

# Inside-Out カメラからの3次元 Scan path とシーン構造の復元

後藤 祐斗<sup>†</sup> 土屋 成光<sup>†</sup> 藤吉 弘亘<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 中部大学 〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200

E-mail: †{supica, tsuchiya}@vision.cs.chubu.ac.jp, hf@cs.chubu.ac.jp

**あらまし** First Person Vision(FPV) では、頭部に装着するウェアラブルセンサを用いて、ユーザ視点の動画像から周囲環境を認識し、ユーザの視線情報と合わせることで行動意図の理解を目的としている。動的に移動するユーザの3次元空間における注視点の軌跡を計測することにより、ユーザの意図や行動を理解することが期待されている。本稿では、3次元空間における Inside-Out カメラから算出された自己運動に基づく3次元 Scan path とシーン構造を復元するためのシステムを提案する。実験結果より、複雑な環境下で動的に移動するユーザの3次元 Scan path の復元が可能であることを示す。

**キーワード** First Person Vision, Inside-Out カメラ, 3次元 Scan path, 自己運動推定

## Recovering 3-D gaze scan path and scene structure from inside-out camera

Yuto GOTO<sup>†</sup>, Masamitsu TSUCHIYA<sup>†</sup>, and Hironobu FUJIYOSHI<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Chubu University Matsumoto-cyo 1200, kasugai-shi, Aichi, 487-8501 Japan

E-mail: †{supica, tsuchiya}@vision.cs.chubu.ac.jp, hf@cs.chubu.ac.jp

**Abstract** First-Person Vision (FPV) is a wearable sensor that takes images from a user's visual field and interprets them, with available information about the user's head motion and gaze, through eye tracking. Measuring the 3-D gaze trajectory of a user moving dynamically in 3-D space is interesting for understanding a user's intention and behavior. In this paper, we present a system for recovering 3-D scan path and scene structure in 3-D space on the basis of egomotion computed from an inside-out camera. Experimental results show that the 3-D scan paths of a user moving in complex dynamic environments were recovered.

**Key words** First Person Vision, Inside-Out Camera, 3-D Scan Path, Ego-Motion

### 1. ま え が き

近年、高性能カメラが小型化されたことにより、人の頭部や胸部などにカメラを装着して、装着者が見ているであろう視界に近い観測データから、装着者の行動を理解したり周囲の状況を認識しようとする研究が行われている [1] [2]。このような一人称視点を利用した画像解析、認識技術に基づく利用者への行動支援の枠組みを First Person Vision(FPV) [1]~[3] と呼び、2009 年には、IEEE の国際会議である Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR) において Workshop on Egocentric Vision が開催されるなど注目を集めている。FPV の研究では、一人称視点映像から利用者の行動認識やライフログデータの収集、蓄積されたデータから解析や予測をして、利用者の行動の支援や生活の補助をすることを目的とする。しかし、人の目は視界の一部に視線を向けて視対象を認識するため、視線

情報を持たない観測データだけでは利用者の意図に沿う支援または補助をするには限界がある。この問題を解決するために、人の視線を計測する視線計測装置と、視界を観測するカメラを組み合わせた計測装置として Inside-Out カメラが提案されている [4]。

Inside-Out カメラは、図 1 に示すように、人の視点に近い位置から人の視界を撮影する Scene カメラと、人の眼球に近い位置から人の視界を撮影して視線計測などを行うための Eye カメラにより構成されている。市販の視線計測装置も Eye カメラと Scene カメラからなる構成であり、Inside-Out カメラといえる。しかし、その多くは単眼カメラシステムであるため、観測データから得られる注視点情報はシーン画像上の二次元座標と限定されている。清水らは、眼球撮影用のカメラ 2 台と視界撮影用のカメラ 2 台を搭載した Inside-Out カメラと 3 次元注視点の推定法を提案した [5]。しかし、頭部運動が生じた場合に、

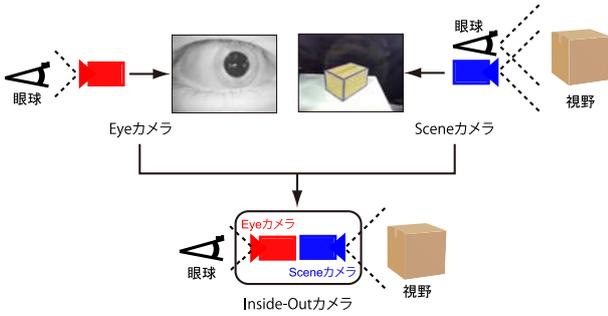


図1 Inside-Out カメラシステム

注視対象の位置が変化するため正確に推定できないという問題がある。竹村らは、単眼カメラにより頭部運動を推定すると同時に注視点を推定する手法を提案し、頭部運動を伴うユーザの注視点の3次元空間中の位置を求めている [6]。しかし、シーン構造との対応が得られないため、ユーザが3次元空間のどのような構造を注視しているのか不明である。

