



(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der

(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2018/167996**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜG)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2017 007 243.3**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2017/027245**

(86) PCT-Anmeldetag: **27.07.2017**

(87) PCT-Veröffentlichungstag: **20.09.2018**

(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **12.12.2019**

(51) Int Cl.: **G06T 7/50 (2017.01)**

B60W 40/08 (2012.01)

G06T 7/00 (2017.01)

(30) Unionspriorität:
2017-048503 14.03.2017 JP

(74) Vertreter:
Kilian Kilian & Partner mbB Patentanwälte, 81379 München, DE

(71) Anmelder:
Omron Corporation, Kyoto-shi, JP

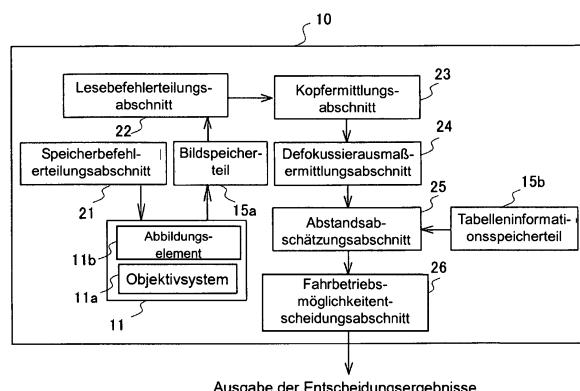
(72) Erfinder:
Hyuga, Tadashi, Kyoto-shi, JP; Suwa, Masaki, Kyoto-shi, JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **FAHRERZUSTANDSABSCHÄTZUNGSVORRICHTUNG UND FAHRERZUSTANDSABSCHÄTZUNGSVERFAHREN**

(57) Zusammenfassung: Eine Fahrerzustandsabschätzungs vorrichtung, die einen Abstand zu einer Kopfposition eines Fahrers abschätzen kann, ohne eine Mittelposition eines Gesichtsbereichs des Fahrers in einem Bild zu ermitteln, umfasst eine monokulare Kamera 11, die ein Bild eines auf einem Fahrersitz sitzenden Fahrers aufnehmen kann, einen Speicherabschnitt 15 und eine CPU 12, wobei der Speicherabschnitt 15 einen Bildspeicherteil 15a zum Speichern des von der monokularen Kamera 11 aufgenommenen Bildes umfasst, und die CPU 12 einen Kopfermittlungsabschnitt 23 zum Ermitteln eines Kopfes des Fahrers in dem aus dem Bildspeicherteil 15a gelesenen Bild, einen Defokussierausmaßermittlungsabschnitt 24 zum Ermitteln eines Defokussierausmaßes des Kopfes des Fahrers in dem durch den Kopfermittlungsabschnitt 23 ermittelten Bild und einen Abstandsabschätzungsabschnitt 25 zum Abschätzen eines Abstandes vom Kopf des auf dem Fahrersitz sitzenden Fahrers zur monokularen Kamera 11 unter Verwendung des durch den Defokussierausmaßermittlungsabschnitt 24 ermittelten Defokussierausmaßes umfasst.



Beschreibung**TECHNISCHES GEBIET**

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung und ein Fahrerzustandsabschätzungsverfahren, und insbesondere auf eine Fahrerzustandsabschätzungsverrichtung und ein Fahrerzustandsabschätzungsverfahren, wodurch ein Zustand eines Fahrers mittels aufgenommener Bilder abgeschätzt werden kann.

STAND DER TECHNIK

[0002] Im Laufe der Jahre wurden Techniken zum Ermitteln eines Zustands der Bewegung oder Blickrichtung eines Fahrers mittels Bildern des Fahrers entwickelt, die von einer bordeigenen Kamera aufgenommen wurden, um die von dem Fahrer geforderten Informationen zu präsentieren oder einen Alarm auszulösen.

[0003] Bei einem automatischen Fahrzeugbetriebssystem, dessen Entwicklung in jüngster Zeit gefördert wurde, wird davon ausgegangen, dass eine Technik zum kontinuierlichen Abschätzen, ob sich ein Fahrer in einem Zustand befindet, in dem er einen Fahrbetrieb durchführen kann, auch während eines automatischen Fahrzeugbetriebs notwendig ist, um ein reibungsloses Umschalten von dem automatischen Fahrzeugbetrieb zu einem manuellen Fahrzeugbetrieb zu ermöglichen. Die Entwicklung von Techniken zur Analyse von Bildern, die von einer bordeigenen Kamera aufgenommen wurden, um den Zustand eines Fahrers abzuschätzen, schreitet voran.

[0004] Um den Zustand des Fahrers abzuschätzen, sind Techniken zum Ermitteln einer Kopfposition des Fahrers erforderlich. So wird beispielsweise in Patentdokument 1 eine Technik offenbart, bei der ein Gesichtsbereich eines Fahrers in einem von einer bordeigenen Kamera aufgenommenen Bild ermittelt wird und auf der Grundlage des ermittelten Gesichtsbereichs eine Kopfposition des Fahrers abgeschätzt wird.

[0005] Bei dem vorstehenden Verfahren zum Abschätzen der Kopfposition des Fahrers wird insbesondere ein Winkel der Kopfposition in Bezug auf die bordeigene Kamera ermittelt. Als Verfahren zum Ermitteln des Winkels der Kopfposition wird eine Mittelposition des Gesichtsbereichs auf dem Bild ermittelt. Bezogen auf die ermittelte Mittelposition des Gesichtsbereichs als Kopfposition wird eine Kopfpositionslien, die durch die Mittelposition des Gesichtsbereichs verläuft, erhalten und ein Winkel der Kopfpositionslien (der Winkel der Kopfposition in Bezug auf die bordeigene Kamera) bestimmt.

[0006] Danach wird eine Kopfposition auf der Kopfpositionslien ermittelt. Als Verfahren zum Ermitteln der Kopfposition auf der Kopfpositionslien wird zuvor eine Standardgröße des Gesichtsbereichs im Falle eines vorgeschriebenen Abstandes von der bordeigenen Kamera gespeichert. Durch den Vergleich dieser Standardgröße mit der Größe des tatsächlich ermittelten Gesichtsbereichs wird ein Abstand von der bordeigenen Kamera zur Kopfposition erhalten. Eine Position auf der Kopfpositionslien, die um den erhaltenen Abstand von der bordeigenen Kamera entfernt ist, wird als Kopfposition abgeschätzt.

[Durch die Erfindung zu lösende Probleme]

[0007] Bei dem in Patentdokument 1 beschriebenen Verfahren zum Abschätzen der Kopfposition wird die Kopfposition auf dem Bild in Bezug auf die Mittelposition des Gesichtsbereichs ermittelt. Die Mittelposition des Gesichtsbereichs variiert jedoch je nach Gesichtsrichtung. Daher wird auch in Fällen, in denen sich die Kopfposition an der gleichen Position befindet, mit unterschiedlichen Gesichtsrichtungen, die auf jedem Bild ermittelte Mittelposition des Gesichtsbereichs an einer anderen Position ermittelt. Dadurch wird die Kopfposition auf dem Bild an einer anderen Position als die Kopfposition in der realen Welt ermittelt, d. h. der Abstand zu der Kopfposition in der realen Welt kann nicht genau abgeschätzt werden.

DOKUMENT ZUM STAND DER TECHNIK**Patentdokument**

[0008] Patentdokument 1: Offengelegte Japanische Patentanmeldung mit der Veröffentlichungsnummer 2014-218140

Nichtpatentdokument

Nichtpatentdokument 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, März 1993.

Nichtpatentdokument 2: D. B. Gennery, „Determination of optical transfer function by inspection of frequency-domain plot“, Journal of the Optical Society of America, Band 63, S. 1571-1577, 1973.

Nichtpatentdokument 3: Morihiko SAKANO, Noriaki SUETAKE, Eiji UCHINO, „A noise-robust estimation for out-of-focus PSF by using a distribution of gradient vectors on the logarithmic amplitude spectrum“, The IEICE Transactions on Information and Systems, Band J90-D, Nr. 10, S. 2848-2857.

Nichtpatentdokument 4: A. P. Pentland, „A new sense for depth of field“, IEEE Transaction on

Pattern Analysis and Machine Intelligence, 9, 4, S. 523-531 (1987).

Nichtpatentdokument 5: S. Zhou, T. Sim, „Defocus Map Estimation from a Single Image“, Pattern Recognition, Band 44, Nr. 9, S. 1852-1858, (2011).

Nichtpatentdokument 6: YOAV Y. SCHECHNER, NAHUM KIRYATI, „Depth from Defocus vs. Stereo: How Different Really Are They?“ International Journal of Computer Vision 39(2), 141-162, (2000).

KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Mittel zur Lösung des Problems und Auswirkung

[0009] Die vorliegende Erfindung wurde entwickelt, um die vorstehend genannten Probleme zu lösen, und es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung und ein Fahrerzustandsabschätzungsverfahren bereitzustellen, wobei ein Abstand zu einem Kopf eines Fahrers abgeschätzt werden kann, ohne eine Mittelposition eines Gesichtsbereichs des Fahrers in einem Bild zu ermitteln, und der abgeschätzte Abstand zum Entscheiden eines Zustands des Fahrers verwendet werden kann.

[0010] Um die vorstehende Aufgabe zu erfüllen, ist eine Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung gekennzeichnet durch das Abschätzen eines Zustands eines Fahrers mittels eines aufgenommenen Bildes, wobei die Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung umfasst:

einen Abbildungsabschnitt, der ein Bild eines Fahrers, der auf einem Fahrersitz sitzt, aufnehmen kann, und

mindestens einen Hardwareprozessor,

wobei der mindestens eine Hardwareprozessor umfasst:

einen Kopfermittlungsabschnitt zum Ermitteln eines Kopfes des Fahrers in dem vom Abbildungsabschnitt aufgenommenen Bild,

einen Defokussierausmaßermittlungsabschnitt zum Ermitteln eines Defokussierausmaßes des Kopfes des Fahrers in dem durch den Kopfermittlungsabschnitt ermittelten Bild, und

einen Abstandsabschätzungsabschnitt zum Abschätzen eines Abstands vom Kopf des auf dem Fahrersitz sitzenden Fahrers zum Abbildungsabschnitt unter Verwendung des vom Defokussierausmaßermittlungsabschnitt ermittelten Defokussierausmaßes.

