

## IDRC'06 速報

石鍋 隆宏 (東北大学)

会議名 : The 26th International Display Research Conference

開催期間 : 2006年9月19日-21日

開催場所 : Kent State University (Kent, OH. 米国)

\*\*\*\*\*要 約\*\*\*\*\*

電子ディスプレイに関する国際会議である 26th International Display Research Conference (IDRC 2006)が 2006年9月19日から21日の3日間、アメリカのオハイオ州ケンツ州立大学において開催された。またこれに併設する形で、前日にワークショップが開催された。IDRC 国際会議は、ビジネス的な側面が強くなってきている SID 国際会議と異なり、ディスプレイに関する基礎研究の発表が主であり、次世代ディスプレイの方向性について議論する重要な会議となっている。本会議では、昨年度の Euro Display2005 に引き続き、電子ペーパー、反射型液晶ディスプレイなどのフレキシブルディスプレイに関連する要素技術の開発に関する講演・発表が目立った。またこの他には、三次元ディスプレイ、フィールドシーケンシャルディスプレイなどの新しい液晶ディスプレイシステムと、そのために必要となる液晶の高速化に関する材料面からのアプローチについて多くの発表が行われた。特に前者については、基板レスディスプレイ、メタル基板やプラスチック基板、ファブリック基板へのディスプレイおよび TFT の作製に関する要素技術、コレステリック液晶を用いた超低電力反射型ディスプレイに関する講演が多く、多数の参加者の注目を集めていた。

\*\*\*\*\*

### 1. はじめに

2006年9月19日~21日の3日間、アメリカのオハイオ州ケンツ州立大学において、第26回 International Display Research Conference (IDRC)が開催された。会議は3日間、共通セッションである Keynote Session から始まり、その後2つの会場に分かれるパラレルセッション方式で進められた。発表件数は111件であり、招待講演が21件、一般講演が37件、ポスター発表が53件である。前年度にスコットランドのエジンバラで開催された Euro Display2005 の発表件数が160件であったことから、年々減少の傾向にあるようである。一般講演の数が少ないことが目立った。国ごとの発表件数は、地元であるケンツ州立大学の発表を中心としたアメリカが最も多く46件、続いて韓国の25件、台湾の10件であり、日本は四番目の8件であった。海外の発表は大学を中心とした研究機関の発表が中心であったのに対して日本は東北大学と山口東京理科大学の2件のみであり、ディスプレイの基礎研究の充実化の必要性を強く感じた学会であった。会議への参加者数は225名であり、これも前年度の参加者数500名の半分となっている。日本からの参加者は少なく全体の1割程度であると推定される。展示会は開催されなかった。以上のように従来と比べて規模が小さくなった学会に対する懸念の声を耳にすることが多かったように感じられる。

本会議の前日に開催されたワークショップ TRACK1 ではケンツ州立大学の Philip Bos 先生による液晶弾性体理論と TN 液晶ディスプレイにおける光学特性の基礎について、Deng-Ke Yang 先生による反射型液晶

ディスプレイとコレステリック液晶ディスプレイの基礎についてのレクチャーが行われた。これらのレクチャーには、液晶研究所 Liquid Crystal Institute (LCI) における液晶セルの試作体験が含まれており、液晶セルを初めて作製する研究者にとって興味深い内容であったと思われる。一方、ワークショップ TRACK3 ではケント州立大学の Jack Kelly 先生による液晶のモデリングに関するレクチャーが行われた。近年、液晶ディスプレイの高画質化に伴い光学設計の基礎の理解が重要となってきたことから、大変有意義な内容であった。

今回の会議では招待講演のみからなるフレキシブルディスプレイに関するセッションが 3 セッション、電子ペーパーおよび反射型液晶ディスプレイに関するセッションが 1 セッションとフレキシブルディスプレイが次世代ディスプレイとして強調された構成となっていた。基調講演においても CRT そして FPD と発展してきたディスプレイの次の飛躍はフレキシブルディスプレイの実現にあるとするなど、次世代ディスプレイ開発の傾向としてフレキシブル化、プリンタブル化を強調した学会構成となっている印象を受けた。多くの講演において将来実現が望まれているディスプレイの姿はフルカラー表示、動画表示の可能なフレキシブルディスプレイであり、今後、フレキシブルディスプレイがどのような発展をとげていくのかが注目である。

また一方で、OLED、Emissive Display、Organic TFT に関するセッションが各 1 セッションであったのに対して、液晶ディスプレイに関するセッションは 7 セッション設けられており、液晶を用いたディスプレイがディスプレイデバイスの中心として期待され続けていることを強く印象づけられた。

