



(10) **DE 11 2022 001 065 T5** 2023.12.28

(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2022/172724**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2022 001 065.7**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2022/002127**
(86) PCT-Anmeldetag: **21.01.2022**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **18.08.2022**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **28.12.2023**

(51) Int Cl.: **A61B 3/113** (2006.01)
A61B 5/18 (2006.01)
B60R 1/29 (2022.01)
G06V 20/59 (2022.01)

(30) Unionspriorität:
2021-020377 **12.02.2021** **JP**
(71) Anmelder:
Sony Semiconductor Solutions Corporation,
Atsugi-shi, Kanagawa, JP

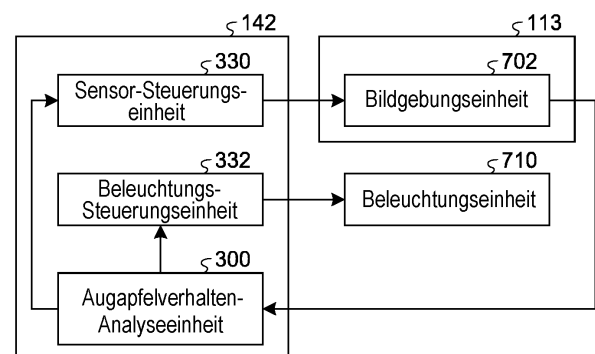
(74) Vertreter:
Müller Hoffmann & Partner Patentanwälte mbB,
81541 München, DE
(72) Erfinder:
Oba, Eiji, Atsugi-shi, Kanagawa, JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **INFORMATIONSVERARBEITUNGSEINRICHTUNG,**
INFORMATIONSVERARBEITUNGSVERFAHREN UND INFORMATIONSVERARBEITUNGSPROGRAMM

(57) Zusammenfassung: Bereitgestellt wird eine Informationsverarbeitungseinrichtung, die einen Ereignis-Vision-Sensor (400) enthält, der das Innere eines mobilen Körpers abbildet, und eine Sensor-Steuerungseinheit (330), die den Ereignis-Vision-Sensor steuert. Der Ereignis-Vision-Sensor umfasst eine Pixel-Arrayeinheit (500), die eine Vielzahl von Pixeln enthält, die in einer Matrix in einem Array angeordnet sind, und eine Ereignis-Detektionseinheit (508), die detektiert, dass ein Luminanz-Änderungsbetrag aufgrund von einfallendem Licht einen vorbestimmten Schwellenwert in den Pixeln überschritten hat. Die Sensor-Steuerungseinheit ändert einen Wert des vorbestimmten Schwellenwerts, wenn mit dem Ereignis-Vision-Sensor ein Augapfelverhalten eines auf einem Fahrersitz des mobilen Körpers sitzenden Fahrers erfasst wird.



Beschreibung**Zitatliste****Gebiet****Patentliteratur**

[0001] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf eine Informationsverarbeitungseinrichtung, ein Informationsverarbeitungsverfahren und ein Informationsverarbeitungsprogramm.

[0004] Patentliteratur 1: WO 2017/195405 A

Zusammenfassung**Technisches Problem****Hintergrund**

[0002] Seit kurzem wird eine Technologie für automatisches Fahren aktiv entwickelt, bei der ein Fahrzeugsteuersystem (ein Informationsverarbeitungssystem) ein Fahrzeug steuert. Auch wenn die Technologie für automatisches Fahren weit verbreitet ist, erwartet man, dass eine Situation eintritt, in der ein Abschnitt für automatisches Fahren, bei dem es sich um einen Straßenabschnitt handelt, in dem das System eine Steuerung zum automatischen Fahren autonom durchführen kann, und ein Abschnitt für manuelles Fahren, bei dem es sich um einen Straßenabschnitt handelt, in dem das automatische Fahren nicht erlaubt ist, je nach tatsächlicher Situation der Instandhaltung der Straßeninfrastruktur oder dergleichen vermischt werden. Das heißt, es kann nicht nur eine Situation, in der ein automatisches Fahren (engl.: automatic driving traveling) vom System vollständig autonom kontinuierlich durchgeführt wird, sondern auch eine Situation eintreten, in der ein oben erläuteter Modus für automatisches Fahren bzw. ein automatischer Fahrmodus auf einen Modus für manuelles Fahren bzw. manuellen Fahrmodus, bei dem der Fahrer den Lenkvorgang durchführt bzw. lenkt, umgeschaltet werden muss.

[0005] Da es sich bei den Verhaltensweisen eines Augapfels wie etwa Mikrosakkaden und einem Tremor um Bewegungen mit hoher Geschwindigkeit handelt, ist es im Übrigen schwierig, solche Verhaltensweisen eines Augapfels sehr genau zu beobachten. Deshalb ist es denkbar, die Verhaltensweisen eines Augapfels unter Verwendung eines Ereignis-Vision-Sensors (engl.: event vision sensor (EVS)) zu beobachten, der das Konzept einer Einzelbild- bzw. Frame-Rate nicht aufweist. Jedoch ist es schwierig, eine Zunahme der Datenmenge zu vermeiden, indem einfach der EVS zur Beobachtung der Verhaltensweisen eines Augapfels verwendet wird. Ferner gibt es eine Grenze beim genauen Beobachten der Verhaltensweisen eines Augapfels.

[0006] Daher schlägt die vorliegende Offenbarung eine Informationsverarbeitungseinrichtung, ein Informationsverarbeitungsverfahren und ein Informationsverarbeitungsprogramm vor, die imstande sind, ein Augapfelverhalten genau zu beobachten, während eine Zunahme der Datenmenge unterdrückt wird.

Lösung für das Problem

[0003] Wenn der automatische Fahrmodus auf diese Weise auf den manuellen Fahrmodus umgeschaltet wird, um das Auslösen eines Unfalls oder dergleichen zu vermeiden, ist es wünschenswert, dass die Systemseite eine Reaktionsstufe für eine Rückkehr (engl.: return response level) des Fahrers in den manuellen Fahrmodus bestimmt und der Schaltvorgang nur ausgeführt wird, wenn bestimmt wurde, dass eine Rückkehr in den manuellen Fahrmodus möglich ist. Daher ist es in dem oben erläuterten System beispielsweise denkbar, als eines der Bestimmungsmittel für die Reaktionsstufe für eine Rückkehr ein Mittel zu verwenden, um einen Wachheitsgrad bzw. eine Wachheitsstufe des Fahrers zu detektieren, indem das Augen- bzw. Augapfelverhalten analysiert wird, bei dem man davon ausgeht, dass es ein Ergebnis einer Aktivität wie etwa die Erkennung eines menschlichen Gehirns widerspiegelt, und die Reaktionsstufe für eine Rückkehr in den manuellen Fahrmodus bestimmt wird.

[0007] Gemäß der vorliegenden Offenbarung wird eine Informationsverarbeitungseinrichtung bereitgestellt, die umfasst: einen Ereignis-Vision-Sensor, der ein Inneres eines mobilen Körpers abbildet; und eine Sensor-Steuerungseinheit, die den Ereignis-Vision-Sensor steuert. In der Informationsverarbeitungseinrichtung umfasst der Ereignis-Vision-Sensor: eine Pixel-Arrayeinheit, die eine Vielzahl von Pixeln enthält, die in einer Matrix in einem Array angeordnet sind; und eine Ereignis-Detektionseinheit, die detektiert, dass ein Luminanz-Änderungsbetrag aufgrund von einfallendem Licht einen vorbestimmten Schwellenwert in den Pixeln überschritten hat, und die Sensor-Steuerungseinheit ändert einen Wert des vorbestimmten Schwellenwerts, wenn mit dem Ereignis-Vision-Sensor das Augapfelverhalten eines auf einem Fahrersitz des mobilen Körpers sitzenden Fahrers erfasst wird.

[0008] Darüber hinaus wird gemäß der vorliegenden Offenbarung ein Informationsverarbeitungsverfahren bereitgestellt, das in einer Informationsverarbeitungseinrichtung ausgeführt wird. Die Informationsverarbeitungseinrichtung umfasst: einen Ereignis-

Vision-Sensor, der das Innere eines mobilen Körpers abbildet; und eine Sensor-Steuerungseinheit, die den Ereignis-Vision-Sensor steuert. Der Ereignis-Vision-Sensor umfasst: eine Pixel-Arrayeinheit, die eine Vielzahl von Pixeln enthält, die in einer Matrix in einem Array angeordnet sind; und eine Ereignis-Detektionseinheit, die detektiert, dass ein Luminanz-Änderungsbetrag aufgrund von einfallendem Licht einen vorbestimmten Schwellenwert in den Pixeln überschritten hat. Das Informationsverarbeitungsverfahren umfasst das Ändern eines Werts des vorbestimmten Schwellenwerts, wenn mit dem Ereignis-Vision-Sensor das Augapfelverhalten eines auf einem Fahrersitz des mobilen Körpers sitzenden Fahrers erfasst wird.

[0009] Darüber hinaus wird gemäß der vorliegenden Offenbarung ein Informationsverarbeitungsprogramm bereitgestellt, um einen Computer zu veranlassen, eine Steuerungsfunktion eines Ereignis-Vision-Sensors auszuführen, der das Innere eines mobilen Körpers abbildet. Der Ereignis-Vision-Sensor umfasst: eine Pixel-Arrayeinheit, die eine Vielzahl von Pixeln enthält, die in einer Matrix in einem Array angeordnet sind; und eine Ereignis-Detektionseinheit, die detektiert, dass ein Luminanz-Änderungsbetrag aufgrund von einfallendem Licht einen vorbestimmten Schwellenwert in den Pixeln überschritten hat. Das Informationsverarbeitungsprogramm veranlasst den Computer, eine Funktion zum Ändern eines Werts des vorbestimmten Schwellenwerts auszuführen, wenn mit dem Ereignis-Vision-Sensor das Augapfelverhalten eines auf einem Fahrersitz des mobilen Körpers sitzenden Fahrers erfasst wird.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 ist ein erläuterndes Diagramm, um ein Beispiel für die Stufen für automatisches Fahren zu erläutern.

Fig. 2 ist ein Flussdiagramm, um ein Beispiel für das Fahren gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zu erläutern.

Fig. 3 ist ein erläuterndes Diagramm, um ein Beispiel für einen Übergang der Stufen für automatisches Fahren gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zu erläutern.

Fig. 4 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel für eine Überwachungsoperation gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht.

Fig. 5 ist ein erläuterndes Diagramm, um ein Beispiel einer detaillierten Konfiguration eines Fahrzeugsteuerungssystems 100 gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zu erläutern.

Fig. 6 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für eine Installationsposition einer Bildgebungsvorrich-

tung veranschaulicht, die in einer Sensoreinheit 113 enthalten ist.

Fig. 7 ist ein erläuterndes Diagramm, um ein Beispiel verschiedener Sensoren zu erläutern, die in der Sensoreinheit 113 enthalten sind.

Fig. 8 ist ein erläuterndes Diagramm, um ein Beispiel einer Einheit zu erläutern, die eine Bestimmung einer Wachheitsstufe eines Fahrers gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung ausführt.

Fig. 9 ist ein erläuterndes Diagramm, um Details eines Betriebsbeispiels einer Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zu erläutern.

Fig. 10 ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel einer Konfiguration eines EVS 400 veranschaulicht, der in der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung verwendet wird.

Fig. 11 ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel einer Konfiguration eines Pixels 502 veranschaulicht, das sich in einer Pixel-Arrayeinheit 500 im in **Fig. 10** veranschaulichten EVS 400 befindet.

Fig. 12 ist ein erläuterndes Diagramm (Teil 1), um Installationspositionen von Bildgebungsvorrichtungen 700 und 702 gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zu erläutern.

Fig. 13 ist ein erläuterndes Diagramm (Teil 2), um die Installationspositionen der Bildgebungsvorrichtungen 700 und 702 gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zu erläutern.

Fig. 14 ist ein erläuterndes Diagramm (Teil 3), um die Installationspositionen der Bildgebungsvorrichtungen 700 und 702 gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zu erläutern.

Fig. 15 ist ein erläuterndes Diagramm, um ein Beispiel einer Einheit zu erläutern, die eine Beobachtung des Augapfelverhaltens des Fahrers gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung ausführt.

Fig. 16 ist ein Flussdiagramm (Teil 1), um ein Beispiel eines Informationsverarbeitungsverfahrens gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zu erläutern.

Fig. 17 ist ein Flussdiagramm (Teil 2), um das Beispiel des Informationsverarbeitungsverfahrens gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zu erläutern.

Fig. 18 ist ein erläuterndes Diagramm, um ein Beispiel von mittels der Bildgebungsvorrichtung

702 beobachteten Beobachtungsdaten zu erläutern.

Fig. 19 ist ein erläuterndes Diagramm, um eine Teilkonfiguration eines Fahrzeugsteuersystems 100 zum Ausführen einer Bestimmungsverarbeitung für eine Wachheitsstufe des Fahrers zu erläutern.

Fig. 20 ist ein erläuterndes Diagramm, um ein Beispiel für eine Trajektorie des Augapfelverhaltens des Fahrers zu der Zeit, zu der ein visuelles Problem, bei dem Informationen betrachtet werden, präsentiert wird, zu erläutern.

Fig. 21 ist ein Flussdiagramm (Teil 1) eines Informationsverarbeitungsverfahrens einer Verarbeitung zur Bestimmung der Wachheitsstufe für den Fahrer.

Fig. 22 ist ein Flussdiagramm (Teil 2) des Informationsverarbeitungsverfahrens der Verarbeitung zur Bestimmung der Wachheitsstufe für den Fahrer.

Fig. 23 ist ein Diagramm einer Hardware-Konfiguration, das ein Beispiel eines Computers 1000 veranschaulicht, der zumindest einen Teil der Funktionen einer Einheit 112 zur Steuerung des automatischen Fahrens implementiert.

Beschreibung der Ausführungsformen

[0010] Mit Verweis auf die beiliegenden Zeichnungen werden im Folgenden bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung im Detail erläutert. Man beachte, dass in der vorliegenden Beschreibung und den Zeichnungen Komponenten mit im Wesentlichen denselben funktionalen Konfigurationen mit denselben Bezugsziffern und -zeichen bezeichnet sind, wodurch eine redundante Erläuterung der Komponenten weggelassen wird.

[0011] Man beachte, dass in der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung als ein Beispiel ein Fall beschrieben wird, bei dem die vorliegende Offenbarung auf das automatische Fahren eines Automobils angewendet wird. Jedoch ist die Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung nicht darauf beschränkt, auf das Automobil angewendet zu werden, und kann auf mobile Körper wie etwa ein Automobil, ein Elektrofahrzeug, ein Hybrid-Elektrofahrzeug, ein Motorrad, eine Einrichtung für persönliche Mobilität, ein Flugzeug, ein Schiff, eine Baumaschine und eine landwirtschaftliche Maschine (ein Traktor) angewendet werden. Ferner wird in der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung angenommen, dass ein Lenkmodus der mobilen Körper zwischen einem manuellen Fahrmodus und einem automatischen Fahrmodus zum automatischen Ausführen einer oder mehrerer Fahraufgaben umschaltbar ist. Außerdem ist die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht darauf beschränkt, auf

die mobilen Körper angewendet zu werden, und kann weitgefasst für eine automatische Steuerungsvorrichtung, bei der ein überwachender Bediener gegebenenfalls eingreifen muss, verwendet werden.

[0012] Man beachte, dass die Erläuterung in der folgenden Reihenfolge vorgenommen wird.

1. Beispiel für die Stufen für automatisches Fahren
2. Beispiel für das Fahren
3. Beispiel für einen Übergang der Stufen für automatisches Fahren
4. Überwachungsbeispiele
5. Detaillierte Konfiguration eines Fahrzeugsteuersystems
6. Schematische Konfiguration einer Sensoreinheit 113
7. Schematische Konfiguration einer Einheit, die die Bestimmung einer Wachheitsstufe eines Fahrers ausführt
8. Betriebsbeispiel für einer Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300
9. Hintergrund, der zur Schaffung einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung führt
- 9.1 Verwendung eines EVS
- 9.2 EVS
- 9.3 Hintergrund, der zur Schaffung der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung führt
10. Ausführungsform
- 10.1 Installationsposition
- 10.2 Konfiguration einer Einheit
- 10.3 Informationsverarbeitungsverfahren
- 10.4 Beispiel
11. Zusammenfassung
12. Hardware-Konfiguration
13. Ergänzung

«1. Beispiel einer Stufe für automatisches Fahren»

[0013] Bevor Details einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung erläutert werden, werden zunächst Stufen für automatisches Fahren (engl.: automatic driving levels) einer Technologie zum automatischen Fahren mit Verweis auf **Fig. 1** erläutert. **Fig. 1** ist ein erläuterndes Diagramm, um ein Beispiel der Stufen für automatisches Fahren zu erläutern. **Fig. 1** veranschaulicht von der SAE (Society of Automotive Engineers) definierte Stufen für automatisches Fahren. Man beachte, dass in der folgenden Erläuterung grundsätzlich auf die von

der SAE definierten Stufen für automatisches Fahren Bezug genommen wird. Beim Studium der in **Fig. 1** veranschaulichten Stufen für automatisches Fahren werden jedoch die Probleme und die Gültigkeit in dem Fall, in dem die Technologie für automatisches Fahren weit verbreitet ist, nicht gründlich untersucht. Daher gibt es in der folgenden Erläuterung basierend auf diesen Problemen und dergleichen einige Bereiche, die durch eine Interpretation, wie in der SAE definiert, nicht notwendigerweise erläutert werden.

[0014] In der vorliegenden Beschreibung wird das Fahren mit einem Fahrzeug nicht grob in die zwei Arten des manuellen Fahrens und des automatischen Fahrens, die oben erläutert wurden, unterteilt, sondern wird es in Stufen entsprechend Inhalten von Aufgaben klassifiziert, die von einer Systemseite automatisch ausgeführt werden. Wie in **Fig. 1** veranschaulicht ist, wird beispielsweise angenommen, dass die Stufen für automatisches Fahren in beispielsweise fünf Stufen von Level bzw. Stufe 0 bis zu einer Stufe 4 klassifiziert sind (man beachte, dass, wenn eine Stufe, bei der unbemanntes automatisches Fahren möglich ist, einbezogen wird, in sechs Stufen klassifiziert wird). Zunächst handelt es sich bei der Stufe 0 für automatisches Fahren um manuelles Fahren ohne eine Fahrunterstützung bzw. -assistenz durch ein Fahrzeugsteuerungssystem (direktes Lenken beim Fahren durch einen Fahrer). Der Fahrer führt alle Fahraufgaben aus und führt auch die Überwachung in Bezug auf sicheres Fahren (zum Beispiel eine Aktion zum Vermeiden einer Gefahr) aus.

[0015] Als Nächstes handelt es sich bei der Stufe 1 für automatisches Fahren um manuelles Fahren (direktes Lenken beim Fahren), bei dem eine Fahrassistenz (automatische Bremse, ACC (Adaptive Cruise Control; adaptive Tempomatsteuerung), LKAS (Lane Keeping Assistant System; Spurhalte-Assistenzsystem) und dergleichen) vom Fahrzeugsteuerungssystem ausgeführt werden kann. In der Stufe 1 für automatisches Fahren führt der Fahrer alle Fahraufgaben mit Ausnahme einer unterstützten Einzelfunktion aus und führt auch die Überwachung in Bezug auf sicheres Fahren aus.

[0016] Als Nächstes wird auf die Stufe 2 für automatisches Fahren auch als „Teilautomatisierung beim Fahren“ verwiesen. In der Stufe 2 für automatisches Fahren führt das Fahrzeugsteuerungssystem unter einer bestimmten Bedingung eine Unteraufgabe einer Fahraufgabe in Bezug auf die Fahrzeugsteuerung in sowohl der Front-Heck-Richtung bzw. Längsrichtung als auch der Links-Rechts-Richtung bzw. Querrichtung des Fahrzeugs aus. In der Stufe 2 für automatisches Fahren steuert beispielsweise das Fahrzeugsteuerungssystem sowohl den Lenkvorang bzw. Lenkbetrieb als auch die Beschleunigung und Abbremsung in Kooperation (zum Beispiel in

Kooperation mit dem ACC und dem LKAS). Selbst in der Stufe 2 für automatisches Fahren ist jedoch das Subjekt für die Ausführung der Fahraufgabe grundsätzlich der Fahrer und ist das Subjekt für die Überwachung in Bezug auf sicheres Fahren ebenfalls der Fahrer.

[0017] Auf die Stufe 3 für automatisches Fahren wird auch als „bedingtes automatisches Fahren“ verwiesen. In der Stufe 3 für automatisches Fahren kann das Fahrzeugsteuerungssystem all die Fahrausgaben in einem begrenzten Bereich ausführen, in dem Bedingungen erfüllt sind, um zu ermöglichen, dass das Fahrzeugsteuerungssystem mit am Fahrzeug eingebauten Funktionen Maßnahmen ergreift. In der Stufe 3 für automatisches Fahren ist das Subjekt für die Ausführung der Fahraufgaben das Fahrzeugsteuerungssystem und ist das Subjekt für die Überwachung in Bezug auf sicheres Fahren ebenfalls grundsätzlich das Fahrzeugsteuerungssystem. In dieser Stufe ist es jedoch nicht erforderlich, dass das Fahrzeugsteuerungssystem unter allen Umständen Maßnahmen ergreift. Man erwartet, dass ein Nutzer (der Fahrer) zu einem Zeitpunkt einer vorbereitenden Maßnahme geeignet bzw. angemessen auf eine Eingriffsaufforderung oder dergleichen des Fahrzeugsteuerungssystems reagiert. In einigen Fällen ist der Fahrer gefordert, Maßnahmen gegen eine Systemstörung zu ergreifen, die als stille Störung bezeichnet wird, die das Fahrzeugsteuerungssystem nicht automatisch finden kann.

[0018] Im Übrigen ist in der von der SAE definierten Stufe 3 für automatisches Fahren nicht klar definiert, welche Arten von sekundären Aufgaben (die „sekundären Aufgaben“ meinen hier andere Tätigkeiten bzw. Operationen als Operationen in Bezug auf das Fahren, die vom Fahrer während des Fahrens durchgeführt werden) der Fahrer tatsächlich ausführen kann. Konkret wird davon ausgegangen, dass der Fahrer während des Fahrens in der Stufe 3 für automatisches Fahren die sekundären Aufgaben wie etwa andere Arbeiten und Tätigkeiten als Lenken, beispielsweise die Bedienung eines mobilen Endgeräts, eine Telefonkonferenz, das Betrachten eines Videos, Lesen, ein Spiel, Nachdenken und eine Konversation mit anderen Passagieren, ausführen kann. Auf der anderen Seite erwartet man im Bereich der Definition der Stufe 3 für automatisches Fahren der SAE, dass der Fahrer angemessene Maßnahmen ergreift, um beispielsweise als Reaktion auf eine Aufforderung oder dergleichen von der Seite des Fahrzeugsteuerungssystems, aufgrund einer Systemstörung, einer Verschlechterung in der Fahrumgebung oder dergleichen den Fahrbetrieb durchzuführen. Daher wird, um sicheres Fahren zu gewährleisten, in der Stufe 3 für automatisches Fahren selbst in einer Situation, in der die oben erläuterten sekundären Aufgaben ausgeführt werden, erwartet, dass der Fahrer immer einen Vorbereitungszustand aufrechter-

erhält, in dem der Fahrer imstande ist, sofort zum manuellen Fahren zurückzukehren.

[0019] Ferner wird auf die Stufe 4 für automatisches Fahren auch als „fortgeschrittene Automatisierung beim Fahren“ verwiesen. In der Stufe 4 für automatisches Fahren führt das Fahrzeugsteuerungssystem alle Fahraufgaben innerhalb eines begrenzten Bereichs aus. In der Stufe 4 für automatisches Fahren ist das Subjekt für die Ausführung der Fahraufgaben das Fahrzeugsteuerungssystem und ist das Subjekt für die Überwachung in Bezug auf sicheres Fahren ebenfalls das Fahrzeugsteuerungssystem. In der Stufe 4 für automatisches Fahren erwartet man jedoch im Gegensatz zur oben erläuterten Stufe 3 für automatisches Fahren nicht, dass der Fahrer als Reaktion auf eine Aufforderung oder dergleichen von der Seite des Fahrzeugsteuerungssystems aufgrund einer Systemstörung oder dergleichen Maßnahmen beispielsweise zum Durchführen eines Fahrbetriebs (manuelles Fahren) ergreift. Daher ist in der Stufe 4 für automatisches Fahren der Fahrer in der Lage, die oben erläuterten sekundären Aufgaben durchzuführen, und je nach Situation ist beispielsweise der Fahrer in der Lage, in einem Abschnitt, in dem Bedingungen erfüllt sind, kurz zu schlafen bzw. ein Nickerchen zu machen.

[0020] Wie oben erläutert wurde, fährt in der Stufe 0 für automatisches Fahren bis zur Stufe 2 für automatisches Fahren der Fahrer im manuellen Fahrmodus, bei dem der Fahrer alle Fahraufgaben oder einen Teil davon unabhängig ausführt. Daher ist es in diesen drei Stufen für automatisches Fahren dem Fahrer nicht erlaubt, sich mit den sekundären Aufgaben zu befassen, die andere Aktionen als das manuelle Fahren und Aktionen sind, die sich darauf beziehen, dass beispielsweise die Aufmerksamkeit nachlässt oder sich die nach vorne gerichtete Aufmerksamkeit während des Fahrens verschlechtert.

[0021] Auf der anderen Seite fährt in der Stufe 3 für automatisches Fahren der Fahrer in dem automatischen Fahrmodus, bei dem das Fahrzeugsteuerungssystem all die Fahraufgaben unabhängig ausführt. Wie oben erläutert wurde, kann jedoch in der Stufe 3 für automatisches Fahren eine Situation eintreten, in der der Fahrer den Fahrbetrieb durchführt bzw. fährt. Daher ist es in der Stufe 3 für automatisches Fahren, in der dem Fahrer die sekundäre Aufgabe erlaubt ist, erforderlich, dass sich der Fahrer in einem Vorbereitungszustand befindet, in dem der Fahrer von der sekundären Aufgabe zum manuellen Fahren zurückkehren kann.

[0022] Wenn ferner angenommen wird, dass eine Situation vorliegt, in der das Fahren des Fahrzeugs in der Stufe 4 für automatisches Fahren erlaubt ist, ist der Fahrer im automatischen Fahrmodus unterwegs, bei dem das Fahrzeugsteuerungssystem all die

Fahraufgaben ausführt. Da sich jedoch die Situation je nach Instandhaltungszustand oder dergleichen bei einer tatsächlichen Straßeninfrastruktur dynamisch ändert, findet sich auf halbem Wege in einer Reiseroute ein Abschnitt, auf dem die Stufe 4 für automatisches Fahren nicht auf einen Teil einer Fahrstrecke angewendet werden kann. In solch einem Fall ist es vor einer Annäherung und einem Eintreten in den betreffenden Abschnitt beispielsweise erforderlich, dass der Fahrer den Abschnitt auf die Stufe 3 für automatisches Fahren oder die niedrigere Stufe, die in Abhängigkeit von den Bedingungen erkannt wird, einstellt und auf sie umschaltet. In dem auf die Stufe 2 für automatisches Fahren oder die niedrigere Stufe auf diese Weise eingestellten Abschnitt muss dann der Fahrer die Fahraufgaben unabhängig ausführen. Das heißt, selbst in der Stufe 4 für automatisches Fahren kann, da sich die Situation von Moment zu Moment auf halber Strecke der Route ändert, wie oben erläutert wurde, sogar auf halber Strecke auf einer vorher als die Stufe 4 für automatisches Fahren geplanten Route der Übergang zu der Stufe 2 für automatisches Fahren oder der niedrigeren Stufe tatsächlich erfolgen. Daher muss der Fahrer in den Vorbereitungszustand wechseln, in dem der Fahrer zu einem Zeitpunkt einer entsprechenden Vorankündigung von der sekundären Aufgabe zum manuellen Fahren zurückkehren kann, nachdem dem Fahrer der Übergang der Stufen für automatisches Fahren mitgeteilt wird.

«2. Beispiel für das Fahren»

[0023] Als Nächstes wird mit Verweis auf **Fig. 2** basierend auf den oben erläuterten Stufen für automatisches Fahren ein Beispiel für das Reisen bzw. Fahren gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung erläutert. **Fig. 2** ist ein Flussdiagramm, um das Beispiel für das Fahren gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zu erläutern. Wie in **Fig. 2** veranschaulicht ist, führt beim Fahren gemäß der vorliegenden Ausführungsform das Fahrzeugsteuerungssystem beispielsweise Schritte von Schritt S11 bis Schritt S18 aus. Details dieser Schritte werden unten erläutert.

[0024] Zunächst führt das Fahrzeugsteuerungssystem eine Fahrerauthentifizierung aus (Schritt S11). Die Fahrerauthentifizierung kann mittels einer Besitz-Authentifizierung durch einen Führerschein, einen Fahrzeugschlüssel (einschließlich einer tragbaren drahtlosen Vorrichtung) oder dergleichen, einer Wissens- bzw. Kenntnis-Authentifizierung mittels eines Passworts, einer persönlichen Identifikationsnummer oder dergleichen oder einer biometrischen Authentifizierung mittels eines Gesichts, eines Fingerabdrucks, einer Iris einer Pupille, eines Stimmabdrucks oder dergleichen durchgeführt werden. Darüber hinaus kann in der vorliegenden Ausführungsform die Fahrerauthentifizierung durchge-

führt werden, indem alle oder zwei oder mehr der Besitz-Authentifizierung, der Kenntnis-Authentifizierung und der biometrischen Authentifizierung genutzt werden. In der vorliegenden Ausführungsform können durch Ausführen einer derartigen Fahrer-Authentifizierung vor einem Fahrtbeginn bzw. Fahrtantritt, selbst wenn eine Vielzahl von Fahrern dasselbe Fahrzeug fahren, für die Fahrer spezifische Informationen wie etwa die Historie des Augen- bzw. Augapfelverhaltens der Fahrer in Verbindung mit den Fahrern erfasst werden. Man beachte, dass in der vorliegenden Ausführungsform, wenn eine Vielzahl von Passagieren (Insassen) an Bord des Fahrzeugs ist und die Vielzahl von Passagieren Fahrer sein können, es vorzuziehen ist, eine Authentifizierung für all die Fahrer durchzuführen.

[0025] Anschließend wird beispielsweise von einem Fahrer oder dergleichen eine unten erläuterte Eingabeeinheit 101 (siehe **Fig. 3**) bedient, wodurch ein Ziel festgelegt wird (Schritt S12). Man beachte, dass hier ein Beispiel erläutert wird, bei dem der Fahrer in ein Fahrzeug einsteigt und ein Ziel festlegt. Jedoch ist die Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung nicht darauf beschränkt. Beispielsweise kann das Fahrzeugsteuerungssystem ein Ziel basierend auf Zielinformationen oder Kalenderinformationen voreinstellen, die in einem Smartphone oder dergleichen manuell eingegeben wurden (wobei unterstellt wird, dass es mit dem Fahrzeugsteuerungssystem kommunizieren kann), bevor der Fahrer in das Fahrzeug einsteigt. Alternativ dazu kann das Fahrzeugsteuerungssystem ein Ziel automatisch voreinstellen, indem es über den konjugierten Service Planungsinformationen oder dergleichen erfasst, die in einem Smartphone oder dergleichen oder einem Cloudserver oder dergleichen vorher gespeichert wurden (wobei unterstellt wird, dass sie mit dem Fahrzeugsteuerungssystem kommunizieren können).

[0026] Das Fahrzeugsteuerungssystem führt dann eine Vorplanung durch, die eine Reiseroute oder dergleichen basierend auf dem eingestellten Ziel einstellt. Ferner erfasst und aktualisiert das Fahrzeugsteuerungssystem beispielsweise Informationen in Bezug auf eine Straßenumgebung der eingestellten Reiseroute, das heißt Informationen einer lokalen dynamischen Karte (LDM) und dergleichen, in denen Reisekarteninformationen von Straßen, auf denen das Fahrzeug fährt, immer in hoher Dichte aktualisiert werden. Zu diesem Zeitpunkt wiederholt das Fahrzeugsteuerungssystem entlang der Fahrt während der Reiseroute für jeden der festgelegten Abschnitte die Erfassung der LDM und dergleichen entsprechend einem Abschnitt, in dem das Fahrzeug gerade unterwegs ist. Außerdem aktualisiert und setzt das Fahrzeugsteuerungssystem eine geeignete Stufe für automatisches Fahren, wie jeweils für den Abschnitt auf der Reiseroute geeignet, basierend auf den erfassten letzten LDM-Informationen

und dergleichen zurück. Selbst wenn die Einfahrt in einen Abschnitt in der Stufe 4 für automatisches Fahren begonnen wird, muss daher, wenn ein Übernahmezeitpunkt für eine neue manuelle Fahrt, der zum Zeitpunkt des Beginns der Route nicht gefunden wurde, aus den zu jedem Zeitpunkt aktualisierten Informationen detektiert wird, der Fahrer eine Benachrichtigung zur Aufforderung zur Übernahme erkennen und Maßnahmen gemäß einem geänderten Teil ergreifen.

[0027] Anschließend beginnt das Fahrzeugsteuerungssystem mit der Anzeige eines Reise- bzw. Fahrtabschnitts auf der Reiseroute. Das Fahrzeugsteuerungssystem beginnt dann mit der Fahrt gemäß der eingestellten Stufe für automatisches Fahren (Schritt S13). Wenn die Fahrt begonnen wird, wird die Anzeige des Fahrtabschnitts basierend auf Positionsinformationen des Fahrzeugs (eines eigenen Wagens) und erfassten LDM-Aktualisierungsinformationen aktualisiert. Man beachte, dass in der vorliegenden Beschreibung „Fahren“ auch eine Sicherheitsmaßnahme einschließt, die automatisch durchgeführt wird, wenn der Fahrer vom automatischen Fahren nicht zum manuellen Fahren zurückkehren kann, und konkreter beispielsweise einen Stopp des Fahrzeugs einschließt, der in einem MRM oder dergleichen, die vom Fahrzeugsteuerungssystem bestimmt werden, eingeschlossen ist.

[0028] Anschließend führt das Fahrzeugsteuerungssystem gegebenenfalls eine Überwachung (Beobachtung) eines Zustands des Fahrers aus (Schritt S14). In der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung wird die Überwachung ausgeführt, um beispielsweise Lehrerdaten zum Bestimmen einer Reaktionsstufe für eine Rückkehr des Fahrers zu erfassen. In der vorliegenden Ausführungsform wird die Überwachung in einer Situation ausgeführt, in der eine Überprüfung entsprechend einer zeitlichen Veränderung einer Fahrumgebung notwendig ist, beispielsweise eine Überprüfung des vorherigen Zustands des Fahrers, die notwendig ist, um den Fahrmodus entsprechend der in Abschnitten auf der Reiseroute eingestellten Stufe für automatisches Fahren umzuschalten, und eine Überprüfung, ob eine Rückkehrbenachrichtigung zu einem geeigneten Zeitpunkt durchgeführt wurde und der Fahrer auf die Benachrichtigung oder Warnung hin, die eine Aufforderung zur Rückkehr zum manuellen Fahren aus einer unerwarteten Situation beim automatischen Fahren, die nach dem Beginn der Reiseroute auftrat, eine Rückkehraktion geeignet durchgeführt hat.

[0029] Wenn das Fahrzeug anschließend einen Umschaltzeitpunkt vom automatischen Fahrmodus auf den manuellen Fahrmodus basierend auf den für die Abschnitte auf der Reiseroute eingestellten Stufen für automatisches Fahren erreicht, bestimmt das

Fahrzeugsteuerungssystem, ob der Fahrmodus umgeschaltet werden kann (Schritt S15). Wenn dann bestimmt wird, dass der Fahrmodus umgeschaltet werden kann (Schritt S15: Ja), geht dann das Fahrzeugsteuerungssystem weiter zu einer Verarbeitung von Schritt S16, und, wenn bestimmt wird, dass der Fahrmodus nicht umgeschaltet werden kann (Schritt S15: Nein), geht das Fahrzeugsteuerungssystem weiter zu beispielsweise einer Verarbeitung in Schritt S18.

[0030] Anschließend schaltet das Fahrzeugsteuerungssystem den Fahrmodus um (Schritt S16). Ferner bestimmt das Fahrzeugsteuerungssystem, ob das Fahrzeug (der eigene Wagen) das Ziel erreicht hat (Schritt S17). Das Fahrzeugsteuerungssystem beendet die Verarbeitung, wenn das Fahrzeug am Ziel angekommen ist (Schritt S17: Ja), und kehrt zur Verarbeitung in Schritt S13 zurück, wenn der eigene Wagen am Ziel nicht angekommen ist (Schritt S17: Nein). Danach wiederholt das Fahrzeugsteuerungssystem die Verarbeitung in Schritt S13 bis zum Schritt S17 je nach Bedarf, bis das Fahrzeug am Ziel ankommt. Wenn der Fahrmodus vom automatischen Fahren nicht auf das manuelle Fahren umgeschaltet werden kann, kann das Fahrzeugsteuerungssystem einen Nothalt bzw. Notstopp durch das MRM oder dergleichen ausführen (Schritt S18).

[0031] Man beachte, dass das Flussdiagramm von **Fig. 2** ein Diagramm für eine schematische Erläuterung ist, das einen Ablauf als einfaches Modell veranschaulicht, während eine Erläuterung einer mit einer Übernahme verbundenen detaillierten Prozedur und detaillierter Prozeduren einer Zustandsüberprüfung zum Zeitpunkt der Übernahme, der Handlung- bzw. Handhabungsverarbeitung und der Bestimmung bei einer automatischen Steuerung und die Beschreibung detaillierter Schritte weggelassen sind. Das heißt, unter der Annahme, dass die Verarbeitung in Schritt S13 eine Reihe von Handhabungsverarbeitungen umfasst, die automatisch durchgeführt werden, wenn der Fahrer nicht zurückkehren kann, wird die Erläuterung der Verarbeitung weggelassen.

[0032] Man beachte, dass in der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung sich selbst auf ein und demselben Straßenabschnitt eine zulässige Stufe für automatisches Fahren von Moment zu Moment entsprechend einer Fahrzeugleistung, Straßenbedingungen, Wetter und dergleichen ändern kann. Selbst im selben Fahrzeug ändert sich auch manchmal die zulässige Betriebsauslegungsdomäne (Operational Design Domain; ODD) in Abhängigkeit von einem Fall, in dem sich die Detektionsleistung aufgrund einer primären Verschmutzung der im eigenen Fahrzeug installierten Ausrüstung, einer Verunreinigung von Sensoren oder dergleichen verschlechtert. Daher ändert sich auch manchmal

eine zulässige Stufe für automatisches Fahren, während das Fahrzeug von einem Abreiseort zu einem Ziel fährt. Im Fall eines Übergangs der Stufe für automatisches Fahren, bei dem eine Maßnahme zum Umschalten vom automatischen Fahren auf das manuelle Fahren angefordert wird, kann ferner manchmal auch ein Übergabeabschnitt für die Maßnahmen festgelegt werden. Daher wird in der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung ein ODD basierend auf verschiedenen Arten von Informationen, die sich von Moment zu Moment ändern, festgelegt und aktualisiert. Man beachte, dass in der vorliegenden Beschreibung auf einen Bereich der tatsächlichen Nutzung für jede der Stufen für automatisches Fahren, die entsprechend einer Infrastruktur, einer Fahrumgebung und dergleichen erlaubt sind, als „Betriebsauslegungsdomäne bzw. -bereich“ (operation design domain; ODD) verwiesen wird.

[0033] Wenn sich der für das Reisefahrzeug festgelegte ODD ändert, ändern sich ferner auch Inhalte der dem Fahrer erlaubten sekundären Aufgaben. Mit anderen Worten ändert sich, da sich die Inhalte der inakzeptablen sekundären Aufgaben entsprechend dem ODD ändern, ebenfalls ein Umfang der Inhalte der Handlungen eines Fahrers, die als Verstöße gegen Verkehrsregeln betrachtet werden. Beispielsweise ist es im Fall der Stufe 4 für automatisches Fahren dem Fahrer sogar erlaubt, eine sekundäre Aufgabe wie etwa Lesen auszuführen; wenn die Stufe 4 für automatisches Fahren in die Stufe 3 für automatisches Fahren übergeht, stellt die sekundäre Aufgabe wie etwa das Lesen einen Verstoß dar. Da es beim automatischen Fahren auch einen plötzlichen Übergang der Stufen für automatisches Fahren geben kann, muss sich der Fahrer in einem Vorbereitungszustand befinden, in dem der Fahrer je nach Situation von der sekundären Aufgabe sofort zum manuellen Fahren zurückkehren kann.

«3. Beispiel für einen Übergang der Stufen für automatisches Fahren»

[0034] Nachfolgend wird mit Verweis auf **Fig. 3** ein Beispiel für einen Übergang der Stufen für automatisches Fahren gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung detaillierter erläutert. **Fig. 3** ist ein erläuterndes Diagramm, um das Beispiel für den Übergang der Stufen für automatisches Fahren gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zu erläutern.

[0035] Wie in **Fig. 3** veranschaulicht ist, wird angenommen, dass das Umschalten vom automatischen Fahrmodus (einem Bereich auf der unteren Seite in **Fig. 3**) auf den manuellen Fahrmodus (einem Bereich auf der oberen Seite in **Fig. 3**) ausgeführt wird, wenn beispielsweise Abschnitte der Stufe 3 für automatisches Fahren und der Stufe 4 für automati-

sches Fahren auf einer Reiseroute in Abschnitte der Stufen 0 und 1 für automatisches Fahren und der Stufe 2 für automatisches Fahren übergehen.

[0036] Im Übrigen ist es für den Fahrer schwierig, den Vorbereitungszustand, in dem der Fahrer zum manuellen Fahren zurückkehren kann, während im automatischen Fahrmodus gefahren wird, bewusst aufrechtzuerhalten. Beispielsweise ist es denkbar, dass während einer Fahrt im automatischen Fahrmodus der Fahrer einer sekundären Aufgabe wie etwa Schlaf (Nickerchen), Ansehen eines Fernsehprogramms oder eines Videos oder einem Spiel nachgeht. Beispielsweise nimmt zum Zeitpunkt des automatischen Fahrens der Fahrer nur seine Hände von einem Lenkrad und blickt manchmal nach vorn oder um das Fahrzeug herum, liest manchmal ein Buch oder nickt manchmal ein. Eine Wachheitsstufe (eine Aufmerksamkeitsstufe) des Fahrers ist je nach den Unterschieden der sekundären Aufgaben unterschiedlich.

[0037] Wenn der Fahrer während einer Fahrt im automatischen Fahrmodus in den Schlaf fällt, sinkt ferner die Bewusstseinsstufe oder Entschluss- bzw. Bestimmungsstufe des Fahrers, das heißt, die Wachheitsstufe sinkt. Da der Fahrer in einem Zustand, in dem die Wachheitsstufe sinkt, nicht normal fahren kann, ist es, wenn der Fahrer in diesem Zustand den automatischen Fahrmodus auf den manuellen Fahrmodus umschaltet, wahrscheinlich, dass der Fahrer im schlimmsten Fall einen Unfall verursacht. Auch in dem Zustand, in dem die Wachheitsstufe sinkt, muss daher der Fahrer zu einer hohen Wachheitsstufe, bei der der Fahrer das Fahrzeug bei normalem Bewusstsein fahren kann, (einem Zustand, in dem eine innere Wachheit wiedererlangt ist) zurückkehren, unmittelbar bevor vom automatischen Fahrmodus auf den manuellen Fahrmodus umgeschaltet wird. Das heißt, um sicheres Fahren zu gewährleisten, ist es erforderlich, dass das Umschalten vom automatischen Fahrmodus auf den manuellen Fahrmodus nur ausgeführt wird, wenn beobachtet werden kann, dass ein Zustand innerer Wachheit des Fahrers wiedererlangt wurde.

[0038] Daher kann in der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung, um die Auslösung eines Unfalls oder dergleichen zu vermeiden, solch ein Umschalten des Fahrmodus nur ausgeführt werden, wenn sich der Fahrer in einer Reaktionsstufe für eine Rückkehr zum manuellen Fahrmodus befindet, das heißt, wenn eine aktive Reaktion, die eine Wiedererlangung der inneren Wachheit signalisiert, (ein Zustand, in dem der Zustand innerer Wachheit des Fahrers wiedererlangt ist) beobachtet werden kann (veranschaulicht in der Mitte von **Fig. 3**). In der vorliegenden Ausführungsform wird, wie in **Fig. 3** veranschaulicht ist, wenn die aktive Reaktion, die die Wiedererlangung der inneren Wachheit signalisiert, nicht

beobachtet werden kann, der Fahrmodus auf einen Notfall-Evakuierungsmodus wie etwa MRM (Manöver mit minimalem Risiko; Minimal Risk Maneuver) umgeschaltet. Man beachte, dass im Notfall-Evakuierungsmodus eine Verarbeitung wie etwa Abbremsung, Stopp bzw. Anhalten, Parken auf einer Straße oder Parken an einem Seitenstreifen oder einem Evakuierungsraum durchgeführt wird. Da in **Fig. 3** der Übergang von der Stufe 4 für automatisches Fahren zur Stufe 3 für automatisches Fahren nicht mit dem Umschalten des Fahrmodus verbunden ist, wird die Beobachtung selbst der aktiven Reaktion, die die oben erläuterte Wiedererlangung der inneren Wachheit signalisiert, nicht durchgeführt. Die vorliegende Ausführungsform ist jedoch nicht auf das in **Fig. 3** veranschaulichte Beispiel beschränkt. Der Übergang, der auf der Beobachtung oder dem Beobachtungsergebnis basiert, die oben erläutert wurden, kann auch beim Übergang von der Stufe 4 für automatisches Fahren 4 zur Stufe 3 für automatisches Fahren durchgeführt werden. Man beachte, dass, selbst wenn die aktive Reaktion vorliegt, sich der Fahrer nicht immer in einem Zustand befindet, in dem der Fahrer alle damit verbundenen Situationen erfasst. Daher kann die Sicherheit als notwendige Bedingung für eine Übergabe der Lenkung angesehen werden.