本研究ではユーザの視点位置からシーンの構造を復元する必要があることに着目し、3次元注視点の移動を連続的に結んだ3次元 Scan path とシーン構造の幾何学的関係から人の行動意図を認識することを目的とする。本稿では、Inside-Out カメラを用いて自由に運動するユーザの視点からシーン構造を復元し、3次元 Scan path を取得する手法を提案する。Scene カメラより頭部運動を含む自由運動下でカメラの移動を Badino らが提案した自己運動推定法 [7] により求める。Eye カメラから視線ベクトルを求め、Scene カメラを用いて3次元注視点を推定する。自己運動と3次元のシーン構造に3次元注視点を組み合わせることで、自由運動下におけるユーザの3次元 Scan path を取得する。

## 2. Inside-Out カメラシステム

本章では、Inside-Out カメラシステムの構成と本研究の目標について述べる。

### 2.1 装置構成

Inside-Out カメラは、図2に示すようなゴーグル上部に配置した眼球を撮影する Eye カメラ 2 台と、下部に配置した視界を撮影する Scene カメラ 2 台で構成されたゴーグル型の視線計測装置である。寸法は W160 × H80 × D100 mm であり、重量は約 200g である。Inside-Out カメラは図2(a), (b) に示すような光学配置を実現している。

### 2.2 Eye カメラ

Eye カメラは、赤外ミラーと左右の眼球を撮影する 2 台の赤外カメラ、カメラの周りに 6 個ずつ配置された赤外 LED で構成されている。LED はカメラの周囲に配置されており 750mm~900mm(中心波長 850mm)、指向性 ±40 度の近赤外光を発する。赤外カメラの画角は約 23 度、焦点距離は約 8mm、重量は約 20g である。赤外ミラーは、可視光の 95% を透過し、赤外光の 95% を反射するミラーである。赤外ミラーは図3に示すように、赤外カメラの光軸に対して 45 度傾けて設置してあるため、上部に設置された赤外カメラは赤外ミラーを介して、人の眼球

