

平成 22 年 5 月 31 日現在

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2008～2009

課題番号：20700117

研究課題名（和文）拡張現実感における注視駆動型情報提示技術の開発

研究課題名（英文）Development of Gaze-based Annotation in Augmented Reality

研究代表者

竹村 憲太郎 (TAKEMURA KENTARO)

奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教

研究者番号：30435440

研究成果の概要（和文）：

拡張現実感における注視駆動型情報提示を実現するため、接触型・非接触型視線計測技術の改良を行った。非接触型の計測システムでは、複数カメラによる計測を実現し、計測範囲の改善を実現した。また、装着型の計測システムでは、Simultaneous Localization and Mappingを用いて頭部位置を推定し、観測された自然特徴点に関連づけて三次元注視点を推定する手法を確立した。また、従来困難であった頭部装着型装置で計測された注視情報を、環境情報に関連づけて記録し、画像に重畳表示することを実現した。

研究成果の概要（英文）：

We improved the head-mounted and non-contact eye-tracking technology in order to realize Gaze-based Annotation System in Augmented Reality. In case of head-mounted eye-tracker, head pose could be estimated using Simultaneous Localization and Mapping, and the 3D point-of-regard could be calculated by relating the observed interest points. Additionally, the gaze trajectories could be overlaid on the environment model.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：視線計測, 拡張現実感, 3次元注視点

1. 研究開始当初の背景

認知心理学や情報科学の分野において視線計測は注目され、2000年からは「視線計測とその応用に関するシンポジウム」も開催され盛んに研究が行われている。これまでの研

究によって、視線情報はユーザの興味・関心を示すことが報告され、アテンティブインタフェース等にも多く利用されており、その応用が期待されている。先行研究には視線駆動型の情報提示を実現したものがあるが、拡張

現実感における利用を想定している例はなく、革新的な発展を実現することが期待できる。申請者はこれまで実世界における注視情報の応用に取り組み、注視対象の推定や注視によるコンピュータ及び家電操作を実現してきた。このような応用を通して、注視情報は「選択」という行為と結びつけることが効果的であることが確認できている。本研究では、「見る」技術から「見せる」技術への発展を目指し、「提示情報の選択」を注視情報を用いて実現する。

2. 研究の目的

本研究は、拡張現実感のための注視駆動型情報提示技術を開発することを目的とする。拡張現実感を利用した情報提示技術は、カーナビゲーションシステムや手術等、様々な応用が期待されている。しかしながら、その提示手法はマーカ等に依存したものが多く、実際に作業を行っている空間の情報を積極的に利用したものは少ない。また、情報表示を実現する上で、重要なこととして情報の取捨選択がある。そこで、本研究では環境情報と関連づけた注視点推定手法として3次元注視点技術を開発すること及びその情報を用いた注視駆動型情報提示技術の実現を目指す。

3. 研究の方法

(1) 本研究では、まず従来の視線計測装置では困難であった人の動きに柔軟に対応可能な計測装置の開発を行う。運転中のドライバへの情報提示を想定した場合には非装着型の視線計測装置の利用が考えられるが、運転中等に生じる頭部の大きな動きに従来の視線計測手法では対応することが困難であった。そこで、複数カメラを用いた顔情報計測技術の開発を行う。先行研究によって開発されている単眼カメラを用いた視線計測技術があるが、これを応用しカメラを複数配置するだけでは、各カメラによって推定精度が異なるためシステム全体として高精度な推定を実現することは困難であった。そこで、それぞれの観測の信頼度を考慮し、複数のカメラで得られた観測結果を統合して推定を行う手法を開発する。

(2) 次に、装着型のデバイスを想定し、視線計測技術の開発を行う。近年、ウェアラブルコンピュータの開発は盛んに行われており、小型化が進んでいる。また、網膜に直接投影する表示技術の開発等により、表示技術の改善も期待できる。しかしながら、提示する情報を効果的に選択する技術開発は進んでおらず、登録された情報をユーザの意図に合わせて表示することは困難である。そこで、注視情報を用いて情報の選択を実現する。

