

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7602706号
(P7602706)

(45)発行日 令和6年12月19日(2024.12.19)

(24)登録日 令和6年12月11日(2024.12.11)

(51)国際特許分類	F I		
G 1 6 H 50/30 (2018.01)	G 1 6 H	50/30	
G 0 6 F 3/01 (2006.01)	G 0 6 F	3/01	5 1 0
G 0 6 F 3/04815(2022.01)	G 0 6 F	3/04815	

請求項の数 20 (全40頁)

(21)出願番号	特願2023-513771(P2023-513771)	(73)特許権者	524233089 Front Act 株式会社 東京都中央区新川1丁目17番24号N MF茅場町ビル5階
(86)(22)出願日	令和4年8月25日(2022.8.25)	(74)代理人	100078282 弁理士 山本 秀策
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/032035	(72)発明者	落合 康 東京都中央区日本橋2丁目7番1号 東 京日本橋タワー 住友ファーマ株式会社内
(87)国際公開番号	WO2023/032806	(72)発明者	笠井 一希 東京都世田谷区玉川三丁目20-2 マ ノア玉川第3ビル501 株式会社 d o . S u k a s u 内
(87)国際公開日	令和5年3月9日(2023.3.9)	(72)発明者	江上 慎 大阪府高槻市芥川町2丁目24番11号 最終頁に続く
審査請求日	令和5年2月27日(2023.2.27)		
(31)優先権主張番号	特願2021-141500(P2021-141500)		
(32)優先日	令和3年8月31日(2021.8.31)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		
(31)優先権主張番号	特願2022-30855(P2022-30855)		
(32)優先日	令和4年3月1日(2022.3.1)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

(54)【発明の名称】 立体認知能力評価システム、立体認知能力評価装置、立体認知能力評価プログラム、および立体認知能力評価方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

被測定者に操作されて移動する移動オブジェクトの位置の変化に基づいて前記被測定者の立体認知能力を評価するための立体認知能力評価システムであって、

前記移動オブジェクトの位置に関する情報を取得する位置取得部と、
学習済みの特定モデルを用いて前記立体認知能力を判定する立体認知能力判定部とを備え、
前記特定モデルの説明変数は、前記移動オブジェクトの進行方向において前記移動オブジェクトよりも先行する基準オブジェクトと前記移動オブジェクトとの間の第1距離を少なくとも1回時間微分した値から導かれる第1特徴量、および前記移動オブジェクトの進行方向に沿う基準線と前記移動オブジェクトとの間の第2距離から導かれる第2特徴量の少なくとも1つを含み、

前記特定モデルは、前記移動オブジェクトの操作者の立体認知能力によって予めラベル付けされた、当該操作者によって操作されて移動する前記移動オブジェクトの位置に関する情報を教師データとする機械学習によって学習済みモデルとされる、立体認知能力評価システム。

【請求項2】

前記第2特徴量は、前記第2距離を少なくとも1回時間微分した値から導かれる特徴量を含む、請求項1に記載の立体認知能力評価システム。

【請求項3】

前記第2特徴量は、前記第2距離を少なくとも2回時間微分した値から導かれる特徴量

を含む、請求項 1 に記載の立体認知能力評価システム。

【請求項 4】

前記第 1 特徴量は、前記第 1 距離を少なくとも 2 回時間微分した値から導かれる特徴量を含む、請求項 1 に記載の立体認知能力評価システム。

【請求項 5】

前記特定モデルは、前記立体認知能力を目的変数とする決定木を含む、請求項 4 に記載の立体認知能力評価システム。

【請求項 6】

前記説明変数は、前記被測定者の属性に関する情報をさらに含む、請求項 5 に記載の立体認知能力評価システム。

【請求項 7】

前記移動オブジェクトに搭載された移動記録装置をさらに備え、
前記移動記録装置は、前記移動オブジェクトから前記移動オブジェクトの進行方向を見た場合の動画データを生成するカメラと、
前記移動オブジェクトの位置を測定する位置測定部とを含み、
前記位置取得部は、前記基準オブジェクトおよび前記基準線の少なくとも 1 つを含む前記動画データおよび前記位置測定部の測定結果から前記移動オブジェクトの位置に関する情報を取得する、請求項 1 に記載の立体認知能力評価システム。

【請求項 8】

前記移動オブジェクトは仮想現実によって提供され、
前記立体認知能力評価システムは、
前記仮想現実の動画像を表示するための電子ディスプレイを含む仮想現実ヘッドセットと、
前記仮想現実において移動する前記移動オブジェクトの動画像を前記電子ディスプレイに表示させる移動オブジェクト表示部とをさらに備え、
前記位置取得部は、前記移動オブジェクト表示部で表示される前記仮想現実における前記移動オブジェクトの位置を取得する、請求項 1 に記載の立体認知能力評価システム。

【請求項 9】

被測定者に操作されて移動する移動オブジェクトの挙動の変化に基づいて前記被測定者の立体認知能力を評価するための立体認知能力評価システムであって、
前記移動オブジェクトの挙動に関する情報を取得する挙動取得部と、
学習済みの特定モデルを用いて前記立体認知能力を判定する立体認知能力判定部とを備え、
前記特定モデルの説明変数は、前記移動オブジェクトの進行方向において前記移動オブジェクトよりも先行する基準オブジェクトと前記移動オブジェクトとの間の第 1 距離を少なくとも 1 回時間微分した値から導かれる第 1 特徴量、および前記移動オブジェクトの進行方向に沿う基準線と前記移動オブジェクトとの間の第 2 距離に関する第 2 特徴量の少なくとも 1 つを含み、
前記特定モデルは、前記移動オブジェクトの操作者の立体認知能力によって予めラベル付けされた、当該操作者によって操作されて移動する前記移動オブジェクトの位置に関する情報を教師データとする機械学習によって学習済みモデルとされる、立体認知能力評価システム。

【請求項 10】

前記挙動取得部は、前記移動オブジェクトの位置に関する情報を取得し、
前記第 1 特徴量および / または前記第 2 特徴量は、前記移動オブジェクトの位置に関する情報から導かれる、請求項 9 に記載の立体認知能力評価システム。

【請求項 11】

前記挙動取得部は、前記移動オブジェクトの加速度に関する情報を取得し、
前記立体認知能力判定部は、前記第 2 特徴量から前記立体認知能力を判定する、請求項 9 に記載の立体認知能力評価システム。

【請求項 12】

10

20

30

40

50

前記第2特徴量は、前記移動オブジェクトの加速度から導かれる、請求項1.1に記載の立体認知能力評価システム。

【請求項1.3】

前記移動オブジェクトに搭載された移動記録装置をさらに備え、
前記移動記録装置は、前記移動オブジェクトから前記移動オブジェクトの進行方向を見た場合の動画データを生成するカメラと、

前記移動オブジェクトの加速度を測定する加速度センサとを含み、

前記挙動取得部は、前記動画データおよび前記加速度センサの測定結果から前記移動オブジェクトの加速度に関する情報を取得する、請求項1.1に記載の立体認知能力評価システム。

10

【請求項1.4】

前記被測定者の端末装置と、

前記立体認知能力判定部の判定結果を前記端末装置に送信する通信部とをさらに備える、請求項1.~1.3のいずれか1項に記載の立体認知能力評価システム。

【請求項1.5】

被測定者に操作されて移動する移動オブジェクトの位置の変化に基づいて前記被測定者の立体認知能力を評価するための立体認知能力評価装置であって、

前記移動オブジェクトの位置に関する情報を取得する位置取得部と、
学習済みの特定モデルを用いて前記立体認知能力を判定する立体認知能力判定部と、
前記位置取得部および前記立体認知能力判定部を収容する筐体とを備え、

20

前記特定モデルの説明変数は、前記移動オブジェクトの進行方向において前記移動オブジェクトよりも先行する基準オブジェクトと前記移動オブジェクトとの間の第1距離を少なくとも1回時間微分した値から導かれる第1特徴量、および前記移動オブジェクトの進行方向に沿う基準線と前記移動オブジェクトとの間の第2距離から導かれる第2特徴量の少なくとも1つを含み、

前記特定モデルは、前記移動オブジェクトの操作者の立体認知能力によって予めラベル付けされた、当該操作者によって操作されて移動する前記移動オブジェクトの位置に関する情報を教師データとする機械学習によって学習済みモデルとされる、立体認知能力評価装置。

【請求項1.6】

30

被測定者に操作されて移動する移動オブジェクトの挙動の変化に基づいて前記被測定者の立体認知能力を評価するための立体認知能力評価装置であって、

前記移動オブジェクトの挙動に関する情報を取得する挙動取得部と、
学習済みの特定モデルを用いて前記立体認知能力を判定する立体認知能力判定部と、
前記挙動取得部および前記立体認知能力判定部を収容する筐体とを備え、

前記特定モデルの説明変数は、前記移動オブジェクトの進行方向において前記移動オブジェクトよりも先行する基準オブジェクトと前記移動オブジェクトとの間の第1距離を少なくとも1回時間微分した値から導かれる第1特徴量、および前記移動オブジェクトの進行方向に沿う基準線と前記移動オブジェクトとの間の第2距離に関する第2特徴量の少なくとも1つを含み、

40

前記特定モデルは、前記移動オブジェクトの操作者の立体認知能力によって予めラベル付けされた、当該操作者によって操作されて移動する前記移動オブジェクトの位置に関する情報を教師データとする機械学習によって学習済みモデルとされる、立体認知能力評価装置。

【請求項1.7】

コンピュータによって実行されることにより、前記コンピュータに、被測定者に操作されて移動する移動オブジェクトの位置の変化に基づいて前記被測定者の立体認知能力を評価するための立体認知能力評価装置を構成させるための立体認知能力評価プログラムであって、前記立体認知能力評価装置は、

前記移動オブジェクトの位置に関する情報を取得する位置取得部と、

50

学習済みの特定モデルを用いて前記立体認知能力を判定する立体認知能力判定部とを備え、前記特定モデルの説明変数は、前記移動オブジェクトの進行方向において前記移動オブジェクトよりも先行する基準オブジェクトと前記移動オブジェクトとの間の第1距離を少なくとも1回時間微分した値から導かれる第1特徴量、および前記移動オブジェクトの進行方向に沿う基準線と前記移動オブジェクトとの間の第2距離から導かれる第2特徴量の少なくとも1つを含み、

前記特定モデルは、前記移動オブジェクトの操作者の立体認知能力によって予めラベル付けされた、当該操作者によって操作されて移動する前記移動オブジェクトの位置に関する情報を教師データとする機械学習によって学習済みモデルとされる、立体認知能力評価プログラム。

10

【請求項18】

コンピュータによって実行されることにより、前記コンピュータに、被測定者に操作されて移動する移動オブジェクトの挙動の変化に基づいて前記被測定者の立体認知能力を評価するための立体認知能力評価装置を構成させるための立体認知能力評価プログラムであって、前記立体認知能力評価装置は、

前記移動オブジェクトの挙動に関する情報を取得する挙動取得部と、
学習済みの特定モデルを用いて前記立体認知能力を判定する立体認知能力判定部とを備え、前記特定モデルの説明変数は、前記移動オブジェクトの進行方向において前記移動オブジェクトよりも先行する基準オブジェクトと前記移動オブジェクトとの間の第1距離を少なくとも1回時間微分した値から導かれる第1特徴量、および前記移動オブジェクトの進行方向に沿う基準線と前記移動オブジェクトとの間の第2距離に関する第2特徴量の少なくとも1つを含み、

20

前記特定モデルは、前記移動オブジェクトの操作者の立体認知能力によって予めラベル付けされた、当該操作者によって操作されて移動する前記移動オブジェクトの位置に関する情報を教師データとする機械学習によって学習済みモデルとされる、立体認知能力評価プログラム。

【請求項19】

コンピュータによって実行されることにより、前記コンピュータに、被測定者に操作されて移動する移動オブジェクトの位置の変化に基づいて前記被測定者の立体認知能力を評価させるための立体認知能力評価方法であって、

30

前記移動オブジェクトの位置に関する情報を取得するステップと、
学習済みの特定モデルを用いて前記立体認知能力を判定するステップとを含み、前記特定モデルの説明変数は、前記移動オブジェクトの進行方向において前記移動オブジェクトよりも先行する基準オブジェクトと前記移動オブジェクトとの間の第1距離を少なくとも1回時間微分した値から導かれる第1特徴量、および前記移動オブジェクトの進行方向に沿う基準線と前記移動オブジェクトとの間の第2距離から導かれる第2特徴量の少なくとも1つを含み、

前記特定モデルは、前記移動オブジェクトの操作者の立体認知能力によって予めラベル付けされた、当該操作者によって操作されて移動する前記移動オブジェクトの位置に関する情報を教師データとする機械学習によって学習済みモデルとされる、立体認知能力評価方法。

40

【請求項20】

コンピュータによって実行されることにより、前記コンピュータに、被測定者に操作されて移動する移動オブジェクトの挙動の変化に基づいて前記被測定者の立体認知能力を評価させるための立体認知能力評価方法であって、

前記移動オブジェクトの挙動に関する情報を取得するステップと、
学習済みの特定モデルを用いて前記立体認知能力を判定するステップとを含み、前記特定モデルの説明変数は、前記移動オブジェクトの進行方向において前記移動オブジェクトよりも先行する基準オブジェクトと前記移動オブジェクトとの間の第1距離を少なくとも1回時間微分した値から導かれる第1特徴量、および前記移動オブジェクトの進行

50

方向に沿う基準線と前記移動オブジェクトとの間の第 2 距離に関する第 2 特徴量の少なくとも 1 つを含み、

前記特定モデルは、前記移動オブジェクトの操作者の立体認知能力によって予めラベル付けされた、当該操作者によって操作されて移動する前記移動オブジェクトの位置に関する情報を教師データとする機械学習によって学習済みモデルとされる、立体認知能力評価方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、立体認知能力評価システム、立体認知能力評価装置、立体認知能力評価プログラム、および立体認知能力評価方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