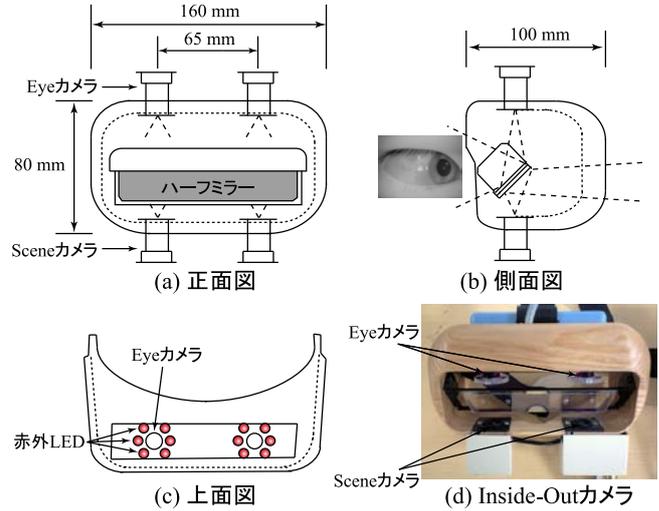


図2 Inside-Out カメラ

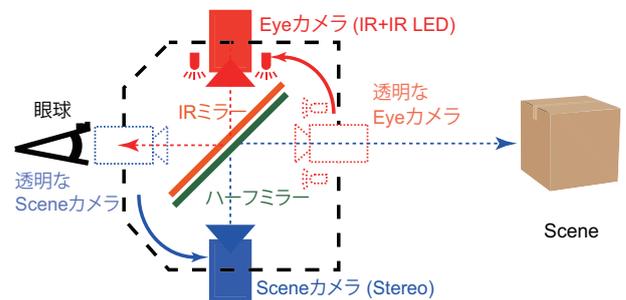


図3 Inside-Out カメラの光学的構造

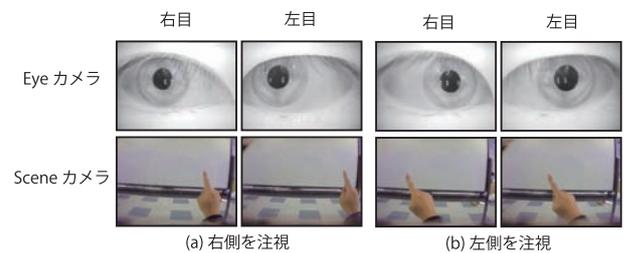


図4 Inside-Out カメラにより得られる画像

を正面から撮影することが可能となる。赤外光は不可視であるため、視覚刺激を与えることなく眼球を撮影することができる。

### 2.3 Scene カメラ

Scene カメラは、左右の視界を撮影する小型 CCD カメラ 2 台とハーフミラーで構成されている。CCD カメラの画角は約 80 度、焦点距離は約 4 mm、重量は約 12g である。ハーフミラーは可視光の 50% を反射し、残りを通過させる性質を持つ。ハーフミラーは図3に示すように、赤外ミラーと同様に CCD カメラの光軸に対して 45 度傾けて設置してあるため、ハーフミラーを介することで光学的に人の視点とほぼ同一の位置からシーンの映像を撮影することができる。また、2 台のカメラ間のベースラインは約 6.5cm であり、ステレオ視に用いることが可能である。

### 2.4 Eye カメラと Scene カメラの関係

Eye カメラと Scene カメラは、ハーフミラーを挟んで向かい合うように設置しているため、各カメラの画像平面は平行に近

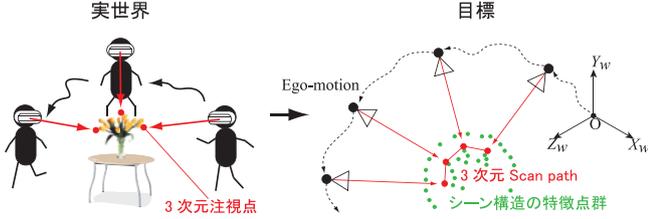


図5 本研究の目標

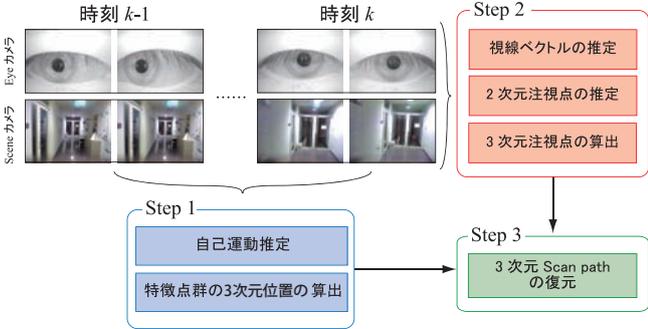


図6 提案システムの流れ

い状態となる。これにより、眼球から抽出した視線ベクトルと注視点を、Scene カメラの画像座標系へ容易に変換することが可能となる。図4に、本システムを用いて撮影したEye カメラ画像と Scene カメラ画像を示す。

## 2.5 本研究の目的

本研究のFPVにおける目標は、図5に示すように、Inside-Out カメラを用いてユーザの視点から観測される静的な物体や3次元構造を含むシーンと、ユーザの3次元 Scan path を組み合わせることで人の行動意図を理解することである。

図6に3次元 Scan path とシーン構造を復元するための提案システムの流れを示す。Scene カメラから取得したシーケンス映像を用いて、動的に移動するユーザの自己運動を推定し、ステレオカメラにより各フレームにおけるシーンの3次元構造を復元する。3次元注視点の推定では、始めにEyeカメラの眼球画像から視線推定を行う。次に、視線の推定結果を用いて同フレームの2次元座標における注視点を推定する。最後に、両目の2次元注視点の推定結果からステレオ視により3次元注視点を推定する。3次元 Scan Path は、各フレームにおける自己運動の推定結果と3次元の注視点推定結果を統合することにより復元する。

## 3. 自己運動推定

Structure from Motion (以下SFM) は、シーンを単眼カメラの視点を変えながら撮影した複数枚の画像から、シーンの3次元形状とカメラ運動を同時に復元する手法である[8]。本研究で用いる Inside-Out カメラの Scene カメラは2台あるため、ステレオ問題としてシーンの復元とカメラの運動を求めることになる。しかし、カメラ間のベースラインは約6.5cmと短いという問題がある。Badinoらはショートベースラインステレオにおける自己運動推定と同時にシーンの3次元形状復元手法を提案した[7]。これは、カメラ画像からKLT法[9]を用いて

特徴点を追跡し、追跡された特徴点を用いてカルマンフィルタにより自己運動(カメラ運動)を推定する手法である。自己運動は、後述するシステムモデルと観測モデルを用いた最小二乗法により求めることができる。本研究では、Badinoらの手法を用いて自己運動の推定とシーン構造の復元を行う。以下に、Badinoらが提案した手法について述べる。