まず、これまで困難であった実環境中の注

視点の推定技術の開発を行う。これまで一般の視線計測システムでは、ディスプレイ等の特定平面を想定して、注視推定が行われてきたが、それでは自由に動き回るユーザに対応することは困難であった。そこで、カメラ画像から得られる自然特徴点と関連づけて推定を行う三次元注視点推定法を確立する。

従来の視線計測装置では、頭部に装着された画像に対して積極的に処理が行われてこなかった。そのため、一般的に装着されているカメラは低解像度であることなどが問題となっている。本研究では画像処理を行うためこれを高解像度のカメラと入れ替える。図1に示す装置が本研究で採用したシステムとなっている。

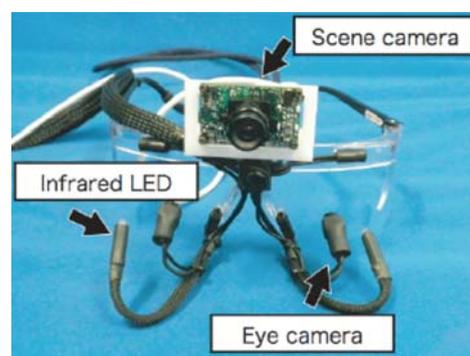


図1. 装着型視線計測システム

また、装置に付属するAPIを用いた場合、視線計測アルゴリズムの改良が困難になるため、オープンソースソフトウェアであるOpenEyesを用いて開発を行う。

(3) 情報爆発時代に向けてユーザの状況に適応したアノテーション表示手法の開発が必要である。そこで、注視領域に合わせた情報提示手法の開発を行う。ユーザの「見る」という情報を利用し、「見せる」技術へと発展させる。具体的には、事前に環境情報に埋め込まれた情報を、注視情報をトリガとして読み出し表示を行う。

(4) 誘目性を考慮した表示手法と評価実験
誘目性とは、人目を引く力のことであり、ビューマネージメントによって高い誘目性を維持することは重要なことである。これまでアノテーション技術の開発は盛んに行われているが、拡張現実感では背景画像に変化が大きいことから、適切な表示色を決定する技術が必要である。そこで、背景の複雑さを考慮した情報提示手法の開発を行う。背景の複雑さを関数として定義し、複雑さが最小となる箇所を推定することで誘目性の高い表示を実現する。

また、提案手法の評価を行うため、評価ツ

ールの開発を行った。評価ツールはユーザを簡単に集められるように JavaScript を用いて開発を行い、WEB ベースでの評価試験を想定する。

4. 研究成果

(1) 各カメラで推定された結果を統合するのではなく、複数カメラの観測結果を統合し、頭部位置姿勢を推定するアルゴリズムを開発したことで、様々なカメラ配置を実現することが可能となった(図 2)。図は、4 台のカメラを一直線上に配置し、観測範囲の拡大を行っている様子である。カメラ毎に観測している情報が異なるが、システムとしては問題なく顔の位置姿勢を推定できていることが分かる。



図 2. 顔情報計測結果 (カメラ 4 台による水平方向の計測範囲の拡大)

また、図 3 に示すようにカメラを円弧上に配置することで、頭部の回転方向の計測範囲の拡大に取り組んだ。これらの成果によって、実空間で利用するのに十分な計測性があることを確認した。さらに、各特徴点の観測結果の信頼度に合わせて統合することで、頑健な顔情報計測を実現した。



図 3. 顔情報計測結果(カメラ 3 台による回転方向の拡大)

(2) オープンソフトウェアである、OpenEyes を用いるため、評価を行った。OpenEyes は頭部装着型の視線計測装置用のソフトとなっているが、これでは精度評価が困難なため、デスクトップ上の注視点の推定ができるシステムに改良を行い、精度評価を行った。図 4 は評価を行っている様子となっている。