[0011] Unter Verwendung der Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird der Kopf des Fahrers in dem Bild unter Verwendung des vom Abbildungsabschnitt aufgenommenen Bildes des Fahrers ermittelt, das Defokussierausmaß des ermittelten Kopfes des Fahrers in dem Bild wird ermittelt und der Abstand vom Kopf des auf dem Fahrersitz sitzenden Fahrers zum Abbildungsabschnitt wird unter Verwendung des Defokussierausmaßes abgeschätzt. Dementsprechend kann der Abstand ohne Beschaffen einer Mittelposition des Gesichtsbereichs in dem Bild basierend auf dem Defokussierausmaß des Kopfes des Fahrers in dem Bild abgeschätzt werden. Mit Hilfe des abgeschätzten Abstandes wird es möglich, einen Zustand wie beispielsweise eine Position und Haltung des auf dem Fahrersitz sitzenden Fahrers abzuschätzen.

[0012] Die Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass sie einen Tabelleninformationsspeicherteil zum Speichern von Tabelleninformationen umfasst, die eine Korrelation zwischen dem Abstand vom Kopf des auf dem Fahrersitz sitzenden Fahrers zum Abbildungsabschnitt und dem Defokussierausmaß des von dem Abbildungsabschnitt aufzunehmenden Bildes des Fahrers zeigt, wobei der Abstandabschätzungsabschnitt das vom Defokussierausmaßermittlungsabschnitt ermittelte Defokussierausmaß mit den aus dem Tabelleninformationsspeicherteil gelesenen Tabelleninformationen vergleicht, um den Abstand vom Kopf des auf dem Fahrersitz sitzenden Fahrers zum Abbildungsabschnitt in der Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung abzuschätzen.

[0013] Unter Verwendung der Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung gemäß dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung werden die Tabelleninformationen, die die Übereinstimmung des Defokussierausmaßes des vom Abbildungsabschnitt aufzunehmenden Bildes des Fahrers mit dem Abstand vom Kopf des Fahrers zum Abbildungsabschnitt zeigen, im Tabelleninformationsspeicherteil gespeichert, und das vom Defokussierausmaßermittlungsabschnitt ermittelte Defokussierausmaß wird mit den aus dem Tabelleninformationsspeicherteil gelesenen Tabelleninformationen verglichen, um den Abstand vom Kopf des auf dem Fahrersitz sitzenden Fahrers zum Abbildungsabschnitt abzuschätzen. Dementsprechend kann durch Anpassen des Defokussierausmaßes an die Tabelleninformationen der Abstand zwischen dem Kopf des Fahrers, der auf dem Fahrersitz sitzt, und dem Abbildungsabschnitt schnell abgeschätzt werden, ohne dass der Betrieb belastet wird.

[0014] Die Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung gemäß einem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist gekennzeichnet durch den Abstandsabschätzungsabschnitt, der den Abstand vom Kopf des auf dem Fahrersitz sitzenden Fahrers zum Abbildungsabschnitt unter Berücksichtigung von Größenänderungen des Gesichtsbereichs des Fahrers, die in einer Vielzahl von Bildern ermittelt werden, die von dem Abbildungsabschnitt in der Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung gemäß dem ersten oder zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung aufgenommen wurden, abschätzt.

[0015] Unter Verwendung der Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung gemäß dem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es unter Berücksichtigung der Größenänderungen des Gesichtsbereichs des Fahrers möglich, zu entscheiden, in welche Richtung, nach vorne oder hinten, der Fahrer von einer Fokusposition entfernt ist, in der sich der Abbildungsabschnitt fokussiert, was zu einer erhöhten Abschätzungsgenauigkeit des Abstandes führt.

[0016] Die Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung gemäß einem vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist gekennzeichnet durch den mindestens einen Hardwareprozessor, umfassend einen Fahrbetriebsmöglichkeitenentscheidungsabschnitt zum Entscheiden unter Verwendung des durch den Abstandsabschätzungsabschnitt abgeschätzten Abstandes in der Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung gemäß einem der ersten bis dritten Aspekte der vorliegenden Erfindung, ob sich der auf dem Fahrersitz sitzende Fahrer in einem Zustand befindet, in dem er in der Lage ist, einen Fahrbetrieb durchzuführen.

[0017] Unter Verwendung der Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung gemäß dem vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung kann unter Verwendung des durch den Abstandsabschätzungsabschnitt abgeschätzten Abstands entschieden werden, ob sich der auf dem Fahrersitz sitzende Fahrer in dem Zustand befindet, in dem er einen Fahrbetrieb durchführen kann, was zu einer geeigneten Überwachung des Fahrers führt.

[0018] Die Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung gemäß einem fünften Aspekt der vorliegenden Erfindung ist gekennzeichnet durch den Abbildungsabschnitt, der Bilder verschiedener Unschärfezustände des Kopfes des Fahrers gemäß Änderungen in Position und Haltung des auf dem Fahrersitz sitzenden Fahrers in der Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung gemäß einem der ersten bis vierten Aspekte der vorliegenden Erfindung aufnehmen kann.

[0019] Mit der Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung gemäß dem fünften Aspekt der vorliegenden Erfindung können auch im engen Raum des Fahrer-

sitzes Bilder verschiedener Unschärfezustände des Kopfes des Fahrers aufgenommen werden, so dass der Abstand anhand des Defokussierausmaßes sicher abgeschätzt werden kann.

[0020] Ein Fahrerzustandsabschätzungsverfahren gemäß der vorliegenden Erfindung ist gekennzeichnet durch Verwendung einer Vorrichtung, die einen Abbildungsabschnitt, der ein Bild eines auf einem Fahrersitz sitzenden Fahrers aufnehmen kann, und mindestens einen Hardwareprozessor umfasst, der einen Zustand des auf dem Fahrersitz sitzenden Fahrers abschätzt, wobei der mindestens eine Hardwareprozessor die Schritte ausführt, die umfassen:

Ermitteln eines Kopfes des Fahrers in dem vom Abbildungsabschnitt aufgenommenen Bild,

Ermitteln eines Defokussierausmaßes des Kopfes des Fahrers in dem Bild, das in dem Schritt des Ermittelns des Kopfes ermittelt wurde; und

Abschätzen eines Abstands vom Kopf des auf dem Fahrersitz sitzenden Fahrers zum Abbildungsabschnitt unter Verwendung des im Schritt der Defokussierausmaßermittlung ermittelten Defokussierausmaßes.

[0021] Mittels des vorstehenden Fahrerzustandsabschätzungsverfahrens wird unter Verwendung des vom Abbildungsabschnitt aufgenommenen Bildes des Fahrers der Kopf des Fahrers in dem Bild ermittelt, das Defokussierausmaß des ermittelten Kopfes des Fahrers in dem Bild ermittelt und unter Verwendung des Defokussierausmaßes der Abstand vom Kopf des auf dem Fahrersitz sitzenden Fahrers zum Abbildungsabschnitt abgeschätzt. Dementsprechend kann der Abstand ohne Beschaffen einer Mittelposition des Gesichtsbereichs in dem Bild basierend auf dem Defokussierausmaß des Kopfes des Fahrers in dem Bild abgeschätzt werden. Mit Hilfe des abgeschätzten Abstandes wird es möglich, einen Zustand wie beispielsweise eine Position und Haltung des auf dem Fahrersitz sitzenden Fahrers abzuschätzen.

Figurenliste

Fig. 1 ist ein Blockdiagramm, das schematisch den Hauptteil eines automatischen Fahrzeugbetriebssystems zeigt, das eine Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet;

Fig. 2 ist ein Blockdiagramm, das eine Konstruktion der Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung gemäß der Ausführungsform zeigt;

Fig. 3 besteht aus Abbildungen zur Erläuterung des Zusammenhangs zwischen einer Sitzposition eines Fahrersitzes und einem Unschärfezu-

stand eines Fahrers in einem aufgenommenen Bild;

Fig. 4 ist ein Schaubild zum Erläutern des Zusammenhangs zwischen einem von der Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung gemäß der Ausführungsform ermittelten Defokussierausmaß und einem Abstand zum Fahrer;

Fig. 5 ist ein Schaubild, das ein Beispiel für Tabelleninformationen zeigt, die eine Korrelation zwischen dem Abstand zum Fahrer und der Größenordnung des Defokussierausmaß zeigen; und

Fig. 6 ist ein Flussdiagramm, das Verarbeitungsvorgänge zeigt, die von einer CPU in der Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung gemäß der Ausführungsform durchgeführt werden.

MODUS FÜR DIE DURCHFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0022] Die Ausführungsformen der Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung und des Fahrerzustandsabschätzungsverfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung werden nachstehend unter Bezugnahme auf die Figuren beschrieben. Die nachstehend beschriebenen Ausführungsformen sind bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, und es sind verschiedene technische Einschränkungen enthalten. Der Anwendungsbereich der vorliegenden Erfindung ist jedoch nicht auf diese Modi beschränkt, soweit es in den folgenden Erläuterungen keine Beschreibung gibt, die die vorliegende Erfindung besonders einschränkt.

[0023] **Fig. 1** ist ein Blockdiagramm, das schematisch den Hauptteil eines automatischen Fahrzeugbetriebssystems zeigt, das eine Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet. **Fig. 2** ist ein Blockdiagramm, das eine Konstruktion der Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung gemäß der Ausführungsform zeigt.

[0024] Ein automatisches Fahrzeugbetriebssystem **1** ist ein System, das es einem Fahrzeug ermöglicht, automatisch entlang einer Straße zu fahren, umfassend eine Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung **10**, eine HMI (Human Machine Interface - Mensch-Maschinen-Schnittstelle) **40** und eine automatische Fahrzeugbetriebssteuervorrichtung **50**, die jeweils über einen Kommunikationsbus **60** verbunden sind. Mit dem Kommunikationsbus **60** sind auch verschiedene Arten von Sensoren und Steuerungsvorrichtungen (nicht dargestellt) verbunden, die zum Steuern eines automatischen Fahrzeugbetriebs und eines manuellen Fahrzeugbetriebs durch einen Fahrer erforderlich sind.

[0025] Die Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung **10** führt eine Verarbeitung zum Ermitteln eines Zustandes eines Fahrers unter Verwendung eines aufgenommenen Bildes durch, insbesondere eines Defokussierausmaßes eines Kopfes des Fahrers im aufgenommenen Bild, um einen Abstand von einer monokularen Kamera **11** zum Kopf (Gesicht) des Fahrers unter Verwendung des Defokussierausmaßes abzuschätzen, eine Verarbeitung zum Entscheiden basierend auf dem Ergebnis der Abschätzung des Abstandes, ob sich der Fahrer in einem Zustand befindet, in dem er einen Fahrbetrieb durchführen kann, um das Entscheidungsergebnis auszugeben, und dergleichen.

