

視線検出による望遠カメラ制御を用いた運転支援システム A driving support system using telescope control by Gaze detection

寺谷 大輝† 蜂巢 拓巳‡ 圓道 知博‡
Daiki Teraya Takumi Hachisu Tomohiro Yendo

1. まえがき

安全・快適な車両の運転のためには、運転手が道路状況を把握しておくことが重要である。車載カメラなどによって道路状況を撮影して、画像処理で遠距離にある危険や道路標識などの情報を取得し、早期に運転手に知らせれば余裕を持って運転できる。しかし、遠距離にある被写体を鮮明に撮影するためには、カメラの焦点距離を長くする必要があり、焦点距離が長くなると、カメラの画角が狭くなってしまい、道路全体を撮影することが困難となる。よって、車載カメラで遠距離にある情報を取得するためには、画角の広さと高解像度を両立しなければならない。

文献[1]の蜂巢らの研究では、上記の問題を解決する手法として、広い画角で低解像度の広角カメラの画像から、運転者が遠方にある道路標識などの情報を選択して、望遠カメラの撮影方向を制御して標識を高解像度で撮影するシステムを提案した。しかし、標識を選択する際にノートパソコンのタッチパネルモニターから候補を選ぶため、運転の妨げになってしまうといった問題が挙げられる。

そこで、本研究では運転者の視線を測定し、運転者が見ている方向へ望遠カメラの撮影方向を制御する運転支援システムを提案する。この手法では、運転者が前方を見ながら撮影方向を決定するため、運転の妨げを小さくすることができる。

2. 提案するシステムの構成

本研究で提案するシステムの構成図について図 1 に示す。システムは運転手の視線を測定する視線検出器と望遠カメラの方向を制御可能なアクティブ望遠カメラで構成される。システムでは、視線検出器により運転手の視線角度を測定した後、アクティブ望遠カメラの撮影方向を視線角度で制御することにより、運転手の視線の先の撮影を行う。

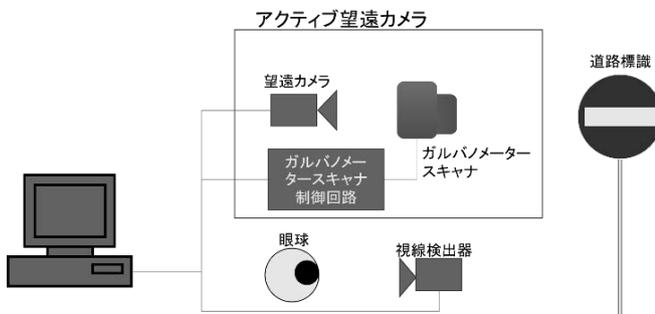


図 1: システムの全体構成図

† 長岡技術科学大学 工学部

‡ 長岡技術科学大学大学院 工学研究科

(1) アクティブ望遠カメラ

撮影方向を制御するためにはカメラ自体をモータなどで回転させ、拡大倍率を制御するパン・チルトズームカメラを使用することが考えられる。しかし、本研究で使用する望遠レンズの重量は広角カメラと比較して重くなり動作速度の低下が予想される。そこで撮影方向の制御に高速動作が可能なガルバノメータスキャナを用いる。

アクティブ望遠カメラは、図 2 のように望遠カメラと、パン、チルトに対応したガルバノメータスキャナで構成される。ガルバノメータスキャナは、2 枚の鏡の角度を高速に制御することが可能である。図 2 のようにカメラの光軸上にガルバノメータスキャナを配置することで、撮影方向を変化させることが可能である。

製作したアクティブ望遠カメラの外観を図 3 に示す。

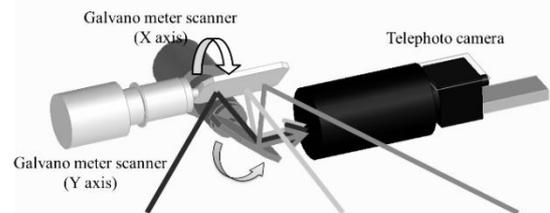


図 2: アクティブ望遠カメラ

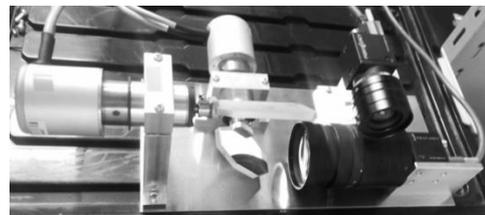


図 3: アクティブ望遠カメラの外観

(2) 視線検出器

視線検出方法は、運転者への負担を小さくするため、器具非装着型の角膜反射法を用いた手法を採用した。

視線検出の原理は、文献[2]の大野らの視線検出手法を簡略化した手法を用いた。眼球モデルに基づく視線検出手法を図 4 に示す。図 4 では、右端に眼球モデルが、左端に赤外線カメラとカメラの光軸に近い場所に配置された近赤外線 LED 光源がある。この手法では、角膜曲率の中心から瞳孔中心へ結ぶ線を視線と定義する。

