

360度映像とアイマークレコーダを用いた実空間における注視点の取得 Acquisition of Gaze Points in Real Space by 360° Image and Eye Mark Recorder

○三浦 健^{*1}, 安田 溪^{*2}, 三浦 研^{*3}
Ken Miura^{*1}, Kei Yasuda^{*2}, Ken Miura^{*3}

*1 京都大学大学院工学研究科 修士課程
Master Course, Graduate School of Engineering, Kyoto University

*2 京都大学大学院工学研究科 研究員・修士(工学)
Researcher, Graduate School of Engineering, Kyoto University, M. Eng.

*3 京都大学大学院工学研究科 教授・博士(工学)
Professor, Graduate School of Engineering, Kyoto University, Dr. Eng.

キーワード：360度映像；アイマークレコーダ；AR マーカー

Keywords: 360° image; Eye Mark Recorder; AR marker.

1. プログラム構築の背景と目的

近年、VRやアイトラッキング技術の進歩により、仮想空間における視線計測や、様々な空間評価が可能となった。しかし、視界を覆うVRゴーグルを用いた実験では、非装着時とは異なる不自然な観察をしてしまうことや、実空間を観察することが容易ではないという課題が残っている。

一方、視界を確保した視線計測可能な装置を用いれば、視界に対する視線の平面的動作を高精度に取得できる。

そこで本研究では、実空間を撮影した360度映像と視線計測装置を用いた実験データをもとに、映像における視線を360度画像上にプロットした。¹⁾

2. 360度映像

本研究には、全天球カメラ RICOH THEATA S(Fig.1)で撮影した360度映像のうち、正距円筒図²⁾の映像(Fig.1)を使用した。



Fig.1 (左) RICOH THEATA S (右) 正距円筒図の360度映像



Fig.2 アイマークレコーダ



Fig.4 樽型歪曲収差の映像

実験では、ゲームエンジン Unreal Engine 4(以下UE4)上で360度映像をマウスを用いて回転させ、全方位を60秒間観察し、回転移動の水平・垂直位相を1/120秒ずつ取得した。

3. アイマークレコーダ

2.の実験の際に、nac社の帽子型アイマークレコーダEMR9(Fig.2)(以下EMR9)を装着した。EMR9は、前方映像(640×480pixel)と、それに対する視線データを取得できる。前方映像は約30fpsの動画、視線データは1/60秒ずつのcsv座標データとして取得した。(Fig.3)

4. 実空間における注視点の取得

4.1 歪曲画像補正

実験に用いたEMR9には、水平44°視野を確保するピンホールレンズを取り付けた。撮影した映像は(Fig.4)のように樽型歪曲収差が生じるが、同じレンズで撮影したチェスボード(Fig.5)を複数枚読み込むことで取得できる、焦点距離などで決められた固有パラメータを用いて(Fig.6)のように歪みを補正した。今回の補正処理における再投影誤差は、0.0234pixelの精度を担保した。

4.2 ホモグラフィ変換

視線データは前方映像に対する相対座標であるため、頭部の動きによって、視線データから見た場所を正確に特定



Fig.5 歪みのあるチェスボード

Fig.6 歪曲収差補正後の映像

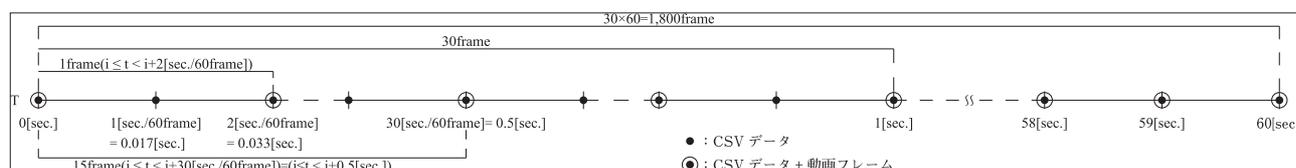


Fig.3 EMR9が取得する、動画のフレーム構造とcsv座標データ

できない。そこで、360度映像が投影されたPCモニター画面に対する、視線の相対座標の取得を試みた。

実験には1920×1080pixelのPCモニターを使用し、四隅にARマーカー(Fig.7)を貼り付け、それらをプログラム上で認識させることでマーカーの位置、つまり前方映像に対するモニター四隅の座標を取得した。この際、マーカー認識率を上げるため、色調補正後の二値化画像(Fig.8)を用いた。4つ全てのマーカー認識率は97.5%であった。

次に、ホモグラフィ変換を用い、四隅の座標を実際のモニター形状(1920×1080pixel)に変形した。(Fig.9)一連の処理を0.5秒毎の動画フレーム画像に対して行った。

4.3 座標補正変換

以上の補正変換処理は行列線形変換であるため、視線データにも同様の処理を行った。今回は、0.5秒間のデータに対しては同じ行列変数を近似的に用い(Fig.10)、視線の相対座標を取得した。

4.4 ワールド座標変換

ある観測点から撮影された360度映像と、モニターに投影された映像との関係(Fig.11)を示す。モニター上で見た場所の実空間における位置方向を、UE4上での回転角と視線の相対座標から、以下のように導出した。

$$\theta_x = \lambda + \arctan\left(\frac{(2\alpha - 1)X}{\frac{X \cos \varphi}{\tan\left(\frac{\lambda}{2}\right)} + (2\beta - 1)Y \sin \varphi}\right)$$

$$\theta_y = \arctan\left(\frac{\frac{X \sin \varphi}{\tan\left(\frac{\lambda}{2}\right)} - (2\beta - 1)Y \cos \varphi}{(2\alpha - 1)X \sin(\theta_x - \lambda)}\right)$$