### 3.1 システムモデル

時刻  $k-1$  における世界座標の位置ベクトルを  $\mathbf{p}_{k-1} = (X, Y, Z)^T$ 、速度ベクトルを  $\mathbf{v}_{k-1} = (\dot{X}, \dot{Y}, \dot{Z})^T$  とする。自己運動は、自己位置から回転、平行移動を加えることで各時刻におけるカメラ座標に変換できる。微小時間  $\Delta t_k$  後の自己位置  $\mathbf{p}_k$  は、前時刻の自己位置  $\mathbf{p}_{k-1}$  と回転行列  $\mathbf{R}_k$ 、平行移動ベクトル  $\mathbf{t}_k$  を用いて式(1)により表現できる。

$$\mathbf{p}_k = \mathbf{R}_k \mathbf{p}_{k-1} + \mathbf{t}_k + \Delta t_k \mathbf{R}_k \mathbf{v}_{k-1} \quad (1)$$

ここでカルマンフィルタを適用するため、位置ベクトルと速度ベクトルを組み合わせる状態ベクトル  $\mathbf{x}_k$  を式(2)とする。

$$\mathbf{x}_k = (X, Y, Z, \dot{X}, \dot{Y}, \dot{Z})^T \quad (2)$$

状態ベクトル  $\mathbf{x}_k$  を式(1)に代入すると、状態変換行列  $\mathbf{A}_k$  と入力ベクトル  $\mathbf{B}_k$  の動的線形システムモデルとして式(3)により表現できる。 $\boldsymbol{\rho}_k$  はガウスノイズである。

$$\mathbf{x}_k = \mathbf{A}_k \mathbf{x}_{k-1} + \mathbf{B}_k + \boldsymbol{\rho}_k \quad (3)$$

$$\mathbf{A}_k = \begin{bmatrix} \mathbf{R}_k & \Delta t_k \mathbf{R}_k \\ \mathbf{0}_{3 \times 3} & \mathbf{R}_k \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{B}_k = (\mathbf{t}_k^T, 0, 0, 0)^T$$

### 3.2 観測モデル

カメラ座標系における3次元座標を画像座標  $(u, v)$  とカメラの視差  $d$  から  $\mathbf{m} = (u, v, d)^T$  と定義する。画像座標  $(u, v)$  は、KLT法[9]により取得でき、視差  $d$  はステレオカメラにより取得できる。ここで、世界座標系との変換は非線形測定式(4)により表現できる。

$$\mathbf{h}(\mathbf{x}_k) = \begin{bmatrix} u \\ v \\ d \end{bmatrix} = \frac{f}{Z} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ B \end{bmatrix} + \boldsymbol{\nu} \quad (4)$$

ここで、 $f$  はカメラの焦点距離、 $B$  はステレオシステムのベースラインである。また、 $\boldsymbol{\nu}$  はガウスノイズである。

### 3.3 目的関数の最小化

自己運動の推定には、時刻  $k$  におけるカメラの回転行列  $\mathbf{R}_k$  と平行移動ベクトル  $\mathbf{t}_k$  が必要である。これらを前の時刻から現在時刻に追跡された  $n$  個の特徴点の集合を用いて最小二乗法により推定する。現在時刻における特徴点ベクトルの集合を  $\mathbf{m}_i = (u_i, v_i, d_i)^T (i = 1, 2, \dots, n)$ 、前の時刻と対応する特徴点ベクトルの集合を  $\mathbf{m}'_i = (u'_i, v'_i, d'_i)^T$  とする。推定する回転行列  $\mathbf{R}$  と平行移動ベクトル  $\mathbf{t}$  は、2つの時刻において  $\mathbf{g}(\mathbf{m}'_i) = \mathbf{R}\mathbf{g}(\mathbf{m}_i) + \mathbf{t}$  の関係を持つ。 $\mathbf{g}()$  は  $\mathbf{h}()$  の逆関数  $\mathbf{g}() = \mathbf{h}^{-1}()$  である。したがって、この関係式において  $\mathbf{R}_k$  と  $\mathbf{t}_k$  の誤差が最小となるようにすればよい。ここで、画像中の特

