

# “メガネ不要の3Dテレビ”の製品化を経て

福島 りえこ

## 1. 3D ディスプレイの開発に着手した理由

都議会議員になる前、22年間務めていた東芝の研究開発センターでメガネが不要な（裸眼）3D ディスプレイの研究開発に着手したのは2001年。

一人で試作、その年の社内向け展示会に出した後のプロジェクトリーダーからは、ディスプレイの高精細化が進むなかで、リアリティを追求したその先には必ず3D表示があること、そして、映像が3Dになるには、表示システムだけでなく、撮影や伝送など、世の中の映像関連のインフラの全てを置き換える必要があることから、東芝のような総合電機メーカーが手掛けるべきだと考えた、と聞いています。

私がこの3Dディスプレイの開発に参画したのは、それから遅れること1年、産休・育休明けの2002年でした。リーダーは半導体の研究者で、当初は構成要素である液晶ディスプレイに詳しくなかったため、液晶ディスプレイの研究の経験がある私や、回路の専門家、光学設計の研究者などの数人で、最初のチームが結成されました。前述の裸眼3Dディスプレイの試作機では、液晶ディスプレイの画素からの光の射出方向を制御するために、金属の薄板にスリットを設けたバリアを使っていたのですが、平坦度と精度を高めるために、液

晶ディスプレイの研究者ならカラーフィルタの材料として当たり前知っている、金属薄膜を蒸着したガラスマスクを作製したところ、とても喜ばれたのを覚えています。異なる専門を持つ仲間が集まる大切さを実感した出来事でした。

## 2. インテグラルイメージング(II)方式の

### 採用

3D-TVをはじめとする3D映像が市場に普及するためには、専用のメガネを使わないことはもちろん、“自然で見やすい”ことが大切であると考え、我々は、3D写真の撮影・再生技術であるインテグラルフォトグラフィ (IP) 方式<sup>1)</sup>をディスプレイに応用することにしました。IP方式は、レンズアレイの焦点距離にフィルムを置いて撮影し、そのフィルム上に撮影に用いたレンズアレイを置いて3D映像を再生するという、1908年に発明された歴史ある方式です。レンズアレイ、すなわち、位置が異なる複数のレンズ越しに記録した物体からの光を、進行方向だけ逆転して再生するという原理から、光線再生方式とも呼ばれています。記録する光線の数を増やすことができれば3D映像を実物さながらに回り込んで視聴することも可能な理想的な方式です。

IP方式のフィルムをディスプレイに置

き換えるにあたっての課題の一つは、解像度の低下です。レンズを経由して再生する光線数は、割り当てられる画素の数で決まりますが、これをNとすると、3D映像の解像度は、元のディスプレイの解像度の1/Nに低下します。我々は連続的な運動視差（観察者が左右に動いたときの見え方の違い）の実現には、最低でも9視差は必要だと考えていたので、立体視に最低限必要な水平方向にだけ視差（見る位置に応じた見え方の違い）を提供する、シリンドリカルレンズを選択することにしました（1次元インテグラルイメージング(1D-II)方式：図1）。3D映像の画素単位の視差情報は水平方向にサブ画素単位で割り当て、一方、垂直方向については、RGBの3原色を縦方向に割り付けました（図1）。このため、3D映像の解像度は水平、垂直ともに1/3に低下、フルハイビジョン（1920画素×1080画素）の液晶ディスプレイを使っても、3D映像の解像度は640×360にとどまります。

1) Y. Hirayama et al., “ODF2002 Tech. Digest”, 2002, 93, (2002).