従来、被測定者の反応に基づいて被測定者の認知機能を評価するシステムが知られている。たとえば、特許第 6000968 号公報（特許文献 1）には、視覚に関する測定を利用して認知機能を評価するシステムとして、携帯型タッチスクリーンパーソナルコンピューティングデバイスを使用したシステムが開示されている。当該システムにおいては、表示された認知評価刺激に対する反応速度に基づき個人の認知評価を実行する。認知評価試験においては、パーソナルコンピューティングデバイスのディスプレイに文字が表示されてから、ボタンの押下というユーザの応答までの反応時間が測定される。

20

【0003】

特表 2015 - 502238 号公報（特許文献 2）には、被験者が短時間提示される視覚刺激を見つける検査を含む、被験者の周辺視野をマッピングするためのビデオゲームを提供するシステムが開示されている。当該システムにおいては、ディスプレイにターゲットが表示され、それに対するユーザの反応に基づいて、緑内障の視野欠損の計測が行われる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特許第 6000968 号公報

30

【文献】特表 2015 - 502238 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

立体認知能力は、物体の遠近を認識し、それに適切に対応できるかという能力であり、たとえば、遠近感としても表現され得る。近年、高齢者などで認知機能が低下する際に、立体認知能力も同様に低下するという傾向が知られている。そのため、立体認知能力を評価することは、認知機能の評価に近い効果を有する可能性がある。

【0006】

しかし、特許文献 1 に開示されているシステムにおいては、表示した物体が移動されるが、当該物体に対するユーザの遠近感に関しては考慮されていない。また、当該システムにおいては、被測定者の集中度、あるいは操作方法の習熟度のような各種属性によっても認知機能の測定結果が左右されるため、ユーザの立体認知能力を客観的に評価することは困難である。さらに、特許文献 2 に開示されているシステムにおいては、被験者とモニタとの間の距離は計測されるが、表示されるターゲットに対する被験者の遠近感に関しては考慮されていない。

40

【0007】

本開示は、上述のような課題を解決するためになされたものであり、その目的は、立体認知能力の客観的な評価を実現することである。

【課題を解決するための手段】

50

【 0 0 0 8 】

本開示の一局面に係る立体認知能力評価システムは、被測定者に操作されて移動する移動オブジェクトの位置の変化に基づいて被測定者の立体認知能力を評価する。立体認知能力評価システムは、位置取得部と、立体認知能力判定部とを備える。位置取得部は、移動オブジェクトの位置に関する情報を取得する。立体認知能力判定部は、移動オブジェクトの進行方向において移動オブジェクトよりも先行する基準オブジェクトと移動オブジェクトとの間の第1距離を少なくとも1回時間微分した値から導かれる第1特徴量、および移動オブジェクトの進行方向に沿う基準線と移動オブジェクトとの間の第2距離から導かれる第2特徴量の少なくとも1つから被測定者の立体認知能力を判定する。

【 0 0 0 9 】

本開示の他の局面に係る立体認知能力評価システムは、被測定者に操作されて移動する移動オブジェクトの挙動の変化に基づいて被測定者の立体認知能力を評価する。立体認知能力評価システムは、挙動取得部と、立体認知能力判定部とを備える。挙動取得部は、移動オブジェクトの挙動に関する情報を取得する。立体認知能力判定部は、移動オブジェクトの進行方向において移動オブジェクトよりも先行する基準オブジェクトと移動オブジェクトとの間の第1距離を少なくとも1回時間微分した値から導かれる第1特徴量、および移動オブジェクトの進行方向に沿う基準線と移動オブジェクトとの間の第2距離に関する第2特徴量の少なくとも1つから立体認知能力を判定する。

【 0 0 1 0 】

本開示の他の局面に係る立体認知能力評価装置は、被測定者に操作されて移動する移動オブジェクトの位置の変化に基づいて被測定者の立体認知能力を評価する。立体認知能力評価装置は、位置取得部と、立体認知能力判定部と、筐体とを備える。位置取得部は、移動オブジェクトの位置に関する情報を取得する。立体認知能力判定部は、移動オブジェクトの進行方向において移動オブジェクトよりも先行する基準オブジェクトと移動オブジェクトとの間の第1距離を少なくとも1回時間微分した値から導かれる第1特徴量、および移動オブジェクトの進行方向に沿う基準線と移動オブジェクトとの間の第2距離から導かれる第2特徴量の少なくとも1つから被測定者の立体認知能力を判定する。筐体は、位置取得部および立体認知能力判定部を収容する。

【 0 0 1 1 】

本開示の他の局面に係る立体認知能力評価装置は、被測定者に操作されて移動する移動オブジェクトの挙動の変化に基づいて被測定者の立体認知能力を評価する。立体認知能力評価装置は、挙動取得部と、立体認知能力判定部と、筐体とを備える。挙動取得部は、移動オブジェクトの挙動に関する情報を取得する。立体認知能力判定部は、移動オブジェクトの進行方向において移動オブジェクトよりも先行する基準オブジェクトと移動オブジェクトとの間の第1距離を少なくとも1回時間微分した値から導かれる第1特徴量、および移動オブジェクトの進行方向に沿う基準線と移動オブジェクトとの間の第2距離に関する第2特徴量の少なくとも1つから立体認知能力を判定する。筐体は、挙動取得部および立体認知能力判定部を収容する。

【 0 0 1 2 】

本開示の他の局面に係る立体認知能力評価プログラムは、コンピュータによって実行されることにより、コンピュータに、被測定者に操作されて移動する移動オブジェクトの位置の変化に基づいて被測定者の立体認知能力を評価するための立体認知能力評価装置を構成させる。立体認知能力評価装置は、位置取得部と、立体認知能力判定部とを備える。位置取得部は、移動オブジェクトの位置に関する情報を取得する。立体認知能力判定部は、移動オブジェクトの進行方向において移動オブジェクトよりも先行する基準オブジェクトと移動オブジェクトとの間の第1距離を少なくとも1回時間微分した値から導かれる第1特徴量、および移動オブジェクトの進行方向に沿う基準線と移動オブジェクトとの間の第2距離から導かれる第2特徴量の少なくとも1つから被測定者の立体認知能力を評価する。

【 0 0 1 3 】

本開示の他の局面に係る立体認知能力評価プログラムは、コンピュータによって実行さ

10

20

30

40

50

れることにより、コンピュータに、被測定者に操作されて移動する移動オブジェクトの挙動の変化に基づいて被測定者の立体認知能力を評価するための立体認知能力評価装置を構成させる。立体認知能力評価装置は、挙動取得部と、立体認知能力判定部とを備える。挙動取得部は、移動オブジェクトの挙動に関する情報を取得する。立体認知能力判定部は、移動オブジェクトの進行方向において移動オブジェクトよりも先行する基準オブジェクトと移動オブジェクトとの間の第1距離を少なくとも1回時間微分した値から導かれる第1特徴量、および移動オブジェクトの進行方向に沿う基準線と移動オブジェクトとの間の第2距離に関する第2特徴量の少なくとも1つから立体認知能力を評価する。

【0014】

本開示の他の局面に係る立体認知能力評価方法は、被測定者に操作されて移動する移動オブジェクトの位置の変化に基づいて被測定者の立体認知能力を評価する。立体認知能力評価方法は、移動オブジェクトの位置に関する情報を取得するステップを含む。立体認知能力評価方法は、移動オブジェクトの進行方向において移動オブジェクトよりも先行する基準オブジェクトと移動オブジェクトとの間の第1距離を少なくとも1回時間微分した値から導かれる第1特徴量、および移動オブジェクトの進行方向に沿う基準線と移動オブジェクトとの間の第2距離から導かれる第2特徴量の少なくとも1つから被測定者の立体認知能力を判定するステップをさらに含む。

10

【0015】

本開示の他の局面に係る立体認知能力評価方法は、被測定者に操作されて移動する移動オブジェクトの挙動の変化に基づいて被測定者の立体認知能力を評価する。立体認知能力評価方法は、移動オブジェクトの挙動に関する情報を取得するステップを含む。立体認知能力評価方法は、移動オブジェクトの進行方向において移動オブジェクトよりも先行する基準オブジェクトと移動オブジェクトとの間の第1距離を少なくとも1回時間微分した値から導かれる第1特徴量、および移動オブジェクトの進行方向に沿う基準線と移動オブジェクトとの間の第2距離に関する第2特徴量の少なくとも1つから立体認知能力を判定するステップをさらに含む。

20

【発明の効果】

【0016】

本開示に係る立体認知能力評価システム、立体認知能力評価装置、立体認知能力評価プログラム、および立体認知能力評価方法によれば、基準オブジェクトと移動オブジェクトとの間の第1距離を少なくとも1回時間微分した値から導かれる第1特徴量、および基準線と移動オブジェクトとの間の第2距離に関する第2特徴量の少なくとも1つから被測定者の立体認知能力を判定することにより、被測定者の立体認知能力の客観的な評価を実現することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】実施の形態1に係る立体認知能力評価システムの構成を示すブロック図である。

【図2】図1の立体認知能力評価システムのハードウェア構成を示す図である。

【図3】図2のプロセッサの、立体認知能力の評価機能の構成を示す機能ブロック図である。

40

【図4】図2のプロセッサの、機械学習機能の構成を示す機能ブロック図である。

【図5】図2の評価モデルに入力される特徴量を導出するために必要な自動車に関する距離を説明するための図である。

【図6】図5の先行車および自動車の各々の速度のタイムチャートである。

【図7】図6のタイムチャートにおいて先行車が等速走行している区間が特定された結果を示すタイムチャートである。

【図8】複数の区間の走行データから導出される複数の特徴量を示す図である。

【図9】立体認知能力が高いことを意味するラベルが付された運転者によって自動車が運転される場合の、図5の先行車の軌跡および自動車の軌跡を併せて示す図である。

【図10】立体認知能力が低いことを意味するラベルが付された運転者によって自動車が

50

運転される場合の、図 5 の先行車の軌跡および自動車の軌跡を併せて示す図である。

【図 1 1】図 2 の決定木の一例であり、間隔加速度から導かれる特徴量を説明変数として含む決定木を示す図である。

【図 1 2】図 1 1 の決定木の分類対象に立体認知能力が低い運転者を追加した場合の分類結果を示す図である。

【図 1 3】図 2 の決定木の他の例であり、スライド量の絶対値およびスライド速度の絶対値から導かれる特徴量を説明変数として含む決定木 D T 2 を示す図である。

【図 1 4】図 2 の決定木の他の例であり、スライド量の絶対値、スライド速度の絶対値、およびスライド加速度の絶対値から導かれる特徴量を説明変数として含む決定木を示す図である。

10

【図 1 5】図 2 の決定木の他の例であり、スライド量の絶対値、スライド速度の絶対値、およびスライド加速度の絶対値から導かれる特徴量を説明変数として含む決定木を示す図である。

【図 1 6】図 2 の決定木の他の例であり、スライド量から導かれる特徴量を説明変数として含む決定木を示す図である。

【図 1 7】図 2 の決定木の他の例であり、スライド量から導かれる特徴量を説明変数として含む決定木を示す図である。

【図 1 8】図 2 の立体認知能力評価プログラムを実行するプロセッサによって行われる立体認知能力評価方法における処理の流れを示すフローチャートである。

【図 1 9】実施の形態 1 の変形例に係る立体認知能力評価システムの構成を示すブロック図である。

20

【図 2 0】図 1 9 の立体認知能力評価システムのハードウェア構成を示す図である。

【図 2 1】実施の形態 2 に係る立体認知能力評価システムにおいて、被測定者の立体認知能力がドライブシミュレーションによる測定テストによって測定されている様子を示す図である。

【図 2 2】図 2 1 の立体認知能力評価システムによるドライブシミュレーションにおいて立体認知能力評価装置を介して被測定者に表示される画面の一例を示す図である。

【図 2 3】図 2 1 の立体認知能力評価装置の外観斜視図である。

【図 2 4】図 2 3 の立体認知能力評価装置のハードウェア構成を示す図である。

【図 2 5】眼の機能の測定に使用する視標の概念を表わす図である。

30

【図 2 6】瞳孔近距離反射による、視標距離（被測定者の眼と視標の間の距離）と瞳孔径との関係を示す図である。

【図 2 7】視標距離と瞳孔位置（輻輳開散運動）との関係を示す図である。

【図 2 8】図 2 4 のプロセッサの立体認知能力の評価機能の構成を示す機能ブロック図である。

【図 2 9】図 2 4 の立体認知能力評価プログラムを実行するプロセッサによって行われる立体認知能力評価方法における処理の流れを示すフローチャートである。

【図 3 0】実施の形態 3 に係る立体認知能力評価システムのハードウェア構成を示す図である。

【図 3 1】図 3 0 のプロセッサの、立体認知能力の評価機能の構成を示す機能ブロック図である。

40

【図 3 2】図 3 0 のプロセッサの、機械学習機能の構成を示す機能ブロック図である。

【図 3 3】実施の形態 3 の変形例に係る立体認知能力評価システムのハードウェア構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本開示の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は原則として繰り返さない。

【0019】

[実施の形態 1]

50

図 1 は、実施の形態 1 に係る立体認知能力評価システム 100 の構成を示すブロック図である。図 1 に示されるように、立体認知能力評価システム 100 は、情報処理装置 110 (立体認知能力評価装置) と、被測定者 S b 1 の端末装置 800 と、自動車 C s 1 (移動オブジェクト) に搭載されたドライブレコーダ 900 (移動記録装置) とを備える。情報処理装置 110 と、端末装置 800 と、自動車 C s 1 と、ドライブレコーダ 900 とは、ネットワーク N W を介して互いに接続されている。ネットワーク N W は、たとえばインターネット、L A N (Local Area Network)、あるいはクラウドシステムを含む。

【0020】

被測定者 S b 1 は、立体認知能力評価システム 100 によって立体認知能力が測定される対象である。被測定者 S b 1 は、自動車 C s 1 に乗車して自動車 C s 1 を運転する。被測定者 S b 1 によって運転された自動車 C s 1 の走行データ (動画データ) は、ドライブレコーダ 900 によって記録される。