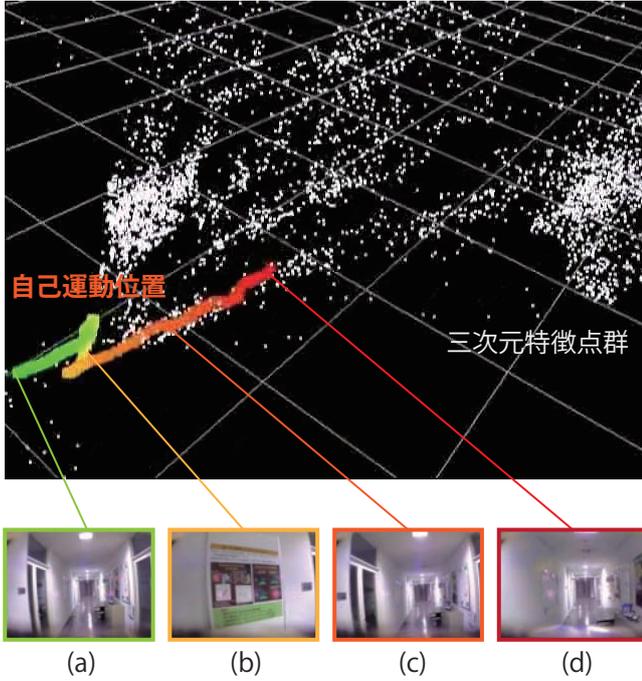


図7 自己運動の復元例

微点  $m'_i$  を用いて現在の自己位置を推定をするための目的関数  $E$  は式 (5) で表現できる。

$$E = \arg \min_{\{R, t\}} \frac{\sum_{i=1}^n \omega_i^2 (m'_i - h(Rg(m_i) + t))^2}{\sum_{i=1}^n \omega_i^2} \quad (5)$$

$\omega_i$  は重み係数である。また、ここで  $R$  の対角要素  $(\omega_x, \omega_y, \omega_z)^T$  と、 $t$  の  $t = (t_x, t_y, t_z)$  を合わせて6次元のベクトル  $x = (\omega_x, \omega_y, \omega_z, t_x, t_y, t_z)^T$  とし、 $E_k$  が最小となるまで繰り返し  $x$  を最適化する。

### 3.4 自己運動の復元

Inside-Out カメラで得られた Scene カメラ画像より三次元空間中の自己運動を復元した例を図7に示す。図中の立方体はユーザの自己運動を復元した軌跡を示す。白点は KLT により検出した特徴点群を、ステレオ視により求めた三次元位置に復元したものである。図より、通路奥を向いて直進している (a), (c), (d) は直線運動を、(b) ではポスターを注視した際に頭部方向がポスターに向けて変化したことがわかる。

## 4. 3次元 Scan path の復元

本章では、前述した自己運動推定結果に基づいて3次元 Scan path を復元する手法について述べる。

### 4.1 3次元注視点の推定

注視点を推定するためには視線ベクトルが必要となる。注視点推定のために瞳孔中心と角膜曲率中心を用いて視線ベクトルを推定し、視線ベクトルと2次元注視点の関係から変換式を求め、推定された両目の注視点からステレオ視により3次元注視点の推定を行う。カメラ座標系における3次元注視点の推定は次のような処理の流れになる。

#### Step 1. 視線ベクトルの推定

まず、視線ベクトルを推定するために角膜曲率中心をプルク

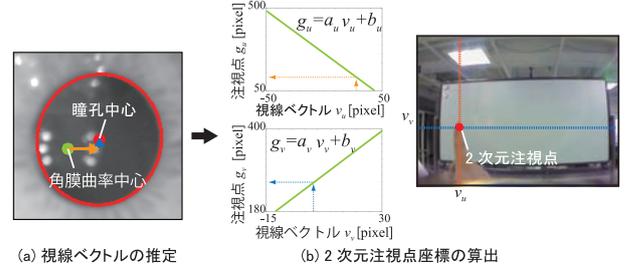


図8 2次元注視点推定の流れ

ニエ像を用いて算出する。清水らの Inside-Out カメラは、カメラの周りに6個の光源があるため、その中心がカメラの光軸と仮定することができる。そのため、プルクニエ像群の中心を角膜曲率中心  $c_k = (u_c, v_c)^T$  を推定することができる。次に、瞳孔中心を推定する。瞳孔中心  $p_k = (u_p, v_p)^T$  の算出には、坂下らの楕円検出法 [10] を用いる。

以上より、時刻  $k$  において推定された角膜曲率中心  $c_k$  と瞳孔中心  $p_k$  から視線ベクトル  $v_k = (u_v, v_v)^T$  を算出する。視線ベクトル  $v_k$  は、角膜曲率中心を基準とするため式 (6) により算出できる。

$$v_k = p_k - c_k \quad (6)$$

#### Step 2. 2次元注視点の推定

求めた視線ベクトルを用いてシーン画像上の2次元注視点を推定する。提案手法では、事前に入力された視線ベクトルから2次元注視点を出力する変換式のパラメータを求め、算出された変換パラメータを用いて2次元注視点の推定を行う。図8に視線ベクトルから2次元注視点推定の流れを示す。

