TV)	640 × 480など
	HDTV (High Definition TV)	1920 × 1080、 1280 × 720など
	4K UHD TV (4K Ultra High Definition TV) ”2K4K”, “4K2K”と呼ぶことも多い	3840 × 2160
	8K UHD TV (8K Ultra High Definition TV) ”4K8K”, “8K4K”と呼ぶことも多い	7680 × 4320
パソコン	QVGA (Quarter VGA)	320 × 240
	VGA (Video Graphics Array)	640 × 480
	SVGA (Super VGA)	800 × 600
	XGA (Extended Graphics Array)	1024 × 768
	WXGA (Wide XGA)	1280 × 768
	SXGA (Super XGA)	1280 × 1024
	UXGA (Ultra XGA)	1600 × 1200
	QXGA (Quadra XGA)	2048 × 1536
	WQHD (Wide Quadra HD)	2560 × 1440
QXGA (Wide Quadra XGA)	2560 × 1600	

<ディスプレイ画質の主な仕様と最近の技術トレンド>

項目	最近のトレンド
Information content	VGA, XGA → SXGA, UXGA
Resolution	100PPI → 400PPI
Contrast ratio	200:1 → 500:1
Brightness	150cd/m ² → 500cd/m ²
Gray scale / Color	64 levels (262,000 colors) → 256 levels (16,700,000 colors)
Viewing angle	80~100° → 160°
Response time	30~50ms → <16ms

4-4-b) 液晶ディスプレイの広視野角化

<TN モードの視野角が狭い理由>

TN モードの大きな欠点の一つは視野角が狭いことである。この理由を、図1を用いて説明する。尚、図1では、ノーマリホワイトモード(1.2.1-2)参照)を用いて説明している。

図1(a)の電圧無印加時には、一方の偏光板を通ってきた直線偏光は、液晶のねじれ配列に沿って偏波面を回転する。これを旋光性というが、このねじれ状態による旋光性は多少斜めに光が入射するときも維持される。

一方、十分な電圧を印加したとき(図1(c))には、ねじれ状態は消失し、一軸性の複屈折媒体となる。この場合、光軸は基板に垂直な方向となるため、基板に垂直な方向から見た場合には暗状態となる。しかし、斜めから観察すると複屈折性が生じるため、光が漏れ、完全な暗状態とならない。

図1(b)に示す中間状態では、旋光性と複屈折性が混在し、電圧の増加とともに複屈折性が支配的となる。旋光性と複屈折性の比率は見る角度によって異なる。例えば ABC の各方向から見た場合を比較すると、A 方向でもっとも複屈折成分が高く、それぞれの方向で透過光量が異なることになる。これが、TN モードで視野角依存性が大きい理由である。

