

ステレオ魚眼視覚を用いた 3 次元測定法に関する研究

徳永 修一* 坂田 昌平** 大西 祐生**

A Study on Three Dimensional Measurement Method Using Stereo Fisheye Vision

Shuichi Tokunaga, Shouhei Sakata and Yuki Oonishi

Synopsis

The development of a small, power saving, efficient, low-cost equipment is developed and systems of portable types such as Susumu advancement and wearable computers are developed greatly. The method of recording the person's movement and action is researched as an input method to such an equipment. The display of the environmental projection type can be displayed by superimposing user's necessary information to an actual scene. If person's movement can be used as a noncontact input, the convenience of the person who uses this display can be improved. Moreover, recording worker's visual environment by the stereo fisheye vision can preserve work from worker's eyes. An efficient content of work can be taught the beginner from recording necessary work of the skill.

In this paper, we propose the method of three dimension of the tip of a finger of the hand measurement by the stereo fisheye vision processing system for the input of information with the hand.

1. 緒言

現在、画像関連の機器の小型省電力化や高性能化、低コスト化が大幅に進み、ウェアラブルコンピューターなどの携帯型のシステムが開発されている。そのような機器への入力方法として、人の動きや行動を記録する研究[1][2]が行われている。実際の環境へ利用者が必要とする情報を重畳して表示する環境投影型のディスプレイや視覚的情報である人の動きを非接触な入力装置として用いることで、利用者の利便性を高めることができると考えられる。また、作業者の視環境をステレオ魚眼視覚を用いて録画することで作業者の視点からの作業映像を保存で

きる。これを熟練を必要とする作業の映像に用いることで初心者にも効率的な作業内容の教示ができると考える。本研究では利用者の視環境の記録を行い、手による情報入力のためのステレオ魚眼視覚処理システムを用いた手の指先の 3 次元位置を測定した結果を報告する。

2. ステレオ魚眼視覚処理システム

本システムは 2 台の魚眼カメラ、頭部のセンサ、ヘッドマウントディスプレイから構成され、その概要を図 1 に示す。本システムを実現するためには以下の 5 つの機能が必要である。