[0026] Die Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung **10** umfasst die monokulare Kamera **11**, eine CPU **12**, ein ROM **13**, ein RAM **14**, einen Speicherabschnitt **15** und eine Ein-/Ausgabeschnittstelle (I/F) **16**, die jeweils über einen Kommunikationsbus **17** verbunden sind. Hier kann die monokulare Kamera **11** als Kameraeinheit getrennt vom Vorrichtungskörper aufgebaut werden.

[0027] Die monokulare Kamera **11** als Abbildungsabschnitt kann periodisch (z. B. 30-60 Mal/Sekunde) Bilder aufnehmen, einschließlich des Kopfes des Fahrers, der auf dem Fahrersitz sitzt, und umfasst ein Objektivsystem **11a**, das aus einem oder mehreren Objektiven besteht, ein Abbildungselement **11b**, wie beispielsweise ein CCD oder ein CMOS, das Bilddaten eines Motivs erzeugt, einen Analog-Digital-Wandlungsabschnitt (nicht dargestellt), der die Bilddaten in digitale Daten umwandelt, eine Infrarot-Bestrahlungseinheit (nicht dargestellt), wie eine Nah-Infrarot-LED, die nahe Infrarotlicht bestrahlt, und zugehörige Teile.

[0028] Was als Objektivsystem **11a** der monokularen Kamera **11** verwendet wird, weist optische Parameter wie Brennweite und Blende (eine Blendenzahl) des Objektivs so auf, dass der Fahrer in jeder Position innerhalb des Verstellbereichs des Fahrersitzes fokussiert wird und die Tiefenschärfe flach wird (der Fokusbereich ist klein). Das Einstellen dieser optischen Parameter ermöglicht es, Bilder von verschiedenen Unschärfebedingungen des Kopfes des Fahrers entsprechend Veränderungen in Position und Haltung des auf dem Fahrersitz sitzenden Fahrers aufzunehmen, z. B. Änderungen der Sitzposition des Fahrersitzes oder der Neigung der Rückenlehne (Bilder mit unterschiedlichen Unschärfebedingungen von einem auf den Fahrer fokussierten Bild zu allmählich defokussierten Bildern). Die Tiefenschärfe wird vorzugsweise so flach wie möglich innerhalb der zulässigen Defokussierungsgrenzen der Verarbeitungsleistung in einem nachfolgend beschriebenen Kopfermittlungsabschnitt **23** eingestellt, um die Verarbeitungsleistung des Kopfermittlungsabschnitts **23**, d. h. die Leistung der Ermittlung des Kopfes und der Ge-

sichtsorgane des Fahrers im Bild, nicht zu beeinträchtigen.

[0029] Die CPU **12** ist ein Hardware-Prozessor, der ein im ROM **13** gespeichertes Programm ausliest und basierend auf diesem Programm verschiedene Arten der Verarbeitung mit Bilddaten durchführt, die von der monokularen Kamera **11** aufgenommen wurden. Eine Vielzahl von CPUs **12** kann für jede Verarbeitung wie Bildverarbeitung oder Steuersignalausgangsverarbeitung montiert werden.

[0030] Im ROM **13** sind Programme gespeichert, die es der CPU **12** ermöglichen, die Verarbeitung als Speicherbefehlerteilungsabschnitt **21**, Lesbefehlerteilungsabschnitt **22**, Kopfermittlungsabschnitt **23**, Defokussierausmaßermittlungsabschnitt **24**, Abstandsabschätzungsabschnitt **25** und einen in **Fig. 2** dargestellten Fahrbetriebsmöglichkeitsentscheidungsabschnitt **26**, und dergleichen durchzuführen. Alle oder ein Teil der von der CPU **12** ausgeführten Programme kann im Speicherabschnitt **15** oder auf einem anderen Speichermedium (nicht dargestellt) als dem ROM **13** gespeichert werden.

[0031] Im RAM **14** werden die für verschiedene Arten der durch die CPU **12** durchgeführten Verarbeitung erforderlichen Daten, aus dem ROM **13** ausgelerne Programme und dergleichen zwischengespeichert.

[0032] Der Speicherabschnitt **15** umfasst einen Bildspeicherteil **15a** zum Speichern von Bilddaten, die von der monokularen Kamera **11** aufgenommen wurden, und einen Tabelleninformationsspeicherteil **15b** zum Speichern von Tabelleninformationen, die eine Korrelation zwischen einem Abstand von der monokularen Kamera **11** zu einem Subjekt (Fahrer) und einem Defokussierausmaß eines von der monokularen Kamera **11** aufzunehmenden Bildes des Subjekts zeigen. Im Speicherabschnitt **15** werden auch Parameterinformationen einschließlich einer Brennweite, einer Blende (eine Blendenzahl), eines Blickwinkels und der Anzahl der Pixel (Breite x Länge) der monokularen Kamera **11** sowie Montagepositionsinformationen der monokularen Kamera **11** gespeichert. Hinsichtlich der Montagepositionsinformationen der monokularen Kamera **11** kann ein Einstellmenü der monokularen Kamera **11** zum Beispiel so aufgebaut sein, dass es von der HMI **40** ausgelesen werden kann, so dass bei der Montage der monokularen Kamera **11** deren Einstellung im Einstellmenü ausgewählt werden kann. Der Speicherabschnitt **15** umfasst beispielsweise einen oder mehrere nicht-flüchtige Halbleiterspeicher, wie beispielsweise ein EEPROM oder einen Flash-Speicher. Die Ein-/Ausgangsschnittstelle (I/F) **16** dient zum Datenaustausch mit verschiedenen Arten von externen Geräten über den Kommunikationsbus **60**.

[0033] Basierend auf Signalen, die von der Fahrerzustandsabschätzungs vorrichtung **10** gesendet werden, führt die HMI **40** eine Verarbeitung zum Informieren des Fahrers über dessen Zustand durch, wie beispielsweise eine Fahrkörperhaltung, eine Verarbeitung zum Informieren des Fahrers über eine Betriebssituation des automatischen Fahrzeugbetriebssystems **1** oder eine Freigabeinformation des automatischen Fahrzeugbetriebs, eine Verarbeitung zum Ausgeben eines sich auf die automatische Fahrzeugssteuerung beziehenden Betriebssignals an die automatische Fahrzeugssteuerung **50** und dergleichen. Die HMI **40** umfasst beispielsweise einen Anzeigeabschnitt **41**, der an einer für den Fahrer leicht einsehbaren Position montiert ist, einen Sprachausgabeabschnitt **42** sowie einen Bedienabschnitt und einen Spracheingabeabschnitt, die jeweils nicht dargestellt sind.

[0034] Die automatische Fahrzeugssteuerung **50** ist auch mit einer Stromquellensteuerseinheit, einer Lenksteuerseinheit, einer Bremssteuerseinheit, einem Peripherieüberwachungssensor, einem Navigationssystem, einer Kommunikationseinheit zur Kommunikation mit der Außenwelt und dergleichen verbunden, von denen keines dargestellt ist. Basierend auf den von jeder dieser Einheiten erfassten Informationen werden Steuersignale für die Durchführung des automatischen Fahrzeugs durchzuführen.

[0035] Vor der Erläuterung jedes Abschnitts der in **Fig. 2** dargestellten Fahrerzustandsabschätzungs vorrichtung **10** wird der Zusammenhang zwischen der Sitzposition des Fahrersitzes und dem Unschärfezustand des Fahrers in dem von der monokularen Kamera **11** aufzunehmenden Bild im Folgenden unter Bezugnahme auf **Fig. 3** beschrieben. **Fig. 3** besteht aus Darstellungen zur Erläuterung, dass der Unschärfezustand des Fahrers im Bild je nach unterschiedlichen Sitzpositionen des Fahrersitzes variiert.

[0036] Wie in **Fig. 3** dargestellt, handelt es sich um eine Situation, in der ein Fahrer **30** auf einem Fahrersitz **31** sitzt. Vor dem Fahrersitz **31** befindet sich ein Lenkrad **32**. Die Position des Fahrersitzes **31** kann nach hinten und nach vorne verstellt werden, und der Verstellbereich des Sitzes ist auf S eingestellt. Die monokulare Kamera **11** ist hinter dem Lenkrad **32** (an einer Lenksäule oder an der Vorderseite eines Armaturenbretts oder einer Instrumententafel, von denen keine dargestellt ist) montiert, d. h. an einer Stelle, an der die Bilder **11c** mit einem Kopf (Gesicht) des Fahrers **30A** damit aufgenommen werden können. Die Montageposition der monokularen Kamera **11** ist nicht auf diese Ausführungsform beschränkt.

[0037] In Fig. 3 wird ein Abstand von der monokularen Kamera 11 zum Fahrer 30 in der realen Welt durch Z (Zf, Z_{unsch}), ein Abstand vom Lenkrad 32 zum Fahrer 30 durch A, ein Abstand vom Lenkrad 32 zur monokularen Kamera 11 durch B, ein Blickwinkel der monokularen Kamera 11 durch α und ein Mittelpunkt einer Abbildungsebene durch I dargestellt.

[0038] Fig. 3(b) zeigt eine Situation, in der der Fahrersitz 31 in etwa eine Mittelposition S_M innerhalb des Verstellbereichs S eingestellt ist. In dieser Situation ist die Position des Kopfes (Gesicht auf der Vorderseite des Kopfes) des Fahrers 30 eine Fokusposition (Abstand Zf), in der die monokulare Kamera 11 fokussiert, und daher wird der Fahrer 30A im Bild 11c ohne Unschärfe scharf abgebildet.

[0039] Fig. 3(a) zeigt eine Situation, in der der Fahrersitz 31 in eine rückwärtige Position S_B innerhalb des Verstellbereichs S eingestellt ist. Da die Position des Kopfes des Fahrers 30 weiter als die Fokusposition (Abstand Zf) ist, in der die monokulare Kamera 11 fokussiert (eine unscharfe Position) (Abstand Z_{unsch}), wird der Fahrer 30A im Bild 11c mit einer etwas kleineren Größe als in der Mittelposition S_M und mit einer Unschärfe fotografiert.

[0040] Fig. 3(c) zeigt eine Situation, in der der Fahrersitz 31 in einer vorderen Position S_F innerhalb des Verstellbereichs S eingestellt ist. Da die Position des Kopfes des Fahrers 30 näher als die Fokusposition (Abstand Zf) ist, in der die monokulare Kamera 11 fokussiert (eine unscharfe Position) (Abstand Z_{unsch}), wird der Fahrer 30A im Bild 11c mit einer etwas größeren Größe als in der Mittelposition S_M und mit einer Unschärfe fotografiert.

