

単眼カメラによる立体撮影技術

Stereoscopic 3D Photographic Technology for Digital Still Cameras with Single Image Sensor

● 佐藤輝幸 ● 三好秀誠 ● 島田智史

あらまし

2010年に3Dテレビが発売され、ブルーレイディスクや放送などに3Dコンテンツも出始めた。また立体画像を撮影することができるデジタルカメラやカムコーダも販売されている。これらは、左目用と右目用の二つのカメラを用いているが、カメラ1台で立体撮影できれば、3D映像が広く普及する後押しになると考える。そこで富士通研究所は、1台のカメラで2度に分けて撮影することで、従来からある単眼のデジタルカメラや携帯電話などで立体撮影できる技術を開発した。

開発した技術は、左目と右目に相当する適切な視差のある2枚の写真を自動で撮影する技術、およびその2枚を自然な立体に見えるように加工する技術から成る。これらにより、ユーザは被写体に向けて1度シャッターを押してから横方向に振るだけで、カメラが自動で適切な位置での2回目の撮影と加工を行う。本技術は、FOMA F-09Cに搭載しており、誰でも簡単に立体撮影ができるようになった。

Abstract

In 2010, 3D televisions went on the market, and 3D content has been supplied via Blu-ray packages and broadcasting programs. Moreover, digital cameras and camcorders which can take stereoscopic pictures are coming out. These new products have two cameras corresponding to the left and right eyes. But if it becomes possible to take stereoscopic pictures with appliances having monocular cameras, like digital still cameras or mobile phone cameras, 3D imaging will become more common. Based on this consideration, we set a target to develop a new technology that enables people to take 3D photographs with a monocular camera. Our technology consists of two techniques: 1) automatically selecting two photographs with an appropriate parallax, and 2) correcting the misregistration between the two images. To take a 3D photograph, the user presses the shutter of the camera first, and then swings it horizontally. The camera automatically takes the second picture at an appropriate position, and adjusts the images so that is viewed naturally. This technology has been adopted in FOMA F-09C, a product that will let many people enjoy the 3D world.

まえがき

映画に端を発した立体（3D）映像は、2010年春の3Dテレビの発売以来、民生品へ広がりつつある。発売当初は視聴する3Dコンテンツが不足していたが、2010年秋以降は市販のブルーレイディスクに加え、放送でも鑑賞できるようになってきた。3D映像の更なる普及のためには、ユーザ自身が簡単に3Dコンテンツを撮って楽しめる製品が出るのが重要である。

3Dコンテンツを制作するには、左目用、右目用の二つのカメラが必要となる。また撮った後に編集作業が必要となることから、一般ユーザには容易に制作ができなかった。このような課題を解決するため、富士通研究所では「誰でも簡単に3D撮影」を実現する技術の開発に取り組んでいる。

本稿では、単眼カメラを使った立体静止画撮影技術について紹介する。この技術は、1台のカメラで2度に分けて撮影することで、従来からある単眼デジタルカメラや携帯電話などで立体静止画撮影を実現する。

はじめに2眼式立体の原理および鑑賞時の問題点について説明する。つぎに開発技術による撮影手順および方式について述べ、さらに開発成果として製品適用例を示す。最後に今後の展望について述べる。

2眼式立体の原理と問題点

● 2眼式立体の原理

本節では現在3D映像で主流となっている2眼式立体で人が立体を感じる仕組みを説明する。⁽¹⁾

人の左目と右目に入る画像はわずかに違っており、これを視差と呼ぶ。現在主流のメガネを用いた2眼式立体では、画面上に左目用の画像、右目用の画像が提示され、メガネによって、左目画像が左目に、右目画像が右目にそれぞれ入るようになっている。

脳は、それら左右画像を融合して一つの像として認知するように働く。図-1 (a) は左目画像が右側に、右目画像が左側にずれた視差のついた状態を示しており、左右の目の視線が交わったところに一つの像として融合した結果、物体が画面より飛び出して見える。一方、図-1 (b) は左目画像が左側に、右目画像が右側にずれた視差がついた状態を示しており、同様に視線の交点に融合した結果、物体が画面より引っ込んで見える。

以上のように、画像を左右別々に目に入れ、その視差によって物体の奥行き位置を認識する。これが2眼式立体における奥行き認識の原理である。

● 2眼式立体の問題点

人が自然界の物体を認識する際に眼が疲れることはない。しかし2眼式立体を鑑賞する際、視覚疲労を感じることもある。これは2眼式立体を提示するときに、自然界とは違う見え方になることに起