[0039] Wenn die aktive Reaktion, die die Wiedererlangung der inneren Wachheit signalisiert, nicht beobachtet wird, wenn der Übergang von der Stufe 4 für automatisches Fahren zur Stufe 3 für automatisches Fahren 3 durchgeführt wird, befindet sich konkret, selbst wenn der Fahrer entsprechend der Rechtsordnung verpflichtet wäre, zum manuellen Fahren zurückzukehren, der Fahrer nicht immer in einem Zustand, in dem der Fahrer mit einer als die Stufe 3 für automatisches Fahren dienenden Rückkehraufforderung RTI (Aufforderung einzugreifen; Request to Intervene) vom Fahrzeugsteuerungssystem geeignet umgehen. Genauer gesagt kann als Reaktion auf die als Stufe 3 für automatisches Fahren dienende Rückkehraufforderung RTI der Fahrer nicht immer zu einem Zustand, in dem ein Wachheitszustand des Gehirns wiedererlangt ist, und einem physischen Zustand, in dem der Fahrer ohne Taubheitsgefühl oder dergleichen im Körper manuell fahren kann, zurückkehren. Falls in solch einem Fall der Übergang von der Stufe 4 für automatisches Fahren zur Stufe 3 für automatisches Fahren durchgeführt wird, ist es wahrscheinlich, dass eine Situation jenseits eines im Fahrzeugsteuerungssystem zuvor unterstellten Design- bzw. Auslegungskonzepts herbeigeführt wird und ein Unfall oder dergleichen ausgelöst wird. Deshalb kann in der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung, um die oben erläuterte Möglichkeit zu reduzieren, selbst in einem Stadium, in dem die Seite des Fahrzeugsteuerungssystems die Rückkehraufforderung RTI an den Fahrer nicht ausgeben muss, um eine Reaktionsstufe für

eine Rückkehr (zum Beispiel eine Wachheitsstufe) des Fahrers zu überprüfen, eine präventive Dummy-Rückkehraufforderung RTI in geeigneter Weise durchgeführt werden, um eine aktive Reaktion zu beobachten, die die Wiedererlangung der inneren Wachheit des Fahrers signalisiert.

[0040] Man beachte, dass Pfeile, die den Übergang der in **Fig. 3** veranschaulichten Stufen für automatisches Fahren angeben, Richtungen eines Übergangs angeben, die erlaubt sind, um ein Umschalten automatisch durchzuführen. Darüber hinaus wird ein Übergang in den entgegengesetzten Richtungen der Pfeile nicht empfohlen, da der Übergang zu einer Fehleinschätzung des Fahrers über einen Zustand des Fahrzeugsteuerungssystems führt. Das heißt, im Fahrzeugsteuerungssystem gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung ist es wünschenswert, dass das Fahrzeugsteuerungssystem so ausgelegt ist, dass, wenn ein Übergang der Stufen für automatisches Fahren einmal durchgeführt wird, um den automatischen Fahrmodus auf den manuellen Fahrmodus umzuschalten, in dem der Fahrer eingreift, das Fahrzeugsteuerungssystem nicht automatisch ohne eine aktive Anweisung vom Fahrer wieder zum automatischen Fahrmodus zurückkehrt. Wie oben erläutert wurde, bedeutet das Vorsehen der Richtwirkung (engl.: directivity) Direktheit (Irreversibilität bzw. Unumkehrbarkeit) beim Umschalten des Fahrmodus, dass der automatische Fahrmodus so ausgelegt ist, dass verhindert wird, dass er ohne eine klare Absicht des Fahrers eingestellt wird. Mit dem Fahrzeugsteuerungssystem ist es daher, da der automatische Fahrmodus nur freigegeben werden kann, wenn der Fahrer eine klare Absicht hat, beispielsweise möglich, zu verhindern, dass der Fahrer, wenn der Fahrmodus nicht der automatische Fahrmodus ist, missversteht, dass der Fahrmodus der automatische Fahrmodus ist, und mit einfach den sekundären Aufgaben beginnt.

[0041] Wie oben erläutert wurde, wird in der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung, um ein sicheres Fahren zu gewährleisten, das Umschalten vom automatischen Fahrmodus auf den manuellen Fahrmodus nur ausgeführt, wenn beobachtet werden kann, dass sich der Fahrer in einem Zustand der Wiedererlangung der inneren Wachheit befindet.

«4. Beispiel für die Überwachung»

[0042] Daher wird mit Verweis auf **Fig. 4** ein Beispiel für die Überwachung (Beobachtung) zum Zeitpunkt des Umschaltens vom automatischen Fahrmodus auf den manuellen Fahrmodus erläutert. **Fig. 4** ist ein Flussdiagramm, um ein Beispiel der Überwachungsoperation gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zu erläutern. Wie in **Fig. 4** veranschaulicht ist, führt in der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung, beispielsweise

beim Umschalten vom automatischen Fahrmodus auf den manuellen Fahrmodus, das Fahrzeugsteuerungssystem die Schritte von Schritt S21 bis Schritt S27 aus. Details dieser Schritte werden im Folgenden erläutert.

[0043] Da der Fahrer im automatischen Fahrmodus fährt bzw. unterwegs ist, wird zunächst angenommen, dass sich der Fahrer in einem Zustand befindet, in dem der Fahrer das Lenken beim Fahren vollständig abgegeben hat. Ferner wird angenommen, dass der Fahrer eine sekundäre Aufgabe wie etwa ein Nickerchen, das Ansehen eines Videos, die Vertiefung in ein Spiel oder eine Arbeit unter Verwendung eines optischen Werkzeugs wie etwa eines Tablets oder eines Smartphones ausführt. Jedoch wird angenommen, dass die Arbeit unter Verwendung eines optischen Werkzeugs wie etwa eines Tablets oder eines Smartphones beispielsweise in einem Zustand, in dem der Sitz des Fahrers verschoben ist oder er sich auf einem anderen Sitz als dem Fahrersitz befindet, durchgeführt wird.

[0044] Zunächst führt das Fahrzeugsteuerungssystem gegebenenfalls intermittierend eine passive Überwachung und/oder aktive Überwachung des Fahrers durch (Schritt S21). Die aktive Überwachung und die passive Überwachung werden hier erläutert.

[0045] Zunächst ist die aktive Überwachung ein Beobachtungsverfahren, bei dem das Fahrzeugsteuerungssystem an den Fahrer aktive Informationen gibt und eine bewusste Reaktion des Fahrers auf die aktiven Informationen beobachtet, um hauptsächlich eine intelligente Wahrnehmung, Erkenntnis, Beurteilung und Bestimmung der Verhaltensfähigkeiten des Fahrers durchzuführen. Beispiele der an den Fahrer gegebenen aktiven Informationen umfassen optische bzw. visuelle, akustische bzw. auditive, taktile, olfaktorische und (Geschmacks-)Informationen. Diese Arten aktiver Informationen induzieren eine Wahrnehmung und kognitive Handlungen des Fahrers. Falls es sich bei den Informationen um Informationen handelt, die ein Risiko betreffen, führt der Fahrer eine Bestimmung/Handlungen entsprechend dem Risiko aus (reagiert). Daher ist es möglich, die Wahrnehmungs-, Erkenntnis-, Bestimmungs- und Handlungszustände im Gehirn des Fahrers durch Beobachten der Reaktion des Fahrers zu bestimmen. Bei der aktiven Überwachung, beispielsweise wenn das Fahrzeugsteuerungssystem eine Lenksteuerung mit einem das sichere Fahren des Fahrzeugs nicht beeinflussenden Grad eines geringen Lenkbetrags bzw. Lenkeinschlags als aktive Pseudoinformation ausführt, um eine Rückmeldung des Fahrers zu erzwingen, wird eine Aktion bzw. Handlung des Fahrers, um die Lenkung zu einem geeigneten Lenkeinschlag zurückzuführen, als bewusste Reaktion erwartet (falls der Fahrer normal wach ist). Da der Fahrer eine Reihe von Operationen durch-

führt, um einen unnötigen Lenkeinschlag wahrzunehmen und zu erkennen, zu bestimmen, dass der unnötige Lenkeinschlag zurückgesetzt wird, und eine Maßnahme zu ergreifen, wird eine Maßnahme, die der obigen Reaktion entspricht, (eine Maßnahme, um die Lenkung zu einem geeigneten Lenkeinschlag zurückzuführen) ergriffen. Indem man die Reaktion beobachtet, ist es daher möglich, Wahrnehmungs-, Erkenntnis-, Beurteilungs- und Handlungszustände im Gehirn des Fahrers zu bestimmen. Man beachte, dass während der Fahrt im manuellen Fahrmodus der Fahrer immer eine Reihe von Wahrnehmungs-, Erkenntnis-, Beurteilungsoperationen und Handlungen für die Straßenumgebung und dergleichen durchführt, um eine Lenkung auszuführen. Daher ist es möglich, die bewusste Reaktion des Fahrers zu beobachten, ohne dass die Seite des Fahrzeugsteuerungssystems die aktiven Informationen direkt an den Fahrer gibt (das heißt, man kann davon ausgehen, dass es eine Reaktion der Lenkung beim Fahren gibt). Wenn die oben erläuterte Eingabe aktiver Information wiederholt durchgeführt wird, werden ferner diese Arten von Informationen im Gehirn des Fahrers intelligent gefiltert und als unnötig (das heißt „Gewöhnung“) behandelt. Daher wird in der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung die Häufigkeit bzw. Frequenz der Eingabe aktiver Informationen auf eine geeignete Frequenz eingestellt, um die oben erläuterte „Gewöhnung“ zu vermeiden.

[0046] Als Nächstes wird die passive Überwachung beispielsweise ausgeführt, wenn die bewusste Reaktion des Fahrers auf die direkte Eingabe aktiver Informationen nicht beobachtet (aktiv überwacht) werden kann. Es gibt verschiedene Beobachtungsverfahren für die passive Überwachung des Zustands des Fahrers. Beispiele für die Überwachungsverfahren umfassen eine Beobachtung biologischer Informationen des Fahrers. Genauer gesagt erwartet man beispielsweise bei der passiven Überwachung, dass eine detaillierte Beobachtungsauswertung eines auf PERCLOS (Augenöffnungsverhältnis) bezogenen Index, eines Verhaltens der Kopfhaltung, eines Augapfelverhaltens (Sakkade (schnelle Augenbewegung), Fixation, Mikrosakkade und dergleichen), eines Blinzeln, eines Gesichtsausdrucks, einer Richtung des Gesichts und dergleichen durchgeführt wird, wenn der Nutzer auf dem Fahrersitz sitzt bzw. Platz genommen hat und sich in einer Fahrhaltung befindet. Ferner ist es möglich, in einer anderen Haltung als beim Sitzen unter Verwendung einer tragbaren Vorrichtung und dergleichen eine erweiterte Beobachtung durchzuführen, um beispielsweise die Herzfrequenz, die Pulsfrequenz, den Blutstrom, die Atmung, das Elektroenzephalogramm, den Schweißzustand und die Tiefe der Schläfrigkeit, die aus der Herzfrequenz und der Atmung abgeschätzt wird, zu beobachten. Ferner können bei der passiven Überwachung das Hinsetzen oder Verlassen des Fahrer-

sitzes, eine Bewegung, ein Ziel, eine Haltung bzw. Körperhaltung und dergleichen des Fahrers beobachtet werden. Ferner kann ein Lenkeinschlag, der mit einem vorsichtigen Fahrzustand des Fahrers (einem Zustand, in dem der Fahrer manuell fährt, während er eine angemessene Aufmerksamkeit auf das Fahren richtet) korreliert ist, direkt beobachtet werden. Die durch die passive Überwachung beobachteten Informationen können genutzt werden, um die Zeit abzuschätzen, die der Fahrer benötigt, um zum manuellen Fahren zurückzukehren, wenn die Seite des Fahrzeugsteuerungssystems eine Benachrichtigung zum Umschalten des Fahrmodus, einen Alarm oder dergleichen während der Fahrt im automatischen Fahrmodus aussendet. Ferner können die durch die passive Überwachung beobachteten Informationen genutzt werden, um das Vorliegen oder Nichtvorliegen des Umschaltvorgangs in den Notfall-Evakuierungsmodus zu bestimmen, wenn man nicht erwartet, dass der Fahrer innerhalb einer vorbestimmten Zeit zum manuellen Fahren zurückkehrt.

[0047] Nachfolgend wird die Erläuterung mit Verweis auf **Fig. 4** fortgesetzt. Das Fahrzeugsteuerungssystem informiert den Fahrer über die Rückkehraufforderung RTI zum manuellen Fahren (Schritt S22). Zu dieser Zeit wird beispielsweise der Fahrer über eine dynamische Haptik wie etwa Vibration oder visuell oder akustisch über die Rückkehraufforderung RTI zum manuellen Fahren informiert. Als Reaktion auf solch eine Benachrichtigung über die Rückkehraufforderung RTI kehrt dann der Fahrer auf den Fahrersitz zurück, falls sich der Fahrer in einem normalen Wach- bzw. Wachheitszustand befindet, und kehrt zu einem hohen Wachheitszustand zurück, in dem der Fahrer das Fahrzeug bei normalem Bewusstsein fahren kann. Man beachte, dass die Rückkehranforderung RTI eine Vielzahl von Malen stufenweise durchgeführt werden kann. In diesem Fall kann die Rückkehraufforderung RTI durch verschiedene Mittel in den Stufen durchgeführt werden oder kann dynamisch geändert werden, entsprechend beispielsweise einem Zustand des Fahrers.

[0048] Anschließend überwacht das Fahrzeugsteuerungssystem einen Sitzzustand, eine Sitzhaltung und dergleichen des Fahrers (Schritt S23). Ferner führt das Fahrzeugsteuerungssystem intensiv eine aktive Überwachung des Fahrers durch, der richtig sitzt bzw. Platz genommen hat (Schritt S24). Beispiele der aktiven Überwachung umfassen, um den Fahrer zu drängen, in einen hochwachen Zustand bzw. Zustand hoher Wachheit zurückzukehren, in dem der Fahrer das Fahrzeug bei normalem Bewusstsein fahren kann, die Durchführung einer Eingabe aktiver Informationen, um dem Fahrer eine Warnung oder dergleichen zu geben oder eine Len-

kung mit Pseudorauschen in eine manuelle Lenksteuerung des Fahrzeugs einzugeben.

[0049] Anschließend überwacht das Fahrzeugsteuerungssystem intensiv das Gesicht und Augapfelverhalten wie etwa eine Sakkade des Fahrers (intensive Überwachung des Augapfelverhaltens) (Schritt S25) .

[0050] Hier wird die Überwachung des Augapfelverhaltens beschrieben. Obgleich einen Zustand des Fahrers betreffende Informationen mit verschiedenen Mitteln beobachtet werden können, ist es schwierig, eine kognitive/bestimmende Aktion im Gehirn des Fahrers direkt zu beobachten. Wenn beispielsweise ein fMRI (funktionale Magnetresonanztomographie), ein Elektroenzephalogramm (EEG) oder dergleichen genutzt wird, ist es erforderlich, eine Person (den Fahrer) einzuschränken. Daher ist dies in der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung nicht als Mittel zum Beobachten eines Zustands des Fahrers geeignet. Deshalb wird in der vorliegenden Ausführungsform ein Mittel zum Beobachten eines Augapfelverhaltens des Fahrers als eines von verschiedenen Mitteln zur Beobachtung biologischer Informationen genutzt. Wenn beispielsweise der Fahrer auf dem Fahrersitz sitzt, kann die Beobachtung des Augapfelverhaltens ausgeführt werden, ohne den Fahrer besonders einzuschränken. Das heißt, die Beobachtung des Augapfelverhaltens wird als nicht-invasives und nicht tragbares Beobachtungsmittel betrachtet.

[0051] Das Augapfelverhalten umfasst teilweise ein bioreflexiv erscheinendes Verhalten, bei dem eine Reaktion auf eine Ereignisänderung als adaptive Reaktion auf eine Schleife ohne Einbeziehung eines Denkelements erscheint. Beispiele für das Augapfelverhalten umfassen Verhaltensweisen wie etwa ein sanftes Aufnehmen bzw. Erfassen (engl.: smooth shoot) (eine gleitende verfolgende Augenbewegung), um ein visuelles, sich relativ bewegendes Objekt zu verfolgen, eine langsame Überlastung (engl.: slow congestion), die durch eine fortgeschrittene Annäherung des Fahrzeugs im Hintergrund verursacht wird, und eine zurückkehrende schnelle Divergenzbewegung und eine gleitende, verfolgende Augenbewegung, um eine Drehung des eigenen Körpers und des Kopfes aufzuheben und eine Zielrichtung zu verfolgen. Ferner umfasst das Augapfelverhalten keine reflektierende bzw. widerspiegelnde Reaktion, sondern ein Verhalten, bei dem ein Merkmal eines visuellen Ziels erfasst und das Merkmal verfolgt wird, um das Verständnis zu fördern. Da viele Phänomene, die die Nervenübertragung und -verarbeitung im Gehirn widerzuspiegeln scheinen, auch gleichzeitig im Augapfelverhalten beobachtet werden, wird davon ausgegangen, dass ein Aktivitätsergebnis wie etwa die Erkennung eines Fixationsziels, auf die verwiesen wird, sich im Gedächtnis

des Gehirns widerspiegelt. Durch Ausnutzen der Tatsache, dass sich die Aktivität der kognitiven Funktionen im Gehirn im Augapfelverhalten widerspiegelt, ist es daher möglich, basierend auf der Analyse des Augapfelverhaltens eine Wachheitsstufe des Fahrers sehr genau abzuschätzen. Das heißt, indem man die Beobachtung des Augapfelverhaltens ausführt, ist es zur Zeit des Umschaltens vom aktiven Fahrmodus auf den manuellen Fahrmodus (konkret unmittelbar vor dem Umschalten) möglich, indirekt zu beobachten, ob der Fahrer zu einer hohen Wachheitsstufe zurückgekehrt ist, bei der der Fahrer das Fahrzeug bei normalem Bewusstsein fahren kann (eine Reaktionsstufe für eine Rückkehr). Wenn der Fahrer einmal die Lenkarbeit beim Fahren abgibt und zum Lenken beim Fahren nach einer gewissen Zeit zurückkehrt, wird insbesondere davon ausgegangen, dass der Fahrer keine ausreichenden Erinnerungen an die Umgebungen und den Fahrzeugzustand hat, die notwendig sind, um zum manuellen Fahren zurückzukehren. Daher versucht der Fahrer, mit einer Aktion zum Erfassen von Informationen schnell fortzufahren, die der Fahrer erfasst haben würde, falls der Fahrer kontinuierlich manuell gefahren wäre, zum Beispiel prüft er visuell eine Situation voraus auf einer Straße und prüft visuell die Ursache für die Rückkehraufforderung RTI zum manuellen Fahren vom Fahrzeugsteuerungssystem. Solche Informationen erfassende Aktion spiegelt sich im Augapfelverhalten des Fahrers wider.

[0052] Da wie oben erläutert das Augapfelverhalten ein spezifisches Verhalten für jede der Personen und ferner für jeden der Zustände der Personen anzeigt,, ist es ferner, wenn versucht wird, die Wachheitsstufe des Fahrers durch Analysieren des Augapfelverhaltens genau zu bestimmen, erforderlich, die für den Fahrer spezifischen individuellen Augapfelverhaltensweisen immer zu erfassen und zu lernen und die Wachheitsstufe des Fahrers basierend auf solch einem Lernvorgang zu bestimmen. Was der Fahrer intensiv überprüft und in welcher Art von Prioritätsreihenfolge der Fahrer die Überprüfung zum Zeitpunkt einer Rückkehr zum manuellen Fahren durchführt, werden überdies sehr von Erinnerungen beeinflusst, die auf früheren Risikoerfahrungen und dergleichen des Fahrers basieren, und ändern sich daher aufgrund verschiedener Faktoren wie etwa einer Straßensituation und einer Fahrgeschwindigkeit während einer Fahrt. Daher zeigt das Augapfelverhalten nicht nur ein spezifisches Verhalten für jede der Personen an, sondern wird auch von Erinnerungen beeinflusst, die auf verschiedenen Erfahrungen des Fahrers und Veränderungen basieren. In der vorliegenden Ausführungsform ist es vorzuziehen, dass die Bestimmung der Wachheitsstufe nicht unter Verwendung einer einheitlichen Bestimmung für eine Vielzahl von Fahrern durchgeführt wird, sondern eine Bestimmung der Fähigkeit zur Rückkehr für die Fahrer basierend auf einem Lernvorgang

durchgeführt wird, der durch intermittierendes Lernen in einem aktiven Beobachtungsabschnitt gewonnen wird. Dies macht es möglich, die Bestimmung für jeden der Fahrer geeigneter durchzuführen.

[0053] Das Fahrzeugsteuerungssystem bestimmt dann die Reaktionsstufe für eine Rückkehr des Fahrers, indem die Wachheitsstufe des Fahrers basierend auf der Überwachung in Schritt S25, der oben erläutert wurde, bestimmt wird (Schritt S26). Danach bestimmt das Fahrzeugsteuerungssystem, ob sich der Fahrer in einer Reaktionsstufe für eine Rückkehr befindet, bei der der Fahrer an eine Rückkehr zum manuellen Fahren angepasst bzw. darauf eingestellt ist. Da das Fahrzeugsteuerungssystem gemäß der vorliegenden Ausführungsform einen Rückkehrprozess des Fahrers in Stufen beobachtet und Reaktionen des Fahrers in den Stufen auf halbem Weg im Rückkehrprozess beobachtet, ist es möglich, eine komplexe Bestimmung durchzuführen. Das Fahrzeugsteuerungssystem führt dann das Umschalten vom automatischen Fahrmodus auf den manuellen Fahrmodus aus, wenn basierend auf der Rückkehr zur inneren Wachheit des Fahrers und der Überprüfung der Befähigung zu einem Verhalten für manuelles Fahren bestimmt wird, dass die Rückkehr zum manuellen Fahren mit einer vorbestimmten Genauigkeit möglich ist (Schritt S27). Die Eigenschaften der beobachteten zeitlichen Änderungen verschiedener Arten von Augapfelverhaltensweisen der Fahrer werden erkannt, die endgültige Übernahme wird unter Einbeziehung solcher Eigenschaften durchgeführt, und die Charakteristiken bzw. Eigenschaften werden durch die Übernahmequalität über Erfolg/Misserfolg für jede Übernahme gekennzeichnet. Details des Obigen werden unten erläutert.

[0054] Man beachte, dass die Schritte in **Fig. 4** nicht immer in der beschriebenen Reihenfolge abgearbeitet werden müssen und gegebenenfalls mit der geänderten Reihenfolge abgearbeitet werden können oder teilweise parallel abgearbeitet werden können. Beispielsweise können die aktive Überwachung in Schritt S24 und die intensive Überwachung des Augapfelverhaltens in Schritt S25 parallel ausgeführt werden oder können sie durch Ändern der in **Fig. 4** veranschaulichten Reihenfolge verarbeitet werden.

«5. Detaillierte Konfiguration des Fahrzeugsteuerungssystems»

[0055] Als Nächstes wird mit Verweis auf **Fig. 5** eine detaillierte Konfiguration des Fahrzeugsteuerungssystems 100 gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung erläutert. **Fig. 5** ist ein erläuterndes Diagramm, um ein Beispiel einer detaillierten Konfiguration des Fahrzeugsteuerungssystems 100 gemäß der vorliegenden Ausführungsform zu erläutern. Man beachte, dass in der folgenden Erläuterung, wenn ein mit dem

Fahrzeugsteuerungssystem 100 versehenes Fahrzeug von anderen Fahrzeugen unterschieden wird, auf das Fahrzeug als eigener Wagen oder eigenes Fahrzeug verwiesen wird.

[0056] Wie in **Fig. 5** veranschaulicht ist, umfasst das Fahrzeugsteuerungssystem 100 hauptsächlich eine Eingabeeinheit 101, eine Datenerfassungseinheit 102, eine Kommunikationseinheit 103, fahrzeuginterne Geräte 104, eine Ausgabe-Steuerungseinheit 105, eine Ausgabeeinheit 106, eine Antriebssystem-Steuerungseinheit 107, ein Antriebssystem 108, eine Karosseriesystem-Steuerungseinheit 109, ein Karosseriesystem 110, eine Speichereinheit 111, eine Einheit 112 zur Steuerung des automatischen Fahrens und eine Sensoreinheit 113. Die Eingabeeinheit 101, die Datenerfassungseinheit 102, die Kommunikationseinheit 103, die Ausgabe-Steuerungseinheit 105, die Antriebssystem-Steuerungseinheit 107, die Karosseriesystem-Steuerungseinheit 109, die Speichereinheit 111 und die Einheit 112 zur Steuerung des automatischen Fahrens sind über ein Kommunikationsnetzwerk 121 miteinander verbunden. Das Kommunikationsnetzwerk 121 umfasst ein im Fahrzeug montiertes Kommunikationsnetzwerk, einen Bus oder dergleichen entsprechend einem beliebigen Standard wie etwa ein CAN (Controller Area Network), ein LIN (Local Interconnect Network), ein LAN (Local Area Network) oder FlexRay (eingetragenes Warenzeichen). Jede Einheit des Fahrzeugsteuerungssystems 100 kann ohne das Kommunikationsnetzwerk 121 direkt verbunden sein.

[0057] Man beachte, dass in der folgenden Beschreibung eine Beschreibung des Kommunikationsnetzwerks 121 weggelassen wird, wenn die Einheiten des Fahrzeugsteuerungssystems 100 eine Kommunikation über das Kommunikationsnetzwerk 121 durchführen. Wenn beispielsweise die Eingabeeinheit 101 und die Einheit 112 zur Steuerung des automatischen Fahrens über das Kommunikationsnetzwerk 121 miteinander kommunizieren, wird dies einfach als die Kommunikation zwischen der Eingabeeinheit 101 und der Einheit 112 zur Steuerung des automatischen Fahrens beschrieben.

[0058] In der folgenden Erläuterung werden Details der in dem Fahrzeugsteuerungssystem 100 gemäß der vorliegenden Ausführungsform enthaltenen Funktionseinheiten nacheinander erläutert.

[0059] Die Eingabeeinheit 101 wird von einer Vorrichtung gebildet, die von einem Passagier wie etwa dem Fahrer beim Eingeben verschiedener Daten, Anweisungen und dergleichen verwendet wird. Beispielsweise enthält die Eingabeeinheit 101 Bedieneinrichtungen wie etwa ein Berührungsfeld bzw. Touch Panel, eine Taste, ein Mikrofon, einen Schalter und einen Hebel und eine Bedieneinrichtung, die imstande ist, eine Eingabe mit einem anderen Ver-

fahren als der manuellen Bedienung mittels Sprache, Geste oder dergleichen durchzuführen. Beispielsweise kann es sich bei der Eingabeeinheit 101 um eine Fernsteuerungsvorrichtung, die Infrarotstrahlen oder andere Funkwellen nutzt, oder extern verbundene Geräte wie etwa ein mobiles Gerät oder ein tragbares Gerät, das für den Betrieb des Fahrzeugsteuerungssystems 100 angepasst ist, handeln. Die Eingabeeinheit 101 kann ein Eingangssignal basierend auf Daten, einer Anweisung oder dergleichen erzeugen, die vom Passagier eingegeben werden, und das Eingangssignal den Funktionseinheiten des Fahrzeugsteuerungssystems bereitstellen.

[0060] Die Datenerfassungseinheit 102 kann für die Verarbeitung des Fahrzeugsteuerungssystems 100 verwendete Daten von der Sensoreinheit 113 erfassen, die verschiedene Sensoren enthält, und die Daten den Funktionseinheiten des Fahrzeugsteuerungssystems 100 bereitstellen.

[0061] Die Sensoreinheit 113 enthält beispielsweise verschiedene Sensoren zum Detektieren beispielsweise einer Situation des Fahrzeugs (des eigenen Wagens). Konkret enthält beispielsweise die Sensoreinheit 113 einen Gyrosensor, einen Beschleunigungssensor, eine Trägheitsmesseinheit (IMU) und einen Sensor zum Detektieren eines Betätigungsumfangs eines Gaspedals, eines Betätigungsumfangs eines Bremspedals, eines Lenkwinkels eines Lenkrads, einer Maschinendrehzahl, einer Motordrehzahl, einer Rotationsgeschwindigkeit von Rädern oder dergleichen.

[0062] Beispielsweise kann die Sensoreinheit 113 verschiedene Sensoren zum Detektieren von Informationen in Bezug auf die äußere Umgebung des Fahrzeugs (des eigenen Wagens) enthalten. Konkret kann die Sensoreinheit 113 beispielsweise eine Bildgebungsvorrichtung wie etwa eine ToF-(Time-of-Flight-)Kamera, eine Stereokamera, eine monokulare Kamera, eine Infrarotkamera oder eine andere Kamera enthalten. Die Sensoreinheit 113 kann beispielsweise einen Umgebungssensor zum Detektieren des Klimas, des Wetters oder dergleichen und einen Sensor zur Detektion von Umgebungsinformationen enthalten, um ein Objekt um den eigenen Wagen herum zu detektieren. Beispiele des Umgebungssensors umfassen einen Regentropfensensor, einen Nebelsensor, einen Sonnenscheinsensor und einen Schneesensor. Beispiele des Sensors zur Detektion von Umgebungsinformationen umfassen einen Ultraschallsensor, ein Radar, LiDAR (Light Detection and Ranging, Laser Imaging Detection and Ranging) und ein Sonar.

[0063] Ferner kann die Sensoreinheit 113 verschiedene Sensoren zum Detektieren einer aktuellen Position des Fahrzeugs (des eigenen Wagens) enthalten. Konkret kann die Sensoreinheit 113 beispiels-

weise einen GNSS-Empfänger (Global Navigation Satellite System) oder dergleichen enthalten, der ein GNSS-Signal von einem GNSS-Satelliten empfängt. Ferner kann eine von der Sensoreinheit 113 detektierte aktuelle Position ergänzt werden, indem ein Referenzpunkt basierend auf einer Positionsinformation mittels SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) korrigiert wird, die eine Schätzung der eigenen Position und die Erstellung einer Umgebungskarte durchführen kann, sowie Positionsinformationen, die mittels Informationen vom LiDAR (Light Detection and Ranging), einem Millimeterwellenradar oder dergleichen detektiert werden.

[0064] Beispielsweise kann die Sensoreinheit 113 verschiedene Sensoren zum Detektieren von Informationen innerhalb des Wagens enthalten. Konkret kann die Sensoreinheit 113 beispielsweise eine Bildgebungsvorrichtung (eine ToF-Kamera, eine monokulare Kamera, eine Infrarotkamera oder dergleichen), die den Fahrer abbildet, einen Sensor für biologische Informationen, der biologische Informationen des Fahrers detektiert, und ein Mikrofon, das Geräusche im Fahrzeuginneren aufnimmt, enthalten. Der Sensor für biologische Informationen ist beispielsweise auf einer Sitzfläche eines Sitzes, einem Lenkrad oder dergleichen vorgesehen und kann biologische Informationen eines auf dem Sitz sitzenden Passagiers oder des das Lenkrad greifenden Fahrers detektieren. Beispiele für die biologischen Informationen des Fahrers umfassen die Herzfrequenz, die Pulsfrequenz, den Blutstrom, die Atmung, Hirnwellen, die Hauttemperatur, den Hautwiderstand, den Schweißzustand, das Verhalten der Kopfhaltung und das Augapfelverhalten (Blick, Blinzeln, Sakkade, Mikrosakkade, Fixation, Drift, Blick, Pupillenreaktion der Iris und dergleichen). Diese Teile biologischer Informationen können detektiert werden, indem ein Potential zwischen vorbestimmten Positionen auf einer Körperoberfläche des Fahrers oder dergleichen, ein über Kontakt beobachtbares Signal eines Blutstromsystems oder dergleichen unter Verwendung von Infrarotlicht, ein kontaktlos beobachtbares Signal unter Verwendung einer Mikrowelle oder Millimeterwelle ohne Kontakt oder eine FM-Welle (Frequenzmodulation), eine Detektion eines Augapfelverhaltens unter Verwendung eines aufgenommenen Bildes des Augapfels mittels einer Bildgebungsvorrichtung (einer Überwachungseinheit) unter Verwendung einer Infrarotwellenlänge, Informationen zur Messung eines Überlastmoments einer Lenk- oder Pedallenkeinrichtung zum Beobachten des Ansprechverhaltens der Lenkung oder dergleichen allein oder in Kombination verwendet werden.

[0065] Die Kommunikationseinheit 103 kann mit den fahrzeuginternen Geräten 104 und verschiedenen Arten von Geräten außerhalb des Fahrzeugs, einem Server, einer Basisstation und dergleichen

kommunizieren, von den Funktionseinheiten des Fahrzeugsteuerungssystems 100 bereitgestellte Daten übertragen und den Funktionseinheiten des Fahrzeugsteuerungssystems 100 empfangene Daten bereitstellen. Man beachte, dass in der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung ein von der Kommunikationseinheit 103 unterstütztes Kommunikationsprotokoll nicht sonderlich eingeschränkt ist. Die Kommunikationseinheit 103 kann auch eine Vielzahl von Arten von Kommunikationsprotokollen unterstützen.

[0066] Beispielsweise kann die Kommunikationseinheit 103 eine drahtlose Kommunikation mit den fahrzeuginternen Geräten 104 über ein drahtloses LAN, Bluetooth (eingetragenes Warenzeichen), NFC (Nahfeldkommunikation; Near Field Communication), WUSB (Wireless Universal Serial Bus) oder dergleichen durchführen. Beispielsweise kann die Kommunikationseinheit 103 über einen nicht veranschaulichten Verbindungsanschluss (und nötigenfalls ein Kabel) eine drahtgebundene Kommunikation mit den fahrzeuginternen Geräten 104 unter Verwendung eines USB, einer HDMI (High-Definition Multimedia Interface) (eingetragenes Warenzeichen), einer MHL (Mobile High-definition Link) oder dergleichen durchführen.

[0067] Darüber hinaus kann die Kommunikationseinheit 103 beispielsweise mit Geräten (zum Beispiel einem Anwendungsserver oder einem Steuerungsserver), die in einem externen Netzwerk (zum Beispiel dem Internet, einem Cloud-Netzwerk oder einem unternehmensspezifischen Netzwerk) vorhanden sind, über eine Basisstation oder einen Zugangspunkt kommunizieren. Beispielsweise kann die Kommunikationseinheit 103 mit einem in der Nähe des eigenen Wagens befindlichen Endgerät (zum Beispiel einem Endgerät eines Fußgängers oder eines Geschäfts, einem von einem Inspektor mitgeführten Endgerät oder einem MTC-Endgerät (Machine Type Communication)) unter Verwendung einer P2P-Technologie (Peer To Peer) kommunizieren. Darüber hinaus kann die Kommunikationseinheit 103 beispielsweise eine V2X-Kommunikation wie etwa eine Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation, eine Fahrzeug-zu-Infrastruktur-Kommunikation, eine Fahrzeug-zu-Haus-Kommunikation und eine Fahrzeug-zu-Fußgänger-Kommunikation durchführen. Die Kommunikationseinheit 103 kann beispielsweise eine Beacon-Empfangseinheit enthalten, Funkwellen oder elektromagnetische Wellen empfangen, die von einer an einer Straße installierten drahtlosen Station oder dergleichen übertragen werden, und Informationen wie etwa eine aktuelle Position, einen Stau, Verkehrsregeln, eine erforderliche Zeit oder dergleichen erfassen. Man beachte, dass das Paaren bzw. die Kopplung mit einem in einem Abschnitt fahrenden vorausfahrenden Fahrzeug, das ein führendes Fahrzeug sein kann, über die

Kommunikationseinheit 103 durchgeführt werden kann, um Informationen zu erfassen, die von einer Datenerfassungseinheit, die am vorderen Fahrzeug montiert ist, als vorherige Fahrintervallinformationen zu erfassen und eine komplementäre Nutzung zum Ergänzen der durch die Datenerfassungseinheit 102 des eigenen Wagens erfassten Daten durchzuführen. Insbesondere kann die Kommunikationseinheit 103 ein Mittel sein, um die Sicherheit der folgenden Kolonne beim Kolonnenfahren durch das führende Fahrzeug oder dergleichen zu gewährleisten.

[0068] Die fahrzeuginternen Geräte 104 können beispielsweise mobile Geräte oder tragbare Geräte, die ein Passagier besitzt, Informationsgeräte, die im eigenen Wagen mitgeführt oder an ihm angebracht sind, oder eine Navigationsvorrichtung umfassen, die nach einer Route zu einem beliebigen Ziel sucht. Man beachte, dass in Anbetracht des Umstands, dass der Passagier aufgrund der Verbreitung des automatischen Fahrens nicht immer an einem festen Sitzplatz fixiert ist, die fahrzeuginternen Geräte 104 um einen Videoplayer, eine Spielgerätevorrichtung oder ein anderes Gerät erweitert werden können, das von der Fahrzeuginstallation abnehmbar verwendet werden kann.

[0069] Die Ausgabe-Steuerungseinheit 105 kann eine Ausgabe verschiedener Arten von Informationen an den Passagier des eigenen Wagens oder die äußere Umgebung des Wagens steuern. Beispielsweise erzeugt die Ausgabe-Steuerungseinheit 105 ein Ausgangssignal, das visuelle Informationen (zum Beispiel Bilddaten) und/oder akustische Informationen (zum Beispiel Audiodaten) enthält, und stellt der Ausgabeeinheit 106 das Ausgangssignal bereit, um dadurch eine Ausgabe der visuellen Informationen und der akustischen Informationen von der Ausgabeeinheit 106 zu steuern. Konkret kombiniert beispielsweise die Ausgabe-Steuerungseinheit 105 von verschiedenen, in der Sensoreinheit 113 enthaltenen Bildgebungsvorrichtungen erfasste Bilddaten, um ein Bild aus der Vogelperspektive, ein Panoramabild oder dergleichen zu erzeugen, und stellt der Ausgabeeinheit ein das erzeugte Bild enthaltendes Ausgangssignal bereit. Man beachte, dass, wenn das Bild aus der Vogelperspektive, das Panoramabild oder dergleichen erzeugt wird, es möglich ist, ein dichteres Ereignis durch Aufzeichnen und Speichern eines Bildes vor einer Kombinationsverarbeitung durch ein Facettenauge in einer zulässigen Nutzungsform zu reproduzieren. Die Aufzeichnung und die Speicherung des Bildes vor der Kombinationsverarbeitung hängt von der Speicherung von Verfügbarkeitsinformationen der Aufzeichnung und der Speicherung und einer Übertragungslast ab. Beispielsweise erzeugt die Ausgabe-Steuerungseinheit 105 Tondaten, die einen Warnton und eine Warnnachricht für eine Gefahr wie etwa eine Kollision, einen Kontakt oder das Eindringen in eine Gefahren-

zone einschließen, und stellt der Ausgabeeinheit 106 ein die erzeugten Tondaten enthaltendes Ausgangssignal bereit.

[0070] Die Ausgabeeinheit 106 kann eine Vorrichtung enthalten, die imstande ist, visuelle Informationen oder akustische Informationen an den Passagier des eigenen Fahrzeugs oder die äußere Umgebung des Wagens abzugeben. Beispielsweise umfasst die Ausgabeeinheit 106 eine Anzeigevorrichtung, ein Armaturenbrett, einen Lautsprecher, einen Kopfhörer, eine tragbare Vorrichtung wie etwa eine brillenartige Anzeige, die vom Passagier getragen wird, einen Projektor und eine Lampe. Die in der Ausgabeeinheit 106 enthaltene Anzeigevorrichtung kann neben einer Normalanzeige enthaltenden Vorrichtung eine Vorrichtung sein, die visuelle Informationen im Sichtfeld des Fahrers anzeigt, wie etwa ein Head-up-Display, eine transmissive Anzeige oder eine Vorrichtung mit einer AR-Anzeigefunktion (Augmented Reality). Man beachte, dass die Ausgabeeinheit 106 verschiedene Vorrichtungen umfassen kann, die einen olfaktorischen Stimulus (Freisetzung eines vorbestimmten Duftes) oder einen taktilen Stimulus (zum Beispiel Abgabe kalter Luft, Vermittlung von Vibrationen oder Vermittlung einer elektrischen Stimulation) an den Fahrer geben kann, um die Wachheit des Fahrers zu erzwingen, wenn ein tief- bzw. weitergehendes Abgeben der Lenkarbeit beim Fahren des Fahrers aufgrund eines Schlafs oder dergleichen stattfindet. Ferner kann die Ausgabeeinheit 106 eine Vorrichtung oder dergleichen enthalten, die körperliches Unbehagen stimuliert, um beispielsweise eine Rückenlehne des Fahrersitzes zu bewegen, um den Fahrer in eine Haltung zu zwingen, die dem Fahrer Unbehagen bereitet.

[0071] Beispiele für besonders wichtige Informationsausgabemittel, die in den letzten Jahren Verbreitung fanden, umfassen ein Mobiltelefon, ein Smartphone und ein Tablet-Gerät, die der Fahrer selbst in das Fahrzeug mitbringt. Solch ein Gerät kann als HMI (Mensch-Maschine-Schnittstelle; Human Machine Interface) genutzt werden, mit der der Fahrer eine Reihe von Informationen in Bezug auf eine Fahrt überprüfen kann, die von einer vom Fahrer genutzten Applikation bereitgestellt werden, selbst wenn der Fahrer die Sichtlinie nicht zu im Fahrzeug montierten Geräten bewegt. Daher können in der vorliegenden Ausführungsform Eingabe- und Ausgabefunktionen dieser Arten von Geräten auch als den im Fahrzeug montierten Geräten gleichwertig betrachtet und behandelt werden.

[0072] Die Antriebssystem-Steuerungseinheit 107 kann das Antriebssystem 108 steuern, indem verschiedene Steuerungssignale erzeugt und dem Antriebssystem 108 die Steuerungssignale bereitgestellt werden. Die Antriebssystem-Steuerungseinheit 107 kann anderen Funktionseinheiten als dem

Antriebssystem 108 je nach Notwendigkeit Steuerungssignale bereitstellen, um beispielsweise über eine Steuerungssituation des Antriebssystems 108 zu benachrichtigen.

[0073] Das Antriebssystem 108 kann verschiedene Vorrichtungen in Bezug auf das Antriebssystem des eigenen Wagens umfassen. Beispielsweise umfasst das Antriebssystem 108 eine Antriebskraft-Erzeugungsvorrichtung, um eine Antriebskraft zu erzeugen, wie etwa einen Verbrennungsmotor oder einen Antriebsmotor, einen Antriebskraft-Übertragungsmechanismus, um die Antriebskraft auf die Räder zu übertragen, einen Lenkmechanismus, um einen Lenkwinkel einzustellen, eine Bremsvorrichtung, um eine Bremskraft zu erzeugen, ein ABS (Antiblockierbremssystem; Antilock Brake System), eine ESC (elektronische Stabilitätssteuerung; Electronic Stability Control) und eine Servolenkvorrichtung.

[0074] Die Karosseriesystem-Steuerungseinheit 109 kann das Karosseriesystem 110 steuern, indem verschiedene Steuerungssignale erzeugt und dem Karosseriesystem 110 die Steuerungssignale bereitgestellt werden. Die Karosseriesystem-Steuerungseinheit 109 kann den anderen Funktionseinheiten als dem Karosseriesystem 110 je nach Notwendigkeit Steuerungssignale bereitstellen und beispielsweise über eine Steuerungssituation des Karosseriesystems 110 benachrichtigen.

[0075] Das Karosseriesystem 110 kann verschiedene Vorrichtungen eines an der Fahrzeugkarosserie montierten Karosseriesystems umfassen. Beispielsweise umfasst das Karosseriesystem 110 ein schlüsselloses Zugangssystem, ein smartes bzw. intelligentes Schlüsselsystem, eine elektrische Fensterhebevorrichtung, einen elektrisch verstellbaren Sitz, ein Lenkrad, eine Klimaanlage und verschiedene Lampen (zum Beispiel Frontscheinwerfer, Heckleuchten, Bremslampen, Fahrtrichtungsanzeiger und Nebelleuchten).