本報告では、主に液晶ディスプレイに関連する発表の中から興味深い発表について、詳細を報告する。

## 2. 詳細

### 2. 1 電子ペーパー

マイクロカプセル化したコレステリック液晶を用いた基板レス液晶ディスプレイについて Kent Display のグループより発表が行われた (論文番号: 4-2)。昨年度の SID 国際会議で発表された織物の生地を基板としたフレキシブルディスプレイに続く研究成果である。プレパラート基板上に 6~8 ミクロンの厚さの高分子キャリアフィルムをコーティングし、その上に導電性ポリマー、コレステリックドロップレット、保護層をコーティングして作製している。高分子キャリアフィルムを用いたことにより、基板との剥離性が良くなり基板レスディスプレイの実現に成功したとしている。Kent 州立大学にある液晶研究所の見学会においてディスプレイの展示が行われ、風になびきながら表示を行う様子がデモされていた。ディスプレイの厚さは約 19 ミクロンでディスプレイの強度は強く、反射率は 32% を実現しており、剥離による光学特性の変化はほとんど無いことが報告されている。また、マイクロカプセル化したコレステリックドロップレットの特性の詳細についても発表が行われた。Emulsification 法を用いることにより、ドロップレットのサイズを均一化することに成功している。ドロップレットサイズの均一さはディスプレイの反射率に影響することから極めて重要な成果であると考えられる。

Kent Display のグループからは高分子重合による層分離を用いた単一基板コレステリック液晶ディスプレイについての発表も行われた (講演番号: 4-3)。従来、重合による層分離を用いる方法は二枚の基板を必要としていたが、ここでは単一基板上への作製に成功している。画像面内の輝度の不均一化および液晶層の上下に塗布された電極のショートを防ぐためファブリック基板の表面に平坦化膜を作製し、その上に導電性ポリマー、コレステリック液晶を含んだ高分子材料を順次塗布することで作製している。表示性能の向上のためにはドロップレットおよび高分子膜厚の均一化が必要であり、これらは架橋剤とプレポリマーの濃度に

より制御が可能であるが、膜形成のメカニズムについては十分に明らかにはなっていない。

コレステリック液晶を用いたフレキシブルディスプレイは **Bistable** 動作により消費電力が極めて低く、インクジェットまたはスクリーン印刷技術による **Roll-to-Roll** での作製が可能などの特長を有している。今後はフルカラー化、高精細化の実現が課題になると考えられ、今後の展開が注目される。

## 2. 2 広視野角液晶ディスプレイと視野角補償フィルム

近年、液晶ディスプレイの広視野角化を目的とした液晶ディスプレイのモデリング、および新規光学補償フィルムに関する多くの発表が行われている。前者では偏光板の保護 **TAC** フィルムの位相差の制御と偏光板の視角依存性の改善、後者では液晶セル内に塗布して作製する **In Cell Retarder** による液晶ディスプレイの薄型化が主なトピックスとなっている。

**Fuji Photo Film** のグループからは、偏光板の保護 **TAC** フィルムの光学特性の制御による液晶ディスプレイの広視野角化について講演が行われた（講演番号：6-1）。**TAC** フィルムは耐水性、PVA 膜との接着性、強度等において優れた性能を有しており、延伸によるリタデーションの制御および添加剤による **Rth** の制御により、液晶セルの光学補償機能を有した偏光板を実現している。また一方では、**TAC** フィルムの製造プロセスおよび添加剤の改良により、リタデーションがゼロの **TAC** の開発に成功している。これは **In-Plane Switching (IPS)** 方式における偏光板の光学補償に極めて有効であることから実用化が進んでいる。また、**Optically Compensated Bend (OCB)** 方式のベンド配向液晶層を光学補償する視野拡大フィルムとして、二軸延伸した **TAC** フィルム上に **Roll-to-Roll** プロセスでディスコティック化合物を塗布した **OCB-WV** フィルムの特性について発表が行われた。従来、**OCB** 方式の光学補償フィルムとして二軸性の位相差フィルムが用いられてきたが、**IPS** 方式および **Vertically Aligned (VA)** 方式と比較してその視角特性は十分ではなかった。**OCB-WV** フィルムを用いることで **OCB** 方式の視角特性は飛躍的に向上しており、**OCB** 方式の問題点の一つであった視野角の光学補償の問題を解決したことで、様々な用途での **OCB** 方式の展開が期待される。

**Merk** のグループからは、**Reactive Mesogen** 材料を用いた位相差フィルムの設計について講演が行われた（講演番号：6-2）。基板上に **Reactive Mesogen** 材料を塗布し、配向させることで様々な光学フィルムを作製することができる。特に、**RM** 材料に二色性の重合開始剤を加え、偏光 **UV** 光を照射することで二軸性の光学異方性フィルムの作製に成功している。二軸性の光学異方性フィルムは液晶ディスプレイの光学補償フィルムとして極めて有効な材料であるが延伸による作製が困難であったことから、光学特性の制御性能の向上と実用化が期待される。