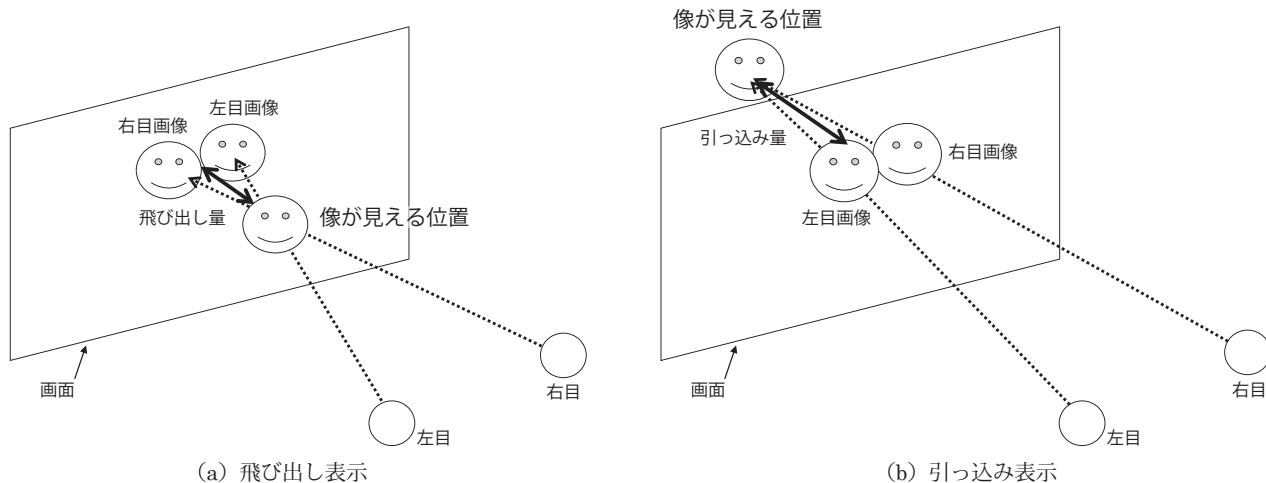


図-1 2眼式立体の原理
Fig.1-Principle of stereoscopic 3D.

因する。本節では図-2を用いて、2眼式立体鑑賞時に起こる視覚疲労について述べる。⁽²⁾

図-2 (a) は、左右の画像が上下にずれて提示された2眼式立体の例を示している。この状態では左右の視線は交わらず、一つの像に融合しない。自然界で一つの物体を見ているときには発生しない事象であるため、疲れが発生する。

また図-2 (b) の下段は、上段と比較すると分かるように、左右の画像に視差が付き過ぎた2眼式立体の例を示している。2眼式立体は画面にある画像を見ながら、画面とは異なる位置に物体を認識する。自然界では見ている物体とその位置は一致するので、2眼式立体では自然界のもの見方と異なることになる。図-2 (b) の下段にある例で認知される物体は、画面からの飛び出し量が非常に大きく、自然界のもの見方と乖離^{かい}が大きくなっている。このことが疲労につながる。

以上から、疲れのない2眼式立体には、

- (1) 左右の画像の上下ずれがないこと
- (2) 左右画像の視差量が大き過ぎないことが求められることになる。

単眼カメラでの立体撮影

● 単眼立体撮影手順と課題

本撮影手法は、従来からある単眼カメラを用いて、静止している被写体を2度に分けて撮影するこ

とで立体撮影を実現する。この撮影手順は、まず左目に当たる画像をユーザがシャッター操作で撮影し、その後カメラを右に動かして右目に当たる画像を撮影する。しかし、このようにして得られた2枚の画像が立体として観賞できるためには、以下の課題がある。

- ・立体感が適切となる位置で右目画像の撮影をする。
- ・二つの画像で撮影光軸ずれによる位置ずれを補正する。

● 単眼立体撮影の方式概要

単眼立体撮影の方式概要を図-3に示す。静止物体に対して左目画像を撮った後、カメラを右に移動しながら動画撮影を行う。動画の各フレームは、右目候補画像として左目画像との間で視差量を検出し、適切な量となった候補画像を右目画像として確定して動画撮影を終了する。

こうして得られた左目画像と右目画像には、一般に光軸ずれがある。図-3では例として左右の画像で回転ずれがあることを示している。光軸ずれ補正処理ではそれを補正して、自然で見やすい3D映像にする。