[0041] Somit ist die monokulare Kamera 11 so eingestellt, dass sie auf den Kopf des Fahrers 30 in der Situation fokussiert wird, in der der Fahrersitz 31 etwa in der Mittelposition S_M eingestellt ist, während sie in der Situation, in der der Fahrersitz 31 in der Position nach vorne oder hinten aus etwa der Mittelposition S_M eingestellt ist, nicht fokussiert auf den Kopf des Fahrers 30 eingestellt ist, um eine Unschärfe auf dem Kopf des Fahrers 30A im Bild entsprechend dem Ausmaß der Abweichung von der Fokusposition zu erzeugen.

[0042] Hier in dieser Ausführungsform werden die optischen Parameter der monokularen Kamera 11 so gewählt, dass der Kopf des Fahrers 30, wenn der Fahrersitz 31 in etwa der Mittelposition S_M eingestellt ist, in den Fokus kommt, aber die Position, in der die monokulare Kamera 11 fokussiert, nicht auf diese Position beschränkt ist. Die optischen Parameter der monokularen Kamera 11 können so gewählt werden, dass der Kopf des Fahrers 30, wenn der Fahrersitz 31 in einer beliebigen Position innerhalb des Verstellbereichs S eingestellt ist, in den Fokus rückt.

[0043] Eine spezifische Konstruktion der Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung 10 nach der Ausführungsform wird nachstehend unter Bezugnahme auf das in Fig. 2 dargestellte Blockdiagramm beschrieben.

[0044] Die Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung 10 ist als eine Vorrichtung eingerichtet, bei der verschiedene Arten von im ROM 13 gespeicherten Programmen in das RAM 14 eingelesen und von der CPU 12 ausgeführt werden, um die Verarbeitung als Speicherbefehlerteilungsabschnitt 21, Lesebefehlerteilungsabschnitt 22, Kopfermittlungsabschnitt 23, Defokussierausmaßermittlungsabschnitt 24, Abstandsabschätzungsabschnitt 25 und Fahrbetriebsmöglichkeitsentscheidungsabschnitt 26 durchzuführen.

[0045] Der Speicherbefehlerteilungsabschnitt 21 ermöglicht es dem Bildspeicherabschnitt 15a, der Teil des Speicherabschnitts 15 ist, die Bilddaten einschließlich des Kopfes (Gesichts) des Fahrers 30A zu speichern, der von der monokularen Kamera 11 aufgenommen wurde. Der Lesebefehlerteilungsabschnitt 22 liest das Bild 11c aus dem Bildspeicherteil 15a, in dem der Fahrer 30A abgebildet ist.

[0046] Der Kopfermittlungsabschnitt 23 ermittelt den Kopf (Gesicht) des Fahrers 30A in dem aus dem Bildspeicherteil 15a gelesenen Bild 11c. Das Verfahren zum Ermitteln des Kopfes (Gesichts) im Bild 11c ist nicht besonders eingeschränkt. So kann beispielsweise der Kopf (Gesicht) durch Vorlagenabgleich unter Verwendung einer Standardvorlage, die dem Umriss des Kopfes (ganzes Gesicht) entspricht, oder durch einen Vorlagenabgleich basierend auf den Komponenten (wie Augen, Nase und Ohren) des Kopfes (Gesicht) erkannt werden. Oder es wird als Verfahren zum Ermitteln des Kopfes (Gesichts) mit hoher Geschwindigkeit und hoher Präzision, z. B. durch Berücksichtigung einer Kontrastdifferenz (einer Luminanzdifferenz) oder Kantenintensität lokaler Gesichtsbereiche, z. B. der Gesichtsorgane wie Augenenden, Mundenden und Nasenlochränder, und der Relevanz (das gleichzeitige Auftreten) zwischen diesen lokalen Bereichen als Merkmalsgrößenordnungen, um durch Kombinieren dieser Merkmalsgrößenordnungen in großer Zahl zu lernen, ein Detektor vorbereitet. Und das Verfahren der Verwendung eines solchen Detektors mit einer hierarchischen Struktur (eine hierarchische Struktur von einer Hierarchie, in der das Gesicht grob aufgenommen wird, bis zu einer Hierarchie, in der die winzigen Abschnitte des Gesichts aufgenommen werden) ermöglicht es, den Bereich des Gesichts mit einer hohen Geschwindigkeit zu ermitteln. Um mit Differenzen in dem Unschärfezustand des Gesichts, der Gesichtsrichtung oder -neigung umzugehen, kann eine Vielzahl von Detektoren, die je nach Unschärfezustand des Gesichts, der Ge-

sichtsrichtung oder -neigung separat lernen können, montiert werden.

[0047] Der Defokussierausmaßermittlungsabschnitt 24 ermittelt das Defokussierausmaß des Kopfes des Fahrers 30A in dem durch den Kopfermittlungsabschnitt 23 ermittelten Bild 11c. Als Verfahren zum Ermitteln des Defokussierausmaßes des Fahrers 30A (eines Subjekts) in einem Bild kann ein öffentlich bekanntes Verfahren eingesetzt werden.

[0048] Zum Beispiel kann ein Verfahren zum Beschaffen eines Defokussierausmaßes durch Analysieren aufgenommener Bilder (siehe Nichtpatentdokument 1), ein Verfahren zum Abschätzen einer PSF (Point Spread Function), die die Eigenschaften von Unschärfen basierend auf dem Radius eines dunklen Rings darstellt, der im logarithmischen Amplitudenspektrum eines Bildes erscheint (siehe Nichtpatentdokument 2), ein Verfahren zum Ausdrücken der Eigenschaften von Unschärfen unter Verwendung einer Verteilung von Luminanzgradientenvektoren auf das logarithmische Amplitudenspektrum eines Bildes, um eine PSF abzuschätzen (siehe Nichtpatentdokument 3), und dergleichen eingesetzt werden.

[0049] Als Verfahren zum Messen eines Abstands zu einem Subjekt durch Verarbeiten eines aufgenommenen Bildes sind das DFD (Depth from Defocus)- und das DFF (Depth from Focus)-Verfahren bekannt, bei denen auf die Unschärfe des Bildes entsprechend der Fokussierungsposition geachtet wird. Beim DFD-Verfahren werden eine Vielzahl von Bildern mit jeweils einer unterschiedlichen Fokusposition fotografiert, deren Defokussierausmaß an eine Modellfunktion optischer Unschärfen angepasst ist und eine Position, in der das Motiv am bevorzugtesten fokussiert wird, basierend auf Änderungen des Defokussierausmaßes abgeschätzt wird, um den Abstand zum Motiv zu beschaffen. Bei dem DFF-Verfahren wird in einer Reihe von Bildern, die in großer Anzahl unter Verschiebung der Fokusposition fotografiert wurden, der Abstand von der besten Position im Fokus beschafft. Es ist auch möglich, ein Defokussierausmaß mit diesen Methoden abzuschätzen.

[0050] Wenn beispielsweise die Unschärfen in Bildern einem dünnen Objektivmodell entsprechen, können die Defokussierausmaße als die oben genannte Point Spread Function (PSF) modelliert werden. Im Allgemeinen wird als dieses Modell die Gaußsche Funktion verwendet. Unter Verwendung von diesen kann ein Verfahren zum Abschätzen eines Defokussierausmaßes durch Analysieren der Kanten von einem oder zwei aufgenommenen Bildern, die eine Unschärfe beinhalten (Nichtpatentdokument 4), ein Verfahren zum Abschätzen eines Defokussierausmaßes durch Analysieren, wie die Kante deformiert ist (ein Grad der Änderung der Kantenintensität) in einem aufgenommenen Bild, das eine Un-

schärfe beinhaltet (ein Eingangsbild) und ein geglättetes Bild, das durch erneutes Defokussieren des Eingangsbildes beschafft wird (Nichtpatentdokument 5), und dergleichen, verwendet werden. Im Nichtpatentdokument 6 wird offenbart, dass es möglich ist, einen Abstand zu einem Objekt nach dem DFD-Verfahren mit einem ähnlichen Mechanismus wie dem Stereoverfahren zu messen, und wie der Radius eines Unschärfekreises beschafft wird, wenn ein Bild des Objekts auf eine Abbildungselementebene geworfen wird. Bei diesen Verfahren wie dem DFD-Verfahren wird der Abstand aus Korrelationsinformationen zwischen dem Defokussierausmaß des Bildes und der Distanz zum Subjekt ermittelt und kann daher mit der monokularen Kamera 11 realisiert werden. Unter Verwendung dieser Verfahren kann das Defokussierausmaß des Bildes ermittelt werden.

[0051] Fig. 4 ist ein Schaubild zur Erläuterung des Zusammenhangs zwischen dem vom Defokussierausmaßermittlungsabschnitt 24 zu ermittelnden Defokussierausmaß d und einem Abstand zum Fahrer 30 (Mechanismus des DFD-Verfahrens oder DFF-Verfahrens).

[0052] In Fig. 4 stellt f einen Abstand zwischen dem Objektivsystem 11a und dem Abbildungselement 11b dar, Zf stellt einen Abstand zwischen dem zu fokussierenden Brennpunkt (Fokuspunkt) und dem Abbildungselement 11b dar, Z_{unsch} stellt einen Abstand zwischen dem Fahrer 30 (einem Subjekts) mit einer Unschärfe (defokussiert) und dem Abbildungselement 11b dar, F stellt eine Brennweite des Objektivs dar, D stellt eine Blende des Objektivsystems 11a dar, d stellt einen Radius eines Unschärfekreises (eines Streukreises) dar, wenn das Bild des Subjekts auf das Bildelement geworfen wird, was einem Defokussierausmaß entspricht.

[0053] Das Defokussierausmaß d kann durch die folgende Gleichung ausgedrückt werden.

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

[Gleichung 1]

[0054] Ein Lichtstrahl L1, der durch eine durchgezogene Linie angegeben wird, zeigt einen Lichtstrahl, wenn sich der Fahrer 30 in einer zu fokussierenden Fokusposition befindet (eine Situation in Fig. 3(b)). Ein Lichtstrahl L2, der durch eine Linie mit abwechselnd langen und kurzen Strichen angegeben wird, zeigt einen Lichtstrahl, wenn sich der Fahrer 30 in einer Position befindet, die weiter von der monokularen Kamera 11 entfernt ist als die zu fokussierende Fokusposition (eine Situation in Fig. 3(a)). Ein Lichtstrahl L3, der durch eine gestrichelte Linie angegeben wird, zeigt einen Lichtstrahl, wenn sich der Fahrer 30 in einer Position befindet, die näher an der mo-

monokularen Kamera **11** liegt als die zu fokussierende Fokusposition (eine Situation in **Fig. 3(c)**).