10

【0021】

情報処理装置 110 は、ドライブレコーダ 900 から被測定者 S b 1 の走行データを取得する。情報処理装置 110 は、当該走行データから被測定者 S b 1 に操作されて移動する自動車 C s 1 の位置の変化を特徴付ける指標 (特徴量) を導出する。情報処理装置 110 は、当該特徴量に基づいて被測定者 S b 1 の立体認知能力を評価する。情報処理装置 110 は、立体認知能力の評価結果を被測定者 S b 1 の端末装置 800 に送信する。情報処理装置 110 は、たとえばパーソナルコンピュータあるいはワークステーションを含む。情報処理装置 110 は、自動車 C s 1 に搭載されていてもよい。

20

【0022】

被測定者 S b 1 は、端末装置 800 とネットワーク N W との接続を確立可能な場所であればどこにいても端末装置 800 を参照することにより、当該評価結果を確認することができる。端末装置 800 は、たとえば無線通信が可能なスマートフォンを含む。

【0023】

図 2 は、図 1 の立体認知能力評価システム 100 のハードウェア構成を示す図である。図 2 に示されるように、情報処理装置 110 は、プロセッサ 101 と、R A M (Random Access Memory) 102 と、ストレージ 103 と、通信部 104 と、メモリインターフェース 105 と、筐体 H s 1 とを含む。筐体 H s 1 は、プロセッサ 101 と、R A M (Random Access Memory) 102 と、ストレージ 103 と、通信部 104 と、メモリインターフェース 105 とを収容している。

30

【0024】

プロセッサ 101 は、情報処理装置 110 の動作を制御する各種の機能を実行するための処理回路である。プロセッサ 101 は、たとえばコンピュータのような情報機器を動作させる C P U (Central Processing Unit) あるいは G P U (Graphics Processing Unit) を含む。

【0025】

R A M 102 は、揮発性メモリを含む。R A M 102 は、プロセッサ 101 が動作する際のワークエリア、あるいは一時的なデータの格納領域などとして使用される。

【0026】

ストレージ 103 は、たとえばフラッシュ R O M (Read Only Memory) あるいは S S D (Solid State Drive) のような不揮発性メモリを含む。ストレージ 103 には、コンピュータプログラムおよびその実行時に参照されるデータが保存されている。たとえば、ストレージ 103 には、当該コンピュータプログラムとして、O S (Operating System) プログラム (不図示) と、立体認知能力評価プログラム 103 a と、機械学習プログラム 103 b とが保存されている。また、ストレージ 103 には、コンピュータプログラムの実行時に参照されるデータとして、評価モデル 103 c (特定モデル) と、学習データ 103 d とが保存されている。

40

【0027】

評価モデル 103 c は、被測定者 S b 1 の走行データから導かれた特徴量から被測定者

50

S b 1 の立体認知能力を評価する。評価モデル 1 0 3 c は、被測定者 S b 1 の立体認知能力を予め定められた複数のレベルのいずれかに分類する分類モデルであってもよいし、当該立体認知能力に対応する数値を出力する回帰モデルであってもよい。当該評価モデル 1 0 3 c は、立体認知能力評価プログラム 1 0 3 a によって参照される。評価モデル 1 0 3 c は、決定木 D T (Decision Tree) を含む。評価モデル 1 0 3 c は、たとえば、ニューラルネットワークあるいはサポートベクターマシンを含んでいてもよい。学習データ 1 0 3 d は、機械学習プログラム 1 0 3 b によって参照される。機械学習プログラム 1 0 3 b は、機械学習アルゴリズムとして、たとえば C A R T (Classification and Regression Trees) を実行する。学習データ 1 0 3 d は、運転者の認知能力によって予めラベル付けされた当該運転者の走行データ (教師データ) を含む。走行データに付されるラベルとしては、たとえば、メンタルローテーション課題、視覚能力評価テスト、「見る力」理解力テスト、K - A B C (Kaufman Assessment Battery for Children) 検査、視覚スキル検査、運動除外視覚認知テストなどの既存の視空間認知評価バッテリー、運転者の運転技能、職業、年齢、または運転歴等 (被測定者の属性に関する情報) から予め判断された立体認知能力のレベルを挙げることができる。

10

【 0 0 2 8 】

通信部 1 0 4 は、ネットワーク N W を介して、端末装置 8 0 0、自動車 C s 1、およびドライブレコーダ 9 0 0 の各々と通信する。通信部 1 0 4 とネットワーク N W とは、有線通信 (たとえばイーサネット (登録商標)) によって接続されてもよいし、無線通信 (たとえば W i - F i (登録商標)) によって接続されてもよい。

20

【 0 0 2 9 】

メモリインターフェース 1 0 5 は、情報処理装置 1 1 0 の外部の記憶媒体へのアクセスを可能にする。メモリインターフェース 1 0 5 は、S D (Secure Digital) カードおよび U S B (Universal Serial Bus) に対応する。

【 0 0 3 0 】

情報処理装置 1 1 0 には、ユーザからの入力を受けるとともに、プロセッサ 1 0 1 の処理結果をユーザに表示する入出力部 (不図示) が接続されていてもよい。当該入出力部は、たとえば、ディスプレイ、タッチパネル、キーボード、スピーカ、ランプ、およびマウスを含む。

【 0 0 3 1 】

ドライブレコーダ 9 0 0 は、プロセッサ 9 0 1 と、カメラ 9 0 2 と、R A M 9 0 3 と、通信部 9 0 4 と、ストレージ 9 0 5 と、メモリインターフェース 9 0 6 と、位置測定部 9 0 7 とを含む。プロセッサ 9 0 1、R A M 9 0 3、通信部 9 0 4、メモリインターフェース 9 0 6 は、情報処理装置 1 1 0 のプロセッサ 1 0 1、R A M 1 0 2、通信部 1 0 4、メモリインターフェース 1 0 5 とそれぞれほぼ同様の機能を有するため、プロセッサ 9 0 1、R A M 9 0 3、通信部 9 0 4、およびメモリインターフェース 9 0 6 の当該機能についての説明を繰り返さない。

30

【 0 0 3 2 】

カメラ 9 0 2 は、自動車 C s 1 の運転席から自動車 C s 1 の進行方向を見た場合の走行データ 9 0 5 a を生成する。走行データ 9 0 5 a は、ストレージ 9 0 5 に保存される。走行データ 9 0 5 a は、通信部 9 0 4 によって情報処理装置 1 1 0 に送信される。位置測定部 9 0 7 は、G P S (Global Positioning System) 等の G N S S (Global Navigation Satellite System) を利用して自動車 C s 1 の位置を測定する。

40

【 0 0 3 3 】

自動車 C s 1 は、自動車 C s 1 を操作する被測定者 S b 1 の反応に関するデータを情報処理装置 1 1 0 に送信する。具体的には、自動車 C s 1 は、ハンドル、アクセルペダル、およびブレーキペダル等への被測定者の入力情報 (たとえば、ハンドルの回転角、アクセルペダルの踏度、およびブレーキペダルの踏度) に基づいて、被測定者 S b 1 の反応に関するデータを情報処理装置 1 1 0 に送信する。なお、反応とは、移動オブジェクトの遠近を認識し、対応することを意味する。

50

【 0 0 3 4 】

立体認知能力評価システム 1 0 0 の立体認知能力の評価機能は、ストレージ 1 0 3 に保存された立体認知能力評価プログラム 1 0 3 a をプロセッサ 1 0 1 が読み出して R A M 1 0 2 のワークエリアを利用して実行することにより実現される。立体認知能力評価プログラム 1 0 3 a が実行されることにより立体認知能力評価に関する各種の機能を実現するモジュールが形成され、当該モジュールが当該機能を実現する動作を実行する。

【 0 0 3 5 】

図 3 は、図 2 のプロセッサ 1 0 1 の、立体認知能力の評価機能の構成を示す機能ブロック図である。立体認知能力評価システム 1 0 0 においては、ストレージ 1 0 3 に保存された立体認知能力評価プログラム 1 0 3 a がプロセッサ 1 0 1 によって実行されることにより、位置取得部 1 0 1 b、反応入力部 1 0 1 d、および立体認知能力判定部 1 0 1 e という機能ブロックを形成するモジュールが構成される。したがって、図 3 においては、図 2 のプロセッサ 1 0 1 および立体認知能力評価プログラム 1 0 3 a に替えて、それらによって実現される機能ブロックが示されている。以下、それらの機能ブロックについて説明する。

10

【 0 0 3 6 】

位置取得部 1 0 1 b は、ドライブレコーダ 9 0 0 から被測定者 S b 1 の走行データおよび自動車 C s 1 の位置の測定結果（測位結果）を取得する。位置取得部 1 0 1 b は、当該走行データおよび測位結果から自動車 C s 1 の位置に関する情報を取得する。位置取得部 1 0 1 b は、立体認知能力判定部 1 0 1 e に自動車 C s 1 の位置に関する情報を出力する。自動車 C s 1 の位置に関する情報は、自動車 C s 1 と先行する別の自動車（先行車）との間の車間距離を 1 回時間微分した値（間隔速度）、当該距離を 2 回時間微分した値（間隔加速度）、自動車 C s 1 の進行方向に沿う基準線と自動車 C s 1 との間の距離（スライド量）、スライド量を 1 回時間微分した値（スライド速度）、およびスライド量を 2 回時間微分した値（スライド加速度）の少なくとも 1 つを導出可能な情報を含む。たとえば、自動車 C s 1 の位置に関する情報は、時刻と自動車 C s 1 の三次元空間座標との対応関係、少なくとも 1 つの基準位置の各々の三次元空間座標、および三次元空間における基準線を特定可能な情報を含む。

20

【 0 0 3 7 】

反応入力部 1 0 1 d は、被測定者 S b 1 が認識した自動車 C s 1 の三次元位置に対応してなされる被測定者 S b 1 の能動的な反応の入力を受ける。反応入力部 1 0 1 d は、自動車 C s 1 のハンドル、アクセルペダル、およびブレーキペダル等への被測定者の入力情報に基づいて、自動車 C s 1 を運転する被測定者 S b 1 の反応を特定する。反応入力部 1 0 1 d は、当該反応に関する情報を立体認知能力判定部 1 0 1 e に出力する。

30

【 0 0 3 8 】

なお、能動的な反応とは、所定の目的を達成するための積極的な操作を意味し、具体的には、自動車 C s 1 の位置によって位置が動的に定められる目標に対して行なわれる操作を意味する。能動的な反応には、たとえば、自動車 C s 1 を所定の場所に近付ける操作が含まれる。この場合、自動車 C s 1 の位置によって、自動車 C s 1 の位置と所定の場所の位置との差分が動的に決定され、当該差分を減少させることが目標となる。また、能動的な反応には、たとえば、自動車 C s 1 と先行して走行する別の自動車（先行車）との間の距離を一定に保つ操作が含まれる。この場合、先行車の位置によって、先行車と自動車 C s 1 との差分が動的に決定され、当該差分を一定に保つことが目標となる。

40

【 0 0 3 9 】

立体認知能力判定部 1 0 1 e は、自動車 C s 1 の位置に関する情報に基づいて、自動車 C s 1 の間隔速度、間隔加速度、スライド量の絶対値、スライド速度の絶対値、スライド加速度の絶対値、スライド量、スライド速度、およびスライド加速度の少なくとも 1 つから導かれる特徴量を導出する。立体認知能力判定部 1 0 1 e は、評価モデル 1 0 3 c を用いて、当該特徴量から、被測定者 S b 1 の立体認知能力を判定する。被測定者 S b 1 の立体認知能力の判定に、反応入力部 1 0 1 d からの反応に関する情報が使用されてもよい。

50

立体認知能力判定部 101e は、通信部 104 を介して、立体認知能力の評価結果を被測定者 Sb1 の端末装置 800 に送信する。

【0040】

立体認知能力評価システム 100 においては、プロセッサ 101 によって機械学習プログラム 103b が実行されることにより、情報処理装置 110 が学習済みの評価モデル 103c を生成する学習装置として機能する。

【0041】

図 4 は、図 2 のプロセッサ 101 の、機械学習機能の構成を示す機能ブロック図である。図 4 に示されるように、立体認知能力評価システム 100 においては、機械学習プログラム 103b がプロセッサ 101 によって実行されることにより、位置取得部 111b、および学習部 101f という機能ブロックを形成するモジュールが構成される。したがって、図 4 においては、図 2 のプロセッサ 101 および機械学習プログラム 103b に替えて、それらによって実現される機能ブロックが示されている。以下、それらの機能ブロックについて説明する。

【0042】

位置取得部 111b は、学習データ 103d から走行データを取得する。位置取得部 111b は、図 3 の位置取得部 101b と同様に、当該走行データに対応する自動車の位置に関する情報を取得する。位置取得部 111b は、学習部 101f に当該自動車の位置に関する情報および当該走行データに付されたラベルを出力する。

【0043】

学習部 101f は、位置取得部 111b から取得した自動車の位置に関する情報に基づいて、当該自動車の間隔速度、間隔加速度、スライド量の絶対値、スライド速度の絶対値、スライド加速度の絶対値、スライド量、スライド速度、およびスライド加速度の少なくとも 1 つから導かれる特徴量を導出する。学習部 101f は、当該特徴量および当該自動車の位置に関する情報に付されたラベルを用いて評価モデル 103c に対して機械学習を行って、評価モデル 103c を学習済みモデルとする。たとえば、学習部 101f は、CART を実行することにより、当該特徴量に対応する運転者の立体認知能力を目的変数とするとともに、当該特徴量を説明変数とする決定木 DT を生成する。

【0044】

基準オブジェクトと移動オブジェクトとの間隔を第 1 距離と定義し、移動オブジェクトの進行方向に沿う基準線と移動オブジェクトとの間の距離（スライド量）を第 2 距離と定義すると、本開示は以下のような範囲の実施の態様を含む。

【0045】

すなわち、本開示の立体認知能力評価システムは、被測定者に操作されて移動する移動オブジェクトの位置の変化に基づいて被測定者の立体認知能力を評価する。立体認知能力評価システムは、位置取得部と、立体認知能力判定部とを備える。位置取得部は、移動オブジェクトの位置に関する情報を取得する。