● 視差量の検出方式

視差量の検出原理を、図-4を用いて説明する。今左目画像と右目候補画像がそれぞれ図-4 (a), (b) のように得られているとする。この二つの図を一番奥にある直方体で左右の画像を重ねると、前に

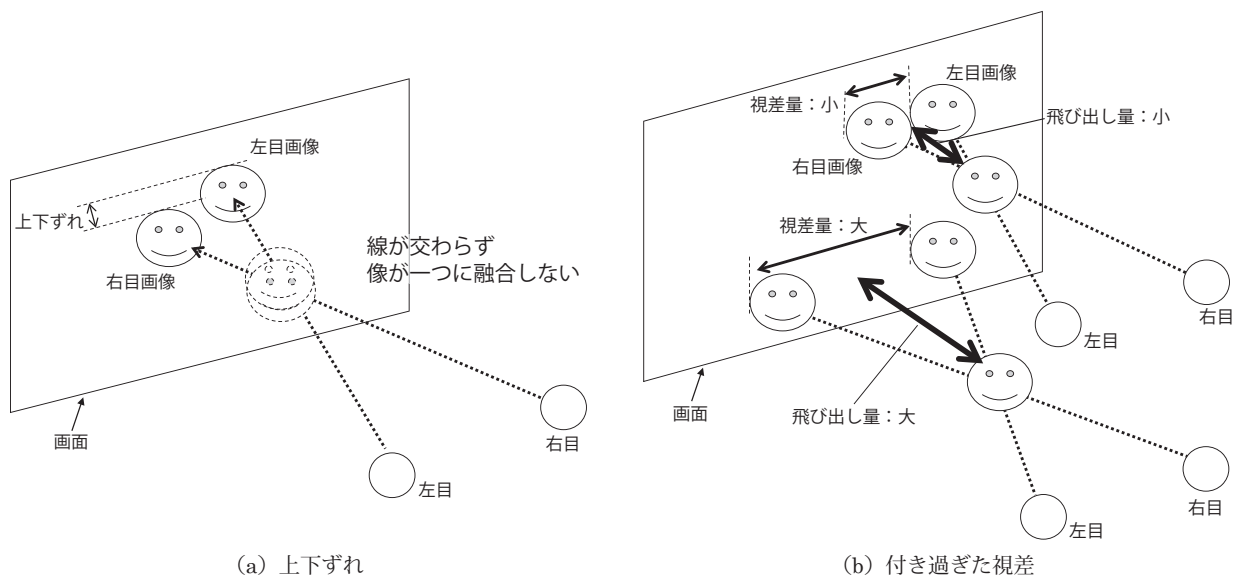


図-2 2眼式立体による疲労
Fig.2-Tiredness caused by watching stereoscopic 3D image.

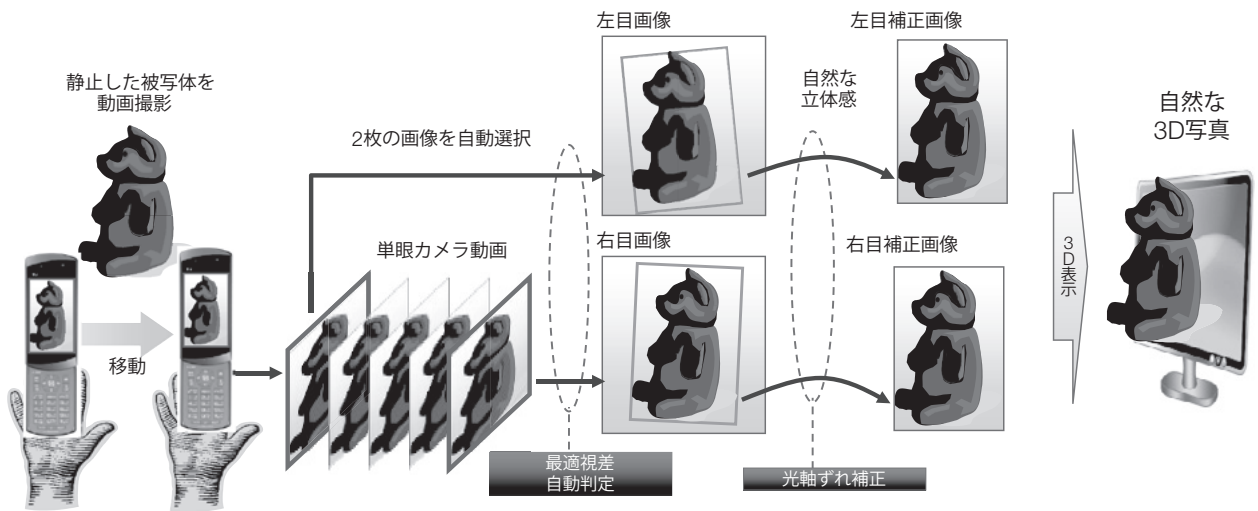


図-3 単眼3D撮影方式概要
Fig.3-Stereoscopic 3D photographic technology with monocular camera.