## 3. 東芝の1D-II方式の特徴と21世紀

### 発明表彰

加えて私は、1D-II方式3Dディスプレイの別の課題、すなわち、特に短い視聴距

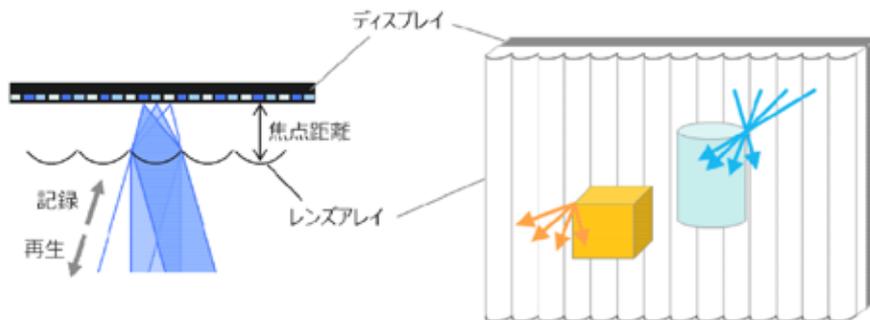


図1 1D-II方式の3Dディスプレイ (a) 断面図、(b) 透視図

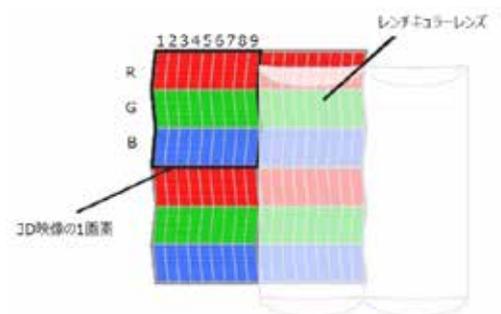


図2 視差画像の割り当て

離で視域（3Dが視聴できる領域）が狭くなるという問題に気が付きました。レンズに割り当てられた9サブ画素を超えてしまうと、隣のレンズのための視差情報を表示したサブ画素からの光線、すなわち、誤った光線情報が目に入ります。そして、画面の端から端まで正しく見える領域は、ディスプレイに近づくほど狭くなります（図3(a)）。

そこで私は、視聴者に向かう光線を効率よく再生するよう、レンズに対応するサブ画素を決めることを考案しました。具体的には、ディスプレイの中心から離れるにつれ、レンズに対してやや外側のサブ画素を割り当てます（図3(b)<sup>2),3)</sup>。サブ画素側からみると、視聴者に向かう光線が経路するレンズに応じた視差情報を表示することになります。この「視域最適化技術」が、東芝の裸眼3Dディスプレイの特徴のひとつとなり、2010年に発明協会の「21世紀発明表彰」を受賞<sup>4)</sup>しました。

ちなみに、1D-II方式以外にも、眼間距離で集光点を設け、観察者の両目とその位置にきたときに立体画像が見られる2眼式や、集光点の数を増やして、不連続ではあるものの運動視差を実現する多眼式も、裸眼3D表示方式として知られています。これらは、視聴空間に集光点を発生させるために、サブ画素×視差数の幅より、レンズピッチを狭く設計するのですが、両眼視差による立体視を重視するため、隣接した視差の混ざり合い（クロストーク）を許容しません（その代わりに、大きな飛び出し/奥行きを表現できます）。「視域最適化技術」は、集光点は設けず、隣の視差と混ざることによって連続的な視差画像の切り替え、す