【0046】

立体認知能力判定部は、移動オブジェクトの進行方向において移動オブジェクトよりも先行する基準オブジェクトと移動オブジェクトとの間の第 1 距離に関する第 1 特徴量、および移動オブジェクトの進行方向に沿う基準線と移動オブジェクトとの間の第 2 距離に関する第 2 特徴量の少なくとも 1 つから被測定者の立体認知能力を判定する。

【0047】

また、上記位置取得部は、上記移動オブジェクトの位置に関する情報を取得し、上記第 1 特徴量および/または上記第 2 特徴量は、上記移動オブジェクトの位置に関する情報から導かれる。上記第 1 特徴量は、第 1 距離の値、第 1 距離を 1 回時間微分した値、第 1 距離を 2 回時間微分した値のいずれか 1 から導かれてもよい。上記第 2 特徴量は、第 2 距離の値、第 2 距離を 1 回時間微分した値、第 2 距離を 2 回時間微分した値のいずれか 1 つから導かれてもよい。

【0048】

10

20

30

40

50

図5は、図2の評価モデル103cに入力される特徴量を導出するために必要な自動車Cs1に関する距離を説明するための図である。図5に示されるように、被測定者Sb1によって運転される自動車Cs1に先行して、先行車Ca1が走行している。先行車Ca1および自動車Cs1は、進行方向Dr1に沿って走行している。スライド方向Dr2は、進行方向Dr1に直交する。先行車Ca1は、先行車Ca1の位置として定義された基準位置Pr1を含む。自動車Cs1は、自動車Cs1の位置として定義された基準位置Pr0を含む。自動車Cs1と先行車Ca1との間の距離（第1距離）は、基準位置Pr0から基準位置Pr1に向かうベクトルVc1の大きさとして定義される。

【0049】

基準線VL1は、進行方向Dr1に平行であり、基準位置Pr1を通過する。基準線VL1は、基準位置Pr2を含む。基準位置Pr2からPr0へ向かうベクトルVc2は、進行方向Dr1と直交する。自動車Cs1と基準線VL1との間の距離（第2距離）は、ベクトルVc2の大きさに、スライド方向Dr2におけるベクトルVc2の方向に応じた符号を付した値として定義される。すなわち、ベクトルVc2がスライド方向Dr2のプラス方向に向かう場合、スライド量はプラスの値となる。ベクトルVc2がスライド方向Dr2のマイナス方向に向かう場合、スライド量はマイナスの値となる。なお、スライド量は、先行車Ca1がない場合でも定義可能である。この場合の基準線VL1は、たとえば自動車Cs1が走行する車線のセンターラインである。そのため、先行車Ca1がない場合であっても、スライド量から導かれる特徴量を用いて被測定者Sb1の立体認知能力を評価可能である。

【0050】

以下では図6～図8を用いて、立体認知能力評価システム100において、被測定者Sb1の立体認知能力を評価のためにどのような特徴量が導出されるかを具体的に説明する。図6は、図5の先行車Ca1および自動車Cs1の各々の速度のタイムチャートである。グラフCvaは、サンプリングタイム毎に測定された先行車Ca1の速度と、当該サンプリングタイムとの対応関係を示す。グラフCvsは、サンプリングタイム毎に測定された自動車Cs1の速度と、当該サンプリングタイムとの対応関係を示す。

【0051】

図7は、図6のタイムチャートにおいて先行車Ca1が等速走行している区間が特定された結果を示すタイムチャートである。なお、先行車Ca1が等速走行している区間とは、先行車Ca1の速度の変化が所定の範囲に含まれている区間である。図7に示されるように、先行車Ca1が等速走行している区間として複数の区間Sc1, Sc2, Sc3, Sc4, Sc5, Sc6が特定されている。先行車Ca1が等速走行している区間として、5以下の区間が抽出されてもよいし、7以上の区間が抽出されてもよい。先行車Ca1が等速運転している区間の走行データを用いて特徴量を導出することにより、特徴量にノイズ（立体認知能力に関係性の低い情報）が含まれることを低減することができる。その結果、被測定者Sb1の立体認知能力の評価の精度を向上させることができる。なお、先行車Ca1が等速運転していない区間の走行データから導出された特徴量を用いても、被測定者Sb1の立体認知能力を評価することは可能である。

【0052】

図8は、複数の区間の走行データから導出される複数の特徴量を示す図である。なお、以下では、「X__m」は値Xの1区間の平均値（区間平均値）を表し、「X__s」は値Xの1区間の標準偏差（区間標準偏差）を表す。「X__mm」は値Xの区間平均値（区間代表値）の平均値（区間代表平均値）を表し、「X__ms」は値Xの区間平均値の標準偏差（区間代表標準偏差）を表す。「X__sm」は値Xの区間標準偏差（区間代表値）の平均値（区間代表平均値）を表し、「X__ss」は値Xの区間標準偏差の標準偏差（区間代表標準偏差）を表す。値X1は値X0が1回時間微分された値を表し、値X2は値X0が2回時間微分された値を表す。

【0053】

図8に示されるように、サンプリングタイム毎の走行データから、当該サンプリングタ

10

20

30

40

50

イムにおける車間距離 D_0 、間隔速度 D_1 、間隔加速度 D_2 、スライド量 S_0 、スライド速度 S_1 、スライド加速度 S_2 、スライド量 S_0 の絶対値 AS_0 、スライド速度の絶対値 AS_1 、およびスライド加速度の絶対値 AS_2 が算出される。

【0054】

区間 $S_c N$ (N は自然数) に着目する場合、車間距離 D_0 に関して区間平均値 D_0_m および区間標準偏差 D_0_s が特徴量として算出される。間隔速度 D_1 に関して区間平均値 D_1_m および区間標準偏差 D_1_s が特徴量として算出される。間隔加速度 D_2 に関して区間平均値 D_2_m および区間標準偏差 D_2_s が特徴量として算出される。

【0055】

スライド量 S_0 に関して区間平均値 S_0_m および区間標準偏差 S_0_s が特徴量として算出される。スライド速度 S_1 に関して区間平均値 S_1_m および区間標準偏差 S_1_s が特徴量として算出される。スライド加速度 S_2 に関して区間平均値 S_2_m および区間標準偏差 S_2_s が特徴量として算出される。

10

【0056】

スライド量 S_0 の絶対値 AS_0 に関して区間平均値 AS_0_m および区間標準偏差 AS_0_s が特徴量として算出される。スライド速度の絶対値 AS_1 に関して区間平均値 AS_1_m および区間標準偏差 AS_1_s が特徴量として算出される。スライド加速度の絶対値 AS_2 に関して区間平均値 AS_2_m および区間標準偏差 AS_2_s が特徴量として算出される。

【0057】

各区間の区間平均値 D_0_m 、 D_1_m 、 D_2_m および区間標準偏差 D_0_s 、 D_1_s 、 D_2_s から、区間代表平均値 D_0_mm 、 D_1_mm 、 D_2_mm 、 D_0_sm 、 D_1_sm 、 D_2_sm がそれぞれ特徴量として算出されるとともに、区間代表標準偏差 D_0_ms 、 D_1_ms 、 D_2_ms 、 D_0_ss 、 D_1_ss 、 D_2_ss がそれぞれ特徴量として算出される。

20

【0058】

各区間の区間平均値 S_0_m 、 S_1_m 、 S_2_m および区間標準偏差 S_0_s 、 S_1_s 、 S_2_s から、区間代表平均値 S_0_mm 、 S_1_mm 、 S_2_mm 、 S_0_sm 、 S_1_sm 、 S_2_sm がそれぞれ特徴量として算出されるとともに、区間代表標準偏差 S_0_ms 、 S_1_ms 、 S_2_ms 、 S_0_ss 、 S_1_ss 、 S_2_ss がそれぞれ特徴量として算出される。

30

【0059】

各区間の区間平均値 AS_0_m 、 AS_1_m 、 AS_2_m および区間標準偏差 AS_0_s 、 AS_1_s 、 AS_2_s から、区間代表平均値 AS_0_mm 、 AS_1_mm 、 AS_2_mm 、 AS_0_sm 、 AS_1_sm 、 AS_2_sm がそれぞれ特徴量として算出されるとともに、区間代表標準偏差 AS_0_ms 、 AS_1_ms 、 AS_2_ms 、 AS_0_ss 、 AS_1_ss 、 AS_2_ss がそれぞれ特徴量として算出される。

【0060】

立体認知能力評価システム 100 においては、車間距離を少なくとも 1 回時間微分した値から導かれる特徴量 (第 1 特徴量) およびスライド量から導かれる特徴量 (第 2 特徴量) の少なくとも 1 つを用いて、被測定者 $S_b 1$ の立体認知能力の評価が行われる。すなわち、当該評価においては、図 8 において点線で囲まれた領域 R_g に含まれる特徴量の少なくとも 1 つが用いられる。

40

【0061】

以下では、図 9 および図 10 を用いて、スライド量と立体認知能力との関係について説明する。図 9 は、立体認知能力が高いことを意味するラベルが付された運転者によって自動車 $C_s 1$ が運転される場合の、図 5 の先行車 $C_a 1$ の軌跡 $T_r a 1$ および自動車 $C_s 1$ の軌跡 $T_r s 1$ を併せて示す図である。図 10 は、立体認知能力が低いことを意味するラベルが付された運転者によって自動車 $C_s 1$ が運転される場合の、図 5 の先行車 $C_a 1$ の軌跡 $T_r a 2$ および自動車 $C_s 1$ の軌跡 $T_r s 2$ を併せて示す図である。図 9 に示される

50

ように、軌跡 $Trs1$ は、ほぼ軌跡 $Tra1$ に追従するように変化している。一方、図 10 に示されるように、軌跡 $Trs2$ は、軌跡 $Tra2$ から離れることが多く、蛇行している。立体認知能力が相対的に低い運転者は、立体認知能力が相対的に高い運転者よりも、自動車の進行方向を維持する能力が低い傾向がある。したがって、スライド量から導かれる特徴量は、自動車の進行方向を維持する能力を反映する特徴量として、当該自動車の運転者（被測定者）の立体認知能力の評価に有効である。

【0062】

以下では、図 11 ~ 図 17 を用いて、図 2 の決定木 DT の具体例について説明する。図 11 は、図 2 の決定木 DT の一例であり、間隔加速度 $D2$ から導かれる特徴量を説明変数として含む決定木 $DT1$ を示す図である。図 11 に示されるように、決定木 $DT1$ は、ルートノード $Rn10$ と、分岐ノード $Bn11$ と、リーフノード $Ln11$, $Ln12$, $Ln13$ とを含む。ルートノード $Rn10$ において分類対象となる 19 人の運転者（学習データとしての走行データ）のうち、14 人の運転者に立体認知能力（目的変数）が高いことを示すラベル（「高」）が付され、5 人の運転者に立体認知能力が低いことを示すラベル（「低」）が付されている。

10

【0063】

ルートノード $Rn10$ は、説明変数として特徴量 $D2_ms$ （間隔加速度 $D2$ の区間平均値の区間代表標準偏差）を含む。運転者の特徴量 $D2_ms$ が 0.417 以下である場合、当該運転者はリーフノード $Ln11$ に分類される。運転者の特徴量 $D2_ms$ が 0.417 より大きい場合、当該運転者は分岐ノード $Bn11$ に分類される。ルートノード $Rn10$ における分類対象である 19 人の運転者のうち、13 人の運転者がリーフノード $Ln11$ に分類され、6 人の運転者が分岐ノード $Bn11$ に分類されている。リーフノード $Ln11$ に分類された全運転者に「高」のラベルが付されている。分岐ノード $Bn11$ に分類された 6 人の運転者のうち、1 人の運転者に「高」のラベルが付され、5 人の運転者に「低」のラベルが付されている。

20

【0064】

分岐ノード $Bn11$ は、説明変数として特徴量 $D2_ss$ （間隔加速度 $D2$ の区間標準偏差の区間代表標準偏差）を含む。運転者の特徴量 $D2_ss$ が 1.594 以下である場合、当該運転者はリーフノード $Ln12$ に分類される。運転者の特徴量 $D2_ss$ が 1.594 より大きい場合、当該運転者はリーフノード $Ln13$ に分類される。分岐ノード $Bn11$ における分類対象である 6 人の運転者のうち、5 人の運転者がリーフノード $Ln12$ に分類され、1 人の運転者がリーフノード $Ln13$ に分類されている。リーフノード $Ln12$ に分類された全運転者に「低」のラベルが付されている。リーフノード $Ln13$ に分類された全運転者に「高」のラベルが付されている。

30

【0065】

以上のように、決定木 $DT1$ は、説明変数として特徴量 $D2_ms$, $D2_ss$ を含む。決定木 $DT1$ は、立体認知能力が高い被測定者をリーフノード $Ln11$, $Ln13$ に分類し、立体認知能力が低い被測定者をリーフノード $Ln12$ に分類する。

【0066】

なお、決定木 $DT1$ の各ノードに示されるジニ係数は、当該ノードに対応する運転者に付されたラベルに複数の種類がどの程度混ざっているか（不純度）を示す指標値である。ジニ係数が大きいほど、運転者に付されたラベルに複数の種類が混ざっている程度が高い。たとえばリーフノード $Ln11$ ~ $Ln13$ の各々に分類された運転者に付されたラベルの種類は 1 種類であり、他のラベルが混ざっていないため、当該リーフノードのジニ係数は最小値の 0 となる。一方、たとえば分岐ノード $Bn11$ に分類された運転者に付されたラベルには「高」のラベルと「低」のラベルが混ざっているため、ジニ係数は 0 より大きい。

40

【0067】

図 12 は、図 11 の決定木 $DT1$ の分類対象に立体認知能力が低い運転者を追加した場合の分類結果を示す図である。図 12 に示されるように、図 11 のルートノード $Rn10$

50

の分類対象に「低」のラベルが付された2人の運転者が追加されている。当該運転者は、ルートノードRn10から分岐ノードBn11を介して、図11と同様にリーフノードLn12に分類されている。決定木DT1は学習データ以外の走行データに対する汎用性を有しているため、高精度に被測定者の立体認知能力を判定することができる。