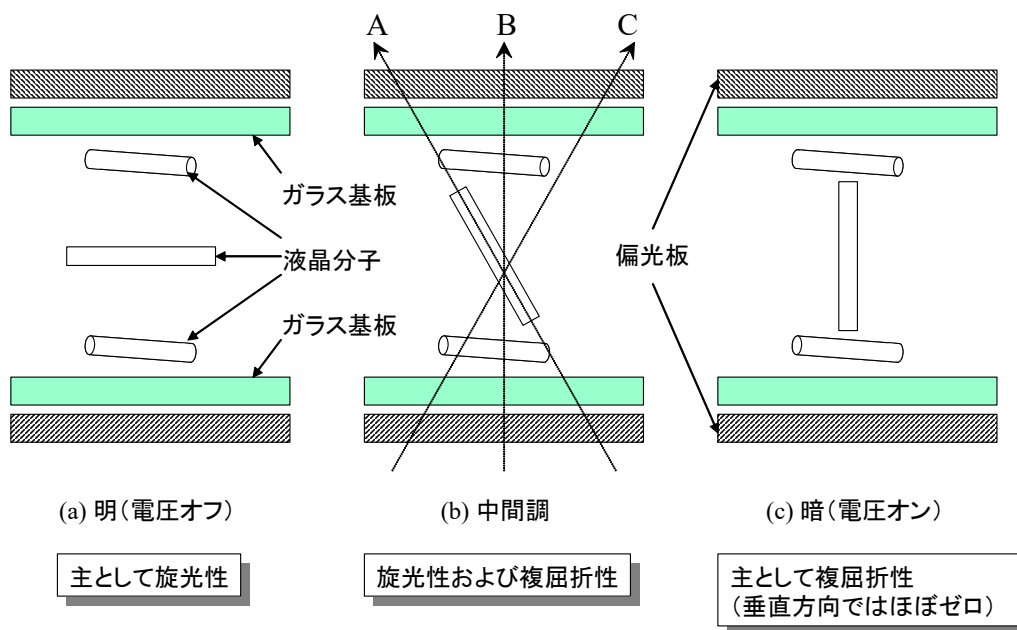


図1. TN 液晶モードの視野角が狭い理由

<各種広視野角モード>

- ・マルチドメイン方式
- ・IPS 方式
- ・OCB 方式
- ・ASM 方式
- ・強誘電性液晶/反強誘電性液晶
- ・光学的補償方式
- ・フォトルミネッセント方式

<マルチドメイン方式を用いたネマティック液晶の広視野角化>

TN型液晶の視野角が狭い理由は、TN液晶のねじれ配向のため見る方向によって複屈折性が異なる点にある(1.2.1-2節参照)。これに対する対策の一つとして、配向や電圧印加時の液晶分子の立ち上がり方向が異なる複数のドメインを各画素の中に形成するマルチドメイン方式がある。マルチドメイン化することにより、異なる方向から見たときの差が小さくなり、視野角が拡大する。

小林らは、ラビングしない配向膜を用いてマルチドメインを作るアモルファスTN法を提案している[1]。これは従来のTN液晶のラビング処理を省略したもので、液晶分子は基板に平行になっているが、分子軸の方向はドメインごとに異なっている。このため、電界を印加したときの分子の立ち上がり方向がランダムであり、見る方向による差をなくすることができる。

住吉らは、表示画素を配向分割し、分子の立ち上がり方向を変えるC-TN法[2]を提案している(図1)。この方式では、一方の基板には従来と同じ低プレティルトの配向膜を形成する。もう一方の基板には、高プレティルトの配向膜を形成し、プレティルトの向き異なる2つのドメインに分ける。電圧を印加したとき分子の立ち上がり方向は2つのドメイン間で逆となりTN液晶の視野角依存性が補償される。

さらに最近では図2に示すように、TN配向の4つのドメイン領域を1画素内に作製する方法が提案、検討されている。作製方法としては、キラル化合物を添加せず非常に低いプレティルト角の配向膜を用いて不均一電界を印加しつつ等方性液体状態から冷却する方法[3]、液晶にモノマーを添加し電界印加状態で光重合する方法(高分子安定化法)[4]などが報告されている。

また、VAモードにおいても、マルチドメイン法を組み合わせることで視野角が拡大する(図3)。突起形成によるマルチドメイン[5]、電界勾配によるマルチドメイン形成[6]などが報告されている。

- [1] 小林駿介, 液晶若手研究会講演会「2000年の液晶研究」予稿集, 1 (1994).
- [2] K. Sumiyoshi, K. Takatori, Y. Hirai, S. Kaneko, J. SID, **2**, 31 (1994).
- [3] H. Murai, M. Suzuki, S. Kaneko, Proc. Euro Display '96, 159 (1996).
- [4] J. Li, J. Chen, P. J. Bos, Proc. Euro Display '96, 460 (1996).
- [5] A. Takeda, S. Kataoka, T. Sasaki, H. Chida, H. Tsuda, K. Ohmuro, Y. Koike, T. Sasabayashi and K. Okamoto, SID 98 Digest, 1077 (1998).
- [6] N. Koma, R. Nishikawa and K. Tarumi, SID 96 Digest, 558 (1996).

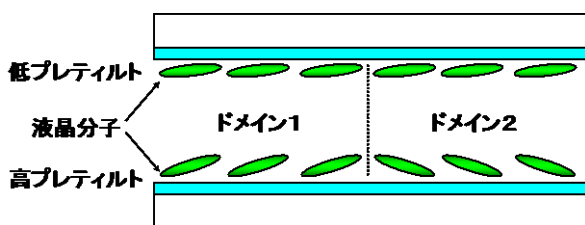


図1. C-TN法 [2].