(1) 手の特徴抽出機能

手の特徴抽出機能は手の動きを測定する機能で、手の特徴抽出を用いて非接触な情報入力を実現するために必要である。

* 電子制御工学科

** 専攻科情報制御システム工学専攻

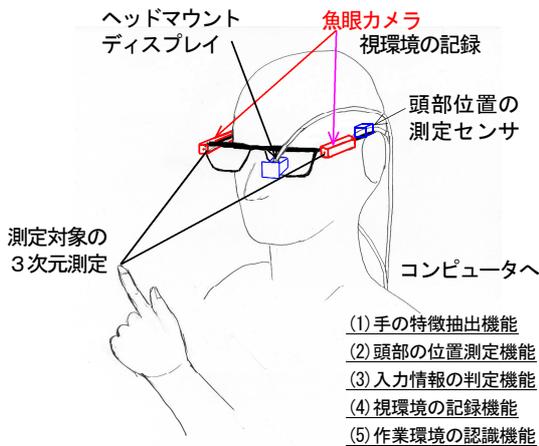


図1 システムの概要

(2) 頭部の位置測定機能

頭部の位置測定機能は頭部の位置を測定する機能で、頭部と手の位置関係を判定するために必要な機能である。

(3) 入力情報の判定機能

手の動きより得られた入力情報を判定する機能で、情報の入力や表示画面の切り替えを行う。

(4) 利用者の視環境の記録機能

利用者の頭部の動きに連動した視環境を記録する機能で、作業等の内容を使用者の視点で記録する機能である。

(5) 作業環境の認識機能

手以外の使用者のまわりの環境を認識する機能で、作業等で使用する材料、工具等の認識に必要な機能である。

本稿では(1)手の特徴抽出機能としてステレオ魚眼画像を用いて手の指先の3次元位置の測定を行う。

3. 測定方法

手の指先の3次元位置の測定は図2に示すように頭部に取り付けた左右平行に配置した2台の魚眼カメラを用いて行う。測定手順を以下に示す。

3.1 ステレオ魚眼画像の入力

2台の魚眼カメラより入力した画像を図3に示す。入力画像は $R(i, j)$, $G(i, j)$, $B(i, j)$ ($i = 0, \dots, 319, j = 0, \dots, 239$) で表す。以下 i, j の範囲は ($i = 0, \dots, 319, j = 0, \dots, 239$) である。入力画像をRGB色空間からHLS色空間[3]に変換する。



図2 ステレオ魚眼カメラ

3.2 手の領域抽出

左カメラのHLS画像の色相成分 $E_L(i, j)$ を用いて2値化処理画像 $T_L(i, j)$ を式(1)より求める。

$$T_L(i, j) = \begin{cases} 1 & | H_L \leq E_R(i, j) \leq H_H \\ 0 & | E_R(i, j) < H_L \text{ or } E_R(i, j) > H_H \end{cases} \quad (1)$$

$(i = 0, \dots, 319, j = 0, \dots, 239)$

ここで H_L, H_H は手の領域の色相の範囲を示すしきい値である。同様に右カメラのHLS画像の色相成分 $E_R(i, j)$ より2値化画像 $T_R(i, j)$ を求める。これより、手の領域抽出処理結果を図4に示す。

3.3 ラベリング

対象の位相構造や図形の幾何学形状を明らかにするために2値化画像 $T_L(i, j)$, $T_R(i, j)$ に対してラベリング[4]を行い、ラベル付け画像 $L_L(i, j)$, $L_R(i, j)$ を求める。

3.4 手の領域の面積と重心位置の決定

左カメラのラベル付け画像 $L_L(i, j)$ に対して、面積 S_{Lk} ($k = 1, \dots, sln$) を式(2)より求める。

$$m_k(i, j) = \begin{cases} 1 & | L_L(i, j) = k \\ 0 & | L_L(i, j) \neq k \end{cases}$$

$$S_{Lk} = \sum_{i=0}^{319} \sum_{j=0}^{239} m_k(i, j) \quad (k = 1 \dots n) \quad (2)$$

面積 S_{Lk} の最大値を手の領域と判定する。最大値の時 $k = \max$ とするとき、左カメラの画像の手の領域からその重心位置 $G_L(x_{GL}, y_{GL})$ を式(3)より求める。

$$\begin{cases} x_{GL} = \frac{\sum_{i=0}^{239} i \times m_{\max}(i, j)}{S_{L\max}} \\ y_{GL} = \frac{\sum_{j=0}^{239} i \times m_{\max}(i, j)}{S_{L\max}} \end{cases} \quad (3)$$

同様にして右画像 $L_R(i, j)$ の重心位置 $G_R(x_{GR}, y_{GR})$ を求める。

3.5 指先位置の決定

手の領域の輪郭線 (図 5) を抽出する。左の画像の輪郭線を $C_L[i]$ ($i = 1, \dots, cln$) とし、左の重心位置 $G_L(x_{GL}, y_{GL})$ との距離を求め、その最大値の位置を指先位置 $F_L(x_{FL}, y_{FR})$ とする。同様にして右画像の指先位置 $F_R(x_{FR}, y_{FR})$ を求める。

3.6 手の指先位置の 3 次元測定

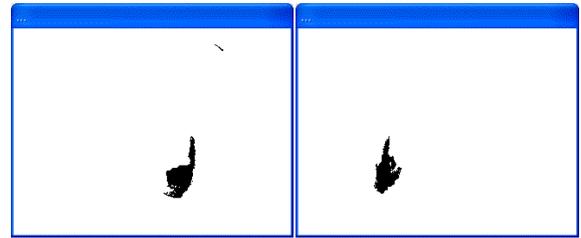
三角測量の原理を図 6 に示す。これより、左右の指先位置 $F_L(x_{FL}, y_{FR})$, $F_R(x_{FR}, y_{FR})$ から、指先の 3 次元座標 $P(x_p, y_p, z_p)$ を式 (4) より求める。