【0068】

図13は、図2の決定木DTの他の例であり、スライド量S0の絶対値AS0およびスライド速度S1の絶対値AS1から導かれる特徴量を説明変数として含む決定木DT2を示す図である。図13に示されるように、決定木DT2は、ルートノードRn20と、分岐ノードBn21, Bn22, Bn23と、リーフノードLn21, Ln22, Ln23, Ln24, Ln25とを含む。ルートノードRn20において分類対象となる21人の運転者のうち、14人の運転者に「高」のラベルが付され、7人の運転者に「低」のラベルが付されている。

10

【0069】

ルートノードRn20は、説明変数として特徴量AS0_{ss}(スライド量S0の絶対値AS0の区間標準偏差の区間代表標準偏差)を含む。運転者の特徴量AS0_{ss}が0.093以下である場合、当該運転者は分岐ノードBn21に分類される。運転者の特徴量AS0_{ss}が0.093より大きい場合、当該運転者はリーフノードLn21に分類される。ルートノードRn20における分類対象である21人の運転者のうち、16人の運転者が分岐ノードBn21に分類され、5人の運転者がリーフノードLn21に分類されている。リーフノードLn21に分類された全運転者に「低」のラベルが付されている。分岐ノードBn21に分類された16人の運転者のうち、14人の運転者に「高」のラベルが付され、2人の運転者に「低」のラベルが付されている。

20

【0070】

分岐ノードBn21は、説明変数として年齢を含む。運転者の年齢が60歳以下である場合、当該運転者は分岐ノードBn22に分類される。運転者の年齢が60歳より高い場合、当該運転者はリーフノードLn22に分類される。分岐ノードBn21における分類対象である16人の運転者のうち、15人の運転者が分岐ノードBn22に分類され、1人の運転者がリーフノードLn22に分類されている。リーフノードLn22に分類された全運転者に「低」のラベルが付されている。分岐ノードBn22に分類された15人の運転者のうち、14人の運転者に「高」のラベルが付され、1人の運転者に「低」のラベルが付されている。

30

【0071】

分岐ノードBn22は、説明変数として特徴量AS0_{ms}(スライド量S0の絶対値AS0の区間平均値の区間代表標準偏差)を含む。運転者の特徴量AS0_{ms}が0.206以下である場合、当該運転者はリーフノードLn23に分類される。運転者の特徴量AS0_{ms}が0.206より大きい場合、当該運転者は分岐ノードBn23に分類される。分岐ノードBn22における分類対象である15人の運転者のうち、13人の運転者がリーフノードLn23に分類され、2人の運転者が分岐ノードBn23に分類されている。リーフノードLn23に分類された全運転者に「高」のラベルが付されている。分岐ノードBn23に分類された2人の運転者のうち、1人の運転者に「高」のラベルが付され、1人の運転者に「低」のラベルが付されている。

40

【0072】

分岐ノードBn23は、説明変数として特徴量AS1_{sm}(スライド速度S1の絶対値AS1の区間標準偏差の区間代表平均値)を含む。運転者の特徴量AS1_{sm}が0.001以下である場合、当該運転者はリーフノードLn24に分類される。運転者の特徴量AS1_{sm}が0.001より大きい場合、当該運転者はリーフノードLn25に分類される。分岐ノードBn23における分類対象である2人の運転者のうち、1人の運転者がリーフノードLn24に分類され、1人の運転者が分岐ノードBn25に分類されている。リーフノードLn24に分類された全運転者に「低」のラベルが付されている。リーフノードLn25に分類された全運転者に「低」のラベルが付されている。

50

【 0 0 7 3 】

以上のように、決定木 D T 2 は、説明変数として特徴量 $A S 0_s s$, $A S 0_m s$, $A S 1_s m$ 、および年齢を含む。決定木 D T 2 は、立体認知能力が高い被測定者をリーフノード $L n 2 3$, $L n 2 5$ に分類し、立体認知能力が低い被測定者をリーフノード $L n 2 1$, $L n 2 2$, $L n 2 4$ に分類する。

【 0 0 7 4 】

図 1 4 は、図 2 の決定木 D T の他の例であり、スライド量 $S 0$ の絶対値 $A S 0$ 、スライド速度 $S 1$ の絶対値 $A S 1$ 、およびスライド加速度 $S 2$ の絶対値 $A S 2$ から導かれる特徴量を説明変数として含む決定木 D T 3 を示す図である。図 1 4 に示されるように、決定木 D T 3 は、ルートノード $R n 3 0$ と、分岐ノード $B n 3 1$, $B n 3 2$ と、リーフノード $L n 3 1$, $L n 3 2$, $L n 3 3$, $L n 3 4$ とを含む。ルートノード $R n 3 0$ において分類対象となる 21 人の運転者のうち、14 人の運転者に「高」のラベルが付され、7 人の運転者に「低」のラベルが付されている。

10

【 0 0 7 5 】

ルートノード $R n 3 0$ は、説明変数として特徴量 $A S 0_s s$ (スライド量 $S 0$ の絶対値 $A S 0$ の区間標準偏差の区間代表標準偏差) を含む。運転者の特徴量 $A S 0_s s$ が 0 . 0 9 3 以下である場合、当該運転者は分岐ノード $B n 3 1$ に分類される。運転者の特徴量 $A S 0_s s$ が 0 . 0 9 3 より大きい場合、当該運転者はリーフノード $L n 3 1$ に分類される。ルートノード $R n 3 0$ における分類対象である 21 人の運転者のうち、16 人の運転者が分岐ノード $B n 3 1$ に分類され、5 人の運転者がリーフノード $L n 3 1$ に分類されている。リーフノード $L n 3 1$ に分類された全運転者に「低」のラベルが付されている。分岐ノード $B n 3 1$ に分類された 16 人の運転者のうち、14 人の運転者に「高」のラベルが付され、2 人の運転者に「低」のラベルが付されている。

20

【 0 0 7 6 】

分岐ノード $B n 3 1$ は、説明変数として特徴量 $A S 2_m m$ (スライド加速度 $S 2$ の絶対値 $A S 2$ の区間平均値の区間代表平均値) を含む。運転者の特徴量 $A S 2_m m$ が 0 . 0 以下である場合、当該運転者はリーフノード $L n 3 2$ に分類される。運転者の特徴量 $A S 2_m m$ が 0 . 0 より大きい場合、当該運転者は分岐ノード $B n 3 2$ に分類される。分岐ノード $B n 3 1$ における分類対象である 16 人の運転者のうち、12 人の運転者がリーフノード $L n 3 2$ に分類され、4 人の運転者が分岐ノード $B n 3 2$ に分類されている。リーフノード $L n 3 2$ に分類された全運転者に「高」のラベルが付されている。分岐ノード $B n 3 2$ に分類された 4 人の運転者のうち、2 人の運転者に「高」のラベルが付され、2 人の運転者に「低」のラベルが付されている。

30

【 0 0 7 7 】

分岐ノード $B n 3 3$ は、説明変数として特徴量 $A S 1_m m$ (スライド速度 $S 1$ の絶対値 $A S 1$ の区間平均値の区間代表平均値) を含む。運転者の特徴量 $A S 1_m m$ が 0 . 0 以下である場合、当該運転者はリーフノード $L n 3 3$ に分類される。運転者の特徴量 $A S 1_m m$ が 0 . 0 より大きい場合、当該運転者はリーフノード $L n 3 4$ に分類される。分岐ノード $B n 3 2$ における分類対象である 4 人の運転者のうち、2 人の運転者がリーフノード $L n 3 3$ に分類され、2 人の運転者がリーフノード $L n 3 4$ に分類されている。リーフノード $L n 3 3$ に分類された全運転者に「高」のラベルが付されている。リーフノード $L n 3 4$ に分類された全運転者に「低」のラベルが付されている。

40

【 0 0 7 8 】

以上のように、決定木 D T 3 は、説明変数として特徴量 $A S 0_s s$, $A S 2_m m$, $A S 1_m m$ を含む。決定木 D T 3 は、立体認知能力が高い被測定者をリーフノード $L n 3 2$, $L n 3 3$ に分類し、立体認知能力が低い被測定者をリーフノード $L n 3 1$, $L n 3 4$ に分類する。

【 0 0 7 9 】

図 1 5 は、図 2 の決定木 D T の他の例であり、スライド量 $S 0$ の絶対値 $A S 0$ 、スライド速度 $S 1$ の絶対値 $A S 1$ 、およびスライド加速度 $S 2$ の絶対値 $A S 2$ から導かれる特徴

50

量を説明変数として含む決定木DT4を示す図である。図15に示されるように、決定木DT4は、ルートノードRn40と、分岐ノードBn41, Bn42と、リーフノードLn41, Ln42, Ln43, Ln44とを含む。ルートノードRn40において分類対象となる21人の運転者のうち、14人の運転者に「高」のラベルが付され、7人の運転者に「低」のラベルが付されている。

【0080】

ルートノードRn40は、説明変数として特徴量AS2__ms(スライド加速度S2の絶対値AS2の区間平均値の区間代表標準偏差)を含む。運転者の特徴量AS2__msが0.0以下である場合、当該運転者は分岐ノードBn41に分類される。運転者の特徴量AS2__msが0.0より大きい場合、当該運転者は分岐ノードBn42に分類される。ルートノードRn40における分類対象である21人の運転者のうち、14人の運転者が分岐ノードBn41に分類され、7人の運転者が分岐ノードBn42に分類されている。分岐ノードBn41に分類された14人の運転者のうち、13人の運転者に「高」のラベルが付され、1人の運転者に「低」のラベルが付されている。分岐ノードBn42に分類された7人の運転者のうち、1人の運転者に「高」のラベルが付され、6人の運転者に「低」のラベルが付されている。

10

【0081】

分岐ノードBn41は、説明変数として特徴量AS1__ms(スライド速度S1の絶対値AS1の区間平均値の区間代表標準偏差)を含む。運転者の特徴量AS1__msが0.001以下である場合、当該運転者はリーフノードLn41に分類される。運転者の特徴量AS1__msが0.001より大きい場合、当該運転者はリーフノードLn42に分類される。リーフノードLn41に分類された全運転者に「高」のラベルが付されている。リーフノードLn42に分類された全運転者に「低」のラベルが付されている。

20

【0082】

分岐ノードBn42は、説明変数として特徴量AS0__mm(スライド量S0の絶対値AS0の区間平均値の区間代表平均値)を含む。運転者の特徴量AS0__mmが0.467以下である場合、当該運転者はリーフノードLn43に分類される。運転者の特徴量AS0__mmが0.467より大きい場合、当該運転者はリーフノードLn44に分類される。リーフノードLn43に分類された全運転者に「高」のラベルが付されている。リーフノードLn44に分類された全運転者に「低」のラベルが付されている。

30

【0083】

以上のように、決定木DT4は、説明変数として特徴量AS2__ms, AS1__ms, AS0__mmを含む。決定木DT4は、立体認知能力が高い被測定者をリーフノードLn41, Ln43に分類し、立体認知能力が低い被測定者をリーフノードLn42, Ln44に分類する。

【0084】

図16は、図2の決定木DTの他の例であり、スライド量S0から導かれる特徴量を説明変数として含む決定木DT5を示す図である。図16に示されるように、決定木DT5は、ルートノードRn50と、分岐ノードBn51, Bn52, Bn53, Bn54と、リーフノードLn51, Ln52, Ln53, Ln54, Ln55, Ln56とを含む。ルートノードRn50において分類対象となる21人の運転者のうち、14人の運転者に「高」のラベルが付され、7人の運転者に「低」のラベルが付されている。

40

【0085】

ルートノードRn50は、説明変数として特徴量S0__s(スライド量S0の区間標準偏差)を含む。運転者の特徴量S0__sが0.314以下である場合、当該運転者は分岐ノードBn51に分類される。運転者の特徴量S0__sが0.314より大きい場合、当該運転者はリーフノードLn51に分類される。ルートノードRn50における分類対象である21人の運転者のうち、17人の運転者が分岐ノードBn51に分類され、4人の運転者がリーフノードLn51に分類されている。リーフノードLn51に分類された全運転者に「低」のラベルが付されている。分岐ノードBn51に分類された17人の運転

50

者のうち、14人の運転者に「高」のラベルが付され、3人の運転者に「低」のラベルが付されている。

【0086】

分岐ノードB n 5 1は、説明変数として特徴量S 0 __ sを含む。運転者の特徴量S 0 __ sが0 . 1 5 6以下である場合、当該運転者はリーフノードL n 5 2に分類される。運転者の特徴量S 0 __ sが0 . 1 5 6より大きい場合、当該運転者は分岐ノードB n 5 2に分類される。分岐ノードB n 5 1における分類対象である17人の運転者のうち、10人の運転者がリーフノードL n 5 2に分類され、7人の運転者が分岐ノードB n 5 2に分類されている。リーフノードL n 5 2に分類された全運転者に「高」のラベルが付されている。分岐ノードB n 5 2に分類された7人の運転者のうち、4人の運転者に「高」のラベルが付され、3人の運転者に「低」のラベルが付されている。

10

【0087】

分岐ノードB n 5 2は、説明変数として特徴量S 0 __ sを含む。運転者の特徴量S 0 __ sが0 . 1 7 3以下である場合、当該運転者はリーフノードL n 5 3に分類される。運転者の特徴量S 0 __ sが0 . 1 7 3より大きい場合、当該運転者は分岐ノードB n 5 3に分類される。分岐ノードB n 5 2における分類対象である7人の運転者のうち、2人の運転者がリーフノードL n 5 3に分類され、5人の運転者が分岐ノードB n 5 3に分類されている。リーフノードL n 5 3に分類された全運転者に「低」のラベルが付されている。分岐ノードB n 5 3に分類された5人の運転者のうち、4人の運転者に「高」のラベルが付され、1人の運転者に「低」のラベルが付されている。