[0055] Die vorstehende Gleichung zeigt, dass das Defokussierungausmaß d und der Abstand Z_{unsch} , wenn eine Unschärfe verursacht wird, eine Korrelation aufweisen. In dieser Ausführungsform werden Tabelleninformationen, die eine Korrelation zwischen den Defokussierausmaß d des von der monokularen Kamera **11** aufzunehmenden Bildes des Subjekts und dem Abstand Z von der monokularen Kamera **11** zum Subjekt zeigen, zuvor vorbereitet und in den Tabelleninformationsspeicherteil **15b** gespeichert.

[0056] **Fig. 5** ist ein Schaubild, das ein Beispiel für Tabelleninformationen zeigt, die die Korrelation zwischen dem Defokussierausmaß d und dem im Tabelleninformationsspeicherteil **15b** gespeicherten Abstand Z zeigen.

[0057] Bei dem Abstand Z_f der zu fokussierenden Fokusposition ist das Defokussierausmaß d etwa Null. Wenn der Abstand Z zum Fahrer **30** von dem Abstand Z_f der zu fokussierenden Fokusposition weiter entfernt wird (bewegt sich in Richtung des Abstandes Z_{unsch}), nimmt das Defokussierausmaß d zu. Brennweite und Blende des Objektivsystems **11a** sind so eingestellt, dass das Defokussierausmaß d innerhalb des Verstellbereichs S des Fahrersitzes **31** ermittelt werden kann. Wie eine gestrichelte Linie in **Fig. 5** zeigt, wird es durch Einstellen der Brennweite des Objektivsystems **11a** der monofokalen Kamera **11** auf größer oder durch Einstellen der Blende auf größer (auf einen kleineren Blendenwert) möglich, das Ausmaß der Änderung des Defokussierausmaßes aus der Fokusposition zu erhöhen.

[0058] Der Abstandsabschätzungsabschnitt **25** schätzt unter Verwendung des Defokussierausmaßes d , das durch den Defokussierausmaßermittlungsabschnitt **24** ermittelt wird, den Abstand Z vom Kopf des Fahrers **30**, der auf dem Fahrersitz **31** sitzt, zur monokularen Kamera **11** (Information über die Tiefe) ab. Das heißt, durch Anpassen des vom Defokussierausmaßermittlungsabschnitts **24** ermittelten Defokussierausmaßes d an die im vorstehenden Tabelleninformationsspeicherteil **15b** gespeicherten Tabelleninformationen wird der Abstand Z vom Kopf des auf dem Fahrersitz **31** sitzenden Fahrers **30** zur monokularen Kamera **11** abgeschätzt. In dem Defokussierausmaßermittlungsabschnitt **24** wird das Defokussierausmaß d der Merkmalspunkte der vom Kopfermittlungsabschnitt **23** ermittelten Gesichtsorgane, beispielsweise der Merkmalspunkte mit deutlichem Kontrast wie den Augenenden, den Enden eines Mundes und den Nasenlochrändern, ermittelt, und durch Verwendung des Defokussierausmaßes d im Abstandsabschätzungsabschnitt **25** wird die Abstandsabschätzung einfacher und die Genauigkeit der Abstandsabschätzung kann verbessert werden.

[0059] Wenn es schwierig ist, auf der Grundlage des Defokussierausmaßes d zu entscheiden, in welche Richtung, nach vorne oder hinten, der Fahrer **30** von der zu fokussierenden Fokusposition (der Position des Abstandes Z_f) entfernt ist, werden die Größen des Gesichtsbereichs des Fahrers in einer Vielzahl von Zeitreihenbildern ermittelt. Durch das Ermitteln von Größenänderungen des Gesichtsbereichs (wenn die Größe größer wurde, ist der Fahrer näher an der monokularen Kamera **11**, während, wenn die Größe kleiner wurde, der Fahrer weiter von der monokularen Kamera **11** entfernt ist) kann entschieden werden, in welche Richtung der Fahrer von der Fokusposition entfernt ist. Anstelle der Tabelleninformationen kann unter Verwendung einer Gleichung, die die Korrelation zwischen dem Defokussierausmaß d und dem Abstand Z anzeigen, der Abstand Z basierend auf dem Defokussierausmaß d erhalten werden.

[0060] Der Fahrbetriebsmöglichkeitsentscheidungsabschnitt **26** entscheidet unter Verwendung des durch den Abstandsabschätzungsabschnitt **25** abgeschätzten Abstands Z , ob sich der Fahrer **30** in einem Zustand befindet, in dem er einen Fahrbetrieb durchführen kann. So liest er beispielsweise einen Bereich, in dem der Fahrer **30** das im ROM **13** oder dem Speicherabschnitt **15** gespeicherte Lenkrad erreichen kann, in das RAM **14** aus und führt eine Vergleichsoperation durch, um zu entscheiden, ob sich der Fahrer **30** in dem Bereich befindet, in dem er das Lenkrad **32** erreicht. Ein Signal, das das Entscheidungsergebnis anzeigt, wird an die HMI **40** und die automatische Fahrzeugssteuerung **50** ausgegeben. Die vorstehende Entscheidung kann getroffen werden, nachdem der Abstand B (der Abstand vom Lenkrad **32** zur monokularen Kamera **11**) von dem Abstand Z abgezogen wurde, um den Abstand A (den Abstand vom Lenkrad **32** zum Fahrer **30**) zu erhalten.

[0061] **Fig. 6** ist ein Flussdiagramm, das Verarbeitungsvorgänge darstellt, die die CPU **12** in der Fahrerzustandsabschätzungssteuerung **10** gemäß der Ausführungsform durchführt. Die monokulare Kamera **11** nimmt beispielsweise **30-60** Einzelbilder des Bildes pro Sekunde auf, und diese Verarbeitung wird bei jedem Einzelbild oder Einzelbildern in regelmäßigen Abständen durchgeführt.

[0062] In Schritt **S1** werden die Daten von einem oder mehreren von der monokularen Kamera **11** aufgenommenen Bildern aus dem Bildspeicherteil **15a** gelesen, und in Schritt **S2** wird aus dem einen oder den mehreren ausgelesenen Bildern **11c** der Kopf (das Gesicht) des Fahrers **30A** ermittelt.

[0063] In Schritt **S3** wird das Defokussierausmaß d des Kopfes des Fahrers **30A** im Bild **11c**, z. B. das Defokussierausmaß d jedes Pixels des Kopfbereichs oder das Defokussierausmaß d jedes Pixels

des Randbereichs des Kopfes ermittelt. Um das Defokussierausmaß d zu ermitteln, können die oben genannten Techniken eingesetzt werden.

[0064] In Schritt **S4** wird unter Verwendung des Defokussierausmaßes d des Kopfes des Fahrers **30A** im Bild **11c** der Abstand **Z** vom Kopf des Fahrers **30** zur monokularen Kamera **11** abgeschätzt. Das heißt, durch Vergleichen der vorstehenden Tabelleninformationen, die aus dem Tabelleninformationsspeicherteil **15b** ausgelesen wurden, mit dem ermittelten Defokussierausmaß d , wird der Abstand **Z** von der monokularen Kamera **11** entsprechend dem Defokussierausmaß d bestimmt. Beim Abschätzen des Abstandes **Z** können Größenänderungen des Gesichtsbereichs des Fahrers in einer Vielzahl von Bildern (Zeitreihenbildern), die von der monokularen Kamera **11** aufgenommen wurden, ermittelt werden, um zu entscheiden, in welche Richtung, nach vorne oder hinten, der Fahrer von der Fokusposition entfernt ist, in der die monokulare Kamera **11** fokussiert, und unter Verwendung des Entscheidungsergebnisses und des Defokussierausmaßes d kann der Abstand **Z** abgeschätzt werden.

[0065] In Schritt **S5** wird unter Verwendung des Abstandes **Z** der Abstand **A** vom Lenkrad **32** zum Kopf des Fahrers **30** abgeschätzt. Wenn sich beispielsweise das Lenkrad **32** auf dem Liniensegment zwischen der monokularen Kamera **11** und dem Fahrer **30** befindet, wird der Abstand **A** geschätzt, indem der Abstand **B** zwischen der monokularen Kamera **11** und dem Lenkrad **32** von dem Abstand **Z** abgezogen wird.

[0066] In Schritt **S6** wird durch Auslesen eines Bereichs, in dem der Fahrer das im RAM **13** oder im Speicherabschnitt **15** gespeicherte Lenkrad erreichen kann, um einen Vergleichsvorgang durchzuführen, entschieden, ob der Abstand **A** innerhalb des Bereichs liegt, in dem das Lenkrad angemessen bedient werden kann (Abstand **D₁** < Abstand **A** < Abstand **D₂**). Der Abstandsbereich von dem Abstand **D₁** zum Abstand **D₂** ist ein Abstandsbereich, in dem abgeschätzt wird, dass der Fahrer **30** das Lenkrad **32** in einem Zustand des Sitzens auf dem Fahrersitz **31** bedienen kann, und beispielsweise können die Abstände **D₁** und **D₂** auf etwa 40 cm bzw. 80 cm eingestellt werden.

[0067] In Schritt **S6**, wenn beurteilt wird, dass der Abstand **A** innerhalb des Bereichs liegt, in dem das Lenkrad angemessen bedient werden kann, wird die Verarbeitung beendet. Wenn hingegen beurteilt wird, dass der Abstand **A** nicht innerhalb des Bereichs liegt, in dem das Lenkrad angemessen bedient werden kann, geht der Vorgang zu Schritt **S7** über.

[0068] In Schritt **S7** wird ein Signal, dass ein Fahrbetrieb unmöglich sei, an die HMI **40** und die automatische Fahrzeugbetriebssteuervorrichtung **50** ausgegeben, und danach wird die Verarbeitung beendet.

Wenn das Signal, dass ein Fahrbetrieb unmöglich sei, eingegeben wird, führt die HMI **40** beispielsweise eine Anzeige durch, die einen Alarm über die Fahrkörperhaltung oder Sitzposition auf dem Anzeigebereich **41** und eine Ansage, die einen Alarm über die Fahrkörperhaltung oder Sitzposition durch den Sprachausgabeabschnitt **42** meldet, auslöst. Wenn das Signal, dass ein Fahrbetrieb unmöglich sei, eingegeben wird, führt die automatische Fahrzeugbetriebssteuervorrichtung **50** beispielsweise eine Geschwindigkeitsreduzierungssteuerung durch.