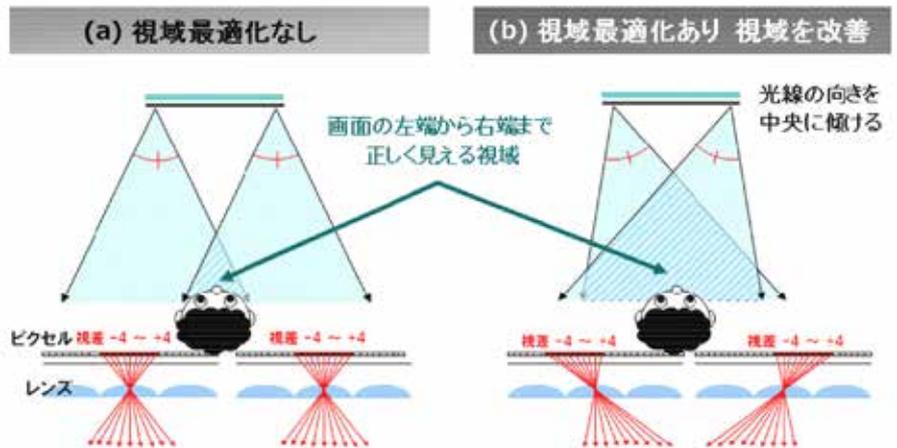


図3 視域最適化の有無と視域の形

なわち運動視差（とモアレの抑制；表1）を提供することで、広い視域を実現する1D-II方式に適用してこそ、意味があります。

「視域最適化技術」を考案したのは3Dディスプレイの研究を始めてわずか半年後でした。それまでに学んだ液晶ディスプレイに関する知識と、新たに学んだ3Dディスプレイの知識が結びつき、パズルを解くように解けたことを今でも良く覚えています。専門分野が変わること、すなわち変化はチャンスだと思います。

- 2) R. Fukushima et al., "Proceedings of SPIE", 5291, 81, (2004).
- 3) 特許第3892808号
- 4) [http://koueki.jiii.or.jp/hyosho/zenkoku/2010/hyosho\\_top\\_zenkoku.html](http://koueki.jiii.or.jp/hyosho/zenkoku/2010/hyosho_top_zenkoku.html)

4. 「平置き型」の探求

開発した1D-II方式の技術を搭載した世界初の裸眼3Dディスプレイの製品は、3D液晶テレビでしたが、研究所では、ディスプレイの利用シーンについても、様々検討しました。中でも力を

入れていたのが、「平置き型」(図4)です。

人間が両眼視差で奥行き知覚しているのは、数mの範囲で、それより遠いものは運動視差や前後関係など、その他の手がかりで奥行きを知覚していることが知られています<sup>5)</sup>。つまり、身体の干渉を必要のある距離について、積極的に立体を知覚しているのです。そういう意味では、3D元年と言われた2010年に各社が製品化したメガネ式（2眼式）、そして我々が製品化した裸眼式の3D-TVのいずれもその後続かなかったのは、身体の干渉を想定した映像がほとんどない、TVという用途にあったようにも思います（東芝では、2013年に、開発した1D-II方式3Dディスプレイを、医療用ディスプレイに搭載しました）。

「平置き型」は、自然に視距離が縮まるとともに、限られた奥行きでもそれなりの存在感を示すことができます。我々は例え

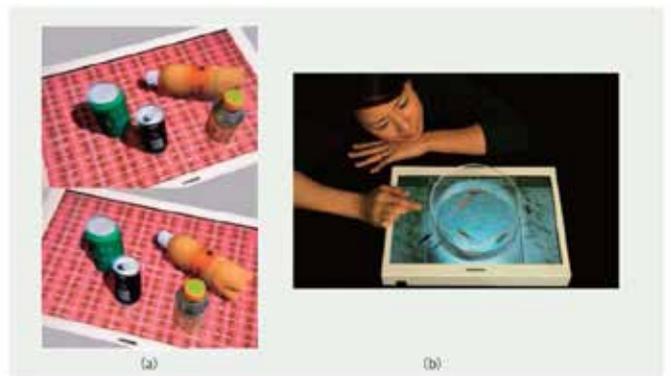


図4 平置き型1D-II方式3Dディスプレイ  
(視差数：16、解像度：480×300、視域：30°)  
(a)24.0インチ、右下の影がない缶が実物、(b)15.4インチ、透明の円筒が実物

表1 裸眼方式の比較

	設計		モアレ(※)	表示性能	
	視差数	クロストーク		運動視差	飛び出し/奥行き表現量
1D-II方式	9以上	許容	ディスプレイ面内/視聴空間ともに解消	有	狭
2眼式	2	NG	視聴空間に発生(フリッピング)	無	大
多眼式	3以上	NG		有(不連続)	

※ レンズと画素の遮光部の干渉による輝度変化

ば、手に持ったペンの位置をマイクロソフト社の位置検出技術「Kinect」で認識し、平置き型3Dディスプレイに表示したボタンをつつくと、色が変わるとともに触感が振動でフィードバックされる、3D空間の操作のデモや、多視点映像をリアルタイムに撮影・伝送し、平置き型3Dディスプレイに表示することで、模擬的に共同作業を行うデモ、手に持った3Dディスプレイの角度の変化をジャイロで検出し、ディスプレイの角度に応じた3D映像を、視域を制御して見せることで、視域の制限を解消、垂直視差を付与し、より完全な3D映像を見られる「Hands-on システム」など、様々なデモを試作、研究開発センターで開催される社内向け展示会で発表しました。

5) J. E. Cutting et al., “Academic Press”, 69, (1995).

