

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6737212号
(P6737212)

(45) 発行日 令和2年8月5日(2020.8.5)

(24) 登録日 令和2年7月20日(2020.7.20)

(51) Int.Cl.	F 1
GO6T 7/564	(2017.01)
GO6T 7/00	(2017.01)
B60W 40/08	(2012.01)
GO8G 1/16	(2006.01)
	GO6T 7/564
	GO6T 7/00 650A
	GO6T 7/00 660Z
	B60W 40/08
	GO8G 1/16 C

請求項の数 5 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2017-48503 (P2017-48503)
(22) 出願日	平成29年3月14日 (2017.3.14)
(65) 公開番号	特開2018-151931 (P2018-151931A)
(43) 公開日	平成30年9月27日 (2018.9.27)
審査請求日	平成31年3月11日 (2019.3.11)

(73) 特許権者	000002945 オムロン株式会社 京都府京都市下京区塙小路通堀川東入南不動堂町801番地
(74) 代理人	100096080 弁理士 井内 龍二
(74) 代理人	100194098 弁理士 高田 一
(72) 発明者	日向 匡史 京都府京都市下京区塙小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内
(72) 発明者	諏訪 正樹 京都府京都市下京区塙小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】運転者状態推定装置、及び運転者状態推定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

撮像された画像を用いて運転者の状態を推定する運転者状態推定装置であつて、運転席に着座している運転者を撮像可能な撮像部と、少なくとも1つのハードウェアプロセッサとを備え、該少なくとも1つのハードウェアプロセッサが、前記撮像部により撮像された画像中の運転者の頭部を検出する頭部検出部と、該頭部検出部で検出された前記画像中の運転者の頭部のボケ量を検出するボケ量検出部と、

該ボケ量検出部で検出された前記ボケ量を用いて、前記運転席に着座している運転者の頭部から前記撮像部までの距離を推定する距離推定部とを備え、

該距離推定部が、

前記撮像部により撮像された複数の画像から検出された前記運転者の顔領域の大きさの変化を考慮して、前記運転席に着座している運転者の頭部から前記撮像部までの距離を推定するものであることを特徴とする運転者状態推定装置。

【請求項 2】

前記運転席に着座している運転者の頭部から前記撮像部までの距離と、前記撮像部で撮像される前記運転者の画像のボケ量との相関関係を示すテーブル情報を記憶するテーブル情報記憶部を備え、

前記距離推定部が、

10

20

前記ボケ量検出部で検出された前記ボケ量と、前記テーブル情報記憶部から読み出された前記テーブル情報を照合して、前記運転席に着座している運転者の頭部から前記撮像部までの距離を推定するものであることを特徴とする請求項1記載の運転者状態推定装置。

【請求項3】

前記少なくとも1つのハードウェアプロセッサが、

前記距離推定部で推定された前記距離を用いて、前記運転席に着座している運転者が運転操作可能な状態であるか否かを判定する運転操作可否判定部を備えていることを特徴とする請求項1又は請求項2記載の運転者状態推定装置。

【請求項4】

前記撮像部が、前記運転席に着座している運転者の位置姿勢の変化に応じて前記運転者の頭部のボケ具合が異なる画像を撮像可能なものであることを特徴とする請求項1~3のいずれかの項に記載の運転者状態推定装置。

【請求項5】

運転席に着座している運転者を撮像可能な撮像部と、

少なくとも1つのハードウェアプロセッサとを備えた装置を用い、

前記運転席に着座している運転者の状態を推定する運転者状態推定方法であって、

前記少なくとも1つのハードウェアプロセッサが、

前記撮像部により撮像された画像中の運転者の頭部を検出する頭部検出ステップと、

該頭部検出ステップで検出された前記画像中の運転者の頭部のボケ量を検出するボケ量検出ステップと、

該ボケ量検出ステップで検出された前記ボケ量を用いて、前記運転席に着座している運転者の頭部から前記撮像部までの距離を推定する距離推定ステップとを含み、

該距離推定ステップが、

前記撮像部により撮像された複数の画像から検出された前記運転者の顔領域の大きさの変化を考慮して、前記運転席に着座している運転者の頭部から前記撮像部までの距離を推定することを特徴とする運転者状態推定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は運転者状態推定装置、及び運転者状態推定方法に関し、より詳細には、撮像された画像を用いて運転者の状態を推定することのできる運転者状態推定装置、及び運転者状態推定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

車室内カメラで撮影された運転者の画像から運転者の動作や視線などの状態を検知し、運転者に必要とされる情報の提示や警告などを行う技術が従来より開発されている。

また、近年開発が進められている自動運転システムでは、自動運転中においても、自動運転から手動運転への引き継ぎがスムーズに行えるように、運転者が運転操作可能な状態であるかどうかを推定しておく技術が必要になると考えられており、車室内カメラで撮像した画像を解析して、運転者の状態を推定する技術の開発が進められている。

【0003】

運転者の状態を推定するためには、運転者の頭部位置を検出する技術が必要とされている。例えば、特許文献1には、車室内カメラで撮像された画像中における運転者の顔領域を検出し、検出した顔領域に基づいて、運転者の頭部位置を推定する技術が開示されている。

【0004】

上記運転者の頭部位置の具体的な推定方法は、まず、車室内カメラに対する頭部位置の角度を検出する。該頭部位置の角度の検出方法は、画像上の顔領域の中心位置を検出し、該検出した顔領域の中心位置を頭部位置として、該顔領域の中心位置を通る頭部位置直

10

20

30

40

50

線を求め、該頭部位置直線の角度（頭部位置の車室内カメラに対する角度）を決定する。

【0005】

次に、頭部位置直線上の頭部位置を検出する。該頭部位置直線上の頭部位置の検出方法は、車室内カメラから所定距離に存在する場合の顔領域の標準大きさを記憶しておき、この標準大きさと実際に検出した顔領域の大きさとを比較して、車室内カメラから頭部位置までの距離を求める。そして、求めた距離だけ車室内カメラから離れた、頭部位置直線上の位置を頭部位置として推定するようになっている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

特許文献1記載の頭部位置の推定方法では、画像上での頭部位置を顔領域の中心位置を基準として検出しているが、顔領域の中心位置は顔の向きによって変わってしまう。そのため、頭の位置が同じ位置であっても、顔の向きの違いより、画像上で検出される顔領域の中心位置がそれぞれ異なる位置に検出される。そのため画像上における頭部位置が実世界の頭部位置とは異なる位置に検出されてしまい、実世界における頭部位置までの距離を精度よく推定できないという課題があった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2014-218140号公報

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】Yalin Xiong, Steven A. Shafer, "Depth from Focusing and Defocusing", CMU-RI-TR-93-07, The Robotics Institute Carnegie Mellon University Pittsburgh, Pennsylvania 15213. March, 1993.