[0076] Die Speichereinheit 111 kann eine magnetische Speichervorrichtung wie etwa einen ROM (Nur-Lesespeicher; Read Only Memory) oder einen RAM (Direktzugriffsspeicher; Random Access Memory) oder ein HDD (Festplattenlaufwerk; Hard Disc Drive), eine Halbleiter-Speichervorrichtung, eine optische Speichervorrichtung oder eine magneto-optische Speichervorrichtung umfassen. Die Speichereinheit 111 kann verschiedene Programme, Daten und dergleichen speichern, die von den Funktionseinheiten des Fahrzeugsteuerungssystems 100 genutzt werden. Beispielsweise speichert die Speichereinheit 111 Kartendaten wie etwa eine dreidimensionale hochgenaue Karte wie etwa eine dynamische Karte, eine globale Karte, die eine geringere Genauigkeit als die hochgenaue Karte aufweist und einen weiten Bereich abdeckt, und eine lokale Karte,

die Informationen um den eigenen Wagen herum enthält.

[0077] Die Einheit 112 zur Steuerung des automatischen Fahrens kann eine Steuerung betreffend das automatische Fahren wie etwa autonomes Fahren oder Fahrerunterstützung durchführen. Konkret führt beispielsweise die Einheit 112 zur Steuerung des automatischen Fahrens durch zum Implementieren einer Funktion eines ADAS (fortgeschrittenen Fahrerassistenzsystems; Advanced Driver Assistance System) einschließlich einer Kollisionsvermeidung oder Aufprallminderung des eigenen Wagens, einer Folgefahrt basierend auf einem Abstand zwischen Fahrzeugen, einer Fahrt unter Beibehaltung der Fahrzeuggeschwindigkeit, einer Kollisionswarnung des eigenen Wagens, einer Warnung vor dem Verlassen der Spur des eigenen Wagens oder dergleichen eine kooperative Steuerung. Beispielsweise kann die Einheit 112 zur Steuerung des automatischen Fahrens eine kooperative Steuerung zum Zweck des automatischen Fahrens oder dergleichen für autonomes Fahren durchführen, ohne von einer Bedienung durch den Fahrer abhängig zu sein. Konkret enthält die Einheit 112 zur Steuerung des autonomen Fahrens eine Detektionseinheit 131, eine Einheit 132 zur Schätzung der eigenen Position, eine Situations-Analyseeinheit 133, eine Planungseinheit 134 und eine Betriebs-Steuerungseinheit 135.

[0078] Die Detektionseinheit 131 kann verschiedene Arten von Informationen detektieren, die zum Steuern des automatischen Fahrens notwendig sind. Die Detektionseinheit 131 enthält eine Einheit 141 zur Detektion von Informationen von außerhalb des Fahrzeugs, eine Einheit 142 zur Detektion von Informationen von innerhalb des Fahrzeugs und eine Fahrzeugzustands-Detektionseinheit 143.

[0079] Die Einheit 141 zur Detektion von Informationen von außerhalb des Fahrzeugs kann eine Detektionsverarbeitung für Informationen in Bezug auf die äußere Umgebung des eigenen Wagens basierend auf Daten oder Signalen von den Einheiten des Fahrzeugsteuerungssystems 100 durchführen. Beispielsweise führt die Einheit 141 zur Detektion von Informationen von außerhalb des Fahrzeugs eine Detektionsverarbeitung, eine Erkennungsverarbeitung und eine Verfolgungsverarbeitung für ein Objekt um den eigenen Wagen und eine Detektionsverarbeitung für einen Abstand zu einem Objekt durch. Beispiele des zu detektierenden Objekts umfassen ein Fahrzeug, eine Person, ein Hindernis, eine Struktur, eine Straße, eine Ampel, ein Verkehrsschild und ein Straßenschild.

[0080] Die Einheit 141 zur Detektion von Informationen von außerhalb des Fahrzeugs führt eine Detektionsverarbeitung für eine Umgebung um den eige-

nen Wagen durch. Beispiele für die Umgebung um den eigenen Wagen, die detektiert werden soll, umfassen Wetter, Temperatur, Feuchtigkeit, Helligkeit, Bedingungen der Straßenoberfläche und dergleichen. Die Einheit 141 zur Detektion von Informationen von außerhalb des Fahrzeugs stellt beispielsweise der Einheit 132 zur Schätzung der eigenen Position, einer Karten-Analyseeinheit 151, einer Verkehrsregel-Erkennungseinheit 152 und einer Situations-Erkennungseinheit 153 der Situations-Analyseeinheit 133 und einer Notfallvermeidungseinheit 171 der Betriebs-Steuerungseinheit 135 Daten bereit, die ein Ergebnis der Detektionsverarbeitung angeben.

[0081] Man beachte, dass die von der Einheit 141 zur Detektion von Informationen von außerhalb des Fahrzeugs erfassten Informationen hauptsächlich durch die Bereitstellung von Informationen über die Infrastruktur empfangen werden können, falls ein Fahrabschnitt ein Abschnitt ist, für den eine ständig aktualisierte LDM von der Infrastruktur bereitgestellt wird, als ein Abschnitt, in dem die Reise bzw. Fahrt unter automatischem Fahren intensiv durchgeführt werden kann. Alternativ dazu können die Informationen vorher von einem Fahrzeug oder einer Gruppe von Fahrzeugen empfangen werden, die in dem betreffenden Abschnitt vorausfahren, bevor der eigene Wagen in den Abschnitt einfährt. In der vorliegenden Ausführungsform kann beispielsweise, wenn die letzte LDM durch die Infrastruktur nicht immer aktualisiert wird, insbesondere um Straßeninformationen unmittelbar vor dem betreffenden Abschnitt zu erhalten, um eine sichere Einfahrt in den Abschnitt beim Kolonnenfahren oder dergleichen auszuführen, die Einheit 141 zur Detektion von Informationen von außerhalb des Fahrzeugs die Informationen über die Straßenumgebung über das führende bzw. vorausfahrende Fahrzeug empfangen, das früher in den betreffenden Abschnitt eingefahren ist. Ob es sich bei dem Abschnitt um den Abschnitt handelt, in dem das automatische Fahren möglich ist, wird oft entsprechend dem Vorhandensein oder Nichtvorhandensein früherer Informationen bestimmt, die von der Infrastruktur entsprechend dem betreffenden Abschnitt bereitgestellt werden. Eine frische bzw. neue LDM, die immer aktualisiert werden kann, wobei sie die korrekten Informationen zum Reisen unter automatischem Fahren auf einer Route bildet, die von der Infrastruktur bereitgestellt werden, ist eine sogenannte „Information“, verhält sich aber, als ob die LDM eine „unsichtbare Trajektorie“ bereitstellt. Man beachte, dass in der vorliegenden Beschreibung der Zweckmäßigkeit halber die Einheit 141 zur Detektion von Informationen von außerhalb des Fahrzeugs unter der Prämisse veranschaulicht und erläutert wird, dass die Einheit 141 zur Detektion von Informationen von außerhalb des Fahrzeugs am eigenen Fahrzeug montiert ist und Informationen von der Infrastruktur direkt empfängt.

Jedoch ist die Einheit 141 zur Detektion von Informationen von außerhalb des Fahrzeugs nicht darauf beschränkt. Beispielsweise kann, indem Informationen empfangen und genutzt werden, die das vorausfahrende Fahrzeug als „Informationen“ betrachtet hat, in der vorliegenden Ausführungsform die Einheit 141 zur Detektion von Informationen von außerhalb des Fahrzeugs die Vorhersagbarkeit einer Gefahr oder dergleichen, die während der Fahrt wahrscheinlich auftritt, weiter verbessern.

[0082] Die Einheit 142 zur Detektion von Informationen von innerhalb des Fahrzeugs kann eine Detektionsverarbeitung für Informationen aus dem Inneren des Fahrzeugs basierend auf Daten oder Signalen von den Funktionseinheiten des Fahrzeugsteuerungssystems 100 durchführen. Beispielsweise führt die Einheit 142 zur Detektion von Informationen von innerhalb des Fahrzeugs eine Fahrer-Authentifizierungsverarbeitung und Erkennungsverarbeitung, eine Verarbeitung zur Detektion des Fahrerzustands, eine Passagierdetektionsverarbeitung, eine Verarbeitung zur Detektion der Umgebung innerhalb des Fahrzeugs und dergleichen durch. Beispiele für einen Zustand des Fahrers, der detektiert werden soll, umfassen einen physischen Zustand, einen Grad der Wachheit, einen Konzentrationsgrad, einen Ermüdungsgrad, eine Richtung der Sichtlinie, einen Grad des Einflusses von Alkohol, einer Medizin oder dergleichen und das detaillierte Augapfelverhalten. Beispiele für eine Umgebung innerhalb des Fahrzeugs, die detektiert werden soll, umfassen Temperatur, Feuchtigkeit, Helligkeit und Geruch. Die Einheit 142 zur Detektion von Informationen von innerhalb des Fahrzeugs stellt Daten, die ein Ergebnis der Detektionsverarbeitung angeben, der Situations-Erkennungseinheit 153 der Situations-Analyseeinheit 133, der Notfallvermeidungseinheit 171 der Betriebs-Steuerungseinheit 135 und dergleichen bereit. Man beachte, dass beispielsweise, wenn geschätzt oder festgestellt wurde, dass der Fahrer das manuelle Fahren innerhalb einer vorbestimmten Ablaufzeit nicht erreichen kann, nachdem der Fahrer über die Rückkehraufforderung RTI zum manuellen Fahren benachrichtigt wurde, und bestimmt wurde, dass eine Rückkehr zum manuellen Fahren nicht rechtzeitig vorgenommen werden kann, selbst wenn eine Steuerung zur Abbremsung durchgeführt wird, um die Zeit zu verzögern, die Einheit 142 zur Detektion von Informationen von innerhalb des Fahrzeugs eine Anweisung an die Notfallvermeidungseinheit 171 und dergleichen erteilen und Abbremsungs-, Evakuierungs- und Anhalte- bzw. Stoppverfahren starten kann, um das Fahrzeug zu evakuieren.

[0083] Da, wie oben erläutert wurde, auch eine Nutzung unterstellt wird, bei der der Fahrer die Lenkarbeit vollständig abgibt, ist es überdies wahrscheinlich, dass der Fahrer vorübergehend eindöst oder

eine andere Arbeit (eine sekundäre Aufgabe) beginnt. Daher ist es erforderlich, zu erfassen, in welchem Maße ein Wiedererwachen des Bewusstseins, das zur Wiederaufnahme des Fahrens notwendig ist, fortgeschritten ist. Daher hat die oben erläuterte Einheit 142 zur Detektion von Informationen von innerhalb des Fahrzeugs vorwiegend zwei Hauptaufgaben. Eine erste Aufgabe ist eine passive Überwachung eines Zustands des Fahrers während des Fahrens, und eine zweite Aufgabe ist eine aktive Überwachung, um entsprechend einer bewussten Reaktion des Fahrers zu detektieren und zu bestimmen, ob sich der Fahrer in einer Reaktionsstufe für eine Rückkehr befindet, bei der das manuelle Fahren möglich ist, nachdem die Rückkehraufforderung RTI zum manuellen Fahren übermittelt wurde.

[0084] Die Fahrzeugzustands-Detektionseinheit 143 kann eine Detektionsverarbeitung für einen Zustand des Fahrzeugs (des eigenen Wagens) basierend auf Daten oder Signalen von den Einheiten des Fahrzeugsteuerungssystems 100 durchführen. Beispiele für einen Zustand des Host-Fahrzeugs, der detektiert werden soll, umfassen Zustände und Inhalte der Eigendiagnose der Geschwindigkeit, der Beschleunigung, eines Lenkwinkels und das Vorliegen oder Nichtvorliegen einer Anomalie, einen Zustand des Fahrbetriebs, eine Position und eine Neigung eines elektrisch verstellbaren Sitzes, einen Zustand einer Türverriegelung und einen Zustand anderer, im Fahrzeug montierter Geräte. Die Fahrzeugzustands-Detektionseinheit 143 stellt der Situations-Erkennungseinheit 153 der Situations-Analyseeinheit 133, der Notfallvermeidungseinheit 171 der Betriebs-Steuerungseinheit 135 und dergleichen Daten bereit, die ein Ergebnis des Detektionsprozesses angeben.

[0085] Man beachte, dass Beispiele eines Zustands des Fahrzeugs (des eigenen Wagens), der erkannt werden soll, eine Beladungsmenge, die eine Position, eine Lage und die Bewegung (zum Beispiel Geschwindigkeit, Beschleunigung und Bewegungsrichtung) des Fahrzeugs (des eigenen Wagens) und Bewegungseigenschaften des Fahrzeugs (des eigenen Wagens), bestimmt, eine Bewegung bzw. Verschiebung des Schwerpunkts der Fahrzeugkarosserie, die mit der Beladung verbunden ist, den Reifendruck, eine Bremswegbewegung, die mit einer Verschleißsituation des Bremsbelags verbunden ist, eine zulässige maximale Verzögerungsbremmung zum Vermeiden einer Ladungsbewegung, die durch Ladungsbremsen verursacht wird, und eine Grenzgeschwindigkeit für eine zentrifugale Entlastung während einer Kurvenfahrt, die in einem mit Flüssigkeit beladenen Objekt einbezogen ist, umfassen können. Man beachte, dass in der vorliegenden Ausführungsform der für die Steuerung des Fahrzeugs erforderliche Zeitpunkt des Rückkehrbeginns selbst in der völlig gleichen Straßenumgebung auf-

grund fahrzeugspezifischer Bedingungen, beladungsspezifischer Bedingungen und dergleichen und zusätzlich eines Reibungskoeffizienten einer Straßenoberfläche, einer Straßenkurve, einer Steigung und dergleichen unterschiedlich ist. Daher ist es in der vorliegenden Ausführungsform erforderlich, diese verschiedenen Bedingungen zu sammeln bzw. zu erfassen und zu lernen und stets ein Lernergebnis über eine Schätzung eines optimalen Zeitpunkts zum Durchführen der Steuerung zu reflektieren. Da der Einfluss oder dergleichen in dem Fall, in dem diese Bedingungen zum Bestimmen einer tatsächlichen Fahrzeugsteuerung tatsächlich zu einem Unfall führen, auch je nach der Art einer auf das Fahrzeug geladenen Fracht variiert, ist es wünschenswert, die Sicherheit durch den Nutzer vorherzusehen und die Bedingungen durch Anwenden eines gewünschten Bias auf eine Steuerung als Sicherheitskoeffizienten zu betreiben. Es ist nicht notwendig, ein durch Lernen einheitlich erhaltenes Ergebnis direkt zu verwenden.

[0086] Die Einheit 132 zur Schätzung der eigenen Position kann eine Schätzverarbeitung für eine Position, eine Lage und dergleichen des Fahrzeugs (des eigenen Wagens) basierend auf Daten oder Signalen von den Funktionseinheiten des Fahrzeugsteuerungssystems 100 wie etwa der Einheit 141 zur Detektion von Informationen von außerhalb des Fahrzeugs und der Situations-Erkennungseinheit 153 der Situations-Analyseeinheit 133 durchführen. Die Einheit 132 zur Schätzung der eigenen Position kann nach Bedarf eine lokale Karte (worauf hier im Folgenden als Karte zur Schätzung der eigenen Position verwiesen wird) erzeugen, die zum Schätzen einer eigenen Position verwendet wird.

[0087] Die Karte zur Schätzung der eigenen Position ist beispielsweise eine sehr genaue Karte, die eine Technik wie etwa SLAM nutzt. Die Einheit 132 zur Schätzung der eigenen Position stellt der Karten-Analyseeinheit 151, der Verkehrsregel-Erkennungseinheit 152, der Situations-Erkennungseinheit 153 und dergleichen der Situations-Analyseeinheit 133 Daten bereit, die ein Ergebnis der Schätzverarbeitung angeben. Die Einheit 132 zur Schätzung der eigenen Position kann auch veranlassen, dass die Speichereinheit 111 die Karte zur Schätzung der eigenen Position speichert.

[0088] Die Situations-Analyseeinheit 133 kann eine Analyseverarbeitung für eine Situation des Fahrzeugs (des eigenen Wagens) und der Umgebung durchführen. Die Situations-Analyseeinheit 133 enthält eine Karten-Analyseeinheit 151, eine Verkehrsregel-Erkennungseinheit 152, eine Situations-Erkennungseinheit 153 und eine Situations-Vorhersageeinheit 154.

[0089] Die Karten-Analyseeinheit 151 kann eine Analyseverarbeitung für verschiedene Karten durchführen, die in der Speichereinheit 111 gespeichert sind, während Daten oder Signale von den Funktionseinheiten des Fahrzeugsteuerungssystems 100 wie etwa der Einheit 132 zur Schätzung der eigenen Position und der Einheit 141 zur Detektion von Informationen von außerhalb des Fahrzeugs nach Bedarf verwendet werden, und eine Karte konstruieren bzw. erstellen, die Informationen enthält, die für eine Verarbeitung beim automatischen Fahren notwendig sind. Die Karten-Analyseeinheit 151 stellt der Verkehrsregel-Erkennungseinheit 152, der Situations-Erkennungseinheit 153 und der Situations-Vorhersageeinheit 154 und einer Routen-Planungseinheit 161, einer Aktions-Planungseinheit 162, einer Betriebs-Planungseinheit 163 und dergleichen der Planungseinheit 134 die erstellte Karte bereit.

[0090] Die Verkehrsregel-Erkennungseinheit 152 kann eine Erkennungsverarbeitung für Verkehrsregeln um das Fahrzeug (den eigenen Wagen) herum basierend auf Daten oder Signalen von den Einheiten des Fahrzeugsteuerungssystems 100 wie etwa der Einheit 132 zur Schätzung der eigenen Position, der Einheit 141 zur Detektion von Information von außerhalb des Fahrzeugs und der Karten-Analyseeinheit 151 durchführen. Mit dieser Erkennungsverarbeitung werden beispielsweise eine Position und Situation einer Ampel um das Fahrzeug (des eigenen Wagens), der Inhalt einer Verkehrsregelung um den eigenen Wagen, eine Spur, auf der der eigene Wagen fahren kann, und dergleichen erkannt. Die Verkehrsregel-Erkennungseinheit 152 stellt der Situations-Vorhersageeinheit 154 und dergleichen Daten bereit, die ein Ergebnis der Erkennungsverarbeitung angeben.

[0091] Die Situations-Erkennungseinheit 153 kann eine Erkennungsverarbeitung für eine Situation in Bezug auf das Fahrzeug (den eigenen Wagen) basierend auf Daten oder Signalen von den Funktionseinheiten des Fahrzeugsteuerungssystems 100 wie etwa der Einheit 132 zur Schätzung einer eigenen Position, der Einheit 141 zur Detektion von Informationen von außerhalb des Fahrzeugs, der Einheit 142 zur Detektion von Informationen von innerhalb des Fahrzeugs, der Fahrzeugzustands-Detektionseinheit 143 und der Karten-Analyseeinheit 151 durchführen. Beispielsweise führt die Situations-Erkennungseinheit 153 eine Erkennungsverarbeitung für eine Situation des Fahrzeugs (des eigenen Wagens), eine Situation um das Fahrzeug (den eigenen Wagen), eine Situation des Fahrers des Fahrzeugs (des eigenen Wagens) und dergleichen durch. Die Situations-Erkennungseinheit 153 erzeugt je nach Bedarf eine lokale Karte (worauf hier im Folgenden als Situations-Erkennungskarte verwiesen wird), die genutzt wird, um eine Situation um das Fahrzeug (den eigenen Wagen) zu erkennen. Bei

der Situations-Erkennungskarte kann es sich beispielsweise um eine Belegungsraaster-Karte handeln. Die Situations-Erkennungseinheit 153 stellt Daten (einschließlich einer Situations-Erkennungskarte bei Bedarf), die ein Ergebnis der Erkennungsverarbeitung angeben, der Einheit 132 zur Schätzung der eigenen Position, der Situations-Vorhersageeinheit 154 und dergleichen bereit. Die Situations-Erkennungseinheit 153 veranlasst die Speichereinheit 111, die Situations-Erkennungskarte zu speichern.

[0092] Die Situations-Vorhersageeinheit 154 kann eine Vorhersageverarbeitung für eine Situation in Bezug auf das Fahrzeug (den eigenen Wagen) basierend auf Daten oder Signalen von den Einheiten des Fahrzeugsteuerungssystems 100 wie etwa der Karten-Analyseeinheit 151, der Verkehrsregel-Erkennungseinheit 152 und der Situations-Erkennungseinheit 153 durchführen. Beispielsweise führt die Situations-Vorhersageeinheit 154 eine Vorhersageverarbeitung für eine Situation des Fahrzeugs (des eigenen Wagens), eine Situation um das Fahrzeug (den eigenen Wagen), eine Situation des Fahrers und dergleichen durch. Man beachte, dass Beispiele einer Situation des Fahrzeugs (des eigenen Wagens), die vorhergesagt werden soll, ein Verhalten des Fahrzeugs (des eigenen Wagens), das Auftreten einer Anomalie und eine fahrbare Strecke umfassen. Beispiele einer vorherzusagenden Situation um das Fahrzeug (den eigenen Wagen) umfassen ein Verhalten eines sich bewegenden Körpers um das Fahrzeug (den eigenen Wagen), eine Änderung eines Ampelzustands und eine Änderung in der Umgebung wie etwa des Wetters. Beispiele einer vorherzusagenden Situation des Fahrers umfassen ein Verhalten und den physischen Zustand des Fahrers. Die Situations-Vorhersageeinheit 154 stellt dann zusammen mit den Daten von der Verkehrsregel-Erkennungseinheit 152 und der Situations-Erkennungseinheit 153 der Routen-Planungseinheit 161, der Aktions-Planungseinheit 162, der Betriebs-Planungseinheit 163 und dergleichen der Planungseinheit 134 ein Ergebnis der Vorhersageverarbeitung angegebene Daten bereit.

[0093] Die Routen-Planungseinheit 161 kann eine Route zu einem Ziel basierend auf Daten oder Signalen von den Funktionseinheiten des Fahrzeugsteuerungssystems 100 wie etwa der Karten-Analyseeinheit 151 und der Situations-Vorhersageeinheit 154 planen. Beispielsweise legt die Routen-Planungseinheit 161 eine Route von einer aktuellen Position zu einem bestimmten Ziel basierend auf der globalen Karte fest. Die Routen-Planungseinheit 161 stellt basierend auf einer LDM oder dergleichen Stufen für automatisches Fahren für Abschnitte auf einer Reiseroute ein. Beispielsweise kann die Routen-Planungseinheit 161 eine Route basierend auf einer Situation wie etwa einem Verkehrsstau, einem Unfall, einer Verkehrsbeschränkung oder einer Bau-

stelle, eines physischen Zustands des Fahrers und dergleichen ändern. Die Routen-Planungseinheit 161 stellt der Aktions-Planungseinheit 162 und dergleichen die geplante Route angegebene Daten bereit.

[0094] Die Aktions-Planungseinheit 162 kann basierend auf Daten oder Signalen von den Funktionseinheiten des Fahrzeugsteuerungssystems 100 wie etwa der Karten-Analyseeinheit 151 und der Situations-Vorhersageeinheit 154 eine Aktion des Fahrzeugs (des eigenen Wagens) zum sicheren Fahren auf der von der Routen-Planungseinheit 161 geplanten Route innerhalb einer geplanten Zeit planen. Beispielsweise führt die Aktions-Planungseinheit 162 eine Planung des Starts, des Stopps, einer Fahrtrichtung (beispielsweise Vorwärtsbewegung, Rückwärtsbewegung, Linksabbiegen, Rechtsabbiegen oder Richtungsänderung), einer Fahrspur, der Fahrgeschwindigkeit, des Überholens und dergleichen durch. Die Aktions-Planungseinheit 162 stellt der Betriebs-Planungseinheit 163 und dergleichen Daten bereit, die die geplante Aktion des Fahrzeugs (des eigenen Wagens) angeben. Man beachte, dass zu dem Zweck, einen von einem anderen Teilnehmer verursachten Unfall zu vermeiden, parallel zu den Fahrrauminformationen einer Straße, die zur Steuerung in normalen Zeiten notwendig sind, Informationen wie etwa ein offener flacher Raum (freies Land oder dergleichen), in dem das Fahrzeug physisch fahren kann, und ein gefährlicher Raum, bei dem die Einfahrt zu vermeiden ist, (engl.: entrance avoidance dangerous space) (ein Bereich mit vielen Fußgängern, wie etwa eine Klippe oder eine Haltestellenausfahrt) ferner ergänzend verwaltet werden können, um eine Erhöhung des Schweregrads eines Unfalls zu vermeiden, und sich in einer Steuerung als Evakuierungsraum zum Zeitpunkt einer Notfallsteuerung widerspiegeln können.

[0095] Die Betriebs-Planungseinheit 163 kann basierend auf Daten oder Signalen von den Funktionseinheiten des Fahrzeugsteuerungssystems 100 wie etwa der Karten-Analyseeinheit 151 und der Situations-Vorhersageeinheit 154 einen Betrieb des Fahrzeugs (des eigenen Wagens) planen, um die von der Aktions-Planungseinheit 162 geplante Aktion zu realisieren. Beispielsweise plant die Betriebs-Planungseinheit 163 die Beschleunigung, die Abbremsung, eine Fahrtrajektorie und dergleichen. Die Betriebs-Planungseinheit 163 kann eine Einstellung eines Fahrmodus, den Zeitpunkt zum Ausführen von Schaltvorgängen und dergleichen planen. Die Betriebs-Planungseinheit 163 stellt einer Beschleunigungs- und Abbremsungs-Steuerungseinheit 172, einer Richtungs-Steuerungseinheit 173 und dergleichen der Betriebs-Steuerungseinheit 135 den geplanten Betrieb des Fahrzeugs (des eigenen Wagens) angegebene Daten bereit.

[0096] Die Betriebs-Steuerungseinheit 135 kann einen Betrieb des Fahrzeugs (des eigenen Wagens) steuern. Die Betriebs-Steuerungseinheit 135 enthält die Notfallvermeidungseinheit 171, die Beschleunigungs- und Abbremsungs-Steuerungseinheit 172 und Richtungs-Steuerungseinheit 173.

[0097] Die Notfallvermeidungseinheit 171 kann eine Detektionsverarbeitung für einen Notfall wie etwa eine Kollision, einen Kontakt, einen Eintritt in eine Gefahrenzone, eine Anomalie des Fahrers, eine Anomalie des Fahrzeugs oder dergleichen basierend auf Detektionsergebnissen der Einheit 141 zur Detektion von Informationen von außerhalb des Fahrzeugs, der Einheit 142 zur Detektion von Informationen von innerhalb des Fahrzeugs und der Fahrzeugzustands-Detektionseinheit 143 durchführen. Wenn das Auftreten eines Notfalls detektiert wird, plant die Notfallvermeidungseinheit 171 einen Betrieb des Fahrzeugs zum Vermeiden eines Notfalls wie etwa einen plötzlichen Stopp oder ein plötzliches Abbiegen. Die Notfallvermeidungseinheit 171 stellt den geplanten Betrieb des Fahrzeugs angegebene Daten der Beschleunigungs- und Abbremsungs-Steuerungseinheit 172, der Richtungs-Steuerungseinheit 173 und dergleichen bereit.

[0098] Die Beschleunigungs- und Abbremsungs-Steuerungseinheit 172 kann eine Beschleunigungs- und Abbremsungs-Steuerung zum Realisieren des durch die Betriebs-Planungseinheit 163 oder die Notfallvermeidungseinheit 171 geplanten Betriebs des Fahrzeugs (des eigenen Wagens) durchführen. Beispielsweise berechnet die Beschleunigungs- und Abbremsungs-Steuerungseinheit 172 einen Steuerungszielwert einer Antriebskraft-Erzeugungsvorrichtung oder einer Bremsvorrichtung zum Realisieren der geplanten Beschleunigung, Abbremsung oder des plötzlichen Stopps und stellt einen Steuerungsbefehl, der den berechneten Steuerungszielwert angibt, der Antriebssystem-Steuerungseinheit 107 bereit. Man beachte, dass es beispielsweise vorwiegend zwei Fälle gibt, in denen ein Notfall eintreten kann. Der eine ist ein Fall, bei dem ein unerwarteter Unfall oder ein einen Unfall auslösender Faktor aus plötzlichem Grund während des automatischen Fahrens auf einer Straße auftritt, die durch eine LDM oder dergleichen, die von einer Infrastruktur an einer Fahrstrecke im automatischen Fahrmodus erfasst wurde, ursprünglich als sicher betrachtet wurde, und der Fahrer eine Notfalloberkehr nicht rechtzeitig vornehmen kann. Der andere ist ein Fall, bei dem es aus irgendeinem Grund schwierig ist, vom automatischen Fahrmodus auf den manuellen Fahrmodus umzuschalten.

[0099] Die Richtungs-Steuerungseinheit 173 kann eine Steuerung der Richtung zum Realisieren des durch die Betriebs-Planungseinheit 163 oder die Notfallvermeidungseinheit 171 geplanten Betriebs des

Fahrzeugs (des eigenen Wagens) durchführen. Beispielsweise berechnet die Richtungs-Steuerungseinheit 173 einen Steuerungszielwert des Lenkmechanismus zum Realisieren der Fahrtrajektorie oder des plötzlichen Abbiegens, die durch die Betriebs-Planungseinheit 163 oder die Notfallvermeidungseinheit 171 geplant wurden, und stellt der Antriebssystem-Steuerungseinheit 107 einen den berechneten Steuerungszielwert angegebenden Steuerungsbefehl bereit.

[0100] Mit Verweis auf **Fig. 6** wird ferner ein Beispiel einer Installationsposition der in der Sensoreinheit 113 enthaltenen Bildgebungsvorrichtung erläutert. **Fig. 6** ist ein Diagramm, das ein Beispiel der Installationsposition der in der Sensoreinheit 113 enthaltenen Bildgebungsvorrichtung veranschaulicht. In **Fig. 6** veranschaulichte Bildgebungseinheiten 7910, 7912, 7914, 7916 und 7918, für die die Bildgebungsvorrichtung verwendet werden kann, sind beispielsweise in zumindest einer der folgenden Komponenten vorgesehen: einer Frontnase, Seitenspiegeln, einer hinteren Stoßstange, einer Hecktür oder einem oberen Teil einer Windschutzscheibe in einem Fahrzeuginneren eines Fahrzeugs 7900.

[0101] Die in der Frontnase installierte Bildgebungseinheit 7910 und die im oberen Teil der Windschutzscheibe im Fahrzeuginneren installierte Bildgebungseinheit 7918 erfassen vorwiegend Bilder vor dem Fahrzeug 7900. Die in den Seitenspiegeln installierten Bildgebungseinheiten 7912 und 7914 erfassen vorwiegend Bilder an den Seiten des Fahrzeugs 7900. Die in der hinteren Stoßstange oder der Hecktür installierte Bildgebungseinheit 7916 erfasst vorwiegend ein Bild hinter dem Fahrzeug 7900. Die im oberen Teil der Windschutzscheibe im Fahrzeuginneren installierte Bildgebungseinheit 7918 wird vorwiegend genutzt, um ein vorausfahrendes Fahrzeug, einen Fußgänger, ein Hindernis, eine Ampel, ein Verkehrszeichen, eine Fahrspur oder dergleichen zu detektieren. Außerdem kann beim späteren automatischen Fahren, wenn das Fahrzeug nach rechts oder links abbiegt, ein Fußgänger, der eine Zielstraße für das Abbiegen nach links oder rechts überquert, in einem größeren Bereich oder einem Bereich eines sich nähernden Objekts auf einer kreuzenden Straße erweitert und verwendet werden.

[0102] Man beachte, dass **Fig. 6** ein Beispiel von Abbildungsbereichen der jeweiligen Bildgebungseinheiten 7910, 7912, 7914 und 7916 veranschaulicht. Ein Abbildungsbereich „a“ gibt einen Abbildungsbereich der in der Frontnase vorgesehenen Bildgebungseinheit 7910 an, Abbildungsbereiche „b“ und „c“ geben Abbildungsbereiche der Bildgebungseinheiten 7912 bzw. 7914 an, die in den Seitenspiegeln vorgesehen sind, und ein Abbildungs- bzw. Bildgebungsbereich „d“ gibt einen Abbildungsbereich in der der hinteren Stoßstange oder der Hecktür vorge-

sehenen Bildgebungseinheit 7916 an. Die von den Bildgebungseinheiten 7910, 7912, 7914 und 7916 erfassten Bilddaten werden überlagert, wodurch ein Bild aus der Vogelperspektive des Fahrzeugs 7900, von oben betrachtet, erhalten wird. Beispielsweise werden die von den Bildgebungseinheiten 7910, 7912, 7914 und 7916 erfassten Bilddaten überlagert, wodurch ein Bild aus der Vogelperspektive des Fahrzeugs 7900, von oben betrachtet, ein stereoskopisches Rundum-Anzeigebild, das die Umgebung des Fahrzeugs mit einer gekrümmten Ebene umgibt, und dergleichen erhalten werden können.

[0103] Die Einheiten 7920, 7922, 7924, 7926, 7928 und 7930 zur Detektion von Informationen von außerhalb des Fahrzeugs, die in der Frontseite, der Rückseite, den Seiten, den Ecken und einem oberen Teil der Windschutzscheibe im Fahrzeuginneren des Fahrzeugs 7900 vorgesehen sind, können beispielsweise Ultraschallsensoren oder Radarvorrichtungen sein. Die Einheiten 7920, 7926 und 7930 zur Detektion von Informationen von außerhalb des Fahrzeugs, die in der Frontröhre, der hinteren Stoßstange, der Hecktür und dem oberen Teil der Windschutzscheibe im Fahrzeuginneren des Fahrzeugs vorgesehen sind, können beispielsweise LiDAR-Vorrichtungen sein. Diese Einheiten 7920 bis 7930 zur Detektion von Informationen von außerhalb des Fahrzeugs werden vorwiegend genutzt, um ein vorausfahrendes Fahrzeug, einen Fußgänger, ein Hindernis oder dergleichen zu detektieren. Ergebnisse der Detektion können ferner zur Verbesserung der dreidimensionalen Objektanzeige einer Anzeige aus der Vogelperspektive und der stereoskopischen Rundum-Anzeige verwendet werden.

«6. Schematische Konfiguration der Sensoreinheit 113»

[0104] Als Nächstes wird mit Verweis auf **Fig. 7** ein Beispiel verschiedener, in der oben erläuterten Sensoreinheit 113 enthaltener Sensoren zum Erhalten von Informationen in Bezug auf den Fahrer im Fahrzeug erläutert. **Fig. 7** ist ein erläuterndes Diagramm, um das Beispiel der in der Sensoreinheit 113 gemäß der vorliegenden Ausführungsform enthaltenen verschiedenen Sensoren zu erläutern. **Fig. 7** ist ein Diagramm, das das Beispiel der in der Sensoreinheit 113 enthaltenen verschiedenen Sensoren zum Erhalten von Informationen in Bezug auf den Fahrer im Fahrzeug veranschaulicht. Wie in **Fig. 7** veranschaulicht ist, enthält die Sensoreinheit 113 als Detektor zum Detektieren der Position und der Haltung des Fahrers eine Positions- und Haltungs-Detektionseinheit 200, die beispielsweise eine ToF-Kamera, eine Stereokamera oder ein Sitzbelastungsmessgerät enthält. Die Sensoreinheit 113 enthält eine Gesichtserkennungseinheit 202, eine Gesichtsverfolgungseinheit 204 und eine Augapfelverfolgungseinheit (eine Überwachungseinheit) 206

als Detektoren zum Erhalten biologischer Informationen des Fahrers. In der folgenden Erläuterung werden Details der verschiedenen, in der Sensoreinheit 113 gemäß der vorliegenden Ausführungsform enthaltenen Sensoren nacheinander erläutert.

[0105] Die Gesichtserkennungseinheit 202, die Gesichtsverfolgungseinheit 204 und die Augapfelverfolgungseinheit (die Überwachungseinheit) 206 können aus verschiedenen Sensoren wie etwa einer Bildgebungsvorrichtung konfiguriert werden. Beispielsweise erkennt und detektiert die Gesichtserkennungseinheit 202 das Gesicht des Fahrers oder dergleichen aus einem aufgenommenen Bild und gibt detektierte Informationen an die Gesichtsverfolgungseinheit 204 aus. Die Gesichtsverfolgungseinheit 204 detektiert eine Bewegung des Gesichts oder des Kopfes des Fahrers basierend auf den von der Gesichtserkennungseinheit 202 detektierten Informationen. Ferner detektiert die Augapfelverfolgungseinheit 206 das Augapfelverhalten des Fahrers. Man beachte, dass Details der Augapfelverfolgungseinheit 206 gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung unten erläutert werden.

[0106] Ferner kann die Sensoreinheit 113 eine Einheit 208 zur Detektion biologischer Informationen als weiteren Detektor zum Erhalten biologischer Informationen des Fahrers enthalten. Die Sensoreinheit 113 kann eine Authentifizierungseinheit 210 enthalten, die den Fahrer authentifiziert. Man beachte, dass ein Authentifizierungsschema der Authentifizierungseinheit 210 eine biometrische Authentifizierung unter Verwendung eines Gesichts, eines Fingerabdrucks, einer Iris einer Pupille, eines Stimmabdrucks oder dergleichen neben einer Kenntnis-Authentifizierung mittels eines Passworts, einer persönlichen Identifikationsnummer oder dergleichen sein kann und nicht sonderlich beschränkt ist. In der obigen Erläuterung sind die in der Sensoreinheit 113 enthaltenen Hauptsensoren erläutert. Jedoch kann die Sensoreinheit 113 andere verschiedene Sensoren enthalten.

«7. Schematische Konfiguration einer Einheit, die die Bestimmung einer Wachtheitsstufe des Fahrers ausführt»

[0107] Als Nächstes wird mit Verweis auf **Fig. 8** ein Konfigurationsbeispiel einer Einheit erläutert, die die Bestimmung einer Wachtheitsstufe (einer Reaktionsstufe für eine Rückkehr) des Fahrers gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung ausführt. **Fig. 8** ist ein erläuterndes Diagramm, um ein Beispiel der Einheit zu erläutern, die die Bestimmung der Wachtheitsstufe des Fahrers gemäß der vorliegenden Ausführungsform ausführt. Konkret enthält die Einheit, die die Bestimmung der Wachtheitsstufe des Fahrers ausführt, einen Teil der Einheit

142 zur Detektion von Informationen von innerhalb des Fahrzeugs der Detektionseinheit 131, die in **Fig. 5** veranschaulicht ist, die Situations-Erkennungseinheit 153 der Situations-Analyseeinheit 133 und die Speichereinheit 111. Genauer gesagt veranschaulicht **Fig. 8** eine Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 und eine Augapfelverhalten-Lernvorrichtung 302, die in der Einheit 142 zur Detektion von Informationen von innerhalb des Fahrzeugs enthalten ist, eine Bestimmungseinheit 320, die in der Situations-Erkennungseinheit 153 enthalten ist, und eine in der Speichereinheit 111 gespeicherte Datenbank (DB) 310. Diese Einheiten arbeiten zusammen, um dadurch die Wachheitsstufe des Fahrers zu bestimmen. In der folgenden Erläuterung werden die in **Fig. 8** veranschaulichten Funktionsblöcke nacheinander erläutert.

(Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300)

[0108] Die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 erfasst über die Datenerfassungseinheit 102 das Augapfelverhalten des Fahrers, das durch die Augapfelverfolgungseinheit 206 der Sensoreinheit 113 detektiert wird, und analysiert das Augapfelverhalten. Beispielsweise detektiert und analysiert die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 ein Augapfelverhalten wie etwa eine Sakkade (Drehung des Augapfels), eine Fixation oder Mikrosakkade (winzige Drehung des Augapfels) des Augapfels des Fahrers. Informationen über das Augapfelverhalten, die durch die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 analysiert werden, werden an eine Augapfelverhalten-Lernvorrichtung 302 und eine Bestimmungseinheit 320 ausgegeben, die unten erläutert werden.

[0109] Ferner kann in der vorliegenden Ausführungsform die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 einen Analysemodus entsprechend einem Fahrmodus oder dergleichen dynamisch umschalten. Beispielsweise kann die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 zwischen zumindest zwei Analysemodi (einem ersten Analysemodus und einem zweiten Analysemodus) umschalten. Konkret kann die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 eine Analyse mit einer hohen Frame-Rate (einer ersten Frame-Rate) von beispielsweise 250 fps oder mehr in einem Analysemodus (dem ersten Analysemodus) durchführen und kann sie eine Analyse mit einer geringen Frame-Rate (einer zweiten Frame-Rate) von beispielsweise 60 fps im anderen Analysemodus (dem zweiten Analysemodus) durchführen.

[0110] Wenn ein Ereignis eintritt, bei dem der Fahrmodus vom automatischen Fahrmodus auf den manuellen Fahrmodus umgeschaltet wird, tastet genauer gesagt die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 intensiv das Augapfelverhalten mit einer hohen Frame-Rate in einer Periode eines Vorbereitungsmodus für das Umschalten (einer Periode

eines Modus zur Vorbereitung einer Änderung des Fahrmodus) intensiv ab und analysiert es (der erste Analysemodus). Bei dieser Augapfelverhaltensanalyse führt die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 eine Beobachtung (Abtastung) und eine Analyse einer Mikrosakkade oder unwillkürlichen Augenbewegung während einer Fixation des Fahrers aus. Die Bestimmungseinheit 320, die unten erläutert wird, bestimmt dann eine Wachheitsstufe (eine Reaktionsstufe für eine Rückkehr) des Fahrers basierend auf einem Ergebnis der Analyse. Ferner wird eine Zeitdauer einer Periode der Augapfelverhaltensanalyse in der Periode des Vorbereitungsmodus, der oben erläutert wurde, vorzugsweise so bestimmt, dass eine ausreichende Zeit sichergestellt wird, um eine Wachheitsstufe des Fahrers (das heißt eine Reaktionsstufe für eine Rückkehr des Fahrers zum manuellen Fahren) sehr genau zu bestimmen, bevor das Fahrzeug einen Umschaltzeitpunkt des Fahrmodus durch die Stufen für automatisches Fahren erreicht, die auf einer Route basierend auf einer LDM oder dergleichen eingestellt wurden. Daher wird in der vorliegenden Ausführungsform ein Startpunkt (ein Überwachungspunkt) der Periode der Augapfelverhaltensanalyse in der Periode des Vorbereitungsmodus basierend auf einem Plan (einer Reiseroute), einer LDM, einem Straßenzustand, einer Fahrgeschwindigkeit, einem Fahrzeugtyp (einem Anhänger oder einem allgemeinen Personenkraftwagen), einem Sitzzustand des Fahrers (Zustandsinformationen, die durch stetige Zyklusüberwachung erfasst werden) und dergleichen bestimmt, das heißt, die Zeitdauer der Periode ändert sich dynamisch.

[0111] Wenn der Fahrmodus der automatische Fahrmodus ist, tastet die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 das Augapfelverhalten mit einer niedrigen Frame-Rate ab und analysiert es (der zweite Analysemodus). Diese Analyse des Augapfelverhaltens wird als die oben erläuterte passive Überwachung ausgeführt. Beispielsweise werden auch PERCLOS, eine Sakkade und eine Fixation beobachtet und analysiert, um die Schläfrigkeit und einen Ermüdungsgrad des Fahrers zu bestimmen. Wenn es sich bei dem Fahrmodus um den automatischen Fahrmodus handelt, kann die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 eine Analysefrequenz gemäß der Stufe für automatisches Fahren (der Stufe 3 für automatisches Fahren oder der Stufe 4 für automatisches Fahren) dynamisch umschalten. In der Stufe 3 für automatisches Fahren kann beispielsweise die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 die Analyse des Augapfelverhaltens mit einer höheren Frequenz als in der Stufe 4 für automatisches Fahren ausführen. Wie oben erläutert wurde, wird in der Stufe 3 für automatisches Fahren erwartet, dass sich der Fahrer immer im Vorbereitungsmodus befindet, in dem der Fahrer sofort zum manuellen Fahren zurückkehren kann, um ein sicheres

Fahren zu gewährleisten. Daher ist es in der Stufe 3 für automatisches Fahren vorzuziehen, dass die Analyse des Augapfelverhaltens mit einer hohen Frequenz ausgeführt wird, um Schläfrigkeit und einen Ermüdungsgrad zu detektieren und zu bestimmen, ob der Fahrer sofort zum manuellen Fahren zurückkehren kann.

[0112] In der obigen Erläuterung werden jedoch die spezifischen Stufen für automatisches Fahren wie etwa die Stufe 3 für automatisches Fahren und die Stufe 4 für automatisches Fahren unterschieden und beschrieben. Dies erfolgt jedoch der Einfachheit halber, und im tatsächlichen Betrieb sind die Stufen für automatisches Fahren nicht immer so beschränkt, dass sie klar unterschieden und gesteuert werden. Das heißt, da sich die Stufen für automatisches Fahren und die Fahrmodi entsprechend einer Situation ändern, die sich von Moment zu Moment ändert, wird bei der Beobachtung der verschiedenen Arten von Geräten, die den Zustand des Fahrers beobachten, wie etwa der Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 eine Beobachtung entsprechend einer Situation wie jeweils geeignet durchgeführt, um zu bestimmen, ob der Fahrer über die Wahrnehmungs-, Erkenntnis-, Beurteilungs- und Aktions- bzw. Handlungsfähigkeit verfügt, die notwendig ist, um zum manuellen Fahren zurückzukehren.