視線ベクトルと注視点の関係を表す変換パラメータを推定する。図8(b)より、2次元注視点  $g_k = (u_g, v_g)^T$  と視線ベクトル  $v_k$  の各  $u, v$  成分は比例していることがわかる。そのため、線形変換が可能であることから線形変換式は式 (7), (8) となる。

$$g_u = a_u v_u + b_u \quad (7)$$

$$g_v = a_v v_v + b_v \quad (8)$$

ここで、 $a = (a_u, a_v)^T$  は各成分における直線の傾きであり、 $a = (a_u, a_v)^T$  は切片である。したがって、事前に2点以上のキャリブレーションデータから図8(b)のように直線の傾きと切片を算出しておくことにより、視線ベクトル  $v_k$  を入力した際の注視点  $g_k$  を推定することができる。算出した変換パラメータ  $a, b$  を用いて、視線ベクトルから2次元注視点を推定する。

#### Step 3. 3次元注視点の推定

算出した両目の2次元注視点は、推定した視線ベクトルに誤差を含むため、シーン画像上の注視点にもずれが生じる。そこで、金谷らが提案している最適補正 [11] を用いて、図9に示すように、シーン画像上の注視点同士が対応するように位置の補正を行う。最後に、補正した対応点よりカメラ座標系における3次元注視点  $G_k^c = (X^c, Y^c, Z^c)^T$  を、ステレオ視により算出する。提案システムを用いて、2次元注視点から3次元注視点を推定した例を図10に示す。図10は、直方体の箱の縁をなぞ

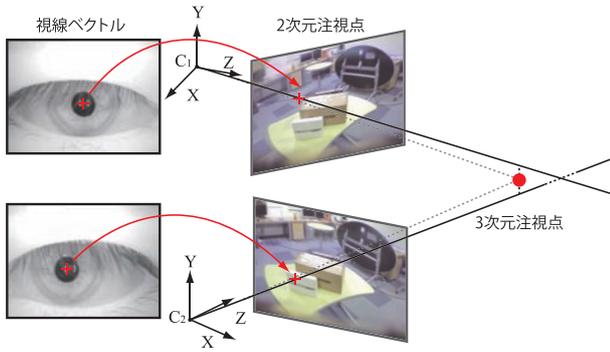


図9 注視点の最適補正

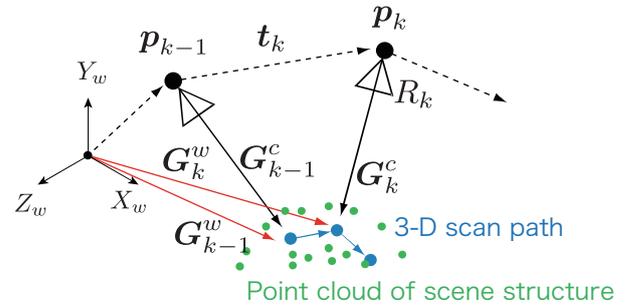


図11 3次元 ScanPath の復元

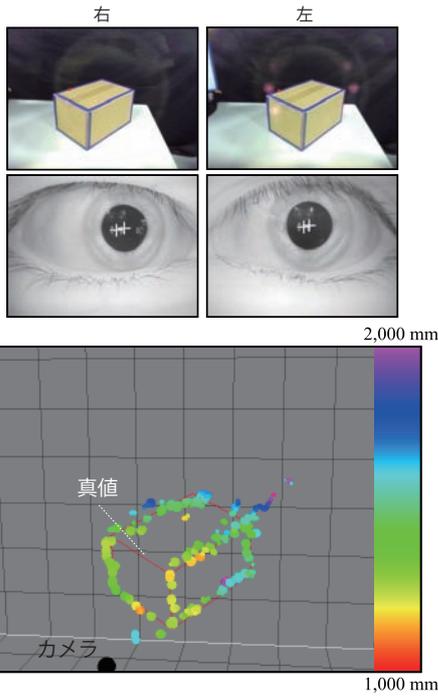


図10 3次元注視点の推定 (頭部固定)

るように視線を移動させた3次元注視点である。図中の各点は推定した注視点で、距離に応じて色付けして表示しており、赤い直線は真値である立方体の三次元位置を示す。結果より、箱の縁に沿って正しい距離で3次元注視点を得られていることがわかる。

#### 4.2 3次元 Scan path の復元

カメラ座標系における時刻  $k$  の3次元注視点  $G_k^c$  を、自己運動推定時に求めた回転行列  $R_k$  と平行移動行列  $t_k$  を用いることで、次式により世界座標位置  $G_k^w$  に変換する。

$$G_k^w = R_k G_k^c + t_k + p_{k-1}$$

$p_{k-1}$  は、時刻  $k-1$  におけるカメラ (頭部) の世界座標位置である。図11に示すように、各時刻で投影された3次元注視点の軌跡を辿ることにより3次元 Scan path を復元することができる。シーンの3次元構造である点群は、注視点同様2つの Scene カメラ間の特徴点をステレオ視することで得られる。時刻  $k$  で復元されるこの点群も3次元注視点と同じ世界座標系に変換する。