20

【0088】

分岐ノードB n 5 3は、説明変数として特徴量S 0 __ mを含む。運転者の特徴量S 0 __ mが0 . 6 1 3以下である場合、当該運転者はリーフノードL n 5 4に分類される。運転者の特徴量S 0 __ mが0 . 6 1 3より大きい場合、当該運転者は分岐ノードB n 5 4に分類される。分岐ノードB n 5 3における分類対象である5人の運転者のうち、3人の運転者がリーフノードL n 5 4に分類され、2人の運転者が分岐ノードB n 5 4に分類されている。リーフノードL n 5 4に分類された全運転者に「高」のラベルが付されている。分岐ノードB n 5 4に分類された2人の運転者のうち、1人の運転者に「高」のラベルが付され、1人の運転者に「低」のラベルが付されている。

【0089】

分岐ノードB n 5 4は、説明変数として特徴量S 0 __ mを含む。運転者の特徴量S 0 __ mが0 . 8 5 3以下である場合、当該運転者はリーフノードL n 5 5に分類される。運転者の特徴量S 0 __ mが0 . 8 5 3より大きい場合、当該運転者はリーフノードL n 5 6に分類される。分岐ノードB n 5 4における分類対象である2人の運転者のうち、1人の運転者がリーフノードL n 5 5に分類され、1人の運転者がリーフノードL n 5 6に分類されている。リーフノードL n 5 5に分類された全運転者に「低」のラベルが付されている。リーフノードL n 5 6に分類された全運転者に「高」のラベルが付されている。

30

【0090】

以上のように、決定木D T 5は、説明変数として特徴量S 0 __ s , S 0 __ mを含む。決定木D T 5は、立体認知能力が高い被測定者をリーフノードL n 5 2 , L n 5 4 , L n 5 6に分類し、立体認知能力が低い被測定者をリーフノードL n 5 1 , L n 5 3 , L n 5 5に分類する。

40

【0091】

図17は、図2の決定木D Tの他の例であり、スライド量S 0から導かれる特徴量を説明変数として含む決定木D T 6を示す図である。図17に示されるように、決定木D T 6は、ルートノードR n 6 0と、分岐ノードB n 6 1 , B n 6 2と、リーフノードL n 6 1 , L n 6 2 , L n 6 3 , L n 6 4とを含む。ルートノードR n 6 0において分類対象となる21人の運転者のうち、14人の運転者に「高」のラベルが付され、7人の運転者に「低」のラベルが付されている。

【0092】

50

ルートノード R_{n60} は、説明変数として特徴量 S_{0_s} を含む。運転者の特徴量 S_{0_s} が 0.314 以下である場合、当該運転者は分岐ノード B_{n61} に分類される。運転者の特徴量 S_{0_s} が 0.314 より大きい場合、当該運転者はリーフノード L_{n61} に分類される。ルートノード R_{n60} における分類対象である 21 人の運転者のうち、 17 人の運転者が分岐ノード B_{n61} に分類され、 4 人の運転者がリーフノード L_{n61} に分類されている。リーフノード L_{n61} に分類された全運転者に「低」のラベルが付されている。分岐ノード B_{n61} に分類された 17 人の運転者のうち、 14 人の運転者に「高」のラベルが付され、 3 人の運転者に「低」のラベルが付されている。

【0093】

分岐ノード B_{n61} は、説明変数として年齢を含む。運転者の年齢が 47 歳以下である場合、当該運転者はリーフノード L_{n62} に分類される。運転者の年齢が 47 歳より高い場合、当該運転者は分岐ノード B_{n62} に分類される。分岐ノード B_{n61} における分類対象である 17 人の運転者のうち、 12 人の運転者がリーフノード L_{n62} に分類され、 5 人の運転者が分岐ノード B_{n62} に分類されている。リーフノード L_{n62} に分類された全運転者に「高」のラベルが付されている。分岐ノード B_{n62} に分類された 5 人の運転者のうち、 2 人の運転者に「高」のラベルが付され、 3 人の運転者に「低」のラベルが付されている。

【0094】

分岐ノード B_{n62} は、説明変数として特徴量 S_{0_s} を含む。運転者の特徴量 S_{0_s} が 0.134 以下である場合、当該運転者はリーフノード L_{n63} に分類される。運転者の特徴量 S_{0_s} が 0.134 より大きい場合、当該運転者はリーフノード L_{n64} に分類される。分岐ノード B_{n62} における分類対象である 5 人の運転者のうち、 2 人の運転者がリーフノード L_{n63} に分類され、 3 人の運転者がリーフノード L_{n64} に分類されている。リーフノード L_{n63} に分類された全運転者に「高」のラベルが付されている。リーフノード L_{n64} に分類された全運転者に「低」のラベルが付されている。

【0095】

以上のように、決定木 $DT6$ は、説明変数として特徴量 S_{0_s} および年齢を含む。決定木 $DT6$ は、立体認知能力が高い被測定者をリーフノード L_{n62} , L_{n63} に分類し、立体認知能力が低い被測定者をリーフノード L_{n61} , L_{n64} に分類する。

【0096】

図 16 の決定木 $DT5$ と図 17 の決定木 $DT6$ とを比較すると、ルートノードに含まれる説明変数に関する条件、および分類対象が互いに同じである。一方、説明変数に関して、決定木 $DT5$ の説明変数には被測定者の属性に関する情報が含まれないが、決定木 $DT6$ の説明変数には被測定者の属性に関する情報が含まれる。その結果、分岐の回数（ルートノードおよび分岐ノードの数）に関して、決定木 $DT5$ は 5 回であるのに対して、決定木 $DT6$ は 3 回である。このように、説明変数に被測定者の属性に関する情報が含まれることにより、効率的な分岐構造を有する決定木の生成が可能になる。

【0097】

図 18 は、図 2 の立体認知能力評価プログラム $103a$ を実行するプロセッサ 101 によって行われる立体認知能力評価方法における処理の流れを示すフローチャートである。以下ではステップを単に S と記載する。

【0098】

図 18 に示されるように、プロセッサ 101 は、 S_{101} において、自動車 C_{s1} の運転者として被測定者 S_{b1} を選択し、処理を S_{102} に進める。プロセッサ 101 は、 S_{102} において、被測定者 S_{b1} に関する演算データ（たとえば以前の走行データから導出された特徴量）をストレージ 103 から読み込んで、処理を S_{103} に進める。プロセッサ 101 は、 S_{103} において今回の走行データをドライブレコーダ 900 から取得して、処理を S_{105} に進める。プロセッサ 101 は、 S_{105} においてスライド量に関する特徴量を演算し、処理を S_{106} に進める。プロセッサ 101 は、 S_{106} において、先行車が存在するかどうかを判定する。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 9 】

先行車が存在していない場合（S 1 0 6においてNO）、プロセッサ1 0 1は、S 1 0 7において運転者が変更されたか否かを判定する。運転者が変更されていない場合（S 1 0 7においてNO）、プロセッサ1 0 1は、処理をS 1 0 2に戻し、S 1 0 5で演算された特徴量等を含む演算データをストレージ1 0 3に書き込む。運転者が変更された場合（S 1 0 7においてYES）、プロセッサ1 0 1は、S 1 0 8において、S 1 0 5で演算された特徴量等を含む演算データをストレージ1 0 3に書き込んで処理をS 1 0 9に進める。プロセッサ1 0 1は、S 1 0 9において、評価モデル1 0 3 cを用いて、スライド量に関する特徴量に基づいて被測定者S b 1の立体認知能力を評価して、処理をS 1 1 4に進める。

10

【 0 1 0 0 】

先行車が存在する場合（S 1 0 6においてYES）、プロセッサ1 0 1は、S 1 1 0において、車間距離に関する特徴量を演算し、処理をS 1 1 1に進める。プロセッサ1 0 1は、S 1 1 1において運転者が変更されたか否かを判定する。運転者が変更されていない場合（S 1 1 1においてNO）、プロセッサ1 0 1は、処理をS 1 0 2に戻し、S 1 0 5、S 1 1 0の各々で演算された特徴量等を含む演算データをストレージ1 0 3に書き込む。運転者が変更された場合（S 1 1 1においてYES）、プロセッサ1 0 1は、S 1 1 2において、S 1 0 5、S 1 1 0の各々で演算された特徴量等を含む演算データをストレージ1 0 3に書き込んで処理をS 1 1 3に進める。プロセッサ1 0 1は、S 1 1 3において、評価モデル1 0 3 cを用いて、スライド量および車間距離に関する特徴量に基づいて被測定者S b 1の立体認知能力を評価して、処理をS 1 1 4に進める。プロセッサ1 0 1は、S 1 1 4において立体認知能力の評価結果を被測定者S b 1の端末装置に送信して、処理を終了する。

20

【 0 1 0 1 】

立体認知能力評価システム1 0 0によれば、機械学習によって生成された学習済みの評価モデル1 0 3 cを用いて、定量化された特徴量（図8参照）に基づいて、被測定者の立体認知能力を客観的に評価することができる。

【 0 1 0 2 】

[実施の形態1の変形例]

実施の形態1においては、情報処理装置1 1 0が立体認知能力の評価機能、および評価モデルを学習済みとする学習機能の両方を有している構成について説明した。実施の形態1の変形例においては、立体認知能力の評価機能を有する装置と、学習機能を有する装置とが別である構成について説明する。

30

【 0 1 0 3 】

図1 9は、実施の形態1の変形例に係る立体認知能力評価システム1 0 0 Aの構成を示すブロック図である。立体認知能力評価システム1 0 0 Aの構成は、図1の情報処理装置1 1 0が1 1 0 Aに置き換えられているとともに、学習装置6 0 0が追加された構成である。これら以外の立体認知能力評価システム1 0 0 Aの構成は、図1の立体認知能力評価システム1 0 0の構成と同様であるため、当該構成についての説明を繰り返さない。図1 9に示されるように、情報処理装置1 1 0 Aと、学習装置6 0 0と、端末装置8 0 0と、自動車C s 1と、ドライブレコーダ9 0 0とは、ネットワークNWを介して互いに接続されている。

40

【 0 1 0 4 】

図2 0は、図1 9の立体認知能力評価システム1 0 0 Aのハードウェア構成を示す図である。情報処理装置1 1 0 Aのハードウェア構成は、図2のストレージ1 0 3から機械学習プログラム1 0 3 bおよび学習データ1 0 3 dが除かれた構成である。これら以外の情報処理装置1 1 0 Aのハードウェア構成は、図2の情報処理装置1 1 0のハードウェア構成と同様であるため、当該ハードウェア構成についての説明を繰り返さない。

【 0 1 0 5 】

図2 0に示されるように、学習装置6 0 0は、プロセッサ6 0 1と、RAM 6 0 2と、

50

ストレージ 603 と、通信部 604 と、メモリアンターフェース 605 と、筐体 H s 11 とを含む。筐体 H s 11 は、プロセッサ 601 と、RAM 602 と、ストレージ 603 と、通信部 604 と、メモリアンターフェース 605 とを収容している。プロセッサ 601、RAM 602、ストレージ 603、通信部 604、およびメモリアンターフェース 605 は、図 2 のプロセッサ 101、RAM 102、ストレージ 103、通信部 104、およびメモリアンターフェース 105 とそれぞれ同様の機能を有するため、プロセッサ 601、RAM 602、ストレージ 603、通信部 604、およびメモリアンターフェース 605 の当該同様の機能についての説明を繰り返さない。

【0106】

ストレージ 603 には、機械学習プログラム 103 b と、評価モデル 103 c と、学習データ 103 d とが保存されている。プロセッサ 601 は、機械学習プログラム 103 b を実行することによって学習済みの評価モデル 103 c を生成する。プロセッサ 601 は、通信部 604 を介して、学習済みの評価モデル 103 c を情報処理装置 110 A に提供する。

10

【0107】

以上、実施の形態 1 および変形例に係る立体認知能力評価システム、立体認知能力評価装置、立体認知能力評価プログラム、および立体認知能力評価方法によれば、立体認知能力の客観的な評価を実現することができる。

【0108】

[実施の形態 2]

実施の形態 1 および変形例においては、現実の世界において被測定者によって操作される移動オブジェクトの位置の変化に基づいて当該被測定者の立体認知能力を評価する構成について説明した。実施の形態 2 においては、仮想現実（仮想空間）において被測定者によって操作される移動オブジェクトの位置の変化に基づいて当該被測定者の立体認知能力を評価する構成について説明する。なお、実施の形態 2 においても実施の形態 1 と同様に移動オブジェクトが自動車である場合について説明するが、移動オブジェクトは自動車に限定されない。被測定者の操作に応じて移動オブジェクトの位置が変化すれば移動オブジェクトはどのようなものであってもよく、たとえばバイク、自転車、飛行機、あるいは船であってもよい。

20

【0109】

図 21 は、実施の形態 2 に係る立体認知能力評価システム 200 において、被測定者 S b 2 の立体認知能力がドライブシミュレーションによる測定テストによって測定されている様子を示す図である。図 21 に示されるように、立体認知能力評価システム 200 は、立体認知能力評価装置 210 と、コントロール装置 C d とを備える。立体認知能力評価装置 210 と、コントロール装置 C d とは、互いに無線または有線によって接続されている。コントロール装置 C d は、ハンドル H d と、アクセルペダル A p と、ブレーキペダル B p とを含む。立体認知能力評価システム 200 は、実施の形態 1 に係る立体認知能力評価システムと同様に、車間距離を少なくとも 1 回時間微分した値から導かれる特徴量、およびスライド量から導かれる特徴量の少なくとも 1 つを用いて、被測定者 S b 2 の立体認知能力の評価を行う。

30

【0110】

図 22 は、図 21 の立体認知能力評価システム 200 によるドライブシミュレーションにおいて立体認知能力評価装置 210 を介して被測定者 S b 2 に表示される画面の一例を示す図である。図 22 に示されるように、被測定者 S b 2 には、仮想空間において被測定者 S b 2 が運転する自動車 C s 2（移動オブジェクト）の運転席からの風景が表示される。当該風景には、自動車 C s 2 の前方を走行する先行車 C a 2（基準オブジェクト）が表示される。図 21 のコントロール装置への被測定者 S b 2 の入力に応じて、自動車 C s 2 が仮想空間において移動する。なお、自動車 C s 2 のスライド量に関する特徴量を用いて被測定者 S b 2 の立体認知能力が評価される場合には、先行車 C a 2 は表示されていなくてもよい。