[0113] Selbst wenn es sich bei dem Fahrmodus um den automatischen Fahrmodus handelt, kann ferner die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 die Analyse des Augapfelverhaltens mit einer hohen Frame-Rate oder einer niedrigen Frame-Rate beispielsweise in einer Periode mit einer kürzeren Zeitdauer im Vergleich zu der Zeitdauer der Periode der Analyse des Augapfelverhaltens in der Periode des Vorbereitungsmodus, der oben erläutert wurde, ausführen, um Lehrerdaten für die Augapfelverhalten-Lernvorrichtung 302 zum Lernen wie unten erläutert zu erfassen. Wenn beispielsweise ein Absinken einer Wachheitsstufe des Fahrers mittels passiver Überwachung detektiert wird, kann, wenn es sich bei dem Fahrmodus um den automatischen Fahrmodus handelt, die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 eine Analyse des Augapfelverhaltens mit einer hohen Frame-Rate ausführen (der erste Analysemodus). Ein Analyseergebnis in diesem Fall sind Lehrerdaten (Lehrerdaten, die zum Zeitpunkt des Absinkens der Wachheitsstufe als Augapfelverhalten gekennzeichnet bzw. zugeordnet werden) für die Augapfelverhalten-Lernvorrichtung 302, um wie im Folgenden erläutert zu lernen.

[0114] Wenn es sich auf der anderen Seite bei dem Fahrmodus um den manuellen Fahrmodus handelt, analysiert die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 das Augapfelverhalten mit einer niedrigen Frame-Rate (der zweite Analysemodus). Diese Analyse des Augapfelverhaltens wird als die oben erläuterte

passive Überwachung ausgeführt. Beispielsweise werden ebenfalls PERCLOS, eine Sakkade und eine Fixation beobachtet und analysiert, um die Schläfrigkeit und einen Ermüdungsgrad des Fahrers zu bestimmen. Selbst wenn es sich bei dem Fahrmodus um den manuellen Fahrmodus handelt, kann die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 die Analyse des Augapfelverhaltens ausführen, um Lehrerdaten (Lehrerdaten, die zu dem Zeitpunkt, zu dem die Wachheitsstufe normal ist, als Augapfelverhalten zugeordnet werden) für die Augapfelverhalten-Lernvorrichtung 302 zum Lernen wie unten erläutert in einer Situation zu erfassen, in der basierend auf dem Fahrbetrieb des Fahrers erkannt wird, dass der Fahrer zur normalen Zeit manuell fährt. Um die Lehrerdaten zu erfassen, führt beispielsweise die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 die Analyse des Augapfelverhaltens mit einer hohen Frame-Rate oder einer niedrigen Frame-Rate in einer Periode mit einer kürzeren Zeitdauer im Vergleich zu der Zeitdauer der Periode der Analyse des Augapfelverhaltens in der Periode des Vorbereitungsmodus aus, der oben erläutert wurde. Selbst wenn es sich bei dem Fahrmodus um den manuellen Fahrmodus handelt, kann, wenn ein Absinken der Wachheitsstufe des Fahrers durch die passive Überwachung detektiert wird, die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 eine Analyse des Augapfelverhaltens mit einer hohen Frame-Rate ausführen (der erste Analysemodus). Ein Analyseergebnis in diesem Fall sind ebenfalls Lehrerdaten (Lehrerdaten, die zur Zeit des Absinkens der Wachheitsstufe als Augapfelverhalten zugeordnet werden) für die Augapfelverhalten-Lernvorrichtung 302, um wie unten erläutert zu lernen.

[0115] Das heißt, in der vorliegenden Ausführungsform ist es, da die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 die Analyse des Augapfelverhaltens nicht immer mit einer hohen Frame-Rate ausführt, möglich, eine Ansteuerungslast, die einen Temperaturanstieg verursacht, der mit einem Schaltungsbetrieb wie etwa einer Bildgebungsverarbeitung oder Analyseverarbeitung verbunden ist, und ein Rauschen aufgrund starker Wärmeabfuhr zu reduzieren. In der vorliegenden Ausführungsform ist es ferner, da die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 die Analyse des Augapfelverhaltens mit einer hohen Ereignisdetektionsrate, wenn nötig, ausführt, möglich, eine Wachheitsstufe (eine Reaktionsstufe für eine Rückkehr) des Fahrers genau zu bestimmen. Die kontinuierliche Ansteuerung mit hoher Geschwindigkeit der Bildgebungseinheit zu unnötigen Zeiten ist eine Verschwendung, und die Wärmeabfuhr des Bildgebungselements und der Signalübertragung stellt einen Faktor für Rauschen dar. Es gibt den nachteiligen Effekt, dass sich die Empfindlichkeit der Bildgebungsleistung zu einem Zeitpunkt verschlechtert, zu dem eine eigentlich notwendige Beobachtung mit

einer Hochgeschwindigkeits-Bildgebungsbeobachtung erforderlich ist.

(Augapfelverhalten-Lernvorrichtung 302)

[0116] Die Augapfelverhalten-Lernvorrichtung 302 lernt als Lehrerdaten ein Analyseergebnis der Augapfelverhaltensweisen des Fahrers, das mit in der Vergangenheit erfassten Wachheitsstufen gekennzeichnet bzw. zugeordnet wird, erzeugt die Datenbank 310 zur Bestimmung durch die Bestimmungseinheit 320, die unten erläutert wird, und gibt die Datenbank 310 an die Speichereinheit 111 (siehe **Fig. 5**) aus. In der vorliegenden Ausführungsform kann beispielsweise die Augapfelverhalten-Lernvorrichtung 302 eine beaufsichtigte Lernvorrichtung wie etwa ein Unterstützungsvektorregressions- oder tiefes neuronales Netzwerk sein. In diesem Fall werden ein Analyseergebnis (ein Augapfelverhalten) und eine Wachheitsstufe (zur normalen Zeit oder zur Zeit des Absinkens), die dem Analyseergebnis zugeordnet wird, als Eingangssignal bzw. Lehrersignal in die Augapfelverhalten-Lernvorrichtung 302 eingegeben. Die Augapfelverhalten-Lernvorrichtung 302 führt maschinelles Lernen über eine Beziehung zwischen diesen Arten von Eingabeinformationen gemäß einer vorbestimmten Regel durch. Eine Vielzahl von Paaren aus den Eingangssignalen und den Lehrersignalen, die oben erläutert wurden, wird in die Augapfelverhalten-Lernvorrichtung 302 eingegeben. Die Augapfelverhalten-Lernvorrichtung 302 führt maschinelles Lernen an der Eingabe durch, um die Datenbank (DB) 310 zu erzeugen, die Beziehungsinformationen speichert, die eine Beziehung zwischen den Analyseergebnissen (den Augapfelverhaltensweisen) und den Wachheitsstufen angeben. Man beachte, dass die erzeugte DB 310 nicht darauf beschränkt ist, in der Speichereinheit 111 gespeichert zu werden, und in einem (nicht veranschaulichten) Server in der Cloud in Verbindung mit Identifizierungsinformationen zum Identifizieren des Fahrers gespeichert werden kann. Die gespeicherte DB 310 kann auch in verschiedenen Fahrzeugen genutzt werden, wenn der Fahrer ein Dienstfahrzeug wechselt oder einen gemeinsam genutzten Wagen, einen Mietwagen oder dergleichen nutzt. Ferner ist es vorzuziehen, dass die Informationen in der DB 310 immer aktualisiert werden, ungeachtet dessen, wo die Informationen gespeichert werden. Wenn eine gemäß einer Bewegungscharakteristik oder dergleichen erhaltene Rückkehraufforderung je nach der Art eines Fahrzeugs variiert, kann ferner eine Normierung eines Bewertungsbestimmungsstandards entsprechend dem Fahrzeug durchgeführt werden. Man beachte, dass in der obigen Erläuterung das Lernen und die Erzeugung der Datenbank (DB) dementsprechend erläutert sind, ob die Wachheitsstufe normal ist oder absinkt. Das Lernen kann jedoch durchgeführt werden, indem weiter unterteilt, in eine Rückkehrqualität segmentiert und ferner mit anderen

Fahrerzustands-Übergangsinformationen verbunden bzw. assoziiert wird, um die Genauigkeit anderer, beobachtbarer, durch Beobachtungsmittel erfasster Informationen als das Augapfelverhalten und die Vorhersage der Wachheit und der Rückkehrqualität des Fahrers zu verbessern.

(Bestimmungseinheit 320)

[0117] Die Bestimmungseinheit 320 bestimmt eine Wachheitsstufe (eine Reaktionsstufe für eine Rückkehr) des Fahrers basierend auf dem Analyseergebnis des durch die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 analysierten Augapfelverhaltens. Wenn beispielsweise bestätigt wird, dass der Fahrer ein Augapfelverhalten wie etwa eine Sakkade, Fixation und Mikrosakkade des Augapfels zum Lösen eines Problems ausführt, kann die Bestimmungseinheit 320 bestimmen, dass die Wachheitsstufe des Fahrers hoch ist. Wenn auf der anderen Seite diese Augapfelverhaltensweisen nicht beobachtet werden oder gering sind, kann die Bestimmungseinheit 320 bestimmen, dass die Wachheitsstufe des Fahrers niedrig ist.

[0118] Konkret zeigt das Augapfelverhalten verschiedene Verhaltensweisen, wenn eine Person in einem normalen Wachheitszustand ist und wenn die Person in einem Zustand abnehmenden Bewusstseins und abnehmender Wachheit ist. Ferner zeigt das Augapfelverhalten je nach Person jeweils charakteristische Verhaltensweisen. Daher führt in der vorliegenden Ausführungsform die Bestimmungseinheit 320 eine Bestimmung durch, die Bezug nimmt auf die Datenbank (DB) 310, die durch die Augapfelverhalten-Lernvorrichtung 302 in Verbindung mit einzelnen Fahrern erzeugt wurde. Genauer gesagt bestimmt in der vorliegenden Ausführungsform die Bestimmungseinheit 320 eine Wachheitsstufe (eine Reaktionsstufe für eine Rückkehr), indem ein Analyseergebnis eines Augapfelverhaltens des Fahrers in einer Periode des Vorbereitungsmodus mit der Datenbank (DB) 310 basierend auf einem Analyseergebnis eines in der Vergangenheit erfassten Augapfelverhaltens des Fahrers verglichen wird. Daher kann in der vorliegenden Ausführungsform, da die Bestimmungseinheit 320 die Wachheitsstufe (die Reaktionsstufe für eine Rückkehr) unter Verweis auf für die einzelnen Fahrer spezifischen Augapfelverhaltensweisen bestimmt, die basierend auf dem Lernvorgang erhalten wurden, die Genauigkeit der Bestimmung verbessert werden. Man beachte, dass, da es Faktoren aufgrund visueller Charakteristiken von Personen gibt und eine visuelle Überprüfung in visuellen Erinnerungen von Risikofaktoren in der Vergangenheit arbeitet, das Erscheinungsbild und dergleichen eines Unterschieds in den Charakteristiken jeder der Personen unterschiedlich ist.

[0119] Ferner kann die Bestimmungseinheit 320 ein Bestimmungsergebnis an die Situations-Vorhersageeinheit 154 (siehe **Fig. 5**) oder die Planungseinheit (eine Einheit zur Steuerung für das Fahren des mobilen Körpers) 134 (siehe **Fig. 5**) ausgeben. Beispielsweise kann die Planungseinheit 134 basierend auf dem Bestimmungsergebnis durch die Bestimmungseinheit 320 einen Plan zum Umschalten des Fahrmodus erstellen.

«8. Betriebsbeispiel der Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300»

[0120] Als Nächstes werden Details eines Betriebsbeispiels der Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung mit Verweis auf **Fig. 9** weiter erläutert. **Fig. 9** ist ein erläuterndes Diagramm, um die Details des Betriebsbeispiels der Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zu erläutern. Man beachte, dass in **Fig. 9** angenommen wird, dass das linke Ende ein Startpunkt (ein Anfangsort) ist und das rechte Ende ein Zielpunkt (ein Ziel) ist. In der folgenden Erläuterung wird die Erläuterung vom Startpunkt zum Zielpunkt vorgenommen.

[0121] Zunächst wird in der vorliegenden Ausführungsform, wie in **Fig. 9** veranschaulicht ist, ungeachtet des Fahrmodus die passive Überwachung mit einer vorbestimmten Frequenz intermittierend ausgeführt. Beispielsweise umfasst die passive Überwachung eine Verhaltensanalyse eines Auges mit einer geringen Frame-Rate. Die Analyse des Augapfelverhaltens wird ausgeführt, um beispielsweise eine PERCLOS-Auswertung durch Beobachtung des ganzen Auges durchzuführen, eine Sakkade, eine Fixation und dergleichen als detaillierte Augapfelverhaltensweisen zu beobachten und zu analysieren und die Schläfrigkeit und einen Ermüdungsgrad des Fahrers zu bestimmen.

[0122] In der vorliegenden Ausführungsform kann in einem Fahrabschnitt im normalen Fahrmodus bei den Stufen 0 und 1 für automatisches Fahren, die auf der linken Seite von **Fig. 9** veranschaulicht sind, nicht nur die oben erläuterte passive Überwachung, sondern auch eine Analyse des Augapfelverhaltens (zum Beispiel einer Mikrosakkade) ausgeführt werden, um Lehrerdaten (Lehrerdaten, die zu der Zeit, zu der eine Wachheitsstufe normal ist, zugeordnet werden) für die Augapfelverhalten-Lernvorrichtung 302 zum Lernen in einer Situation zu erfassen, in der basierend auf einem Fahrbetrieb des Fahrers erkannt wird, dass der Fahrer zur normalen Zeit manuell fährt. Um die Lehrerdaten zu erfassen, führt beispielsweise die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 die Analyse des Augapfelverhaltens mit einer hohen Frame-Rate aus.

[0123] Beispielsweise wird angenommen, dass ein Absinken einer Wachheitsstufe des Fahrers durch die passive Überwachung in einem Fahrabschnitt in einem konstanten Zustand, einem Verkehrsstau oder dergleichen im manuellen Fahrmodus der Stufe 2 für automatisches Fahren, die auf der linken Seite von **Fig. 9** veranschaulicht ist, detektiert wird. In diesem Fall kann die passive Überwachung mit einer höheren Frequenz durchgeführt werden und kann die Analyse des Augapfelverhaltens (zum Beispiel einer Mikrosakkade) mit einer höheren Frame-Rate ausgeführt werden. Ein Analyseergebnis des Augapfelverhaltens in diesem Fall sind Lehrerdaten (Lehrerdaten, die zur Zeit eines Absinkens der Wachheitsstufe zugeordnet werden) für die Augapfelverhalten-Lernvorrichtung 302 zum Lernen. Entsprechend der Detektion des Absinkens der Wachheitsstufe des Fahrers kann ferner als die aktive Überwachung der Fahrer gewarnt oder benachrichtigt werden. Die aktive Überwachung kann durch den Fahrer ausgeführt werden, der auf die Warnungen oder die Benachrichtigung bewusst reagiert. Wie oben erläutert wurde, wird beispielsweise die Benachrichtigung durch das Fahrzeugsteuersystem 100 durchgeführt, das die Lenksteuerung mit einem unnötigen Lenkeinschlag als aktive Information ausführt. In diesem Fall ist eine Aktion des Fahrers, die Lenkung zu einem geeigneten Lenkeinschlag zurückzuführen, die bewusste Reaktion. Wie durch eine gestrichelte Linie in **Fig. 9** angegeben ist, ist ferner die aktive Überwachung nicht darauf beschränkt, dass sie ausgeführt wird, wenn die Wachheitsstufe des Fahrers absinkt, und kann mit einer vorbestimmten Frequenz periodisch durchgeführt werden. Da jedoch der Fahrer zum manuellen Fahren immer eine Bestimmung zur Erkennung der Straßenumgebung durchführt, ist die Ausführung der oben erläuterten aktiven Überwachung nicht wesentlich, außer in einer Situation, in der die Wachheitsstufe des Fahrers abgesunken ist.

[0124] In einem Abschnitt des manuellen Fahrmodus kann die Analyse des Augapfelverhaltens periodisch ausgeführt werden.

[0125] In einem Fahrabschnitt im automatischen Fahrmodus der Stufe 4 für automatisches Fahren ist es wahrscheinlich, dass der Fahrer den Fahrersitz verlassen hat. In dieser Periode ist es schwierig, eine periodische Analyse des Augapfelverhaltens auszuführen (eine für eine Beobachtung schwierige Periode). Daher kann in der Periode die passive Überwachung mit einer höheren Frequenz durchgeführt werden.

[0126] Anschließend wird in einem Abschnitt des Vorbereitungsmodus für das Umschalten des Fahrmodus vom automatischen Fahrmodus auf den manuellen Fahrmodus die Analyse des Augapfelverhaltens mit einer hohen Frame-Rate intensiv ausge-

führt. Ferner wird eine Zeitdauer einer Periode der Analyse des Augapfelverhaltens vorzugsweise so bestimmt, dass eine ausreichende Zeit, um eine Wachheitsstufe des Fahrers sehr genau zu bestimmen, sichergestellt ist, bevor das Fahrzeug einen Umschaltpunkt des Fahrmodus gemäß der Stufe für automatisches Fahren erreicht, die auf einer Route basierend auf einer LDM oder dergleichen eingestellt ist. Daher wird in der vorliegenden Ausführungsform ein Startpunkt (ein Überwachungspunkt) der Periode der Analyse des Augapfelverhaltens basierend auf einem Plan (einer Reiseroute), einer LDM, einem Straßenzustand, einer Fahrgeschwindigkeit, einem Fahrzeugtyp (Anhänger oder allgemeiner Personenkraftwagen), einem Sitzzustand (Zustandsinformation) des Fahrers oder dergleichen bestimmt; das heißt, die Zeitdauer der Periode ändert sich dynamisch. Zu dieser Zeit wird, wenn ein Absinken der Wachheitsstufe des Fahrers detektiert wird, eine Operation zum Rückrufen der inneren Wachheit des Fahrers beim Fahrer in der Reihenfolge Benachrichtigung, Warnung, MRM-Warnung, Geräuscheinkopplung (Frage in Quizform) und dergleichen durchgeführt und wird gleichzeitig die aktive Überwachung zum Detektieren einer bewussten Reaktion des Fahrers intensiv ausgeführt.

[0127] Das heißt, in der vorliegenden Ausführungsform können, da die Analyse des Augapfelverhaltens nicht immer mit einer hohen Frame-Rate ausgeführt wird, Lasten der Bildgebungsverarbeitung, Analyseverarbeitung und dergleichen reduziert werden. Da in der vorliegenden Ausführungsform die Analyse des Augapfelverhaltens mit einer hohen Frame-Rate wenn nötig ausgeführt wird, ist es ferner möglich, die Wachheitsstufe (die Reaktionsstufe für eine Rückkehr) des Fahrers genau zu bestimmen.

[0128] In der vorliegenden Ausführungsform werden verschiedene Arten einer Beobachtung des Fahrers kontinuierlich durchgeführt, wird eine Tendenz der Beobachtung erlernt und wird die Reaktionsstufe für eine Rückkehr wie etwa die Wachheitsstufe unter Berücksichtigung einer Änderung der Tendenz in jedem Moment bestimmt. Dies verhält sich so, da selbst bei demselben Fahrer Erfahrungen und Vorgeschichte in der Vergangenheit des Fahrers die Wahrnehmung, die Erkenntnis, die Beurteilung, das Verhalten und dergleichen des Fahrers beeinflussen. Konkret ändert sich beispielsweise ein beobachtetes Augapfelverhalten sehr dementsprechend, wie der Fahrer die Notwendigkeit verspürt, vom automatischen Verfahren zum manuellen Verfahren zurückzukehren (umzuschalten). Wenn beispielsweise Informationen, die erforderlich sind, um ein Risiko einer intuitiven Handlung zu reduzieren, schlecht bzw. unzureichend sind, nimmt die Suche nach Informationen, die visuell erfasst werden können, zu und, falls für eine Bestimmung notwendige Informationen ausreichend vorbereitet sind, ist es möglich, die

Suche in eine Handlung ohne Durchführen vieler Informationssuchvorgänge zu ändern bzw. auf eine solche umzuschalten. Wenn die Informationen unzureichend sind, wiederholt daher der Fahrer eine Fixation oder dergleichen, die durch eine Sakkade, eine Mikrosakkade, eine Drift, ein Zittern und dergleichen gekennzeichnet ist, um nach fehlenden Informationen über die Erkennung einzelner visueller Informationen zu suchen, wobei die Sichtlinie auf ein Ziel gerichtet ist.

[0129] Insbesondere sucht der Fahrer visuell nach Informationen, die im Speicher verbleiben, ein hohes Risiko aufweisen und für eine Bestimmung in einer Phase der Risikobestimmung beim Durchführen einer Rückkehraktion vom automatischen Fahren zum manuellen Fahren unzureichend sind. Beispielsweise prüft ein Fahrer, der ein Video angeschaut hat oder ein mobiles Endgerät oder dergleichen bedient hat, ohne für eine Weile nach vorn geblickt zu haben, die Frontseite des Fahrzeugs, um eine Situation zu erfassen, und schaut auf eine Fahrspur und Bewegungen eines Hindernisses, eines parallelen Fahrers und eines entgegenkommenden Fahrzeugs, die eine Fahrtrichtung des Fahrzeugs beeinflussen, und führt eine Prozedur wie etwa eine Überprüfung des Auftretens einer Fixation zum Verständnis der Situation und der Nachrichteninformationen einer Rückkehranforderung RTI (Benachrichtigung) durch. Beispielsweise ist in einem Stadtgebiet, in dem ein Fußgänger auf eine Straße tritt, oder eine Schulzone, in der Kinder herausspringen, ein Sichtlinienverhalten, um das Vorliegen oder Nichtvorliegen des Betretens einer Straße durch eine Person vom Straßenrandbereich aus zu überprüfen, vorherrschend.

[0130] Ein System, in dem ein Mensch während der Ausführung eines kognitiven Problems vorübergehend Informationen akkumuliert und verarbeitet, wird als Arbeitsgedächtnis (Arbeitsspeicher) bezeichnet. Informationen, die für eine Bestimmung menschlicher Handlungen notwendig sind, werden im menschlichen Arbeitsgedächtnis akkumuliert und verarbeitet. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass der Umfang der Informationen, die akkumuliert werden können, und eine Periode, in der die Informationen akkumuliert werden können, beschränkt sind. Konkret nehmen die im Arbeitsgedächtnis akkumulierten Informationen im Laufe der Zeit ab, und das Arbeitsgedächtnis arbeitet beispielsweise wie ein dynamischer Cache-Speicher, da die Erinnerung an die Informationen in der Reihenfolge von der Information mit geringster Bedeutung verblasst. Entsprechend der Ausbreitung des automatischen Fahrens und der Erweiterung des für eine Verbesserung der Leistungsfähigkeit nutzbaren Betriebsauslegungsbereichs wird davon ausgegangen, dass die Notwendigkeit für einen Nutzer, die für ein sicheres manuelles Fahren notwendigen Informationen über die

Umgebung schnell zu überprüfen, allmählich abnimmt. Dementsprechend nimmt die Anzahl von Malen der zum Fahren erforderlichen Überprüfung nach vorne ab oder wird die Überprüfung nach vorne nicht durchgeführt. Wenn eine von der Lenkarbeit beim Fahren ablenkende Arbeit allmählich zunimmt bzw. mehr Raum einnimmt, nehmen frühere visuelle Informationen über eine Fahrstraße, die für die Bestimmung erforderlich sind, ab. In erster Linie prüft der Fahrer zur Zeit des manuellen Fahrens ständig die Straße nach vorn, da ein gewichtiger Anreiz eines Risikoeinflusses vorliegt, der ein Risikofaktor sein kann. Der Fahrer führt auf alle Fälle eine vorherige visuelle Suche kontinuierlich aus und unterlässt unaufmerksames Fahren. Wenn jedoch die von der Lenkarbeit beim Fahren ablenkende Arbeit zunimmt, nimmt, falls ein Risikofaktor im verblassenden Gedächtnis des Arbeitsgedächtnisses schlecht ist, infolgedessen, da die Notwendigkeit, eine periodische Situationsänderung zu beobachten, ebenfalls abnimmt, auch die Beobachtung des Verhaltens beim Richten der Sichtlinie und erneuten Überprüfen einer Situation ab. In der vorliegenden Ausführungsform werden unter Berücksichtigung solcher Charakteristiken des Arbeitsgedächtnisses des Menschen, worin gespeicherte Informationen von den Informationen mit der geringsten Risikobedeutung aus im Laufe der Zeit der Reihe nach verblassen, Informationen für ein geeignetes manuelles Fahren zu einem geeigneten Zeitpunkt dem Fahrer bereitgestellt und übermittelt, um beispielsweise eine Beobachtung eines Zustands oder einer Reaktion des Fahrers durchzuführen.

[0131] Damit der Fahrer als Reaktion auf eine Rückkehraufforderung RTI (Benachrichtigung), um vom automatischen Fahren zum manuellen Fahren zurückzukehren (umzuschalten), das tatsächliche manuelle Fahren normal beginnen kann, ist eine Periode zum Erfassen von für die Aktionsbestimmung notwendigen Informationen erforderlich. Die Erfassung visueller Informationen umfasst neben einer visuellen Überprüfung, die ein Vorgang zum Erfassen der letzten Informationen ist, einen Vorgang zum Erfassen von Informationen, um eine Rückmeldung zur Verhaltenssteuerung vorzunehmen. Man beachte, dass in der vorliegenden Ausführungsform beispielsweise eine Mensch-Maschine-Schnittstelle wie etwa ein Mittel, das in der oben beschriebenen Patendliteratur 1 offenbart ist, die von dem vorliegenden Anmelder eingereicht wurde, für die für die Aktionsbestimmung notwendigen Informationen genutzt werden kann. Beispielsweise offenbart die oben beschriebene Patendliteratur 1, dass eine Fahrroute in verschiedene Abschnitte (einen Abschnitt für manuelles Fahren, einen Fahrereingriff erfordernden Abschnitt und dergleichen) segmentiert wird und die Fahrroute für jeden der Abschnitte dem Fahrer in unterschiedlicher Farbe und unterschiedlicher Breite angezeigt wird.

Durch Konzipieren einer Anzeigezeitachse für Annäherungsinformationen gemäß dem Zeitablauf (= Fahrt des eigenen Wagens) kann der Fahrer visuell lernen, wann sich der Fahrer einem Maßnahmen erfordernden Abschnitt nähert. Das heißt, da der Fahrer Annäherungsinformationen auf einem mit einem Fahren entlang einer Reiseroute des Fahrzeugs verbundenen Kurs wie in der Patendliteratur 1 ständig aktualisiert und bereitstellt, werden die Informationen über eine Annäherung an eine bevorstehende Übernahme visuell in das Arbeitsgedächtnis der Gedanken als ein Risiko, dass die Zeit abläuft und ein Übernahmepunkt naht, übernommen. Daher kann der Fahrer die Information über eine Annäherung an eine Übernahme als bevorstehendes Risiko erfassen. Die Bereitstellung visueller Informationen über eine Annäherung einschließlich semantischer Informationen auf diese Weise ist ein Anreiz, eine Situation vor einer Übergabe an das Arbeitsgedächtnis zu überprüfen. Die Art und Weise, in der Aktualisierungsinformationen gegeben werden, beeinflusst auch das Sichtverhalten des Fahrers. Deshalb kann in der vorliegenden Ausführungsform, wenn ein Zustand des Fahrers aus der Analyse des Augapfelverhaltens und dessen Wert einer Beobachtungsbewertung geschätzt wird, ein Beobachtungsverhalten bewertet werden, indem dem Fahrer bereitgestellte Informationen als Einflussfaktor berücksichtigt werden. Die Informationen werden von der Mensch-Maschine-Schnittstelle von Moment zu Moment aktualisiert und präsentiert, wodurch der Fahrer mit einem Gefühl für eine zeitliche Annäherung die Bedeutung der Notwendigkeit, vom automatischen Fahren zum manuellen Fahren zurückzukehren, erkennt. Daher werden für eine Rückkehr notwendige visuelle Informationen im Arbeitsgedächtnis des Fahrers akkumuliert. Bei der Bestimmung der Aktion für eine Rückkehr des Fahrers wird eine Aktion zum Erfassen fehlender Informationen vor einem Wechsel zur Aktion basierend auf den präsentierten Informationen und der Dringlichkeit aufgrund des Risikoempfindens des Fahrers ausgeführt. Da die Vorhersageinformationen, die beim Fahren erforderlich sind, im Arbeitsgedächtnis des Fahrers durch die präsentierten Informationen eingepflanzt bzw. gespeichert werden und Informationen, die dem Fahrer das Gefühl der Notwendigkeit einer erneuten Überprüfung auf halbem Wege vermitteln, in geeigneter Weise bereitgestellt werden, ist es möglich, das mangelnde Bewusstsein eines Fahrers gering zu halten. Infolgedessen wird die Entschlossenheit des Fahrers forciert, was zu einer Reduzierung der Verzögerungszeit bei einer Rückkehr des Fahrers (einer Zeit, in der man zum manuellen Fahren zurückkehren kann) führt, die in der oben beschriebenen Patendliteratur 1 offenbart wurde.

[0132] In der vorliegenden Offenbarung wird der Schwerpunkt auf die Analyse des Augapfelverhaltens gelegt. Wenn jedoch der Wachheitszustand

des Fahrers ungenügend ist, treten, da die Rückmeldung der erfassten Informationen, die oben erläutert wurde, manchmal unvollständig erfolgt, verschiedene Verhaltensweisen und dergleichen neben dem Augapfelverhalten auf, was manchmal zu einem übermäßigen Lenkvorgang des Fahrers führt. Daher unterscheidet sich das Augapfelverhalten, das auf die Rückkehraufforderung RTI (Benachrichtigung) reagiert, zwischen einem Fahrer, der eine automatische Fahrfunktion nutzt, während Vorhersageinformationen periodisch überprüft werden, die erhalten werden, indem eine Situation beispielsweise eines Punktes vorhergesagt wird, an dem das automatische Fahren zum manuellen Fahren umgeschaltet wird, und einem Fahrer, der solch eine periodische Überprüfung vollständig vernachlässigt. Wenn ferner der Fahrer zu einer Lenkaktion übergeht bzw. wechselt, während die Zeit, damit der Fahrer zum manuellen Fahren zurückkehrt, unzureichend ist und die Erfassung der Situation für manuelles Fahren unvollständig ist, ist die Rückmeldung bei der Lenkaktion tendenziell unvollständig und tritt ein Überschießen beim Lenken mit einem ungeeigneten Lenkeinschlag wie etwa ein übermäßiges Lenken manchmal auf.

[0133] Um zu bewirken, dass die Schätzung der Reaktionsstufe für eine Rückkehr (die Wachheitsstufe) und der Verzögerungszeit für eine Rückkehr des Fahrers durch die Analyse des Augapfelverhaltens geeignet funktioniert, ist daher das Fahrzeugsteuerungssystem 100 gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung als ein System aufgebaut, in dem dem Fahrer im Voraus präsentierte Annäherungsinformationen, zusätzliche Informationen, die präsentierten Risikoinformationen hinzugefügt werden, eine Benachrichtigung an den Fahrer, eine tatsächliche Rückkehraktion und ein tatsächliches Augapfelverhalten, das durch die Annäherungsinformationen, die zusätzlichen Informationen und die Benachrichtigung induziert wird, eine Lenkstabilität, die ein Ergebnis der Rückkehraktion und des Augapfelverhaltens ist, und dergleichen sich gegenseitig beeinflussen und ein Rückkehrverhalten des Fahrers bestimmen. Man beachte, dass in der Beschreibung des Lernvorgangs mittels Beobachtung beim Lernen das Augapfelverhalten vorwiegend als Lernen mittels Beobachtung beschrieben wurde. Indem man verschiedene, von der Sensoreinheit 113 erfasste Beobachtungsinformationen als Lernziele festlegt, kann jedoch die Schätzung des Wachheitszustands des Fahrers erweitert und zusätzlich zum Augapfelverhalten genutzt werden.

«9. Hintergrund, der zur Schaffung der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung führt»

<9.1 Verwendung des EVS>

[0134] Bevor Details der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung erläutert werden, wird ferner ein Hintergrund, der den Erfinder veranlasst, die Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zu schaffen, erläutert.

[0135] Wie oben erläutert wurde, ist es erforderlich, dass das Fahrzeugsteuerungssystem 100 einen Zustand der Hirnaktivität des Fahrers erfasst, um eine Reaktionsstufe für eine Rückkehr zu bestimmen. Wenn beispielsweise der Fahrer vor einer Rückkehr zum manuellen Fahren vorübergehend einnickt und sich das Bewusstsein vollständig vom Lenkvorgang beim Fahren trennt, nimmt die Aktivität des Gehirns ab, bei der unter Rückgriff auf das Gedächtnis eine Bestimmung vorgenommen wird, die zum Erfassen einer Situation notwendig (notwendig zur Lenkbestimmung) ist. Um zu erfassen, ob ein Aktivitätszustand zum Erfassen einer Situation im Gehirn des Fahrers, dessen Bewusstsein einmal vom Lenkvorgang beim Fahren getrennt ist, zu einer Bewusstseinsstufe während des Lenkens beim Fahren zurückgekehrt ist, ist es wünschenswert, dass die Aktivität im Gehirn direkt beobachtet werden kann. Um einen tatsächlichen Zustand im Gehirn des Fahrers zu beobachten, ist jedoch eine große Vorrichtung wie etwa eine Vorrichtung zur funktionalen Magnetresonanz-Bildgebung (fMRI) oder eine Vorrichtung für ein Elektroenzephalogramm (EEG) erforderlich. Es ist nicht immer möglich, den genauen Inhalt der Gedanken im Gehirn zu lesen, selbst wenn die Beobachtung mittels der Vorrichtung durchgeführt wird. Ferner ist es unrealistisch, die oben erläuterte Vorrichtung dem Fahrzeugsteuerungssystem 100 aufzubürden.

[0136] Andererseits wird, obgleich die Aktivität im Gehirn nicht im Detail erfasst werden kann, eine Aktivität für einen Rückgriff auf das Gedächtnis und deren Bestimmung, die zum Erfassen einer Situation im Gehirn des Fahrers notwendig (für eine Lenkbestimmung notwendig) ist, visuell erkannt und erscheint als eine Aktion, bei der auf das Gedächtnis zurückgegriffen wird. Ein Aspekt der Aktivität kann daher abgeschätzt werden, indem ein Augapfelverhalten (Sakkade, Mikrosakkade oder dergleichen) des Fahrers beobachtet wird. Im Aufbau des menschlichen Auges ist das zentrale Sichtfeld, das für eine detaillierte visuelle Erkennung genutzt wird, eng, und daher dreht der Mensch, wenn Informationen wie etwa ein peripheres Sichtfeld und Geräusche erhalten werden, das zentrale Sichtfeld in die betreffende Richtung. Da im Aufbau des menschlichen Körpers die Trägheit des Kopfes und des

Augapfels im Vergleich mit der Bewegung des gesamten Körpers gering ist, ist die Zeit kurz, die der Kopf und der Augapfel benötigt, um die Richtung zu ändern. Deshalb kann das Augapfelverhalten eine Hochgeschwindigkeitsbewegung sein. Um eine Hirnaktivität genau abzuschätzen, ist es daher effektiv, das Augapfelverhalten bei hoher Geschwindigkeit genau zu beobachten. Bei der Verhaltensanalyse einer Sakkade des Augapfels ist es beispielsweise notwendig, eine Änderung der Sichtlinie aufgrund einer Drehung des Augapfels mit hoher Geschwindigkeit zu beobachten. Um solch eine Drehung mit hoher Geschwindigkeit zu erfassen, ist es erforderlich, Koordinaten von Begrenzungen der Iris und des weißen Bereichs des Augapfels mit hoher Auflösung dynamisch zu detektieren.

[0137] Da es sich jedoch bei dem Augapfelverhalten um eine Hochgeschwindigkeitsbewegung handelt, gibt es bei einer normalen RGB-Kamera (einer Kamera für sichtbares Licht), einer Infrarotkamera oder einer RGBIR-Kamera, die für sichtbares Licht und Infrarotlicht gemeinsam genutzt wird, (im Folgenden wird auf die Kameras einheitlich als RGB-Kamera verwiesen, außer es ist besonders notwendig, die Kameras zu unterscheiden) aufgrund einer Grenze für das Lesen und die Übertragung von Daten eine Beschränkung der Frame-Rate, die konstant verwendet werden kann. Selbst wenn die Frame-Rate vorübergehend zwangsweise erhöht wird, hat eine hohe Betriebsfrequenz der Frame-Rate eine schädliche Auswirkung und verursacht sie einen Temperaturanstieg eines Bildgebungselements. Infolgedessen wird das Rauschen des Bildgebungselements durch den Temperaturanstieg erhöht. Es wird schwierig, ohne Rauschen und im Detail das zu beobachtende Augapfelverhalten bei hoher Geschwindigkeit zu erfassen.

[0138] Daher hat sich der vorliegende Erfinder gedacht, dass in dem oben erläuterten Fahrzeugsteuerungssystem 100 das Augapfelverhalten des Fahrers unter Verwendung eines Ereignis-Vision-Sensors (EVS) beobachtet wird, wenn die Reaktionsstufe für eine Rückkehr (die Wachheitsstufe) des Fahrers durch eine Analyse des Augapfelverhaltens bestimmt wird.

[0139] Der EVS ist ein Bildsensor, der eine Leuchtdichte- bzw. Luminanz-Änderung sensitiv detektiert. Der EVS hat aufgrund einer logarithmischen Umwandlungseigenschaft für eine fotoelektrische Umwandlung einen breiteren Dynamikbereich als ein Dynamikbereich eines allgemeinen RGB-Sensors oder IR-Sensors. Daher ist es möglich, Randinformationen einfach zu erhalten, das heißt einen Änderungspunkt einer Luminanzbegrenzung eines Objekts in einem weiten Bereich von einer Dunkelzeit bis zu einem hellen Bereich, bei dem ein RGB-Sensor oder IR-Sensor des Frame-Akkumulationstyps

nicht gut ist. Der EVS weist kein Konzept einer Frame-Rate auf und kann, falls eine häufige Luminanz-Änderung auftritt, relevante Adressinformationen mit einer hohen Datenrate entsprechend der Luminanz-Änderung ausgeben. Wenn eine Luminanz-Änderung unter Überschreitung eines Schwellenwerts auftritt, gibt ferner der EVS Zeitstempelinformationen und Pixel-Informationen (Koordinateninformation) der Luminanz-Änderung spärlich aus, das heißt, er gibt nicht die gesamten Pixel-Informationen für jeden fixierten Frame aus. Daher ist eine Datenmenge geringer als eine Datenmenge des RGB-Sensors und des IR-Sensors und kann eine Belastung bei der Datenübertragung und arithmetischen Verarbeitung reduziert werden.

<9.2 EVS>

[0140] Daher wird mit Verweis auf **Fig. 10** und **Fig. 11** ein Ereignis-Vision-Sensor erläutert. **Fig. 10** ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel einer Konfiguration des in der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung verwendeten EVS 400 ist. **Fig. 11** ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel einer Konfiguration eines Pixels 502 veranschaulicht, das in einer Pixel-Arrayeinheit 500 im **Fig. 10** veranschaulichten EVS 400 gelegen ist.

[0141] Wie in **Fig. 10** veranschaulicht ist, umfasst der EVS 400 die Pixel-Arrayeinheit 500, die durch Anordnen, in einem Array, einer Vielzahl von Pixeln 502 (siehe **Fig. 11**) in einer Matrix konfiguriert ist. Die Pixel 502 können als Pixel-Signal eine Spannung erzeugen, die einem durch fotoelektrische Umwandlung erzeugten Fotostrom entspricht. Die Pixel 502 können das Vorliegen oder Nichtvorliegen eines Ereignisses detektieren, indem eine Änderung des Fotostroms entsprechend einer Änderung der Luminanz von einfallendem Licht mit einem vorbestimmten Schwellenwert verglichen wird. Mit anderen Worten können die Pixel 502 ein Ereignis basierend auf dem Umstand detektieren, dass eine Helligkeitsänderung den vorbestimmten Schwellenwert überschritten hat.

[0142] Wie in **Fig. 10** veranschaulicht ist, enthält ferner ein EVS 400 eine Ansteuerungsschaltung 411, eine Arbitr-Einheit (eine Arbitrierungseinheit) 413, eine Spaltenverarbeitungseinheit 414 und eine Signalverarbeitungseinheit 412 als periphere Schaltungseinheit der Pixel-Arrayeinheit 500.

[0143] Wenn ein Ereignis detektiert wird, können die Pixel 502 an die Arbitr-Einheit 413 eine Aufforderung zum Anfordern einer Ausgabe von Ereignisdaten, die das Auftreten des Ereignisses repräsentieren, ausgeben. Wenn eine Antwort, die die Erlaubnis zur Ausgabe der Ereignisdaten repräsentiert, von der Arbitr-Einheit 413 empfangen wird, geben die Pixel 502 die Ereignisdaten an die

Ansteuerungsschaltung 411 und die Signalverarbeitungseinheit 412 aus. Das Pixel 502, das das Ereignis detektiert hat, gibt ein durch fotoelektrische Umwandlung erzeugtes Pixel-Signal an die Spaltenverarbeitungseinheit 414 ab.

[0144] Die Ansteuerungsschaltung 411 kann die Pixel 502 der Pixel-Arrayeinheit 500 ansteuern. Beispielsweise detektiert die Ansteuerungsschaltung 411 ein Ereignis, steuert das Pixel 502 an, das die Ereignisdaten ausgegeben hat, und veranlasst das Pixel 502, ein Pixel-Signal des betreffenden Pixels 502 an die Spaltenverarbeitungseinheit 414 abzugeben.

[0145] Die Arbitrer-Einheit 413 kann über eine Aufforderung zum Anfordern der Ausgabe von Ereignisdaten, die von jedem der Pixel 502 bereitgestellt werden, arbitrieren bzw. entscheiden und eine Antwort basierend auf einem Ergebnis der Arbitrierung (Erlaubnis/Nicht-Erlaubnis der Ausgabe der Ereignisdaten) und ein Rücksetzsignal zum Zurücksetzen der Ereignisdetektion zum Pixel 502 übertragen.

[0146] Die Spaltenverarbeitungseinheit 414 kann für jede der Spalten der Pixel-Arrayeinheit 500 eine Verarbeitung zum Umwandeln analoger Pixel-Signale, die von den Pixeln 502 in einer betreffenden Spalte abgegeben wurden, in digitale Signale durchführen. Die Spaltenverarbeitungseinheit 414 kann auch eine CDS-Verarbeitung (Correlated Double Sampling; korrelierte Doppelabtastung) am digitalisierten Pixel-Signal durchführen.

[0147] Die Signalverarbeitungseinheit 412 kann eine vorbestimmte Signalverarbeitung an dem von der Spaltenverarbeitungseinheit 414 bereitgestellten digitalisierten Pixel-Signal und den von der Pixel-Arrayeinheit 500 ausgegebenen Ereignisdaten durchführen und die Ereignisdaten (die Zeitstempelinformationen und dergleichen) und das Pixel-Signal nach der Signalverarbeitung ausgeben.

[0148] Die Änderung des im Pixel 502 erzeugten Fotostroms kann als Lichtmengenänderung (Luminanz-Änderung) eines auf das Pixel 502 einfallenden Lichts erfasst werden. Daher kann man auch sagen, dass es sich bei dem Ereignis um eine den vorbestimmten Schwellenwert überschreitende Luminanz-Änderung des Pixels 502 handelt. Ferner können die das Auftreten des Ereignisses repräsentierenden Ereignisdaten zumindest Positionsinformationen wie etwa Koordinaten enthalten, die die Position des Pixels 502 repräsentieren, in dem die Lichtmengenänderung als das Ereignis aufgetreten ist.

[0149] Ferner wird mit Verweis auf **Fig. 11** das Pixel 502 erläutert. In der Pixel-Arrayeinheit 500, die durch Anordnen der Vielzahl von Pixeln 502 in einem Array

in einer Matrix konfiguriert ist, enthält jedes der Pixel 502 eine lichtempfangende Einheit 504, eine Pixel-Signal-Erzeugungseinheit 506 und eine Detektionseinheit (Ereignis-Detektionseinheit) 508.

[0150] Konkret kann die lichtempfangende Einheit 504 einfallendes Licht fotoelektrisch umwandeln, um einen Fotostrom zu erzeugen. Die lichtempfangende Einheit 504 kann dann ein Signal einer dem Fotostrom entsprechenden Spannung gemäß einer Steuerung der Ansteuerungseinheit 511 einer der Pixel-Signal-Erzeugungseinheit 506 und der Detektionseinheit 508 bereitstellen.