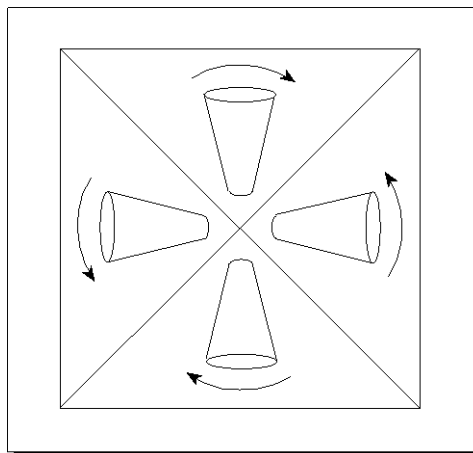


図2. 配向4分割法 [3,4].

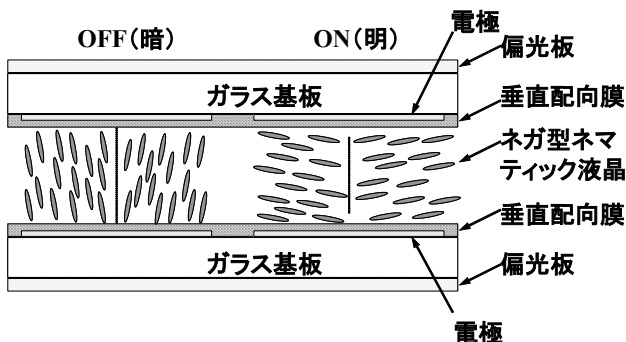
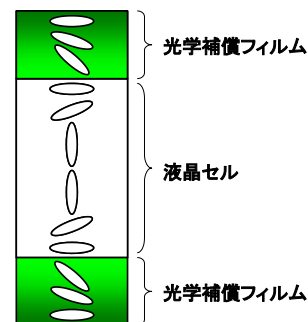


図3. VAモードにおけるマルチドメイン法の適用

<光学的補償方式>

光学補償フィルムによる広視野角化技術も進展している。これは、図1に示すように、光学的に負の一軸性化合物を、配向角度が厚み方向で連続的に変化するように配列させたフィルムを用いる方法である。このような光学補償フィルムは、支持体上に設けた配向膜とその上に負の一軸性化合物である円盤状化合物をハイブリッド配向させた光学異方性層から構成される。円盤状化合物としては、ディスコティック液晶タイプの化合物を用いることができる。



<フォトルミネッセント(Photoluminescent)モード>

カラーフィルタの代わりに蛍光体を用いて広視野角LCDを作る試みとして、フォトルミネッセントLCD (PL-LCD: Photo-Luminescent LCD) [1]が提案されている。図1に示すように、紫外光源からの出射光を液晶で変調し、液晶を通った光が蛍光体に当たり、蛍光が発生する。蛍光の発光方向が等方的なため、原理的に広視野角である。

[1] W. A. Clossland, I. D. Springle and A. B. Davey, SID 97 Digest, 837 (1997).

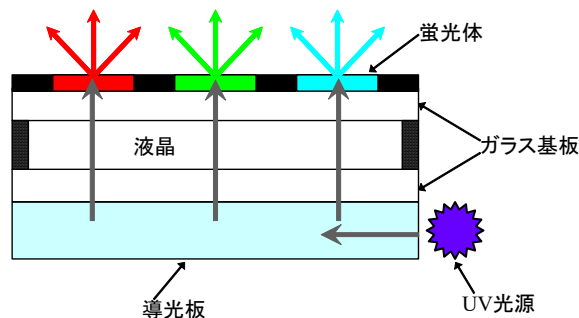
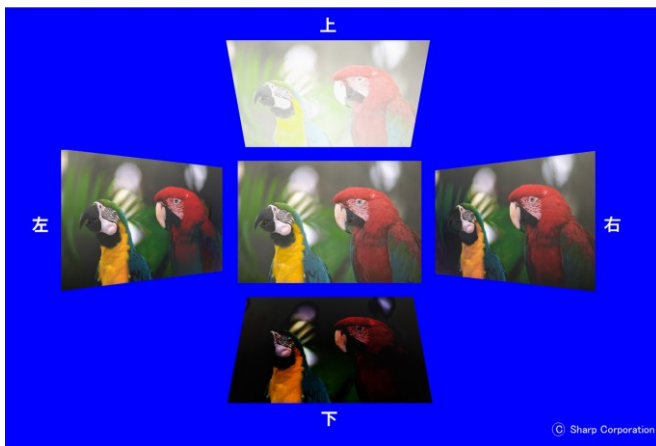