[0069] Hier kann anstelle der vorstehenden Verarbeitung in den Schritten **S5** und **S6**, durch Auslesen des im RAM **13** oder im Informationsspeicherteil **15** gespeicherten Bereichs, in dem das Lenkrad angemessen bedient werden kann, um einen Vergleichsvorgang durchzuführen, entschieden werden, ob der Abstand **Z** innerhalb des Bereichs liegt, in dem abgeschätzt wird, dass das Lenkrad angemessen bedient werden kann (Abstand **E₁** < Abstand **Z** < Abstand **E₂**).

[0070] In diesem Fall können die Abstände **E₁** und **E₂** beispielsweise als Werte eingestellt werden, die durch Addition des Abstands **B** vom Lenkrad **32** zur monokularen Kamera **11** zu den vorstehenden Abständen **D₁** und **D₂** beschafft werden. Der Abstandsbereich von dem Abstand **E₁** bis Abstand **E₂** ist ein Abstandsbereich, in dem abgeschätzt wird, dass der Fahrer **30** das Lenkrad **32** in einem Zustand des Sitzens auf dem Fahrersitz **31** bedienen kann, und beispielsweise können die Abstände **E₁** und **E₂** auf etwa (40 + Abstand **B**) cm und (80+ Abstand **B**) cm eingestellt werden.

[0071] Anstelle der vorstehenden Schritte **S4**, **S5** und **S6**, je nachdem, ob das vom Defokussierausmaßermittlungsabschnitt **24** ermittelte Defokussierausmaß d innerhalb eines vorgegebenen Bereichs des Defokussierausmaßes liegt (Defokussierausmaß d_1 < Defokussierausmaß d < Defokussierausmaß d_2), kann beurteilt werden, ob sich der Fahrer in einer Position befindet, um einen Fahrvorgang durchzuführen.

[0072] In diesem Fall können Tabelleninformationen, die zuvor über die Defokussierausmaße erstellt wurden, wenn der vorstehende Abstand **Z** oder Abstand **A** innerhalb des Bereichs liegt, in dem abgeschätzt wird, dass das Lenkrad bedient werden kann (von dem vorgenannten Abstand **E₁** bis zum Abstand **E₂**, oder von dem vorgenannten Abstand **D₁** bis zum Abstand **D₂**) (einschließlich des Defokussierausmaßes d_1 in dem Abstand **E₁** oder **D₁**, und des Defokussierausmaßes d_2 im Abstand **E₂** oder **D₂**), zuvor in dem Tabelleninformationsspeicherteil **15b** gespeichert werden, und durch Auslesen der Tabelleninformationen über das Defokussierausmaß in der vorstehenden Entscheidung, um eine Vergleichsoperation

durchzuführen, kann die Entscheidung getroffen werden.

[0073] Mittels der Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung **10** gemäß der Ausführungsform wird unter Verwendung der Bilder von unterschiedlichen Unschärfezuständen des Kopfes des Fahrers **30**, die von der monokularen Kamera **11** aufgenommen wurden, der Kopf des Fahrers **30A** in dem Bild **11c** ermittelt, das Defokussierausmaß des ermittelten Kopfes des Fahrers **30A** in dem Bild **11c** ermittelt und unter Verwendung des Defokussierausmaßes der Abstand **Z** vom Kopf des auf dem Fahrersitz **31** sitzenden Fahrers **30** zur monokularen Kamera **11** abgeschätzt. Daher kann, ohne eine Mittelposition des Gesichtsbereichs in dem Bild **11c** zu erhalten, der Abstand **Z** basierend auf dem Defokussierausmaß **d** des Kopfes des Fahrers **30A** in dem Bild **11c** abgeschätzt werden, und unter Verwendung des geschätzten Abstandes **Z** kann der Zustand wie eine Position und Haltung des auf dem Fahrersitz **31** sitzenden Fahrers **30** abgeschätzt werden.

[0074] Unter Verwendung der Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung **10** kann ohne Montage eines weiteren Sensors zusätzlich zur monokularen Kamera **11** der vorstehend beschriebene Abstand **Z** oder Abstand **A** zum Fahrer abgeschätzt werden, was zu einer Vereinfachung der Vorrichtungskonstruktion führt. Und da wie vorstehend beschrieben kein weiterer Sensor montiert werden muss, sind keine zusätzlichen Arbeiten erforderlich, die mit dessen Montage einhergehen, was zu einer Reduzierung der Belastung für die CPU **12**, Minimierung der Vorrichtung und Kostenreduzierung führt.

[0075] In dem Tabelleninformationsspeicherteil **15b** werden die Tabelleninformationen, die die Übereinstimmung des Defokussierausmaßes des von der monokularen Kamera **11** aufzunehmenden Bildes des Fahrers (Subjekts) und des Abstandes vom Fahrer (Subjekt) zur monokularen Kamera **11** anzeigen, gespeichert und das von dem Defokussierausmaßermittlungsabschnitt **24** ermittelte Defokussierausmaß **d** und die aus dem Tabelleninformationsspeicherteil **15b** gelesenen Tabelleninformationen verglichen, um den Abstand **Z** vom Kopf des Fahrers **30**, der auf dem Fahrersitz **31** sitzt, zur monokularen Kamera **11** abzuschätzen. Durch Anpassen des Defokussierausmaßes **d** an die Tabelleninformationen kann der Abstand **Z** von dem Kopf des Fahrers **30**, der auf dem Fahrersitz **31** sitzt, zu der monokularen Kamera **11** schnell abgeschätzt werden, ohne dass der Betrieb belastet wird.

[0076] Unter Verwendung des durch den Abstandsabschätzungsabschnitt **25** abgeschätzten Abstandes **Z** wird der Abstand **A** vom Lenkrad **32** zum Fahrer **30** geschätzt, um die Entscheidung zu ermöglichen, ob sich der auf dem Fahrersitz **31** sitzende Fahrer **30** in

einem Zustand befindet, in dem er das Lenkrad bedienen kann, was zu einer angemessenen Überwachung des Fahrers **30** führt.

[0077] Durch die Montage der Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung **10** am automatischen Fahrzeugbetriebssystem **1** wird es möglich, dass der Fahrer den automatischen Fahrzeugbetrieb angemessen überwachen kann. Selbst wenn eine Situation eintritt, in der die Fahrsteuerung durch automatischen Fahrzeugbetrieb schwierig durchzuführen ist, kann die Umschaltung auf manuellen Fahrzeugbetrieb schnell und sicher durchgeführt werden, was zu einer Erhöhung der Sicherheit des automatischen Fahrzeugbetriebssystems **1** führt.

(Ergänzung 1)

[0078] Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung zum Abschätzen eines Zustands eines Fahrers mittels eines aufgenommenen Bildes, umfassend:

einen Abbildungsabschnitt, der ein Bild eines Fahrers, der auf einem Fahrersitz sitzt, aufnehmen kann;

mindestens einen Speicherabschnitt; und

mindestens einen Hardwareprozessor,

wobei der mindestens eine Speicherabschnitt umfasst

einen Bildspeicherteil zum Speichern des von dem Abbildungsabschnitt aufgenommenen Bildes, und

wobei der mindestens eine Hardwareprozessor umfasst

einen Speicherbefehlerteilungsabschnitt, um es dem Bildspeicherteil zu ermöglichen, das von dem Abbildungsabschnitt aufgenommene Bild zu speichern,

einen Lesebefehlerteilungsabschnitt zum Lesen des Bildes aus dem Bildspeicherteil, in dem der Fahrer abgebildet ist,

einen Kopfermittlungsabschnitt zum Ermitteln eines Kopfes des Fahrers in dem vom Bildspeicherteil gelesenen Bild,

einen Defokussierausmaßermittlungsabschnitt zum Ermitteln eines Defokussierausmaßes des Kopfes des Fahrers in dem durch den Kopfermittlungsabschnitt ermittelten Bild, und

einen Abstandsabschätzungsabschnitt zum Abschätzen eines Abstands vom Kopf des auf dem Fahrersitz sitzenden Fahrers zum Abbildungsabschnitt unter Verwendung des vom Defokussierausmaßermittlungsabschnitt ermittelten Defokussierausmaßes.

(Ergänzung 2)

[0079] Fahrerzustandsabschätzungsverfahren unter Verwendung einer Vorrichtung, die umfasst einen Abbildungsabschnitt, der ein Bild eines Fahrers, der auf einem Fahrersitz sitzt, aufnehmen kann, mindestens einen Speicherabschnitt, und mindestens einen Hardwareprozessor, der einen Zustand des auf dem Fahrersitz sitzenden Fahrers abschätzt, wobei der mindestens eine Hardwareprozessor die Schritte ausführt, die umfassen:

Erteilen eines Speicherbefehls, um es dem Bildspeicherteil zu ermöglichen, das von dem Abbildungsabschnitt aufgenommene Bild zu speichern;

Erteilen eines Lesebefehls zum Lesen des Bildes aus dem Bildspeicherteil, in dem der Fahrer abgebildet ist,

Ermitteln eines Kopfes des Fahrers in dem vom Bildspeicherteil gelesenen Bild,

Ermitteln eines Defokussierausmaßes des Kopfes des Fahrers in dem Bild, das in dem Schritt des Ermittelns des Kopfes ermittelt wurde; und

Abschätzen eines Abstands vom Kopf des auf dem Fahrersitz sitzenden Fahrers zum Abbildungsabschnitt unter Verwendung des im Schritt der Defokussierausmaßermittlung ermittelten Defokussierausmaßes.

15b:	Tabelleninformationsspeicherteil
16:	1/F
17:	Kommunikationsbus
21:	Speicherbefehlerteilungsabschnitt
22:	Lesebefehlerteilungsabschnitt
23:	Kopfermittlungsabschnitt
24:	Defokussierausmaßermittlungsabschnitt
25:	Abstandsabschätzungsabschnitt
26:	Fahrbetriebsmöglichkeitentscheidungsabschnitt
30, 30A:	Fahrer
31:	Fahrersitz
32:	Lenkrad
40:	HMI
50:	Automatische Fahrzeugbetriebssteuervorrichtung
60:	Kommunikationsbus

INDUSTRIELLE ANWENDBARKEIT

[0080] Die vorliegende Erfindung kann auf ein automatisches Fahrzeugbetriebssystem, in dem ein Zustand eines Fahrers überwacht werden muss, undergleichen, hauptsächlich im Bereich der Automobilindustrie, weitestgehend angewendet werden.