[0151] Die Pixel-Signal-Erzeugungseinheit 506 kann als Pixel-Signal das von der lichtempfangenden Einheit 504 bereitgestellte Signal erzeugen. Die Pixel-Signal-Erzeugungseinheit 506 kann dann das erzeugte analoge Pixel-Signal über eine (nicht veranschaulichte) vertikale Signalleitung VSL, die der Spalte der Pixel-Arrayeinheit 500 entspricht, der Spaltenverarbeitungseinheit 414 bereitstellen.

[0152] Die Detektionseinheit 508 kann das Vorliegen oder Nichtvorliegen eines Ereignisses basierend darauf detektieren, ob ein Änderungsbetrag des Fotostroms von der lichtempfangenden Einheit 504 (das heißt ein Luminanz-Änderungsbetrag durch das einfallende Licht auf das Pixel 502) einen vorbestimmten Schwellenwert überschritten hat. Beispiele für das Ereignis können ein Ein-Ereignis, das angibt, dass der Änderungsbetrag des Fotostroms einen Schwellenwert einer oberen Grenze überschritten hat, und ein Aus-Ereignis umfassen, das angibt, dass der Änderungsbetrag unter einen Schwellenwert einer unteren Grenze fällt. Man beachte, dass die Detektionseinheit 508 nur das Ein-Ereignis detektieren kann.

[0153] Wenn ein Ereignis eintritt, kann die Detektionseinheit 508 eine Aufforderung zum Anfordern einer Ausgabe von Ereignisdaten, die das Auftreten des Ereignisses repräsentieren, an die Arbitrer-Einheit 413 ausgeben. Wenn eine Antwort auf die Aufforderung von der Arbitrer-Einheit 413 empfangen wird, kann die Detektionseinheit 508 Ereignisdaten an die Ansteuerungsschaltung 411 und die Signalverarbeitungseinheit 412 ausgeben. Man beachte, dass in der vorliegenden Ausführungsform insbesondere dann, wenn eine Pupillendetektion eines Teils, insbesondere des Auges, des Gesichts des Fahrers spezialisiert ist und der Teil bei einer Verhaltensanalyse eines Bereichs des Teils genutzt wird, eine ROI-Lesefunktion, um als ROI (Bereich von Interesse; Region of Interest) einen Bereich einzugrenzen, der von der Arbitrer-Einheit 413 gelesen und zugeordnet werden soll, vorgesehen werden kann. Insbesondere im Fall einer Pupillenkonturdetektion ist es, da ein Zielbereich eine Ellipse eines quasi-kreisförmigen Bereichs ist, auch möglich, einen Zielbereich eines

Such-Arbiters mit einem Mittelpunkt und einem Radius weiter zu definieren und vom Lesen von Daten Abstand zu nehmen.

<9.3 Hintergrund, der zur Schaffung der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung führt>

[0154] Der betreffende Erfinder hat während der unabhängigen Untersuchung des Fahrzeugsteuerungssystems 100 jedoch erkannt, dass die folgenden Probleme auftreten könnten, wenn unter Verwendung des EVS 400 Beobachtungsdaten wie etwa ein Augapfelverhalten eines Fahrers erfasst werden müssen. Wie oben erläutert wurde, detektiert der EVS 400 ein Ereignis basierend auf dem Umstand, dass die Helligkeitsänderung den vorbestimmten Schwellenwert überschritten hat. Wenn beispielsweise der Schwellenwert reduziert wird, detektiert daher der EVS 400 sogar eine kleine Änderung der Luminanz als Ereignis. Deshalb treten zu detektierende Ereignisse häufig auf und nimmt die Datenmenge der detektierten Ereignisse zu. Infolgedessen überschreitet die Datenmenge das Übertragungsband einer Schnittstelle und kann das Problem auftreten, dass die Daten nicht zu anderen Funktionsblöcken und dergleichen übertragen werden können. In solch einem Fall können nicht alle, durch den EVS 400 detektierten Daten übertragen werden. Daher kann infolgedessen ein gewünschtes Ereignis, das man ursprünglich detektieren wollte, nicht detektiert werden. Auf der anderen Seite kann, wenn beispielsweise der Schwellenwert erhöht wird, das Problem auftreten, dass der EVS 400 ein gewünschtes Ereignis nicht detektieren kann.

[0155] Wenn eine Drehung des Augapfels aufgrund eines Sakkadenverhaltens auftritt, tritt genauer gesagt eine Luminanz-Änderung aufgrund einer Bewegung einer Pupillenbegrenzungslinie auf, und, wenn die Luminanz-Änderung den Schwellenwert überschreitet, wird die Luminanz-Änderung durch den EVS 400 als Ereignis detektiert und werden Koordinateninformationen des Pixels 502, in dem die Luminanz-Änderung aufgetreten ist, ausgegeben. In solch einem Fall kann, wenn der Schwellenwert reduziert wird, ein Problem insofern auftreten, als zu detektierende Ereignisse häufig auftreten und eine Datenmenge der detektierten Ereignisse das Übertragungsband der Schnittstelle übersteigt und nicht übertragen werden kann. Da außerdem der Verarbeitungsumfang entsprechend der Datenmenge zunimmt, kann auch ein Problem wie etwa ein Anstieg der Betriebstemperatur der Verarbeitung auftreten. Wenn auf der anderen Seite der Schwellenwert erhöht wird und zu detektierende Ereignisse abnehmen, werden die vom EVS 400 detektierten Ereignisse in Bezug auf die Drehung des Augapfels spärlich. Ein Problem kann insofern auftreten, als ein Bewegungsschlüsselpunkt der Punktwolke, die eine

Koordinatengruppe enthält, die sich entsprechend dem Zeitablauf basierend auf der Bewegung der Pupillenbegrenzungslinie bewegt, nicht genau beobachtet werden kann.

[0156] Darüber hinaus ist es, wenn nicht nur das Augapfelverhalten des Fahrers, sondern auch die Richtung des Gesichts, der Ausdruck und dergleichen vom EVS 400 erfasst werden sollen, schwierig, sowohl die Beobachtung des Augapfelverhaltens als auch die übrige Beobachtung im EVS 400 zu erreichen, da sich die Detektionseigenschaften, die für das Augapfelverhalten und die Richtung des Gesichts, den Ausdruck und dergleichen erforderlich sind, stark unterscheiden.

[0157] Im Hinblick auf solch eine Situation hat daher der betreffende Erfinder die Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung geschaffen. In der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung kann, wenn das Augapfelverhalten des Fahrers unter Verwendung des EVS 400 beobachtet wird, die Beobachtung des Augapfelverhaltens optimiert werden, indem ein Schwellenwert eingestellt wird, der eine Frequenz bzw. Häufigkeit einer Ereignisdetektion des EVS 400 definieren kann. In der vorliegenden Ausführungsform kann eine Beleuchtungsvorrichtung, die den Fahrer beleuchtet, ebenfalls dynamisch eingestellt werden. Folglich ist es gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung möglich, eine Ereignisdetektion mit einer optimalen Frequenz durchzuführen, um eine zu beobachtende Änderung genau zu erfassen, während eine Zunahme der Datenmenge für die Beobachtung eines Augapfelverhaltens wie etwa einer Sakkade, einer Mikrosakkade und einer Drift, der Detektion von Blinzeln, einer Änderung im Gesichtsausdruck und dergleichen unterdrückt wird. Während die Einstellung des Schwellenwerts beim Detektieren eines Ereignisses eine diskrete Festlegung bei der Auslegung einer Schaltung ist, besteht in der Beleuchtungsvorrichtung, da der Schwellenwert mittels einer Blende einer Lichtquellenvorrichtung oder dergleichen beliebig eingestellt werden kann, der Vorteil einer hohen Flexibilität; beispielsweise kann eine Optimierungseinstellung vorgenommen werden.

[0158] Insbesondere wird in der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung, wenn ein Sakkadenverhalten, ein Mikrosakkadenverhalten und dergleichen unter Verwendung des EVS 400 beobachtet werden, der Schwellenwert der Ereignisdetektion des EVS 400 zu einem Zeitpunkt eingestellt, zu dem die Beobachtung des Augapfelverhaltens notwendig ist. Auf diese Weise ist es möglich, das Sakkadenverhalten und das Mikrosakkadenverhalten effizient und genau zu erfassen, während eine Zunahme einer Datenmenge unterdrückt und die

Belastung der arithmetischen Verarbeitung und Übertragung reduziert wird.

[0159] In der vorliegenden Ausführungsform wird, wenn das Sakkadenverhalten des Augapfels unter Verwendung des EVS 400 beobachtet wird, Licht mit einer schmalbandigen Wellenlänge auf das Gesicht des Fahrers unter Verwendung eines Filters gestrahlt, der das Licht mit der schmalbandigen Wellenlänge zu dem Zeitpunkt selektiv durchlässt, zu dem die Beobachtung des Augapfelverhaltens notwendig ist. Da der von der Iris und der Pupille des Augapfels gebildete Begrenzungsschatten sichtbar gemacht werden kann, kann folglich das Hochgeschwindigkeitsverhalten des Auges wie etwa die Sakkade und die Mikrosakkade selektiv und effizient und genau beobachtet werden.

[0160] Details der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung, die von den betreffenden Erfindern geschaffen wurde, werden im Folgenden erläutert.

<<10. Ausführungsform>>

<10.1 Installationsposition>

[0161] Zunächst wird mit Verweis auf **Fig. 12** bis **Fig. 14** ein Beispiel einer Installationsposition des EVS 400 in der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung erläutert. **Fig. 12** bis **Fig. 14** sind erläuternde Diagramme, um Installationspositionen der Bildgebungsvorrichtungen 700 und 702 gemäß der vorliegenden Ausführungsform zu erläutern.

[0162] Zunächst handelt es sich bei der Bildgebungsvorrichtung 700 um eine Bildgebungsvorrichtung, die vor allem die Position eines Fahrers 900 in einem Fahrzeug 600 beobachtet und das Gesicht und eine Sitzhaltung eines auf einem Fahrersitz 602 sitzenden Fahrers 900 beobachtet (siehe **Fig. 13**). Beispielsweise kann die Bildgebungsvorrichtung 700 eine RGB-Kamera (eine Kamera für sichtbares Licht) sein oder kann es sich um eine ToF-Kamera handeln. Bei der Bildgebungsvorrichtung 700 kann es sich um den EVS 400 handeln. Wie in **Fig. 12** veranschaulicht ist, ist die Bildgebungsvorrichtung 700 vorzugsweise auf der vorderen oberen Seite des Fahrersitzes 602 im Fahrzeug 600 vorgesehen.

[0163] Die Bildgebungsvorrichtung 702 ist eine Bildgebungsvorrichtung, die das Innere des Fahrzeugs 600 abbildet, und ist konkret eine Bildgebungsvorrichtung, die den EVS 400 enthält, der vorwiegend das Augapfelverhalten (Sakkade, Fixation, Mikrosakkade und dergleichen eines Augapfels) des Fahrers 900 beobachtet. Man beachte, dass in der vorliegenden Ausführungsform die Bildgebungsvorrichtung 702 nicht nur das Augapfelverhalten beobachtet, sondern auch einen Zustand des Gesichts und dergleichen des Fahrers 900 beobachten kann und ver-

schiedene Zustände innerhalb des Fahrzeugs 600 beobachten kann. Wie in **Fig. 12** veranschaulicht ist, ist die Bildgebungsvorrichtung 702 vorzugsweise nahe einem unteren Teil eines Lenkrads an der vorderen unteren Seite des Fahrersitzes 602 im Fahrzeug 600 vorgesehen.

[0164] Genauer gesagt ist, wie in **Fig. 13** veranschaulicht ist, wenn der Fahrer 900 von einer Seite aus betrachtet wird, die Bildgebungsvorrichtung 700 an der vorderen oberen Seite des Fahrersitzes 602 im Fahrzeug 600 vorgesehen und hat einen weiten Blickwinkel, um die Figur des auf dem Fahrersitz 602 sitzenden Fahrers vorwiegend erfassen zu können.

[0165] Die Bildgebungsvorrichtung 702 ist so vorgesehen, dass sie dem Fahrer 900 gegenüberliegt, um vorwiegend das Gesicht des auf dem Fahrersitz 602 sitzenden Fahrers 900 erfassen zu können. Wie in **Fig. 13** veranschaulicht ist, ist konkret die Bildgebungsvorrichtung 702 vorzugsweise unterhalb einer Richtung 902 der Sichtlinie (einer horizontalen Linie für Fernsicht ins Unendliche) zu dem Zeitpunkt gelegen, zu dem der Fahrer 900 ein Objekt betrachtet, das sich vor dem Fahrer 900 im Unendlichen befindet, um das Blickfeld des Fahrers 900 nicht zu stören. Ferner ist die Bildgebungsvorrichtung 702 vorzugsweise so vorgesehen, dass ein Winkel θ , der von einem den Augapfel des Fahrers 900 und die Bildgebungsvorrichtung 702 verbindenden Liniensegment und der Richtung 902 der Sichtlinie gebildet wird, 10 Grad oder mehr und weniger als 30 Grad beträgt, sodass die Pupille des Fahrers 900 von vorn beobachtet werden kann. Man beachte, dass die Anordnung der Bildgebungsvorrichtung 702 nicht auf die obige beschränkt ist, falls die Bildgebungsvorrichtung 702 ohne Störung der direkten Sicht des Fahrers 900 nach vorn unter Verwendung eines Halbspiegels, eines Wellenlängen-Auswahlspiegels oder dergleichen angeordnet werden kann. Der durch die optische Achse der Bildgebungsvorrichtung 702 gebildete Winkel θ muss nicht 10 Grad oder mehr betragen.

[0166] Wie in **Fig. 14** veranschaulicht ist, weist von der oberen Seite des Fahrzeugs 600 aus betrachtet die Bildgebungsvorrichtung 702 vorzugsweise einen Blickwinkel auf, um zu ermöglichen, dass die Bildgebungsvorrichtung 702 zumindest das Gesicht des auf dem Fahrersitz 602 sitzenden Fahrers 900 erfasst.

<10.2 Konfigurationsbeispiel einer Einheit>

[0167] Als Nächstes wird mit Verweis auf **Fig. 15** ein Konfigurationsbeispiel einer Einheit erläutert, die eine Beobachtung des Augapfelverhaltens des Fahrers 900 gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung ausführt. **Fig. 15** ist ein erläuternd-

des Diagramm, um ein Beispiel der Einheit zu erläutern, die eine Beobachtung des Augapfelverhaltens des Fahrers 900 gemäß der vorliegenden Ausführungsform ausführt.

[0168] Konkret enthält die Einheit, die eine Beobachtung des Augapfelverhaltens des Fahrers 900 ausführt, vorwiegend einen Teil der in **Fig. 5** veranschaulichten Einheit 142 zur Detektion von Informationen von innerhalb des Fahrzeugs, die Bildgebungsvorrichtung 702, die den in der Sensoreinheit 113 enthaltenen EVS 400 enthält, und eine Beleuchtungseinheit 710, die zumindest das Gesicht des Fahrers 900 beleuchtet. Der Teil der Einheit 142 zur Detektion von Informationen von innerhalb des Fahrzeugs, die Bildgebungsvorrichtung 702 und die Beleuchtungseinheit 710 arbeiten zusammen, wodurch eine Beobachtung des Augapfelverhaltens des Fahrers 900 gemäß der vorliegenden Ausführungsform ausgeführt wird. In der folgenden Erläuterung werden in **Fig. 15** veranschaulichte Funktionsblöcke nacheinander erläutert.

(Bildgebungsvorrichtung 702)

[0169] Wie oben erläutert wurde, handelt es sich bei der Bildgebungsvorrichtung 702 um eine Bildgebungsvorrichtung, die das Augapfelverhalten des Fahrers 900 beobachtet und den EVS 400 enthält. Die Bildgebungsvorrichtung 702 wird durch eine Sensor-Steuerungseinheit 303 gesteuert, die im Folgenden erläutert wird, und gibt beobachtete Daten an die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 aus.

(Beleuchtungseinheit 710)

[0170] Die Beleuchtungseinheit 710 ist im Fahrzeug 600 vorgesehen und kann das Gesicht des Fahrers 900 mit Licht (zum Beispiel nahem Infrarotlicht) mit einer vorbestimmten Wellenlänge beleuchten, wenn das Augapfelverhalten des Fahrers 900 erfasst wird. Beispielsweise ist ein Filter, der vorwiegend Licht mit einer Wellenlänge von 940 nm oder größer und 960 nm oder geringer durchlässt, in einer Linse der Bildgebungsvorrichtung angeordnet, wodurch die Beleuchtungseinheit 710 den Einfluss von externem Licht unterdrücken kann, indem das Gesicht des Fahrers 900 mit Licht mit der schmalbandigen Wellenlänge zu dem Zeitpunkt beleuchtet wird, zu dem eine Beobachtung des Augapfelverhaltens notwendig ist. In der vorliegenden Ausführungsform kann, da der von der Iris und der Pupille des Augapfels gebildete Begrenzungsschatten durch das nahe Infrarotlicht mit weniger Rauschen des externen Lichts (Sonnenlichts) sichtbar gemacht werden kann, das Augapfelverhalten (ein Sakkadenverhalten) des Fahrers 900 durch die Bildgebungsvorrichtung 702 selektiv und effizient genau beobachtet werden. Ferner können in der Beleuchtungseinheit 710 die Intensität, eine Bestrahlungszeit, ein Bestrahlungsintervall

und dergleichen des Lichts, das eingestrahlt werden soll, durch eine im Folgenden erläuterte Beleuchtungs-Steuerungseinheit 332 eingestellt werden, um das Augapfelverhalten des Fahrers 900 einfacher zu erfassen. Man beachte, dass eine andere Wellenlängenempfindlichkeit als die obige Einstellung entsprechend der Art einer zu verwendenden Lichtquelle und einer Verteilung der Wellenlängenempfindlichkeit einer lichtempfangenden Einheit einer Bildgebungsvorrichtung verwendet werden kann.

[0171] Man beachte, dass, wenn die Bildgebungsvorrichtung 702 als eine Bildgebungsvorrichtung verwendet wird, die nur das Augapfelverhalten beobachtet, der Filter für die Bildgebungsvorrichtung 702 verwendet werden kann. Folglich kann die Bildgebungsvorrichtung 702 nur eine Reflexion des nahen Infrarotlichts mit weniger Rauschen des externen Lichts erfassen.

(Sensor-Steuerungseinheit 330)

[0172] Die Sensor-Steuerungseinheit 330 ist in der Einheit 142 zur Detektion von Informationen von innerhalb des Fahrzeugs vorgesehen und steuert die Bildgebungsvorrichtung 702. Wenn das Augapfelverhalten des Fahrers 900 erfasst wird, ändert konkret die Sensor-Steuerungseinheit 330 einen Schwellenwert, der eine Frequenz einer Ereignisdetektion der den EVS 400 enthaltenden Bildgebungsvorrichtung 702 definieren kann. Folglich kann die Bildgebungsvorrichtung 702 eine Ereignisdetektion mit einer optimalen Frequenz durchführen, um eine zu beobachtende Änderung genau zu erfassen, während eine Zunahme der Datenmenge für eine Beobachtung des Augapfelverhaltens wie etwa einer Sakkade, einer Mikrosakkade und einer Drift, die Detektion von Blinzeln, einer Änderung des Gesichtsausdrucks und dergleichen unterdrückt wird. Wenn die Bildgebungsvorrichtung 702 eine Funktion zum Erfassen nicht nur des Augapfelverhaltens des Fahrers 900, sondern auch der Position und der Haltung des Fahrers 900 aufweist, ist es ferner möglich, das Augapfelverhalten genau zu beobachten, indem ein Schwellenwert für die Beobachtung des Augapfelverhaltens vorübergehend optimiert wird.

[0173] Genauer gesagt kann beispielsweise die Sensor-Steuerungseinheit 330 einen Bereich zum Erfassen des Gesichts oder des Augapfels des Fahrers 900 in der Pixel-Arrayeinheit 500 der Bildgebungsvorrichtung 702 als einen Bereich von Interesse (ROI) festlegen und einen Schwellenwert des Pixels 502 ändern, um nur Daten des Pixels 502 in dem Bereich auszugeben. Ferner kann die Sensor-Steuerungseinheit 330 beobachtete Daten mit der Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 analysieren und durch Empfangen einer Rückmeldung eines Analyseergebnisses einen Schwellenwert ändern.

(Beleuchtungs-Steuerungseinheit 332)

[0174] Die Beleuchtungs-Steuerungseinheit 332 ist in der Einheit 142 zur Detektion von Informationen von innerhalb des Fahrzeugs vorgesehen und steuert die Beleuchtungseinheit 710. Wenn das Augapfelverhalten des Fahrers 900 erfasst wird, steuert konkret die Beleuchtungs-Steuerungseinheit 332 die Intensität, eine Bestrahlungszeit oder ein Bestrahlungsintervall des Lichts der Beleuchtungseinheit 710. Folglich kann die Bildgebungsvorrichtung 702 das Augapfelverhalten des Fahrers 900 einfacher erfassen. Ferner kann die Beleuchtungs-Steuerungseinheit 332 beobachtete Daten mit der Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 analysieren und die Intensität, eine Bestrahlungszeit oder ein Bestrahlungsintervall des Lichts von der Beleuchtungseinheit 710 steuern, indem eine Rückmeldung eines Analyseergebnisses empfangen wird.

(Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300)

[0175] Die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 analysiert mittels der Bildgebungsvorrichtung 702 beobachtete Daten. Konkret kann die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 die Art des Augapfelverhaltens (Sakkade, Mikrosakkade oder dergleichen) basierend auf einer Form einer Punktverteilung unterscheiden, die Positionskoordinatenpunkte des Pixels 502 der Bildgebungsvorrichtung 702 enthält, das ein Ereignis detektiert hat. Genauer gesagt analysiert, wenn das Auftreten einer Punktverteilung mit einer Sichelform detektiert wird, die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300, dass eine Mikrosakkade aufgetreten ist. Überdies wird in der vorliegenden beispielhaften Ausführungsform ein Analyseergebnis der Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 zur Bestimmung in der Bestimmungseinheit 320 (Bestimmung einer Reaktionsstufe für eine Rückkehr des Fahrers) verwendet und wird der Fahrmodus basierend auf einem Bestimmungsergebnis der Bestimmungseinheit 320 umgeschaltet.

<10. Informationsverarbeitungsverfahren>

[0176] Als Nächstes wird mit Verweis auf **Fig. 16** bis **Fig. 18** ein Informationsverarbeitungsverfahren gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung erläutert. **Fig. 16** und **Fig. 17** sind Flussdiagramme, um ein Beispiel des Informationsverarbeitungsverfahrens gemäß der vorliegenden Ausführungsform zu erläutern. **Fig. 18** ist ein erläuterndes Diagramm, um ein Beispiel für mittels der Bildgebungsvorrichtung 702 beobachteten Beobachtungsdaten zu erläutern.

[0177] Wie in **Fig. 16** veranschaulicht ist, kann zunächst Informationsverarbeitungsverfahren Schritte von Schritt S31 bis Schritt S44 umfassen.

Details der Schritte gemäß der vorliegenden Ausführungsform werden unten erläutert.

[0178] Zunächst wertet das Fahrzeugsteuerungssystem 100 einen Übergang der Rückkehr des Fahrers 900 in die Fahrhaltung im Fahrersitz 602 vom Verlassen des Sitzes bis zur Rückkehr aus (Schritt S31). Als Nächstes bestimmt das Fahrzeugsteuerungssystem 100, ob der Fahrer auf dem Fahrersitz 602 Platz genommen hat und in die Fahrhaltung zurückgekehrt ist (Schritt S32). Wenn der Fahrer 900 auf dem Fahrersitz 602 Platz genommen hat und in die Fahrhaltung zurückgekehrt ist (Schritt S32: Ja), geht das Fahrzeugsteuerungssystem 100 zu Schritt S33 weiter. Wenn der Fahrer auf dem Fahrersitz 602 nicht Platz genommen hat oder nicht in die Fahrhaltung zurückgekehrt ist (Schritt S32: Nein), kehrt das Fahrzeugsteuerungssystem 100 zu Schritt S31 zurück. Man beachte, dass ein Fall, in dem sich der Fahrer 900 nicht in der Fahrhaltung befindet, selbst wenn der Fahrer 900 auf dem Fahrersitz 602 sitzt, als ein Fall denkbar ist, in dem der Fahrer 900 einnickt (was infolge eines instabilen Wackelns des Nackens oder dergleichen, was durch das Einnicken verursacht wird, detektiert wird), abgelenkt ist oder in eine andere Richtung als nach vorn gewandt auf dem Fahrersitz 602 unpassend sitzt. In der vorliegenden Ausführungsform kann beispielsweise die Position und Haltung des Fahrers 900 spezifiziert werden, indem das Gesicht und dergleichen des Fahrers 900 aus den Beobachtungsdaten detektiert werden, die mittels der oben erläuterten Bildgebungsvorrichtungen 700 und 702 beobachtet werden.

[0179] Das Fahrzeugsteuerungssystem 100 überprüft die Fahrhaltung des Fahrers 900 und spezifiziert die Positionen des Gesichts und des Augenbereichs des Fahrers 900 (Schritt S33). In der vorliegenden Ausführungsform können beispielsweise die Positionen des Gesichts und der Augäpfel des Fahrers 900 durch Detektieren des Gesichts, der Augäpfel und dergleichen des Fahrers 900 aus den Beobachtungsdaten spezifiziert werden, die mittels der oben erläuterten Bildgebungsvorrichtungen 700 und 702 beobachtet werden.

[0180] Das Fahrzeugsteuerungssystem 100 legt ein Gebiet bzw. einen Bereich in der Pixel-Arrayeinheit 500, der das Gesicht oder den Augapfel erfasst, der Bildgebungsvorrichtung 702 als ROI (Bereich von Interesse) gemäß der Position des Gesichts oder des Augapfels des Fahrers 900 fest (Schritt S34). In der vorliegenden Ausführungsform müssen folglich nur Daten ausgegeben werden, die ein Ereignis betreffen, das in dem nur dem festgelegten ROI entsprechenden Pixel 502 detektiert wird. Daher ist es möglich, eine Zunahme einer auszugebenden Datenmenge zu unterdrücken. Wenn die Bildgebungsvorrichtung 702 eine Funktion zum Erfassen

nicht nur des Augapfelverhaltens des Fahrers 900, sondern auch der Position und der Haltung des Fahrers 900 aufweist, ist es ferner möglich, das Augapfelverhalten genau zu beobachten, indem ein Schwellenwert für die Beobachtung des Augapfelverhaltens vorübergehend optimiert wird.

[0181] Das Fahrzeugsteuerungssystem 100 stellt einen Schwellenwert (einen Schwellenwert für die Ereignisdetektion) ein, der eine Häufigkeit bzw. Frequenz einer Ereignisdetektion durch die Bildgebungsvorrichtung 702 definieren kann (Schritt S35). Zu dieser Zeit kann nur ein Schwellenwert des Pixels 502, das dem im oben erläuterten Schritt S34 festgelegten ROI entspricht, eingestellt werden. In der vorliegenden Ausführungsform kann der Schwellenwert auf einen vorbestimmten numerischen Wert entsprechend dem Augapfelverhalten (Sakkade oder Mikrosakkade), das man beobachten möchte, eingestellt werden und kann ferner entsprechend einer Attributinformation (Farbe der Iris, Alter und Geschlecht) des Fahrers 900, die vorher registriert wurde, eingestellt werden. In der vorliegenden Ausführungsform kann der Schwellenwert gemäß dem Einfluss von externem Licht, der entsprechend einer Zeit zur Fahrzeit, dem Wetter und einem Zustand um eine Straße herum während einer Fahrt (Gelände, Tunnel oder dergleichen) eingestellt werden. Ferner kann in der vorliegenden Ausführungsform der Schwellenwert basierend auf einer Tendenz der Beobachtungsdaten eines Augapfelverhaltens des Fahrers 900 eingestellt werden, die bei jeder Fahrt maschinell gelernt wurde.

[0182] Wenn beispielsweise eine Mikrosakkade im Augapfel des Fahrers 900 auftritt, bewegt sich danach die Begrenzung der Pupille und detektiert die Bildgebungsvorrichtung 702 eine Luminanz-Änderung aufgrund der Bewegung als Ereignis. Da zu dieser Zeit in der RGB-Kamera einzelne Unterschiede manchmal in der Begrenzung der Pupille, einem Irismuster und dergleichen vorhanden sind, treten Bleeding, Unschärfen und dergleichen auf und ist es schwierig, eine Mikrosakkade deutlich zu erfassen. In der vorliegenden Ausführungsform wird jedoch in der Bildgebungsvorrichtung 702, das heißt dem EVS 400, der Schwellenwert auf einen Schwellenwert eingestellt, der für eine Beobachtung einer Mikrosakkade geeignet ist, wodurch die Mikrosakkade gemäß einer Punktverteilung (einer Punktwolke) des Ereignisses genau erfasst werden kann.

[0183] Außerdem wird die Mikrosakkade durch eine Bewegung von Skelettmuskeln, die den Augapfel ziehen, um den Augapfel herum, wie etwa die oberen und unteren Augenmuskeln, die lateralen und medialen Augenmuskeln und die oberen und unteren Schrägmuskeln in der Vertiefung der Augenhöhle, verursacht. Insbesondere wird eine Bewegung der Pupille von einer Seite zur anderen hauptsächlich

durch die oberen und unteren Augenmuskeln und die lateralen und medialen Augenmuskeln herbeigeführt. Wichtig ist hier, die Mikrosakkade, bei der es sich um eine Suchbewegung handelt, als Wiederbelebung der für eine Hirnaktivität notwendigen Gedankenaktivität basierend auf einer visuellen Information zu erfassen, bei der die Skelettmuskeln Befehle direkt vom Gehirn empfangen, und eine von den Skelettmuskeln herbeigeführte geringfügige Wackelbewegung des Auges zu erfassen. In der vorliegenden Ausführungsform ist es durch Erfassen solch einer Mikrosakkade möglich, die Gedankenaktivität im Gehirn zu erfassen, indem das Augapfelverhalten beobachtet wird, das sich von einer Augenbewegung ohne einen bestimmten Zweck zu einem indifferenten Zeitpunkt klar unterscheidet, obgleich der Inhalt als Gedankeninhalt nicht direkt interpretiert werden kann.

[0184] Anschließend stellt das Fahrzeugsteuerungssystem 100 die Bestrahlungseinheit (die Lichtquelle) ein (Schritt S36). In der vorliegenden Ausführungsform stellt beispielsweise das Fahrzeugsteuerungssystem 100 die Intensität, eine Bestrahlungszeit oder ein Bestrahlungsintervall des Lichts von der Beleuchtungseinheit 710 ein. In der vorliegenden Ausführungsform kann die Bildgebungsvorrichtung 702 das Augapfelverhalten des Fahrers 900 einfacher erfassen.

[0185] Anschließend bestimmt das Fahrzeugsteuerungssystem 100, ob Ereignisdaten mit einer sichelförmigen Verteilung aus den Beobachtungsdaten als das Augapfelverhalten detektiert wurden (Schritt S37). Beispielsweise dreht sich bei der Mikrosakkade der Augapfel mit hoher Geschwindigkeit, wie in **Fig. 18** veranschaulicht ist, und werden Punktdaten sporadisch erzeugt, wobei als Ereignis eine Luminanz-Änderung angenommen wird, die durch eine Bewegung der Pupillenkonturbegrenzung über eine Abbildungsfläche verursacht wird, und werden als Verteilung mit einer Sichelform als Satz von Punkten für eine feste Periode detektiert. Entsprechend der Drehung des Augapfels ist ein Teil mit dem größten Bewegungsbetrag über die Abbildungsfläche ein dicker zentraler Teil der Sichel, und, da eine Begrenzungsbewegung der Pupille bei der Drehung gering ist, tritt nahezu kein Ereignis an der Tangente auf. Daher erscheint eine Summe von Ereignissen, die in festen Zeitintervallen auftreten, als solch ein Bereich der sichelförmigen Verteilung. Im Fall der Mikrosakkade ist eine individuelle Drehung vorwiegend eine zufällige Wackelbewegung im Rahmen einer Fixation. Wenn die Ereignisdaten mit der Sichelverteilung detektiert worden sind (Schritt S37: Ja), geht das Fahrzeugsteuerungssystem 100 zu Schritt S38 weiter. Wenn die Ereignisdaten mit der Sichelverteilung nicht detektiert worden sind (Schritt S37: Nein), kehrt das Fahrzeugsteuerungssystem 100 zu den Schritten S35 und S36 zurück. Eine

Ansammlung bzw. ein Aggregat von Punkten, die durch die Bewegung des Augapfels erzeugt werden, verteilt sich als Sichelzustand, da das Aggregat ein Ergebnis eines Satzes ist, der durch die Bewegung der Pupillenbegrenzung auf einer Bildebene, die für eine feste Periode überstrichen werden soll, und das aufwendige Sammeln erzeugter Ereignispunkte erhalten wird. Wenn das Aggregat mit einer feineren zeitlichen Auflösung schematisiert wird, ist das Aggregat ein Bogen mit einer Linienbreitenverteilung. Jedoch wird das Aggregat als die Sichel dargestellt, um das Prinzip, das die vorliegende Ausführungsform bildet, klar zu erläutern. Eine tatsächliche Farbe und eine tatsächliche Form der Pupille, ein Unterschied in der Konturschärfe der Begrenzung und dergleichen, weisen individuelle Unterschiede je nach Person und eine Änderung je nach verschiedenen Bedingungen wie etwa Beleuchtungszustand, verfügbare Wellenlänge der Lichtquelle und Bandpassbreite eines schmalbandigen Filters im Einsatz auf. Je nach Beleuchtungs- und Detektionsbedingungen ist daher einen Zeitreihensatz einer detektierten Punktwolke manchmal keine Sichel mit deutlicher Kontur. In der vorliegenden Beschreibung werden Detektionseignisse, die ein Detektionseignis enthalten, das durch ein feines Verhalten des Augapfels in dem Fall erzeugt wird, in dem jene klaren Bereiche nicht relevant sind, als die Detektion der Sichelverteilung beschrieben. Das heißt, in der vorliegenden Ausführungsform kann eine Form einer Verteilung detektierter Ereignisdaten beispielsweise eine Sichelform sein oder kann eine andere Form sein und ist nicht sonderlich beschränkt.

[0186] Wenn beispielsweise eine Person ein Ziel sieht, das die Person nicht einfach verstehen kann, erfasst konkret die Person das Ziel visuell, während sie auf ihr eigenes Gedächtnis zurückgreift, und sortiert bzw. gleicht ferner das Ziel, Einzelheiten und das Gedächtnis ab, um den Inhalt des Ziels letztendlich vollständig zu verstehen. In solch einer Situation fixiert in vielen Fällen die Person mit den Augäpfeln, um Details zu erfassen. Jedoch tritt bei dieser Fixation aufgrund einer zufälligen Drehung der Augäpfel eine Wackelbewegung (Mikrosakkade) auf. Infolgedessen erscheint bei dieser Mikrosakkade, wenn sich die Begrenzung der Pupille in einer Drehrichtung des Augapfels bewegt, eine beispielsweise in **Fig. 18** veranschaulichte Sichelverteilung über die Drehrichtung als zeitliche Änderung einer durch die Bildgebungs Vorrichtung 702 erfassten Luminanz-Änderung. **Fig. 18** veranschaulicht schematisch eine sichelförmige helle und dunkle (linke) Punktwolke und eine sichelförmige helle und dunkle (rechte) Punktwolke, die durch die Mikrosakkade entwickelt werden. Wenn dann eine Fixation mit einem zufälligen Augapfelverhalten durch die Mikrosakkade ausgeführt wird, während der Fahrer 900 den Rückgriff und ein Verständnis des Gedächtnisses wiederholt, beobachtet die Bildgebungs Vorrichtung 702 eine

sichelförmige Punktwolke und einen Zustand, in dem die Begrenzungslinie der Pupille nahe der Begrenzungslinie der Sichel fluktuiert bzw. schwankt. Das heißt, im Fall der Mikrosakkade wird zum Beispiel eine Punktwolke beobachtet, die eine Form hat, die von einer Form einer breiten Punktwolke verschieden ist, die eine Breite so groß wie die Pupille hat, wobei die Punktwolke durch eine große Sakkadenbewegung während einer normalen Fixation verursacht wird. Daher kann durch Beobachten der sichelförmigen Punktwolke das Auftreten einer Gedankenaktivität im Gehirn beobachtet werden.

[0187] Das heißt, in der vorliegenden Ausführungsform ist es, indem man den EVS 400 als die Bildgebungs Vorrichtung 702 nutzt, möglich, eine Sakkade und die Mikrosakkade anhand der Form der beobachteten Punktwolke voneinander zu unterscheiden. Konkret wird die Sakkade, welche eine Bewegung in Richtung einer Fixation ist, die auf ein an einer sehr unterschiedlichen Position vorhandenes Objekt durchgeführt wird, als dicke bandartige Punktwolke in einer festen Richtung entlang der Bewegung der Sakkade beobachtet. Auf der anderen Seite wird die Mikrosakkade zur Zeit einer Fixation bei der Suche nach Informationsdetails als sichelförmige Punktwolke beobachtet, die um eine Fixationsrichtung zentriert schnell wackelt. Daher können die Sakkade und die Mikrosakkade anhand der Form der beobachteten Punktwolke voneinander unterschieden werden.

[0188] Ferner können in der vorliegenden Ausführungsform in Schritt S35 und Schritt S36 in dem Fall, in dem die Ereignisdaten mit der Sichelverteilung nicht detektiert werden (Schritt S37: Nein), der Schwellenwert für eine Ereignisdetektion durch die Bildgebungs Vorrichtung 702, die Intensität, die Bestrahlungszeit, das Bestrahlungsintervall oder dergleichen des Lichts von der Beleuchtungseinheit basierend auf einem Analyseergebnis von Beobachtungsdaten durch die Bildgebungs Vorrichtung 702 wieder eingestellt werden. In Schritt S35 und Schritt S36 werden eine Einstellung eines Schwellenwerts zur Ereignisbestimmung und eine Einstellung einer Beleuchtungslichtquelle durchgeführt, wobei der Schwellenwert zur Ereignisbestimmung und die Beleuchtungslichtquelle mit einer Frequenz erzeugt werden, bei der das Auftreten eines Ereignisses als Sichelverteilung durch die Bewegung der Pupillenbegrenzung gemäß der in einer Mikrosakkade erzeugten Pupillendrehung erfasst werden kann.

[0189] Die Bildgebungs Vorrichtung 702 des Fahrzeugsteuerungssystems 100 gibt eine Koordinatenpunktgruppe (eine Punktwolke) eines eine Luminanz ändernden Pixels aus (Schritt S38). Anschließend führt das Fahrzeugsteuerungssystem 100 eine detaillierte Analyse einer das Augapfelverhalten konfigurierenden Punktgruppe basierend auf der in

Schritt S38 ausgegebenen Punktwolke durch (Schritt S39). Das Fahrzeugsteuerungssystem 100 wertet dann im Detail das Augapfelverhalten, das heißt das Augapfelverhalten wie etwa eine Sakkade (Drehung des Augapfels), eine Fixation oder eine Mikrosakkade (winzige Drehung des Augapfels), aus (Schritt S40). In diesem Schritt werden begrenzte Daten, die selbst als sichelförmige Ereignispunktwolke basierend auf dem Auftreten bzw. Nichtauftreten eines zufälligen kleinen Pitch-Wackelns während der Fixation durch die Mikrosakkade ausgegeben werden, anstelle einer Analyse und Auswertung zur Richtungsschätzung der Fixation direkt analysiert. Da es sich bei der Analyse um eine Schätzung (Analyseauswertung) einer interzerebralen Aktivität handelt, wird daher keine arithmetische Verarbeitung mit hoher Last wie etwa eine kontinuierliche Verarbeitungsanalyse eines normalen Multi-Frame-Bildes durchgeführt, die vorgenommen wird, indem ein gesamtes Bild zum Detektieren der Pupille abgesehen wird. Die Sakkade und die Mikrosakkade unterscheiden sich dadurch, dass sich die Erstgenannte kontinuierlich als gürtelartige Punktwolke erstreckt, die sich von einem Anfangspunkt der Sakkade in die Zielrichtung erstreckt.

[0190] Das Fahrzeugsteuerungssystem 100 bestimmt, ob das Augapfelverhalten des Fahrers 900 ein Augapfelverhalten ist, das einer Sakkade (Drehung des Augapfels), einer Fixation oder einer Mikrosakkade (winzige Drehung des Augapfels) äquivalent ist, die während der Fixation zur visuellen Prüfung auftritt (Schritt S41). Wenn das Augapfelverhalten für eine visuelle Prüfung detektiert wurde (Schritt S41: Ja), geht das Fahrzeugsteuerungssystem 100 weiter zu Schritt S43. Wenn das Augapfelverhalten für eine visuelle Prüfung nicht detektiert worden ist (Schritt S41: Nein), geht das Fahrzeugsteuerungssystem 100 weiter zu Schritt S42.

[0191] Das Fahrzeugsteuerungssystem 100 bestimmt, ob eine Obergrenze eines Zeitbudgets (eine zulässige Grenzzeit, bei der ein Risiko besteht, dass ein Übergabegrenzpunkt noch beim automatischen Fahren überschritten wird, wenn die MRM nicht aktiviert ist), die für eine Bestimmung der Rückkehr zur Wachheit der Bestimmungsverarbeitung erlaubt ist, die vorher definiert wurde, erreicht worden ist (Schritt S42). Wenn die zulässige Obergrenze für einen erneuten Versuch bzw. eine Wiederholung erreicht worden ist (Schritt S42: Ja), geht das Fahrzeugsteuerungssystem 100 weiter zu Schritt S44. Wenn die zulässige Obergrenze für eine Wiederholung nicht erreicht worden ist (Schritt S42: Nein), kehrt das Fahrzeugsteuerungssystem 100 zu Schritt S38 zurück. Das Fahrzeugsteuerungssystem 100 führt dann eine Bestimmung diesbezüglich aus, ob der Fahrer 900 eine Wachheitsstufe hat, bei der der Fahrer 900 zum manuellen Fahren zurückkehren kann, und zeichnet Beobachtungsdaten als kognitive

Reaktion des Fahrers 900 auf (Schritt S43). Ferner bestimmt das Fahrzeugsteuerungssystem 100, dass innerhalb des verbleibenden Zeitbudgets nicht bestätigt werden kann, dass der Fahrer 900 die Wachheitsstufe hat, bei der der Fahrer 900 zum manuellen Fahren zurückkehren kann. Das Fahrzeug 600 führt eine Verarbeitung zum Vermeiden eines Eintritts in den Abschnitt für manuelles Fahren wie etwa einen Nothalt durch (Schritt S44).

[0192] Der oben erläuterte Schritt S43 wird in einem Ablauf mit Teilschritten verarbeitet, die in **Fig. 17** veranschaulicht sind. Schritt S43 kann Schritte von Schritt S51 bis Schritt S55 umfassen. Details der Teilschritte werden im Folgenden erläutert.

[0193] Das Fahrzeugsteuerungssystem 100 bestimmt, ob die Bestimmung, ob der Fahrer 900 die Wachheitsstufe hat, bei der der Fahrer 900 zum manuellen Fahren zurückkehren kann, ausgeführt worden ist (Schritt S51). Wenn die Bestimmung ausgeführt worden ist (Schritt S51: Ja), geht das Fahrzeugsteuerungssystem 100 weiter zu Schritt S52. Wenn die Bestimmung nicht ausgeführt worden ist (Schritt S51: Nein), führt das Fahrzeugsteuerungssystem 100 den oben erläuterten Schritt S43 aus und kehrt zu Schritt S51 zurück.

[0194] Das Fahrzeugsteuerungssystem 100 bestimmt, ob bestimmt worden ist, dass der Fahrer 900 die Wachheitsstufe hat, bei der der Fahrer 900 zum manuellen Fahren zurückkehren kann (Schritt S52). Wenn bestimmt worden ist, dass der Fahrer 900 die Wachheitsstufe, bei der der Fahrer 900 zum manuellen Fahren zurückkehren kann, hat (Schritt S52: Ja), geht das Fahrzeugsteuerungssystem 100 weiter zu Schritt S53. Wenn bestimmt worden ist, dass der Fahrer 900 die Wachheitsstufe, bei der der Fahrer 900 zum manuellen Fahren zurückkehren kann, nicht hat (Schritt S52: Nein), geht das Fahrzeugsteuerungssystem 100 weiter zu Schritt S54.

[0195] Das Fahrzeugsteuerungssystem 100 schaltet den automatischen Fahrmodus auf den manuellen Fahrmodus um (beginnt konkret eine Verarbeitung im einem Vorbereitungszustand zum Umschalten) (Schritt S53).

[0196] Das Fahrzeugsteuerungssystem 100 bestimmt, ob eine vorbestimmte Obergrenze der Anzahl von Malen einer Wiederholung der Bestimmungsverarbeitung erreicht worden ist (Schritt S54). Wenn die Obergrenze der Anzahl von Wiederholungen erreicht worden ist (Schritt S54: Ja), geht das Fahrzeugsteuerungssystem 100 weiter zu Schritt S55. Wenn die Obergrenze nicht erreicht worden ist (Schritt S54: Nein), kehrt das Fahrzeugsteuerungssystem 100 zu Schritt S51 zurück. Die Anzahl von Malen einer Wiederholung sollte einen zulässigen

gen Grenzpunkt für die Übergabebereitschaft nicht überschreiten.