近赤外線 LED から眼に向かって近赤外線を照射した時、近赤外線は角膜曲率中心と LED とを結ぶ線が角膜表面と交わる点でカメラへ向けて反射する。この角膜での反射による像をプルキニエ像（第一プルキニエ像）と呼ぶ。プルキニエ像からカメラまでを結ぶ線とカメラの光軸がなす角度

を φ_p とし、カメラの光軸と視線がなす角度を φ とする。また、角膜曲率半径を r とする。

瞳孔中心とプルクニエ像の中心のそれぞれの Y 座標を y_d, y_p とすると、

$$y_p - y_d = r(\sin\varphi - \sin\varphi_p) \quad (1)$$

となる。式(1)より、 φ は

$$\varphi = \sin^{-1} \left\{ \left(\frac{y_p - y_d}{r} \right) + \sin\varphi_p \right\} \quad (2)$$

で求めることができる。同様に、水平方向の視線角度 θ も算出することができる。

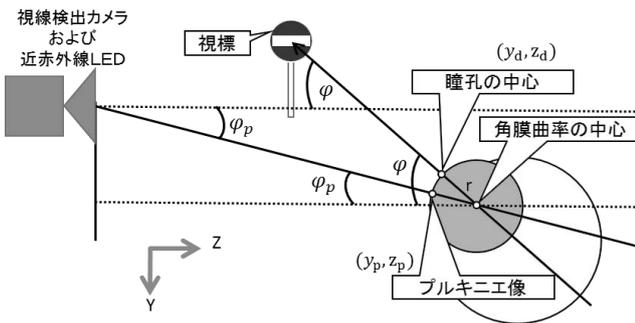


図4: 眼球モデルに基づく視線検出

ここで、瞳孔中心を検出するために、文献[3]のMorimotoらの手法を用いた。Morimotoらの手法では、図5のようにカメラ開口部周辺(以下内側)と開口部から離れた場所(以下外側)にリング状に近赤外線LEDを配置する。内側のLEDが発光することにより、図6のような瞳孔が明るい画像(明瞳孔画像)が得られ、外側のLEDが発光することにより、瞳孔が暗い画像(暗瞳孔画像)が得られる。次に、明瞳孔から暗瞳孔を減算する。これによって瞳孔以外の画素値が小さくなるため、瞳孔の検出が容易になる。また、内側と外側のLEDは交互に発光させており、時分割で明暗瞳孔を撮影し、フレーム間差分画像を作成している。これにより、リアルタイムで瞳孔を検出することが可能となっている。

製作した視線検出器の外観を図7に示す。製作した視線検出器は、外乱光の影響を低減するため、狭帯域フィルタによって近赤外線LEDの波長のみをカメラに入射させるように制限している。

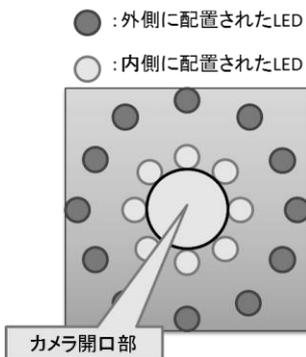


図5: 視線検出器の構造

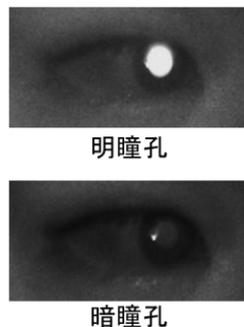


図6: 明暗瞳孔

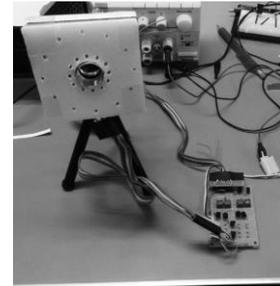


図7: 視線検出器の外観

3. 実装したシステムの検証

実装したシステムは、被験者が頭部を固定した状態において、常に被験者の視線角度を測定する。測定中に被験者に視標を注視させ、キーを押した際の視線角度より、アクティブ望遠カメラの撮影方向を制御する。

実装したシステムの検証実験を室内にて行った。図8に実験を行った室内の様子を示す。実験では、図8のように被験者から約560cm離れた壁に貼った標識のイラストを視標とした。視標を注視させた時の視線角度よりアクティブ望遠カメラの撮影方向を制御した結果、図9のように標識のイラストを撮影することができた。



図8: 実験環境



図9: 撮影結果

4. まとめ

本研究では、視線検出によるアクティブ望遠カメラの撮影方向を制御するシステムを提案した。視線計測によりアクティブ望遠カメラの撮影方向を制御し、注視方向の望遠画像を撮影することができた。しかし、現状では視線検出器が太陽光などの外乱の影響に弱く、車載して使用することが困難な状況である。そこで、外乱光の影響を減らすことが今後の課題である。

参考文献

[1] Takumi Hachisu, Tomohiro Yendo, "A driving support system with an active telephoto camera", IWAIT2014, P496-500 (2014)
 [2] 大野 健彦, 武川 直樹, 吉川 厚, "眼球形状モデルに基づく視線測定法", 第8回画像センシングシンポジウム, pp.307-312, (2002)
 [3] Carlos Morimoto, Dave Koons, Arnon Amir, Myron Flickner, "Pupil Detection and Tracking Using Multiple Light Sources", Image and vision computing 18 (4), pp.331-335 (2000)