

ステレオ魚眼カメラを用いた 立体映像作成システムの開発

徳永 修一*

Development of the 3D Vision Making System Using the Stereo Fisheye Camera

Shuichi TOKUNAGA

Abstract

The purpose of this study is to develop a system making a stereogram video as a three-dimensional vision from the action record video using the stereo fisheye camera. The stereogram video is made in three following procedures. At first sight during an action is recorded using two fisheye cameras attached parallel to the head. Second the three-dimensional vision converted in any viewpoint by a stereo fisheye video is made. Here, any viewpoint is center point of a made three-dimensional vision. As for the method to set a viewpoint, the center point in a three-dimensional vision for the right eye is set with a mouse using an image for the right eye displayed on a PC. The image of the sub-region where this viewpoint is center point assumes it a template to set the viewpoint of an image for the left eye. The viewpoint of the left eye image is set at the position that a similar degree is the highest in by the pattern matching using this template. Finally the stereogram video as the plane image of right and left is output continually from the action record animation using the stereo fisheye camera. A stereogram video was made from a photographed stereo fisheye picture by the development of this system.

Key Words: 3D Vision, Stereo Fisheye Camera, Action Record Video, Stereoscopic Vision

1. 緒言

コンピュータの性能が飛躍的に向上し、日常生活のあらゆる場面にコンピュータを導入し、情報支援をはじめとすると様々な用途への利用が試みられている。その1つに頭部装着カメラをはじめとする各種センサや表示装置とともにコンピュータを身に付け、人の行動を記録する研究が行われている¹⁾²⁾。この行動の記録は、例えば企業において、全ての社員の業務を記録に残し、その膨大なデータを分析することで、今後の仕事の効率向上に活かすことができる。特に、そのデータを企業全体で共有することができれば、他の社員の業務事の高度化につながる。また、個人の考え方や行

動パターンなど、本人も気づかない新たな知見を得る可能性もある。そして、各自の業務が可視化され、蓄積されていくことで、各自の仕事への支援³⁾が期待できる。また、熟練者の作業に行動の記録を取り入れることができれば、技能伝承の必要な場面で熟練者の見聞きした経験の共有⁴⁾や必要に応じた技能の再現ができるなど、円滑な技能伝承への利用が考えられる。伝統工芸品の制作において、特有のノウハウが存在する場合には、熟練者から後継者への技能の継承に多大な労力と多くの時間とが必要となるが、熟練者の行動記録を利用することにより、技能継承のための時間短縮や効率的な技能習得が可能になると考えられる。

本研究の目標は、技能の継承に行動記録を利用するために、熟練者の視点に魚眼レンズを装着したカメラ

* 香川高等専門学校詫間キャンパス 情報工学科

を取り付け、得られた広範囲の映像から必要部分を立体映像として再現できる立体映像作成システムを開発することである。本稿では、本システムを実現するために、作業者の目の位置でステレオ魚眼映像を保存し、任意の視点における立体映像を連続的に作成する方法について提案する。

2. ステレオ魚眼カメラを用いた立体映像の作成方法

2.1. システムの構成

本研究で使用する立体映像を作成するシステムの構成を図1に示す。本システムは2台のパソコン、左右2台の魚眼カメラ、映像入力ケーブルで構成する。左右の魚眼カメラを眼鏡上部に並行に固定し、魚眼カメラからの映像は映像入力ケーブルを介してパソコンへステレオ魚眼映像として取り込む。入力映像のサイズは縦480画素、横640画素、1画素の色成分は赤、緑、青、それぞれ8ビットの情報である。本システムでは、ステレオ魚眼映像から1/30秒単位で切り出した画像上で任意の視点により、立体視画像の作成を行う。本システムは、この処理を連続的に繰り返すことで立体映像を作成する。

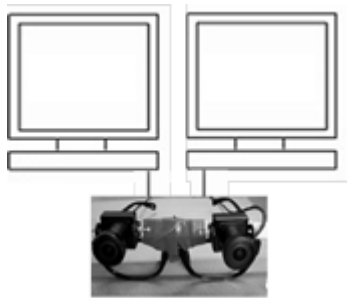


図1 システム構成図

2.2. 魚眼画像から平面画像への変換

魚眼カメラを用いて撮影した画像を歪みのない平面画像へ変換する方法は、図2に示すように2次元魚眼画像を仮想球面とすると、3次元空間で仮想球面に接する平面上の画像へ変換⁵⁾することある。使用する魚眼カメラのレンズは正射影方式であるので、視点の位置を原点Oとし、魚眼レンズの中心軸をZ軸とし、光線が進む方向を正とするXYZ直交座標系を設定すると魚眼画像はXY平面となる。仮想球面と点Qで接する平面をUV平面、UV平面的法線方向をW軸とし、原点O方向を正とするUVW直交座標系を設定する。入射光線とUV平面との交点を点Pの座標値を(x,y,z)、仮想球面との交点を点P'の座標値を(x',y',z')、仮想球面の半径OP=Rとすると、点Pのz座標は式(1)で求められることから、点P(x,y,z)は、魚眼画像の座