## 5. 実験

提案手法の有効性を示すために、Inside-Out カメラを用いて撮影した各動作による3次元 Scan path を復元する実験を行う。

### 5.1 データベース

データベースは、Inside-Out カメラを用いて撮影した屋内における動作シーケンスから作成する。動作は机の周りを歩く周回運動シーケンスと廊下を歩く前進  $j$  運動シーケンスの2つとする。各動作から連続した300フレームを使用して被験者の3次元 Scan path を復元する。

### 5.2 室内シーンにおける周回運動の復元

図12に、室内において机の周りを歩くシーケンスより得られた周回運動の3次元 Scan path と自己運動推定結果、特徴点群の復元結果を上面図で示す。図中の三角形は、各フレームにおいてその最長辺に対し垂直な方向に頭部が向いていることを示す。また、各線は視線ベクトルを表現し、その注視点までの距離に応じて色付けしている。点する黄色の点は、特徴点の位置を復元したものである。実験結果より、机を中心として室内を周回する軌道が復元できていることがわかる。

### 5.3 廊下シーンにおける前進運動の復元

図13に、廊下を歩くシーケンスより得られた前進運動の3次元 Scan path と自己運動推定結果、特徴点群の復元結果を上面図で示す。各眼球画像と Scene 画像中の二次元注視点は、軌跡中に白点で示したフレームと対応している。実験結果より、被験者がフレーム毎にポスターを注視するように3次元注視点移動していることから、ポスターを注視するという3次元 Scan path が取得できていることが確認できる。また、時刻1, 2, 3に渡って2次元注視点の推定結果はポスターの位置を示している。しかし、時刻1における3次元注視点の推定結果は、ポスターよりも手前のより近い位置であることが確認できる。これは、時刻1においてはまだポスターを注視していないといえる。

以上より、3次元 Scan path の復元により2次元 Scan path では取得できない空間的な情報を取得することで、人の行動意図の認識に優位な情報が得られると考えられる。

