

液晶ディスプレイ開発奮闘記

堺ディスプレイプロダクト(株) 近藤 克己

液晶ディスプレイはスマートフォン、タブレット端末、テレビ、そしていろいろな家電製品等の表示として実に多くの機器に使用されています。私たちの生活にとってなくてはならないものとなっていると言えるでしょう。しかし私が学生のころ（1970年代）は液晶という言葉すら知っている人がほとんどいませんでした。私が液晶を知ったのは大学院の修士課程でした。その後、液晶をテーマとして研究に、企業に入ってからディスプレイの開発を進めてきました。ここでは、私の経験を中心に液晶ディスプレイ発展の歴史を述べたいと思います。

1. 液晶との出会い

私が液晶を知ったのは修士課程1年の時でした。1978年ですので40年前になります。当時は液晶という言葉さえ一般には知られていない時代でした。液晶の基礎研究分野では欧米が大きく先行しており、多くの基礎知識は1950年代以降なされた研究をまとめた原書を読むことで得られました。私が所属した研究室は若い先生方と大勢の学生で構成されており、この新しい分野への開拓者となるべく活気があふれていました。このように偶然の出来事として液晶に出会いました。



写真1. 国際液晶会議@京都

しかし、2年後の1980年になり私の意識は一変しました。国際液晶会議 (International Liquid Crystal Conference) が日本で初めて開催されたのです。私もポスターセッションで発表する機会を得ました。場所は京都でした。

当時の学問の多くは体系化・分類化されており、大学の学部も物理、数学、化学、電気・電子、機械、情報・・・といった形で分けられており、それぞれの分野の学会が存在し、研究発表は専門分野ごとの学会で行うものと考えてられていました。ところがこの学会では物理、数学、化学、電気・電子等の異分野の研究者が一堂に介して、議論がなされていきました。電気屋さん、化学屋さん、物理屋さん達が自身の専門分野の垣根を越えて、お互いに情報を共有して、

いろいろな課題に取り組んでいました。実験物理の研究者がデータを公開し、なぜそのような結果になるのかを理論物理の研究者が解析する、そして新たに現れた仮説を検証するために、化学屋さんをお願いして必要な物質を作ってもらおう、といった形で交流がなされていました。学際的な研究という言葉も知り、すっかり液晶という物質や、そのように議論をする世界の虜になってしまいました。

その後の話をする前に、液晶の歴史を紐解いてみたいと思います。

2. 液晶の歴史

1888年、オーストリアの植物学者であったライニツァ（Friedrich Reinitzer）は、コレステロールの安息香酸の結晶を加熱すると、 145.5°C で融解して白濁した液体となり、さらに加熱すると 178.5°C で透明液体になることを発見しました。

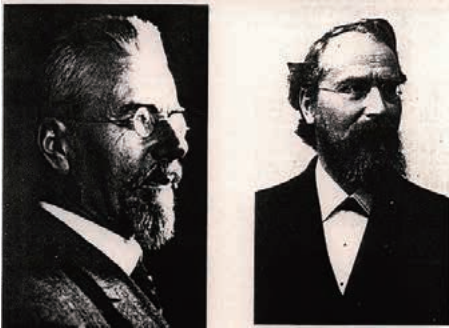


写真2.

左:Friedrich Reinitzer (1857-1927)

右:Otto Lehmann (1855-1922)

水の場合を考えると分かるように 0°C 以下で氷という固体になり、 0°C を超えると透明な液体になります。このように当時、物質はある境目の温度で固体となりそれ以上の温度で液体になり、更に温度を上げると気体になることが一般常識でした。水の場合ですと、 100°C を越えて沸騰すると気体となって空中に飛んで行きます（正確には圧力により状態が変わる温度は変わります）。よく化学の教科書に登場する物質の三態（固体、液体、気体）です。

当時、ライニツァは何か新しい現象ではないかと考え、ドイツの物理学者であるレーマン（Otto Lehmann）にこの物質の解明を託しました。レーマンは当時それほど普及していなかった偏光顕微鏡を使って結晶が持つ性質の研究をしており、試料を加熱する装置を持っていました。早速この物質を加熱して観察した結果、 145.5°C と 178.5°C の間に生じた状態が偏光顕微鏡のもとで複屈折（光学的異方性）を持つことを見出しました。流動性のある液体と結晶の性質を併せ持つことから、この状態を“fliessende krystalle（英文名：liquid crystal）”

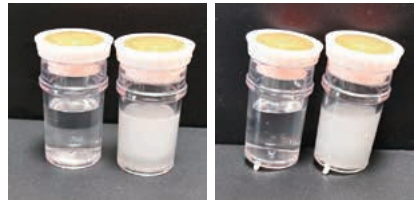


写真3. 液体(左)と液晶(右)
液晶は白濁しているが、傾けると流動性があることがわかる(右写真)。

と名づけました。これが液晶の発見と命名の発端です。既に、発見当時から異分野の研究者による協力があったことと、まじめで几帳面な手紙のやりとりを知ると、感慨深いものがあります。