また、**Pusan National Univ.** のグループからは、**In Cell Retardar** を用いた、単一セルギャップ型の半透過型 **IPS** 方式液晶ディスプレイについて発表が行われた（講演番号：6-3）。従来、半透過型液晶ディスプレイは液晶セルの両側に直線偏光板ではなく円偏光板を積層しており、これが透過領域の視角特性を劣化させる原因となっていた。この問題を解決するため、液晶セル内部の反射板上に  $1/4$  波長板を塗布により作製することで直線偏光板を用いることが可能となり、透過領域の視角特性を劣化させることなく単一セルギャップの半透過型液晶ディスプレイが実現できることを示している。位相差膜の塗布精度の向上と二軸性の光学異方性を有する **In Cell Retarder** の実現が高品位化および実用化に向けての大きな課題であり、今後注目される。

## 2. 3 液晶ディスプレイの動画特性向上技術

近年、液晶ディスプレイにおける開発のトピックスの一つとして動画性能向上技術が挙げられ、SID 国際会議においても数多くの発表が行われている。これらは主に、オーバードライブ法を用いた液晶応答の高速化と液晶パネルにおける黒画像挿入またはバックライトの点滅による疑似インパルス表示化である。1 フレームにおける黒画像の挿入率を 50% よりもはるかに大きな割合とすることにより、液晶ディスプレイにおける動画のぼやけを抑えられることが知られているが、これに伴う輝度の低下、静止画像におけるフリッカーの抑制が近年の開発課題となってきた。本会議でもそれらの課題に対する研究成果が 2 件発表された。

Toshiba のグループは画像に含まれるぼやけの程度を解析し、その結果に基づいて黒挿入率とバックライト輝度を最適化する Motion AI について発表を行った（論文番号：8-2）。色、コントラスト、明るさ、物体速度等、複数の評価項目の総合値より画像のぼやけの程度を評価し、画像がぼやけを含む場合、黒挿入率とバックライト輝度を最適化した疑似インパルス表示を行い、画像がぼやけを含まない場合、黒挿入を行わないホールド型表示とすることでフリッカーの発生および輝度の低下を抑えている。この動作を実現するためには高速に動作する液晶と光源が必要であり、このことから Optically Compensation Bend (OCB) 方式液晶ディスプレイと LED 光源バックライトを使用している。本発表における解析の詳細とデモは 2006 年 12 月に滋賀県大津で開催される International Display Workshop 2006 (IDW'06) で行われる予定である。

また、Samsung のグループは Patterned Vertically Aligned (PVA) 方式液晶ディスプレイにおいて、オーバードライブ法と駆動周波数を 120Hz としたデュアルガンマ駆動を用いることによる動画のぼやけとフリッカーの改善法について発表を行った（論文番号：10-2）。ホールド型駆動 60Hz における 1 面のデータを 2 面に分け、1 面には、原画像よりも明るい画像、もう 1 面には暗い画像を割り当て、2 面の時間積分で同一輝度となるように 120Hz のインパルス駆動を行う方式である。また、画像の空間周波数が高い箇所ではフリッカーが認識されにくいという実験結果をもとに画像のエッジ検出を行い、空間周波数に応じて二つのガンマカーブの差を変化させることでフリッカーを抑制できることを報告している。この結果、応答速度は従来の約半分である MPRT=7.9ms を達成している。この方式では、黒ではなく灰色が挿入されることから、完全に画像のぼやけを抑えることができないこと、ダイナミックレンジの広い画像ほどデュアルガンマによる効果が小さくなることから、どの程度の画質向上が実際に達成されたのか興味深い。

## 2. 4 液晶ディスプレイシステム

反射型液晶ディスプレイを用いた携帯型 3 次元ディスプレイに関して、NEC のグループから発表が行われた（講演番号 10-4）。1 画素を右目用と左目用の 2 画素に分割し、レンチキュラレンズと組み合わせることで三次元画像を表示する方式である。拡散反射板の凹凸形状における平坦な箇所をなくし、レンチキュラレンズの焦点を反射板表面からずらすことにより、ディスプレイ上に現れる暗線を抑制し、画面輝度の均一化を達成している。また、Toshiba のグループからは半径 10mm の径で湾曲した曲面液晶ディスプレイについて発表が行われた（講演番号：10-5）。基板の湾曲時に生じる位相差を抑えるため基板の厚さが 125 ミクロンの基板を用い、基板湾曲後に液晶の注入、封止を行うことにより基板にかかる圧力の低減に成功している。この結果、表示のムラおよび光漏れが抑えられ、TFT を用いて高精細画像を実現した。

フィールドシーケンシャルカラーディスプレイ、3 次元ディスプレイ等の新しいディスプレイシステムの提案は、次世代ディスプレイのアプリケーションを広げる要素技術として極めて重要であり、近年様々な研究が報告されてきている。今後の展開に期待したい。

