

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月11日現在

機関番号：32714

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009年度～2011年度

課題番号：21500111

研究課題名（和文） 拡張フラクショナルビュー方式立体表示画像のネット配信

研究課題名（英文） Net Distribution of Stereoscopic Images Which Use Extended Fractional View Method

研究代表者

谷中 一寿（YANAKA KAUHISA）

神奈川工科大学・情報学部・教授

研究者番号：30298278

研究成果の概要（和文）：

特殊なメガネをかけずに水平方向だけでなく垂直方向にも視差が得られるインテグラルフォトグラフィの一種である拡張フラクショナルビュー方式は、液晶ディスプレイのドットピッチにかかわらず既製フライアイレンズを使用できるので、3D映像の安価なネット配信が可能になる。本研究では、サーバー側における実写やCGによる3D映像の制作と、クライアント側における多彩なディスプレイを用いた高品質な立体表示に必要な種々の技術を提案し、実験によりその有効性を示した。

研究成果の概要（英文）：

The extended fractional view method, which is a kind of integral photography that enables glassesless 3D display with both horizontal and vertical parallax, is suitable for inexpensive net distribution of 3D videos. In this study various technologies required for the creation of 3D videos by using CG and live action at the server side were proposed. Moreover technologies to use various flat-panel displays and a method to eliminate annoying moire at the client side were proposed. Experimental results showed the effectiveness of the proposed technologies.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	1,900,000	570,000	2,470,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：インテグラルフォトグラフィ(2) 拡張フラクショナルビュー (3) EFV (4) 立体表示 (5) 3Dディスプレイ (6) モアレ (7) 傾斜 (8) フレネルミラー

1. 研究開始当初の背景

(1)3D表示

人の右目と左目の網膜像の違い、すなわち両眼視差を利用した立体表示方式について

は、現在までにさまざまな方式が提案されている。すでに映画やテレビにも応用されているが、そのほとんどの場合、利用者は特殊なメガネをかける必要がある。そのようなメガ

ネを必要としない、パララックスバリア方式やレンチキュラー方式も知られているが、その多くは横方向のみに視差を生ずるので、利用者の両眼が水平でなかったり、ディスプレイがたとえば机の上に平置きされていた場合、立体視ができないことがある。これに対し 1908 年にリップマンにより発明されたインテグラルフォトグラフィ (Integral Photography, 以下 IP と略す) は、特殊なメガネをかける必要がないだけでなく、水平だけでなく垂直方向にも視差を生ずるので、首が傾いていてもディスプレイが平置きになっても立体視が可能な点で、ホログラフィにも似た利点を持つ優れた方式である。

## (2) 拡張フラクショナルビュー方式

残念ながら IP は現在のところ、ほとんど普及していない。その理由の一つは、非常に高精細な液晶ディスプレイ (LCD) やそれ専用のフライアイレンズが必要のため、現在の技術で作ると非常に高価なものになってしまうことがある。同様な問題はレンチキュラー方式の場合にもあり、石井のフラクショナルビュー方式はその問題を解決するために提案されたものである。それを IP に適用できるように拡張したのが、研究代表者が提案した「拡張フラクショナルビュー方式 (Extended Fractional View, 以下 EFV と略す) 方式」であり、この方式を用いれば、従来よりもはるかに安価にインテグラルフォトグラフィを実現することができる。

図 1 は、EFV 方式が想定するシステム構成の例である。LCD の上にフライアイレンズ (蠅の眼レンズとも言う) という、微小な凸レンズをアレイ上に並べたレンズを重ねている。

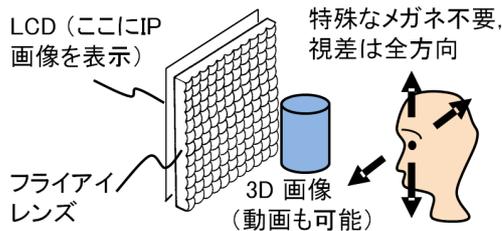
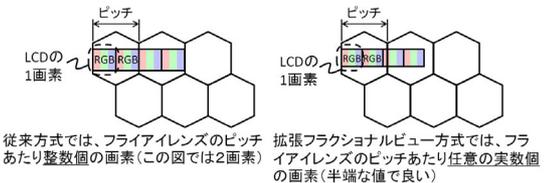


図 1 EFV 方式インテグラルフォトグラフィ

従来のインテグラルフォトグラフィでは、フライアイレンズを構成する凸レンズ 1 個あたり、整数個の LCD の画素を対応させており、その整数が「ビューの数」であった。例えば図 2 (a) ではビューの数は 2 となる。ところが、ビューの数が整数でなければならないということは、LCD の解像度に合わせてフライアイレンズを特注しなければならないことを意味する。しかしそのためには非常に

