

電子ホログラフィ

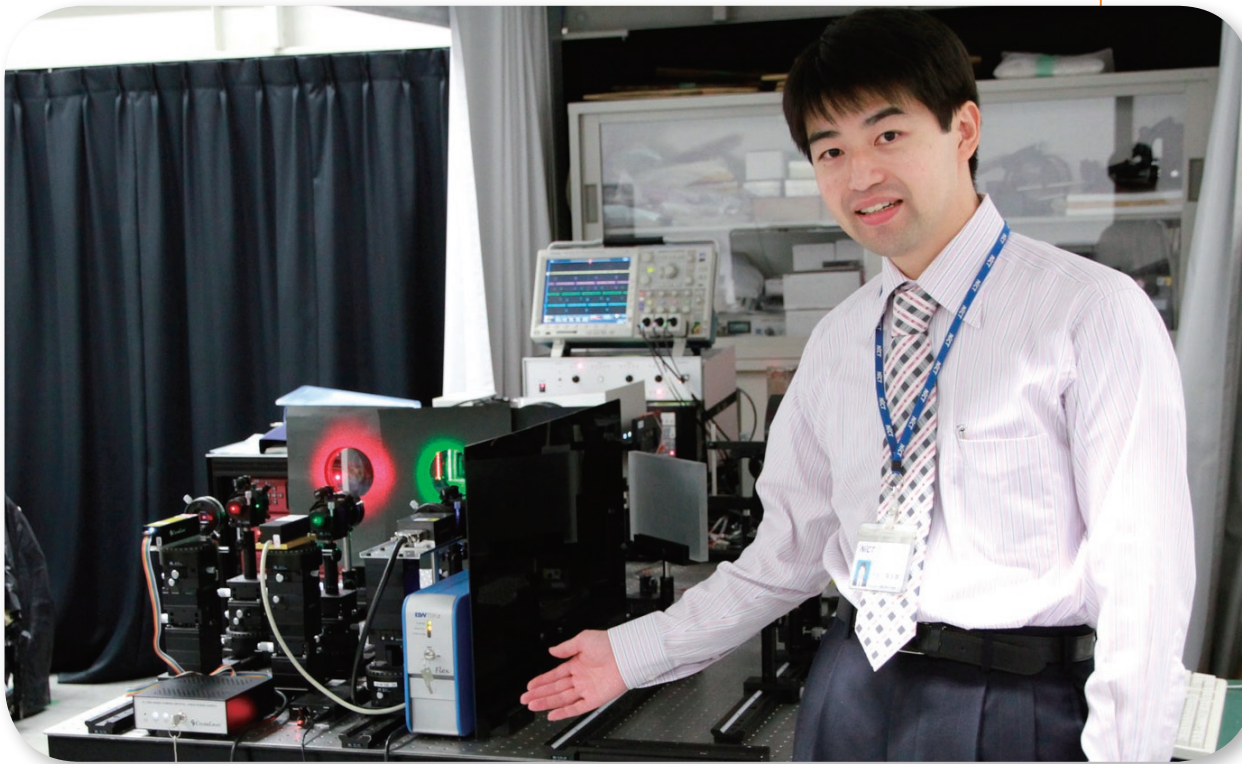
—近未来の表示技術—

大井 隆太郎 (おおい りゅうたろう)

ユニバーサルコミュニケーション研究所
超臨場感映像研究室 主任研究員

大学院博士課程修了後、放送局の研究所を経て、2006年からNICTにて電子ホログラフィの研究に従事。専門は3次元映像技術、イメージセンサ技術。趣味は水泳と飲み会。

「ホログラフィは3次元映像の記録・再生方法として最も理想的です。写真技術(静止画)として発達したこの技術を、撮影から表示まで全て電子化するのが電子ホログラフィの目標です。」



● 「電子ホログラフィ」とは？

読者の方は、ホログラムという言葉を知ったことがあると思います。例えばSF映画の「スター・ウォーズ」や「トータル・リコール」など、近未来の世界を表現する時に空中に立体で人物などを表示するシーンが出てきますが、ホログラムはこうした映画などに出てくるような3次元映像を記録したデータや媒体のことをいいます。