標(x,y)だけで求められる。

$$z = \sqrt{R^2 - (x^2 + y^2)} \quad (1)$$

原点OのUVW直交座標系での座標値を(0,0,w)、長さOP=R'、平面画像への倍率をmとするとw=mRより、R'は直角三角形の関係より式(2)で求められる。

$$R' = \sqrt{u^2 + v^2 + w^2} = \sqrt{u^2 + v^2 + m^2 R^2} \quad (2)$$

Y軸方向から見たXZ平面図(図3)よりOP'/OP=R'/Rであるので点P'(x',y',z')は、点P(x,y,z)より式(3)で求められる。

$$(x' \ y' \ z')^{-1} = \frac{R'}{R} (x \ y \ z)^{-1} \quad (3)$$

UV平面がXYZ直交座標において回転角α、天頂角β、平面の回転角φで与えられるとするとUV平面上の点P'(u,v)に対応する魚眼平面上の座標(x,y)は式(4)で求められる。

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \frac{R}{R'} \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \frac{R}{R'} \cdot Rx \cdot Ry \cdot Rz \begin{pmatrix} u \\ v \\ mR \end{pmatrix} \quad (4)$$

ただし、Rx、Ry、Rzは以下の通りである。

$$Rx = \begin{pmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ -\sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$Ry = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \beta & \sin \beta \\ 0 & -\sin \beta & \cos \beta \end{pmatrix}$$

$$Rz = \begin{pmatrix} \cos \phi & \sin \phi & 0 \\ -\sin \phi & \cos \phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

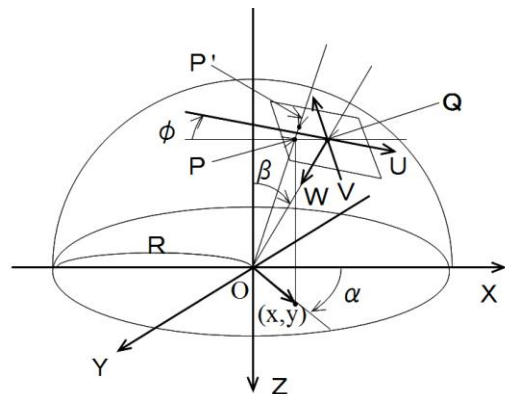


図2 魚眼画像 (XY 平面) と平面画像 (UV 平面)

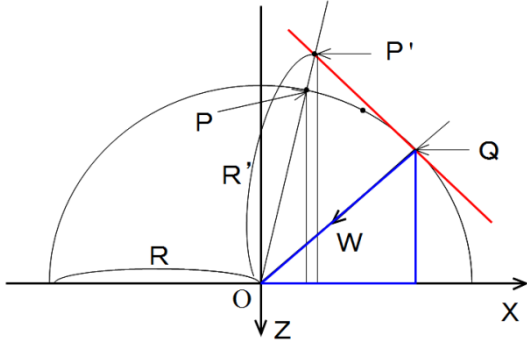


図3 XZ平面図

魚眼画像の (x, y) 座標の赤, 緑, 青の色成分をそれぞれ $FR(x, y)$, $FG(x, y)$, $FB(x, y)$ とすると, 変換後の平面画像の $P'(u, v)$ 座標の赤色成分 $P'R(u, v)$, 緑色成分 $P'G(u, v)$, 青色成分 $P'B(u, v)$ は, それぞれ, 仮想球面上の点 $P(x, y)$ より式(5)を用いて, $0 \leq u \leq 639$, $0 \leq v \leq 479$ の範囲内で与えられる。ただし, 対応する位置が魚眼画像の範囲にない場合は3つの色成分を全て0とする。

$$\begin{cases} P'R(u, v) = FG(x, y) \\ P'G(u, v) = FG(x, y) \\ P'B(u, v) = FG(x, y) \end{cases} \quad (5)$$