5. 分析結果

実空間における位置の水平・垂直位相から、(Fig.12)のようなプロットや分析ができた。また、処理前の視線データのうち、2度以内に0.2秒間停留する条件で注視判定をすると、注視点についても同様の分析ができ、注視時間割合の分析結果(Fig.13)も得られた。

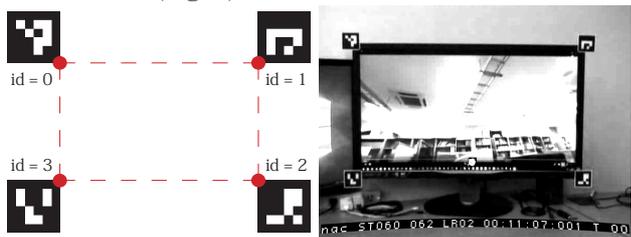


Fig.7 id=0~4のARマーカー



Fig.8 色調補正後の二値化画像

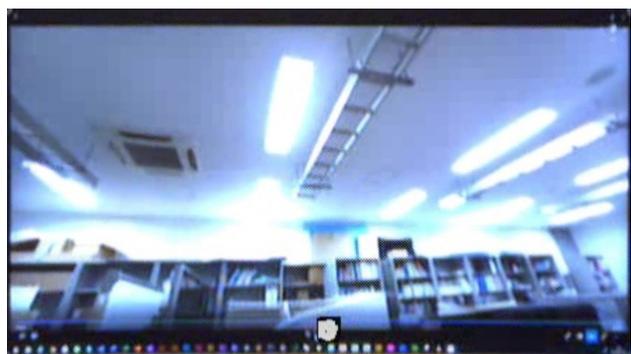


Fig.9 ホモグラフィ変換後の映像

6. 展望

このプログラムは、写真や絵画の観察実験における視線の数値的分析にも応用ができる。また、モニター画面サイズに制約が無い場合、モニターを大きくしても、映像の画角を実際に見える画角と揃えることで、より没入感が得られることが予想される。

- 1) Python 3.7.3と、画像処理ライブラリOpenCV 4.1.0を用いてプログラムを実装した。
- 2) 一般的な世界地図と同じく、緯度(=水平位相)と経度(=垂直位相)が等間隔になるように表示された、縦横比1:2の図。

Time	X	Y	Time	X	Y
[i]sec.	x_{i-1}	y_{i-1}	[i]sec.	x'_{i-1}	y'_{i-1}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
[i+0.5]sec.	$x_{i-1.5}$	$y_{i-1.5}$	[i+0.5]sec.	$x'_{i-1.5}$	$y'_{i-1.5}$

$$(x'_{i-j}, y'_{i-j}) = \text{camera matrix} \cdot H \cdot (x_{i-j}, y_{i-j}) \quad (j = 1, 2, \dots, 15)$$

Fig.10 座標の補正変換処理

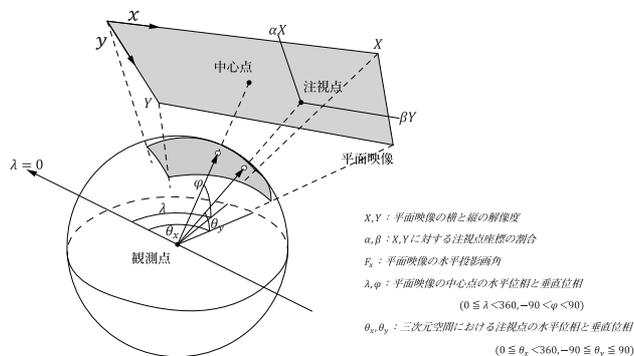


Fig.11 360度映像とモニター映像との関係

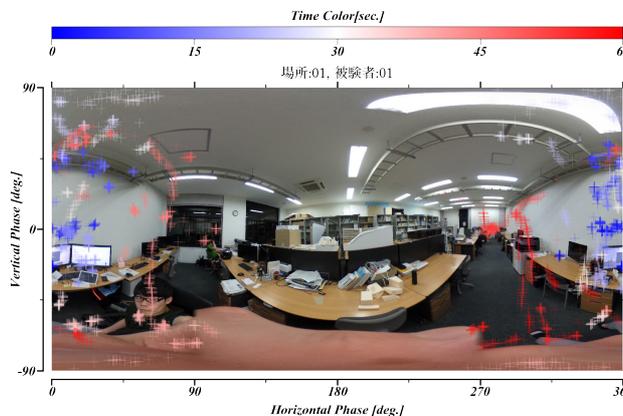


Fig.12 実空間における視線時系列分布

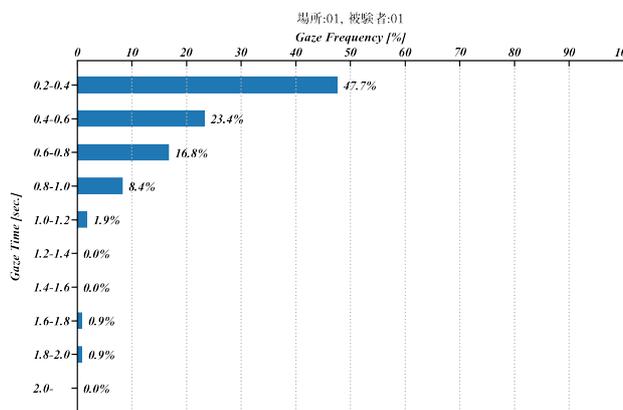


Fig.13 実空間における注視点頻度分布