40

50

【 0 1 1 1 】

図 2 3 は、図 2 1 の立体認知能力評価装置 2 1 0 の外観斜視図である。図 2 3 において、破線で示された構成は、立体認知能力評価装置 2 1 0 の筐体 H s 2 の内部に収容され、外部からは視認することができない。当該構成の詳細については、後に図 2 4 を参照しながら説明する。立体認知能力評価装置 2 1 0 は、被測定者に移動オブジェクトを視認させ、それに対する被測定者の反応を評価することによって被測定者の立体認知能力を評価する。

【 0 1 1 2 】

立体認知能力評価装置 2 1 0 は、典型的には、三次元の仮想現実を表わす動画像を表示する電子ディスプレイを備えたヘッドマウントディスプレイ（ゴーグル）であり、仮想現実 10 10
ヘッドセットの形態をとる。立体認知能力評価装置 2 1 0 には、典型的にはゴムバンドのような装着用バンド R b が取り付けられている。ユーザ（被測定者）は、立体認知能力評価装置 2 1 0 を目の周りを覆うように当てて、装着用バンド R b を頭部に巻き付けることにより、立体認知能力評価装置 2 1 0 を目の周囲に装着する。

【 0 1 1 3 】

図 2 4 は、図 2 3 の立体認知能力評価装置 2 1 0 のハードウェア構成を示す図である。図 2 4 に示されるように、立体認知能力評価装置 2 1 0 は、プロセッサ 2 0 1 と、RAM 2 0 2 と、ストレージ 2 0 3 と、通信部 2 0 4 と、メモリインターフェース 2 0 5 と、電子ディスプレイ 2 1 1 と、視線・瞳孔センサ 2 1 2 とを含む。プロセッサ 2 0 1、RAM 2 0 2、ストレージ 2 0 3、通信部 2 0 4、およびメモリインターフェース 2 0 5 は、図 20 20
2 のプロセッサ 1 0 1、RAM 1 0 2、ストレージ 1 0 3、通信部 1 0 4、およびメモリインターフェース 1 0 5 とそれぞれ同様の機能を有するため、プロセッサ 2 0 1、RAM 2 0 2、ストレージ 2 0 3、通信部 2 0 4、およびメモリインターフェース 2 0 5 の当該同様の機能についての説明を繰り返さない。

【 0 1 1 4 】

ストレージ 2 0 3 には、OS（Operating System）プログラム（不図示）と、立体認知能力評価プログラム 2 0 3 a と、機械学習プログラム 2 0 3 b と、評価モデル 2 0 3 c（特定モデル）と、学習データ 2 0 3 d とが保存されている。

【 0 1 1 5 】

電子ディスプレイ 2 1 1 は、たとえば、LCD（Liquid Crystal Display）、または有機 EL（Electro Luminescence）ディスプレイなどのようなフラットパネルディスプレイを含む。電子ディスプレイ 2 1 1 は、被測定者側に配置された接眼レンズを介して、立体認知能力評価装置 2 1 0 を目の周囲に装着した被測定者に対して、仮想空間において移動する移動オブジェクトの動画像を表示する。動画像のデータが電子ディスプレイ 2 1 1 のデータバッファ領域にプロセッサ 2 0 1 から転送されると、電子ディスプレイ 2 1 1 はデータバッファ領域から画像のデータを読み出して、それが表わす動画像を表示する。電子ディスプレイ 2 1 1 は、右眼用と左眼用が独立しており、それぞれ、接眼レンズを介してユーザが視認する。電子ディスプレイ 2 1 1 に表示されるオブジェクトは、その位置が無遠の場合、右眼用と左眼用の電子ディスプレイ 2 1 1 において同じ位置に表示される。その結果、左右の眼で視差が生じず、左右の眼が開散状態となることにより、被測定者に無遠に存在している感覚を与えることができる。当該オブジェクトは、その位置がユーザ側に近づくにつれ、右眼用の電子ディスプレイ 2 1 1 と左眼用の電子ディスプレイ 2 1 1 とで内側寄りに表示される。その結果、左右の眼で視差が生じ、左右の眼が輻輳状態となることにより、被測定者に近くに存在している感覚を与えることができる。 40

【 0 1 1 6 】

視線・瞳孔センサ 2 1 2 は、電子ディスプレイ 2 1 1 の上側などに被測定者側に向けて配置された、左右の眼のそれぞれの視線方向、および瞳孔の大きさを検出する。視線・瞳孔センサ 2 1 2 は、左右の眼のそれぞれの画像をカメラのような画像取得手段で取得し、画像中の瞳の位置および瞳孔の大きさを特定することにより、視線の方向および瞳孔の大きさを求め、それらを視線情報としてプロセッサ 2 0 1 に出力する。カメラとしては、可 50

視光カメラや赤外カメラを使用することができる。被測定者が移動オブジェクトを視認していることの判定のためには、まず、視線の方向が重要なデータである。左右の眼の視線（瞳孔の中心部の法線）のそれぞれが正確に当該移動オブジェクトを通過していることを確認することによって、移動オブジェクトの視認を確認することができる。この際、近くの移動オブジェクトを視認していれば、視差により左右の眼の視線が内側寄りになって輻輳状態となる。また、近づいている移動オブジェクトを被測定者が連続的に視認していることの判定のためには、瞳孔径を追加的に使用することができる。近づいている移動オブジェクトを被測定者が連続的に視認している場合は、瞳孔近距離反射により、瞳孔径が次第に小さくなるため、それを検出することによって視認の成否を確認できる。

【0117】

立体認知能力は、視覚情報の取得のための正常な眼の機能（たとえば瞳孔調節、あるいは眼球運動）を前提としている。そのため、立体認知能力は、たとえば移動オブジェクトなどを被測定者が見たときに、当該移動オブジェクトの視覚情報からその位置関係を脳で正確に把握し、その把握した位置関係に基づいて適切かつ正確に当該移動オブジェクトに対応する動作を行うことができる能力と定義される。

【0118】

正常な眼の機能を確認する方法として、たとえば、瞳孔測定および近点距離測定という手法が知られている。これらの測定は、トライリスという機器を用いて行うことができる。瞳孔測定は、視標からの可視光刺激に対する瞳孔反応（対光反応）を測定すること、および、移動視標を見ているときの瞳孔変化を測定することを少なくとも含む。具体的には、瞳孔変化は、瞳孔近距離反射により起こり、視標が近方に移動すると瞳孔が縮小する。また、近点距離測定は、具体的には、被測定者が、定屈折速度で接近する視標が観察中にぼやけたところで手元スイッチを押し、そのときの視標位置が近点距離として記録される。これらの測定は、眼球の状態（瞳孔）とぼやけた時点でのスイッチ押下により近点距離の測定であるが、その主目的は、近点距離の測定である。

【0119】

立体認知能力は、特に移動オブジェクトを眼で正確に追尾し、その位置を正しく認識し、それに対して的確に反応する能力も含む。移動オブジェクトを眼で追尾する機能を測定するためには、瞳孔調節と輻輳反応とを測定する方法が特に有用と考えられる。これらの測定方法について以下で説明する。図25は、眼の機能の測定に使用する視標の概念を表わす図である。視標（先行車Ca2）は、被測定者の眼の前方で視認されるように、遠ざかる方向と近づく方向との間で移動する。指標を反復させて、その都度、被測定者の眼の様子を確認することが望ましい。

【0120】

図26は、瞳孔近距離反射による、視標距離（被測定者の眼と視標の間の距離）と瞳孔径との関係を示す図である。図26（A）には視標距離が近い時は瞳孔径が小さくなることが示されている。図26（B）には視標距離が遠い時は瞳孔径が大きくなることが示されている。図26（C）には、横軸を視標距離とし、縦軸を瞳孔径としたときのグラフを示す。実線は左眼のグラフを示し、一点鎖線は右眼のグラフを示す。これらのグラフには、視標距離が近い場合に瞳孔径が小さくなり、視標距離が遠い場合に瞳孔径が大きくなることが示されている。また、視標距離にかかわらず、右眼と左眼とはほぼ同じ瞳孔径となることも示されている。

【0121】

図27は、視標距離と瞳孔位置（輻輳開散運動）との関係を示す図である。図27（A）には視標距離が近い場合に左右の眼が内側寄りの輻輳状態になることが示されている。図27（B）には視標距離が遠い場合に左右の眼が平行状態の開散状態になることが示されている。図27（C）には、横軸を視標距離とし、縦軸を瞳孔位置としたときのグラフが示されている。実線が左眼のグラフを示し、一点鎖線が右眼のグラフを示す。これらのグラフには、視標距離が近い場合に左右の眼の瞳孔の間の距離が小さくなって輻輳の状態であること、および視標距離が遠い場合に左右の眼の瞳孔の間の距離が大きくなって開散

10

20

30

40

50

の状態であることが示されている。

【 0 1 2 2 】

被測定者が見ている視標の遠近を変化させるように指標を移動させると、それに伴って、上述の瞳孔径の変化および輻輳開散運動のような被測定者の反応が発生する。被測定者の視認の機能が衰えている場合、それらの反応は低下する。したがって、視標の遠近を変化させたときの被測定者の瞳孔径の変化および輻輳開散運動を測定することによって、視認の機能を測定することができる。立体認知能力評価システム 2 0 0 によれば、視標の遠近を変化させるような大掛かりな装置が不要であるため、立体認知能力評価システム 2 0 0 を小型化することができる。

【 0 1 2 3 】

図 2 8 は、図 2 4 のプロセッサ 2 0 1 の立体認知能力の評価機能の構成を示す機能ブロック図である。立体認知能力評価システム 2 0 0 においては、ストレージ 2 0 3 に保存された立体認知能力評価プログラム 2 0 3 a がプロセッサ 2 0 1 によって実行されることにより、移動オブジェクト表示部 2 0 1 a、位置取得部 2 0 1 b、視認判定部 2 0 1 c、反応入力部 2 0 1 d、および立体認知能力判定部 2 0 1 e という機能ブロックを形成するモジュールが構成される。したがって、図 2 8 においては、図 2 4 のプロセッサ 2 0 1 および立体認知能力評価プログラム 2 0 3 a に替えて、それらによって実現される機能ブロックが示されている。以下、それらの機能ブロックについて説明する。

【 0 1 2 4 】

移動オブジェクト表示部 2 0 1 a は、自動車 C s 2 の運転席から被測定者 S b 2 が見る前方の風景の画像を自動車 C s 2 の進行に合わせて三次元レンダリングによって連続的に生成し、動画データとして電子ディスプレイ 2 1 1 のデータバッファ領域に転送する。動画データは、電子ディスプレイ 2 1 1 における右眼および左眼各々のデータである。動画データは、移動オブジェクトの位置に応じて、右眼用の動画データと左眼用の動画データとの間で、自動車 C s 2 から被測定者 S b 2 に見える風景における位置に視差を生じさせる。そのため、動画データを電子ディスプレイ 2 1 1 で見た被測定者は、現実的な遠近感でボールを見ることが出来る。移動オブジェクト表示部 2 0 1 a は、当該動画データに基づく自動車 C s 2 の走行データを位置取得部 2 0 1 b に送信する。

【 0 1 2 5 】

位置取得部 2 0 1 b は、移動オブジェクト表示部 2 0 1 a から被測定者 S b 2 の走行データを取得する。位置取得部 2 0 1 b は、当該走行データから自動車 C s 2 の位置に関する情報を取得する。位置取得部 2 0 1 b は、視認判定部 2 0 1 c および立体認知能力判定部 2 0 1 e に自動車 C s 2 の位置に関する情報を出力する。

【 0 1 2 6 】

視認判定部 2 0 1 c は、自動車 C s 2 の位置に対して、視線方向が正しく対応しているかどうかを判定することによって、被測定者 S b 2 が自動車 C s 2 を視覚により空間的に認識しているかを判定する。視認判定部 2 0 1 c は、視線・瞳孔センサ 2 1 2 が感知した、被測定者 S b 2 の左右の眼の視線の方向のデータを受信し、左右の眼のそれぞれの視線の方向が、移動オブジェクト表示部 2 0 1 a から送信された自動車 C s 2 の位置と対応しているか否かを判定することによって、被測定者 S b 2 が自動車 C s 2 を空間的に認識しているか否かを判定する。視認判定部 2 0 1 c は、視線・瞳孔センサ 2 1 2 によって感知された被測定者 S b 2 の左右の眼の瞳孔径のデータをさらに受信してもよい。視認判定部 2 0 1 c は、先行車 C a 2 の位置が所定の視点に近づいて遠近距離が小さくなる間に、両眼の瞳孔径が次第に小さくなっているとさらに判定した場合（遠近距離が小さくなることに応じた瞳孔近距離反射が発生している場合）に、被測定者が物体を空間的に認識していると判定するように動作してもよい。視認判定部 2 0 1 c は、判定結果を視認情報として立体認知能力判定部 2 0 1 e に出力する。

【 0 1 2 7 】

反応入力部 2 0 1 d は、被測定者 S b 2 が認識した自動車 C s 2 の仮想空間における三次元位置に対応して行われる被測定者 S b 2 の能動的な反応の入力を受ける。反応入力部

10

20

30

40

50

201dは、コントロール装置Cdへの被測定者Sb2の入力情報に基づいて、自動車Cs2を運転する被測定者Sb2の反応を特定する。反応入力部201dは、当該反応に関する情報を立体認知能力判定部201eに出力する。

【0128】

立体認知能力判定部201eは、自動車Cs2の位置に関する情報に基づいて、自動車Cs2の間隔速度、間隔加速度、スライド量の絶対値、スライド速度の絶対値、スライド加速度の絶対値、スライド量、スライド速度、およびスライド加速度の少なくとも1つから導かれる特徴量を導出する。立体認知能力判定部201eは、評価モデル203cを用いて、当該特徴量および視認判定部201cからの視認情報から、被測定者Sb2の立体認知能力を判定する。被測定者Sb2の立体認知能力の判定に、当該視認情報を使用されなくてもよい。また、被測定者Sb2の立体認知能力の判定に、反応入力部201dからの反応に関する情報が使用されてもよい。立体認知能力判定部201eは、通信部204を介して、立体認知能力の評価結果を被測定者Sb2の端末装置820に送信する。