図1. フォトルミネッセント・モード

TN-LCDで観察される視角依存性



ASV LCDs; Super Wide Viewing Angle (170° from all sides)



4-4-c) 動画質

ディスプレイにおける動画表示性能は、ディスプレイの重要な性能の一つである。動画性能が悪いと、像ボケ、色ずれ、色割れ、偽輪郭など不適切な表示として視認されてしまう。

適切な動画表示を行うためには、単に、応答速度を速くすることも必要であるが、それだけで十分なわけではない。動画性能は、人間の持つ眼の性質、視認の方法などから成り、ディスプレイとしての表示の方式とも密接に関連している。

<ホールド表示とインパルス表示>

一般の液晶ディスプレイの表示方法は、ホールド表示と言われる方式(図1)である。ある画素に着目すると、その画素の輝度が、1フレーム(通常は 1/60 秒)の期間、一定の値に保たれる方式である。もちろん、実際には、液晶の応答時間が数 ms~数 10ms なので、図1の点線のように時間とともに輝度は変化する。

一方、CRT の表示方法はインパルス表示と言われる方式(図1)である。ある画素に着目すると、その画素の輝度が、1フレーム(通常は 1/60 秒)の期間のうち特定の期間だけ保たれる方式である。もちろん、この場合も、実際には、CRT の蛍光体の残光特性などにより、時間とともに輝度が変化する。

このホールド表示とインパルス表示とを比較すると、静止画像を見るときには両者には差はないが、動画像を見ると大きな違いが生じる。インパルス表示では動画像がシャープに見えるのに対し、ホールド表示では、動きボケが生じる。この違いは、人間の目の性質によって、追跡眼球運動と時間累積効果に関係している。図2に、動きボケが生じる理由を模式的に示す。また、図3に、動きボケの例を示す。