[0197] Das Fahrzeugsteuerungssystem 100 bestimmt, dass eine Auswertung der Wachheitsstufe fehlschlägt, das heißt nicht bestätigt werden kann, dass der Fahrer 900 die Wachheitsstufe hat, bei der der Fahrer 900 zum manuellen Fahren zurückkehren kann, und beendet die Verarbeitung. In diesem Fall wird eine Rückkehr zum manuellen Fahren nicht gestattet und führt das Automobil eine Verarbeitung zum Vermeiden eines Eintritts in den Abschnitt für das manuelle Fahren wie etwa einen Nothalt durch (Schritt S55). Man beachte, diese Einstellung auf einer Behandlung basiert, um eine Rückkehr in eine Situation zu verhindern, in der eine Rückkehr nach dem Aufwachen unklar bzw. mehrdeutig ist. Es gibt keine Maßnahme zum Sperren bzw. Deaktivieren einer Funktion für eine Übersteuerung eines automatischen Fahrsystems durch einen Fahrer, die in einem Steuerungssystem eines Fahrzeugs integriert bzw. vorgesehen ist, als Maßnahme für eine anormale Situation in einem Notfall durch den Fahrer. Wenn eine frühzeitige Rückkehrbestätigung nicht erhalten werden kann, dienen ein Einstellen eines handhabbaren Grenzpunkts und ein Einstellen der anschließenden Deaktivierung als Grundlage zum Vorbeugen gegen den Versuch einer unvernünftigen Rückkehr, indem eine verzögerte Behandlung durch den Fahrer normiert wird, und verhindern einen induzierten Unfall oder dergleichen aufgrund einer verzögerten oder panischen Rückkehr.

<10.4 Beispiel>

[0198] Ferner wird ein spezifisches Beispiel zum Ausführen der Bestimmungsverarbeitung für die Wachheitsstufe des Fahrers 900 erläutert. Beispielsweise wird die Bestimmungsverarbeitung ausgeführt, indem ein im Folgenden erläutertes Problem dem Fahrer 900 präsentiert wird.

[0199] Zunächst wird mit Verweis auf **Fig. 19** eine spezifische Konfiguration zum Ausführen der Bestimmungsverarbeitung für die Wachheitsstufe des Fahrers 900 erläutert. **Fig. 19** ist ein erläuterndes Diagramm, um eine Teilkonfiguration des Fahrzeugsteuerungssystems 100 zum Ausführen der Bestimmungsverarbeitung für die Erregungs- bzw. Wachheitsstufe des Fahrers 900 zu erläutern. **Fig. 19** veranschaulicht insbesondere die Gesichtsverfolgungseinheit 204 und die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300, die oben erläutert wurden, eine in der Speichereinheit 111 gespeicherte DB (Datenbank) 800, eine Anzeigeeinheits-Erzeugungseinheit 802, die in der Ausgabe-Steuerungseinheit 105 vorgesehen ist, und eine Anzeigeeinheit 804.

[0200] Die Gesichtsverfolgungseinheit (Driver Facial Tracker) 204 detektiert Bewegungsinformatio-

nen des Gesichts und des Kopfes des Fahrers 900 und gibt die Bewegungsinformationen an die Anzeigeeinheits-Erzeugungseinheit 802 aus.

[0201] Die Anzeigeeinheits-Erzeugungseinheit 802 erzeugt ein Problem, das auf der Anzeigeeinheit 804 angezeigt werden soll, nachdem bestätigt wurde, dass der Fahrer 900 auf dem Fahrersitz 602 Platz genommen hat. Konkret erzeugt beispielsweise die Anzeigeeinheits-Erzeugungseinheit 802 eine Aufgabe bzw. ein Problem, die Anzahl von Silhouetten kleiner Tiere unter einer Vielzahl angezeigter Silhouetten zu beantworten. Daten, die genutzt werden können, um verschiedene Probleme zu erzeugen, werden in der Anzeigeeinheits-DB 800 gespeichert. Man beachte, dass ein Beispiel eines spezifischen Problems im Folgenden erläutert wird. Obgleich die Problempräsentation für den Fahrer im normalen Einsatz nicht immer ein wesentlicher Prozess ist, gibt es einige Fahrer, die, obwohl sie wach sind, unvorsichtigerweise eine Übernahme beginnen, ohne die Umgebungssituation ausreichend visuell zu prüfen, was bei einer Übergabe vom automatischen Fahren zum manuellen Fahren wünschenswert ist, während sie dabei die Prüfung der Umgebungssituation vernachlässigen und eine schlechte visuelle Prüfung vornehmen. Daher handelt es sich bei der Problempräsentation um eine Problemerkzeugung, die, indem der Fahrer gedrängt wird, eine künstliche Situation erneut zu erfassen, für eine Einschätzung der Aktivität im Gehirn über die Detektion einer bei einem zu dieser Zeit erforderlichen Ziel der visuellen Prüfung auftretenden Mikrosakkade effektiv ist. Das heißt, das Beispiel ist ein Beispiel, bei dem, wenn man eine Operation einer Prüfung der Sichtlinie für eine Überprüfung der Fahrzeugumgebung, die natürlich durchgeführt werden sollte, nicht erwarten kann, das Erzeugungsproblem künstlich durchgeführt wird, um die Operation einer Bestätigung der Sichtlinie zu substituieren.

[0202] Wenn das von der Anzeigeeinheits-Erzeugungseinheit 802 erzeugte Problem auf der Anzeigeeinheit 804 angezeigt wird, bewegt der Fahrer 900 die Sichtlinie zu dem Problem, um eine Antwort auf das Problem zu erlangen. Wie oben erläutert wurde, wird beispielsweise ein visuelles Problem, das eine Bestimmung wie etwa die Beantwortung der Anzahl von Silhouetten kleiner Tiere unter einer Vielzahl von Silhouetten erfordert, auf der Anzeigeeinheit 804 angezeigt. Um eine Antwort auf dieses Problem zu erhalten, führt der Fahrer 900 ein Augapfelverhalten aus, um notwendige Informationen zu ergänzen. Beispielsweise führt der Fahrer 900 ein Augapfelverhalten wie etwa eine Sakkade (Drehung des Augapfels), eine Fixation oder eine Mikrosakkade (winzige Drehung des Augapfels) des Augapfels durch. Die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 erkennt das durch die Anzeigeeinheits-Erzeugungseinheit 802 erzeugte Problem und analysiert

dann das Augapfelverhalten des Fahrers 900, der das auf der Anzeigeeinheit 804 angezeigte Problem beobachtet. Man beachte, dass es in der vorliegenden Ausführungsform vorzuziehen ist, dass die Anzeigeeinheit 804 dem Gesicht des Fahrers 900 zugewandt ist und sich in Bezug auf eine Sichtlinienrichtung zu der Zeit, zu der der Fahrer 900 ein im Unendlichen vor ihm gelegenes Objekt betrachtet, unten befindet.

[0203] Obwohl ein Verhalten, das bioreflexiv erscheint, in einem Teil der detaillierten Verhaltensanalyse des Augapfels vorliegt, werden auch viele Phänomene, die eine neuronale Übertragung und Verarbeitung im Gehirn widerzuspiegeln scheinen, im Verhalten gleichzeitig beobachtet. Daher werden Aktivitätsergebnisse wie etwa eine Hirnerkennung in einer Tabelle widergespiegelt und sind darin sichtbar. Es ist möglich, die Wachheitsstufe des Fahrers unter Ausnutzung des Umstands, dass sich die Aktivität im Gehirn im Augapfelverhalten widerspiegelt, sehr genau zu schätzen.

[0204] Informationen über die Außenwelt, die erfasst werden, wenn eine Person eine für eine Aktion notwendige Situationsbestimmung vornimmt, werden oft aus visuellen Informationen erhalten. Wenn eine Person visuelle Informationen wahrnimmt und erkennt und die visuellen Informationen in eine Aktion übersetzt, richtet die Person die Sichtlinie auf die Information und führt einen Vergleich und eine Bezugnahme zwischen den Informationen und seinem eigenen Gedächtnis (aufgezeichneten Wissen) durch. Es ist bekannt, dass, bis eine Person Informationen einer Sichtlinie vor ihr versteht, die Person die Sichtlinie auf einen Bereich richtet, in dem die Informationen gesehen werden, und unbewusst ein spezifisches Augapfelverhalten zeigt, das für eine Erkennung der visuellen Informationen notwendig ist, wie etwa eine Mikrosakkade, einen Tremor oder eine Drift, welche während dieser Fixation auftreten.

[0205] Dieses Augapfelverhalten zeigt verschiedene Verhaltensweisen, wenn die Person in einem normalen Wachheitszustand ist und wenn die Person in einem Zustand mit abnehmendem Bewusstsein/abnehmender Wachheit ist. Insbesondere führt eine Person, wenn sie bestimmte Informationen (ein Problem) sieht und den Inhalt zu verstehen versucht, eine große Drehung der Augäpfel aus, die als Sakkade bezeichnet wird, dreht den Augapfel (genau das zentrale Sichtfeld) zu einem vorbestimmten visuellen Teil und führt eine Fixation und ein Augapfelverhalten aus, das mit einer Mikrosakkade verbunden ist, bei der es sich um einen Vorgang einer winzigen Augendrehung eines lokalen Bereichs in der Nähe des visuellen Teils handelt.

[0206] Wie oben erläutert wurde, tritt, wenn eine Person notwendige Informationen aus visuellen

Informationen bewusst erfasst und eine notwendige Bestimmung vornimmt, ein charakteristisches Augapfelverhalten auf, um Informationen zu erhalten. Auf der anderen Seite tritt, wenn eine Suche nach visuellen Informationen unzureichend ist, weil beispielsweise das Bewusstsein nachlässt, eine Störung in einem Augapfelverhalten auf, das für eine Fixation zum bewussten Erfassen von Informationen notwendig ist. Ein Beispiel einer Trajektorie eines Augapfelverhaltens des Fahrers 900 zu der Zeit, zu der ein visuelles Problem, wobei Informationen betrachtet werden, präsentiert wird, wird hier mit Verweis auf **Fig. 20** erläutert. **Fig. 20** ist ein erläuterndes Diagramm, um ein Beispiel einer Trajektorie des Augapfelverhaltens des Fahrers 900 zu der Zeit zu erläutern, zu der das visuelle Problem, wobei Informationen betrachtet werden, präsentiert wird.

[0207] Zunächst veranschaulicht **Fig. 20(a)** ein Problem. Konkret handelt es sich bei dem Problem um ein Problem, die Anzahl von Silhouetten kleiner Tiere unter einer Vielzahl von Silhouetten zu zählen.

[0208] Die Reihenfolge einer Sichtlinie variiert im Übrigen je nach Betrachter. Die Reihenfolge einer Sichtlinie ist unterschiedlich; zum Beispiel richtet eine Person zuerst eine Sichtlinie auf einen Fragesatz „Q“, der eine Aufgabe bzw. ein Problem ist, betrachtet eine Person eine Antwort „Ans“, betrachtet sie den Fragesatz „Q“ und betrachtet ein ganzes Diagramm eines Arrays, und betrachtet eine Person grob Silhouetteninformationen einer Antwort und betrachtet dann das Problem. Jedoch ist es bei der Auswertung der Aktivität im Gehirn wichtig, zu bewerten, ob der Fahrer 900, der zu jedem Zeitpunkt der Bewertung ein Subjekt ist, ein Such- und Fixationsverhalten zeigt, das zum Durchführen einer Überprüfung zur Informationserfassung notwendig ist, die für eine Antwort zu diesem Zeitpunkt erforderlich ist.

[0209] Die in **Fig. 20(b)** und (c) veranschaulichten Beobachtungsdaten werden als Beispiel erläutert. **Fig. 20(b)** veranschaulicht ein Augapfelverhalten zu dem Zeitpunkt, zu dem mit einem Problem in einem Zustand umgegangen wird, in dem eine Wachheitsstufe hoch ist. Auf der anderen Seite ist in **Fig. 20(c)** ein Beispiel einer Trajektorie eines Augapfelverhaltens in einem Zustand veranschaulicht, in dem die Fähigkeit, mit einem visuellen Problem umzugehen, abnimmt. Obwohl in **Fig. 20(c)** die Augen geöffnet sind, ist dies nicht ausreichend, um mit dem Problem fertig zu werden, und daher ist das Augapfelverhalten ein Beispiel, bei dem eine Tendenz zum sogenannten skeptischen Umherschauen bei einer Suche nach visuellen Informationen einschließlich einer Sakkade des Augapfels auffällig bzw. sichtbar ist. Dies wird durch eine einer Einzelperson zuzuschreibenden Tendenz beeinflusst, wie etwa die Perspektive einer Verhaltenscharakteristik und eines

dominierenden Auges sowie einer Änderung der Sehschärfe, die mit einem physischen Zustand an diesem Tag einhergeht. Daher ist es wünschenswert, eine Zustandsbestimmung unter Berücksichtigung individueller Charakteristiken zur Bestimmung der Wachheit durchzuführen. Es ist wünschenswert, eine Bestimmung unter Berücksichtigung von Charakteristiken bzw. Eigenschaften von einzelner Personen nach dem Identifizieren der Einzelpersonen durchzuführen.

[0210] Um beispielsweise zu überprüfen, ob das Bewusstsein des Fahrers 900 während des automatischen Fahrens kontinuierlich aufrechterhalten wird, ist es notwendig, eine periodische Überwachung durchzuführen. Um die Überwachung ohne übermäßige Belastung des Fahrers 900 durchzuführen, präsentiert das System beispielsweise ein Symbol, das eine gewisse Art von Denkontscheidung erfordert, dem Fahrer 900 und beobachtet das Augapfelverhalten. Wenn als Ergebnis der Beobachtung beobachtet wird, dass der Fahrer 900 einen Vorgang einer Gedankenprüfung mittels einer Sichtlinie erfolgreich durchführt, wird vermutet, dass der Fahrer 900 eine Denkaktivität im Gehirn vorzugsweise ausführt, um das Problem zu bewältigen, und nicht mit anderen sekundären Aufgaben beschäftigt bleibt. Das System kann eine Verarbeitung durchführen, um zu detektieren, dass die Sichtlinie des Fahrers 900 auf die präsentierten Informationen gerichtet ist, und zu bestimmen, dass die Erkennung als Reaktion auf eine weitere visuelle Erkennung der Detektion abgeschlossen ist. Falls der Fahrer manuell fährt, ist es, da eine Aufgabe der Umgebungsüberwachung eigentlich beim Fahren auftritt, erforderlich, die Überwachungsaufgabe zu beginnen, bevor er bei einer Übergabe tatsächlich angemessen lenkt. Obwohl es nicht immer erforderlich ist, visuelle Informationen eines Ziels mit der Anzeigeeinheits-Erzeugungseinheit 802 zu erzeugen, ist es daher durch Einbeziehung von Mitteln zum Durchführen einer Anzeige möglich, einen Zustand des Fahrers flexibler zu erfassen als auf einer monotonen Straße, die die Aufmerksamkeit des Fahrers nicht auf sich zieht.

[0211] Man beachte, dass es vorzuziehen ist, dass für den Fahrer 900 spezifische Lerndaten für eine Verarbeitung zur Bestimmung der Wachheitsstufe basierend auf dem Augapfelverhalten verwendet werden. Die Lerndaten werden in beispielsweise einer (nicht veranschaulichten) Lernvorrichtung erzeugt, die in dem Fahrzeugsteuerungssystem 100 oder einem externen Server enthalten ist. Beispielsweise erfasst die Lernvorrichtung Informationen über das Augapfelverhalten, die durch die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 analysiert werden, erfasst Informationen über den Wachheitsgrad des Fahrers 900, die durch die Bestimmungseinheit 320 basierend auf den Informationen über das Augapfelverhalten bestimmt werden, und erfasst ferner Informatio-

nen über das Lenken beim Fahren des Fahrers 900. Die Lernvorrichtung lernt dann basierend auf den erfassten Informationen eine korrekte Korrespondenzbeziehung zwischen dem Augapfelverhalten des Fahrers 900 und der Wachheitsstufe des Fahrers 900 zur Zeit des Augapfelverhaltens und speichert die gelernte Korrespondenzbeziehung in der Speichereinheit als Lerndaten. Die Lernvorrichtung kann eine Bestimmung der Art der Situationsanwendung durchführen, indem sie ein Lernen durchführt, das mit Eingabeeinflussfaktoren wie etwa einer Korrelation zwischen einem biologischen Signal des Fahrers 900 durch einen anderen (nicht veranschaulichten) biologischen Sensor und einen Nutzungszeitraum am Tag verbunden ist, und eine hohe Bestimmungs-genauigkeit erreicht.

[0212] Die Bestimmungseinheit 320 kann die Informationen über das Augapfelverhalten, die durch die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 analysiert werden, erfassen und eine Bestimmung des Wachheitsgrads mit höherer Genauigkeit unter Verwendung der Informationen über das Augapfelverhalten und der durch die Lernvorrichtung erzeugten Lerndaten ausführen. Man beachte, dass in der vorliegenden Ausführungsform, wenn es keine oder wenig Lerndaten gibt, die Bestimmungseinheit 320 die Bestimmung der Wachheitsstufe unter Verwendung von Korrespondenzdaten zwischen allgemeinen Augapfelverhaltensweisen und Wachheitsstufen (Durchschnittsdaten von Personen) ohne Verwendung der Lerndaten durchführen kann.

[0213] Wie oben erläutert wurde, erfasst die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 Augapfelverhaltensweisen wie etwa eine Sakkade (Drehung des Augapfels), eine Fixation und eine Mikrosakkade (winzige Drehung des Augapfels) des Augapfels, die Augapfelverhaltensweisen für den Fahrer 900 sind, um das Problem zu lösen. Die Lernvorrichtung erfasst wiederholt Verhaltenscharakteristiken entsprechend der Wachheitsstufe des Fahrers 900 und erstellt ein Wörterbuch, um kumulatives Lernen auszuführen und eine Bestimmung der Wachheitsstufe aus dem Augapfelverhalten durchzuführen. Dieses Wörterbuch wird verwendet, um einen Wachheitszustand des Fahrers zur Zeit einer Beobachtung aus erneut beobachteten Charakteristiken des Augapfelverhaltens zu schätzen.

[0214] Als Nächstes wird mit Verweis auf **Fig. 21** und **Fig. 22** ein Informationsverarbeitungsverfahren der Verarbeitung zur Bestimmung der Wachheitsstufe des Fahrers 900 beschrieben. **Fig. 21** und **Fig. 22** sind Flussdiagramme des Informationsverarbeitungsverfahrens der Verarbeitung zur Bestimmung der Wachheitsstufe für den Fahrer 900. In der folgenden Erläuterung wird die Verarbeitung in **Fig. 21** veranschaulichten Schritten nacheinander erläutert.

[0215] Zunächst erfasst das Fahrzeugsteuerungssystem 100 eine Bewegung des Gesichts des Fahrers 900 mittels der Gesichtsverfolgungseinheit (Driver Facial Tracker) 204. Basierend auf der erfassten Bewegung des Gesichts des Fahrers 900 bestimmt das Fahrzeugsteuerungssystem 100, ob der Fahrer auf dem Fahrersitz 602 sitzt oder zur Fahrhaltung zurückgekehrt ist (Schritt S61). Wenn der Fahrer 900 auf dem Fahrersitz 602 sitzt und zur Fahrhaltung zurückgekehrt ist (Schritt S61: Ja), geht das Fahrzeugsteuerungssystem 100 weiter zu Schritt S62. Wenn der Fahrer 900 nicht auf dem Fahrersitz 602 sitzt oder nicht zur Fahrhaltung zurückgekehrt ist (Schritt S61: Nein), kehrt das Fahrzeugsteuerungssystem 100 zu Schritt S61 zurück.

[0216] Das Fahrzeugsteuerungssystem 100 bestimmt, ob eine Verarbeitung zur Analyse des Augapfelverhaltens für den Fahrer 900 ausgeführt werden kann (Schritt S62). Wenn beispielsweise der Fahrer 900 nicht an einer bestimmten Position der Anzeigeeinheit 804 ist, kann der Fahrer 900 ein Problem nicht sehen, selbst wenn das Problem auf der Anzeigeeinheit 804 angezeigt wird. Wenn die Verarbeitung zur Analyse des Augapfelverhaltens ausgeführt werden kann (Schritt S62: Ja), geht das Fahrzeugsteuerungssystem 100 weiter zu Schritt S63. Wenn die Verarbeitung zur Analyse des Augapfelverhaltens nicht ausgeführt werden kann (Schritt S62: Nein), kehrt das Fahrzeugsteuerungssystem 100 zu Schritt S62 zurück.

[0217] Das Fahrzeugsteuerungssystem 100 erzeugt Anzeigeeinheiten, das heißt ein Problem, das dem Fahrer 900 angezeigt werden soll (Schritt S63). Anschließend zeigt das Fahrzeugsteuerungssystem 100 auf der Anzeigeeinheit 804 die Anzeigeeinheiten, das heißt das in Schritt S63 erzeugte Problem, an (Schritt S64). Danach analysiert das Fahrzeugsteuerungssystem 100 ein durch das im Schritt S64 angezeigte Problem induziertes Augapfelverhalten des Fahrers (Schritt S65). Anschließend führt das Fahrzeugsteuerungssystem 100 eine Verarbeitung zur Bestimmung der Wachheitsstufe basierend auf der Analyse des Augapfelverhaltens in Schritt S65 aus (Schritt S66).

[0218] Im oben erläuterten Schritt S64 bewegt, wenn das durch die Anzeigeeinheiten-Erzeugungseinheit 802 erzeugte Problem auf der Anzeigeeinheit 804 angezeigt wird, der Fahrer 900 die Sichtlinie zu dem Problem, um eine Antwort auf das Problem zu erlangen. Um eine Antwort auf das Problem zu erlangen, zeigt der Fahrer 900 ein Augapfelverhalten, um die notwendigen Informationen zu ergänzen. Beispielsweise führt der Fahrer 900 ein Augapfelverhalten wie etwa eine Sakkade (Drehung des Augapfels), eine Fixation oder eine Mikrosakkade (winzige Drehung des Augapfels) des Augapfels durch. Die Augapfelverhalten-Analyseeinheit

300 analysiert die Augapfelverhaltensweisen des Fahrers 900. Ferner werden durch die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 analysierte Informationen über das Augapfelverhalten an die Bestimmungseinheit 320 ausgegeben. Die Bestimmungseinheit 320 bestimmt eine Wachheitsstufe des Fahrers 900 basierend auf den durch die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 analysierten Informationen über das Augapfelverhalten. Wenn bestätigt wird, dass der Fahrer 900 die Augapfelverhaltensweisen wie etwa eine Drehung des Augapfels, eine Fixation und eine Mikrosakkade (winzige Drehung des Augapfels) ausführt, um das Problem zu lösen, bestimmt die Bestimmungseinheit 320, dass die Wachheitsstufe des Fahrers 900 hoch ist. Wenn auf der anderen Seite diese Augapfelverhaltensweisen nicht beobachtet werden oder gering sind, bestimmt die Bestimmungseinheit 320, dass die Wachheitsstufe des Fahrers 900 niedrig ist.

[0219] Als Nächstes werden Details der Verarbeitung in Schritt S65, der oben erläutert wurde, mit Verweis auf **Fig. 22** erläutert.

[0220] Zunächst erfasst die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 Beobachtungsdaten eines Augapfelverhaltens des Fahrers 900 nach der Problemanzeige (Schritt S71). Beispielsweise erfasst die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 Beschleunigungsdaten einer Bewegung des Augapfels des Fahrers 900, die durch die Augapfelverfolgungseinheit (Driver Eye Tracker) 206 detektiert werden.

[0221] Anschließend erfasst die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 Informationen über das Augapfelverhalten wie etwa eine Sakkade (Drehung des Augapfels), eine Fixation und eine Mikrosakkade (winzige Drehung des Augapfels) des Augapfels aus den in Schritt S71 erfassten Beobachtungsdaten (Schritt S72). Wie oben erläutert wurde, führt, wenn das Problem auf der Anzeigeeinheit 804 angezeigt wird, der Fahrer 900 ein Augapfelverhalten zum Erfassen von zum Lösen des Problems notwendigen Informationen durch. Beispielsweise führt der Fahrer 900 ein Augapfelverhalten wie etwa eine Sakkade (Drehung des Augapfels), eine Fixation oder eine Mikrosakkade (winzige Drehung des Augapfels) des Augapfels durch. Die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300 extrahiert Informationen betreffend die Augapfelverhaltensweisen des Fahrers 900 aus den Beobachtungsdaten.

[0222] Anschließend bestimmt die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300, ob für eine Bestimmung einer Wachheitsstufe ausreichende Beobachtungsdaten erfolgreich erfasst wurden (Schritt S73). Konkret bestimmt die Augapfelverhalten-Analyseeinheit 300, ob die Informationen über das Augapfelverhalten wie etwa eine Sakkade (Drehung des Augapfels), eine Fixation und eine Mikrosakkade (winzige Dre-

hung des Augapfels) des Augapfels, die aus den Beobachtungsdaten des Fahrers 900 extrahiert wurden, ausreichende Daten sind, um zu bestimmen, ob es sich bei den Daten um Daten handelt, die einer Verarbeitung zur Problemlösung entsprechen. Wenn bestimmt wird, dass die Daten ausreichen (Schritt S73: Ja), geht das Fahrzeugsteuerungssystem 100 weiter zu Schritt S74. Wenn bestimmt wird, dass die Daten nicht ausreichen (Schritt S73: Nein), kehrt das Fahrzeugsteuerungssystem 100 zu Schritt S72 zurück.

[0223] Die Bestimmungseinheit 320 bestimmt eine Wachheitsstufe des Fahrers 900 basierend auf einem Analyseergebnis der Beobachtungsdaten des Augapfelverhaltens des Fahrers nach der Problempräsentation (Schritt S74). Konkret analysiert die Bestimmungseinheit 320, ob der Fahrer 900 Augapfelverhaltensweisen wie etwa eine Sakkade (Drehung des Augapfels), eine Fixation und eine Mikrosakkade (winzige Drehung des Augapfels) des Augapfels ausführt, um das Problem zu lösen. Wenn bestimmt wird, dass das Augapfelverhalten des Fahrers 900 einem einer Sakkade (Drehung des Augapfels), einer Fixation oder einer Mikrosakkade (winzige Drehung des Augapfels) äquivalenten Augapfelverhalten zum Lösen des Problems entspricht, bestimmt die Bestimmungseinheit 320, dass die Wachheitsstufe des Fahrers 900 hoch ist. Wenn auf der anderen Seite diese Augapfelverhaltensweisen nicht beobachtet werden oder gering sind, bestimmt die Bestimmungseinheit 320, dass der Wachheitsgrad des Fahrers 900 niedrig ist. Man beachte, dass in diesem Beispiel ein Beispiel erläutert wird, bei dem ein Bestimmungsergebnis durch Bestimmung von 0 oder 1 gewonnen wird. Jedoch ist es schwierig, eine zuverlässige Bestimmung der Wachheit von 100% und eine unsichere Bestimmung von 0% im tatsächlichen Betrieb zu unterscheiden. Die Bestimmung der Wachheit kann zusammen mit einem Parameter ausgegeben werden, der einen festen Grad an Sicherheit angibt, und eine Funktion kann entsprechend der Angemessenheit einer Übergabeprozedur schrittweise übergeben werden.

[0224] Wie oben erläutert wurde, präsentiert das erläuterte Informationsverarbeitungsverfahren dem Fahrer 900 ein visuelles Problem, bevor der Fahrer 900 zum manuellen Fahren zurückkehrt, und analysiert das Augapfelverhalten des Fahrers 900, das beim Lösen des Problems auftritt. In dem oben erläuterten Informationsverarbeitungsverfahren wird ein uneinheitliches Problem erzeugt und präsentiert, wobei man erwartet, dass das Problem ein spezifisches Augapfelverhalten wie etwa eine Sakkade (Drehung des Augapfels), eine Fixation oder eine Mikrosakkade (winzige Drehung des Augapfels) zum Lösen des Problems als das Augapfelverhalten des Fahrers 900 induziert. Wenn der Fahrer 900 mit dem Problem umgeht, wird ein tatsächlich auftreten-

des Augapfelverhalten beobachtet, wird das beobachtete Augapfelverhalten analysiert und wird basierend auf Charakteristiken des Wörterbuchs zum Lernen für den Fahrer 900 eine innere Wachheitsstufe des Fahrers 900 zum Zeitpunkt der Beobachtung geschätzt. Ferner wird basierend auf einem Schätzergebnis bestimmt, ob sich das Gehirn des Fahrers 900 in einem Zustand ausreichender innerer Wachheit befindet, um die Rückkehr zum manuellen Fahren beginnen zu können. Wenn aus der Analyse dieser Augapfelverhaltensweisen bestimmt wird, dass der Fahrer 900 zu einer ausreichenden Wachheit zurückgekehrt ist, wird konkret bestimmt, dass der Fahrer 900 einen hohen Wachheitsgrad aufweist, bei dem das manuelle Fahren möglich ist, und wird der Beginn des manuellen Fahrens zugelassen. Wenn auf der anderen Seite bestimmt wird, dass die Augapfelverhaltensweisen nicht ausreichend aufgetreten sind, wird bestimmt, dass der Fahrer 900 keine hohe Wachheitsstufe hat, bei der das manuelle Fahren möglich ist, und wird der Beginn des manuellen Fahrens nicht zugelassen. In diesem Fall wird eine Verarbeitung zur Notfall-Evakuierung wie etwa das Stoppen bzw. Anhalten vor einem Eintritt in den Abschnitt für manuelles Fahren durchgeführt.

[0225] Ein Prozess von einer Überprüfung visueller Informationen für ein aktuelles Problem bis zu einer Lösung des Problems unterscheidet sich manchmal aufgrund des Einflusses verschiedener Faktoren wie etwa eines Zustands des Fahrers 900 zu jedem Zeitpunkt, einer Situation einer wiederholten Implementierung desselben Problems, einer Aktionscharakteristik zum Überprüfen einer Frage nach Betrachten von Antwortmöglichkeiten, eines Ermüdungsgrads, eines Sehvermögens und eines Ermüdungsgrads des Sehvermögens zu dieser Zeit, einer Störung durch externes Licht und Angst. Um die Bestimmung sehr genau durchzuführen, ist es daher vorzuziehen, für den Fahrer 900 spezifische Wörterbuchdaten für eine Rückkehrvorhersage zu verwenden, die mittels einer Lernverarbeitung für die Rückkehrqualität (normale Rückkehr, verzögerte Rückkehr, Aufgabe einer Rückkehr und Handhabung eines Systemnotfalls) und dergleichen zum Zeitpunkt einer Übernahmeausführung erzeugt werden, die jedes Mal bei langfristiger wiederholter Nutzung auftreten. Wie wiederholt erläutert wurde, ist es ferner vorzuziehen, eine Vorhersage einer normalen Rückkehr basierend auf einem Analyseergebnis von Verhaltenscharakteristiken des Augapfels unter Verwendung der für den Fahrer 900 spezifischen Wörterbuchdaten zur Vorhersage einer Rückkehr auszuführen. Gemäß diesen Arten einer Verarbeitung ist es möglich, ein sicheres manuelles Fahren zu beginnen.

[0226] Obwohl oben nur die Analyse des Augapfelverhaltens erläutert wird, ist es vorzuziehen, dass die Daten, die für die Bestimmungsverarbeitung diesbe-

züglich, ob der Fahrer 900 ein sicheres manuelles Fahren beginnen kann, verwendet werden und die in die Lernvorrichtung eingegebenen Daten vom eigenen Fahrzeug erhaltene Informationen über Zustand und Vorgeschichte Straßenumgebungsinformationen und ein biometrisches Signal des Fahrers umfassen.

[0227] Man beachte, dass die vorliegende Ausführungsform für den Fall erläutert wird, in dem basierend auf dem Augapfelverhalten des Fahrers 900 der mobilen Vorrichtung, die imstande ist, das automatische Fahren und das manuelle Fahren umzuschalten, bestimmt wird, ob der Fahrer 900 die Wachheitsstufe hat, bei der der Fahrer 900 zum normalen Fahren zurückkehren kann. Jedoch besteht die Analyse des Augapfelverhaltens darin, eine Hirnaktivität einer Person unter Verwendung von Beobachtungsdaten zu analysieren, die extern beobachtet werden können. Daher sind verschiedene andere Nutzungen als eine Bestimmung des Zustands des Fahrers 900 zum Zeitpunkt eines Wechsels vom automatischen Fahren zum manuellen Fahren möglich. Ferner ist das oben erläuterte Augapfelverhalten-Analyseverfahren ein Verfahren zum Beobachten eines Korrelationsergebnisses mit gespeicherten Informationen für ein Problem. Daher sind verschiedene Nutzungen möglich, indem eine Reaktion auf ein präsentiertes Problem beobachtet und bestimmt wird. Falls ein der Person präsentiertes Problem mit dem Gedächtnis der Person abgeglichen werden muss, spiegelt ein Prozess, um eine Antwort auf das Problem zu erhalten, einen Zustand und die mentale Verfassung der Person wider. Beispielsweise kann daher das Problem auch auf eine Wahr/Falsch-Bestimmung eines Befragten angewendet werden, wenn ein Berichtsproblem wie etwa ein Bericht über Alkoholkonsum oder ein Bericht über eine Überarbeitung präsentiert bzw. vorgelegt wird.

[0228] Ferner muss die oben erläuterte Problempräsentation nicht auf den Betrieb des Fahrzeugs 600 beschränkt sein. Beispielsweise kann die Problempräsentation erweitert und in einer Vielzahl von Ereignissen und Berufen wie etwa beim Betrieb eines Flugzeugs, Betrieb eines Zugs, Betrieb eines Krans, einem Fluglotsen und einem Fern-Kontrolleur für automatisches Fahren und darüber hinaus eine Wahr/Falsch-Wahrnehmung und dergleichen über eine psychologische Analyse zum Zeitpunkt der Selbstauskunft verwendet werden. Man beachte, dass der Superior Temporalis Sulcus des Temporal-lappens aktiv ist, wenn die Person visuelle Informationen auswählt, die zum Lösen eines gewissen Problems notwendig sind, der Interparietal Sulcus aktiv ist, wenn die Person aufmerksam ist, und das frontale Augenfeld aktiv ist, wenn die Person die Augen bewegt. Der auf der Innenseite des Temporal-lappens befindliche Hippocampus dient dazu, Erin-

nerungen abzurufen. Es ist auch bekannt, dass sich das Augapfelverhalten ändert, wenn eine Unterdrückung einer Stimulationsreflexion aufgrund einer Modulation eines sogenannten wechselseitigen Gleichgewichts zwischen einem Sympathikus-Nerv und einem Parasympathikus-Nerv wie etwa eine autonome Ataxie auftritt. Daher kann die oben erläuterte Verarbeitung zur Analyse des Augapfelverhaltens auch als Verifizierungs- und Überwachungsverarbeitung für die mentale Gesundheit einer Person wie etwa des Fahrers 900 genutzt werden. Konkret ist es beispielsweise möglich, einen sicheren Betrieb zu ermöglichen, indem die Verarbeitung zur Analyse des Augapfelverhaltens zum Erfassen eines Zustands und Betreuen der Gesundheit des Fahrers 900 eines gewerblichen Fahrzeugs wie etwa eines Busses oder eines Taxis genutzt wird.

«11. Zusammenfassung»

[0229] Wie oben erläutert wurde, ist es gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung, wenn ein Augapfelverhalten des Fahrers 900 unter Verwendung des EVS 400 beobachtet wird, möglich, die Beobachtung des Augapfelverhaltens zu optimieren, indem ein Schwellenwert eingestellt wird, der eine Frequenz der Ereignisdetektion des EVS 400 definieren kann. In der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung kann eine Beleuchtungsvorrichtung, die den Fahrer 900 beleuchtet, eingestellt werden. Folglich ist es gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung möglich, eine Ereignisdetektion mit einer optimalen Frequenz durchzuführen, um eine zu beobachtende Änderung genau zu erfassen, während eine Zunahme der Datenmenge für eine Beobachtung eines Augapfelverhaltens wie etwa einer Sakkade, einer Mikrosakkade und einer Drift, eine Detektion, eine Detektion von Blinzeln, eine Änderung des Gesichtsausdrucks und dergleichen unterdrückt wird.

[0230] Insbesondere wird in der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung, wenn ein Sakkadenverhalten, ein Mikrosakkadenverhalten und dergleichen unter Verwendung des EVS 400 beobachtet werden, der Schwellenwert der Ereignisdetektion des EVS 400 zu einem Zeitpunkt eingestellt, zu dem die Beobachtung des Augapfelverhaltens notwendig ist. Auf diese Weise ist es möglich, das Sakkadenverhalten und das Mikrosakkadenverhalten effizient und sicher zu erfassen, während eine Zunahme der Datenmenge unterdrückt und die Last der arithmetischen Verarbeitung und Übertragung reduziert wird. In der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung wird, wenn ein Sakkadenverhalten eines Augapfels unter Verwendung des EVS 400 beobachtet wird, Licht mit einer schmalbandigen Wellenlänge auf das Gesicht des Fahrers 900 unter Ausnutzung eines Filters geleuchtet, der Licht mit der schmalbandigen Wellenlänge zu dem Zeitpunkt

selektiv durchlässt, zu dem eine Beobachtung des Augapfelverhaltens notwendig ist. Da ein Begrenzungsschatten zwischen der Iris und der Pupille des Augapfels sichtbar gemacht werden kann, kann folglich das Sakkadenverhalten selektiv und effizient genau beobachtet werden.

[0231] Man beachte, dass in der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung das Automobil als Beispiel erläutert wird. Jedoch ist die vorliegende Ausführungsform nicht darauf beschränkt, für ein Automobil verwendet zu werden, und kann für mobile Körper wie etwa ein Automobil, ein Elektroautomobil, ein Hybrid-Elektroautomobil, ein Motorrad, persönliche Mobilität, ein Flugzeug, ein Schiff, eine Baumaschine und eine landwirtschaftliche Maschine (einen Traktor) verwendet werden. Da ein Augapfelverhalten kein bewusstes Verhalten einer Person ist, sondern eine reflektierende Bewegung zu visuellen Informationen und die reflektierende Bewegung absichtlich korrigiert werden, zeigt sich im Verhalten ein verzögertes Verhalten bis zur Korrektur. Ferner kann die Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung auch auf Fernlenkoperationen verschiedener beweglicher Körper und dergleichen angewendet werden.

«12. Hardware-Konfiguration»

[0232] Die gesamte Einheit 112 zur Steuerung des automatischen Fahrens gemäß den oben erläuterten Ausführungsformen oder ein Teil von ihr wird realisiert durch beispielsweise einen Computer 1000 mit einer Konfiguration, wie in **Fig. 23** veranschaulicht. **Fig. 23** ist ein Diagramm einer Hardware-Konfiguration, das ein Beispiel des Computers 1000 veranschaulicht, der zumindest einen Teil der Funktionen der Einheit 112 zur Steuerung des automatischen Fahrens realisiert. Der Computer 100 enthält eine CPU 1100, einen RAM 1200, einen ROM (Nurlese-speicher) 1300, ein HDD (Festplattenlaufwerk) 1400, eine Kommunikationsschnittstelle 1500 und eine Eingabe/Ausgabe-Schnittstelle 1600. Die Einheiten des Computers 1000 sind durch einen Bus 1050 verbunden.

[0233] Die CPU 1100 arbeitet basierend auf in dem ROM 1300 oder dem HDD 1400 gespeicherten Programmen und steuert die Einheiten. Beispielsweise entwickelt die CPU 1100 die in dem ROM 1300 oder dem HDD 1400 gespeicherten Programme im R_AM 1200 und führt eine verschiedenen Programmen entsprechende Verarbeitung aus.

[0234] Der ROM 1300 speichert ein Boot-Programm wie etwa ein BIOS (Basic Input Output System), das von der CPU 1100 zum Startzeitpunkt des Computers 1000 ausgeführt wird, ein Programm, das von der Hardware des Computers 1000 abhängt, und dergleichen.

[0235] Das HDD 1400 ist ein computerlesbares Aufzeichnungsmedium, das ein durch die CPU 1100 auszuführendes Programm, von solch einem Programm zu verwendende Daten und dergleichen nicht-transient aufzeichnet. Konkret ist das HDD 1400 ein Aufzeichnungsmedium, das ein Informationsverarbeitungsprogramm gemäß der vorliegenden Offenbarung aufzeichnet, das ein Beispiel für Programmdateien 1450 ist.

[0236] Die Kommunikationsschnittstelle 1500 ist eine Schnittstelle für den Computer 1000, der mit einem externen Netzwerk 1550 (zum Beispiel dem Internet) verbunden werden soll. Beispielsweise empfängt die CPU 1100 Daten von anderen Geräten und überträgt von der CPU 1100 erzeugte Daten über die Kommunikationsschnittstelle 1500 zu den anderen Geräten.

[0237] Die Eingabe/Ausgabe-Schnittstelle 1600 ist eine Schnittstelle, um eine Eingabe/Ausgabe-Vorrichtung 1650 und den Computer 1000 zu verbinden. Beispielsweise empfängt die CPU 1100 über die Eingabe/Ausgabe-Schnittstelle 1600 Daten von einer Eingabe/Ausgabe-Vorrichtung 1650 wie etwa einer Tastatur, einer Maus oder einem Mikrofon. Die CPU 1100 überträgt über die Eingabe/Ausgabe-Schnittstelle 1600 Daten an eine Ausgabevorrichtung wie etwa eine Anzeige, einen Lautsprecher oder einen Drucker. Die Eingabe/Ausgabe-Schnittstelle 1600 kann als Medienschnittstelle fungieren, die ein in einem vorbestimmten Aufzeichnungsmedium (einem Medium) aufgezeichnetes ein Programm oder dergleichen liest. Das Medium ist beispielsweise ein optisches Aufzeichnungsmedium wie etwa eine DVD (Digital Versatile Disc) oder eine PD (Phase change rewritable Disk; mittels Phasenänderung wiederbeschreibbare Disk), ein magneto-optisches Aufzeichnungsmedium wie etwa eine MO (Magneto-Optical disk), ein Bandmedium, ein magnetisches Aufzeichnungsmedium oder ein Halbleiterspeicher.

[0238] Wenn beispielsweise der Computer 1000 als zumindest Teil der Einheit 112 zur Steuerung des automatischen Fahrens gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung fungiert, realisiert die CPU 1100 des Computers 1000 die Funktionen der Sensor-Steuerungseinheit 330 und der Beleuchtungs-Steuerungseinheit 332 durch Ausführen eines im R_AM 1200 gespeicherten Programms. Ein Informationsverarbeitungsprogramm und dergleichen gemäß der vorliegenden Offenbarung sind im HDD 1400 gespeichert. Man beachte, dass die CPU 1100 die Programmdateien 1450 vom HDD 1400 liest und die Programmdateien ausführt. Als weiteres Beispiel kann jedoch die CPU 1100 diese Programme von einer anderen Vorrichtung über das externe Netzwerk 1550 beziehen.

[0239] Die Sensor-Steuerungseinheit 330, die Beleuchtungs-Steuerungseinheit 332 und dergleichen gemäß der vorliegenden Ausführungsform können für ein System verwendet werden, das eine Vielzahl von Vorrichtungen enthält, die auf einer Verbindung mit einem Netzwerk (oder einer Kommunikation zwischen Vorrichtungen) wie etwa Cloud-Computing basieren. Das heißt, die Informationsverarbeitungseinrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform, die oben erläutert wurde, kann ebenfalls durch eine Vielzahl von Vorrichtungen als beispielsweise Informationsverarbeitungssystem gemäß der vorliegenden Ausführungsform realisiert werden. Ein Beispiel einer Hardware-Konfiguration von zumindest einem Teil der Einheit 112 zur Steuerung des automatischen Fahrens ist oben erläutert. Die oben erläuterten Komponenten können unter Verwendung von Mehrzweckbauteilen konfiguriert sein oder können durch eine für die Funktionen der Komponenten spezialisierte Hardware konfiguriert sein. Solch eine Konfiguration kann je nach technischem Niveau zu jeder Zeit der Implementierung geeignet geändert werden.

«13. Ergänzung»

[0240] Man beachte, dass die Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung, die oben erläutert wurde, beispielsweise ein Informationsverarbeitungsverfahren, das von der Informationsverarbeitungseinrichtung oder dem Informationsverarbeitungssystem, die oben erläutert wurden, ausgeführt wird, ein Programm, um die Informationsverarbeitungseinrichtung arbeiten zu lassen, und ein nicht-transitorisches materielles Medium umfassen kann, in dem das Programm aufgezeichnet ist. Das Programm kann über eine Kommunikationsleitung (einschließlich einer drahtlosen Kommunikation) wie etwa das Internet verteilt werden.