その後、度重なる戦争があり液晶の研究は停滞しますが、先の大戦後研究が再開され、1957年にはJ. L. Fergasonのグループが米国のウェスティングハウス社にて液晶応用の研究を開始しました。また、同じ米国のRCA社でもR. Williamsによりネマティック液晶（一般的に使われている液晶です）の電気光学効果が発見され、ディスプレイ研究が本格化します。そして、1968年にRCAのG. H. HeilmairがDSM^{*}を発明し、発表します。シャープはこの技術に着目し開発を進め、1973年に液晶を使った電卓を製品化しました。電卓の開発には物理と化学に加えて、小型の半導体素子の開発が極めて重要な役割を果たし、正に多くの異分野の技術を組み合わせることで成し遂げられました。このような小さな箱の中で計算が出来るという、当時としては画期的な製品でした。

※電流を流すことで液晶が激しく動き光を散乱する現象で、DSM (dynamic scattering mode : 動的散乱モード) と呼ばれています。



写真4. シャープの初期の液晶電卓EL-805M

3. 液晶の研究

話を私の液晶との関わりに戻します。

1978年に液晶と出会い、高価な電卓や腕時計に搭載されていること、そして多くの化学、電機といったメーカーで開発にしのぎを削っていることを知ります。物質の化学構造と物性との関係性や、そもそもどのような現象が生じているのか？等々、研究対象としても興味深いものでした。私は研究者の道を目指しました。そして博士後期課程へ進むこととしました。余談ですが、博士課程の研究の一つにWilliamドメインを再現し、偏光顕微鏡で液晶分子配向状態の断面を観察する試みをしました。液晶層を厚くすることでこれを達成し、その後の研究に活用しました。当時はメールの無い時代で、論文を読むためには別刷り（著者自身が自分の論文のページのみを余分に印刷したもの）を葉書で請求する習慣がありました。私のような若造の論文に対して、かのWilliams氏から葉書を頂いたことがあり大変に感激しました。また、Heilmair氏とは2005年に同氏が京都賞を受賞された際のご講演を含むワークショップ「液晶表示の新展開」にてご一緒させて頂く機会を頂きました。このような歴史的な方々と接点を持てたことは、自信に繋がったように感じます。

大学院博士後期課程の最終年には米国での地に将来の可能性を求めて、一ヶ月の旅に出ることにしました。マラソンが趣味でしたので、最初の地をボストンマラソン（毎年4月に開催）と定め、そこで完走してから、液晶研究に携わる先生方を訪問する計画を立てました。

ハーバード大学、マサチューセッツ工科大学、ブランダイス大学、ベル研究所、ケント州立大学・液晶研究所、コロラド大学、といったルートで、多くの先生方を訪問させて頂きました。その後、サンフランシスコで観光をして帰国する予定でした。ところが、ベル研究所訪問の際、著名な先生からディスプレイの国際学会（SID：Society for Information Display）への参加を強く勧められました。学会の場所はサンフランシスコの南部のサンディエゴという場所で、サンフランシスコからバスでも行ける距離にありました。帰路の予定日が学会

初日という幸運も重なり、少し延長すれば良いと決めて、なんとなく参加しました。ところが、SIDで液晶技術を応用したデモ機を見た時に衝撃が走りました。

SIDでは研究発表の後の夕刻にオーサーインタビューという時間があります。その時の写真を紹介します。フランスの大手電機メーカーであるトムソンCSF（Thomson-CSF）社（現在のタレス（Thales）社の前身）のデモでした。

小さなディスプレイで何だと思われるでしょう。でも当時パソコンは大変に高価なもので、かつ表示部がブラウン管を用いているため、大きなスペースを取りました。会社でも課単位で1台共有する程度にしかありませんでした。デモ機が入っているカバンを開いたところ、手前に端末のキーボードが、カバンの蓋側に液晶ディスプレイがあり、来訪者にキーボードを叩かせてくれました。叩くたびに画面が変わる表示を見て、液晶ディスプレイにはこのような未来があるのか？と驚きました。これを機に帰国後考え抜いた上で、最終的に企業で液晶ディスプレイの研究開発に従事することにしたのです。