高価な金型が必要である。これに対し EFV 方式では、例えば図 2 (b) のようにフライアイレンズの凸レンズ 1 あたり、半端な数、たとえば 2.17 個の LCD の画素であっても良い。なぜなら EFV 方式では、CG のレンダリングで使われている「レイトレーシング」と類似した手法で、特に 3D 表示のために合成された画像、すなわち IP 画像を合成しているからである。EFV 方式では、LCD の各画素を出た光線が、フライアイレンズで屈折してどの方向に進み、空間にアレイ上に配置された複数の仮想的なカメラのうちのどのカメラのどの画素で捉えられるかが計算され、IP 画像が合成される。従って LCD の解像度とはまったく無関係に作られた既製品のフライアイレンズを使用することができるので、特に小ロット生産の場合に大幅なコストダウンが可能になった。さらに、1 種類のフライアイレンズだけで、解像度の異なる複数の LCD とみ合わせることもできるので、その点でもコストダウンができるようになった。



(a) 従来方式 (b) EFV 方式  
図 2 従来方式と EFV 方式の違い

## 2. 研究の目的

本研究は、上記のような利点を有する EFV 方式により、インターネットを用いた 3D の画像・映像のネット配信を行うために必要な技術を開発することを主な目的とする。

現在行われているネット配信は、2D の映像を対象としたものがほとんどである。特殊なメガネの装着を前提とした 2 眼式立体映像の配信も部分的に行われてはいるが、裸眼でしかも横方向だけでなく縦方向にも視差が生ずる IP 方式の画像・映像の配信はまだ行われていない。その理由は、IP には高度な技術と高価な表示装置が必要と考えられていたので、少なくとも放送分野で実用化される迄には、かなりの年月が必要と思われていたためと思われる。

しかしながら、上記の EFV 方式を用いれば、パソコンの LCD の上に既製のフライアイレンズを重ねた安価な装置で実現できる。また光 (FTTH など) や無線 (WiFi など) によるインターネット回線の高速化は顕著で、一般の事業所や家庭においても、EFV 方式の 3D 映像を送るのに十分な帯域が利用できるようになってきており、実用化の環境は整いつつあったので、それを実現することを最終的な目標とし、そのために必要となる個々の技術開発を中間目標とした。

### 3. 研究の方法

EFV方式のネット配信を行うためには、3D映像というコンテンツを制作し、それをネットで配信し、そしてPCなどで再生するという一連の流れを実現するシステムが必要である。一般にネット配信には、オンデマンド配信とライブ配信がある。また3D映像の制作方式としては、実写とコンピュータグラフィックス(CG)とがある。それによって要求される技術は違ってくるので、多様な技術が求められている。本研究では、あらゆる可能性を事前に排除するようなことはせず、多方面から研究を行った。

### 4. 研究成果

#### (1) 2009年度

##### ①HD デジタルビデオカメラとフライアイレンズを用いた3D映像の入力システム

実写で3D映像を制作できるようにするため、民生用HDデジタルビデオカメラの前に大型凸レンズと8×8画素のフライアイレンズを置いて撮影することによって、動画のインテグラルフォトグラフィを実現するシステムを構築した。撮影によって得られたHDデジタルビデオ信号をPCに送り、連番BMP画像に変換した後、我々が開発したプログラムでEFV方式のIP画像を合成し、得られたIP画像を結合して動画にし、EFV方式のディスプレイに表示したところ、良好な立体像が得られた。この方式はオフラインの処理が必要ではあるが、ビデオカメラ自体には手を加えないので、すぐにも安価に実現できる利点がある。この成果は5月にドイツのポツダムで開催された3DTVコンファレンス2009で発表した。

##### ②Web3D画像の立体表示

Web3DはWWWを用いて3Dモデルデータを配信し、その3Dモデルを利用者が見たい視点から見るができるよう、利用者のマウス操作によりインタラクティブに回転や拡大縮小して表示するものである。しかしながら透視図的な遠近法にとどまっておき、両眼視差による立体視には対応していなかった。本研究では、既存のweb3Dのデータやブラウザには全く手を加えず、クライアント側の処理のみによってパララックスバリア方式の立体表示を行う方式を提案し、実験システムを構築し、その成果を8月にニューオリンズで開催されたSIGGRAPH2009でポスター発表した。

##### ③電子ペーパーを用いた3D表示

3D表示に用いる装置はパソコンのLCDだけではない。急速に実用化が進んでいる電子ペーパーは、新しいFPDという点でも新しい通信メディアという点でも注目されているが、それとFPDを選ばない利点を有するEFV方式を組み合わせた、新しい立体表示方式を