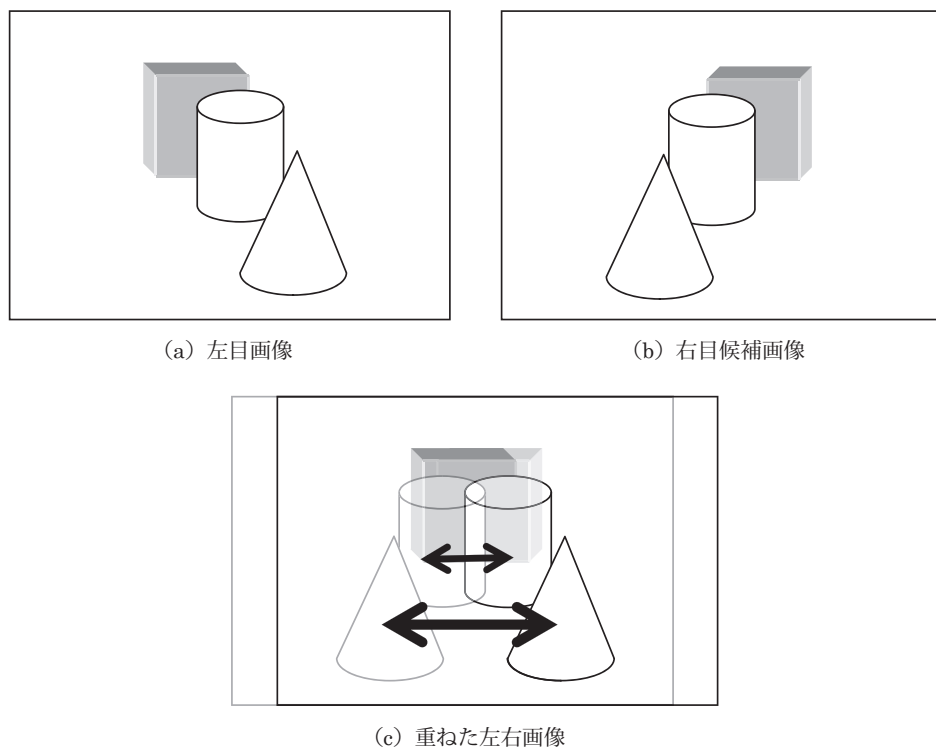


図-4 視差量の検出原理
Fig.4-Detection of parallax.

ある円柱や三角錐では、横方向に位置ずれが起きる。この位置ずれは視差を示しており、カメラを右に移動していくに伴い大きくなる。このずれの大きさを右目候補画像ごとに測定し、適切な大きさになったところで、右目画像として確定する。

● 光軸ずれ補正処理

最終的に得られた左目画像と右目画像の光軸ずれの補正処理は、双方の画像に写っている物体の座標の対応から、変換パラメータを算出して行う。このとき、カメラの移動を想定した制限条件を付けることで、算出するパラメータの値の取り得る

範囲を絞り、求まる解の安定化を図った。

この効果を図-5に示す。図-5は左右画像を透過率50%で重ねて表示している。制限条件をつけない場合、図-5 (a) に示すように補正後の画像が平行四辺形状に変形するような変換パラメータが求まることもあるが、制限条件をつけることで、図-5 (b) に示すようにそのような変形がなく、カメラで撮影された元の画像の直角が保たれている。

開発成果

以上の技術により、ユーザは被写体に向けて1度シャッターを押してからカメラを横方向に動かすだけで、あとはカメラが自動で適切な位置での2回

目の撮影と画像補正を行う。これにより、誰でも簡単に立体撮影ができるようになった。

本技術を搭載した携帯電話は、NTTドコモ様の



図-6 撮影画像例(平行法で観察)
Fig.6-Sample photograph (observed in parallel-eyed).



