

位置トラッキング可能なメガネ型視線計測システムの開発

起田 貴成[†] 今渕 貴志[†] Prima Oky Dicky Ardiansyah[†] 伊藤 久祥[†]岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究科[†]

1. はじめに

視線計測システムはユーザの視線位置情報と分布から注目領域の分析に有効である．そのため心理学，教育，スポーツの分野など広く利用されている．視線計測システムの中でもメガネ型視線計測機器はユーザが装着したまま自由に行動ができるため，人の動作に合わせた行動分析や行動意図を読み取ることに応用できる．近年では，ユーザの位置情報と視線情報とともに同一3次元上に表示することでより詳細にユーザの行動意図を読み取る研究が行われている¹⁾．しかし，従来の位置トラッキングシステムでは精度を高めるために複数台のカメラや指標の設置位置の計算など環境設定に手間がかかり，正確な位置トラッキングを行うためには計算コストが高くなる傾向にある．

本研究では，メガネ型視線計測システムにおいて，赤外線光源と慣性計測装置を用いた位置トラッキング手法を提案する．その際に教室で使われるスクリーンを注視対象物と想定し，装着者の視線情報がスクリーン上に投影されたときの精度を検証する．

2. 既存の位置計測システム

既存のメガネ型視線計測システムにおける位置トラッキング方法は Outside-in 方式と Inside-out 方式の2種類がある．Outside-in 方式では外部カメラから撮影したマーカの姿勢から装着者の位置トラッキングを行う．アーカイブティブス株式会社²⁾はメガネ型視線計測機器にマーカを設置しているが，高機能な外部カメラが複数台必要なだけでなく，常にマーカの姿勢をトラッキングしなければならないため，環境設定が困難である．Inside-out 方式はユーザ自身に装着されているカメラから外部に設置されたマーカの姿勢を読み取り位置トラッキングを行う．ARtoolkit³⁾のように AR マーカは環境光に影響を受けやすく，適切な大きさを設定する必要があ

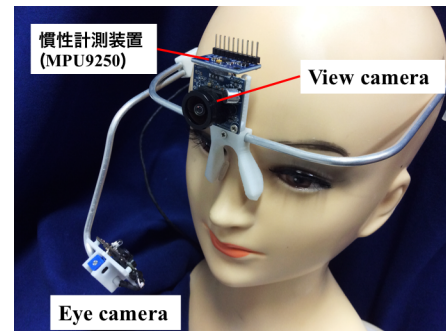


図1 提案のメガネ型視線計測システム

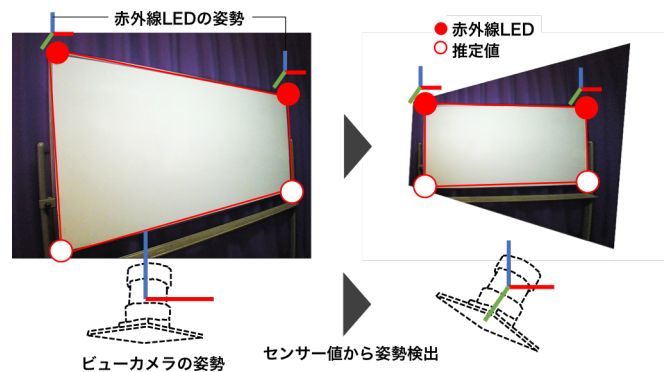


図2 ビューカメラの姿勢制御

る．また，PTAM⁴⁾ではカメラ映像内の特徴点を算出することでカメラの位置トラッキングが可能となるが，指標がないためカメラの姿勢を正確に計算するためのコストが高くなる．

以上より，メガネ型視線計測システムにはカメラが設置されているため，Inside-out 方式が望ましいが，正確かつ安定した姿勢推定を行うためには指標を用いた方がよい．

3. 提案するメガネ型視線計測機器

メガネ型視線計測システムには装着者の目を撮影するアイカメラと景色を撮影するビューカメラが機器本体に搭載されている．アイカメラで目領域を検出し，ビューカメラ映像上に視線情報として表示することで視線の動きを計測できる．本研究では図1のようにビューカメラの上部に InvenSense 社製の9軸ジャイロ・加速度・コンパスセンサー内蔵の MPU-9250 を搭載することでビューカメラと装着者の頭部姿勢を計測する．

Development of positon-tracking-enabled eye tracker
Takanari OKITA[†] Takashi Imabuchi[†] PRIMA Oky Dicky
Ardiansyah[†] Hisayoshi ITO[†]
[†] Graduate School of Software and Information science,
Iwate Prefectural University