$$\begin{cases} x_p = \frac{-\tan(\pi/2 - ed \times x_{FR})d}{\tan(\pi/2 - ed \times x_{FL}) - \tan(\pi/2 - ed \times x_{FR})} \\ y_p = \frac{-\tan(\pi/2 - ed \times x_{FL})\tan(\pi/2 - ed \times x_{FR})d}{\tan(\pi/2 - ed \times x_{FL}) - \tan(\pi/2 - ed \times x_{FR})} \\ z_p = \sqrt{x^2 + y^2} \tan(\pi/2 - ed \times y_{FR}) \end{cases} \quad (4)$$

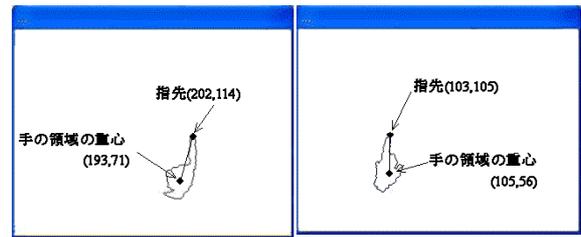
ここで、使用したカメラの魚眼レンズは図 7 に示すように等距離射影方式のレンズであり、定数 ed は光線の入射する角度と画面中央からの像高の比である。定数 d はカメラ間の距離である。



(a)左カメラの画像 (b)右カメラの画像
図 3 入力画像



(a)左カメラの (b)右カメラ
図 4 手の領域抽出処理結果



(a)左カメラの (b)右カメラ
図 5 手の輪郭線処理結果

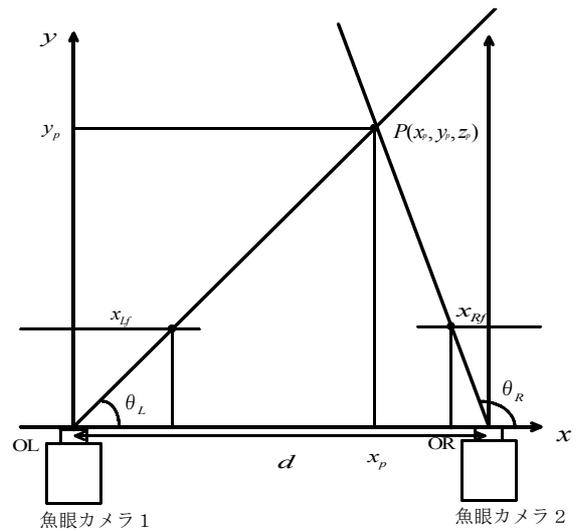


図 6 三角測量の原理

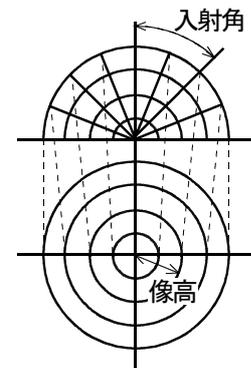


図 7 等距離射影方式

4. 適用例

指先の3次元位置の測定は図8に示すように2台の魚眼カメラの中心位置($x=100\text{mm}$)で被験者の前方 $y=300\text{mm}$ 、高さ $z=0\text{mm}$ の位置から左右、上下、前後の6方向にそれぞれ100mmずつ指先を平行に移動する場合について1/16秒単位の動画像処理により行った。測定結果を左右、上下、前後の順に図9から図11に示した。これより、色相を用いて手の領域を抽出し、その領域の重心および輪郭線から手の指先の座標を測定できることを示した。ここで、手の領域を抽出しやすくするため青色の手袋を用い、青色の色相の範囲を示すしきい値 $H_L=300^\circ$ 、 $H_R=360^\circ$ を用いた。