## 2. 5 アクティブマトリクスディスプレイ

Samsung のグループから 120Hz 駆動の 70 インチ PVA 方式 TFT-LCD について講演が行われた（講演番号：12-1）。1 画素を液晶分子の方位および傾斜角度の異なる 8 つの領域に分割することで、VA 方式特有の中間調の視角依存性を改善している。また、ゲート線を 1 本、データ線を 2 本とした 1G-2D 構造とすることにより十分な充電時間を確保し、100 インチ以上のディスプレイにおける 120Hz 駆動を実現した。また従来のストライプ形状の画素構造を Z 形状として隣接させて配置し、データラインを画素電極で覆うことにより、データラインから生じる電界による液晶の配向乱れを抑え、20%の開口率向上を達成した。更に偏光板の吸収特性の改善、およびカラーフィルタにおける顔料粒径の小粒化による光散乱の抑制によりコントラスト比 2300:1 を実現している。

また、LG. Philips のグループからは 100 インチ Super-IPS 方式 TFT-LCD について講演が行われた（講演番号：12-2）。位相差フィルムを用いた偏光板の補償による視角特性の改善、大画面露光におけるムラの低減技術の開発と低抵抗 Cu 配線の使用により世界最大である 100 インチの液晶ディスプレイを実現している。視角特性については VA 方式と比べて優れた点が多い Super-IPS 方式であるが、ネイティブコントラスト比が約 1000:1 であり、コントラスト比の改善が大きな課題であると考えられる。

以上二つの講演は非常に対照的であった。Samsung のグループは VA 方式の持つ特有の課題、動画質に関する課題を着実に解決してきているように感じられ、PVA 方式液晶ディスプレイの性能の向上は著しい。一方、Super-IPS 方式は依然としてコントラスト比、動画表示性能において課題を有しており、視野角および画面サイズ以外の性能向上が期待される。

Tohoku Univ.のグループからは OCB 方式を用いたフィールドシーケンシャルカラー液晶ディスプレイについて発表が行われた（講演番号：12-3）。OCB 方式は広視野角、高速応答、低カラーシフト、動作温度範囲が広い等の特長を有していることから近年、次世代の高品位ディスプレイとして注目されている表示方式であるが、光学補償フィルムおよび液晶セルの光学特性の最適化が困難であることが問題とされてきていた。この問題に対して Tohoku Univ.のグループは、液晶および光学補償フィルムの配向面に垂直な面内における光学特性をエリプソメータで測定することにより、液晶ダイレクタのチルト角度分布、フィルム厚、弾性定数比などの光学補償フィルムの物性パラメータを正確に測定することに成功した。この成果をもとに OCB 液晶セルの設計を行った結果、コントラスト比 1000:1、視野角 170 度の高品位 OCB 液晶セルを実現している。また OCB 液晶セルと LED を用いたスキャニングバックライトを組み合わせ、駆動周波数を 360Hz とすることで、フィールドシーケンシャルカラーディスプレイ特有のカラーブレイクアップの問題を解決し、高品位フィールドシーケンシャルカラーディスプレイを実現している。フィールドシーケンシャルカラーディスプレイは広開口率、高精細、低消費電力という特長を有していることから、実用化に向けて今後の発展を期待したい。

### 3. おわりに

以上、液晶ディスプレイに関する発表から、興味深い発表をいくつか紹介した。IDRC 国際会議は、論文数および参加者数において年々規模が小さくなっている傾向にあり、また日本人の参加者も 12 月に International Display Workshop (IDW)が開催されることから減少してきている。SID 国際会議では日本からの発表が再び増加の傾向にあり、大型 TV 等の実用化に近い分野において高い技術力を示しているが、基礎研究におけるこのような傾向は国内の学会においても同様に感じられ、ディスプレイ研究の体制について考え直す時期ではないかと感じられる。学会のプログラム構成としては、近年の傾向をふまえてフレキシブ

ルディスプレイに関するセッションが増え、次世代ディスプレイとして大きくアピールしたものであった。これらは主に海外の研究グループに依るものであったことから、日本の参加者からはフレキシブルディスプレイが望ましい次世代ディスプレイの形であるのかと懸念する声も聞かれたが、今後の展開には注目すべきであると感じられる。一方で、着実に液晶ディスプレイの性能が向上してきている。視野角、コントラスト比、色再現性、動画表示性能においてほぼ問題のないレベルに近づいてきており、今後はフィールドシーケンシャルカラーディスプレイ、3D ディスプレイをはじめとした新しいディスプレイシステムおよび新規材料の開発によりそのアプリケーションは更に広がっていくものと考えられる。

来年の IDRC 国際会議は Euro Display'07 として 2007 年 9 月 17 日－20 日、モスクワにて Advanced Display Technology (ADT'07)との合同で開催される予定である。

以上