ホログラフィは、正確にはこの3次元映像を記録した媒体であるホログラムの製造技術のことです。ホログラフィには、ホログラムを実写する撮影技術、記録技術、および再生技術が含まれます。私たちは実写の立体映像を電子的にホログラム化し、伝送、記録、再生するまでの全てについて研究をしており、これを「電子ホログラフィ」と呼んでいます。

つまり、これまでの静止画のホログラフィ技術を動画に、しかも電子的に実現するものです。この技術により究極の3次元映像によるコミュニケーションの実現を目指しています。

● 通常の3Dテレビとホログラフィの違い

最近是一般家庭にも3Dテレビが普及しています。家電量販店では多数の3Dテレビを見ることが出来ます。市販の3Dテレビは、左目用、右

目用の少しだけ異なる左右2つの視点、つまり視差を与えた状態で被写体を同時に撮影し、その2つの映像素材を人の左右両眼にそれぞれ個別に見せることで、人間の脳内で立体を知覚させています。つまり人間の脳が持つ特性を利用した原理になっています。この方法は二眼立体と呼ばれ、映画のように画面の正面からじっと動かずに映像を見る場合には優れた方式で広く普及していますが、片目をつぶって見てみると立体的に見ることはできないという欠点があります。

また、画面に対して左側から見ている観客と、右側から見ている観客とでは、物の見え方が本来は異なるはずですが、もとの情報が左右の2視点分しかないため、どの席に座っても正面から画面を見ているときの立体映像しか見ることはできません。

立体視を実現する方法にはいくつかの種類があります(表1)。通常の3Dテレビの原理である二眼立体は、人間の視覚機能に頼った方式といえます。多眼立体は、レンチキュラーレンズ*1などを用いることで、見る位置が変化した場合にそれに応じた映像を見せることが可能です。ホログラフィでは表1の要素全てを記録再生できるため人間の目にとっては実物を見ているときと完全に同じ状態となり、ホログラフィは人の視覚機能に頼らない理想的な立体表示法といえるのです。さらに、例えば一眼レフカメラなどでホログ

表1 3次元映像記録・再生方法の比較

	両眼視差	運動視差	ピント調節(浅い)	ピント調節(深い)
二眼立体 (眼鏡式3Dテレビなど)	○			
多眼立体 (200インチディスプレイや iVisiOnなど)	○	○		
光線再生	○	○	○	
ホログラフィ	○	○	○	○

ラフィ像を撮影すれば、現実空間と同様に正確なピント合わせも可能です。

● 回折と干渉によってシャープな再生像を得る

電子ホログラフィの基本原理について説明する前に、まず2次元のテレビから考えてみましょう。通常のカラーテレビは被写体に反射した光の強さ(輝度)と色(波長)の情報を記録して、再生することができます。これに対してホログラフィでは、これら情報に加えてさらに、ホログラム面を通過する光の方向、つまり光の位相についても記録再生することで、立体映像を表示できます。

図1はこれを模式的に示したものです。撮影時は物体から反射した光である物体光 O (位相と振幅を持つ、ベクトル量)と既知の参照光 R の干渉縞 I (ホログラム、スカラー量)を記録します。再生時はこのホログラムに参照光 R と同じ光をあてて、物体光 O と位相・振幅が等しい光をふたたび発生させます。

二眼立体とホログラフィの間にある技術として、光線再生という技術があり、そこでは多数のレンズを使うことで光の方向をコントロールしています。レンズで位相を変調するので、どうしてもレンズの大きさ程度のポケ感が生じることや、レンズアレイから離れた位置での結像特性が急速に劣化する欠点があります。これに対しホログ

ラフィでは光の回折・干渉を用いて光の方向をコントロールするため、デメリットとしては光の波長程度の微小な画素を持つ特別な素子が必要になる事が挙げられますが、ホログラム面から遠く離れた位置でも非常にシャープな結像が得られるメリットがあります。

私たちの日常生活では光を光線として考えますが、光には波としての性質もあることはご存知かと思います。光の波長程度に細かい格子パターン(縞)が光が通過すると、光の一部は進行方向を変えられます。縞が粗いと少なく曲げられ、縞が細かいほどより大きく曲げられます。ホログラム全体に渡ってこのような粗い縞や細かい縞を予め書き込むことで、何も無い空中に立体像を再現できます。この縞は図1のように光学的に作ることもでき、またコンピュータ内で光の伝搬をシミュレートして、計算により作り出すこともできます。NICTでは実写のホログラム生成を行っており、例えば距離情報を取得できるカメラで撮られた3次元情報を、コンピュータ計算でホログラム化し、開発したホログラム表示装置で3次元像を立体再生するというシステムの研究をしています。