5. 量産検討

これらのデモの評判が良かったこともあり、2006年にLCDを製造する関係会社との量産検討が決まりました。とても嬉しかったことをよく覚えています。しかし、そこからが大変でした。

研究者が数台を手で組み立てるのは異なり、量産では、ユーザーからみた信頼性を保証しつつ、生産者からすると、妥当なコストで仕上げなければなりません。高信頼性構造と低コスト構造は、これも二律背反の傾向にあり、良品の基準 (Y) を上げると、部品に要求される精度 (X) が上がりコストがかさみます (図5)。構造案 (X)はこの二律背反の関係からぎりぎりのところを目指すことから、信頼性試験の結果は良いものばかりとは限りません。

最も大変だったのが、3D映像のボケ (Y)につながるレンズの焦点距離 (X)の制御です。レンズアレイの焦点距離に液晶ディスプレイの画素が位置するように、研究所の試作ではアクリルやポリカーボネートで作っていた

レンチキュラーレンズを、ガラス板にUV硬化樹脂でレンズを成形する構造に変更し、さらに、レンズ面を液晶ディスプレイに押し当てる構造にすることで、量産構造における狭ギャップと面内均一化を目指しました。

量産構造に求められるのは、歩留まりの良さです。これを補償するには、必要数を試作し、加熱や加湿、振動などの信頼性試験にかけ、Xの評価をする必要があります。このため、研究時に比べて関わる人数は飛躍的に増加しましたが、多くのメンバーと信頼関係を築き牽引するのは非常にハードルの高い仕事でした。

しかしながらここでも、異分野から参加したメンバーに助けられました。そのメンバーは、薄型化する液晶ディスプレイの反りを抑える研究をしており、我々が集めた信頼性試験のデータから、片面だけUV樹脂が形成されたガラスと、両面に偏向板という延伸したポリマーフィルムが貼られた液晶ディスプレイを張り合わせた、いわゆる多層構造を形成する各層の熱膨張と収縮の時定数の違いが原因だと見抜いてくれたのです。この仮説に基づいて、量産構造を決めことができました。ここでも、問題解決には、多様なメンバーによる協力が不可欠であることを学びました。

6. ガラスレス3Dレザとしての製品化

前述したように、2010年は、業界では「3D元年」と呼ばれていました。ハリウッ

ドが主導した3D映画の普及により、3D映像の楽しさを知った消費者が増え、電気メーカー各社がメガネ式3D-TVを市場投入したからです。このような時代背景のもと、当時の社長が、2010年初頭の社内展示会で見た量産型の中型高精細3Dディスプレイを、TVとして早期に製品化することを決定、東芝のTV製品群の画像処理を開発している研究開発センターのメンバーやTV事業部のメンバー等が参加する、社を挙げてのプロジェクトが発足しました。

ここで主に開発されたのが、全ての2D映像を3D映像に変換するための画像処理技術です。メガネの要らない3D-TVに表示するためには、最低でも9視点の映像が必要なのですが、地上放送含めコンテンツはほぼ2D映像であり、3D映像があったとしてもステレオ (2視点)映像でしかありません。そこで、2D映像または2視点映像から奥行き情報を推定し、9方向の



図5 高信頼性構造と低コスト構造のトレードオフ



図6 奥行き推定による9視点映像の生成



図7 製品外観

絵を再生できるようにしました（図6）。地上波の場合、放送を受信してから3D映像にするまでにタイムラグがあってはいけないことから、グラスレス3D専用のCELLレグザTMエンジンを開発・搭載し、2010年末に世界初のメガネ無し3D-TV、グラスレス3Dレグザの製品化が実現しました（図7）。

このように、業界動向が東芝のメガネ無し3D-TVに関する事業判断に影響したことは間違いありません。そして、関係会社とともに量産構造確立を進めていたからこそ、社長判断に即応できたといえます。