変換前の魚眼画像を図4に, 任意のQ点における変換後の平面画像 $P'(u, v)$ を図5に示す。

2.3. ステレオ魚眼画像の視点の位置設定

ステレオ魚眼映像を立体映像として作成する場合において, 視点の位置は, 図6に示すように右目画像に対してマウスを用いて, 視点位置の $RC(x, y)$ 座標として設定する。これより右目画像の視点座標の前後左右 $L/2$ の縦横 $L \times L$ のサイズの画像領域(図6正方形枠内)をテンプレート $T(i, j)$ として用いる。左目画像の視点位置 $LC(x, y)$ 座標は, この右目画像のテンプレートを用いて, 左目画像とのテンプレートマッチング⁶⁾を行い, 図7の正方形枠内に示す最も類似度の高い画像領域の中心位置とする。テンプレートマッチングによる類似度の値 $R(x, y)$ は式(6)により求められる。

$$R(x, y) = \frac{1}{S(x, y)} \sum_{y=0}^{L-1} \sum_{x=0}^{L-1} \{ (T_{(x, y)} - \langle T \rangle) (I_{(X+x, Y+y)} - \langle I_{(X, Y)} \rangle) \} \quad (6)$$

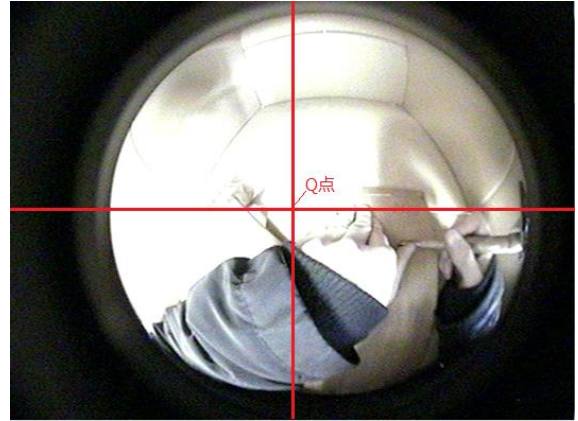


図4 変換前の魚眼画像

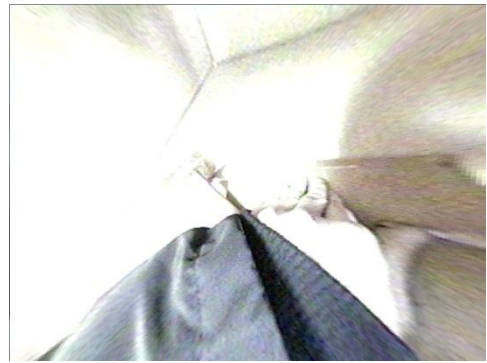


図5 変換後の平面画像

ただし, $S(x, y)$, $\langle T \rangle$, $\langle I_{(X, Y)} \rangle$ は以下の通りである。

$$S(x, y) = \sqrt{\sum_{y=0}^{L-1} \sum_{x=0}^{L-1} (T_{(x, y)})^2 \sum_{y=0}^{L-1} \sum_{x=0}^{L-1} (I_{(X+x, Y+y)})^2}$$

$$\langle T \rangle = \frac{1}{L^2} \sum_{j=0}^{L-1} \sum_{i=0}^{L-1} T_{(i, j)}$$

$$\langle I_{(X, Y)} \rangle = \frac{1}{L^2} \sum_{j=0}^{L-1} \sum_{i=0}^{L-1} I_{(X+i, Y+j)}$$



図6 右目画像のテンプレート位置

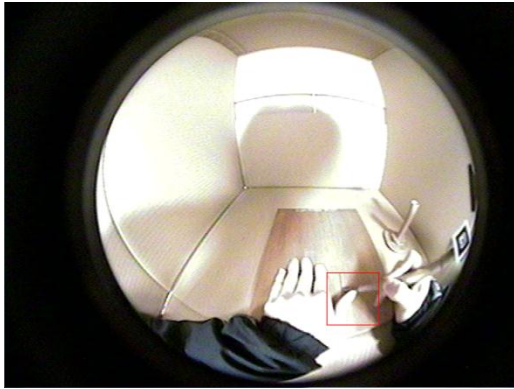


図7 左目画像のテンプレートマッチング



図10 右目平面画像

以上より、魚眼ステレオ画像から立体画像を作成するための基準点を左右の画像の視点座標が与えられる。

3. 適用例

本システムを用いて、図8、9に示す撮影されたステレオ魚眼映像から切り出した魚眼画像より、ステレオグラムビデオを作成した結果を図10、11に示した。マウスにより設定した右目魚眼画像の視点の位置