● 実験室レベルの巨大な表示システムは必要なの？

現状では電子ホログラフィ再生装置*2が大きいいため、サイズをコンパクトにすることがまず課題に

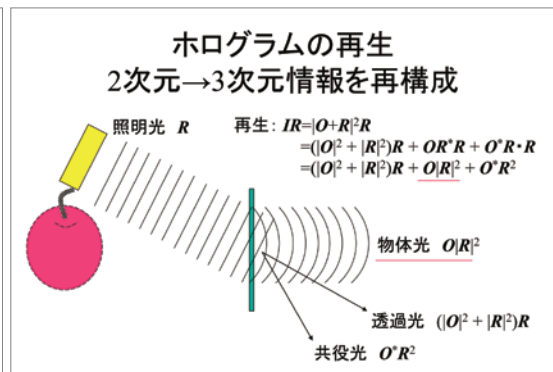
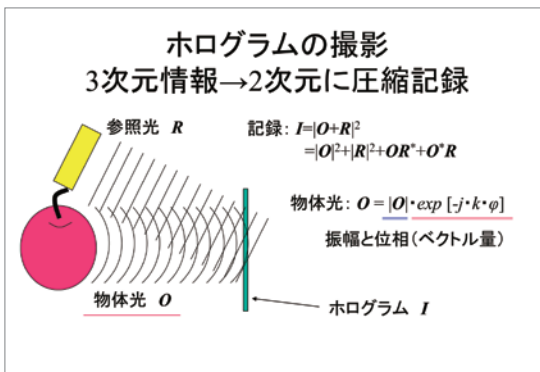


図1 ホログラムの記録と再生



(a) 近い: 自動車のタイヤの付近に焦点



(b) 遠い: 植木の葉の付近に焦点

写真1 電子ホログラフィ再生装置で再生した実写ホログラム像

再生像(a)、(b)はともに1枚の電子ホログラフィから再構成された立体像を再度カメラで撮影して得た画像。輝度、色に加えて、距離も正確に再現。

挙げられます。2010年度に報道発表した電子ホログラフィの表示装置では世界初の技術として視域角15度で対角4cmサイズのカラー動画表示を実現しました。その中で使用している光変調素子は、3,300万画素のものが合計3枚で構成されており、カラー動画表示を実現するためには、素子の周辺に必要な駆動装置やメモリなども大きくなります。また、装置が大きい理由のひとつとして、ホログラムから原理的に発生する妨害光、つまりノイズを除去するために光学的なフィルタ処理を行っている部分のサイズが大きいために挙げられますが、今後の変調素子技術が進歩するのに従ってコンパクトなものになる見込みが十分にあります。現状で本当に必要なホログラム自体の部分は20cm角程度です。写真1は我々の電子ホログラフィ装置で再生された映像の例です。実際には動画像(ムービー)として再生されますが、像の大きさは高さ約2cm程度で、今後、表示サイズを大きくすることも課題です。

おわりに

今回の電子ホログラフィの成果は、今ただちに実用化されるというものではなく、研究開発の初期段階にあり、まだまだ研究が必要です。テレビ

がモノクロからカラーへ変わり、カラーからハイビジョンに進歩してきたように、その先の立体映像への進化も必ずやってくるでしょう。現在人類が知り得る立体表示の方法の中で、究極といえる電子ホログラフィによって社会生活をより豊かなものにすることができると信じています。

用語解説

*1 レンチキュラーレンズ

かまぼこ形の微細な半円筒レンズを多数並べて作ったシート状のレンズのことで、液晶画面や印刷物の表面に貼り付けて使う。半円筒レンズの働きで光の進行方向を変え、見る位置に応じて液晶画面や印刷物の異なる画素を観察できるようにするためのレンズのこと。

*2 電子ホログラフィ再生装置

上部黄色の枠内は距離カメラと演算用PCクラスター