## 6. まとめ

本稿では、Inside-Out カメラを用いて3次元 Scan path を復元するシステムについて提案した。提案手法は各時刻におけ

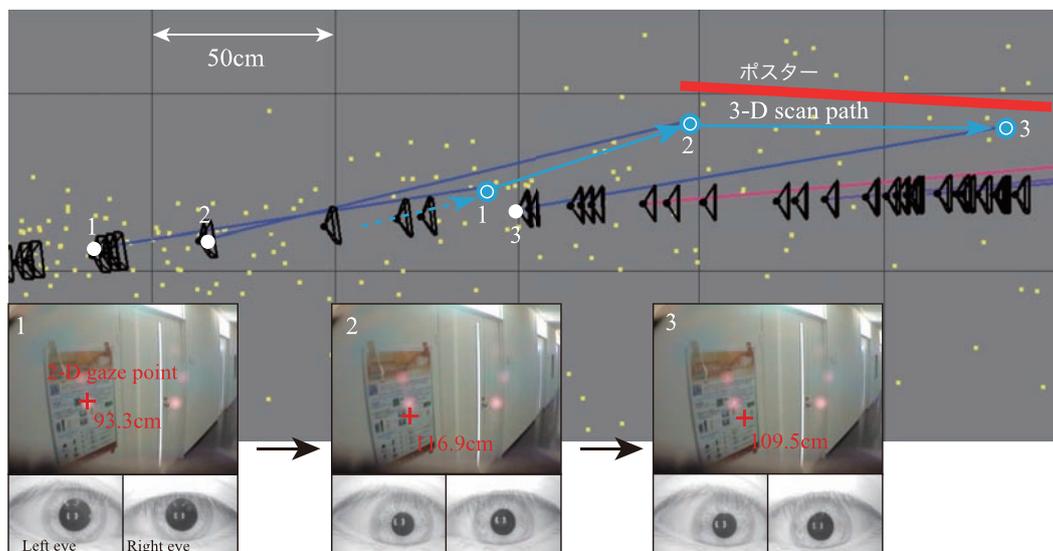


図 13 前進運動の三次元 Scan path の復元結果

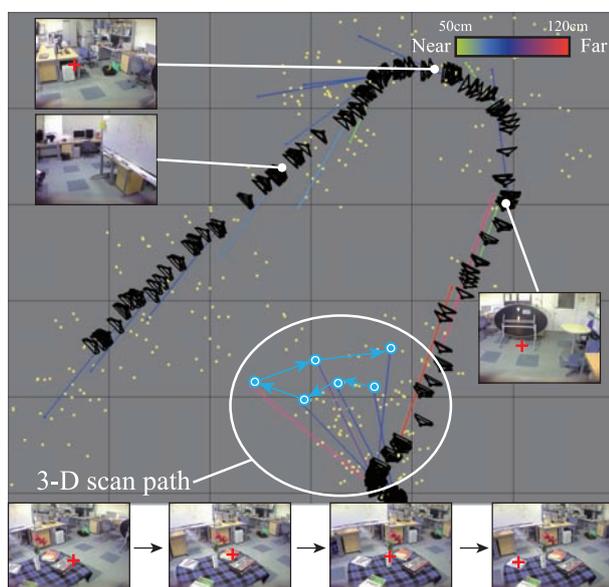


図 12 周回運動の三次元 Scan path の復元結果

る自己運動推定結果によりカメラ運動をカメラ座標系から世界座標系に変換することで、自由運動下における3次元注視点の軌跡(3次元 Scan Path)の復元を可能とした。実験結果より、3次元 Scan path は従来の2次元 Scan path では取得できなかった空間的な情報を取得可能であることを確認した。3次元 Scan path の復元によりユーザの潜在意識や興味対象の取捨選択といった人の行動意図の解析が可能になると考えられる。

近年、視線計測の分野では、無意識に興味の対象へ小刻みに向く眼球運動であるマイクロサッカードを計測することで人の潜在意識を解析する研究が進められている[12],[13]。マイクロサッカードは、極めて微小(0.1~1deg)かつ高速(500fps)という眼球運動である。今後はマイクロサッカードを観測するために、Inside-Out カメラの高解像度化かつ高速化に取り組む予定である。

## 文 献

- [1] T. Kanade, and M. Hebert, "First-person vision," Proceedings of the IEEE, vol.100, no.8, pp.2442-2453, 2012.
- [2] 亀田能成, 藤吉弘亘, 羽下哲司, 山口晃一郎, 中村裕一, "First Person Vision への挑戦", 電子情報通信学会 技術研究報告 PRMU, vol.110, no.27, pp.37-38, 2010.
- [3] Y. Ishiguro, A. Mujibiya, T. Miyaki, and J. Rekimoto, "Aided eyes: eye activity sensing for daily life," Proceedings of the 1st Augmented Human International Conference, pp.25:1-25:7, New York, NY, USA, 2010, ACM.
- [4] 藤吉弘亘, 木村誠, "First person vision における inside-out カメラ", 映像情報メディア学会論文誌, vol.66, no.4, pp.287-292, apr 2012.
- [5] 清水彰一, 西尾和晃, 木村誠, 藤吉弘亘, "First Person Vision のための Inside-Out カメラの提案", 電子情報通信学会論文誌 D, vol.J94-D, no.11, pp.1909-1918, 2011.
- [6] 竹村憲太郎, 小橋優司, 末永剛, 高松淳, 小笠原司, "頭部自由運動状況下における三次元注視点推定と注視軌跡の可視化手法", ヒューマンインタフェース学会論文誌, vol.13, no.1, pp.83-89, 2011.
- [7] H. Badino, and T. Kanade, "A head-wearable short-baseline stereo system for the simultaneous estimation of structure and motion," IAPR Conference on Machine Vision Applications (MVA), 2011.
- [8] C. Tomasi, and T. Kanade, "shape and motion from image streams: a factorization method," Technical report, International Journal of Computer Vision, 1991.
- [9] J. Shi, and C. Tomasi, "Good features to track," Computer Vision and Pattern Recognition, pp.593-600, 1994.
- [10] 坂下祐輔, 藤吉弘亘, 平田豊, 高丸尚教, 深谷直樹, "高速楕円検出に基づく眼球回旋運動のリアルタイム計測システム", 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌), vol.127, no.4, pp.591-598, 2007.
- [11] Y. Kanatani, K. Sugaya, and H. Niitsuma, "Triangulation from two views revisited: Hartley-sturm vs. optimal correction," Proceedings of the 19th British Machine Vision Conference (BMVC'08), vol.8, pp.173-182, 2008.
- [12] M. Land, "Eye movements and the control of actions in everyday life," Progress in Retinal and Eye Research, vol.25, no.3, pp.296-324, 2006.
- [13] U. Sailer, J. Flanagan, and R. Johansson, "Eye-hand coordination during learning of a novel visuomotor task," The Journal of neuroscience, vol.25, no.39, pp.8833-8842, 2005.