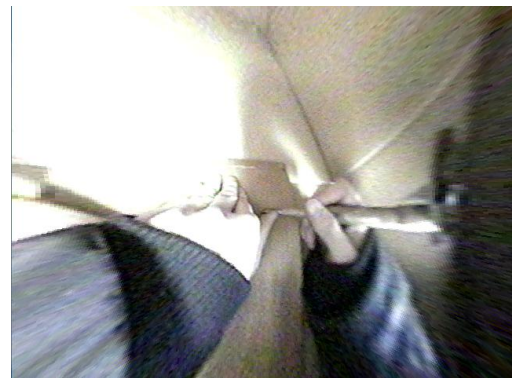


図11 左目平面画像

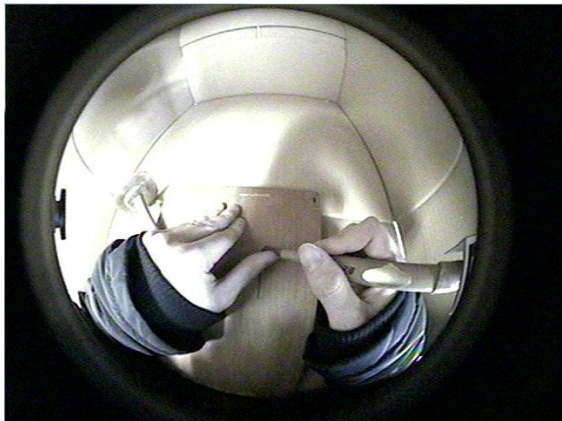


図8 右目魚眼画像



図9 左目魚眼画像

$RC(x,y) = (306, 401)$, テンプレートマッチングの結果から左目魚眼画像の視点の位置 $LC(x,y) = (437, 394)$, テンプレートのサイズは $L=65$ 、倍率 $m=1$ を用いた。

ステレオ魚眼映像から切り出した魚眼画像をマウスで指定した視点で平面画像に変換後、連続的にステレオグラムに配置した立体映像を作成することができた。しかし、視点の指示は最初にマウスで1回行っているだけで、頭部の位置変化に対して途中で視点の変更に対応できない。また、取り込んだステレオ魚眼映像の解像度が低いため平面への変換後に、平面画像の周辺部は外に向かって広がっているような状態であり、周辺部は画像が荒く画質が低下していた。

4. まとめ

本研究では、ステレオ魚眼カメラを用いた立体映像の作成システムを開発するために、作業者の視点で作業映像を保存し、任意の視点における連続的な画像変換を用いて立体映像の作成を行った。その結果、ステレオ魚眼映像から切り出した魚眼画像を任意の視点で平面画像に変換後、連続的にステレオグラムに配置した立体映像を作成することができた。しかし、頭部の位置変化に対して途中で視点の変更ができない。また、周辺部は画像が荒く、画質の低下などの問題点がある。

今後の課題は、視点変更の新たな方法を検討し、高解像度の録画機器を用いて立体映像の画質を改善することである。

参考文献

- 1) 久保田敏司, 中村裕一, 大田友一, 個人行動記録システムにおける注目シーンの検出—注目シーン検出の高精度化と環境カメラの利用—, 電子情報通信学会進学技法, PRMU2002-64, pp.47-52, 2002
- 2) 小泉敬寛, 中村裕一, 亀田能成, 大田友一, Relevance Feedback を用いた個人行動記録の検索, http://www.kameda-lab.org/research/publication/2004/200409_FIT/FIT2004_koizumi.pdf
- 3) 山根隼人, 行動履歴を用いた個人行動支援に関する研究, 名古屋大学大学院工学研究科, <http://www.nagao.nuie.nagoya-u.ac.jp/paper/11229.html> 2004
- 4) 小酒井一稔, 長尾確, 個人用知的移動体における追体験支援システム, 名古屋大学長尾研究室 <http://www.nagao.nuie.nagoya-u.ac.jp/paper/11031.html>
- 5) 外村元伸, クルマに搭載され始めた魚眼レンズの研究Part 2, Design Wave Magazine 12月号, pp.113-114, 2008
- 6) 永田雅人, 実践OpenCV 映像処理&解析, カットシステム, pp.140-146, 2009