Bezugszeichenliste

- 1:** Automatisches Fahrzeugbetriebssystem
- 10:** Fahrerzustandsabschätzungsvorrichtung
- 11:** Monokulare Kamera
- 11a:** Objektivsystem
- 11b:** Abbildungselement
- 11c:** Bild
- 12:** CPU
- 13:** ROM
- 14:** RAM
- 15:** Speicherabschnitt
- 15a:** Bildspeicherteil

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2014218140 [0008]

Patentansprüche

1. Fahrerzustandsabschätzungsgeräte zum Abschätzen eines Zustands eines Fahrers mittels eines aufgenommenen Bildes, umfassend:
 einen Abbildungsabschnitt, der ein Bild eines Fahrers, der auf einem Fahrersitz sitzt, aufnehmen kann; und
 mindestens einen Hardwareprozessor, wobei der mindestens eine Hardwareprozessor umfasst
 einen Kopfermittlungsabschnitt zum Ermitteln eines Kopfes des Fahrers in dem vom Abbildungsabschnitt aufgenommenen Bild,
 einen Defokussierausmaßermittlungsabschnitt zum Ermitteln eines Defokussierausmaßes des Kopfes des Fahrers in dem durch den Kopfermittlungsabschnitt ermittelten Bild, und
 einen Abstandsabschätzungsabschnitt zum Abschätzen eines Abstands vom Kopf des auf dem Fahrersitz sitzenden Fahrers zum Abbildungsabschnitt unter Verwendung des vom Defokussierausmaßermittlungsabschnitt ermittelten Defokussierausmaßes.

2. Fahrerzustandsabschätzungsgeräte nach Anspruch 1, umfassend:
 einen Tabelleninformationsspeicherteil zum Speichern von Tabelleninformationen, die eine Korrelation zwischen dem Abstand vom Kopf des auf dem Fahrersitz sitzenden Fahrers zum Abbildungsabschnitt und dem Defokussierausmaß des von dem Abbildungsabschnitt aufzunehmenden Bildes des Fahrers zeigt, wobei
 der Abstandabschätzungsabschnitt das vom Defokussierausmaßermittlungsabschnitt ermittelte Defokussierausmaß mit den aus dem Tabelleninformationsspeicherteil gelesenen Tabelleninformationen vergleicht, um den Abstand vom Kopf des auf dem Fahrersitz sitzenden Fahrers zum Abbildungsabschnitt abzuschätzen.

3. Fahrerzustandsabschätzungsgeräte nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Abstandsabschätzungsabschnitt den Abstand vom Kopf des auf dem Fahrersitz sitzenden Fahrers zum Abbildungsabschnitt unter Berücksichtigung von Größenänderungen eines Gesichtsbereichs des Fahrers, die in einer Vielzahl von von dem Abbildungsabschnitt aufgenommenen Bildern ermittelt wurden, abschätzt.

4. Fahrerzustandsabschätzungsgeräte nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei
 der mindestens eine Hardwareprozessor umfasst
 einen Fahrbetriebsmöglichkeitsentscheidungsabschnitt zum Entscheiden darüber, ob sich der auf dem Fahrersitz sitzende Fahrer in einem Zustand befindet, in dem er einen Fahrbetrieb durchführen kann, unter Verwendung des durch den Abstandsabschätzungsabschnitt abgeschätzten Abstands.

5. Fahrerzustandsabschätzungsgeräte nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Abbildungsabschnitt Bilder von verschiedenen Unschärfezuständen des Kopfes des Fahrers entsprechend Veränderungen in Position und Haltung des auf dem Fahrersitz sitzenden Fahrers aufnehmen kann.

6. Fahrerzustandsabschätzungsverfahren unter Verwendung einer Vorrichtung, die umfasst
 einen Abbildungsabschnitt, der ein Bild eines Fahrers, der auf einem Fahrersitz sitzt, aufnehmen kann, und
 mindestens einen Hardwareprozessor, der einen Zustand des auf dem Fahrersitz sitzenden Fahrers abschätzt, wobei der mindestens eine Hardwareprozessor die Schritte ausführt, die umfassen:
 Ermitteln eines Kopfes des Fahrers in dem vom Abbildungsabschnitt aufgenommenen Bild;
 Ermitteln eines Defokussierausmaßes des Kopfes des Fahrers in dem Bild, das in dem Schritt des Ermitteln des Kopfes ermittelt wurde; und
 Abschätzen eines Abstands vom Kopf des auf dem Fahrersitz sitzenden Fahrers zum Abbildungsabschnitt unter Verwendung des im Schritt der Defokussierausmaßermittlung ermittelten Defokussierausmaßes.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Fig.1

