

# 知っておきたいキーワード

## インテグラルフォトグラフィ

(正会員) 清水直樹†

† NHK放送技術研究所 立体映像研究部

"Integral Photography" by Naoki Shimizu (NHK Science & Technology Research Laboratories, Tokyo)

キーワード：奥行き知覚，空間像再現型，立体映像システム

### まえがき

特殊な眼鏡が不要で、見る位置を上下左右に変えても実物と同様に自然な立体像を観察できる空間像再生型と呼ばれる立体映像表示技術が注目されています。

この空間像再生型の立体映像表示技術として、一般的によく知られている

ものは、理想的な立体表示方式であるホログラフィです。クレジットカードや紙幣などのセキュリティ、干渉計測などで幅広く応用されています。しかし、立体映像表示に向けては、簡便な実写映像の撮影手法や、光波長程度の微細な光干渉縞を表示できる超高精細な表示デバイスの開発など、高い技術的ハードルが存在します。

一方、別のアプローチとして、微小なレンズを多数並べたレンズアレイを通して、撮影・表示を行うインテグラルフォトグラフィを用いた立体映像表示技術の研究も進められています。

ここではこのインテグラルフォトグラフィと、それを用いた立体映像表示技術について解説します。

### 立体表示における奥行き知覚の要因

最初に、人が立体感を得るための要因について説明します。

自然な立体視覚を得るためには、図1に示した四つの奥行き知覚の要因を満足する必要があります。

- 1) 輻輳：顔の近くにある対象物を見る時に、両目が同時に内側を向く動きです。いわゆる「より目」です。
- 2) 両眼視差：両眼の位置で観察される像の違い
- 3) 調節：被写体までの距離に応じて変化する眼球レンズのフォーカス量
- 4) 運動視差：視点を変えることによって生じる映像の変化量

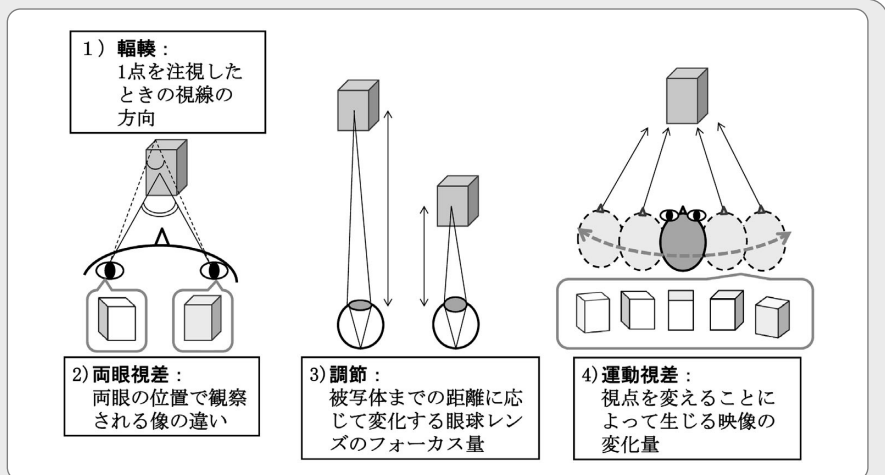


図1 奥行き知覚の要因

左右の目における網膜像の差異です。

- (3) 調節：眼球の中の水晶体の調節によって、ピントを合わせる動きです
- (4) 運動視差：観察者と対象物の相対的な運動によって生じる網膜

像の変化です。

これらの要因は、人間が意識しなくても機能します。このため、立体映像表示には特に重要で、矛盾なく満足されなければなりません。

すでに実用化されている2眼立体方式や多眼立体方式は、主に(1)と(2)

の輻輳と両眼視差の二つの要因により立体感を得ています。課題として、輻輳と調節の不一致(両眼の輻輳は立体像に一致するが、ピントの位置はディスプレイの画面に固定されていて立体像とは一致しない)が指摘されています。

### インテグラルフォトグラフィとは

インテグラルフォトグラフィは1904年にリップマンホログラムで知られるリップマンによって考案されました。“フォトグラフィ”とあるように、もともとは立体写真技術として考案されたものです(図2)。この方式はあたかも被写体がそこにあるかのように、被写体からの光線をそのまま再生することができます。ホログラフィとインテグラルフォトグラフィは、どちらも光の情報をフィルムなど2次元の記録媒体に記録し、この媒体から記録された光を再発生させることでリアルな立体像を再生する空間像再生型の立

体表示技術です。この意味は、すなわち図1の四つの要因を満足することができる立体表示技術です。二つの技術の違いは、光の干渉現象を利用して空

間像を再生するものがホログラフィ、光学系による光線の結像により空間像を再生するものがインテグラルフォトグラフィです。

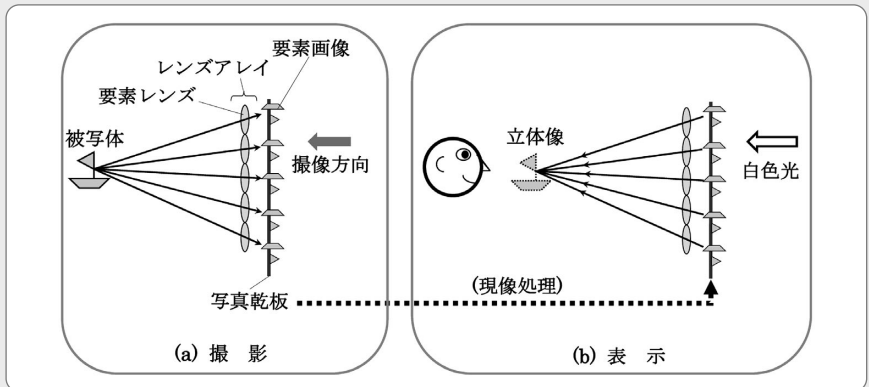


図2 リップマンにより提案されたインテグラルフォトグラフィ (IP)