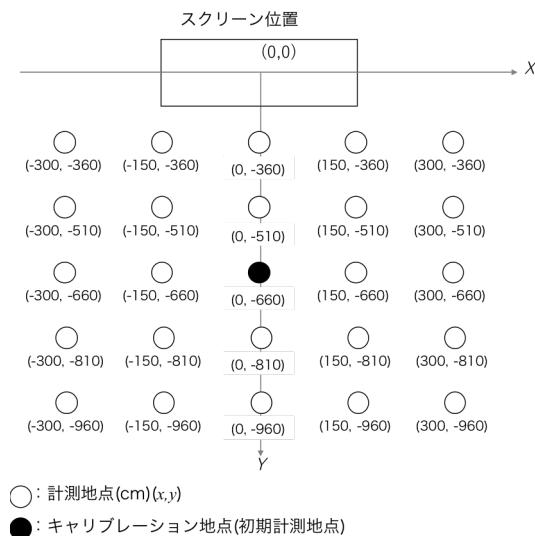


図3 実験の計測地点

3.1 赤外線光源による注視対象物の位置特定

本研究では、位置検出を行うためのマーカーとして2点の高輝度赤外線LEDをスクリーン上部に設置する。2点のみを用いることで赤外線LEDとユーザとの重なりを解消できる。赤外線LEDは人間の目では観察ができないので、システムの利用中に装着者が意識をすることなく利用可能である。また、ARマーカーなどに比べて、暗い環境下において検出が良好であり、計測範囲も広い。スクリーンの下部コーナー2点の推定については起田(2016)⁵⁾の手法を用いることで可能となる。

3.2 カメラの姿勢制御と位置トラッキング

図2は慣性計測装置の値(Pitch, Yaw, Roll)からビューカメラの姿勢と赤外線LEDの姿勢を推定し、スクリーンの領域を一定に保つためにビューカメラ映像を補正している様子である。ビューカメラの姿勢制御には赤外線LEDとビューカメラの初期姿勢を決定するためにキャリブレーションを行う必要がある。

また、検出した赤外線LEDによるスクリーン上部2点とスクリーン下部2点の計4点からカメラのPnP(Perspective-n-Point)問題を解くことでカメラの位置トラッキングが可能となる。実際のスクリーンの大きさを3次元座標とし、カメラ映像から取得したスクリーン4点を2次元座標として計算を行う。ここでカメラの2次元座標を C とし、スクリーンの3次元座標を W とすると、カメラパラメータから回転 R と並進 T を求めることでカメラの位置は式(1)と表すことができる。

$$C = R^{-1}(W - T) \quad (1)$$

表1 視線座標の最小二乗誤差

平均二乗誤差	視線座標 x	視線座標 y
キャリブレーション地点の誤差	-1.17(cm/pix)	1.17
実験地点の最外地点の誤差	3.06	3.17
全体の誤差	2.63	2.71

4. 実験

本実験では対象物としてスクリーン領域内にARマーカーを表示しスクリーン領域検出のための座標値としてのみ扱う。ARマーカーの4点の座標の中心を視線座標と仮定し、ARマーカーの大きさは縦、横ともに1.52mで表示する。図3のようにスクリーン正面のキャリブレーション地点から1.5m間隔の計25点からスクリーンを注視し、各カメラの角度とARマーカーの座標値を記録する。カメラはiPhone SEを使用し、カメラ映像の歪みを考慮するために、あらかじめカメラキャリブレーションによってカメラ映像の歪みを補正する。表1はARマーカーで囲まれたスクリーン領域内の視線座標の最小二乗誤差を表している。

5. おわりに

本研究では、位置トラッキング可能なメガネ型視線計測システムの開発を行った。従来のInside-out方式による位置トラッキングではカメラの姿勢推定やマーカーの設定などの計算が困難であったが、慣性計測装置と赤外線LEDを用いることで計測範囲が拡大し、従来より利便性を高めることができた。今後はシステムの実利用場面での検証も行っていきたい。

参考文献

- 1) Takemura, K., Kohashi, Y., Suenaga, T., Takamatsu, J., and Ogasawara, T.: "Estimating 3D point-of-regard and visualizing gaze trajectories under natural head movements", Proceedings of the 2010 Symposium on Eye-Tracking Research & Applications. ACM, pp. 157-160, 2010
- 2) <http://archivetips.com/qualisys/externaldevices/eyetracking>, 眼球運動 -Eye tracking-, (2017/12/29 閲覧)
- 3) Kato, H. and Billingham, M.: "Marker Tracking and HMD Calibration for a Video-based Augmented International Workshop on. IEEE, pp. 85-94, 1999
- 4) Klein, G. and Murray, D.: "Paralled Tracking and Mapping for Small AR Workspaces", ISMAR, pp. 225-234, 2007
- 5) 起田貴成, Prima, O.D.A 伊藤久祥, : "共同注意可能なメガネ型視線計測機器の開発", 第78回全国大会講演論文集, pp. 379-380, 2016