(a) 制限条件なし



(b) 制限条件あり

図-5 左右画像補正処理
Fig.5-Proper transformation for L/R images.

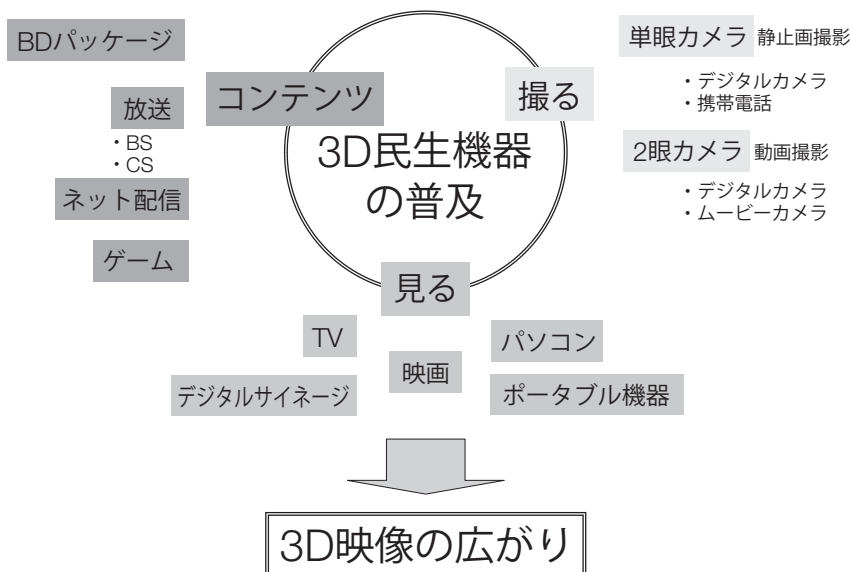


図-7 3D映像の広がり
Fig.7-Spread of 3D images.

FOMA F-09Cとして製品化された。撮影された画像は、マルチピクチャフォーマット⁽³⁾でメモリに保存され、3D対応のパソコンやテレビで観賞することができる。またこの製品には3Dディスプレイが搭載されており、撮ったその場で3D映像を楽しむことも可能である。撮影例を図-6に示す。図は平行法での表示なので、両目で遠くを見るようにすると二つの画像が融合して立体として鑑賞できる。

今後の展望

本技術は、携帯電話でソフトウェアとして実現する以外にも、カメラ信号処理チップのようなハードウェアで実現し、各種デジタルカメラに搭載することが考えられる。図-7に示すように、こうした民生品が製品化されていく中で、ユーザが自分で3Dコンテンツを作成する環境が整い、自分で鑑賞するだけでなくネットを介してほかの人も見るようになると、UGM (User Generated Media) として新たなメディアが形成される。このように3D映像が広がっていくことで、これまでの2D映像にはない3Dの映像表現の世界をより身近に感じられるようになる。

む す び

本稿では、「誰でも簡単に3D撮影」を実現するための、単眼カメラを使った立体静止画撮影技術について述べた。本技術を用いて撮影された左右画像は、適切な視差の発生するカメラ間隔で二つのカメラを並べて撮影したものに等しい。またその間隔は、被写体に応じてカメラが自動的に判断する。このことから二つのカメラ間隔が固定されている2眼カメラと比較すると、撮影対象は静止画に限られるものの、立体感の表現においては優位である。また単眼カメラ製品はなくなることはないことから、長く使われる技術であると言える。

参考文献

- (1) 坂根徹夫ほか：立体視テクノロジー。エヌ・ティール・エス，2008.
- (2) 3Dコンソーシアム安全ガイドライン部会：人に優しい3D普及のための3DC安全ガイドライン。改定，2010年4月20日。
http://www.3dc.gr.jp/jp/scmt_wg_rep/3dc_guideJ_20100420.pdf
- (3) カメラ画像機器工業会：CIPA-DC-007-2009 マルチピクチャフォーマット。制定，2009年2月4日。

著者紹介



佐藤輝幸 (さとう てるゆき)

メディア処理システム研究所イメージシステム研究部 所属
現在，立体映像に関する研究・開発に従事。



島田智史 (しまだ さとし)

メディア処理システム研究所イメージシステム研究部 所属
現在，動画像符号化に関する研究・開発に従事。



三好秀誠 (みよし ひでのぶ)

メディア処理システム研究所イメージシステム研究部 所属
現在，動画像符号化に関する研究・開発に従事。