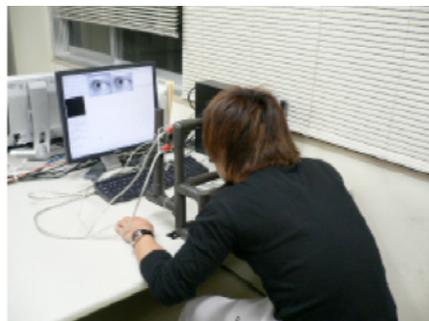


図 4. 精度評価実験の様子

また、自然特徴点と関連づけた三次元注視点推定法を確立した。これにより、環境中の何処を注視したのか記録することが可能となった。図 5 はカメラ画像から FAST コーナ検出器を用いて検出した自然特徴点をドローネー三角形分割した結果である。分割された三角形中に 2 次元注視点を含むものを検出する。ドローネー分割された三角形と注視点を関連づけることで、三次元注視点の推定が可能となる。各自然特徴点は任意スケールで三次元座標を持っていることから、その三次元空間中に注視点を投影することが実現できる。



図 5. 2次元注視点と自然特徴点

さらに、頭部装着型のカメラは単眼カメラであることから、スケールを固定することは困難であったが、初期化をデータベースの画像を用いて行うことで、実験を複数回試行した際のスケールの統一を実現した。これにより、図 6 に示すように複数人の注視軌跡を画

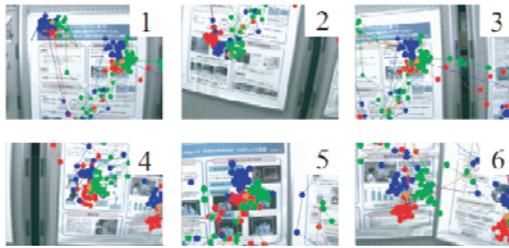


図 6. 複数人注視軌跡の重畳表示

像上に重畳表示すること及び比較が可能となった。

(3) 注視駆動型情報提示のアプリケーションとして、スケジュール管理システムの実装を行った。注視領域の判定を行い、注視駆動型のアノテーション表示を図7のように実現した。提案システムは、時刻を注視すると予定されているスケジュールが表示されるものとなっている。予定されている情報をすべてアノテーションしたのでは、適切に内容を把握することが困難であるが、注視駆動でユーザの状況に合わせた情報を適切に提示することでユーザに理解しやすい情報提示を実現した。



図 7. 注視駆動型情報提示

(4) 誘目性を考慮した情報提示を行うため、背景画像の複雑さの定式化を行い、提示位置の決定手法の開発を行った。複雑さが最小となる位置に表示することが、ユーザにとって見やすい表示手法となっているか評価するため、開発した評価ツールで実験を行った。開発した評価ツールは、図8に示すようにランダムに配置された画像中からキーワードが描画された画像を見つけるというタスクを行うものである。任意の位置へ提示したもののより、複雑さを考慮した画像の方が選択に要する平均時間が短いことが分かった。また、t 検定を行ったところ、有意差があることが確認できた。

以上のような成果により、環境情報への注視判定に基づく、注視駆動型情報提示の実現可能性を示すことができた。また、ヘッドマウントディスプレイ等を用いた場合に、背景画像を考慮した見やすい情報提示が可能である。



図 8. 評価実験用ツール

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 3 件)

- ① Kentaro Takemura, Yuji Kohashi, Tsuyoshi Suenaga, Jun Takamatsu, and Tsukasa Ogasawara, “Estimating 3D Point-of-regard and Visualizing Gaze Trajectories under Natural Head Movements”, Proc. of ETRA2010:ACM Symposium on Eye-Tracking Research & Applications, pp. 157-160, 2010, 3(Austin, TX, USA), 査読有
- ② 小橋優司, 末永剛, 竹村憲太郎, 高松淳, 小笠原司: “頭部装着型視線計測装置のための自然特徴点を用いた三次元注視点推定”, IEICE Technical Report HIP2009, pp. 5-10, 2009, 10(神奈川), 査読無
- ③ 浅野慧, 末永剛, 竹村憲太郎, 松本吉央, 高松淳, 小笠原司: “複数カメラの観測統合による広範囲な顔・視線計測”, 第 7 回情報科学技術フォーラム (FIT 2008), pp. 485-486, 2008, 9(福岡), 査読無

6. 研究組織

(1) 研究代表者

竹村 憲太郎 (TAKEMURA KENTARO)
 奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教
 研究者番号: 30435440