5. まとめ

手による情報入力を行うためにステレオ魚眼視覚処理システムを用いて、手の指先の3次元位置を測定した結果、手の指先の3次元座標を1/16秒単位の動画像処理により求めることができた。

今後の課題は、頭部の位置測定機能、入力情報の判定機能、利用者の視環境の記録機能、そして、作業環境の認識機能を実現していくことである。

参考文献

[1] 蔵田武志, ウォルテリオ・マヨール, ウェアラブルビジュアルインターフェースのためのコンピュータビジョン, 電子情報通信学会電子情報通

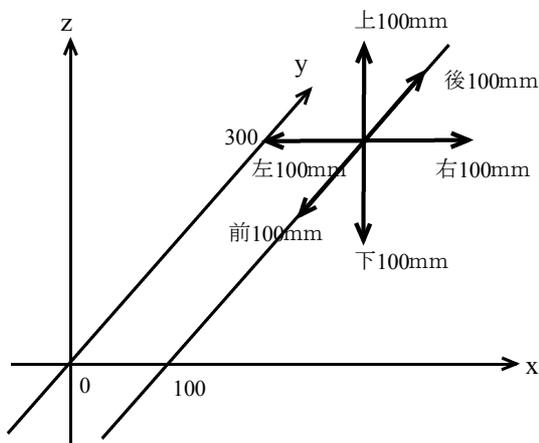


図8 指先の移動方向

信学会技術研究報. PRMU, パターン認識・メディア理解, Vol.105, pp.43-50, 2006

[2] 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, 電子情報通信学会技術研究報告. IE, 画像工学, Vol.102, pp.47-52, 2002

[3] 酒井幸市, デジタル画像処理入門, CQ出版社, pp.103-105, 2002

[4] 安居院猛, 中嶋正之, 画像工学の基礎, 昭晃堂, pp.98-100, 1986

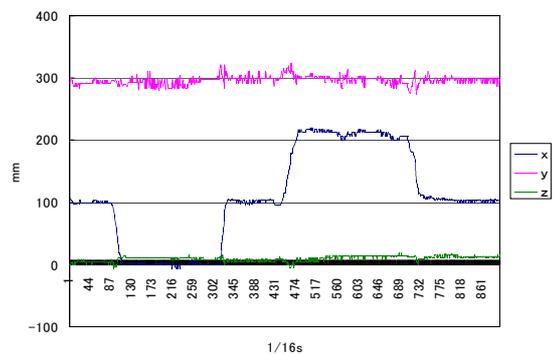


図9 指先の3次元座標の測定結果(左右)

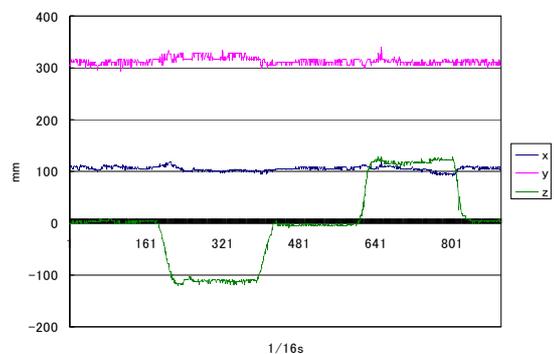


図10 指先の3次元座標の測定結果(上下)

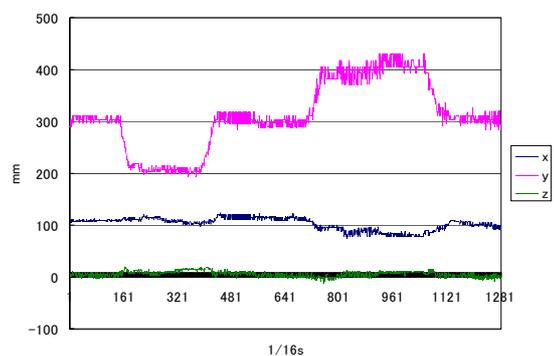


図11 指先の3次元座標の測定結果(前後)