[0241] Die Schritte im Informationsverarbeitungsverfahren in der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung, die oben erläutert wurde, müssen nicht gemäß der beschriebenen Reihenfolge abgeleitet werden. Beispielsweise können die Schritte mit einer gegebenenfalls geänderten Reihenfolge abgearbeitet werden. Die Schritte können teilweise parallel oder einzeln abgearbeitet werden, statt sie in einer zeitlichen Abfolge abzuarbeiten. Ferner muss die Verarbeitung der Schritte nicht immer unbedingt gemäß dem beschriebenen Verfahren abgearbeitet werden und kann durch beispielsweise eine andere Funktionseinheit gemäß einem anderen Verfahren abgearbeitet werden.

[0242] Beim Erläutern der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung werden Details basierend auf den von der SAE definierten Stufen für automatisches Fahren erläutert. Jedoch ist das Konzept, bei dem die Nutzung des automatischen Fahrens mit

den Stufen für automatisches Fahren klassifiziert wird, die unter dem Konstruktionsstandpunkt des Fahrzeugs 600 segmentierte Klassifikation. Auf der anderen Seite ist es, vom Nutzerstandpunkt aus betrachtet, für den Fahrer 900 nicht immer einfach, entsprechend den Stufen für automatisches Fahren des Fahrzeugs 600 zu fahren, nachdem er gemäß den verfügbaren Stufen für automatisches Fahren die zugelassenen Stufen für automatisches Fahren in einem Betriebsauslegungsbereich, in dem der Betrieb in den Stufen zulässig ist, richtig verstanden und erfasst hat. Das heißt, darauf kann als maschinenzentriertes Design zum Nutzen des Fahrzeugs 600 gemäß einer Funktion und einer Anweisung einer Maschine verwiesen werden. Das heißt, in einer Situation, in der sich eine Situation, die das Fahrzeugsystem bewältigen kann, mit der Zeit aufgrund verschiedener externer Faktoren und interner Faktoren dynamisch ändert und die Stufen für automatisches Fahren zum Zeitpunkt einer Fahrt allein aus einem Straßenabschnitt oder dergleichen nicht eindeutig physikalisch bestimmt werden, kann man davon ausgehen, dass der Fahrer 900 einer Stufe untergeordnet folgen muss, die durch eine Straßensituation erlaubt ist, in der das Fahrzeugsteuersystem 100 jedes Mal voranschreitet. Wenn man andererseits die Beziehung zwischen dem Fahrer 900 und dem Fahrzeugsteuersystem 100 von einem ergonomischen Standpunkt aus betrachtet, führt, um den Zweck der Nutzung des Fahrzeugs 600, das heißt eine Bewegung, zu erreichen und um sekundäre, während der Bewegung erlangte Vorteile zu erlangen, der Nutzer eine Aktionsbestimmung durch, die ein Gleichgewicht zwischen einer Belastung durch das Fahren und verschiedenen, mit dem Fahren verbundenen Risiken berücksichtigt. Die Belastung bezieht sich hier auf die Lenkarbeit des Fahrzeugs 600 für eine Bewegung und das ständige Risiko, das das Fahrzeug 600 bei der Bewegung eingeht. Ursprünglich besteht ein Vorteil des automatischen Fahrens, vom Standpunkt des Fahrers 900 aus betrachtet, darin, dass er von der Einschränkung des Fahrens befreit ist und die Nutzung einer signifikanten Zeit ohne Bezug zum Fahren und einen dem Fahren nicht unterworfenen Nutzer ermöglicht. Um in den Genuss solch eines Vorteils zu gelangen, wird es als notwendig erachtet, eine Idee, die die Steuerung des automatischen Fahrens unterstützt, in eine Idee eines menschenzentrierten Designs (Human Centered Design) umzuwandeln, die erhalten wird, indem die Beziehung der herkömmlichen Idee des maschinenzentrierten Designs (Machine Centered Design) umgekehrt wird. Wenn die Beziehung zwischen dem Fahrzeugsteuersystem 100 des Fahrzeugs 600 und dem Fahrer 900, bei dem es sich um den Nutzer handelt, basierend auf dem Gesichtspunkt solch einer Idee neu betrachtet bzw. überarbeitet wird, wird davon ausgegangen, dass eine Nutzung des automatischen Fahrens, um tatsächliche verschiedene Funktionen des

automatischen Fahrens entsprechend der Wachheit und einer Situation der physischen Vorbereitung zu ermöglichen, die gemäß den Stufen für automatisches Fahren gehandhabt werden kann, die als der „Betriebsauslegungsbereich“ als Design des Fahrzeugs 600 durch den Fahrer 900 genutzt werden können, im Hinblick auf die Ergonomie eine wünschenswerte Form der Nutzung ist.

[0243] Der Mensch wählt seine Aktion bzw. Tätigkeit aus, während er die auswählbaren Vorteile und Verluste und Risiken, die mit den Vorteilen verbunden sind, abwägt, und lernt ferner die Aktion. Durch Einführen der Steuerung basierend auf dem menschenzentrierten Design führt der Fahrer 900 ein Handlungslernen durch, um sich angemessen auf eine Rückkehr, entsprechend einer Obergrenze der Lenkumgebung beim automatischen Fahren, die auf den Straßen erlaubt ist, des Fahrers 900 vorbereiten zu können. Ferner ist es dem Fahrer 900, der ein solches Handlungslernen erfolgreich durchlaufen hat, erlaubt, die Stufe 4 für automatisches Fahren oder die höhere Stufe zu verlassen, das heißt die Lenkarbeit durch fortgeschrittenes automatisches Fahren zu verlassen, das einen Nutzen aus einer Durchführung der NDRA oder dergleichen ziehen kann. Wenn auf der anderen Seite ein Zustand, der eine erwartete angemessene Rückkehr des Fahrers 900 angibt, nicht beobachtet werden kann oder die Rückkehrqualität basierend auf einem Beobachtungszustand des Fahrers 900 in Bezug auf eine Vorgeschichte der Reaktion für eine Rückkehr oder Lerndaten des Fahrers 900 in der Vergangenheit schlechter ist, kann die Nutzung in der Stufe 4 für automatisches Fahren oder dergleichen, bei der der Fahrer 900 die Lenkarbeit beim Fahren sogar im „Design- bzw. Auslegungsbereich“ verlassen kann, verboten werden oder kann die Nutzung in der Stufe 3 für automatisches Fahren auf eine kurze Zeit beschränkt werden, um die Nutzung des automatischen Fahrens stark zu begrenzen.

[0244] Das heißt, die Steuerung beim automatischen Fahren, um eine Nutzung des automatischen Fahrens basierend auf der Anpassungsfähigkeit eines Menschen zu gestatten, statt eine Stufe für automatisches Fahren zu gestatten, die als „Betriebsauslegungsbereich“ nach den Leistungsstandards der in das Fahrzeug 600 geladenen Sensorausrüstung und einer Bestimmungsverarbeitung bestimmt wird, ist eine nutzerfreundliche Form der Nutzung des Fahrzeugs 600. Das heißt, durch Umwandeln einer Steuerungsidee des Systems zum automatischen Fahren des Fahrzeugs 600 von einem sogenannten maschinenzentrierten Design in ein menschenzentriertes Design, ist es möglich, eine nutzerfreundliche Form der Nutzung mit der Steuerung beim automatischen Fahren bereitzustellen. In der Erläuterung der vorliegenden Offenbarung wird die anwendungsbezogene Steuerung, die das

Zustandsbeobachtungsmittel des Fahrers 900 nutzt, basierend auf dem früheren maschinenzentrierten Design erläutert. Auch wenn das maschinenzentrierte Design durch das menschenzentrierte Design ersetzt wird, tritt jedoch ähnlich eine Umschaltaktion (eine Übernahmeaktion) vom automatischen Fahren zum manuellen Fahren des Fahrers 900 auf. Daher ist es möglich, die anwendungsbezogene Steuerung unter Verwendung der Zustandsbeobachtungsmittel des Fahrers 900, die oben erläutert wurden, zu implementieren.

[0245] Die bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung wird oben mit Verweis auf die beiliegenden Zeichnungen im Detail erläutert. Jedoch ist der technische Umfang der vorliegenden Offenbarung nicht auf solch ein Beispiel beschränkt. Es ist offensichtlich, dass der Fachmann zu verschiedenen Änderungen oder Korrekturen innerhalb der Kategorie der in den Ansprüchen beschriebenen technischen Idee gelangen kann. Es versteht sich, dass diese Änderungen und Korrekturen natürlich zum technischen Umfang der vorliegenden Offenbarung gehören. Obgleich die Ausführungsform basierend auf einem Sensor mit einer einzigen Funktion eines Ereignis-Vision-Sensors erläutert ist, kann die Funktion durch einen Hybrid-Sensor mit einer Funktion vom RGB-Typ für normales sichtbares Licht oder IR-Typ für Infrarot, um ein Graustufenbild gleichzeitig mit einer Ereignis-Detektion aufzunehmen, realisiert werden. Die Effektivität der vorliegenden Ausführungsform ist nicht auf einen für den Ereignis-Vision-Sensor zweckbestimmten Sensor beschränkt.

[0246] Die in der vorliegenden Beschreibung beschriebenen Effekte sind nur erläuternd oder veranschaulichend und nicht einschränkend. Das heißt, die Technik gemäß der vorliegenden Offenbarung kann andere Effekte, die für den Fachmann aus der Beschreibung der vorliegenden Beschreibung ersichtlich sind, zusammen mit oder anstelle der oben beschriebenen Effekte erzielen.

[0247] Man beachte, dass die vorliegende Technik auch die folgenden Konfigurationen annehmen kann.

(1) Eine Informationsverarbeitungseinrichtung, aufweisend:

einen Ereignis-Vision-Sensor, der ein Inneres eines mobilen Körpers abbildet; und

eine Sensor-Steuerungseinheit, die den Ereignis-Vision-Sensor steuert, wobei

der Ereignis-Vision-Sensor umfasst:

eine Pixel-Arrayeinheit, die eine Vielzahl von Pixeln enthält, die in einer Matrix in einem Array angeordnet sind; und

eine Ereignis-Detektionseinheit, die detektiert, dass ein Luminanz-Änderungsbetrag aufgrund

von einfallendem Licht einen vorbestimmten Schwellenwert in den Pixeln überschritten hat, und

die Sensor-Steuerungseinheit einen Wert des vorbestimmten Schwellenwerts ändert, wenn mit dem Ereignis-Vision-Sensor ein Augapfelverhalten eines Fahrers erfasst wird, der auf einem Fahrersitz des mobilen Körpers sitzt.

(2) Die Informationsverarbeitungseinrichtung gemäß (1), wobei das Augapfelverhalten eine Sakkade, eine Fixation und/oder eine Mikrosakkade eines Augapfels umfasst.

(3) Die Informationsverarbeitungseinrichtung gemäß (1) oder (2), wobei die Sensor-Steuerungseinheit den vorbestimmten Schwellenwert entsprechend den Pixeln gemäß einer Position in der Pixel-Arrayeinheit ändert.

(4) Die Informationsverarbeitungseinrichtung gemäß (3), wobei die Sensor-Steuerungseinheit einen vorbestimmten Bereich in der Pixel-Arrayeinheit gemäß einer Position eines Gesichts oder eines Augapfels des Fahrers festlegt und den vorbestimmten Schwellenwert entsprechend den Pixeln im vorbestimmten Bereich ändert.

(5) Die Informationsverarbeitungseinrichtung gemäß einem von (1) bis (4), ferner aufweisend eine Augapfelverhalten-Analyseeinheit, die durch den Ereignis-Vision-Sensor beobachtete Daten analysiert.

(6) Die Informationsverarbeitungseinrichtung gemäß (5), wobei die Augapfelverhalten-Analyseeinheit eine Art des Augapfelverhaltens basierend auf einer Form einer Punktverteilung unterscheidet, die durch den Ereignis-Vision-Sensor beobachtet wird.

(7) Die Informationsverarbeitungseinrichtung gemäß (6), wobei die Augapfelverhalten-Analyseeinheit analysiert, dass eine Mikrosakkade aufgetreten ist, wenn das Auftreten einer Punktverteilung mit einer Sichelform detektiert wird.

(8) Die Informationsverarbeitungseinrichtung gemäß einem von (5) bis (7), wobei bei Sensor-Steuerungseinheit den vorbestimmten Schwellenwert basierend auf einem Analyseergebnis der Augapfelverhalten-Analyseeinheit ändert.

(9) Die Informationsverarbeitungseinrichtung gemäß einem von (5) bis (8), ferner aufweisend eine Bestrahlungseinheit, die ein Gesicht des Fahrers mit Licht mit einer vorbestimmten Wellenlänge bestrahlt, wenn die Informationsverarbeitungseinrichtung mit dem Ereignis-Vision-Sensor ein Augapfelverhalten des Fahrers erfasst.

(10) Die Informationsverarbeitungseinrichtung gemäß (9), wobei die Bestrahlungseinheit einen Filter enthält, der Licht mit einer Wellenlänge von 940 nm oder größer und 960 nm oder geringer durchlässt.

(11) Die Informationsverarbeitungseinrichtung gemäß (9) oder (10), ferner aufweisend eine Bestrahlungs-Steuerungseinheit, die eine Intensität, eine Bestrahlungszeit oder ein Bestrahlungsintervall des Lichts von der Bestrahlungseinheit steuert.

(12) Die Informationsverarbeitungseinrichtung gemäß (11), wobei die Bestrahlungs-Steuerungseinheit eine Steuerung basierend auf einem Analyseergebnis der Augapfelverhalten-Analyseeinheit durchführt.

(13) Die Informationsverarbeitungseinrichtung gemäß einem von (5) bis (12), ferner aufweisend eine Anzeigeeinheits-Erzeugungseinheit, die ein Problem erzeugt und das Problem auf einer Anzeigeeinheit anzeigt, wobei die Augapfelverhalten-Analyseeinheit das Augapfelverhalten des Fahrers analysiert, der das auf der Anzeigeeinheit angezeigte Problem betrachtet.

(14) Die Informationsverarbeitungseinrichtung gemäß (13), wobei die Anzeigeeinheit einem Gesicht des Fahrers gegenüberliegt und unterhalb in einer Richtung der Sichtlinie zu einer Zeit gelegen ist, zu der der Fahrer ein im Unendlichen voraus befindliches Objekt betrachtet.

(15) Die Informationsverarbeitungseinrichtung gemäß (14), wobei der Ereignis-Vision-Sensor dem Gesicht des Fahrers gegenüberliegt und unterhalb in der Richtung der Sichtlinie gelegen ist und ein Winkel, der von einem einen Augapfel des Fahrers und den Ereignis-Vision-Sensor verbindenden Liniensegment und der Richtung der Sichtlinie gebildet wird, 10 Grad oder mehr und weniger als 30 Grad beträgt.

(16) Die Informationsverarbeitungseinrichtung gemäß (15), wobei der Ereignis-Vision-Sensor einen Blickwinkel hat, um zu ermöglichen, dass der Ereignis-Vision-Sensor zumindest das Gesicht des Fahrers erfasst.

(17) Die Informationsverarbeitungseinrichtung gemäß einem von (5) bis (16), ferner aufweisend eine Bestimmungseinheit, die eine Reaktionsstufe für eine Rückkehr des Fahrers zum manuellen Fahren basierend auf einem Analyseergebnis des Augapfelverhaltens bestimmt.

(18) Die Informationsverarbeitungseinrichtung gemäß (17), ferner aufweisend eine Einheit zur Steuerung des Fahrens eines mobilen Körpers,

die einen Fahrmodus des mobilen Körpers basierend auf einem Bestimmungsergebnis der Reaktionsstufe für eine Rückkehr umschaltet.	104	fahrzeuginterne Geräte
	105	Ausgabe-Steuerungseinheit
(19) Ein Informationsverarbeitungsverfahren, das in einer Informationsverarbeitungseinrichtung ausgeführt wird, die aufweist:	106	Ausgabeeinheit
	107	Antriebssystem-Steuerungseinheit
einen Ereignis-Vision-Sensor, der ein Inneres eines mobilen Körpers abbildet; und	108	Antriebssystem
eine Sensor-Steuerungseinheit, die den Ereignis-Vision-Sensor steuert,	109	Karoseriesystem-Steuerungseinheit
wobei der Ereignis-Vision-Sensor umfasst:	110	Karoseriesystem
	111	Speichereinheit
eine Pixel-Arrayeinheit, die eine Vielzahl von Pixeln enthält, die in einer Matrix in einem Array angeordnet sind; und	112	Einheit zur Steuerung des automatischen Fahrens
eine Ereignis-Detektionseinheit, die detektiert, dass ein Luminanz-Änderungsbetrag aufgrund von einfallendem Licht einen vorbestimmten Schwellenwert in den Pixeln überschritten hat,	113	Sensoreinheit
	121	Kommunikationsnetzwerk
wobei das Informationsverarbeitungsverfahren aufweist	131,	508 Detektionseinheit
	132	Einheit zur Bestimmung der eigenen Position
das Ändern eines Werts des vorbestimmten Schwellenwerts, wenn mit dem Ereignis-Vision-Sensor ein Augapfelverhalten eines auf einem Fahrersitz des mobilen Körpers sitzenden Fahrers erfasst wird.	133	Situations-Analyseeinheit
	134	Planungseinheit
	135	Betriebs-Steuerungseinheit
(20) Ein Informationsverarbeitungsprogramm, um einen Computer zu veranlassen, eine Steuerungsfunktion eines Ereignis-Vision-Sensors auszuführen, der ein Inneres eines mobilen Körpers abbildet, wobei der Ereignis-Vision-Sensor aufweist:	141	Einheit zur Detektion von Informationen von außerhalb des Fahrzeugs
	142	Einheit zur Detektion von Informationen von innerhalb des Fahrzeugs
eine Pixel-Arrayeinheit, die eine Vielzahl von Pixeln enthält, die in einer Matrix in einem Array angeordnet sind; und	143	Fahrzeugzustands-Detektionseinheit
eine Ereignis-Detektionseinheit, die detektiert, dass ein Luminanz-Änderungsbetrag aufgrund von einfallendem Licht einen vorbestimmten Schwellenwert in den Pixeln überschritten hat,	151	MAP-Analyseeinheit
	152	Verkehrsregel-Erkennungseinheit
wobei das Informationsverarbeitungsprogramm den Computer veranlasst, eine Funktion zum Ändern eines Werts des vorbestimmten Schwellenwerts auszuführen, wenn mit dem Ereignis-Vision-Sensor ein Augapfelverhalten eines auf einem Fahrersitz des mobilen Körpers sitzenden Fahrers erfasst wird.	153	Situations-Erkennungseinheit
	154	Situations-Vorhersageeinheit
	161	Routen-Planungseinheit
	162	Aktions-Planungseinheit
	163	Betriebs-Planungseinheit
	171	Notfallvermeidungseinheit
	172	Beschleunigungs- und Abbremsungs-Steuerungseinheit
	173	Richtungs-Steuerungseinheit
	200	Positions/Halte-Detektionseinheit
	202	Gesichtserkennungseinheit
	204	Gesichtsverfolgungseinheit
	206	Augapfelverfolgungseinheit

208	Einheit zur Detektion biologischer Informationen
210	Authentifizierungseinheit
300	Augapfelverhalten-Analyseeinheit
302	Augapfelverhalten-Lernvorrichtung
310	DB
320	Bestimmungseinheit
330	Sensor-Steuerungseinheit
332	Beleuchtungs-Steuerungseinheit
400	EVS
411	Ansteuerungsschaltung
412	Signalverarbeitungseinheit
413	Arbiter-Einheit
414	Spaltenverarbeitungseinheit
500	Pixel-Arrayeinheit
502	Pixel
504	lichtempfangende Einheit
506	Pixel-Signal-Erzeugungseinheit
600	Fahrzeug
602	Fahrersitz
700, 702	Bildgebungsvorrichtung
710	Beleuchtungseinheit
800	Anzeigeinformations-DB
802	Anzeigeinformations-Erzeugungseinheit
804	Anzeigeeinheit
900	Fahrer
902	Richtung der Sichtlinie

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

- WO 2017/195405 A [0004]

Patentansprüche

1. Informationsverarbeitungseinrichtung, aufweisend:
einen Ereignis-Vision-Sensor, der ein Inneres eines mobilen Körpers abbildet; und
eine Sensor-Steuerungseinheit, die den Ereignis-Vision-Sensor steuert, wobei
der Ereignis-Vision-Sensor umfasst:
eine Pixel-Arrayeinheit, die eine Vielzahl von Pixeln enthält, die in einer Matrix in einem Array angeordnet sind; und
eine Ereignis-Detektionseinheit, die detektiert, dass ein Luminanz-Änderungsbetrag aufgrund von einfallendem Licht einen vorbestimmten Schwellenwert in den Pixeln überschritten hat, und
die Sensor-Steuerungseinheit einen Wert des vorbestimmten Schwellenwerts ändert, wenn mit dem Ereignis-Vision-Sensor ein Augapfelverhalten eines auf einem Fahrersitz des mobilen Körpers sitzenden Fahrers erfasst wird.
2. Informationsverarbeitungseinrichtung nach Anspruch 1, wobei das Augapfelverhalten eine Sakkade, eine Fixation und/oder eine Mikrosakkade eines Augapfels umfasst.
3. Informationsverarbeitungseinrichtung nach Anspruch 1, wobei die Sensor-Steuerungseinheit den vorbestimmten Schwellenwert entsprechend den Pixeln gemäß einer Position in der Pixel-Arrayeinheit ändert.
4. Informationsverarbeitungseinrichtung nach Anspruch 3, wobei die Sensor-Steuerungseinheit einen vorbestimmten Bereich in der Pixel-Arrayeinheit gemäß einer Position eines Gesichts oder eines Augapfels des Fahrers festlegt und den vorbestimmten Schwellenwert entsprechend den Pixeln im vorbestimmten Bereich ändert.
5. Informationsverarbeitungseinrichtung nach Anspruch 1, ferner aufweisend eine Augapfelverhalten-Analyseeinheit, die durch den Ereignis-Vision-Sensor beobachtete Daten analysiert.
6. Informationsverarbeitungseinrichtung nach Anspruch 5, wobei die Augapfelverhalten-Analyseeinheit eine Art des Augapfelverhaltens basierend auf einer Form einer Punktverteilung unterscheidet, die durch den Ereignis-Vision-Sensor beobachtet wird.
7. Informationsverarbeitungseinrichtung nach Anspruch 6, wobei die Augapfelverhalten-Analyseeinheit analysiert, dass eine Mikrosakkade aufgetreten ist, wenn das Auftreten einer Punktverteilung mit einer Sichelform detektiert wird.

8. Informationsverarbeitungseinrichtung nach Anspruch 5, wobei bei Sensor-Steuerungseinheit den vorbestimmten Schwellenwert basierend auf einem Analyseergebnis der Augapfelverhalten-Analyseeinheit ändert.
9. Informationsverarbeitungseinrichtung nach Anspruch 5, ferner aufweisend eine Bestrahlungseinheit, die ein Gesicht des Fahrers mit Licht mit einer vorbestimmten Wellenlänge bestrahlt, wenn die Informationsverarbeitungseinrichtung mit dem Ereignis-Vision-Sensor ein Augapfelverhalten des Fahrers erfasst.
10. Informationsverarbeitungseinrichtung nach Anspruch 9, wobei die Bestrahlungseinheit einen Filter enthält, der Licht mit einer Wellenlänge von 940 nm oder größer und 960 nm oder geringer durchlässt.
11. Informationsverarbeitungseinrichtung nach Anspruch 9, ferner aufweisend eine Bestrahlungs-Steuerungseinheit, die eine Intensität, eine Bestrahlungszeit oder ein Bestrahlungsintervall des Lichts von der Bestrahlungseinheit steuert.
12. Informationsverarbeitungseinrichtung nach Anspruch 11, wobei die Bestrahlungs-Steuerungseinheit eine Steuerung basierend auf einem Analyseergebnis der Augapfelverhalten-Analyseeinheit durchführt.
13. Informationsverarbeitungseinrichtung nach Anspruch 5, ferner aufweisend
eine Anzeigeeinheits-Erzeugungseinheit, die ein Problem erzeugt und das Problem auf einer Anzeigeeinheit anzeigt, wobei
die Augapfelverhalten-Analyseeinheit das Augapfelverhalten des Fahrers analysiert, der das auf der Anzeigeeinheit angezeigte Problem betrachtet.
14. Informationsverarbeitungseinrichtung nach Anspruch 13, wobei die Anzeigeeinheit einem Gesicht des Fahrers gegenüberliegt und unterhalb in einer Richtung der Sichtlinie zu einer Zeit gelegen ist, zu der der Fahrer ein im Unendlichen voraus befindliches Objekt betrachtet.
15. Informationsverarbeitungseinrichtung nach Anspruch 14, wobei
der Ereignis-Vision-Sensor dem Gesicht des Fahrers gegenüberliegt und unterhalb in der Richtung der Sichtlinie gelegen ist und
ein Winkel, der von einem einen Augapfel des Fahrers und den Ereignis-Vision-Sensor verbindenden Liniensegment und der Richtung der Sichtlinie gebildet wird, 10 Grad oder mehr und weniger als 30 Grad beträgt.

16. Informationsverarbeitungseinrichtung nach Anspruch 15, wobei der Ereignis-Vision-Sensor einen Blickwinkel hat, um zu ermöglichen, dass der Ereignis-Vision-Sensor zumindest das Gesicht des Fahrers erfasst.

ein Augapfelverhalten eines auf einem Fahrersitz des mobilen Körpers sitzenden Fahrers erfasst wird.

Es folgen 19 Seiten Zeichnungen

17. Informationsverarbeitungseinrichtung nach Anspruch 5, ferner aufweisend eine Bestimmungseinheit, die eine Reaktionsstufe für eine Rückkehr des Fahrers zum manuellen Fahren basierend auf einem Analyseergebnis des Augapfelverhaltens bestimmt.

18. Informationsverarbeitungseinrichtung nach Anspruch 17, ferner aufweisend eine Einheit zur Steuerung des Fahrens eines mobilen Körpers, die einen Fahrmodus des mobilen Körpers basierend auf einem Bestimmungsergebnis der Reaktionsstufe für eine Rückkehr umschaltet.

19. Informationsverarbeitungsverfahren, das in einer Informationsverarbeitungseinrichtung ausgeführt wird, die aufweist:
einen Ereignis-Vision-Sensor, der das Innere eines mobilen Körpers abbildet; und
eine Sensor-Steuerungseinheit, die den Ereignis-Vision-Sensor steuert,
wobei der Ereignis-Vision-Sensor umfasst:
eine Pixel-Arrayeinheit, die eine Vielzahl von Pixeln enthält, die in einer Matrix in einem Array angeordnet sind; und
eine Ereignis-Detektionseinheit, die detektiert, dass ein Luminanz-Änderungsbetrag aufgrund von einfallendem Licht einen vorbestimmten Schwellenwert in den Pixeln überschritten hat,
wobei das Informationsverarbeitungsverfahren aufweist
das Ändern eines Werts des vorbestimmten Schwellenwerts, wenn mit dem Ereignis-Vision-Sensor ein Augapfelverhalten eines auf einem Fahrersitz des mobilen Körpers sitzenden Fahrers erfasst wird.

20. Informationsverarbeitungsprogramm, um einen Computer zu veranlassen, eine Steuerungsfunktion eines Ereignis-Vision-Sensors auszuführen, der das Innere eines mobilen Körpers abbildet, wobei der Ereignis-Vision-Sensor umfasst:
eine Pixel-Arrayeinheit, die eine Vielzahl von Pixeln enthält, die in einer Matrix in einem Array angeordnet sind; und
eine Ereignis-Detektionseinheit, die detektiert, dass ein Luminanz-Änderungsbetrag aufgrund von einfallendem Licht einen vorbestimmten Schwellenwert in den Pixeln überschritten hat,
wobei das Informationsverarbeitungsprogramm den Computer veranlasst, eine Funktion zum Ändern eines Werts des vorbestimmten Schwellenwerts auszuführen, wenn mit dem Ereignis-Vision-Sensor

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

Stufe für das automatische Fahren	Bezeichnung		Ausführungssubjekt der Fahraufgabe	Überwachungssubjekt in Bezug auf sicheres Fahren
0	Manuelles Fahren (direktes Lenken beim Fahren)	keine Fahrassistenz	Fahrer	Fahrer
1	Manuelles Fahren (direktes Lenken beim Fahren)	mit Fahrassistenz (automatische Bremse, ACC, LKAS und dergleichen)	Fahrer	Fahrer
2	automatische Fahrfunktion unter spezifischer Bedienung (Teilautomatisierung beim Fahren)		Fahrer (partiell System)	Fahrer
3	bedingtes automatisches Fahren		System	System (partiell Fahrer)
4	vollautomatisches Fahren unter spezifischen Bedingungen (fortgeschrittene Automatisierung beim Fahren)		System	System