### インテグラルフォトグラフィの原理

図3に、ディスプレイとレンズアレイを組合せた構成例でのインテグラルフォトグラフィの原理を示します。

図2 (a) の光学系で撮影された要素画像は、複数のピクセルからなる2次元ピクセルアレイに表示されます。要素画像と要素レンズは1対1で対応します。各要素画像において、相対的に同じ位置にあるピクセルから出た光線は、同じ水平・垂直方向に進みます。これらのピクセルには、その水平・垂直方向から3次元物体を投影した2次元画像を表示します。

インテグラルフォトグラフィでは、一つのレンズからの光線が立体表示の

1画素に対応します。このため、インテグラルフォトグラフィで、高画質な

空間像を実現するためには、多数のピクセルと要素レンズが必要となります。

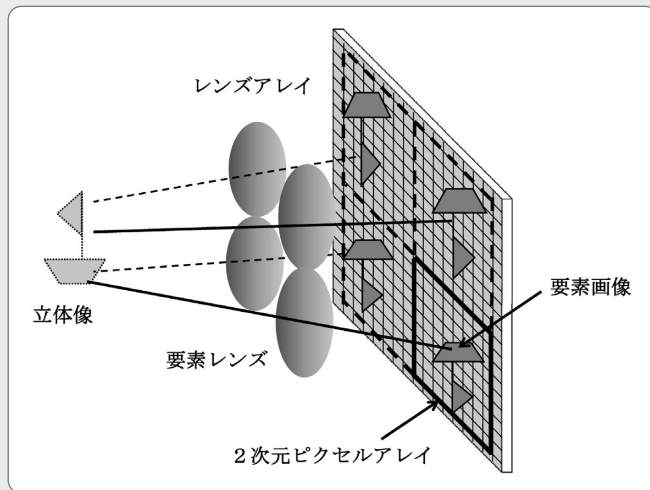


図3 インテグラルフォトグラフィ (IP) の原理

### インテグラル方式立体映像システム

インテグラルフォトグラフィを用いて立体映像システムを実現する方式(以下、インテグラル方式)について説明します。

微小なレンズを密に並べたレンズアレイをカメラの前面に配置し、レンズアレイを通して被写体を撮影することで、被写体の3次元の光線情報を取得します。そして、表示する際にもディスプレイの前面に撮影で用いたレンズアレイと同じ配列のレンズアレイを配置します(図4)。これにより、撮影の際に得られた光線をそのまま再現することができるため、立体映像を再生することができます。

これまで立体像の実写映像を撮影

することは困難でしたが、インテグラル方式により立体像を実写撮影できるようになりました。また、その立体映像情報から電子ホログラム用

データを生成する技術も開発されており、将来の立体テレビやゲーム、教育、医療等への応用の可能性が大きく広がっています。

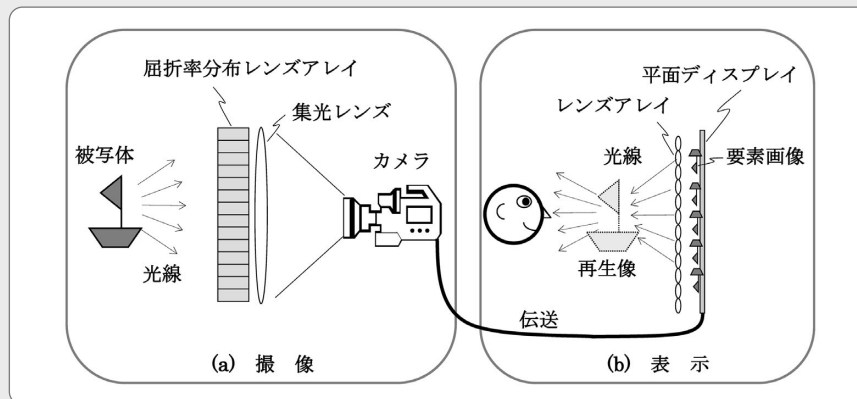


図4 インテグラル方式立体映像システムの概要

### むすび

寝転んで見ても自然な立体像を再現できる技術として、インテグラルフォトグラフィ技術について解説しました。空間像再生型立体映像表示技術は、生理的な奥行き知覚の要因を満たし、裸眼で観察することができるため、誰がその立体映像を長時間見ても疲労が少ないことが期待されます。

実用化にはさらなる画質の向上が不可欠です。画質向上に向けて、映

像装置単体の画素数の制限を克服するため、複数台の映像装置を並べて配置することにより、システム全体として多画素の映像装置を構築する方法が検討されています。また、立体像の観察範囲の拡大や解像度の向上などの画質改善も進められています。さらに、2次元画像に比べ膨大となる3次元画像の信号処理についても研究開発が進められています。

近い将来、高画質な立体映像をごく身近で楽しめるようになることが期待されます。(2013年11月12日受付)



しみず なおき 清水 直樹 1982年、早稲田大学大学院理工学研究科修士課程修了。同年、NHK入局。放送技術研究所にて、光記録、表示デバイスに関する研究・開発に従事。博士(工学)。正会員。

### キーワード募集中

この企画で解説して欲しいキーワードを会員の皆様から募集します。ホームページ(<http://www.ite.or.jp>)の会員の声より入力可能です。また電子メール(ite@ite.or.jp)、FAX(03-3432-4675)等でも受け付けますので、是非、編集部までお寄せください。(編集委員会)