### 7. 都議会議員になって

2017年に、22年間勤めた東芝を定年退職、研究者として学んだ知識や経験を活かして社会課題解決にあたりたいと、都議会議員選挙に出馬、一期目を務めています。研究者の頃は、自ら新しい解決策を考案し、社内ではありますが、その意義を説明し、投資を得て形にするのが仕事でしたが、議員になって実感しているのは、①扱う領域の広さ、②先進性よりは実績が大切、であることです。ついつい、自ら（新しい）解決策を考案したくなるのですが、都民の皆様からお預かりした税金を使って取り組む政策においては実効性がなにより重要です。解決策は視点の一つにとどめ、現場に足を運び、当事者や専門家の話を聞いたり、先進事例などの情報や先を収集、必要に応じて分析、提案する仕事にな

りました。その中でも、これまでの経験から以下の姿勢を変わず大切にしています。

#### ・ピンチはチャンス

液晶ディスプレイの研究から、3Dディスプレイの研究という、新しい分野に踏み出すのは不安もありましたが、その分野での第一人者になれるチャンスでもありました。議員としても、例えば都議会の議事録のテキストマイニングなど、研究者だからこそできることに取り組んでいます。

#### ・多様性の価値

一人でできていることは限られています。得意分野が異なる仲間にも何度も助けられましたし、私自身、子育て中でも責任ある仕事を任せてもらえるという、多様性が認められる環境があって、世界初につながるような研究開発に関わることができました。議員としても、会派の多様なメンバーと協力し、女性をはじめ、多様性を活かす社会の実現に取り組んでいます。

#### ・チーム力の源は志

無かったものを創るというのは、逆境の連続です。「いつになったら製品化できるんだ」とか、「だから反対したんだ」という声は、いつも付きまといまいます。それを乗り越えられたのは、たった一人で試作を始めたプロジェクトリーダーの「3D映像は、医療分野や教育分野の質を高め、安全安心や豊かな暮らしにつながる」という志です。私はこの言葉に共感し、何としてでもプロジェクトを成功させたいと思いました。

都議会は、行政のチェック機関という役割を担っていますが、都の職員に動いてもらうには、ビジョンを持ち、説明し、共感してもらうというプロセスが大切だと思っています。

#### ・客観性の重要さ

想いだけで製品はできません。客観的な目で厳しくチェックをして、初めて世の中に送り出すことができます。

政策や事業も、これからは効果検証がこれまで以上に求められます。議員も、税

金を使う、都職員の時間を使うことに配慮し、都民からの要望をそのまま伝えるのではなく、調査研究し、提案の質を高めて質問に臨むべきと考えています。

#### ・乗り越えた苦難が自信につながる

知っているのと自ら経験しているのは大きな違いがあります。高い壁を乗り越えた経験があるからこそ、次の壁にチャレンジできるのではないのでしょうか。

都民の皆様の声を代弁し、政策や予算をチェックするという重責を果たすにあたり、分野は違いますが、これまでの経験が力になっています。

従来の議員は、都民の要望を受け、都に対処を求めればよかったのかもしれない。

しかしながらこれからの都政を預かる議員の役割は、現状分析を踏まえつつ将来の東京の姿を描き、都民や都職員の共感を得るとともに、最新の技術をも踏まえた解決策を示すことであると考え、日々取り組んでいます。

#### 【著者プロフィール】



世田谷区選出 東京都議会議員 福島理恵子  
1995年 東北大学大学院理学研究科化学専攻修了、同年(株)東芝入社、研究開発センター配

属、22年間勤務。2010年 発明協会／全国発明表彰21世紀発明賞（第二表彰区分、2010年 映像メディア学会／丹羽高柳賞（業績賞）、2010年 ウーマン・オブ・ザ・イヤー2011／大賞、2011年 文部科学大臣表彰／科学技術賞（研究部門）、2011年 Women and the Economy Summit (APEC USA 2011)／APEC女性イノベーター賞他受賞。2017年7月2日 世田谷区で70,471票を集め、トップ当選、現、文教委員会理事、婦人発明家協会会長。

ホームページQRコード▶