写真5. ボストンマラソンスタートの地、ポプキントンにて

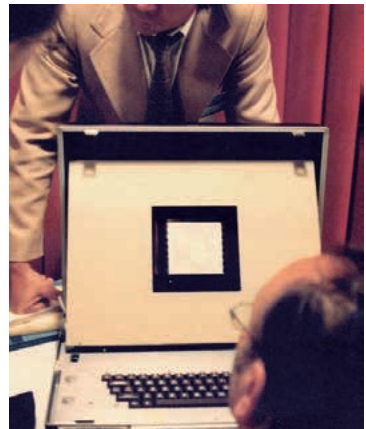


写真6. Thomson-CSFが紹介したパソコンの将来像

4. 液晶ディスプレイの開発

前職である（株）日立製作所入社後、当初は技術シーズとニーズのマッチングで悪戦苦闘しましたが、やがてIPS-TFT（In-Plane-Switching Thin Film Transistor）液晶という技術に出会いました。1991年の暮れのことで。IPS-TFT液晶は従来の液晶ディスプレイと大きく異なり、画面に対して横方向（面内方向：In-plane方向）に電界をかけて液晶分子の配向方向をスイッチします。IPS-TFT液晶はどこからみても色が変わらない広視野角という特徴を持っていました。もはや液晶に視野角依存性はないとも言われました。

よしこれで行こうと開発陣は考えましたが、幾多の難題が待ち構えていました。IPS-TFT液晶は原理上、量産が難しく、なかなか思い切った投資に結びつきませんでした。幸い、スペースを

取らず、かつブラウン管のようにどこから見ても画質が変わらないディスプレイを必要とするお客様が居るというマーケティング幹部の意見が採用されて、プロジェクト化することになりました。諸先輩方々のサポートを頂きながら、多くの有能な若い研究者と共に無我夢中で開発に取り組みました。かかること4年。ようやく発表の機会を与えられました。1995年10月に浜松で開催されたInternational Display Workshops 1995にてです。

量産は翌年1996年6月からとなりました。その後、改良に改良を重ねて、IPS-TFT液晶はモニタから大型テレビ、そしてスマートフォンやタブレット端末用の表示として普及し、大きな発展を遂げました。写真はIPS-TFT液晶を搭載した液晶モニタ第一号機です。今でも動作します。



写真7. 13.3インチIPS-TFT液晶を搭載したモニタ第一号機

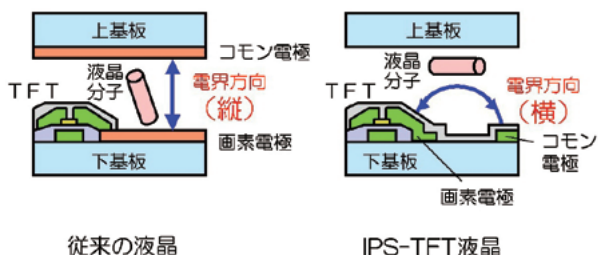


図1. 液晶の動作原理

その後、かのディスプレイの国際学会（SID）から量産直前の1996年5月に招待講演を依頼されました。場所はサンディエゴでした。やがて、2014年にはIPS-TFT液晶の開発と普及に貢献したとして、SIDから名誉な賞を頂きました。会場は再びサンディエゴでした。サンディエゴは私にとってと

でも心地よい地名です。時は経ちましたが美しい町並みは変わらず、懐かしい思い出が詰まった大切な地です。

SIDでのデモの衝撃が私の進む道を大きく転換しました。しかし、未だになぜあの時将来像を見たのか、そしてあのような大きな判断をしたのか、良くわかりませんでした。また、当時は本命視されていなかったIPS-TFT液晶の将来性を夢見て、この時も躊躇なく取り組むこととしました。いずれにしても直感で判断したとしか説明が付きません。



写真8. サンディエゴの町並み。
2014年6月撮影

5. 最後に

私事で恐縮ですが、幼少の頃の思い出を紹介させてください。小学校に入ると祖父が我が家に来ました。祖父は技術者で私が液晶研究に没頭した大学院の大先輩でした。小学生の私にクイズを出すのが楽しみのようでした。例えば飛行機で赤道を一周した時にかかる時間を計算しろというのです。速度一定といった条件付きですが、地球の自転を考えて東方向と西方向とで結果は異なります。苦労して正解を出した時の喜び、それに対して褒められたことが今でも思い出されます。また、両親は良く美術館やコンサートなど色々な所に連れて行ってくれました。その中でも渋谷にあった五島プラネタリウムで過ごす時間は最高の楽しみでした。最近になって、大きな足跡を残した方々の共通点は、執着心を持って調べ考え続けることが好きで、そして美しいものに素直に感動する心がある、というお話を聞きました（例：数学者の藤原正彦先生）。美的感受性がいざという時の直感力に繋がるというのです。

大阪市立科学館にはそのような素晴らしい感動が得られる展示が、そして私がお気に入りのプラネタリウムがあります。最後になりましたが、このような機会をくださったことに感謝するとともに、私の経験がお読みになった方や御子息の方々へ多少なりとも参考になれば幸いです。

著者紹介 近藤 克己(こんどう かつみ)



1955年新潟県生まれ。小学校から大学院まで関東で過ごす。東京工業大学大学院修了(工学博士)。現在、堺ディスプレイプロダクト(株)勤務。SID日本支部理事(Director)。趣味はカメラで、大阪近辺の美しい夜景スポットをこよなく愛する撮影マニア。