FIG.2

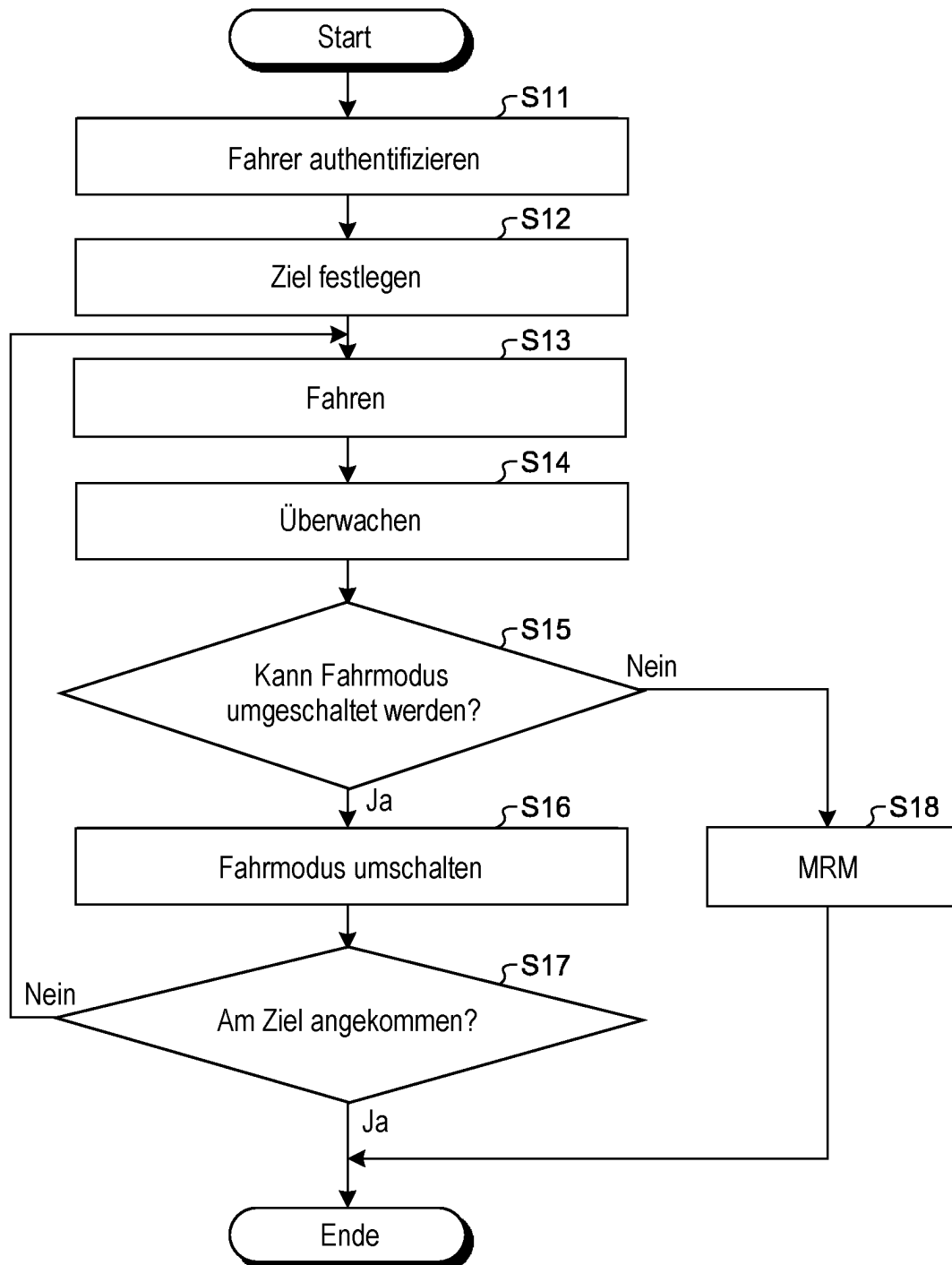


FIG.3

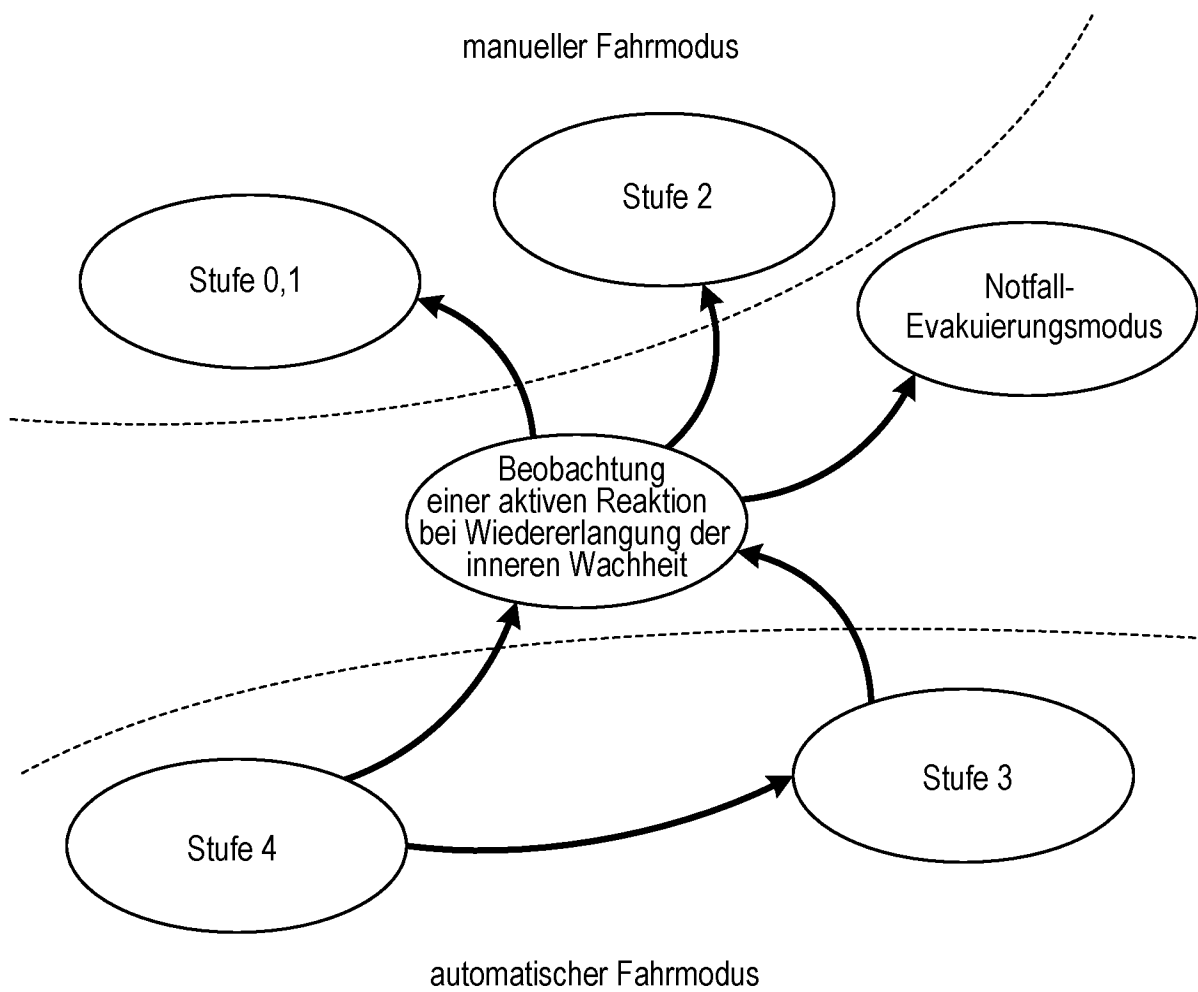


FIG.4

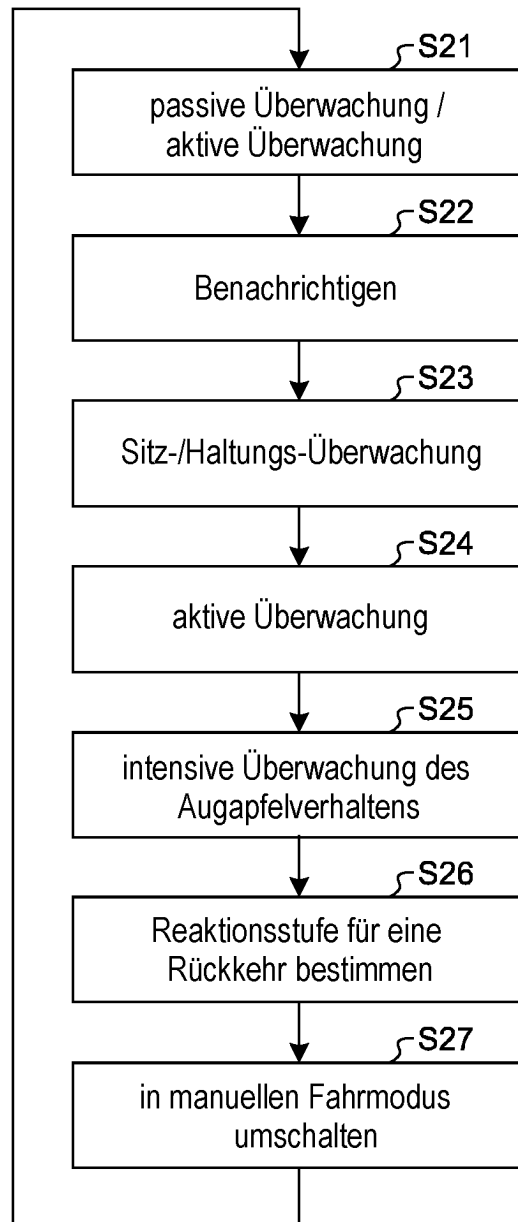


FIG.5

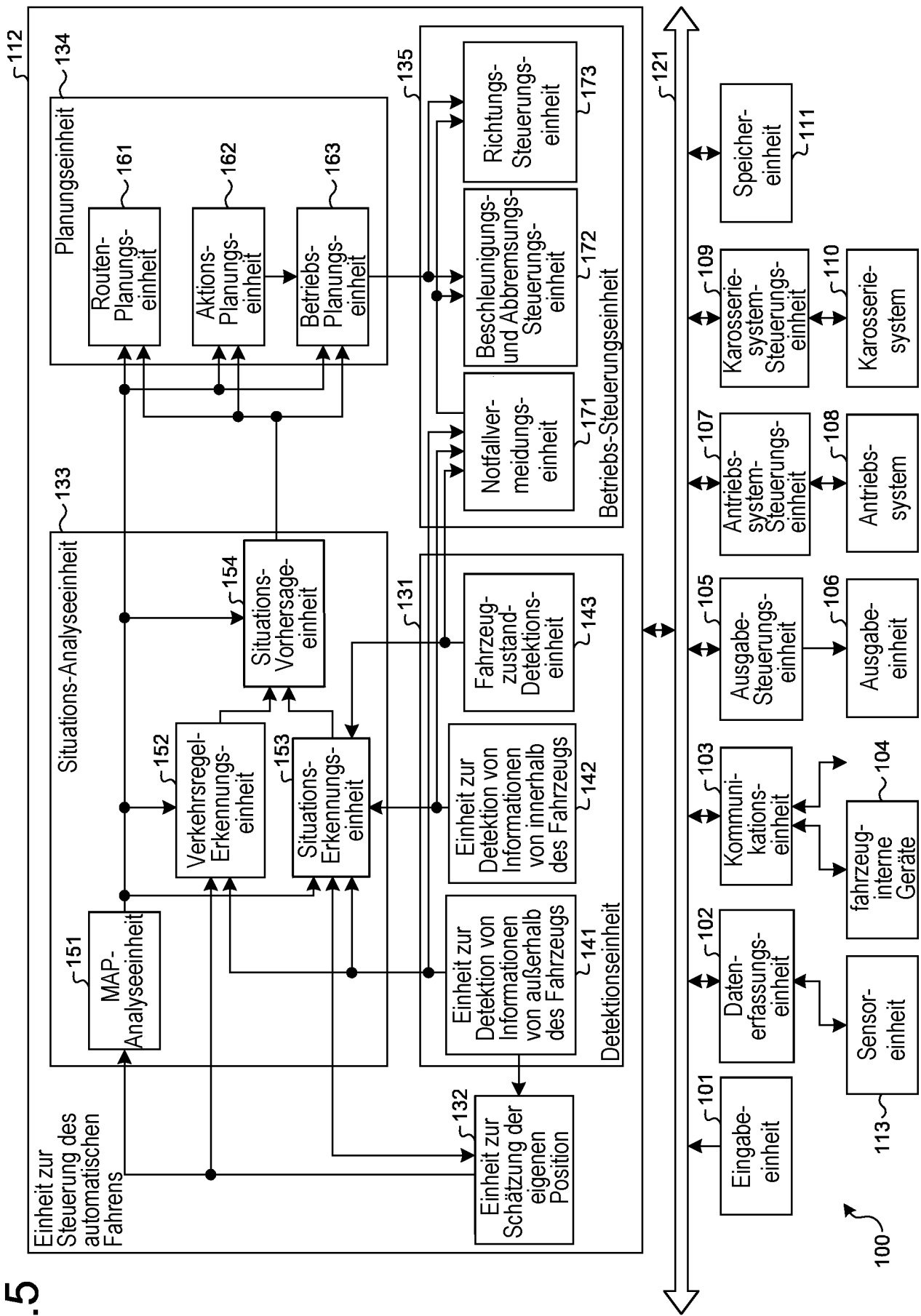


FIG.6

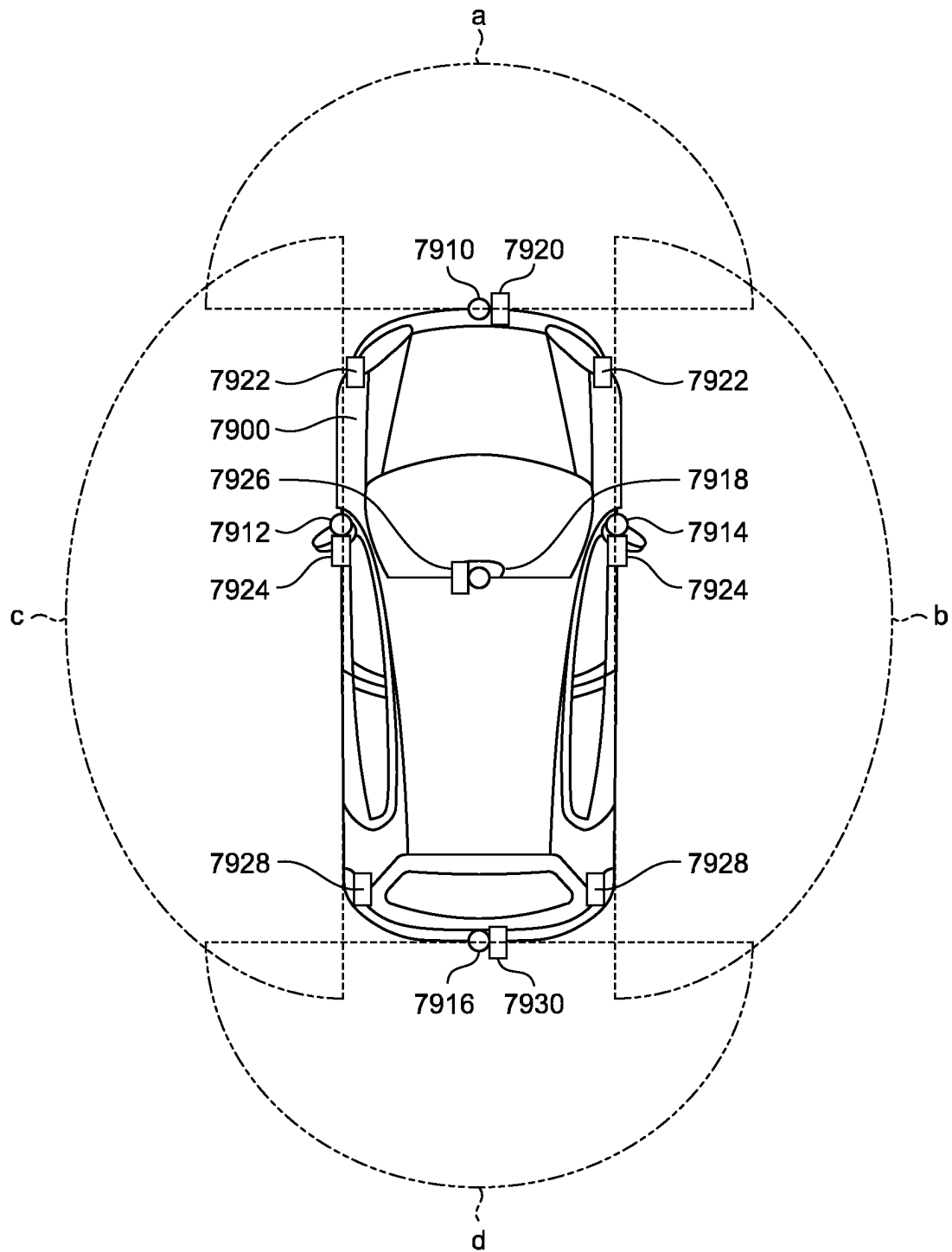


FIG.7

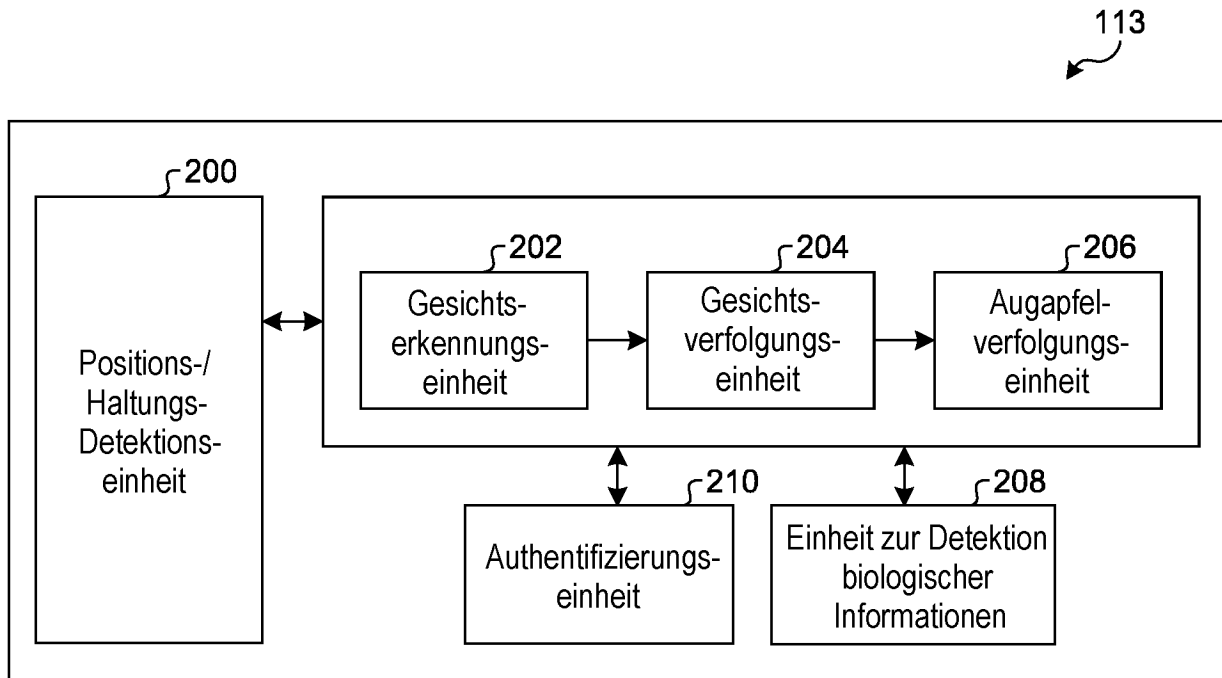


FIG.8

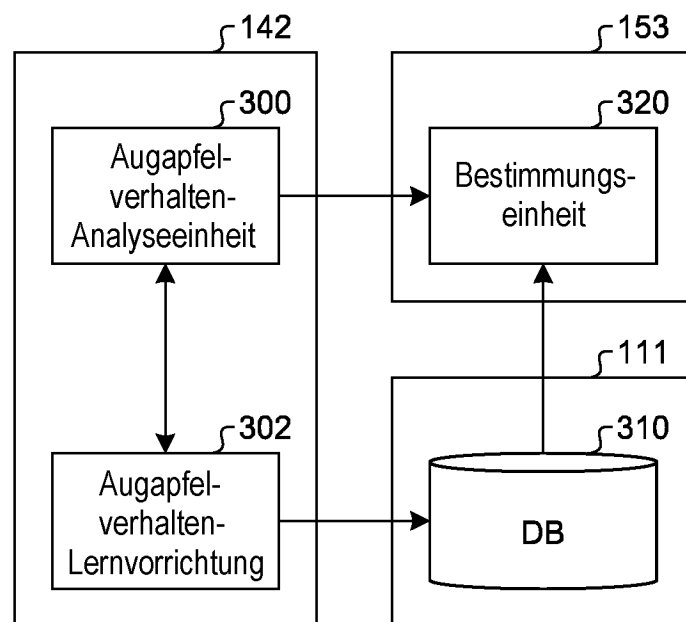


FIG.9

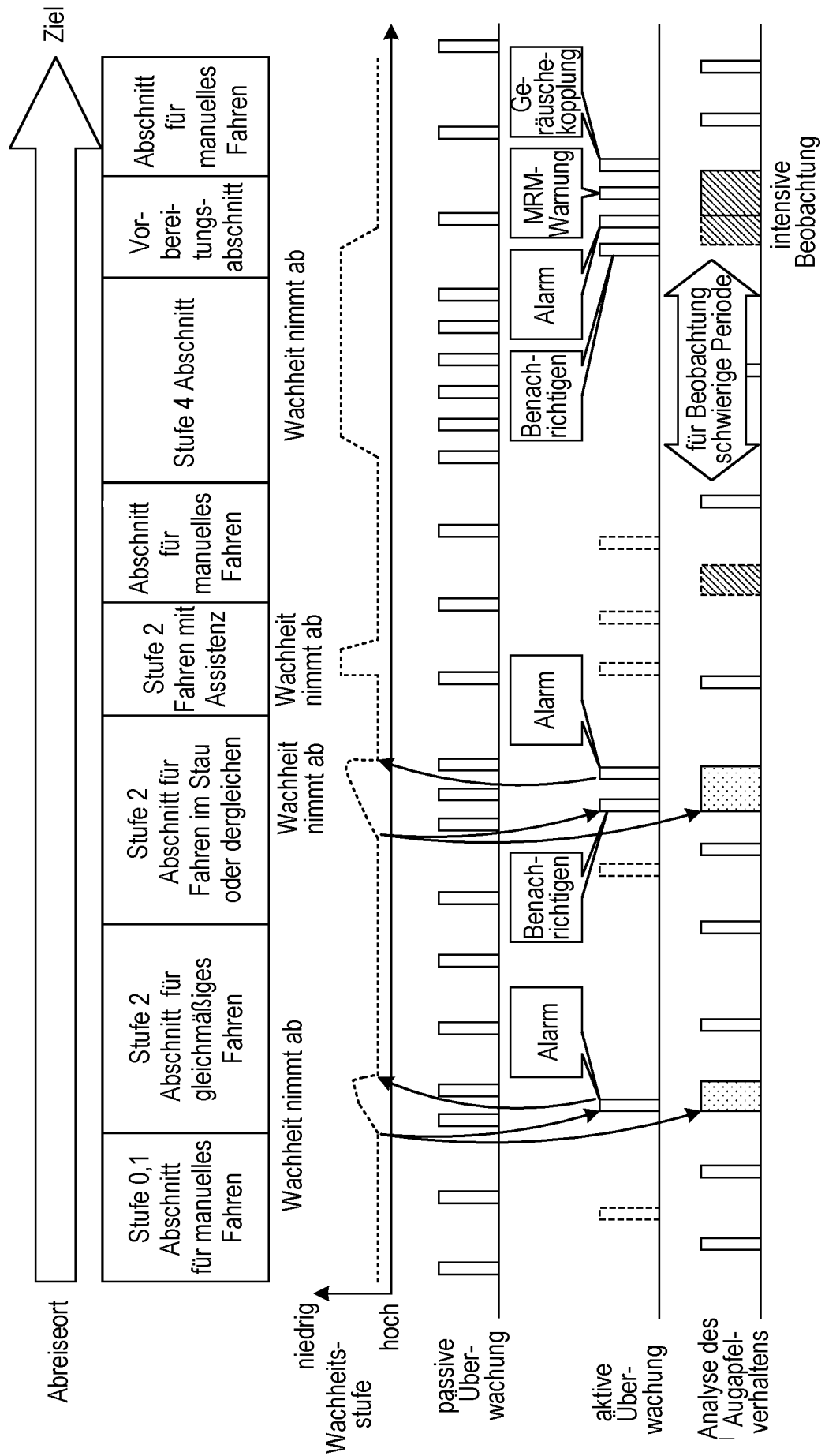


FIG.10

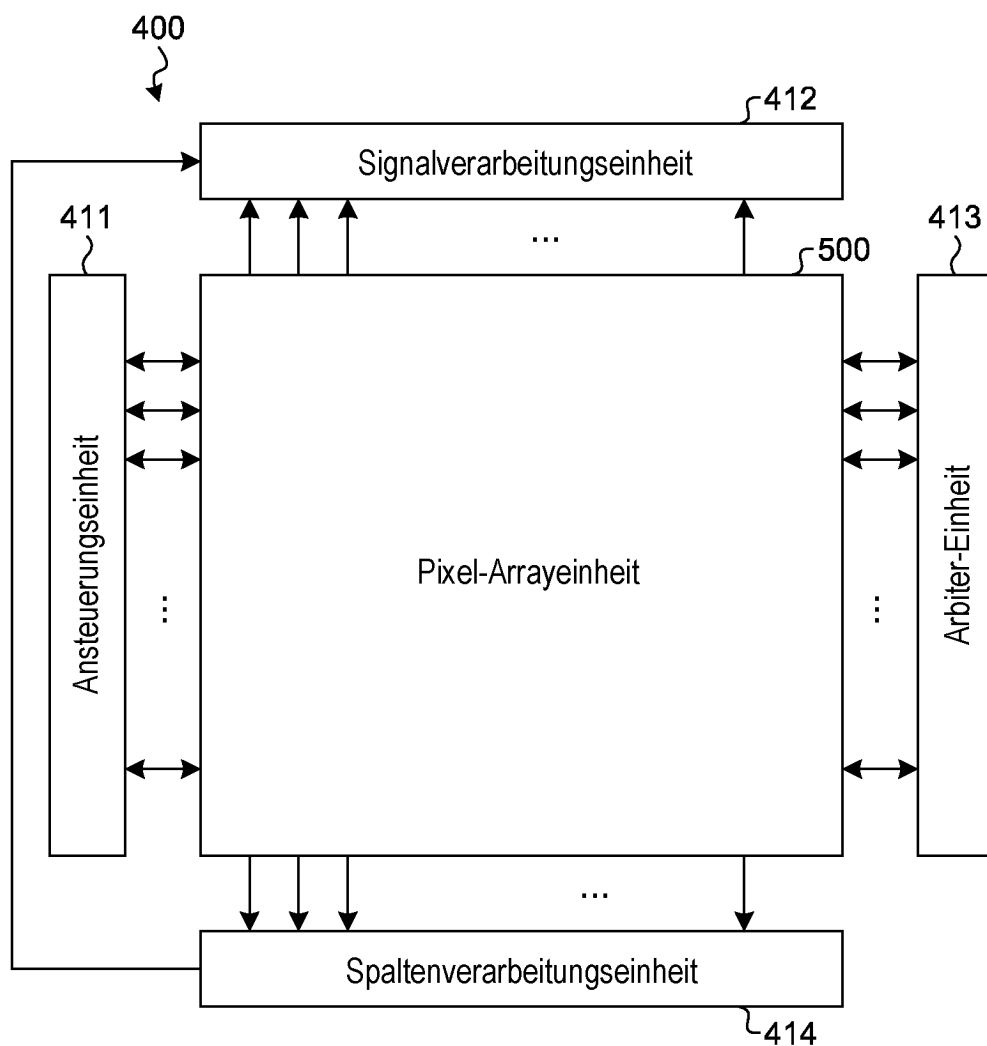


FIG.11

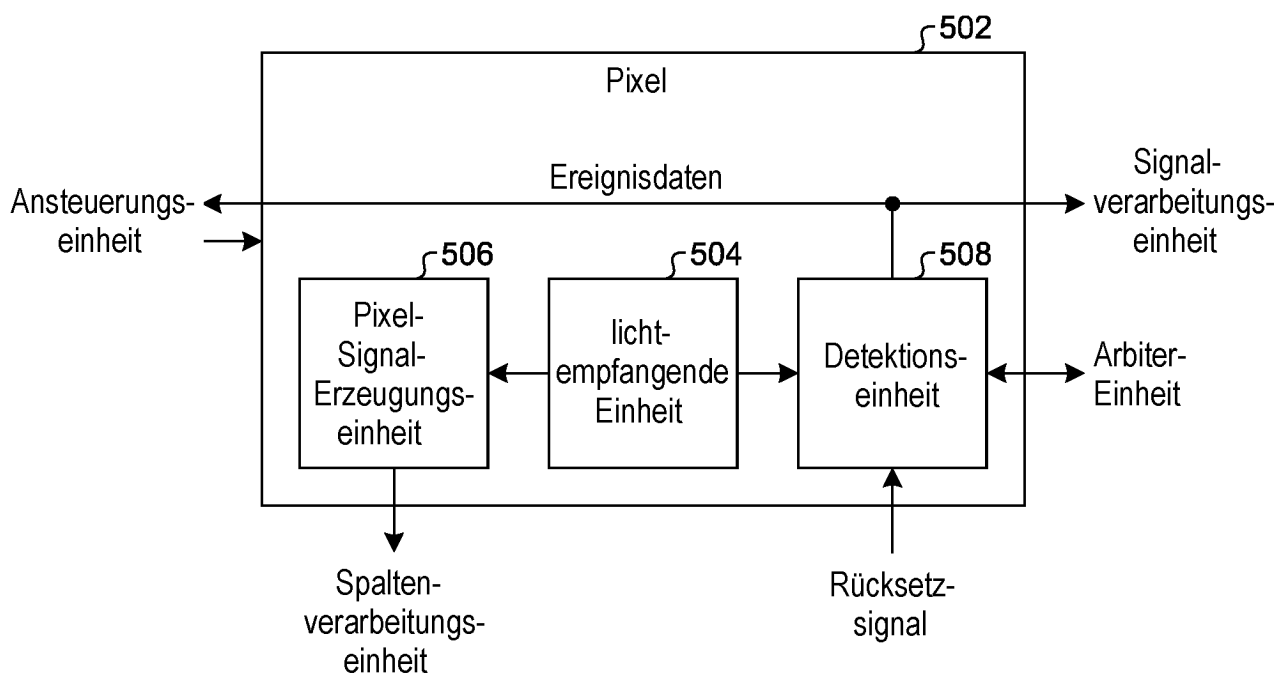


FIG.12

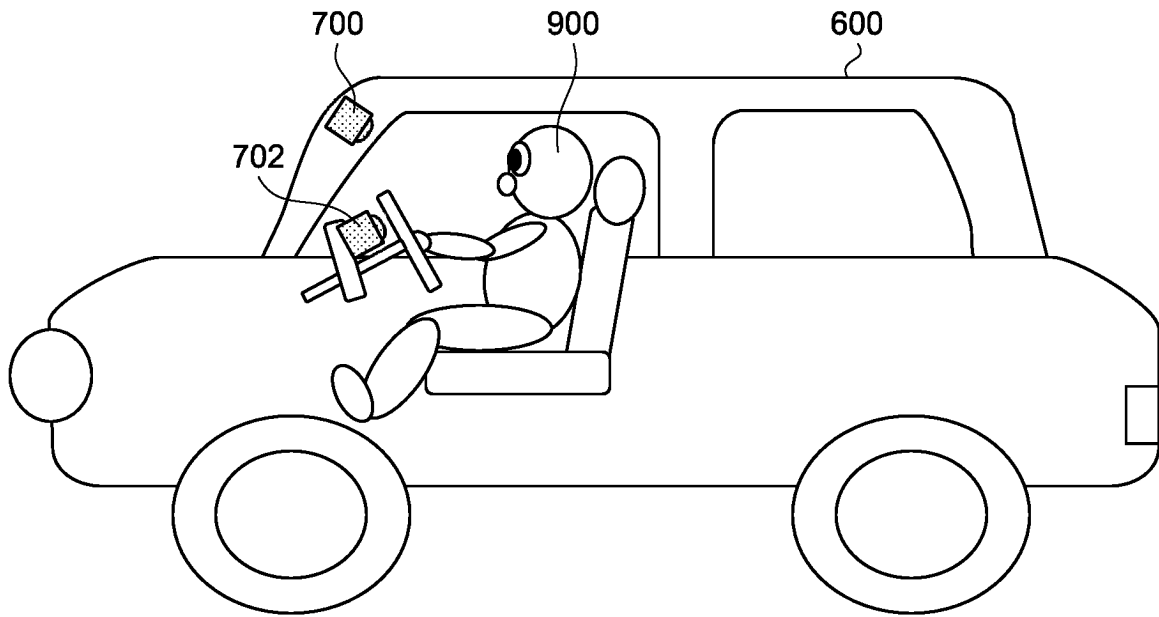


FIG.13

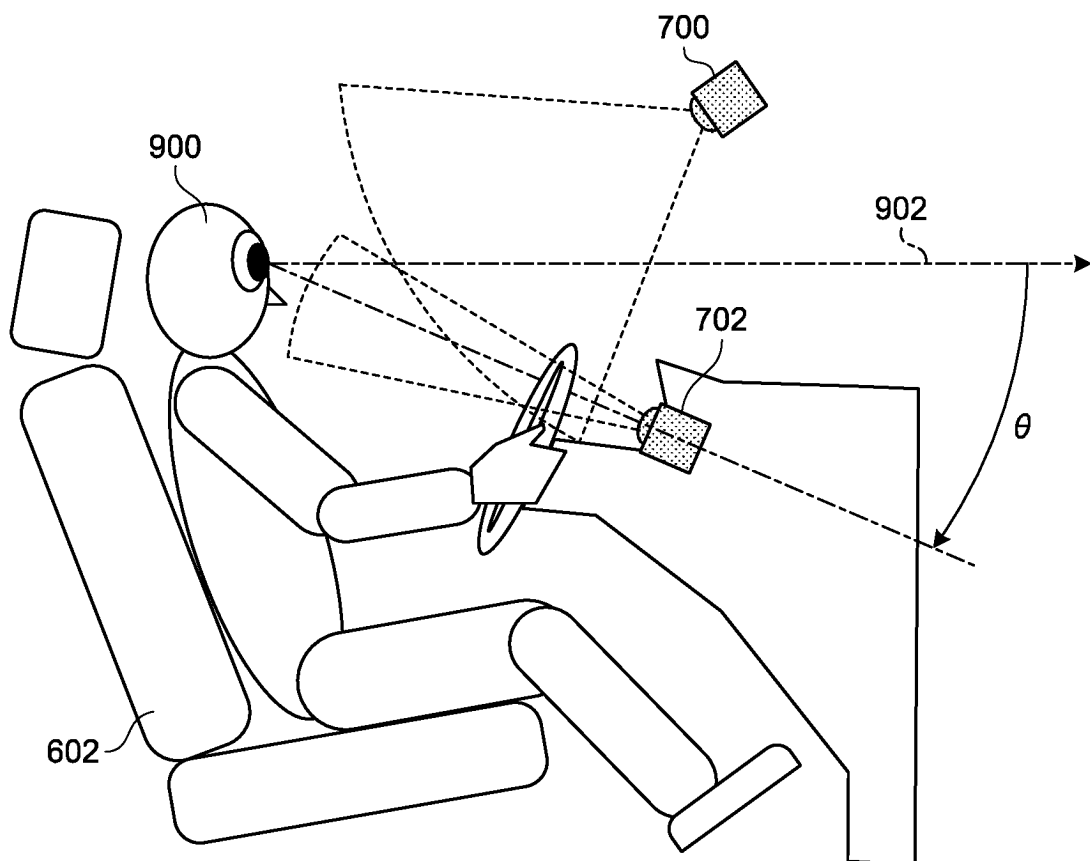


FIG.14

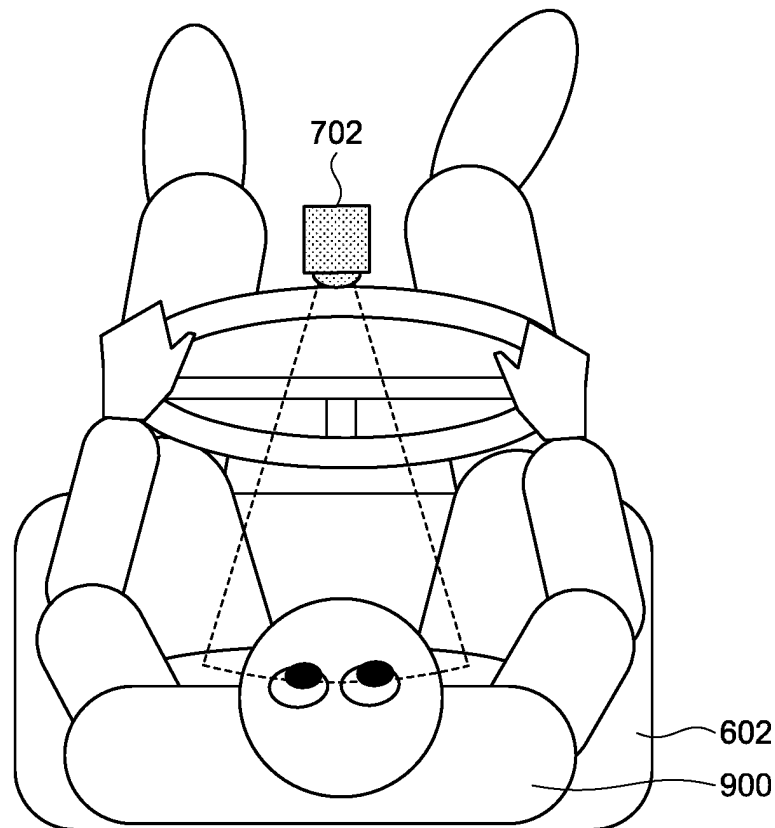


FIG.15

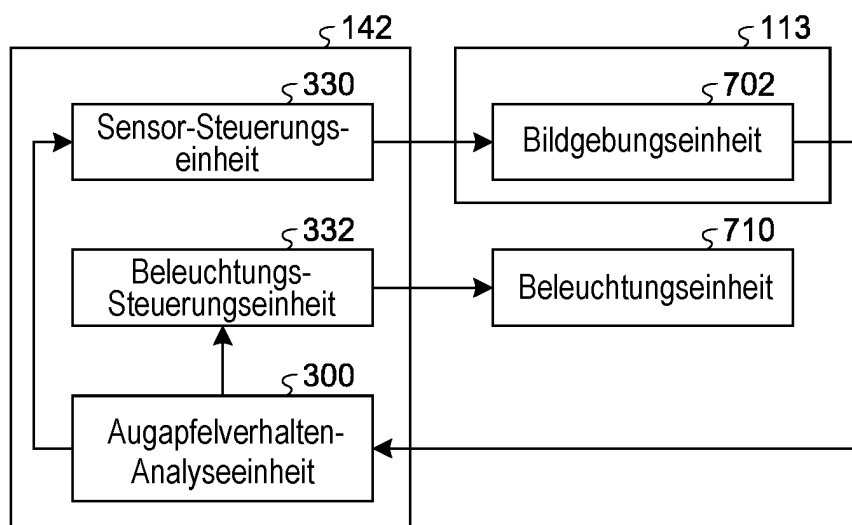


FIG.16

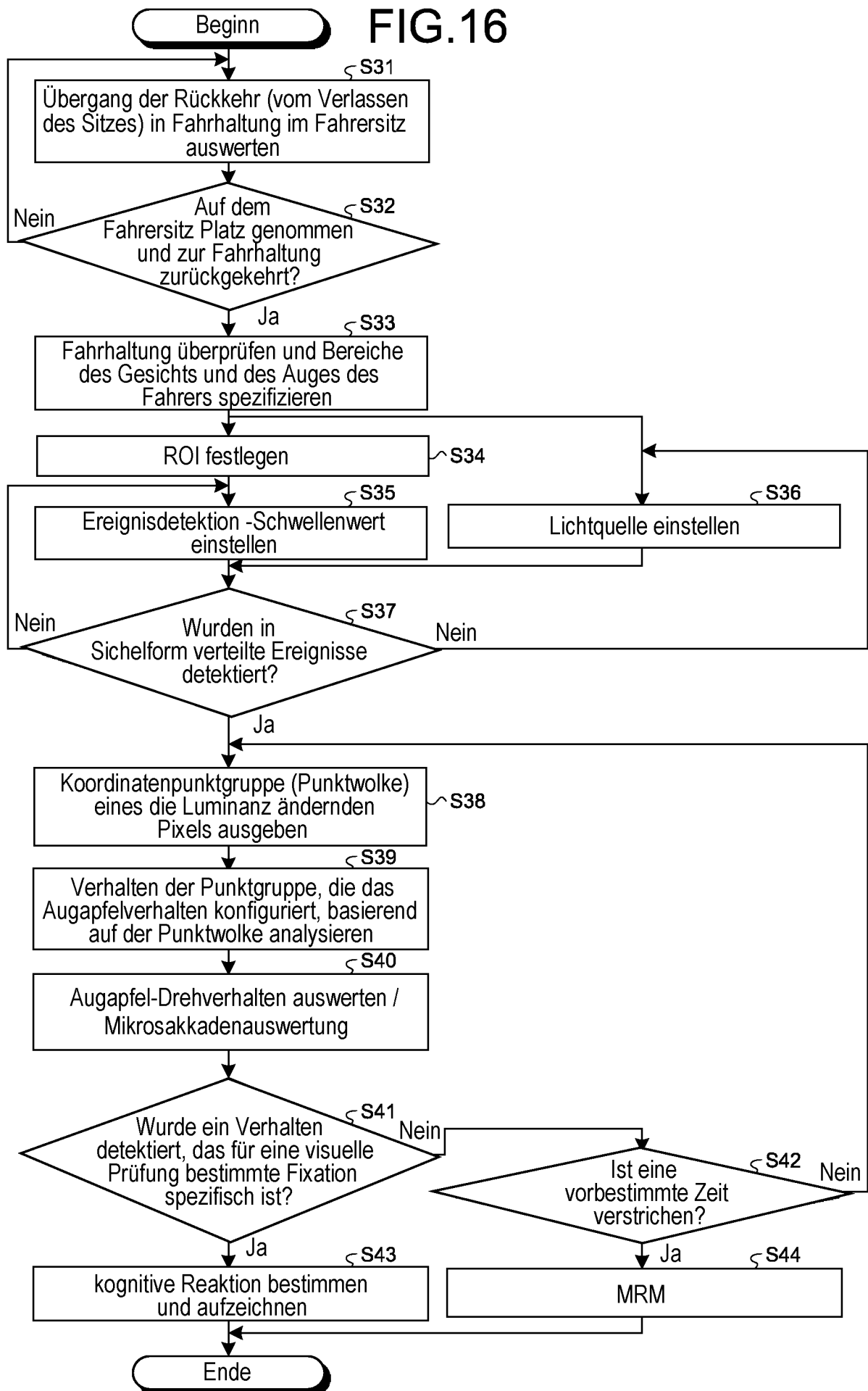


FIG.17

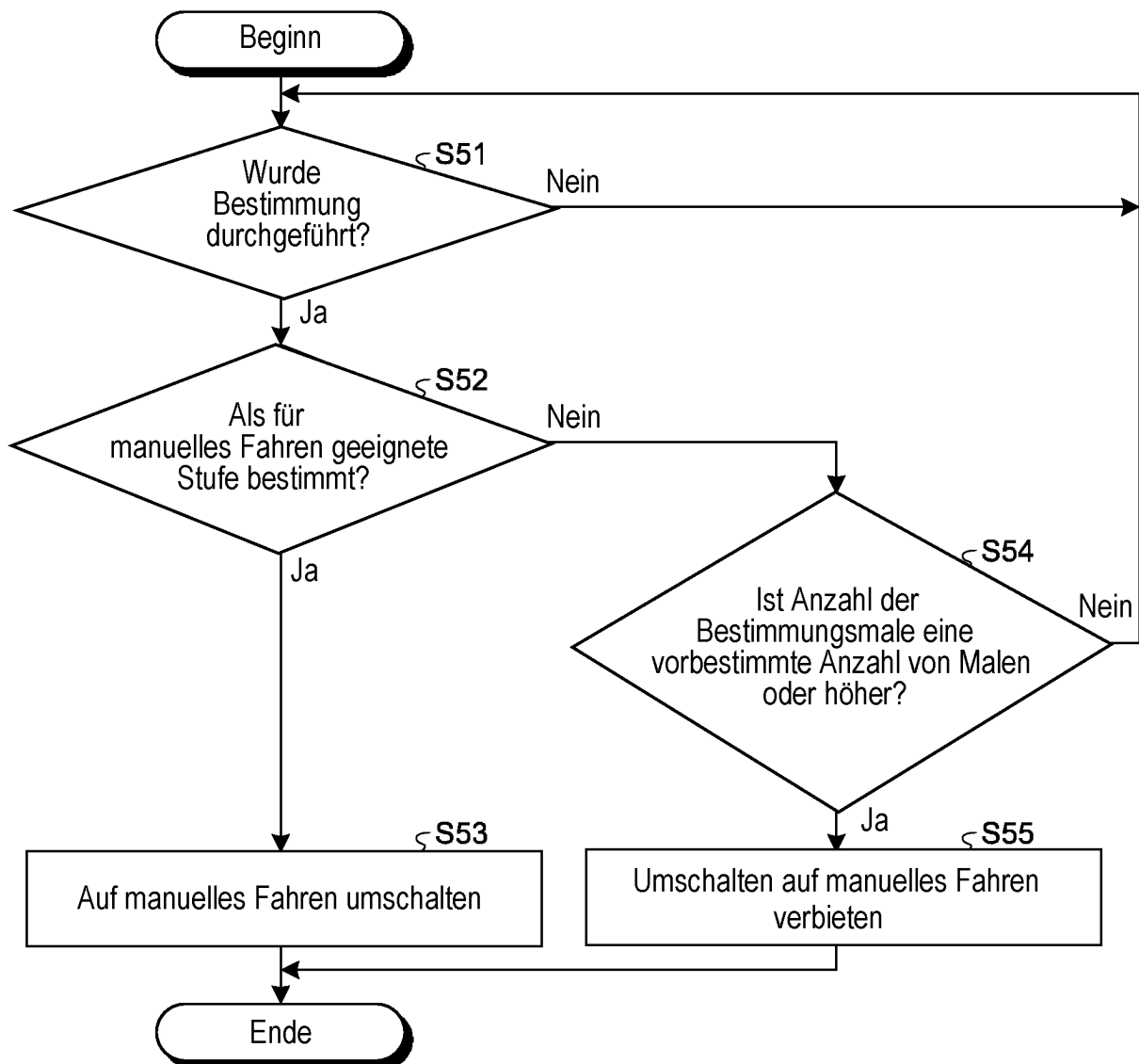


FIG.18

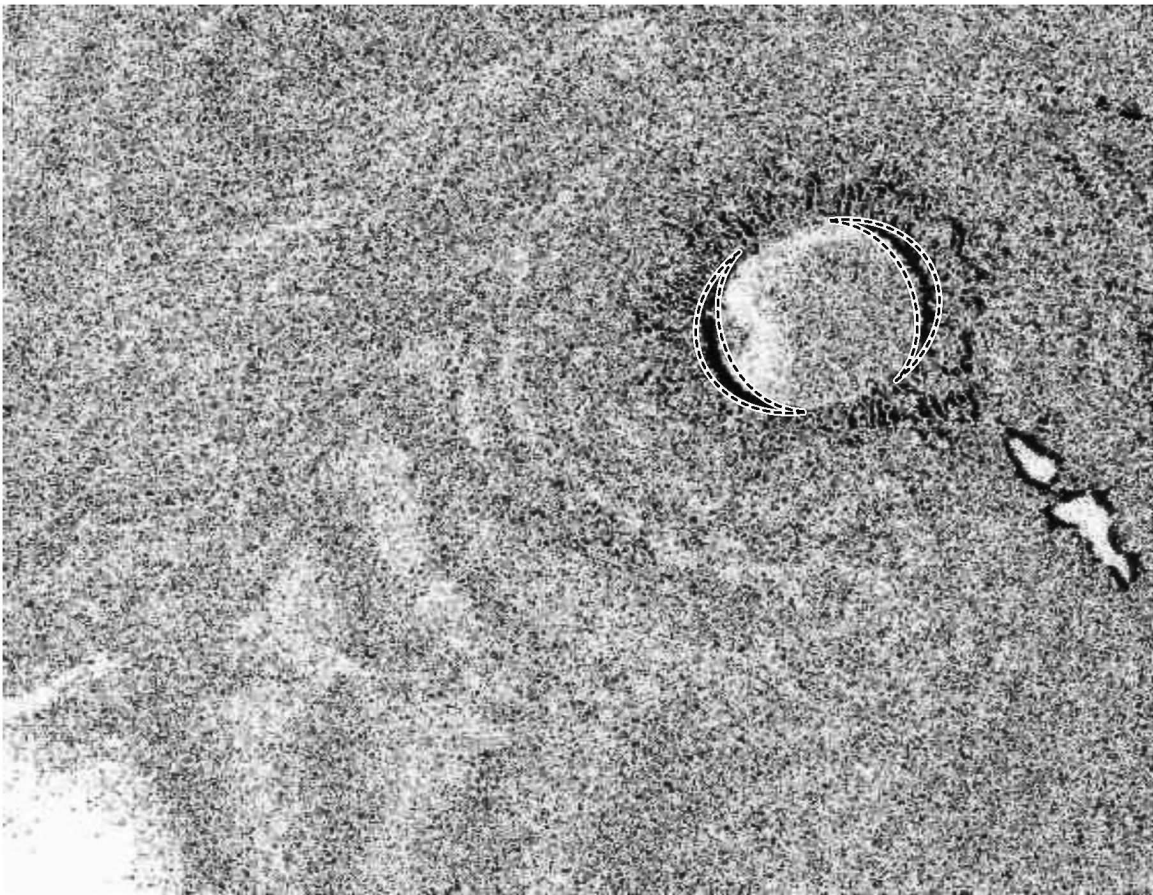


FIG.19

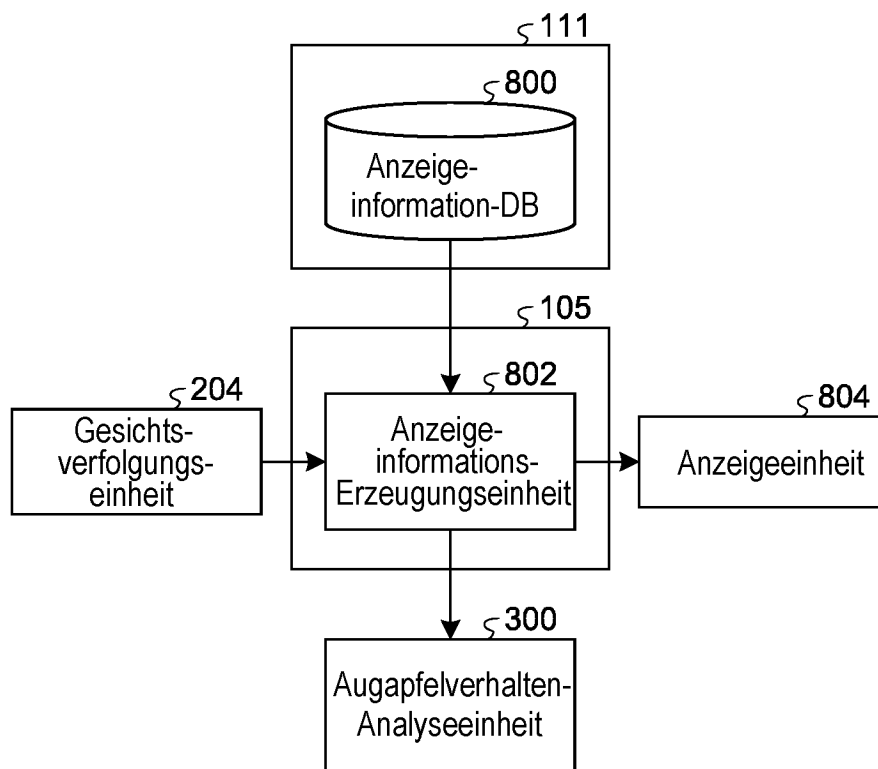


FIG.20

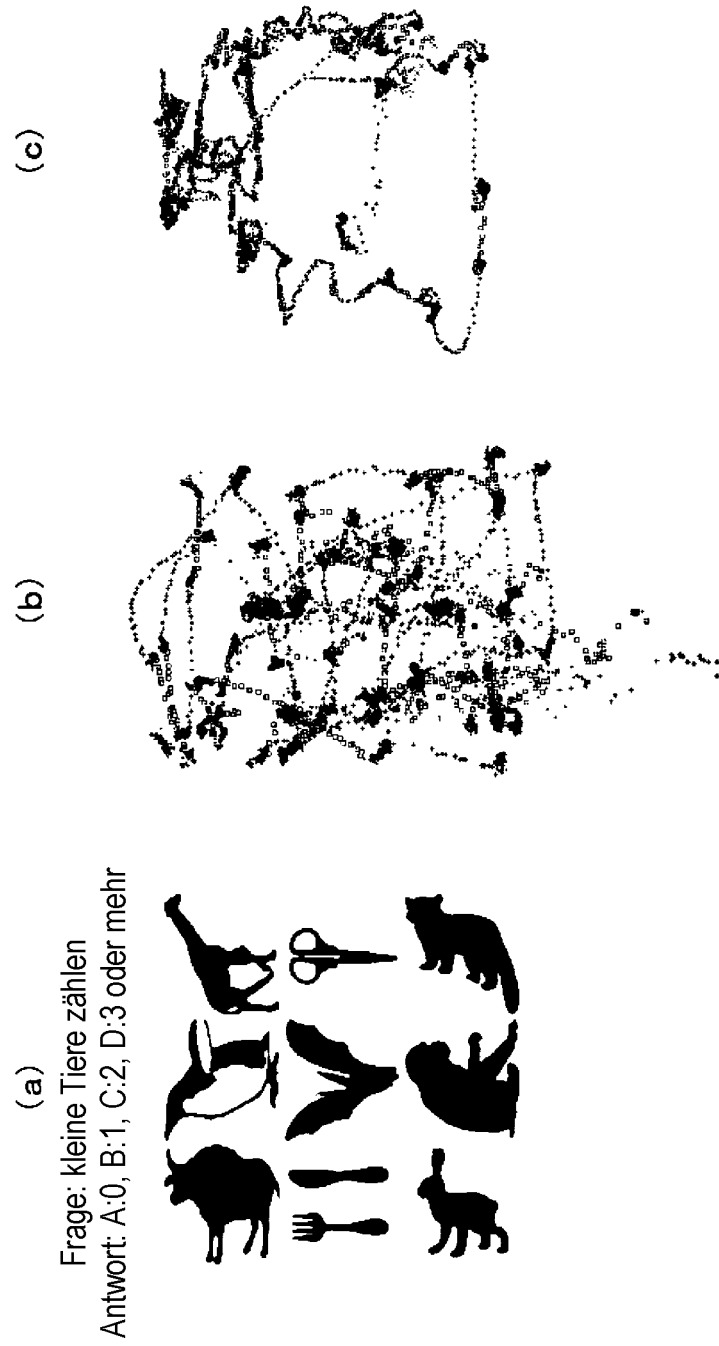


FIG.21

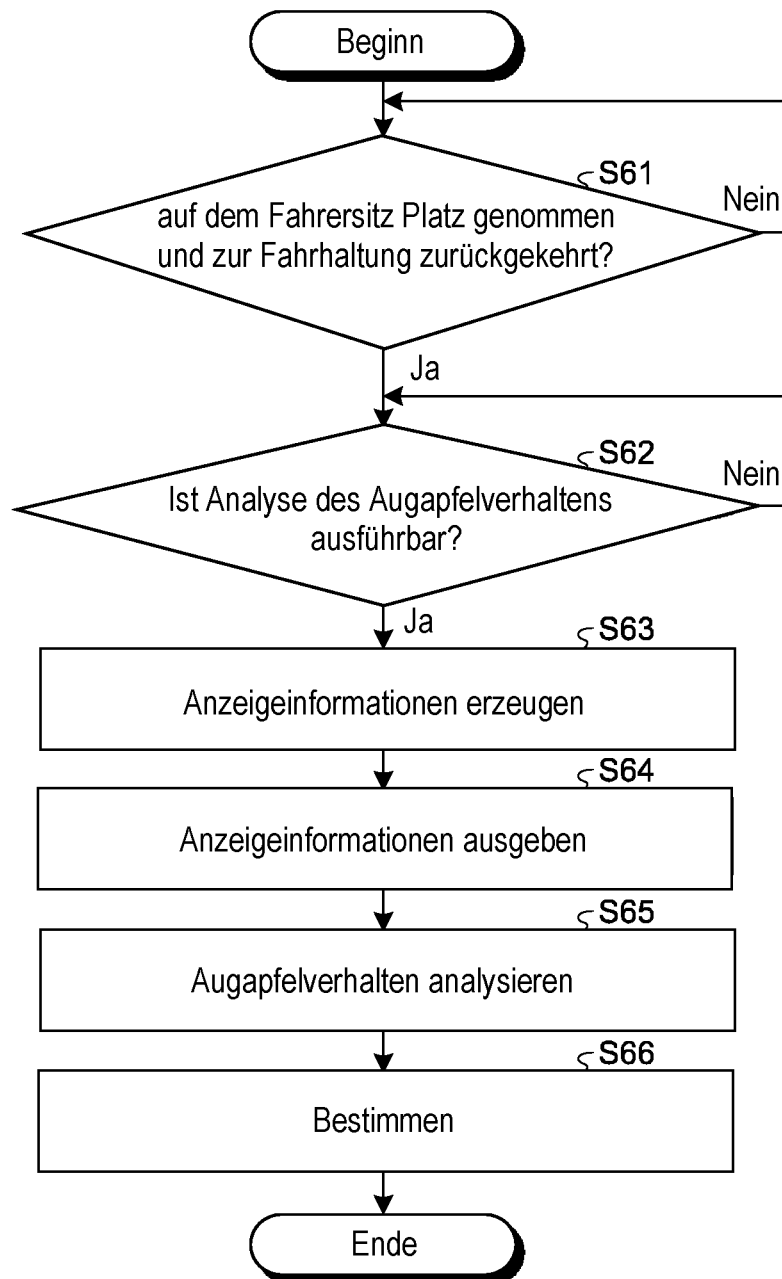


FIG.22

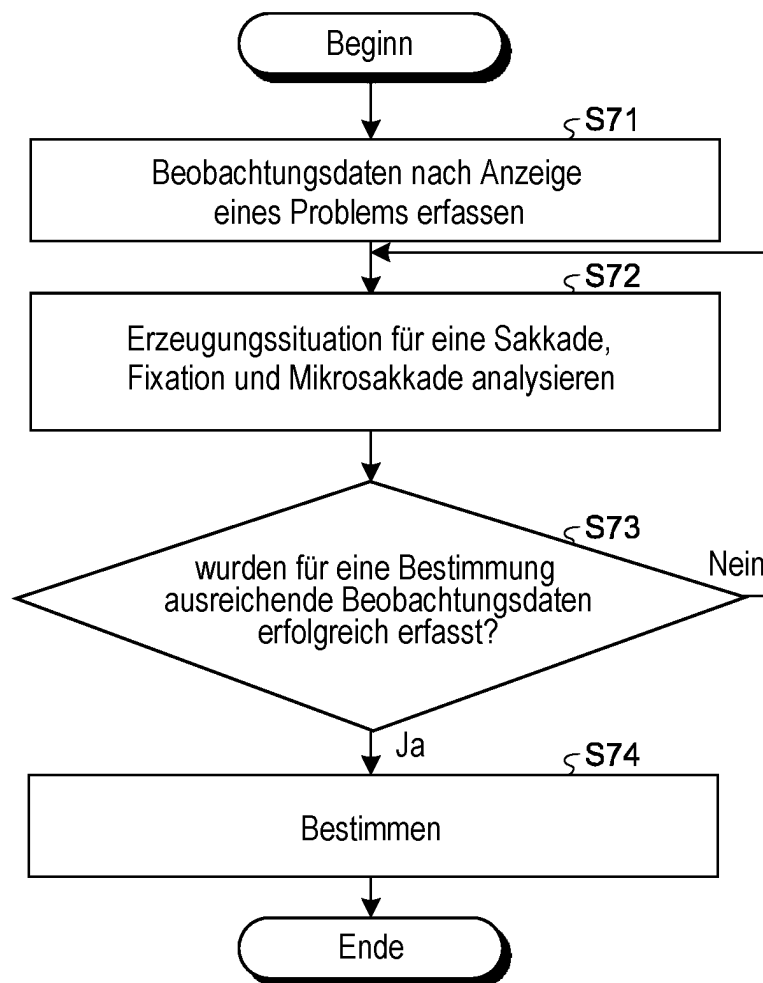


FIG.23