【非特許文献2】D. B. Gennery, "Determination of optical transfer function by inspection of frequency-domain plot," Journal of the Optical Society of America, vol. 63, pp. 1571-1577, 1973.

【非特許文献3】電子情報通信学会論文誌 D Vol. J90-D, No.10, pp.2848-2857「対数振幅スペクトル上の輝度こう配ベクトル分布を利用したノイズに頑健な焦点ずれPSF推定」, 坂野盛彦、末竹規哲、内野英治

【非特許文献4】A. P. Pentland, "A new sense for depth of field", IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 9, 4, pp.523-531(1987).

【非特許文献5】S.Zhou, T.Sim, "Defocus Map Estimation from a Single Image," Pattern Recognition, Vol.44, No.9, pp.1852-1858, (2011).

【非特許文献6】YOAV Y. SCHECHNER, NAHUM KIRYATI, "Depth from Defocus vs. Stere o: How Different Really Are They?" International Journal of Computer Vision 39(2), 141-162, (2000).

【発明の概要】

【課題を解決するための手段及びその効果】

【0009】

本発明は上記課題に鑑みなされたものであって、画像中における運転者の顔領域の中心位置を検出することなく運転者の頭部までの距離を推定することができ、該推定された距離を前記運転者の状態判定に利用することができる運転者状態推定装置、及び運転者状態推定方法を提供することを目的としている。

【0010】

上記目的を達成するために本発明に係る運転者状態推定装置(1)は、撮像された画像を用いて運転者の状態を推定する運転者状態推定装置であって、

運転席に着座している運転者を撮像可能な撮像部と、

少なくとも1つのハードウェアプロセッサとを備え、

該少なくとも1つのハードウェアプロセッサが、

10

20

30

40

50

前記撮像部により撮像された画像中の運転者の頭部を検出する頭部検出部と、該頭部検出部で検出された前記画像中の運転者の頭部のボケ量を検出するボケ量検出部と、

該ボケ量検出部で検出された前記ボケ量を用いて、前記運転席に着座している運転者の頭部から前記撮像部までの距離を推定する距離推定部とを備えていることを特徴としている。

【0011】

上記運転者状態推定装置（1）によれば、前記撮像部により撮像された前記運転者の画像を用いて、該画像中の運転者の頭部を検出し、該検出した前記画像中の運転者の頭部のボケ量を検出し、該ボケ量を用いて、前記運転席に着座している運転者の頭部から前記撮像部までの距離が推定される。したがって、前記画像中の顔領域の中心位置を求めることがなく、前記画像中の前記運転者の頭部のボケ量から前記距離を推定することができる。該推定された距離を用いて、前記運転席に着座している運転者の位置姿勢などの状態を推定することが可能となる。10

【0012】

また本発明に係る運転者状態推定装置（2）は、上記運転者状態推定装置（1）において、前記運転席に着座している運転者の頭部から前記撮像部までの距離と、前記撮像部で撮像される前記運転者の画像のボケ量との相関関係を示すテーブル情報を記憶するテーブル情報記憶部を備え、20

前記距離推定部が、

前記ボケ量検出部で検出された前記ボケ量と、前記テーブル情報記憶部から読み出された前記テーブル情報を照合して、前記運転席に着座している運転者の頭部から前記撮像部までの距離を推定するものであることを特徴としている。

【0013】

上記運転者状態推定装置（2）によれば、前記テーブル情報記憶部に、前記撮像部で撮像される前記運転者の画像のボケ量と、前記運転者の頭部から前記撮像部までの距離との対応関係を示すテーブル情報が記憶され、前記ボケ量検出部で検出された前記ボケ量と、前記テーブル情報記憶部から読み出された前記テーブル情報とが照合されて、前記運転席に着座している運転者の頭部から前記撮像部までの距離が推定される。したがって、前記テーブル情報に前記ボケ量を当てはめることにより、前記運転席に着座している運転者の頭部から前記撮像部までの距離を、演算処理に負荷をかけることなく高速に推定することができる。30

【0014】

また本発明に係る運転者状態推定装置（3）は、上記運転者状態推定装置（1）又は（2）において、前記距離推定部が、前記撮像部により撮像された複数の画像から検出された前記運転者の顔領域の大きさの変化を考慮して、前記運転席に着座している運転者の頭部から前記撮像部までの距離を推定するものであることを特徴としている。

【0015】

上記運転者状態推定装置（3）によれば、前記運転者の顔領域の大きさの変化を考慮することにより、前記撮像部のピントが合う焦点位置から前後いずれの方向に前記運転者が離れているのかを判定することができるので、前記距離の推定精度を高めることができる。40

【0016】

また本発明に係る運転者状態推定装置（4）は、上記運転者状態推定装置（1）～（3）のいずれかにおいて、前記少なくとも1つのハードウェアプロセッサが、

前記距離推定部で推定された前記距離を用いて、前記運転席に着座している運転者が運転操作可能な状態であるか否かを判定する運転操作可否判定部を備えていることを特徴としている。

【0017】

上記運転者状態推定装置（4）によれば、前記距離推定部で推定された前記距離を用い50

て、前記運転席に着座している運転者が運転操作可能な状態であるか否かを判定することができ、前記運転者の監視を適切に行うことができる。

【0018】

また本発明に係る運転者状態推定装置(5)は、上記運転者状態推定装置(1)～(4)のいずれかにおいて、前記撮像部が、前記運転席に着座している運転者の位置姿勢の変化に応じて前記運転者の頭部のボケ具合が異なる画像を撮像可能なものであることを特徴としている。

【0019】

上記運転者状態推定装置(5)によれば、前記運転席という限られた空間であっても、前記運転者の頭部のボケ具合が異なる画像が撮像可能であるので、前記ボケ量から前記距離を確実に推定することができる。10

【0020】

また本発明に係る運転者状態推定方法は、運転席に着座している運転者を撮像可能な撮像部と、少なくとも1つのハードウェアプロセッサとを備えた装置を用い、

前記運転席に着座している運転者の状態を推定する運転者状態推定方法であって、前記少なくとも1つのハードウェアプロセッサが、

前記撮像部により撮像された画像中の運転者の頭部を検出する頭部検出ステップと、該頭部検出ステップで検出された前記画像中の運転者の頭部のボケ量を検出するボケ量検出ステップと、20

該ボケ量検出ステップで検出された前記ボケ量を用いて、前記運転席に着座している運転者の頭部から前記撮像部までの距離を推定する距離推定ステップとを含んでいることを特徴としている。

【0021】

上記運転者状態推定方法によれば、前記撮像部により撮像された前記運転者の画像を用いて、該画像中の運転者の頭部を検出し、該検出した前記画像中の運転者の頭部のボケ量を検出し、該ボケ量を用いて、前記運転席に着座している運転者の頭部から前記撮像部までの距離を推定する。したがって、前記画像中の顔領域の中心位置を求めることなく、前記画像中の前記運転者の頭部のボケ量から前記距離を推定することができる。該推定された距離を用いて、前記運転席に着座している運転者の位置姿勢などの状態を推定することが可能となる。30

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本発明の実施の形態に係る運転者状態推定装置を含む自動運転システムの要部を概略的に示したブロック図である。

【図2】実施の形態に係る運転者状態推定装置の構成を示すブロック図である。

【図3】運転席の座席位置と、撮像された画像中の運転者のボケ具合との関係について説明するためのイラスト図である。

【図4】実施の形態に係る運転者状態推定装置で検出されるボケ量と運転者までの距離との関係について説明するための図である。

【図5】運転者までの距離とボケ量の大きさとの相関関係を示すテーブル情報の一例を示したグラフ図である。40

【図6】実施の形態に係る運転者状態推定装置におけるCPUの行う処理動作を示したフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0023】

以下、本発明に係る運転者状態推定装置、及び運転者状態推定方法の実施の形態を図面に基づいて説明する。なお、以下に述べる実施の形態は、本発明の好適な具体例であり、技術的に種々の限定が付されているが、本発明の範囲は、以下の説明において特に本発明を限定する旨の記載がない限り、これらの形態に限られるものではない。

【0024】

図1は、実施の形態に係る運転者状態推定装置を含む自動運転システムの要部を概略的に示したブロック図である。図2は、実施の形態に係る運転者状態推定装置の構成を示すブロック図である。

【0025】

自動運転システム1は、車両を道路に沿って自動で走行させるためのシステムであり、運転者状態推定装置10、HMI(Human Machine Interface)40、及び自動運転制御装置50を含んで構成され、これら各装置が通信バス60を介して接続されている。なお、通信バス60には、自動運転や運転者による手動運転の制御に必要な各種センサや制御装置(図示せず)も接続されている。

【0026】

運転者状態推定装置10は、撮像された画像から運転者の状態、具体的には、撮像された画像中の運転者の頭部のボケ量を検出し、単眼カメラ11から運転者の頭部(顔)までの距離を前記ボケ量から推定する処理、前記距離の推定結果に基づいて運転者が運転操作可能な状態であるか否かを判定し、その判定結果を出力する処理などを行う。

【0027】

運転者状態推定装置10は、単眼カメラ11、CPU12、ROM13、RAM14、記憶部15、及び入出力インターフェース(I/F)16を含んで構成され、これら各部が通信バス17を介して接続されている。なお、単眼カメラ11は、装置本体とは別体のカメラユニットとして構成してもよい。

【0028】

撮像部としての単眼カメラ11は、運転席に着座している運転者の頭部を含む画像を定期的(例えば、1秒間に30~60回)に撮像可能な単眼カメラであり、1枚以上のレンズから構成されるレンズ系11a、被写体の撮像データを生成するCCD又はCMOSなどの撮像素子11b、撮像データをデジタルデータに変換するAD変換部(図示せず)、及び近赤外光を照射する近赤外LEDなどの赤外線照射器(図示せず)などを含んで構成されている。

【0029】

また、単眼カメラ11のレンズ系11aには、運転席の可動範囲内のいずれかの位置で運転者にピントが合い、かつ被写界深度が浅く(ピントの合う範囲が狭く)なるように、レンズの焦点距離及び絞り(F値)などの光学パラメータが設定されているものが使用される。これら光学パラメータの設定により、運転席に着座している運転者の位置姿勢の変化、例えば、運転席の座面位置や背もたれの傾きの変化に応じて運転者の頭部のボケ具合が異なる画像(運転者にピントの合った画像から徐々にピントのずれたボケ具合の異なる画像)を撮像可能となっている。なお、前記被写界深度は、後述する頭部検出部23における処理性能、すなわち、画像中から運転者の頭部や顔器官を検出する性能を妨げないように、頭部検出部23における処理性能のボケ許容範囲内において極力浅くなるように設定にすることが好ましい。

【0030】

CPU12は、ハードウェアプロセッサであり、ROM13に記憶されているプログラムを読み出し、該プログラムに基づいて単眼カメラ11で撮像された画像データの各種処理などを行う。CPU12は、画像処理や制御信号出力処理などの処理用途毎に複数装備してもよい。

ROM13には、図2に示す記憶指示部21、読み出し指示部22、頭部検出部23、ボケ量検出部24、距離推定部25、及び運転操作可否判定部26としての処理を、CPU12に実行させるためのプログラムなどが記憶されている。なお、CPU12で実行される前記プログラムの全部又は一部をROM13とは別の記憶部15や他の記憶媒体(図示せず)に記憶してもよい。

【0031】

RAM14には、CPU12で実行される各種処理に必要なデータやROM13から読み出したプログラムなどが一時記憶される。

10

20

30

40

50

記憶部 15 は、単眼カメラ 11 で撮像された画像データが記憶される画像記憶部 15a と、単眼カメラ 11 から被写体（運転者）までの距離と単眼カメラ 11 で撮像される被写体の画像のボケ量との相関関係を示すテーブル情報が記憶されるテーブル情報記憶部 15b とを含んでいる。また、記憶部 15 には、単眼カメラ 11 の焦点距離や絞り（F 値）、画角や画素数（幅 × 縦）などを含むパラメータ情報、単眼カメラ 11 の取付位置情報なども記憶されるようになっている。単眼カメラ 11 の取付位置情報などは、例えば、単眼カメラ 11 の設定メニューを HMI 40 で読み出せるように構成しておき、取付時に、前記設定メニューから入力設定できるようすればよい。記憶部 15 は、例えば、EEPROM、フラッシュメモリなどの 1 つ以上の不揮発性の半導体メモリで構成されている。出入力インターフェース（I/F）16 は、通信バス 60 を介して各種外部装置とのデータのやり取りを行うためのものである。10

【0032】

HMI 40 は、運転者状態推定装置 10 から送信されてきた信号に基づいて、運転者に運転姿勢等の状態を報知する処理、自動運転システム 1 の作動状況や自動運転の解除情報などを運転者に報知する処理、自動運転制御に関連する操作信号を自動運転制御装置 50 に出力する処理などを行う。HMI 40 は、例えば、運転者が視認しやすい位置に設けられた表示部 41 や音声出力部 42 の他、図示しない操作部や音声入力部などを含んで構成されている。

【0033】

自動運転制御装置 50 は、図示しない動力源制御装置、操舵制御装置、制動制御装置、周辺監視センサ、ナビゲーションシステム、外部と通信を行う通信装置などにも接続され、これら各部から取得した情報に基づいて、自動運転を行うための制御信号を各制御装置へ出力して、車両の自動走行制御（自動操舵制御や自動速度調整制御など）を行う。20

【0034】

図 2 に示した運転者状態推定装置 10 の各部を説明する前に、図 3 を用いて、運転席の座席位置と、単眼カメラ 11 で撮像される画像中の運転者のボケ具合との関係について説明する。図 3 は、運転席の座席位置の違いによって画像中の運転者のボケ具合が変化することを説明するためのイラスト図である。

【0035】

図 3 に示すように、運転者 30 が運転席 31 に着座しているとする。運転席 31 の正面前方にはハンドル 32 が設置されている。運転席 31 は、前後方向に位置調整可能となっており、座面の可動範囲が S に設定されている。単眼カメラ 11 は、ハンドル 32 の奥側（図示しないステアリングコラム、又はダッシュボードやインストルメントパネルの手前）に設けられており、運転者 30A の頭部（顔）を含む画像 11c を撮像可能な箇所に設置されている。なお、単眼カメラ 11 の設置位置姿勢はこの形態に限定されるものではない。30

【0036】

図 3 では、単眼カメラ 11 から実世界における運転者 30 までの距離を Z（Zf、Zblur）、ハンドル 32 から運転者 30 までの距離を A、ハンドル 32 から単眼カメラ 11 までの距離を B、単眼カメラ 11 の画角を I、撮像面の中心を I で示している。40

図 3 (b) は、運転席 31 を可動範囲 S の略中間位置 S_M にセットした状態を示している。この状態では、運転者 30 の頭部（頭部正面の顔）の位置が、単眼カメラ 11 のピントが合う焦点位置（距離 Zf）になっており、画像 11c には、運転者 30A がピントの合ったボケのない状態で写されている。

【0037】

図 3 (a) は、運転席 31 を可動範囲 S の後方位置 S_B にセットした状態を示している。

運転者 30 の頭部の位置は、単眼カメラ 11 のピントが合う焦点位置（距離 Zf）よりも遠い位置（ピントがずれた位置）（距離 Zblur）にあるため、画像 11c には、運転者 30A が中間位置 S_M よりも少し小さく、かつボケが生じた状態で写されている。50

【 0 0 3 8 】

図 3 (c) は、運転席 3 1 を可動範囲 S の前方位置 S_F にセットした状態を示している。

運転者 3 0 の頭部の位置は、単眼カメラ 1 1 のピントが合う焦点位置（距離 Z_f ）よりも近い位置（ピントがずれた位置）（距離 Z_{blur} ）にあるため、画像 1 1 c には、運転者 3 0 A が中間位置 S_M よりも少し大きく、かつボケが生じた状態で写されている。

【 0 0 3 9 】

このように単眼カメラ 1 1 は、運転席 3 1 を略中間位置 S_M にセットした状態で運転者 3 0 の頭部にピントが合う一方、略中間位置 S_M よりも前後に運転席 3 1 をセットした状態では、運転者 3 0 の頭部にピントが合わず、画像中の運転者 3 0 A の頭部には、ピント位置からのずれ量に応じたボケが生じる設定になっている。10

【 0 0 4 0 】

なお、上記形態では、運転席 3 1 を略中間位置 S_M にセットしたときの運転者 3 0 の頭部にピントが合うように単眼カメラ 1 1 の光学パラメータが設定されているが、単眼カメラ 1 1 のピントを合わせる位置は、この位置に限定されるものではない。運転席 3 1 を可動範囲 S のいずれかの位置にセットしたときの運転者 3 0 の頭部にピントが合うように、単眼カメラ 1 1 の光学パラメータを設定することができる。

【 0 0 4 1 】

次に、実施の形態に係る運転者状態推定装置 1 0 の具体的構成について図 2 に示したブロック図に基づいて説明する。20

運転者状態推定装置 1 0 は、ROM 1 3 に記憶された各種のプログラムが RAM 1 4 に読み出され、CPU 1 2 で実行されることによって、記憶指示部 2 1、読み出し指示部 2 2、頭部検出部 2 3、ボケ量検出部 2 4、距離推定部 2 5、及び運転操作可否判定部 2 6 としての処理を行う装置として成立する。

【 0 0 4 2 】

記憶指示部 2 1 は、単眼カメラ 1 1 で撮像された運転者 3 0 A の頭部（顔）を含む画像データを記憶部 1 5 の一部である画像記憶部 1 5 a に記憶させる処理を行う。読み出し指示部 2 2 は画像記憶部 1 5 a から運転者 3 0 A が撮像された画像 1 1 c を読み出す処理を行う。

【 0 0 4 3 】

頭部検出部 2 3 は、画像記憶部 1 5 a から読み出された画像 1 1 c から運転者 3 0 A の頭部（顔）を検出する処理を行う。画像 1 1 c から頭部（顔）を検出する手法は特に限定されない。例えば、頭部（顔全体）の輪郭に対応した基準テンプレートを用いたテンプレートマッチング、頭部（顔）の構成要素（目、鼻、耳など）に基づくテンプレートマッチングによって頭部（顔）を検出するように構成してもよい。また、高速で高精度に頭部（顔）を検出する手法として、例えば、顔の局所的な領域、例えば、目の端点や口の端点、鼻の穴回りなどの顔器官の明暗差（輝度差）やエッジ強度、これら局所的領域間の関連性（共起性）を特徴量として捉え、これら多数の特徴量を組み合わせて学習することで検出器を作成し、階層的な構造（顔をおおまかにとらえる階層から顔の細部をとらえる階層構造）の検出器を用いる方法により、顔の領域検出を高速に行うことが可能となる。また、顔のボケ具合の違い、顔の向きや傾きに対応するために、顔のボケ具合、顔の向きや傾きごとに別々に学習させた複数の検出器を備えるようにしてよい。3040

【 0 0 4 4 】

ボケ量検出部 2 4 は、頭部検出部 2 3 で検出された画像 1 1 c 中の運転者 3 0 A の頭部のボケ量を検出する処理を行う。画像中の運転者 3 0 A（被写体）のボケ量を検出する方法には、公知の手法が採用され得る。

例えば、撮像画像を分析することでボケ量を求める方法（非特許文献 1 参照）、画像の対数振幅スペクトル上に現れる暗い円環の半径から、ボケの特性を表現する PSF（Point Spread Function：点像分布関数）の推定を行う方法（非特許文献 2 参照）、画像の対数振幅スペクトル上の輝度こう配のベクトル分布を用いてボケの特性を表現し、PSF の

1020304050

推定を行う方法（非特許文献3）などを採用することができる。

【0045】

また、撮像された画像を処理して被写体までの距離を測定する方法として、合焦位置に応じた画像ボケに着目するD F D (Depth from Defocus) 法やD F F (Depth from Focus) 法が知られている。D F D 法は、焦点位置の異なる複数の画像を撮影して、光学ボケのモデル関数でボケ量をフィッティングし、ボケ量の変化から被写体に最もピントが合う位置を推定することで被写体までの距離を求める方法である。D F F 法は、焦点位置をずらしながら撮影した多数の画像列の中で、最もピントの合った画像位置から距離を求める方法である。これら方法を利用してボケ量を推定することも可能である。

【0046】

例えば、画像中のボケが薄レンズモデルに従うと仮定すると、ボケ量は上記点像分布関数（P S F）としてモデル化できる。一般にこのモデルとしてガウス関数が用いられる。これらを利用して、撮像された1枚又は2枚のボケを含んだ画像のエッジを解析しボケ量を推定する方法（非特許文献4）、撮像されたボケを含む画像（入力画像）と該入力画像を再度ぼかした平滑化画像とのエッジの潰れ方（エッジ強度の変化度合）を解析することによってボケ量を推定する方法（非特許文献5）などを採用することができる。また、非特許文献6には、D F D 法がステレオ法と同じような仕組みで物体までの距離を測定できることが開示され、物体の画像が撮像素子面に投影されたときのブラー（ボケ）の円の半径を求める方法などが開示されている。これらD F D 法などは、画像のボケ量と被写体距離との相関情報から距離を測定するものであり、単眼カメラ11を用いて実現可能である。これら方法を使用して、画像のボケ量を検出することができる。

10

【0047】

図4は、ボケ量検出部24で検出されるボケ量dと運転者30までの距離との関係（D F D 法又はD F F 法の仕組み）について説明するための図である。

図4において、fはレンズ系11aと撮像素子11bとの距離、Z_fはピントの合う焦点（フォーカス点）と撮像素子11bとの距離、Z_{blur}はボケの生じている（デフォーカスされている）運転者30（被写体）と撮像素子11bとの距離、Fはレンズの焦点距離、Dはレンズ系11aの口径、dは被写体の画像が撮像素子に投影されたときのブラー（ボケ）の円（錯乱円）の半径であり、半径dがボケ量に相当する。

ボケ量dは、以下の式で示すことができる。

20

【0048】

【数1】

$$d = \frac{D}{2} \frac{|FZ_{blur} - fZ_{blur} + Ff|}{FZ_{blur}}$$

【0049】

なお、実線で示す光線L1は、ピントの合う焦点位置に運転者30がいるとき（図3（b）の状態）の光線を示している。一点鎖線で示す光線L2は、単眼カメラ11からの距離がピントの合う焦点位置よりも遠い位置に運転者30がいるとき（図3（a）の状態）の光線を示している。破線で示す光線L3は、単眼カメラ11からの距離がピントの合う焦点位置より近い位置に運転者30がいるとき（図3（c）状態）の光線を示している。

40

【0050】

上記式は、ボケ量dと、ボケが生じているときの距離Z_{blur}とが相関関係を有していることを示している。本実施の形態では、単眼カメラ11で撮像される被写体の画像のボケ量dと、単眼カメラ11から被写体までの距離Zとの相関関係を示すテーブル情報が予め作成されて、テーブル情報記憶部15bに記憶されている。

【0051】

図5は、テーブル情報記憶部15bに記憶されているボケ量dと距離Zとの相関関係を

50

示すテーブル情報の一例を示したグラフ図である。

ピントの合う焦点位置の距離 Z_f で、ボケ量 d は略 0 となっている。運転者 3 0までの距離 Z がピントの合う焦点位置の距離 Z_f から外れる（距離 Z_{blur} に移動する）につれてボケ量 d が大きくなる。運転席 3 1 の可動範囲 S で、ボケ量 d が検出できるように、レンズ系 1 1 a の焦点距離や絞りの設定がなされている。なお、図 5 に破線で示すように、単眼カメラ 1 1 のレンズ系 1 1 a の焦点距離を大きく、又は絞りを開く（F 値を小さくする）設定にすることで、ピント位置からのボケ量の変化を大きくすることができる。

【 0 0 5 2 】

距離推定部 2 5 は、ボケ量検出部 2 4 で検出されたボケ量 d を用いて、運転席 3 1 に着座している運転者 3 0 の頭部から単眼カメラ 1 1 までの距離 Z （奥行きに関する情報）を推定する処理を行う。すなわち、ボケ量検出部 2 4 で検出されたボケ量 d を、上記したテーブル情報記憶部 1 5 b に記憶されたテーブル情報に当てはめて、運転席 3 1 に着座している運転者 3 0 の頭部から単眼カメラ 1 1 までの距離 Z を推定する処理を行う。また、ボケ量検出部 2 4 において、頭部検出部 2 3 により検出された顔器官の特徴点部分、例えば、目の端点や口の端点、鼻の穴周りなどのコントラストがはっきりした特徴点部分のボケ量 d を検出し、該ボケ量 d を距離推定部 2 5 での推定処理に用いることにより、距離推定が容易になるとともに、距離推定の精度も高めることができる。10

また、ボケ量 d からでは、ピントの合う焦点位置（距離 Z_f の位置）から前後いずれの方向に外れているのかの判定が難しい場合は、時系列で取得した複数の画像中から運転者の顔領域の大きさを検出し、顔領域の大きさの変化（大きくなつていれば単眼カメラ 1 1 に近づいている一方、小さくなつていれば単眼カメラ 1 1 から離れている）を検出することによって、前記いずれの方向に外れているのかを判定することができる。また、前記テーブル情報の代わりに、ボケ量 d と距離 Z との相関関係を示す式を用いて、ボケ量 d から距離 Z を求めてよい。20

【 0 0 5 3 】

運転操作可否判定部 2 6 は、距離推定部 2 5 で推定された距離 Z を用いて、運転者 3 0 が運転操作可能な状態であるか否か、例えば、ROM 1 3 又は記憶部 1 5 に記憶された、ハンドルに手が届く範囲を RAM 1 4 に読み出し、比較演算を行うことにより、運転者 3 0 がハンドル 3 2 に手が届く範囲内にいるか否かを判定し、該判定結果を示す信号を HMI 4 0 や自動運転制御装置 5 0 へ出力する。また、距離 Z から距離 B （ハンドル 3 2 から単眼カメラ 1 1 までの距離）を引き、距離 A （ハンドル 3 2 から運転者 3 0 までの距離）を求めて、上記判定を行ってもよい。30

【 0 0 5 4 】

図 6 は、実施の形態に係る運転者状態推定装置 1 0 における CPU 1 2 の行う処理動作を示したフローチャートである。単眼カメラ 1 1 では、例えば、毎秒 3 0 ~ 6 0 フレームの画像が撮像され、各フレーム、又は一定間隔のフレーム毎に本処理が行われる。

【 0 0 5 5 】

まず、ステップ S 1 では、単眼カメラ 1 1 で撮像された 1 つ以上の画像データを画像記憶部 1 5 a から読み出し、ステップ S 2 で、読み出した 1 つ以上の画像 1 1 c から運転者 3 0 A の頭部（顔）領域を検出する処理を行う。40

【 0 0 5 6 】

ステップ S 3 では、画像 1 1 c 中における運転者 3 0 A の頭部のボケ量 d 、例えば、頭部領域の各画素のボケ量 d 、又は頭部のエッジ領域の各画素のボケ量 d を検出する処理を行う。ボケ量 d の検出処理は上記手法が採用され得る。

【 0 0 5 7 】

ステップ S 4 では、画像 1 1 c 中の運転者 3 0 A の頭部のボケ量 d を用いて、運転者 3 0 の頭部から単眼カメラ 1 1 までの距離 Z を推定する。すなわち、テーブル情報記憶部 1 5 b から読み出した上記テーブル情報と、検出したボケ量 d とを照合して、ボケ量 d に対応する単眼カメラ 1 1 からの距離 Z を決定する。また、距離 Z を推定する際に、単眼カメラ 1 1 により撮像された複数の画像（時系列の画像）から運転者の顔領域の大きさの変化50

を検出し、単眼カメラ 1 1 のピントが合う焦点位置から前後いずれの方向に運転者が離れているのかを判定し、該判定結果とボケ量 d を用いて、距離 Z を推定してもよい。

【 0 0 5 8 】

ステップ S 5 では、距離 Z を用いて、ハンドル 3 2 位置から運転者 3 0 の頭部までの距離 A を推定する。例えば、単眼カメラ 1 1 と運転者 3 0 との線分上にハンドル 3 2 がある場合、距離 Z から単眼カメラ 1 1 とハンドル 3 2 との距離 B を引くことで、距離 A を推定する。

【 0 0 5 9 】

ステップ S 6 では、RAM 1 3 又は記憶部 1 5 に記憶された、ハンドルに手が届く範囲を読み出し、比較演算を行うことにより、距離 A が、適切なハンドル操作が可能な範囲内（距離 $D_1 < 距離 A < 距離 D_2$ ）であるか否かを判定する。距離 D_1 から D_2 の距離範囲は、運転者 3 0 が運転席 3 1 に着座した状態で、ハンドル 3 2 の操作が可能と推定される距離範囲、例えば、 D_1 は 40 cm、距離 D_2 は 80 cm 程度の値に設定することができる。10

【 0 0 6 0 】

ステップ S 6 において、距離 A が適切なハンドル操作が可能な範囲内であると判断すれば、その後処理を終える一方、距離 A が適切なハンドル操作が可能な範囲内ではないと判断すればステップ S 7 に進む。

【 0 0 6 1 】

ステップ S 7 では、HMI 4 0 や自動運転制御装置 5 0 に運転操作不可信号を出し、その後処理を終える。HMI 4 0 では、運転操作不可信号を入力した場合、例えば、表示部 4 1 に運転姿勢や座席位置を警告する表示や、音声出力部 4 2 より運転姿勢や座席位置を警告するアナウンスを実行する。また、自動運転制御装置 5 0 では、運転操作不可信号を入力した場合、例えば、減速制御などを実行する。20

【 0 0 6 2 】

なお、上記ステップ S 5、S 6 の処理に代えて、RAM 1 3 又は記憶部 1 5 に記憶された、適切なハンドル操作が可能な範囲を読み出し、比較演算を行うことにより、距離 Z が、適切なハンドル操作が可能と推定する範囲内（距離 $E_1 < 距離 Z < 距離 E_2$ ）であるか否かを判定する処理を行ってもよい。

この場合、距離 E_1 、 E_2 は、例えば、上記した距離 D_1 、 D_2 に、ハンドル 3 2 から単眼カメラ 1 1 までの距離 B を加算した値とすればよい。距離 E_1 、 E_2 の距離範囲は、運転者 3 0 が運転席 3 1 に着座した状態で、ハンドル 3 2 の操作が可能と推定される距離範囲、例えば、距離 E_1 は ($40 + 距離 B$) cm、距離 E_2 は ($80 + 距離 B$) cm 程度の値に設定することができる。30

【 0 0 6 3 】

また、上記ステップ S 4、5、6 に代えて、ボケ量検出部 2 4 で検出されたボケ量 d が、所定範囲内のボケ量（ボケ量 $d_1 < ボケ量 d < ボケ量 d_2$ ）であるか否かにより、運転者が運転操作可能な位置にいるか否かを判断する処理を行ってもよい。

この場合、上記距離 Z 、又は距離 A がハンドル操作可能と推定される範囲内（上記距離 E_1 から距離 E_2 、又は上記距離 D_1 から距離 D_2 ）でのボケ量（距離 E_1 、 D_1 のときのボケ量 d_1 、距離 E_1 、 D_2 ときのボケ量 d_2 を含む）を予め作成したテーブル情報をテーブル情報記憶部 1 5 b に記憶しておき、上記判定時にボケ量のテーブル情報を読み出し、比較演算を行って判定するようにすればよい。40

【 0 0 6 4 】

実施の形態に係る運転者状態推定装置 1 0 によれば、単眼カメラ 1 1 により撮像された運転者 3 0 の頭部のボケ具合の異なる画像を用いて、画像 1 1 c 中の運転者 3 0 A の頭部を検出し、該検出した画像 1 1 c 中の運転者 3 0 A の頭部のボケ量を検出し、該ボケ量を用いて、運転席 3 1 に着座している運転者 3 0 の頭部から単眼カメラ 1 1 までの距離 Z が推定される。したがって、画像 1 1 c 中の顔領域の中心位置を求めるうことなく、画像 1 1 c 中の運転者 3 0 A の頭部のボケ量 d から距離 Z を推定することができ、該推定された距50

離 Z を用いて、運転席31に着座している運転者30の位置姿勢などの状態を推定することができる。

また、運転者状態推定装置10によれば、単眼カメラ11に加えて別のセンサを設けることなく、上記した運転者までの距離 Z や距離 A を推定することができ、装置構成の簡素化を図ることができ、また、前記別のセンサを設ける必要がないため、それに伴う追加の処理も不要となり、CPU12にかかる負荷を低減させることができ、装置の小型化や低コスト化を図ることができる。

【0065】

また、テーブル情報記憶部15bに、単眼カメラ11で撮像される運転者（被写体）の画像のボケ量と、運転者（被写体）から単眼カメラ11までの距離との対応関係を示すテーブル情報が記憶されており、ボケ量検出部24で検出されたボケ量 d と、テーブル情報記憶部15bから読み出されたテーブル情報とが照合されて、運転席31に着座している運転者30の頭部から単眼カメラ11までの距離 Z が推定されるので、テーブル情報にボケ量 d を当てはめることにより、運転席31に着座している運転者30の頭部から単眼カメラ11までの距離 Z を、演算処理に負荷をかけることなく高速に推定することができる。
。

【0066】

また、距離推定部25で推定された距離 Z を用いて、ハンドル32から運転者30までの距離 A を推定し、運転席31に着座している運転者30がハンドル操作可能な状態であるか否かを判定することができ、運転者30の監視を適切に行うことができる。
20

【0067】

運転者状態推定装置10が自動運転システム1に搭載されることにより、運転者に自動運転の監視を適切に実行させることができ、自動運転での走行制御が困難状況になっても、手動運転への引き継ぎを迅速かつ安全に行うことができ、自動運転システム1の安全性を高めることができる。

【0068】

(付記1)

撮像された画像を用いて運転者の状態を推定する運転者状態推定装置であって、運転席に着座している運転者を撮像可能な撮像部と、

少なくとも1つの記憶部と、

少なくとも1つのハードウェアプロセッサとを備え、

前記少なくとも1つの記憶部が、

前記撮像部で撮像された画像を記憶する画像記憶部を備え、

前記少なくとも1つのハードウェアプロセッサが、

前記撮像部で撮像された画像を前記画像記憶部に記憶させる記憶指示部と、

前記画像記憶部から前記運転者が撮像された画像を読み出す読み出し指示部と、

前記画像記憶部から読み出された前記画像中の運転者の頭部を検出する頭部検出部と、

該頭部検出部で検出された前記画像中の運転者の頭部のボケ量を検出するボケ量検出部と、

該ボケ量検出部で検出された前記ボケ量を用いて、前記運転席に着座している運転者の頭部から前記撮像部までの距離を推定する距離推定部とを備えている運転者状態推定装置
。

【0069】

(付記2)

運転席に着座している運転者を撮像可能な撮像部と、

少なくとも1つの記憶部と、

少なくとも1つのハードウェアプロセッサとを備えた装置を用い、

前記運転席に着座している運転者の状態を推定する運転者状態推定方法であって、

前記少なくとも1つのハードウェアプロセッサが、

前記撮像部で撮像された画像を前記少なくとも1つの記憶部に含まれる画像記憶部に記
50

憶させる記憶指示ステップと、

前記画像記憶部から前記運転者が撮像された画像を読み出す読み出し指示ステップと、

前記画像記憶部から読み出された前記画像中の運転者の頭部を検出する頭部検出ステップと、

該頭部検出ステップで検出された前記画像中の運転者の頭部のボケ量を検出するボケ量検出ステップと、

該ボケ量検出ステップで検出された前記ボケ量を用いて、前記運転席に着座している運転者の頭部から前記撮像部までの距離を推定する距離推定ステップとを含んでいる運転者状態推定方法。

【符号の説明】

10

【0070】

1 自動運転システム

1 0 運転者状態推定装置

1 1 単眼カメラ

1 1 a レンズ系

1 1 b 撮像素子

1 1 c 画像

1 2 C P U

1 3 R O M

1 4 R A M

20

1 5 記憶部

1 5 a 画像記憶部

1 5 b テーブル情報記憶部

1 6 I / F

1 7 通信バス

2 1 記憶指示部

2 2 読み出し指示部

2 3 頭部検出部

2 4 ボケ量検出部

2 5 距離推定部

30

2 6 運転操作可否判定部

3 0 、 3 0 A 運転者

3 1 運転席

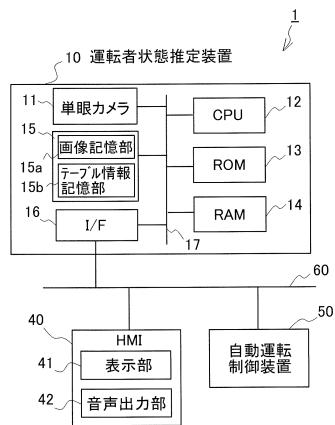
3 2 ハンドル

4 0 H M I

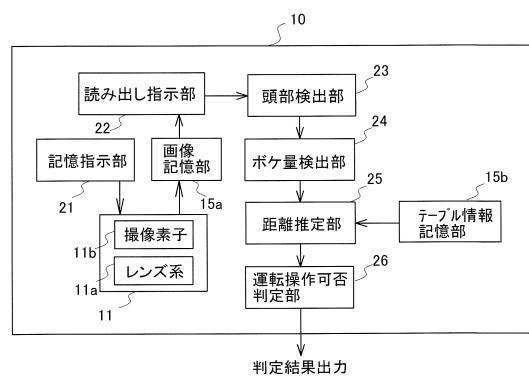
5 0 自動運転制御装置

6 0 通信バス

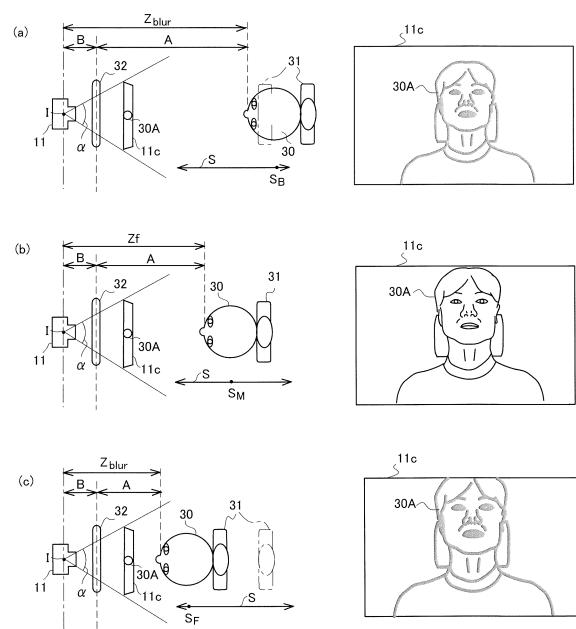
【図1】



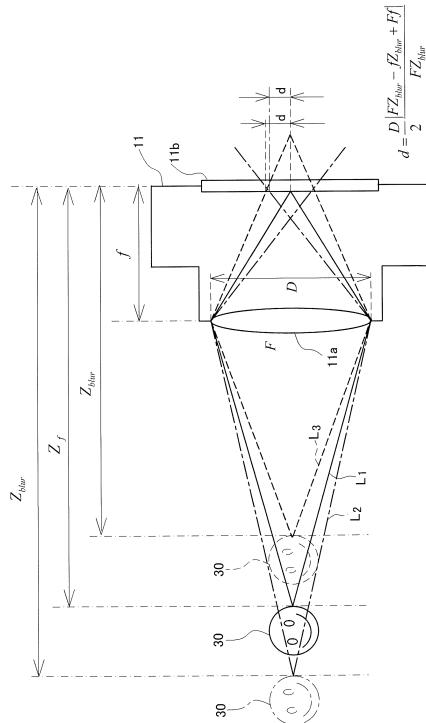
【図2】



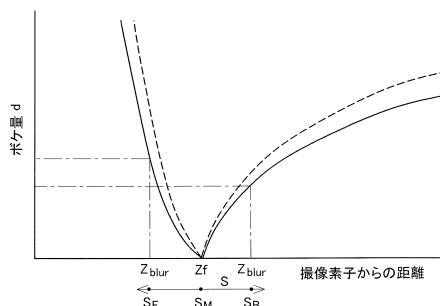
【図3】



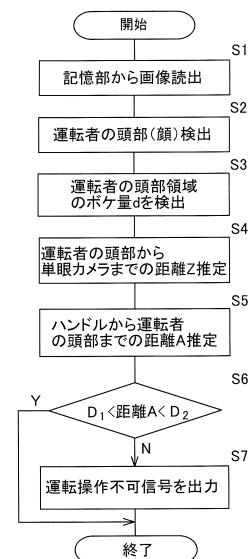
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

審査官 松浦 功

(56)参考文献 特開2016-045713(JP,A)
特開2015-194884(JP,A)
特開2016-110374(JP,A)
特表2007-518970(JP,A)
米国特許出願公開第2014/0184748(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 06 T 7 / 0 0 - 7 / 9 0
B 6 0 W 4 0 / 0 8
G 08 G 1 / 1 6
G 06 T 1 / 0 0