提案し、実験で動作を確認し、その成果を9月にケンタッキー州レイビルで開催されたNIP25で発表した。

#### (2) 2010年度

##### ①EFV方式によるCGアニメーションの3D表示

すでに述べたようにEFV方式で表示するための3D画像・映像の作成法としては、CGによる方法と実写による方法がある。CGによる方法については、前年度に、デジタルフォトフレームにCGアニメーションを表示すること迄はできていたが、本年度は、より解像度が高いノートPCのLCDを用いることで、画質を向上させることができたので(図3)、これをSID2010で発表した。さらに、CGのレンダリングを、前景のキャラクタと背景とを別々に行い、後からそれらを合成することにより、全体的なレンダリング時間を短縮するクロマキー方式を開発し、それをSIGGRAPH2010で発表した。また従来はCG制作にShadeやMayaなどの有償のアプリケーションを使用していたが、それでは学生が自宅で自習するのに不都合なことがあるので、フリーソフトでありながら高機能なBlenderを使用できるようにし、それをICGG2010で発表した。



図3 市販のPCとフライアイレンズによるIP

##### ②HDカメラとフライアイレンズを用いた3D映像入力システムの実時間化

すでに述べたように、ネット配信の形態にはオンデマンド配信とライブ配信がある。撮像系については、民生用HDデジタルビデオカメラの前に大型凸レンズと8×8のフライアイレンズを置いて撮影する方式を構築済みであったが、EFV方式のIP画像の合成処理に時間がかかるため実時間ではできず、このためオンデマンド配信には適用可能でもライブ配信には適用できなかった。そこで、合成処理のアルゴリズムとプログラムを見直して処理速度を向上させることで実時間処理を可能とし、その成果をSIGGRAPH ASIAで発表した。

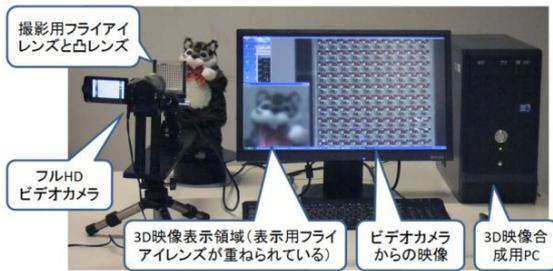


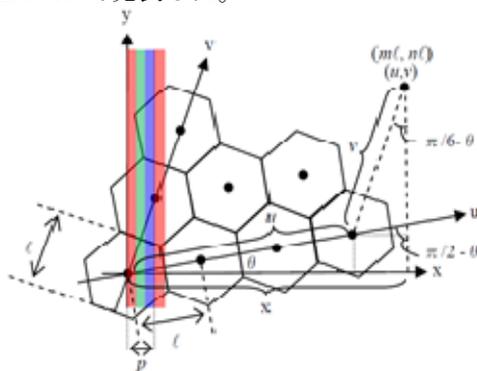
図4 EFV方式3D映像の実時間入力・合成・表示システム

③電子ペーパーを用いた3D表示のカラー化  
前年度に、紙の良さを併せ持つ書き換え可能なディスプレイである電子ペーパーでEFV方式で立体表示する方式を開発したが、その場合の画像はモノクロであった。カラー電子ペーパーを用いることで、カラーの立体表示が可能となったので、その成果をNIP26で発表した。

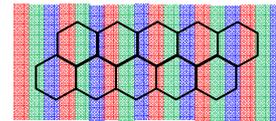
(3) 2011年度

①フライアイレンズを傾けたEFV法

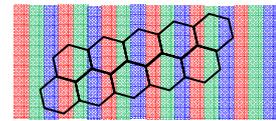
IPでは、本来表示すべき立体像以外に、モアレと呼ばれる目障りな色のついた縞模様が現れる場合がある。その原因は、液晶ディスプレイ(LCD)のRGBのサブピクセルと、その上に重ねられたフライアイレンズの微小な凸レンズとが干渉することによる。縞の太さは、LCDの画素ピッチとLCDの凸レンズピッチとの比率に依存し、その値によっては、縞が細くなって目立たない場合がある。しかしEFV方式では、既製のLCDと既製のフライアイレンズを自由に組合せられることが特徴であるため、その比率を選べないことが前提になっている。そこで新たな解決策として、フライアイレンズをLCDに対して傾斜させることにより、フライアイレンズとLCDの画素との干渉によって生じるモアレを低減する方法を提案し、シミュレーションと実験により有効性を示した。この成果はコンピュータ用ディスプレイの専門学会であるSID2011で発表した。