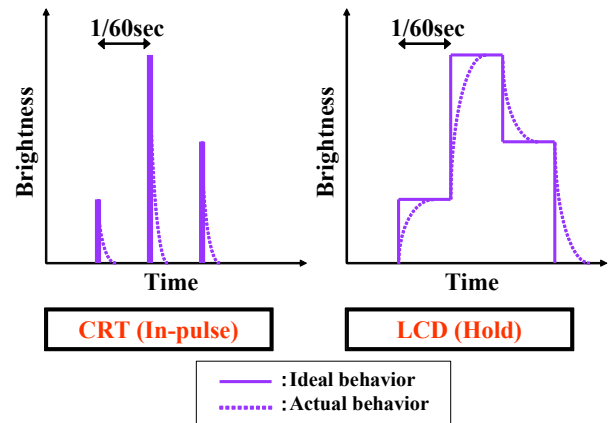


図1. ホールド表示とインパルス表示

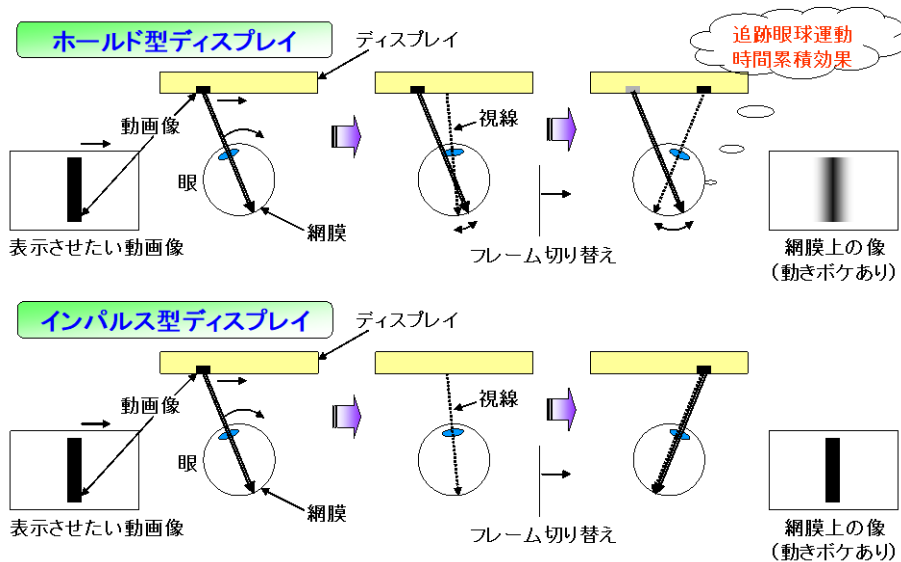


図2. 動きボケ発生のメカニズム(模式的説明)

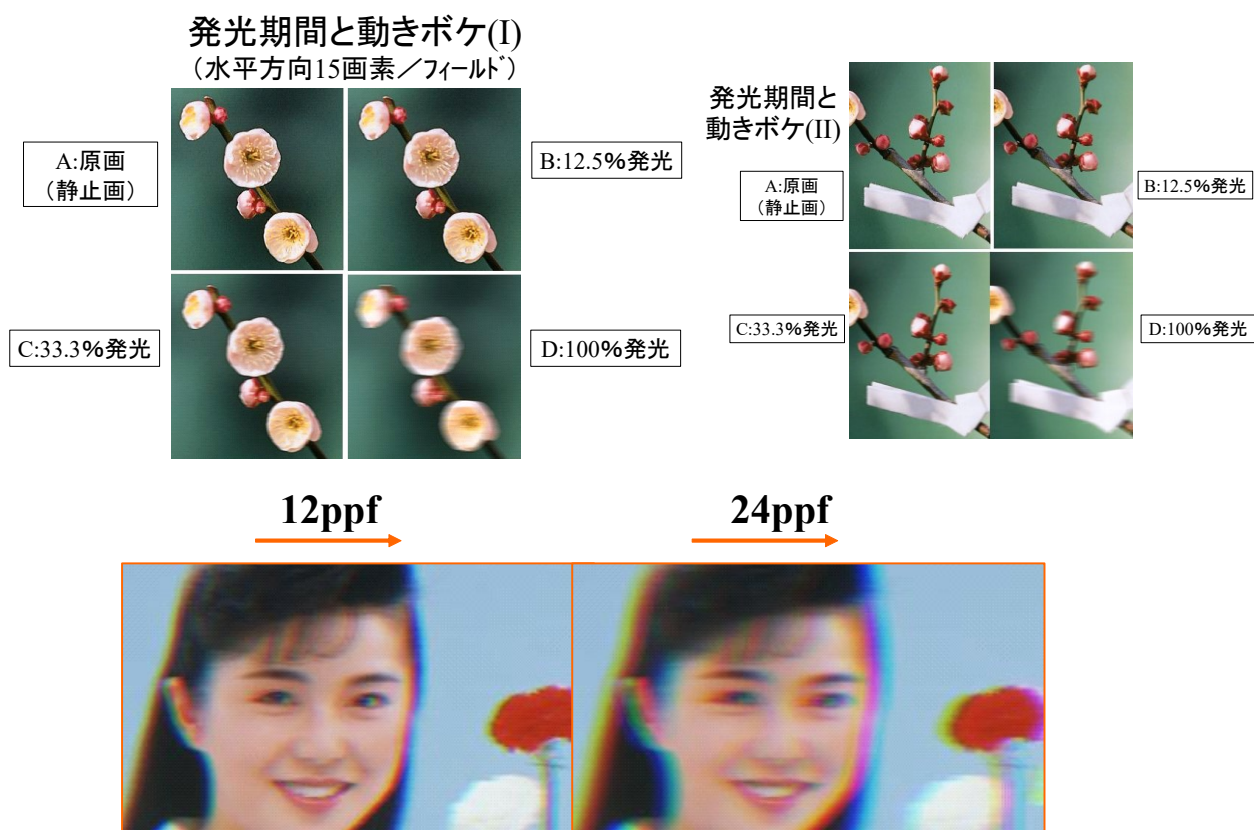


図3. 動きボケの表示例