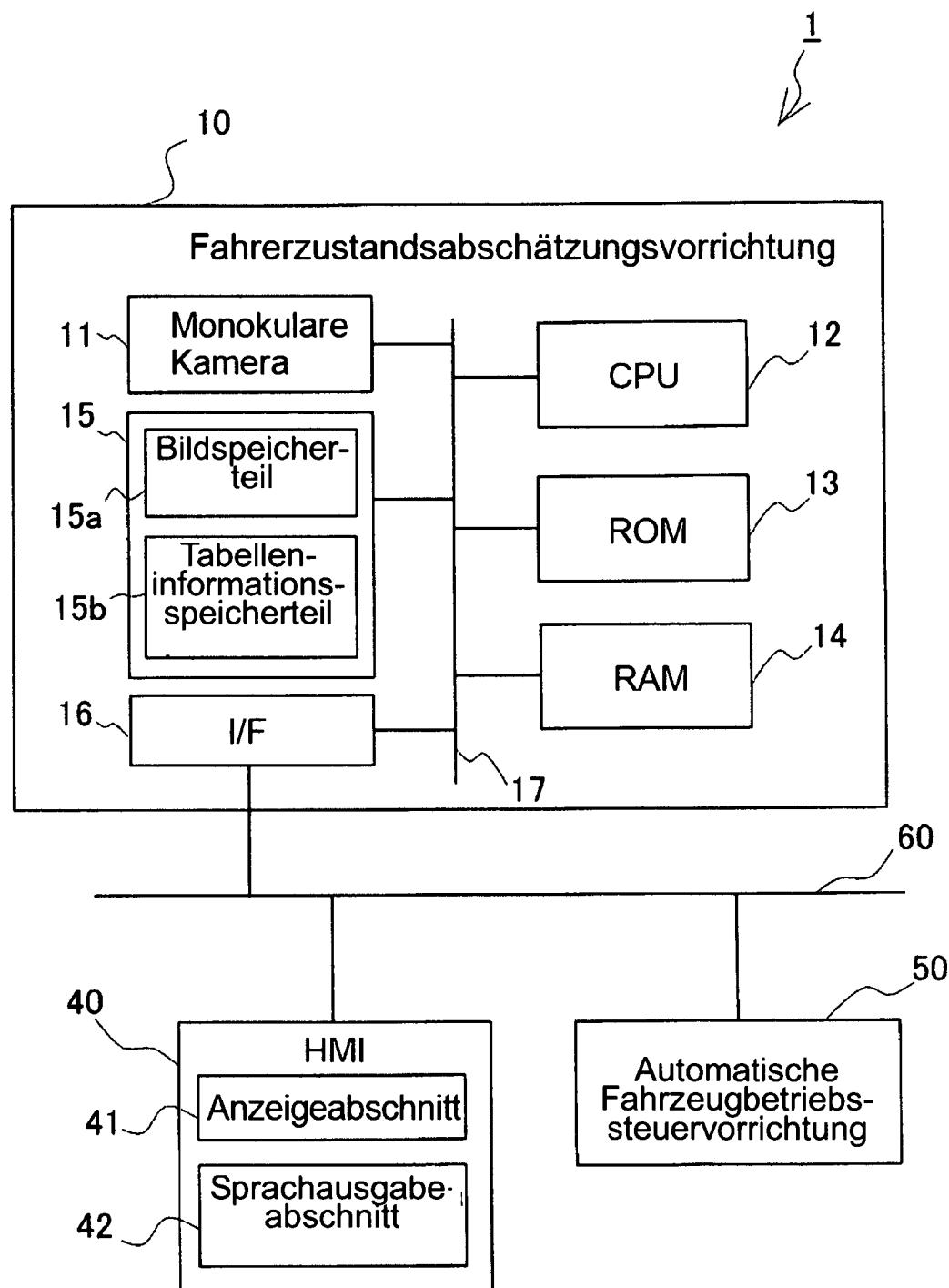


Fig.2

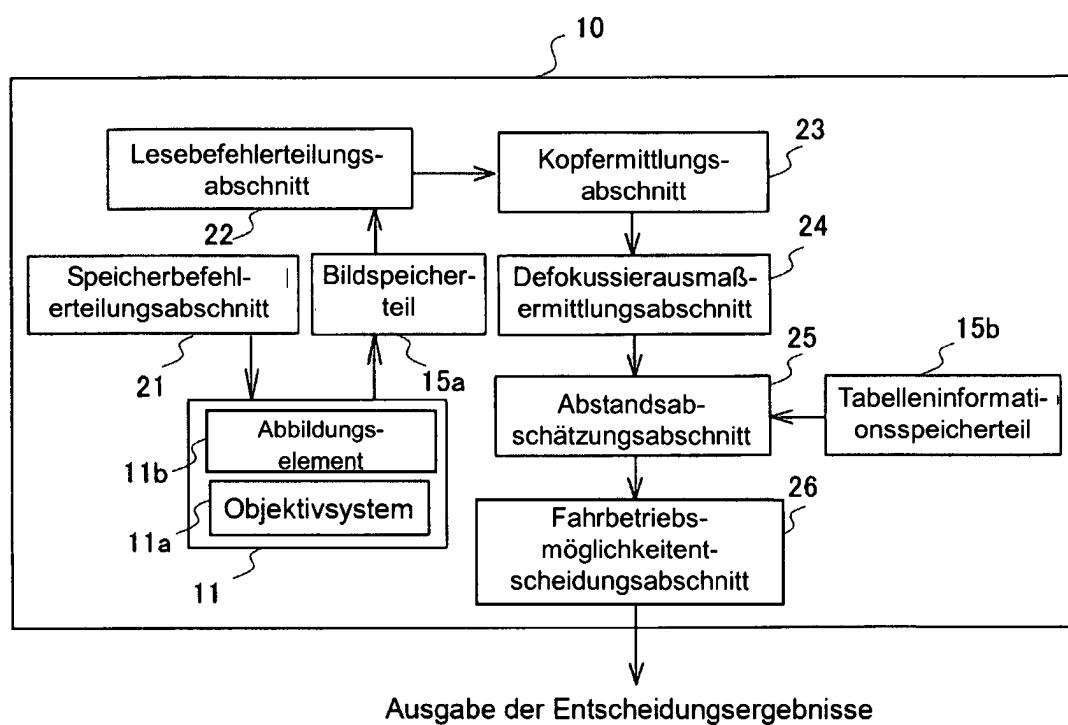


Fig.3

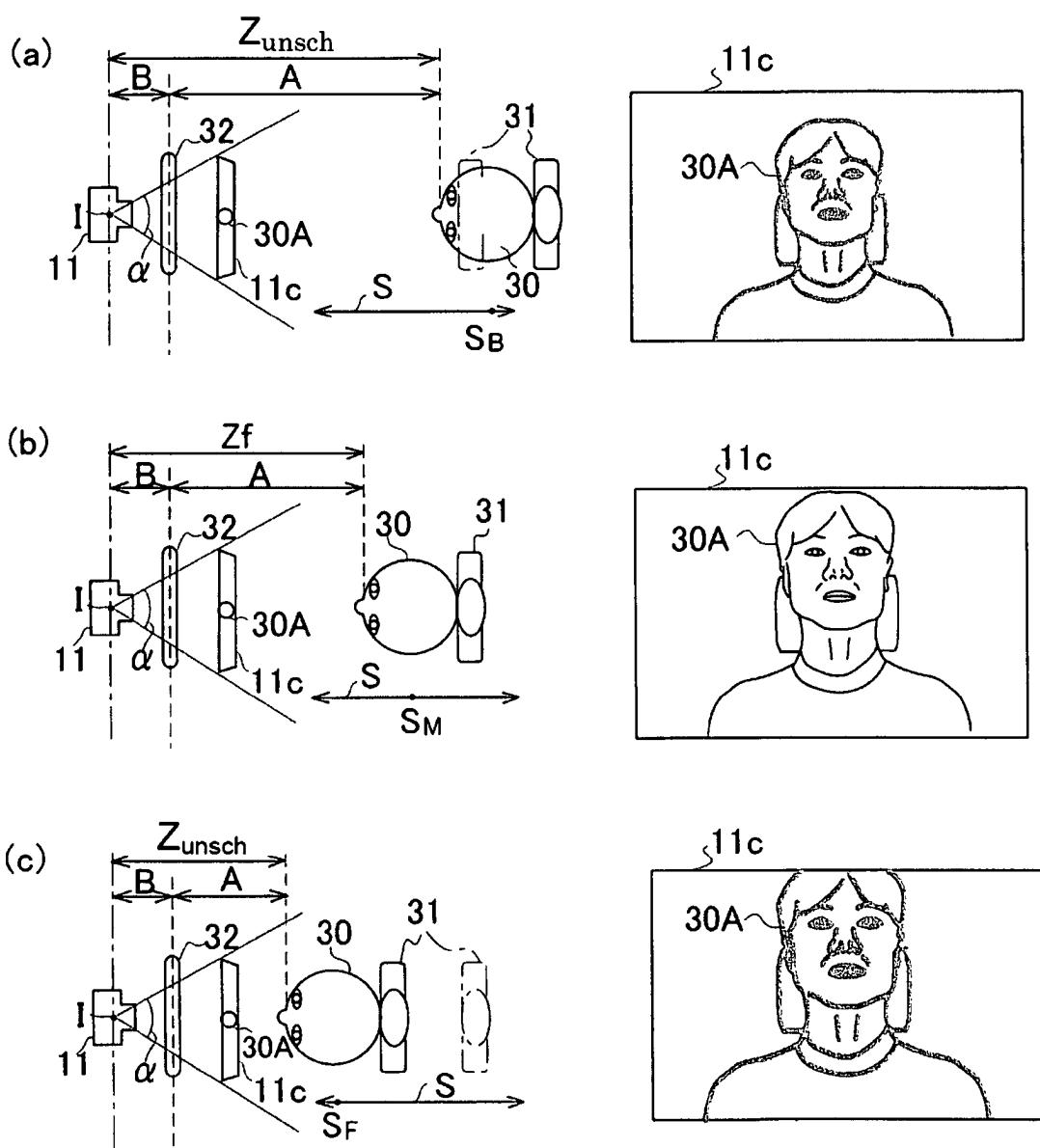


Fig. 4

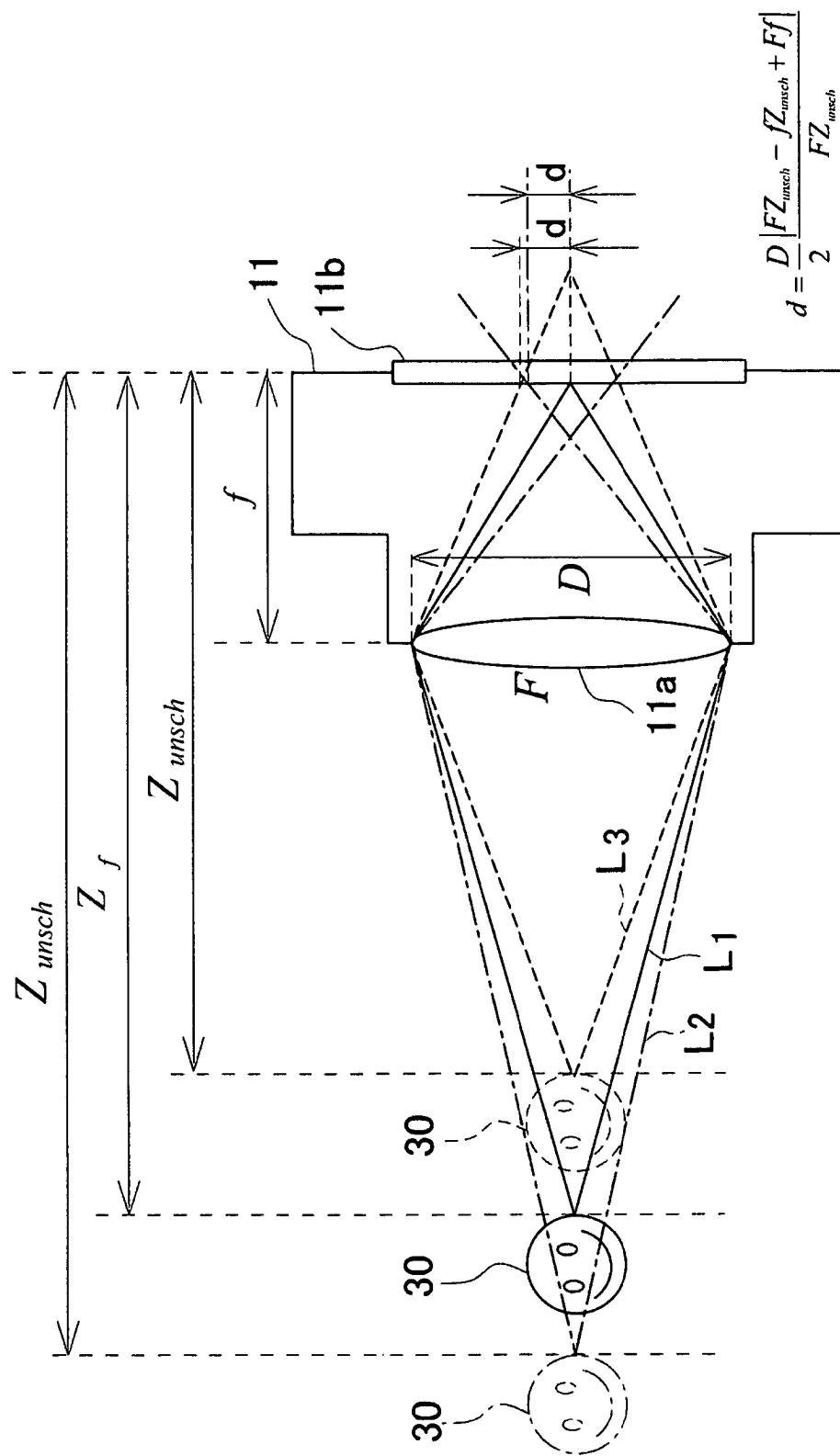


Fig.5

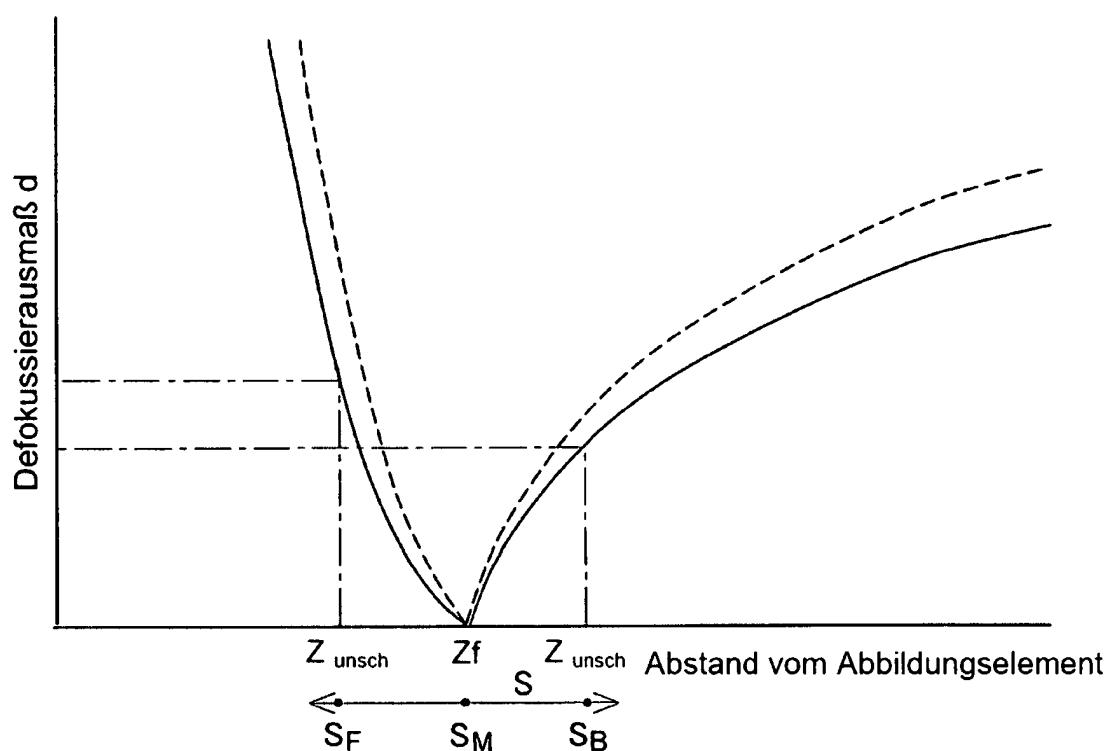


Fig.6