(a) モアレ発生の仕組みの解析



(b) 従来のEFV法



(c) フライアイレンズを傾けたEFV法

図5 フライアイレンズを傾けたEFV法

②HDビデオカメラとフライアイレンズを用いた3D映像入力システムの小型化

スタジオの外でも容易に3D映像の撮影が可能なるよう、3D撮影用カメラの小型軽量化を行った。従来は金属製フレームの一端にカメラを、別な端に撮影用フライアイレンズを取り付けていたので、大型で重いだけでなく、フレームの振動により画像が揺れる問題があった。そこでフライアイレンズを筒の一端に組み込み、その筒をカメラのレンズの先端に取り付けることで、フレームを省いた。

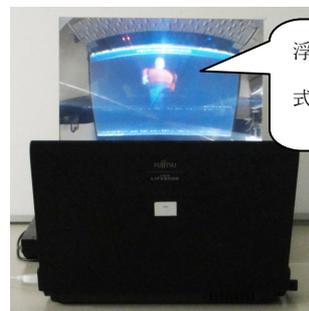
③フレネルミラーを用いた空中に浮かぶIP画像表示

フレネルレンズの片面に金属を真空蒸着してミラーを形成した「フレネルミラー」を用いて、インテグラルフォトグラフィ画像を、横方向だけでなく縦方向の視差を伴いつつ、あたかも空中に浮いているかのように表示する新しい立体表示方式を提案し、実験により立体視が可能であることを示し、ICIPT2011とIEEE VR 2012で発表した。



フレネルミラー

LCD上のフライアイレンズ



浮かぶEFV方式3D動画像

図6 フレネルミラーを用いた浮かぶインテグラルフォトグラフィ

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 11 件)

- ① Kazuhisa Yanaka, Hirokazu Motegi, Input system for moving integral imaging using full HD camcorder and fly's eye lens, Proc. of 3DTV Conference, 査読有, 2009, 1-4
- ② Kazuhisa Yanaka, Stereoscopic Display Technique for Web3D Images, ACM SIGGRAPH 2009 Full Conference DVD-ROM (Posters), 査読有, 1 page, 2009
- ③ Kazuhisa Yanaka, Miho Kijima, Integral Photography using Electronic Paper, Proceedings of NIP25/Digital Fabrication, 査読有, 2009, 467-470
- ④ Kazuhisa Yanaka, Masahiko Yoda, and Akufumi Momose Integral imaging of 3-D CG Animation Using a Laptop PC and General-Purpose Fly's-Eye Lens SID Symposium Digest of Technical Papers, 査読有, Vol. 41, 2010, 1256-1259
- ⑤ Kazuhisa Yanaka, Akifumi Momose and Masahiko Yoda, Chroma Keying between Integral Photography Images ACM SIGGRAPH 2010 Full Conference DVD-ROM (Posters), 査読有, 2010
- ⑥ Masahiko Yoda, Kazuhisa Yanaka, Synthesis of Images for Integral Photography Using Blender Proceedings-DVD of ICGG 2010, 査読有, 2010, 1-6
- ⑦ Kazuhisa Yanaka, Hiromitsu Nishimura, Hideo Kasuga Integral Photography Using Color Electronic Paper Proceedings of NIP26/Digital Fabrication, 査読有, 2010, 512-515
- ⑧ Masahiko Yoda and Kazuhisa Yanaka Real-time integral photography using extended fractional view method ACM SIGGRAPH ASIA 2010 Full Conference DVD-ROM (Posters), 査読有, 2010
- ⑨ Kazuhisa Yanaka, Kazutake Uehira Extended Fractional View Integral Imaging Using Slanted Fly's Eye Lens, SID Symposium Digest of Technical Papers, 査読有, 2011, Vol. 42 1124-1127 DOI: 10.1889/1.3621020
- ⑩ Kazuhisa Yanaka, Masahiko Yoda, Generation of Image Perceived as Floating Using Concave Fresnel Mirror Proceedings of ICIP 2011, 査読有, 2011, 96 - 101
- ⑪ Kazuhisa Yanaka, Masahiko Yoda, Terumichi Iizuka Floating integral photography using Fresnel mirror Proc. of IEEE Virtual Reality (VR) 2012, 査読有, 2012, 135-136 DOI: 10.1109/VR.2012.6180918

[学会発表] (計 0 件)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

谷中 一寿 (YANAKA KAZUHISA)  
神奈川工科大学・情報学部・教授  
研究者番号: 30298278

### (2) 研究分担者

なし ( )

研究者番号:

### (3) 連携研究者

なし ( )

研究者番号: