

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年9月20日(20.09.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/167997 A1

(51) 国際特許分類:

G06T 7/55 (2017.01) G06T 7/00 (2017.01)
B60W 40/08 (2012.01) G08G 1/16 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/027246

(22) 国際出願日: 2017年7月27日(27.07.2017)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2017-048504 2017年3月14日(14.03.2017) JP

(71) 出願人: オムロン株式会社 (OMRON CORPORATION) [JP/JP]; 〒6008530 京都府京

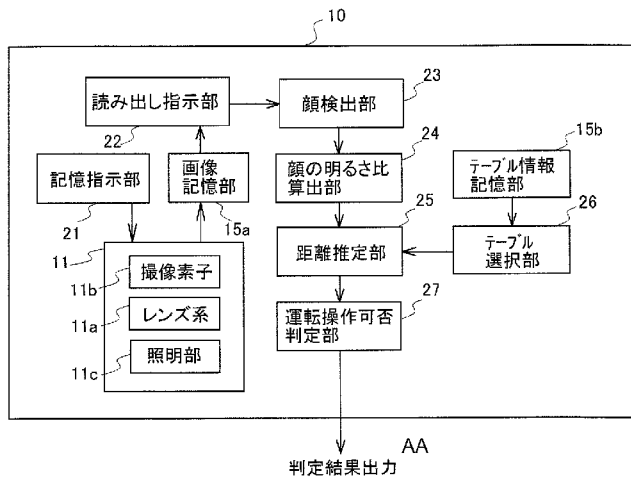
都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 日向 匡史(HYUGA Tadashi); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP).
諏訪 正樹(SUWA Masaki); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP).
木下 航一(KINOSHITA Koichi); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 井内 龍二, 外 (IUCHI Ryuji et al.); 〒5300047 大阪府大阪市北区西天満4丁

(54) Title: DRIVER STATE ESTIMATION DEVICE AND DRIVER STATE ESTIMATION METHOD

(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



- 11a Lens system
- 11b Imaging element
- 11c Illumination part
- 15a Image storage unit
- 15b Table information storage unit
- 21 Storage instruction unit
- 22 Read instruction unit
- 23 Face detection unit
- 24 Face brightness ratio calculation unit
- 25 Distance estimation unit
- 26 Table selection unit
- 27 Driving operation propriety determination unit
- AA Determination result output

(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a driver state estimation device that is able to estimate the distance to a driver's head position without detecting the center position of the face area of the driver in an image. This driver state estimation device is provided with a camera 11, an illumination part 11c, an image storage unit 15, and a CPU 12. The CPU 12 is equipped with: a storage instruction unit 21 that causes the image storage unit 15a to store a first image captured when light is applied from the illumination part 11c and a second image captured when light is not applied from the illumination part 11c; a read instruction unit 22 that reads the first image and the second image from the image storage unit 15a; a face detection unit 23 that detects a driver's face from the first image and the second image read from the image storage unit 15a; a face brightness ratio calculation unit 24 that calculates a brightness ratio between the driver's face in the first image and the driver's face in the second image; and a distance estimation unit 25 that estimates



目 1 4 番 3 号 リゾートトラスト御堂
筋ビル 1 8 階 Osaka (JP).

- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

the distance from a driver's head to the camera 11 by use of the calculated face brightness ratio.

(57) 要約: 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位置までの距離を推定することができる運転者状態推定装置を提供することを目的としており、カメラ 11、照明部 11c、画像記憶部 15、及び CPU 12 を備え、CPU 12 が、照明部 11c から光が照射されたときに撮像された第 1 の画像と照明部 11c から光が照射されていないときに撮像された第 2 の画像とを画像記憶部 15a に記憶させる記憶指示部 21 と、画像記憶部 15a から第 1 の画像と第 2 の画像とを読み出す読み出し指示部 22 と、画像記憶部 15a から読み出された第 1 の画像と第 2 の画像とから運転者の顔を検出する顔検出部 23 と、第 1 の画像中の運転者の顔と第 2 の画像中の運転者の顔との明るさ比を算出する顔の明るさ比算出部 24 と、算出された顔の明るさ比を用いて、運転者の頭部からカメラ 11 までの距離を推定する距離推定部 25 とを装備する。

明 細 書

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

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、画像上で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

発明の概要

課題を解決するための手段及びその効果

[0008] 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。

[0009] 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する撮像部と、
前記運転者の顔に光を照射する照明部と、
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、

前記照明部から光が照射されたときに前記撮像部で撮像された第 1 の画像と前記照明部から光が照射されていないときに前記撮像部で撮像された第 2 の画像とから運転者の顔を検出する顔検出部と、

該顔検出部により検出された前記第 1 の画像中の運転者の顔と前記第 2 の画像中の運転者の顔との明るさ比を算出する顔の明るさ比算出部と、

該顔の明るさ比算出部により算出された前記顔の明るさ比を用いて、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。

[0010] 上記運転者状態推定装置（1）によれば、前記第 1 の画像と前記第 2 の画像とから運転者の顔が検出され、該検出された前記第 1 の画像中の運転者の顔と前記第 2 の画像中の運転者の顔との明るさ比が算出され、該算出された前記顔の明るさ比を用いて、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なく、前記第 1 の画像中の運転者の顔と前記第 2 の画像中の運転者の顔との明るさ比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。

[0011] 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、前記顔の明るさ比と、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の相関関係を示す 1 つ以上の距離推定用テーブルを記憶するテーブル情報記憶部を備え、

前記少なくとも 1 つのハードウェアプロセッサが、

前記テーブル情報記憶部に記憶された前記 1 つ以上の距離推定用テーブルの中から、前記第 2 の画像中の運転者の顔の明るさに対応した距離推定用テーブルを選択するテーブル選択部を備え、

前記距離推定部が、

前記顔の明るさ比算出部で算出された前記顔の明るさ比と、前記テーブル

選択部により選択された前記距離推定用テーブルとを照合して、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。

[0012] 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、前記顔の明るさ比と、前記運転者の頭部から前記撮像部までの距離との相関関係を示す１つ以上の距離推定用テーブルが記憶され、前記顔の明るさ比算出部で算出された前記顔の明るさ比と、前記テーブル選択部で選択された前記距離推定用テーブルとが照合されて、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。

前記照明部から照射される光の反射強度は前記運転者の顔の明るさによって異なるが、前記運転者の顔の明るさに適した反射強度の関係を示す前記距離推定用テーブルを選択して用いることにより、前記運転者の頭部から前記撮像部までの距離の推定精度を高めることができる。しかも、前記距離推定用テーブルを用いることにより、前記距離の推定処理に負荷をかけることなく高速に処理を実行できる。

[0013] 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（２）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、

前記顔検出部で検出された前記運転者の顔の画像から該運転者の属性を判定する属性判定部を備え、

前記１つ以上の距離推定用テーブルには、前記運転者の属性に対応した距離推定用テーブルが含まれ、

前記テーブル選択部が、

前記１つ以上の距離推定用テーブルの中から、前記属性判定部で判定された前記運転者の属性に対応した距離推定用テーブルを選択するものであることを特徴としている。

[0014] 上記運転者状態推定装置（３）によれば、前記顔検出部で検出された前記運転者の顔の画像から該運転者の属性が判定され、前記１つ以上の距離推定用テーブルの中から、前記属性判定部で判定された前記運転者の属性に対応

した距離推定用テーブルが選択される。したがって、前記第2の画像中の運転者の顔の明るさだけでなく、前記運転者の属性にも対応した距離推定用テーブルを選択して用いることができ、前記距離推定部により推定される前記距離の精度を一層高めることができる。

[0015] 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（3）において、前記運転者の属性には、人種、性別、化粧の有無、及び年齢のうちの少なくとも1つが含まれていることを特徴としている。

[0016] 上記運転者状態推定装置（4）によれば、前記運転者の属性には、人種、性別、化粧の有無、及び年齢のうちの少なくとも1つが含まれているので、前記運転者の多様な属性に応じた前記距離推定用テーブルを用意して選択可能とすることで、前記距離推定部により推定される前記距離の精度を一層高めることができる。

[0017] 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（2）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、
車外の照度を検出する照度検出部から照度データを取得する照度データ取得部を備え、
前記テーブル選択部が、
前記照度データ取得部により取得した照度データを考慮して、前記第2の画像中の運転者の顔の明るさに対応した距離推定用テーブルを選択するものであることを特徴としている。

[0018] 車載環境では、太陽からの光の照射方向やトンネルの出入り口などの道路状況によって、運転者の顔の明るさと周囲の明るさとが極端に異なる状況が発生し得る。このような場合、前記第2の画像中の運転者の顔の明るさが影響を受ける。

上記運転者状態推定装置（5）によれば、前記照度データ取得部で取得した照度データを考慮して、前記第2の画像中の運転者の顔の明るさに対応した距離推定用テーブルが選択される。したがって、前記第2の画像を撮像したときの車外の照度が考慮された適切な距離推定用テーブルを選択すること

ができ、前記距離推定部により推定される前記距離の精度のバラツキを抑制できる。

[0019] また本発明に係る運転者状態推定装置（６）は、上記運転者状態推定装置（１）～（５）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。

[0020] 上記運転者状態推定装置（６）によれば、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。

[0021] 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する撮像部と、前記運転者の顔に光を照射する照明部と、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、

前記照明部から前記運転者の顔に光が照射されたときに前記撮像部で撮像された第１の画像と前記照明部から前記運転者の顔に光が照射されていないときに前記撮像部で撮像された第２の画像とから運転者の顔を検出する顔検出ステップと、

該顔検出ステップにより検出された前記第１の画像中の運転者の顔と前記第２の画像中の運転者の顔との明るさ比を算出する顔の明るさ比算出ステップと、

該顔の明るさ比算出ステップにより算出された前記顔の明るさ比を用いて、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。

[0022] 上記運転者状態推定方法によれば、前記第１の画像と前記第２の画像とか

ら運転者の顔を検出し、該検出した前記第 1 の画像中の運転者の顔と前記第 2 の画像中の運転者の顔との明るさ比を求め、該顔の明るさ比を用いて、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、前記第 1 の画像中の運転者の顔と前記第 2 の画像中の運転者の顔との明るさ比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。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の実施の形態（1）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（1）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]（a）は単眼カメラの設置例を示す車室内平面図、（b）は単眼カメラで撮像される画像例を示すイラスト図、（c）は単眼カメラの撮像タイミングと照明部のオン・オフの切替タイミングの一例を示すタイミングチャートである。

[図4]（a）はテーブル情報記憶部に記憶されている距離推定用テーブルの一例を示す図であり、（b）は距離推定用テーブルの種類を説明するためのグラフ図である。

[図5]実施の形態（1）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。

[図6]実施の形態（2）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7]属性判定部で判定する運転者の属性と、テーブル情報記憶部に記憶される距離推定用テーブルとを説明するための図である。

[図8]実施の形態（2）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。

[図9]実施の形態（3）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。

発明を実施するための形態

[0024] 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。

[0025] 図1は、実施の形態(1)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(1)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。

[0026] 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。

[0027] 運転者状態推定装置10は、照明部11cから光が照射されたときに撮像された第1の画像(以下、照明オンの画像ともいう)と照明部11cから光が照射されていないときに撮像された第2の画像(以下、照明オフの画像ともいう)とに写された運転者の顔の明るさの比を算出し、算出した顔の明るさ比を用いて、単眼カメラ11から運転者の頭部までの距離を推定する処理、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。

[0028] 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。

[0029] 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）に撮像可能なカメラであり、撮像部を構成する 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、及び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）と、運転者の顔に向けて光、例えば近赤外光を照射する 1 つ以上の近赤外発光素子などから構成される照明部 11c とを含んで構成されている。単眼カメラ 11 に、可視光をカットするフィルタや、近赤外域のみを通過させるバンドパスフィルタなどを設けてもよい。

[0030] また、撮像素子 11b には、可視光域と赤外域の双方に顔撮影に必要な感度を有したものを使用してもよい。そうすれば可視光と赤外光との双方による顔撮影が可能となる。なお、照明部 11c の光源として、赤外光光源だけでなく可視光光源を使用するようにしてもよい。

[0031] CPU 12 は、ハードウェアプロセッサであり、ROM 13 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。CPU 12 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。

[0032] ROM 13 には、図 2 に示す記憶指示部 21、読み出し指示部 22、顔検出部 23、顔の明るさ比算出部 24、距離推定部 25、テーブル選択部 26、及び運転操作可否判定部 27 としての処理を、CPU 12 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、CPU 12 で実行される前記プログラムの全部又は一部を ROM 13 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。

RAM 14 には、CPU 12 で実行される各種処理に必要なデータや ROM 13 から読み出したプログラムなどが一時記憶される。

[0033] 記憶部 15 は、画像記憶部 15a とテーブル情報記憶部 15b とを含んでいる。画像記憶部 15a には、単眼カメラ 11 で撮像された画像（照明オンの画像及び照明オフの画像）データが記憶される。テーブル情報記憶部 15

bには、照明オンの画像中の運転者の顔と照明オフの画像中の運転者の顔との明るさ比（顔の明るさ比）と、運転席に着座している運転者の頭部から単眼カメラ11までの距離との相関関係を示す1つ以上の距離推定用テーブルが記憶されている。

[0034] 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が記憶されている。また、単眼カメラ11の取付位置情報も記憶できるようにしてもよい。単眼カメラ11の取付位置情報は、例えば、単眼カメラ11の設定メニューをHMI40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にすればよい。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。入出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。

[0035] HMI40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。HMI40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。

[0036] 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。

[0037] 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、図4を用いて、運転者状態推定装置10が行う運転者の頭部までの距離の推定方法について説明する。

図3 (a) は、単眼カメラ11の設置例を示す車室内平面図、(b) は、単眼カメラ11で撮像される画像例を示すイラスト図、(c) は、単眼カメラ11の撮像タイミングと照明部11cのオン・オフの切替タイミングの一例を示すタイミングチャートである。

また、図4 (a) は、テーブル情報記憶部15bに記憶されている距離推定用テーブルの一例を示す図であり、(b) は、距離推定用テーブルの種類を説明するためのグラフ図である。

[0038] 図3 (a) 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11d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。

[0039] 図3 (a) 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A、ハンドル32から運転者30までの距離をB、ハンドル32から単眼カメラ11までの距離をC、単眼カメラ11の画角を α 、撮像面の中心をIで示している。図3 (b) は、運転席31を座面の可動範囲Sの略中間にセットしたときに撮像された運転者30Aの画像例を示している。

[0040] 図3 (c) は、単眼カメラ11の撮像素子11bへの撮像（露光）タイミングと、照明部11cのオン・オフの切替タイミングの一例を示すタイミングチャートである。図3 (c) に示す例では、照明部11cによる照明のオンとオフが、撮像タイミング（フレーム）毎に切り替えられ、照明オンの画像と照明オフの画像とが交互に撮像されているが、照明のオン・オフの切替タイミングは、この形態に限定されるものではない。

[0041] 図4 (a) はテーブル情報記憶部15bに記憶されている距離推定用テーブルの一例を示す図であり、(b) は距離推定用テーブルの種類を説明する

ためのグラフ図である。

図4 (a) に示す距離推定用テーブルは、照明オンの画像中の運転者の顔と照明オフの画像中の運転者の顔との明るさ比（輝度比）と、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までの距離との相関関係を示している。

[0042] 照明部11cから照射される光の反射特性は、運転者の顔での反射率によって変化する。テーブル情報記憶部15bには、照明オフの画像中の運転者の顔の明るさのレベルの違いに対応した1つ以上の距離推定用テーブルが含まれている。

[0043] 一般的に反射光の強さは、距離の2乗に反比例するという性質（ $I = k / D^2$ 、 I ：反射光の強さ、 k ：物体の反射係数、 D ：物体との距離）を有している。この性質を利用すれば、反射光によって構成される反射光画像を用いることで、運転者までの距離を推定することが可能である。しかしながら、反射光の強さは、運転者までの距離以外に、運転者の顔の色（反射係数）の違いや運転者の肌特性（反射特性）の違いなどにより影響を受ける。したがって、反射光画像における反射光の強さを参照しただけでは、運転者との距離を正確に推定することが難しい。

[0044] そこで、本実施の形態では、予め実測データを用いた学習処理等により、人の顔の明るさの違いに対応した1つ以上の距離推定用テーブルを作成し、該作成した1つ以上の距離推定用テーブルをテーブル情報記憶部15bに記憶しておき、距離推定処理に利用する構成となっている。運転者によって異なる顔の色（反射係数）や肌特性（反射特性）に対応した距離推定用テーブルを用いることで、運転者までの距離の推定精度を高めることが可能となっている。

[0045] 距離推定用テーブルの作成にあたっては、人の顔（肌）の反射率の多様性を考慮して、顔（肌）の反射率が異なる人をサンプリングモデルに選定する。そして、車両の運転席と同様の環境下で、単眼カメラ11から頭部までの距離を例えば、20、40、60、80、100cmに設定し、各距離にお

いて照明がオン・オフされた時に撮像された画像を取得する。取得した照明オンの画像と照明オフの画像中での顔（顔領域）の明るさ（輝度）をそれぞれ検出した後、輝度比を算出する。これらデータを用いて、照明オフ時に撮像された画像中の顔の明るさ別に距離推定用テーブルを作成する。

[0046] 図4（b）において、一点鎖線で示すグラフは、照明オフの画像中で顔の明るさレベルが高い場合の相関関係の一例を示し、破線で示すグラフは、照明オフの画像中で顔の明るさレベルが低い場合の相関関係の一例を示している。

[0047] 照明オフの画像中の顔の明るさレベルが高くなると、照明オン時に顔からの光の反射率も高くなる一方、照明オフの画像中の顔の明るさレベルが低くなると、照明オン時に顔からの光の反射率も低くなる。照明オフの画像中の運転者の顔の明るさ（換言すれば、運転者の顔からの光の反射率）に対応した距離推定用テーブルを選択して用いることで、単眼カメラ11から運転者30の頭部までの距離Aを推定する精度を高めることが可能となっている。

[0048] 次に、実施の形態（1）に係る運転者状態推定装置10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。

運転者状態推定装置10は、ROM13に記憶された各種のプログラムがRAM14に読み出され、CPU12で実行されることによって、記憶指示部21、読み出し指示部22、顔検出部23、顔の明るさ比算出部24、距離推定部25、テーブル選択部26、及び運転操作可否判定部27としての処理を行う装置として成立する。顔検出部23、顔の明るさ比算出部24、距離推定部25、及び運転操作可否判定部27は、それぞれが専用のチップで構成されていてもよい。

[0049] 記憶指示部21は、単眼カメラ11で撮像された運転者30Aの顔を含む画像（照明オン画像及び照明オフ画像）データを記憶部15の一部である画像記憶部15aに記憶させる処理を行う。読み出し指示部22は画像記憶部15aから運転者30Aが撮像された画像（照明オン画像と照明オフ画像）を読み出す処理を行う。

[0050] 顔検出部 23 は、画像記憶部 15a から読み出された画像（照明オン画像と照明オフ画像）から運転者 30A の顔を検出する処理を行う。画像から顔を検出する手法は特に限定されず、公知の顔検出技術を用いることができる。

例えば、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、又は顔の器官（目、鼻、口、眉など）に基づくテンプレートマッチングなどによって顔を検出するように構成してもよい。また、肌の色や明るさに近い領域を検出し、その領域を顔として検出するように構成してもよい。また、高速で高精度に顔を検出する手法として、例えば、顔の局所的な領域の明暗差（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）の検出器を用いる画像処理方法により、顔の領域検出を行うように構成してもよい。また、顔の向きや傾きに対応するために、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もよい。

[0051] 顔の明るさ比算出部 24 は、顔検出部 23 により検出された照明オンの画像中の運転者の顔の明るさと、照明オフの画像中の運転者の顔の明るさとを検出し、照明オンの画像中の運転者の顔の明るさと照明オフの画像中の運転者の顔の明るさとの比（顔の明るさ比：照明オン時／照明オフ時）を求める処理を行う。例えば、顔の明るさとして、画像中の顔の肌領域の輝度（例えば、平均輝度）を求めるようになっている。

[0052] 距離推定部 25 は、顔の明るさ比算出部 24 により求められた顔の明るさ比を用いて、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 A（奥行きに関する情報）を推定する処理を行う。

距離 A を推定する処理には、テーブル選択部 26 により選択された距離推定用テーブルを使用する。テーブル選択部 26 は、テーブル情報記憶部 15b に記憶されている 1 つ以上の距離推定用テーブルの中から、照明オフの画

像中の運転者の顔の明るさに対応した距離推定用テーブルを選択する。

すなわち、距離推定部 25 は、顔の明るさ比算出部 24 で算出された顔の明るさ比と、テーブル選択部 26 により選択された距離推定用テーブルとを照合して、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 A を推定する処理を行う。

[0053] 運転操作可否判定部 27 は、距離推定部 25 で推定された距離 A を用いて、運転者 30 が運転操作可能な状態であるか否か、例えば、ROM 13 又は記憶部 15 に記憶された、ハンドルに手が届く範囲を RAM 14 に読み出し、比較演算を行うことにより、運転者 30 がハンドル 32 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 40 や自動運転制御装置 50 へ出力する。また、距離 A から距離 C（ハンドル 32 から単眼カメラ 11 までの距離）を引き、距離 B（ハンドル 32 から運転者 30 までの距離）を求めて、上記判定を行うようにしてもよい。なお、距離 C の情報は、記憶部 15 に、単眼カメラ 11 の取付位置情報として登録すればよい。

[0054] 図 5 は、実施の形態（1）に係る運転者状態推定装置 10 における CPU 12 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 11 では、例えば、毎秒 30～60 フレームの画像が撮像され、各フレームの撮像タイミングに合わせて照明部 11c のオンとオフが切り替えられる。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。

[0055] まず、ステップ S1 では、単眼カメラ 11 で撮像された、照明オンの画像と照明オフの画像とを画像記憶部 15a から読み出し、次のステップ S2 では、読み出された照明オンの画像及び照明オフの画像から運転者 30A の顔を検出する処理を行う。

[0056] ステップ S3 では、照明オフの画像中の運転者 30A の顔領域の明るさを検出する処理を行う。顔領域の明るさとして、例えば、顔の肌領域又は顔器官の輝度を検出すればよい。

次のステップ S4 では、テーブル情報記憶部 15b に記憶されている 1 つ以上の距離推定用テーブルの中から、ステップ S3 で検出された照明オフの

画像中の運転者 30A の顔の明るさに対応する距離推定用テーブルを選択する処理を行う。

- [0057] ステップ S 5 では、照明オンの画像中の運転者 30A の顔の明るさを検出する処理を行う。顔領域の明るさとして、例えば、顔の肌領域又は顔器官の輝度を検出すればよい。

次のステップ S 6 では、照明オンの画像中の運転者 30A の顔の明るさと照明オフの画像中の運転者 30A の顔の明るさとの比（顔の明るさ比）を算出する処理を行う。

- [0058] ステップ S 7 では、ステップ S 6 で算出された顔の明るさ比を、ステップ S 4 で選択された距離推定用テーブルに当てはめて、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 A を抽出する処理（距離推定処理）を行う。

次のステップ S 8 では、ステップ S 7 で推定した距離 A から距離 C（ハンドル 32 から単眼カメラ 11 までの距離）を引いて距離 B（ハンドル 32 から運転者 30 までの距離）を求める処理を行う。

- [0059] ステップ S 9 では、RAM 13 又は記憶部 15 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 B が、適切なハンドル操作が可能な範囲内（距離 $E_1 < \text{距離 } B < \text{距離 } E_2$ ）であるかを判定する。距離 E_1 から距離 E_2 の距離範囲は、運転者 30 が運転席 31 に着座した状態で、ハンドル 32 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 cm、距離 E_2 は 80 cm 程度の値に設定することができる。

- [0060] ステップ S 9 において、距離 B 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 B 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 10 に進む。

- [0061] ステップ S 10 では、HMI 40 や自動運転制御装置 50 に運転操作不可信号を出力し、その後処理を終える。HMI 40 では、運転操作不可信号を入力した場合、例えば、表示部 41 に運転姿勢や座席位置を警告する表示や

、音声出力部 42 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 50 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。

[0062] 上記実施の形態（１）に係る運転者状態推定装置 10 によれば、照明オンの画像と照明オフの画像とから運転者 30A の顔が検出され、該検出された照明オンの画像中の運転者 30A の顔と照明オフの画像中の運転者 30A の顔との明るさ比が算出され、算出された顔の明るさ比と、テーブル選択部 26 で選択された距離推定用テーブルとが照合されて、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 A が推定される。したがって、画像中の顔領域の中心位置を求めることなく、照明オンの画像中の運転者の顔と照明オフの画像中の運転者の顔との明るさ比から距離 A 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 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、CPU 12 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。

[0063] また、運転者の顔の明るさ（反射特性）に対応した距離推定用テーブルを選択して用いることにより、運転者 30 の頭部から単眼カメラ 11 までの距離の推定精度を高めることができる。また、予め記憶されている距離推定用テーブルを用いることにより、距離 A の推定処理に負荷をかけることなく高速に処理を実行できる。

また、距離推定部 25 で推定された距離 A を用いて算出した距離 B に基づいて、運転席 31 に着座している運転者 30 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、運転者の監視を適切に行うことができる。

[0064] 次に実施の形態（２）に係る運転者状態推定装置 10A について説明する。但し実施の形態（２）に係る運転者状態推定装置 10A の構成については、CPU 12A、ROM 13A、及び記憶部 15A を除いて図 1 に示した運

転者状態推定装置 10 と略同様であるため、異なる構成の CPU 12 A、ROM 13 A、及び記憶部 15 A のテーブル情報記憶部 15 c には異なる符号を付し、その他の構成部品の説明をここでは省略する。

[0065] 実施の形態（１）に係る運転者状態推定装置 10 では、テーブル情報記憶部 15 b に、運転者の顔の明るさのレベルに応じた 1 つ以上の距離推定用テーブルが記憶されており、テーブル選択部 26 が、照明オフの画像中の運転者 30 A の顔の明るさに対応する距離推定用テーブルを選択するように構成されている。

実施の形態（２）に係る運転者状態推定装置 10 A では、テーブル情報記憶部 15 c に、運転者の属性に対応した 1 つ以上の距離推定用テーブルが記憶されており、テーブル選択部 26 A が、運転者の属性と照明オフの画像中の運転者 30 A の顔の明るさに対応する距離推定用テーブルを選択するように構成されている。

[0066] 次に、実施の形態（２）に係る運転者状態推定装置 10 A の具体的構成について図 6 に示したブロック図に基づいて説明する。但し、図 2 に示した運転者状態推定装置 10 と略同様の構成部分については、同一符号を付し、その説明を省略する。

[0067] 運転者状態推定装置 10 A は、ROM 13 A に記憶された各種のプログラムが RAM 14 に読み出され、CPU 12 A で実行されることによって、記憶指示部 21、読み出し指示部 22、顔検出部 23、顔の明るさ比算出部 24、距離推定部 25、テーブル選択部 26 A、運転操作可否判定部 27、及び属性判定部 28 としての処理を行う装置として成立する。顔検出部 23、顔の明るさ比算出部 24、距離推定部 25、運転操作可否判定部 27、及び属性判定部 28 は、それぞれが専用のチップで構成されていてもよい。

[0068] 属性判定部 28 は、顔検出部 23 で検出された運転者 30 A の顔の画像から運転者の属性を判定する処理を行う。

テーブル情報記憶部 15 c には、運転者の属性に対応した 1 つ以上の距離推定用テーブルが記憶されている。

[0069] 属性判定部28で判定される運転者の属性と、テーブル情報記憶部15cに記憶される距離推定用テーブルの内容について図7を参照して説明する。

属性判定部28で判定される運転者の属性には、人種（例えば、モンゴロイド、コーカソイド、又はネグロイド）、性別（男性、又は女性）、顔付着物（例えば、化粧の有無）、年齢層（例えば、30歳未満、30～50歳未満、50～70歳未満、70歳以上）が含まれている。なお、運転者の属性には、人種、性別、化粧の有無、及び年齢のうちの少なくとも1つが含まれるようにしてもよい。

[0070] テーブル情報記憶部15cに記憶されている1つ以上距離推定用テーブルには、運転者の属性に対応する距離推定用テーブルが含まれている。

すなわち、図7に示すように、人種がモンゴロイドの場合、男性で4つのテーブル、女性で8つのテーブルを含んでいる。人種がコーカソイド、ネグロイドの場合も同様に、男性で4つのテーブル、女性で8つのテーブルを含んでいる。

[0071] 属性判定部28は、運転者の人種を判定する人種判定部、運転者の性別を判定する性別判定部、運転者の化粧の有無を判定する化粧有無判定部、及び運転者の年齢層を判定する年齢層判定部としての処理を行う。

また、属性判定部28は、顔の器官（例えば、目、鼻、口、耳、眉、顎、額の1つ以上）を検出する顔器官検出部と、該顔器官検出部で検出された各器官に設定した特徴点における特徴量（濃淡変化のエッジ方向や強さの情報を含むHaar-like特徴など）を抽出する特徴量抽出部としての処理を行う。上記した顔器官検出部、特徴量抽出部、人種判定部、性別判定部、化粧有無判定部、年齢層判定部には、公知の画像処理技術を適用できる。

[0072] 例えば、人種判定部は、予め人種（モンゴロイド、コーカソイド、ネグロイド）別の画像データ群を用いた学習処理が完了している人種パターン認識用の識別器を備え、該識別器に対して、運転者の顔画像から抽出された各特徴点の特徴量を入力し、推定演算を行うことにより、運転者の人種を判定する。

[0073] 性別判定部は、予め各人種の性別（男性、女性）毎の画像データ群を用いた学習処理が完了している性別パターン認識用の識別器を備え、該識別器に対して、運転者の顔画像から抽出された各特徴点の特徴量を入力し、推定演算を行うことにより、運転者の性別を判定する。

[0074] 化粧有無判定部は、予め各人種の女性毎の化粧有無の画像データ群を用いた学習処理が完了している化粧有無パターン認識用の識別器を備え、該識別器に対して、運転者の顔画像から抽出された各特徴点の特徴量を入力し、推定演算を行うことにより、運転者（女性）の化粧の有無を判定する。

[0075] 年齢層判定部は、予め各人種の性別毎の年齢層の画像データ群を用いた学習処理が完了している年齢層パターン認識用の識別器を備え、該識別器に対して、運転者の顔画像から抽出された各特徴点の特徴量を入力し、推定演算を行うことにより、運転者の年齢層を判定する。

[0076] 属性判定部 28 で判定された運転者の属性情報がテーブル選択部 26 A に与えられる。

テーブル選択部 26 A は、テーブル情報記憶部 15 c に記憶されている 1 つ以上の距離推定用テーブルの中から、属性判定部 28 で判定された運転者の属性と、照明オフの画像中の運転者 30 A の顔の明るさに対応した距離推定用テーブルを選択する処理を行う。

[0077] 距離推定部 25 は、顔の明るさ比算出部 24 で算出された顔の明るさ比と、テーブル選択部 26 A により選択された距離推定用テーブルとを照合して、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 A を推定する処理を行う。

[0078] 図 8 は、実施の形態（2）に係る運転者状態推定装置 10 A における CPU 12 A の行う処理動作を示したフローチャートである。なお、図 5 に示したフローチャートの処理と同一の処理については、同一ステップ番号を付し、その説明を省略する。

[0079] まず、ステップ S1 では、単眼カメラ 11 で撮像された、照明オンの画像と照明オフの画像とを画像記憶部 15 a から読み出し、ステップ S2 では、

読み出された照明オンの画像及び照明オフの画像から運転者 30A の顔（顔領域）を検出する処理を行い、その後ステップ S 21 に進む。

[0080] ステップ S 21 では、運転者の属性を判定するために、ステップ S 2 で検出された運転者 30A の顔の画像解析処理を行う。すなわち、顔の器官を検出する処理、各器官に設定された特徴点における特徴量を抽出する処理などにより、顔の各器官の位置、骨格形状、しわ、たるみ、肌の色などを推定演算する。

[0081] ステップ S 22 では、ステップ S 21 で解析された運転者 30A の顔画像から抽出された各特徴点の特徴量を、人種パターン認識用の識別器を入力し、推定演算を行うことにより、運転者の人種を判定する処理を行い、人種判定後、ステップ S 23 に進む。

[0082] ステップ S 23 では、ステップ S 21 で解析された運転者 30A の顔画像から抽出された各特徴点の特徴量を、性別パターン認識用の識別器を入力し、推定演算を行うことにより、運転者の性別（男性又は女性）を判定する処理を行い、性別判定後、ステップ S 24 に進む。

[0083] ステップ S 24 では、ステップ S 21 で解析された運転者 30A の顔画像から抽出された各特徴点の特徴量を、化粧有無パターン認識用の識別器を入力し、推定演算を行うことにより、運転者の顔に化粧がされているか否か（化粧の有無）を判定する処理を行い、化粧の有無の判定後、ステップ S 25 に進む。

[0084] ステップ S 25 では、ステップ S 21 で解析された運転者 30A の顔画像から抽出された各特徴点の特徴量を、年齢層パターン認識用の識別器を入力し、推定演算を行うことにより、運転者の年齢層を判定する処理を行い、年齢層の判定後、ステップ S 3 に進む。

[0085] ステップ S 3 では、照明オフの画像中の運転者 30A の顔の明るさを検出する処理を行い、その後ステップ S 26 に進む。

ステップ S 26 では、ステップ S 22 ～ S 25 の処理で判定された運転者の属性とステップ S 3 で検出された運転者 30A の顔の明るさとに基づいて

、テーブル情報記憶部 15c から対応する距離推定用テーブルを選択する処理を行い、その後 S5 以降の処理を行う。

[0086] 上記実施の形態（２）に係る運転者状態推定装置 10A によれば、顔検出部 23 で検出された運転者 30A の顔の画像から運転者の属性が判定され、１つ以上の距離推定用テーブルの中から、属性判定部 28 で判定された運転者の属性に対応した距離推定用テーブルが選択される。したがって、照明オフの画像中の運転者 30A の顔の明るさだけでなく、運転者の属性にも対応した距離推定用テーブルを選択して用いることができ、距離推定部 25 により推定される距離 A の精度を一層高めることができる。

また、運転者の属性には、人種、性別、化粧の有無、及び年齢のうちの少なくとも１つが含まれているので、運転者の多様な属性に応じた距離推定用テーブルを用意して選択可能とすることで、距離推定部 25 により推定される距離 A の精度を一層高めることができる。

[0087] 次に実施の形態（３）に係る運転者状態推定装置 10B について説明する。但し実施の形態（３）に係る運転者状態推定装置 10B の構成については、CPU 12B と ROM 13B とを除いて図 1 に示した運転者状態推定装置 10 と同様であるため、異なる構成の CPU 12B と ROM 13B とには異なる符号を付し、その他の構成部品の説明をここでは省略する。

[0088] 図 9 は、実施の形態（３）に係る運転者状態推定装置 10B の構成を示すブロック図である。但し、図 2 に示した運転者状態推定装置 10 と略同様の構成部分については、同一符号を付し、その説明を省略する。

[0089] 運転者状態推定装置 10B は、ROM 13B に記憶された各種のプログラムが RAM 14 に読み出され、CPU 12B で実行されることによって、記憶指示部 21、読み出し指示部 22、顔検出部 23、顔の明るさ比算出部 24、距離推定部 25、テーブル選択部 26B、運転操作可否判定部 27、及び照度データ取得部 29 としての処理を行う装置として成立する。

[0090] 実施の形態（３）に係る運転者状態推定装置 10B が実施の形態（１）に係る運転者状態推定装置 10 と相違する主な点は、CPU 12B が、車外の

照度を検出する照度センサ 51 から照度データを取得する照度データ取得部 29 を備え、テーブル選択部 26 B が、照度データ取得部 29 で取得した照度データを考慮して、照明オフの画像中の運転者の顔の明るさに対応した距離推定用テーブルを選択する点にある。

[0091] 照度センサ 51 は、車両（車体や車室内）に設置された車外の照度を検出するセンサであり、例えば、フォトダイオードなどの受光素子、受光した光を電流に変換する素子などを含んで構成されている。照度データ取得部 29 が、通信バス 60 を介して照度センサ 51 で検出された照度データを取得するようになっている。

[0092] 車載環境では、太陽からの光の照射方向やトンネルの出入り口などの道路状況によって、運転者の顔の明るさと周囲の明るさとが極端に異なる状況が発生し得る。このような場合、照明オフの画像中の運転者の顔の明るさが影響を受ける。例えば、西日に照らされた場合は、運転者の顔が明るく写る一方、トンネルに入った場合は、運転者の顔が暗く写る。

[0093] 実施の形態（3）に係る運転者状態推定装置 10 B では、図 5 のステップ S3 において、照度データ取得部 29 で取得した照度データを、運転者の顔の明るさの変化パラメータとして使用して、照明オフの画像中の運転者の顔領域の明るさを検出し、その後ステップ S4 に進み、照明オフ画像中の運転者の顔の明るさに対応した距離推定用テーブルを選択する処理を行う。

例えば、取得した照度データの値に応じて、照明オフ画像中の運転者の顔の明るさの値を補正し、該補正した運転者の顔の明るさに対応する距離推定用テーブルを選択する。

具体的には、照度データの値が基準範囲より高い（明るい）場合は、照明オフの画像中の運転者の顔の明るさの値を小さくする補正を行い、照度データの値が、基準範囲より低い（暗い）場合は、運転者の顔の明るさの値を大きくする補正を行い、該補正した運転者の顔の明るさに対応する距離推定用テーブルを選択する。

上記実施の形態（3）に係る運転者状態推定装置 10 B によれば、照明オ

フの画像を撮像したときの車外の照度が考慮された適切な距離推定用テーブルを選択することができ、距離推定部 25 により推定される距離 A の精度のバラツキを抑制できる。また、上記実施の形態 (2) に係る運転者状態推定装置 10A に照度データ取得部 29 を装備させることにより、同様の効果を得ることができる。

[0094] 上記実施の形態 (1) ~ (3) に係る運転者状態推定装置 10、10A、10B が自動運転システム 1、1A、1B に搭載されることにより、運転者 30 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、1A、1B の安全性を高めることができる。

[0095] (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する撮像部と、

前記運転者の顔に光を照射する照明部と、

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、

前記照明部から光が照射されたときに前記撮像部で撮像された第 1 の画像と前記照明部から光が照射されていないときに前記撮像部で撮像された第 2 の画像と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第 1 の画像と前記第 2 の画像と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第 1 の画像と前記第 2 の画像とから運転者の顔を検出する顔検出部と、

該顔検出部により検出された前記第 1 の画像中の運転者の顔と前記第 2 の

画像中の運転者の顔との明るさ比を算出する顔の明るさ比算出部と、

該顔の明るさ比算出部により算出された前記顔の明るさ比を用いて、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。

[0096] (付記 2)

運転席に着座している運転者を撮像する撮像部と、

前記運転者の顔に光を照射する照明部と、

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、

前記照明部から前記運転者の顔に光が照射されたときに前記撮像部で撮像された第 1 の画像と前記照明部から前記運転者の顔に光が照射されていないときに前記撮像部で撮像された第 2 の画像とを前記画像記憶部に記憶させる記憶指示ステップと、

前記画像記憶部から前記第 1 の画像と前記第 2 の画像と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第 1 の画像と前記第 2 の画像とから運転者の顔を検出する顔検出ステップと、

該顔検出ステップにより検出された前記第 1 の画像中の運転者の顔と前記第 2 の画像中の運転者の顔との明るさ比を算出する顔の明るさ比算出ステップと、

該顔の明るさ比算出ステップにより算出された前記顔の明るさ比を用いて、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。

産業上の利用可能性

[0097] 本発明は、運転者の状態を監視する必要がある自動運転システムなど、主に自動車産業の分野において広く利用することができる。

符号の説明

[0098] 1、1 A、1 B 自動運転システム
1 0、1 0 A、1 0 B 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 照明部
1 1 d 画像
1 2、1 2 A、1 2 B CPU
1 3、1 3 A、1 3 B ROM
1 4 RAM
1 5、1 5 A 記憶部
1 5 a 画像記憶部
1 5 b、1 5 c 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 顔検出部
2 4 顔の明るさ比算出部
2 5 距離推定部
2 6 テーブル選択部
2 7 運転操作可否判定部
2 8 属性判定部
2 9 照度データ取得部

30、30A 運転者

31 運転席

32 ハンドル

40 HMI

50 自動運転制御装置

51 照度センサ

60 通信バス

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って、
- 運転席に着座している運転者を撮像する撮像部と、
- 前記運転者の顔に光を照射する照明部と、
- 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、
- 前記照明部から光が照射されたときに前記撮像部で撮像された第1の画像と前記照明部から光が照射されていないときに前記撮像部で撮像された第2の画像とから運転者の顔を検出する顔検出部と、
- 該顔検出部により検出された前記第1の画像中の運転者の顔と前記第2の画像中の運転者の顔との明るさ比を算出する顔の明るさ比算出部と、
- 該顔の明るさ比算出部により算出された前記顔の明るさ比を用いて、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する運転者状態推定装置。
- [請求項2] 前記顔の明るさ比と、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の相関関係を示す1つ以上の距離推定用テーブルを記憶するテーブル情報記憶部を備え、
- 前記少なくとも1つのハードウェアプロセッサが、
- 前記テーブル情報記憶部に記憶された前記1つ以上の距離推定用テーブルの中から、前記第2の画像中の運転者の顔の明るさに対応した距離推定用テーブルを選択するテーブル選択部を備え、
- 前記距離推定部が、
- 前記顔の明るさ比算出部で算出された前記顔の明るさ比と、前記テーブル選択部により選択された前記距離推定用テーブルとを照合して、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、
 前記顔検出部で検出された前記運転者の顔の画像から該運転者の属性を判定する属性判定部を備え、
 前記 1 つ以上の距離推定用テーブルには、前記運転者の属性に対応した距離推定用テーブルが含まれ、
 前記テーブル選択部が、
 前記 1 つ以上の距離推定用テーブルの中から、前記属性判定部で判定された前記運転者の属性に対応した距離推定用テーブルを選択するものであることを特徴とする請求項 2 記載の運転者状態推定装置。

[請求項4] 前記運転者の属性には、人種、性別、化粧の有無、及び年齢のうちの少なくとも 1 つが含まれていることを特徴とする請求項 3 記載の運転者状態推定装置。

[請求項5] 前記少なくとも 1 つのハードウェアプロセッサが、
 車外の照度を検出する照度検出部から照度データを取得する照度データ取得部を備え、
 前記テーブル選択部が、
 前記照度データ取得部により取得した照度データを考慮して、前記第 2 の画像中の運転者の顔の明るさに対応した距離推定用テーブルを選択するものであることを特徴とする請求項 2 記載の運転者状態推定装置。

[請求項6] 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 ～ 5 のいずれかの項に記載の運転者状態推定装置。

[請求項7] 運転席に着座している運転者を撮像する撮像部と、

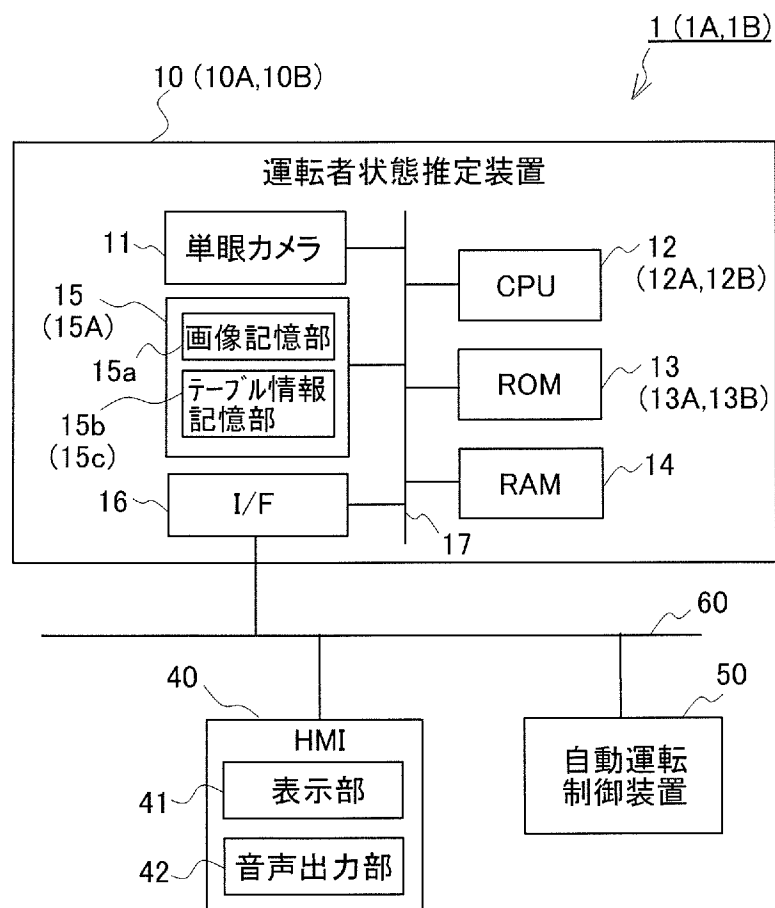
前記運転者の顔に光を照射する照明部と、
少なくとも1つのハードウェアプロセッサとを備えた装置を用い、
前記運転席に着座している運転者の状態を推定する運転者状態推定方法であって、

前記少なくとも1つのハードウェアプロセッサが、
前記照明部から前記運転者の顔に光が照射されたときに前記撮像部で撮像された第1の画像と前記照明部から前記運転者の顔に光が照射されていないときに前記撮像部で撮像された第2の画像とから運転者の顔を検出する顔検出ステップと、

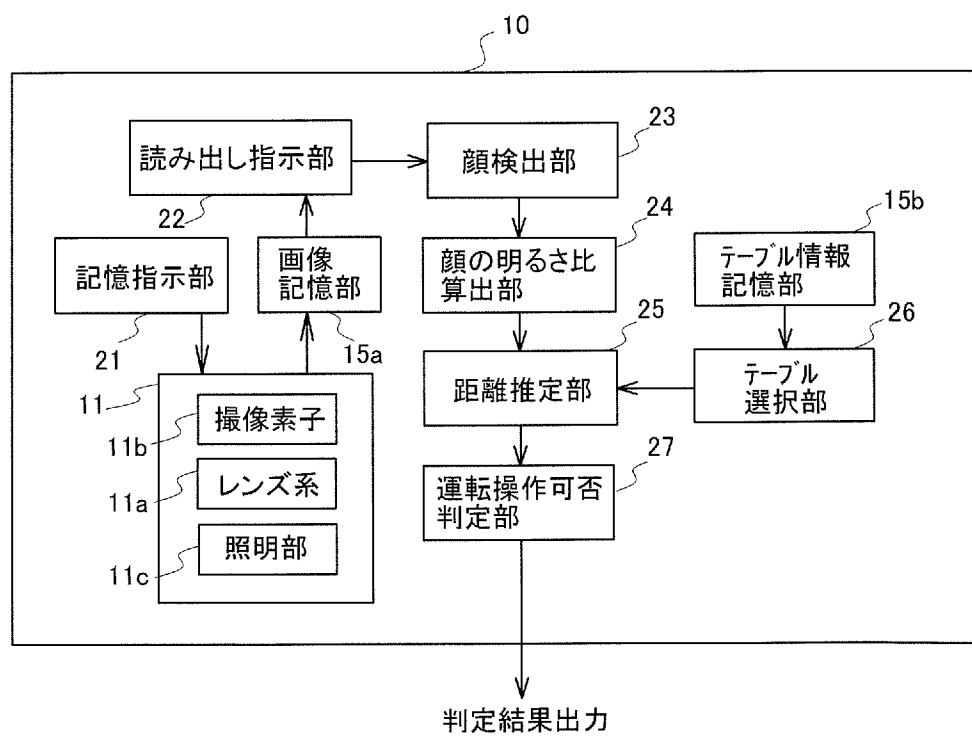
該顔検出ステップにより検出された前記第1の画像中の運転者の顔と前記第2の画像中の運転者の顔との明るさ比を算出する顔の明るさ比算出ステップと、

該顔の明るさ比算出ステップにより算出された前記顔の明るさ比を用いて、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する運転者状態推定方法。

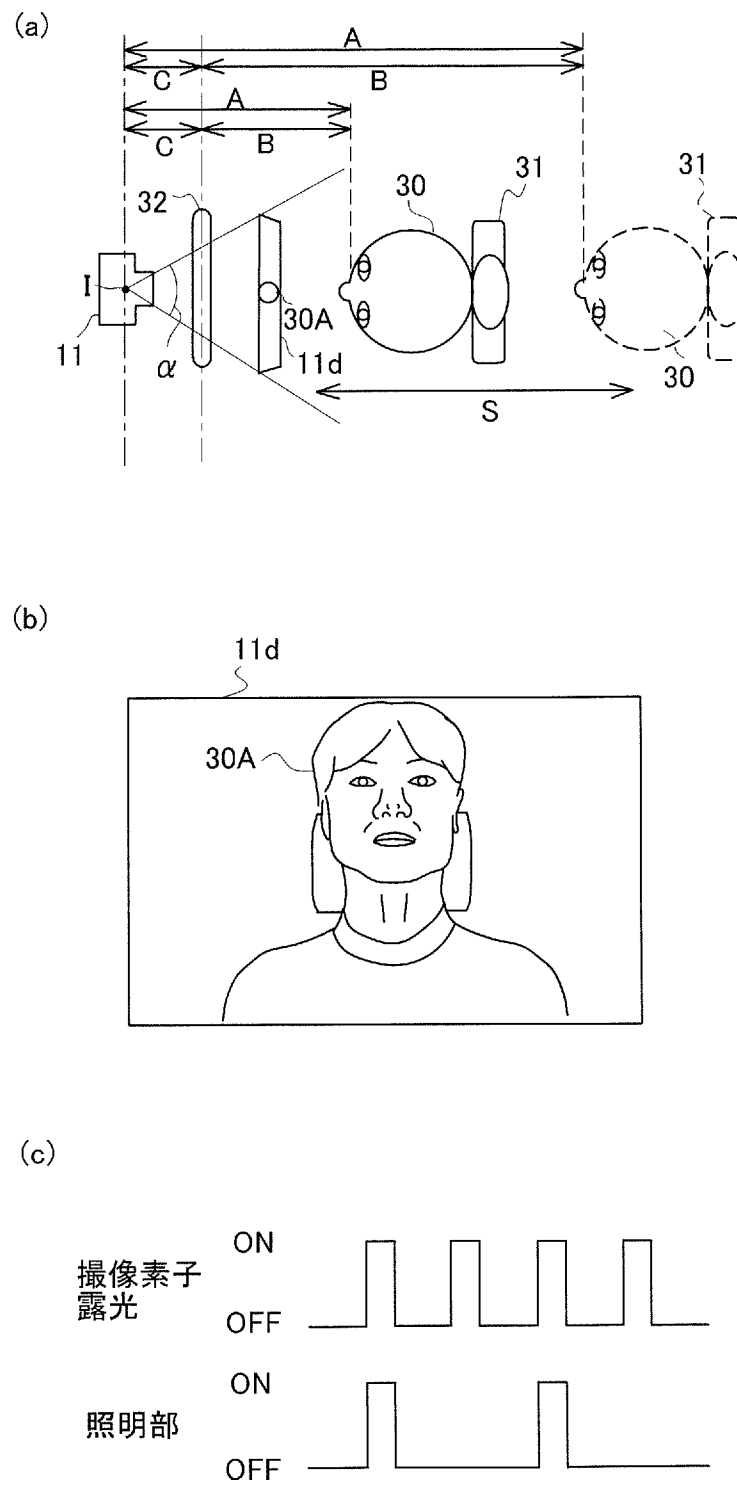
[図1]



[図2]



[図3]

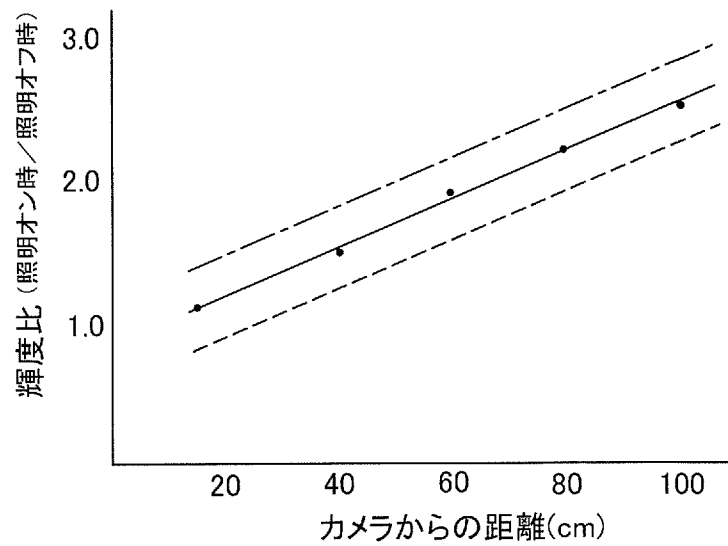


[図4]

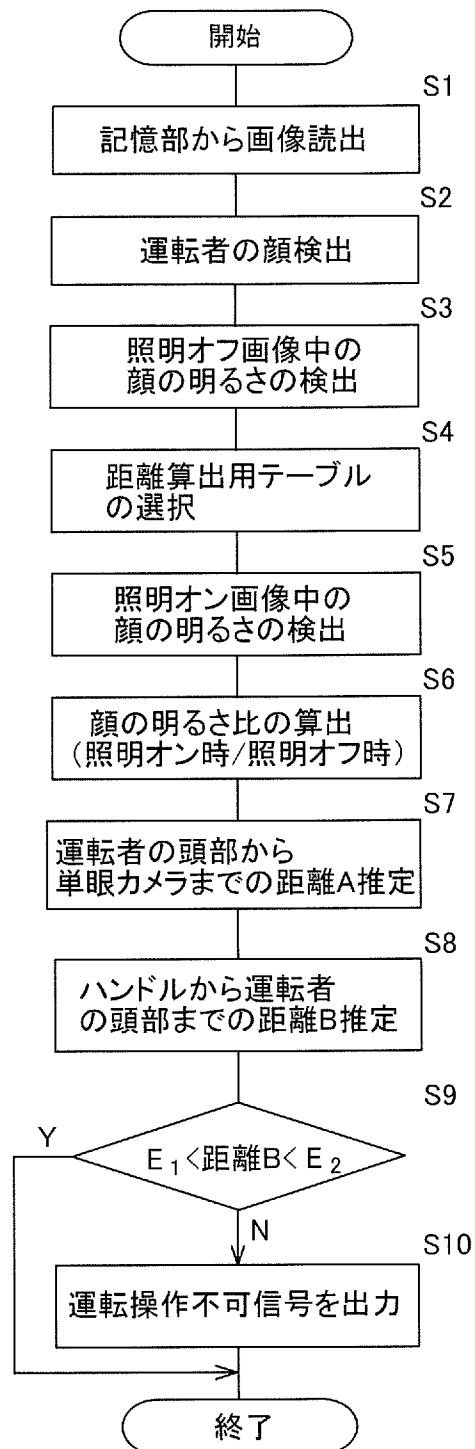
(a)

距離(cm)	輝度比 (照明オン時／照明オフ時)
20	1.1
40	1.5
60	1.9
80	2.2
100	2.5

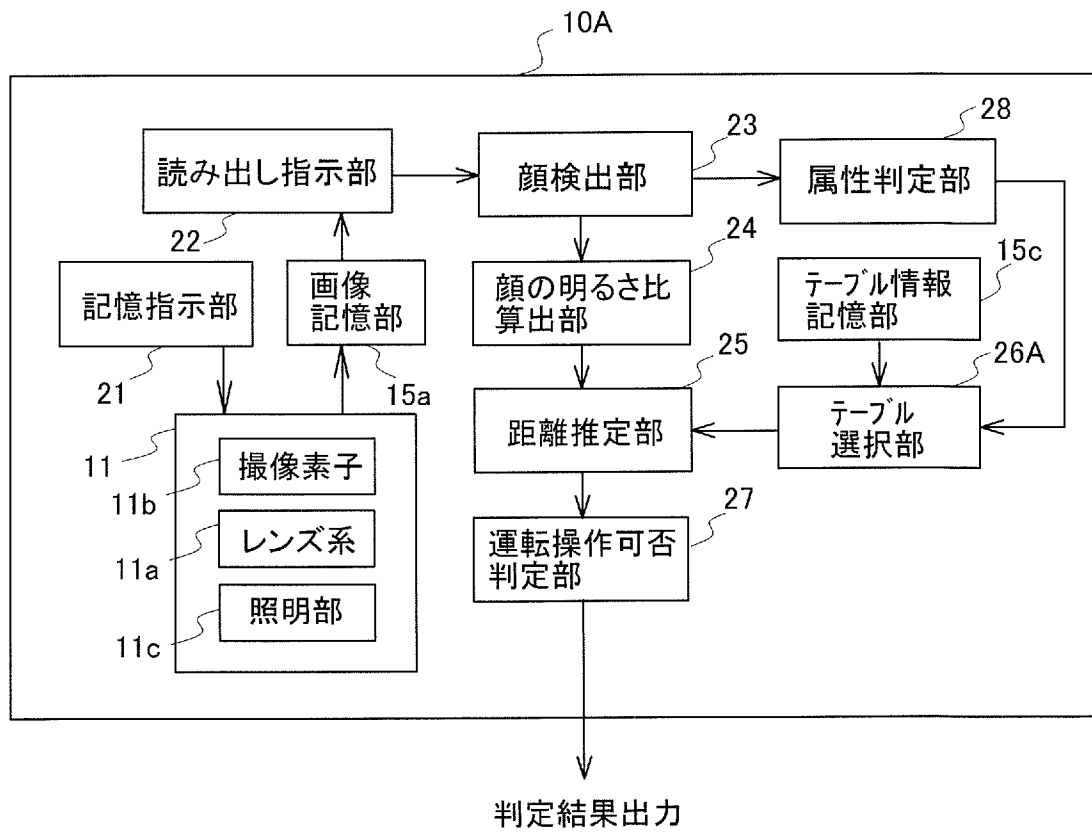
(b)



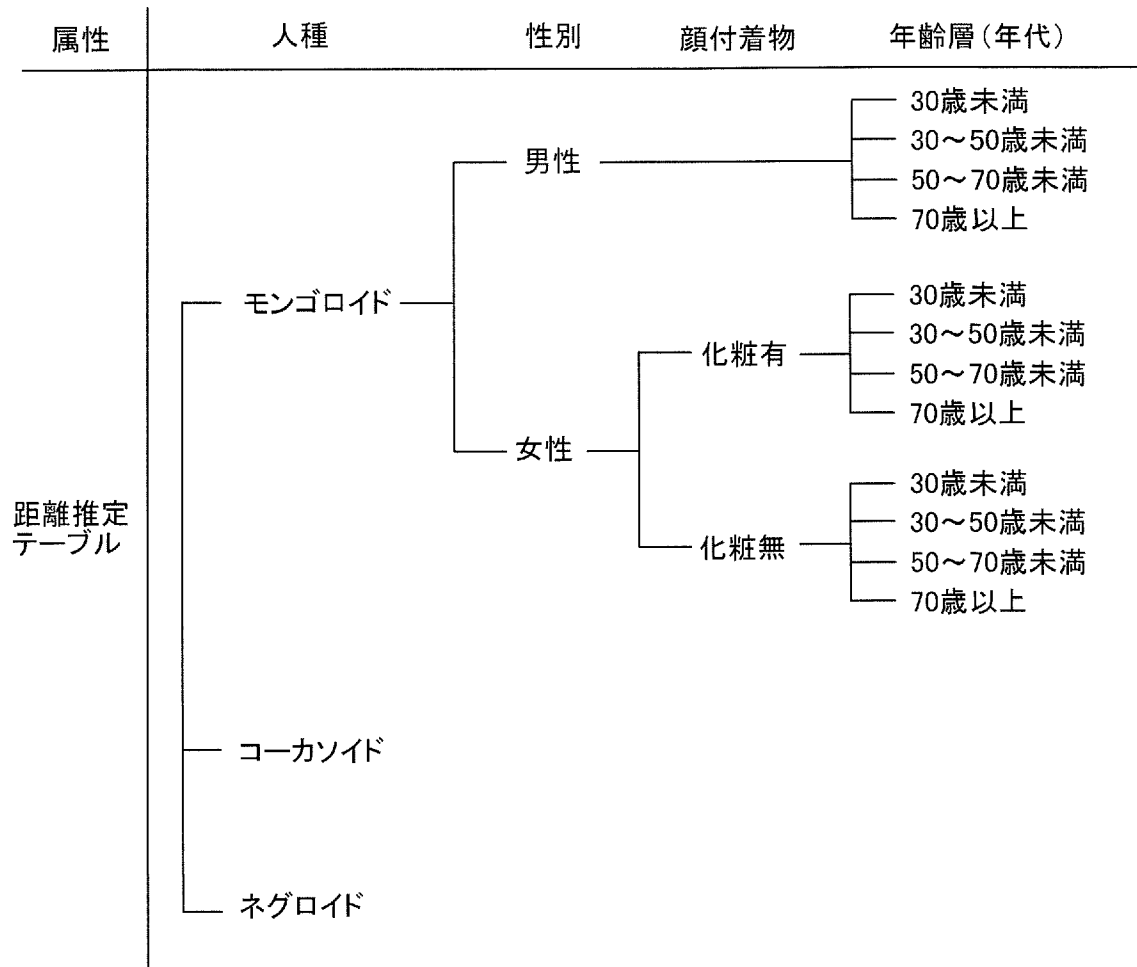
[図5]



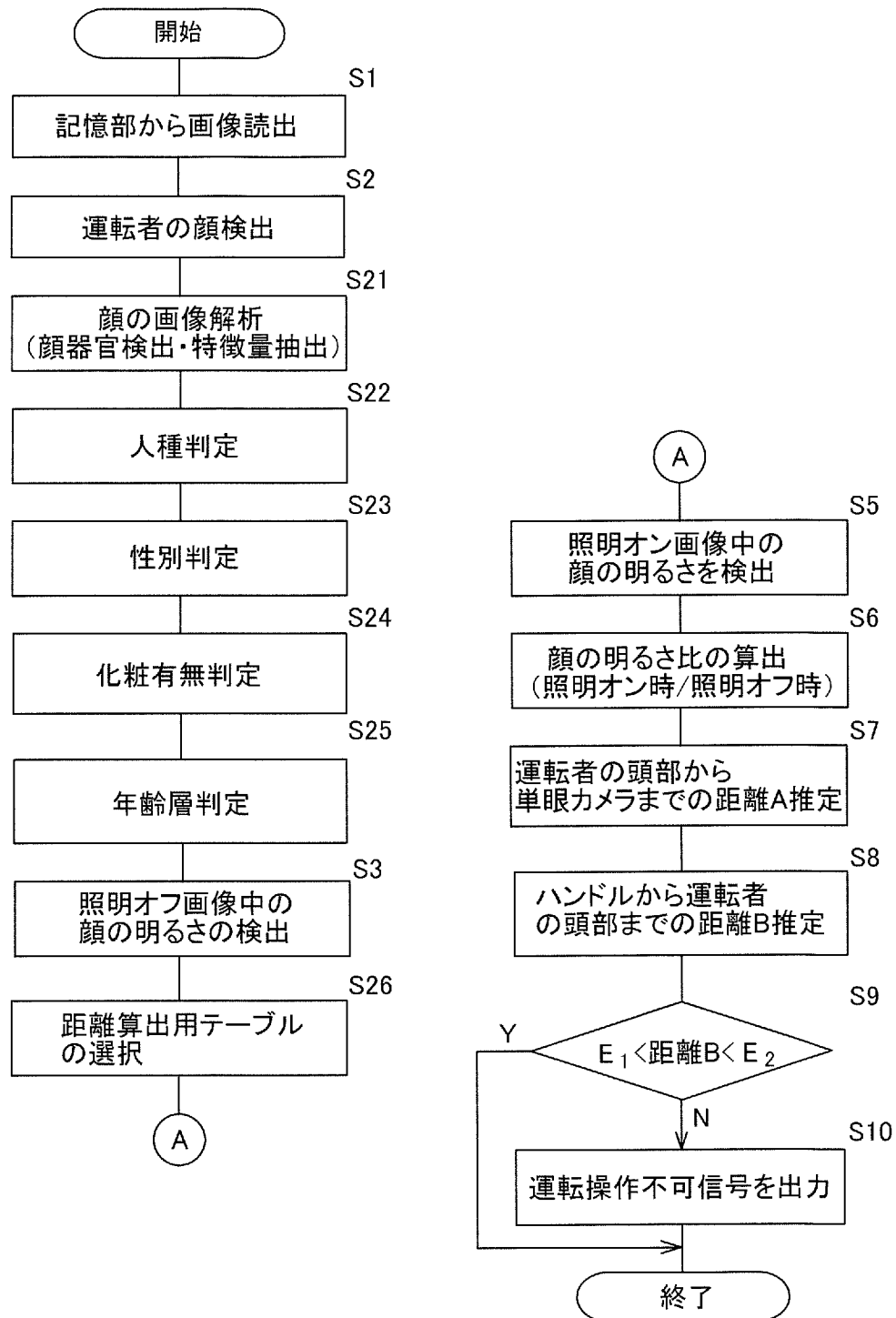
[図6]



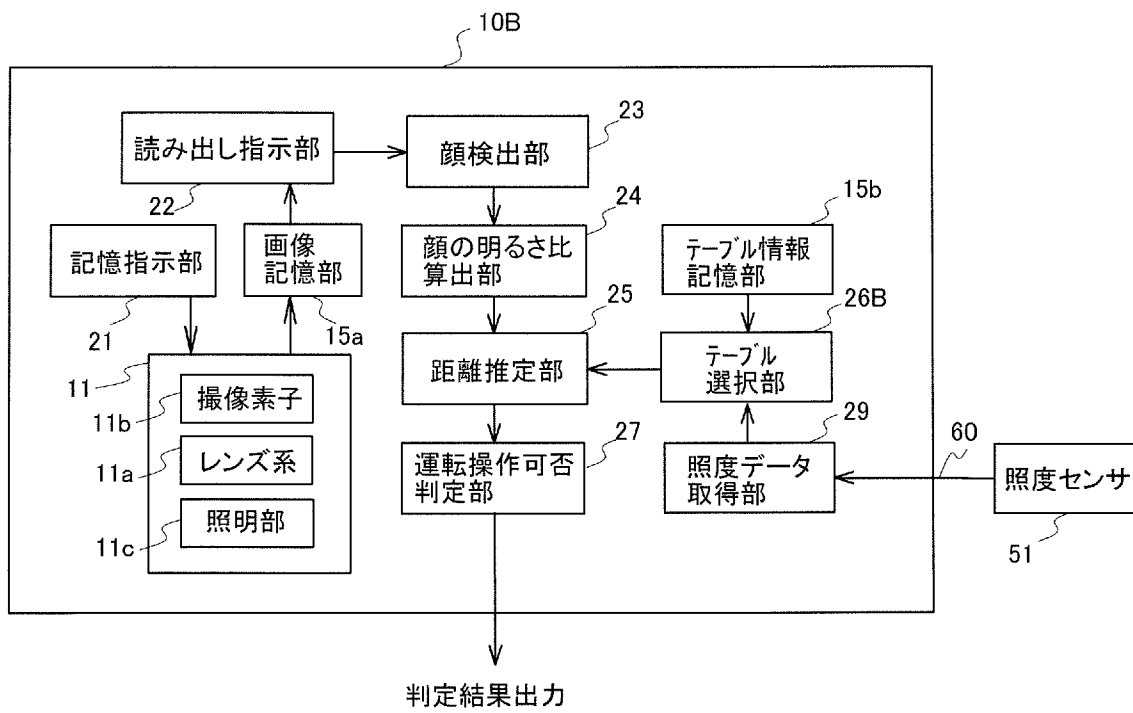
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/027246

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T7/55(2017.01)i, B60W40/08(2012.01)i, G06T7/00(2017.01)i, G08G1/16(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06T7/00-7/90, B60W40/08, G08G1/16, G06T1/00, H04N7/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2016-045713 A (Denso Corp.), 04 April 2016 (04.04.2016), paragraphs [0012] to [0013], [0025] to [0042] & US 2017/0158054 A1 paragraphs [0021] to [0022], [0034] to [0064] & WO 2016/027411 A1	1, 6, 7 2-5
Y A	JP 2006-031171 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 02 February 2006 (02.02.2006), paragraphs [0018] to [0024] (Family: none)	1, 6, 7 2-5
A	JP 2016-110374 A (Fujitsu Ten Ltd.), 20 June 2016 (20.06.2016), paragraphs [0075] to [0077] (Family: none)	1-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
06 October 2017 (06.10.17)

Date of mailing of the international search report
17 October 2017 (17.10.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/027246

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-518970 A (Siemens Corporate Research Inc.), 12 July 2007 (12.07.2007), paragraphs [0002] to [0005] & US 2007/0183651 A1 paragraphs [0002] to [0005] & WO 2005/052851 A2	1-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G06T7/55(2017.01)i, B60W40/08(2012.01)i, G06T7/00(2017.01)i, G08G1/16(2006.01)n

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G06T7/00-7/90, B60W40/08, G08G1/16, G06T1/00, H04N7/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2016-045713 A（株式会社デンソー）2016.04.04, [0012] - [0013], [0025] - [0042] & US 2017/0158054 A1, [0021] - [0022], [0034] - [0064] & WO 2016/027411 A1	1, 6, 7 2-5
Y A	JP 2006-031171 A（日本電信電話株式会社）2006.02.02, [0018] - [0024] (ファミリーなし)	1, 6, 7 2-5

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

06.10.2017

国際調査報告の発送日

17.10.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

松浦 功

5H

9181

電話番号 03-3581-1101 内線 3531

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2016-110374 A (富士通テン株式会社) 2016. 06. 20, [0075] - [0077] (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2007-518970 A (シーメンス コーポレイト リサーチ インコーポレイテッド) 2007. 07. 12, [0002] - [0005] & US 2007/0183651 A1, [0002] - [0005] & WO 2005/052851 A2	1-7