10

【0129】

立体認知能力評価システム200においては、プロセッサ201によって機械学習プログラム203bが実行されることにより、立体認知能力評価装置210が学習済みの評価モデル203cを生成する学習装置として機能する。実施の形態1の変形例と同様に、立体認知能力評価装置210とは別個の学習装置によって評価モデル203cに対する機械学習が行われてもよい。

【0130】

図29は、図24の立体認知能力評価プログラム203aを実行するプロセッサ201によって行われる立体認知能力評価方法における処理の流れを示すフローチャートである。図29に示される処理は、図18に示されるフローチャートのS103とS105との間にS204が追加されているとともに、S109、S113がS209、S213にそれぞれ置き換えられたフローチャートである。

20

【0131】

図29に示されるように、プロセッサ201は、実施の形態1と同様にS101～S103を実行した後、S204において視線・瞳孔センサ212から視線情報を取得し、処理をS105に進める。プロセッサ201は、実施の形態1と同様にS105～S108またはS105、106、S110～S112を実行した後、S209、S213の各々において、評価モデル203cを用いて、スライド量に関する特徴量および視認情報に基づいて被測定者Sb2の立体認知能力を評価して、処理をS114に進める。プロセッサ201は、実施の形態1と同様にS114を実行して処理を終了する。

30

【0132】

以上、実施の形態2に係る立体認知能力評価システム、立体認知能力評価装置、立体認知能力評価プログラム、および立体認知能力評価方法によれば、立体認知能力の客観的な評価を実現することができる。

【0133】

[実施の形態3]

実施の形態1においては、ドライブレコーダの位置測定部によって測定された移動オブジェクトの位置から特徴量を演算する構成について説明した。実施の形態3においては、ドライブレコーダの加速度センサによって特徴量を直接に測定する構成について説明する。

40

【0134】

図30は、実施の形態3に係る立体認知能力評価システム300のハードウェア構成を示す図である。図30の情報処理装置310の構成は、図2の立体認知能力評価プログラム103a、機械学習プログラム103b、評価モデル103c、および学習データ103dが、立体認知能力評価プログラム303a、機械学習プログラム303b、評価モデル303c、および学習データ303dにそれぞれ置き換えられた構成である。また、図30のドライブレコーダ930は、図2の位置測定部907が加速度センサ937に置き換えられた構成である。加速度センサ937は、たとえば、自動車Cs1の進行方向に沿

50

う基準線と直交する方向（横方向）の自動車Cs1の加速度を測定する。加速度センサ937は、当該基準線の方向の自動車Cs1の加速度を測定してもよい。これら以外の立体認知能力評価システム300の構成は、立体認知能力評価システム100の構成と同様であるため、同様の構成についての説明を繰り返さない。

【0135】

図31は、図30のプロセッサ101の、立体認知能力の評価機能の構成を示す機能ブロック図である。立体認知能力評価システム300においては、ストレージ103に保存された立体認知能力評価プログラム303aがプロセッサ101によって実行されることにより、挙動取得部301b、反応入力部301d、および立体認知能力判定部301eという機能ブロックを形成するモジュールが構成される。したがって、図31においては、図30のプロセッサ101および立体認知能力評価プログラム303aに替えて、それらによって実現される機能ブロックが示されている。以下、それらの機能ブロックについて説明する。

10

【0136】

図31に示されるように、挙動取得部301bは、ドライブレコーダ930から被測定者の走行データ、および自動車Cs1の挙動に関する情報として加速度センサ937の測定結果を取得する。挙動取得部301bは、当該走行データおよび測定結果から自動車Cs1の加速度（たとえばスライド加速度）を取得する。挙動取得部301bは、立体認知能力判定部301eに自動車Cs1の加速度を出力する。なお、挙動取得部301bは、ドライブレコーダ930からの被測定者の走行データおよび自動車Cs1の位置の測位結果から、自動車Cs1の挙動に関する情報として、自動車Cs1の位置に関する情報を取得してもよい。

20

【0137】

反応入力部301dは、被測定者が認識した自動車Cs1の三次元位置に対応してなされる被測定者の能動的な反応の入力を受ける。反応入力部301dは、自動車Cs1のハンドル、アクセルペダル、およびブレーキペダル等への被測定者の入力情報に基づいて、自動車Cs1を運転する被測定者の反応を特定する。反応入力部301dは、当該反応に関する情報を立体認知能力判定部301eに出力する。

【0138】

立体認知能力判定部301eは、評価モデル303cを用いて、自動車Cs1の加速度から、被測定者の立体認知能力を判定する。被測定者の立体認知能力の判定に、反応入力部301dからの反応に関する情報が使用されてもよい。立体認知能力判定部301eは、実施の形態1の立体認知能力判定部101eと同様に、通信部104を介して、立体認知能力の評価結果を被測定者の端末装置800に送信する。

30

【0139】

図32は、図30のプロセッサ101の、機械学習機能の構成を示す機能ブロック図である。立体認知能力評価システム300においては、機械学習プログラム303bがプロセッサ101によって実行されることにより、挙動取得部311b、および学習部301fという機能ブロックを形成するモジュールが構成される。したがって、図32においては、図30のプロセッサ101および機械学習プログラム303bに替えて、それらによって実現される機能ブロックが示されている。以下、それらの機能ブロックについて説明する。

40

【0140】

図32に示されるように、挙動取得部311bは、学習データ303dから走行データを取得する。挙動取得部311bは、図31の挙動取得部301bと同様に、当該走行データに対応する自動車の加速度を取得する。挙動取得部311bは、学習部301fに当該加速度および当該走行データに付されたラベルを出力する。

【0141】

学習部301fは、挙動取得部311bからの加速度およびラベルを用いて評価モデル303cに対して機械学習を行って、評価モデル303cを学習済みモデルとする。

50

【 0 1 4 2 】

以下の表 1 は、複数の被測定者に関して、加速度センサ 9 3 7 によって取得されるスライド加速度から導かれる特徴量 $S 0_s$, $S 1_s$, $S 2_s$ の各々と、実施の形態 2 に係る立体認知能力評価システムによって取得された仮想空間におけるスライド量から導かれる特徴量 $S 0_s$, $A S 1_s$ の各々との相関係数の一例を示す。なお、表 1 に示される各特徴量は、当該特徴量と同じ文字列の図 8 に示される特徴量に対応する。

【 0 1 4 3 】

【表 1】

表 1

		加速度センサ		
		$S 0_s$	$S 1_s$	$S 2_s$
仮想空間	$S 0_s$	0. 7 3	0. 3 5	0. 1 4
	$A S 1_s$	0. 8 7	0. 5 6	0. 3 8

10

【 0 1 4 4 】

加速度センサ 9 3 7 によって取得されるスライド加速度から導かれる特徴量に関して、特徴量 $S 2_s$ は、加速度センサ 9 3 7 によって取得されるスライド加速度の区間標準偏差である。特徴量 $S 1_s$ は、スライド速度の区間標準偏差であり、特徴量 $S 2_s$ を 1 回時間積分することによって導かれる。特徴量 $S 0_s$ は、スライド量の区間標準偏差であり、特徴量 $S 1_s$ を 1 回時間積分する（特徴量 $S 2_s$ を 2 回時間積分する）ことによって導かれる。加速度センサ 9 3 7 によって取得されるスライド加速度は、たとえば、S 字カーブ、クランク、および直線等を含む自動車教習所のコースを走行する教習車のドライブレコーダから取得することができる。

20

【 0 1 4 5 】

仮想空間におけるスライド量から導かれる特徴量に関して、特徴量 $S 0_s$ は、スライド量の区間標準偏差である。特徴量 $A S 1_s$ は、スライド速度の絶対値の区間標準偏差である。

【 0 1 4 6 】

表 1 に示されるように、特徴量 $S 0_s$, $S 1_s$, $S 2_s$ の各々と、実施の形態 2 の仮想空間において取得されたスライド量から導かれる特徴量 $S 0_s$, $A S 1_s$ の各々との間には、正の相関が認められる。したがって、仮想空間におけるスライド量から導かれる特徴量 $S 0_s$, $A S 1_s$ と同様に、加速度センサ 9 3 7 によって取得されたスライド量に関する特徴量 $S 0_s$, $S 1_s$, $S 2_s$ によっても、立体認知能力の客観的な評価を実現することができる。

30

【 0 1 4 7 】

基準オブジェクトと移動オブジェクトとの間隔を第 1 距離と定義し、移動オブジェクトの進行方向に沿う基準線と移動オブジェクトとの間の距離（スライド量）を第 2 距離と定義すると、本開示は以下のような範囲の実施の態様を含んでいる。

40

【 0 1 4 8 】

本開示の立体認知能力評価システムは、被測定者に操作されて移動する移動オブジェクトの挙動の変化に基づいて被測定者の立体認知能力を評価する。立体認知能力評価システムは、挙動取得部と、立体認知能力判定部とを備える。

【 0 1 4 9 】

立体認知能力判定部は、移動オブジェクトの進行方向において移動オブジェクトよりも先行する基準オブジェクトと移動オブジェクトとの間の第 1 距離に関する第 1 特徴量、および移動オブジェクトの進行方向に沿う基準線と移動オブジェクトとの間の第 2 距離に関する第 2 特徴量の少なくとも 1 つから被測定者の立体認知能力を判定する。また、上記挙動取得部は、上記移動オブジェクトの加速度に関する情報を取得する。

50

【 0 1 5 0 】

上記第 1 特徴量及びノ又は第 2 特徴量は、上記移動オブジェクトの加速度に関する情報から導かれる特徴量である。また、上記第 1 距離に関する第 1 特徴量は、第 1 距離方向の加速度の値、第 1 距離方向の加速度を 1 回時間積分した値、第 1 距離方向の加速度を 2 回時間積分した値のいずれか 1 から導かれてもよい。また、上記第 2 距離に関する第 2 特徴量は、第 2 距離方向の加速度の値、第 2 距離方向の加速度を 1 回時間積分した値、第 2 距離方向の加速度を 2 回時間積分した値のいずれか 1 から導かれてもよい。

【 0 1 5 1 】

なお、実施の形態 3 においては加速度センサを用いる構成について説明したが、加速度センサの代わりにジャイロセンサ（角速度センサ）を用いてもよく、加速度センサおよびジャイロセンサの両方を一緒に用いてもよい。ジャイロセンサを用いる場合、立体認知能力を判定する特徴量は、角速度の値、角速度を 1 回時間積分した値、および角速度を 2 回時間積分した値のいずれか 1 つから導かれてもよい。

10

【 0 1 5 2 】

[実施の形態 3 の変形例]

図 3 3 は、実施の形態 3 の変形例に係る立体認知能力評価システム 3 0 0 A のハードウェア構成を示す図である。図 3 3 のドライブレコーダ 9 3 0 は、図 2 のドライブレコーダ 9 0 0 に図 3 0 の加速度センサ 9 3 7 が追加された構成である。これら以外の立体認知能力評価システム 3 0 0 A の構成は、立体認知能力評価システム 1 0 0 の構成と同様であるため、同様の構成についての説明を繰り返さない。

20

【 0 1 5 3 】

以上、実施の形態 3 および変形例に係る立体認知能力評価システム、立体認知能力評価装置、立体認知能力評価プログラム、および立体認知能力評価方法によれば、立体認知能力の客観的な評価を実現することができる。

【 0 1 5 4 】

[実施の形態 4]

実施の形態 3 の変形例においては、自動車に設置されたドライブレコーダの加速度センサまたは位置測定部によって測定されるデータを用いる構成について説明したが、実施の形態 4 では、スマートフォン等の携帯可能なモバイル端末に含まれる、カメラ、加速度センサ、あるいは位置測定部によって測定されるデータを用いる構成について説明する。なお、各種プログラムを格納する情報処理装置は、モバイル端末に含まれていてもよいし、通信部を介してモバイル端末と通信する、モバイル端末とは別個の装置であってもよい。

30

【 0 1 5 5 】

実施の形態 4 においては、モバイル端末がカメラ、加速度センサ、あるいは位置測定部を備えているため、移動オブジェクトは自動車に限定されない。移動オブジェクトは、被測定者とともに移動し、被測定者の操作に応じて移動オブジェクトの位置が変化すればどのようなものであってもよく、たとえば、自転車、自動二輪車、飛行機、あるいは船舶であってもよい。

【 0 1 5 6 】

以上、実施の形態 4 に係る立体認知能力評価システム、立体認知能力評価装置、立体認知能力評価プログラム、および立体認知能力評価方法によれば、立体認知能力の客観的な評価を実現することができる。

40

【 0 1 5 7 】

本開示の実現例である実施の形態 1 ~ 4 において説明された立体認知能力の客観的な評価は、様々な場面において活用され得る。たとえば、当該評価は、人間の成長過程における高次脳機能の発達の指標として利用可能である。特に、従来、立体認知能力は、クイズ形式で問題を解くこと、あるいはスポーツ等競技における経験則に基づいて評価されている。しかし、本明細書に記載の立体認知能力評価システム、立体認知能力評価装置、立体認知能力評価プログラム、および立体認知能力評価方法を用いて立体認知能力を定量的に評価することにより、より精度の高い立体認知能力の評価が可能になる。

50

【 0 1 5 8 】

本明細書に記載の立体認知能力評価システム、立体認知能力評価装置、立体認知能力評価プログラム、および立体認知能力評価方法は、自動車運転等の日常生活の活動中の継続的な立体認知能力の評価を可能にする。その結果、一定時間内で行うクイズ形式の評価方法等の従来の評価方法では得られない立体認知能力の客観的な評価が可能になる。

【 0 1 5 9 】

本明細書に記載の立体認知能力の客観的な評価の活用の他の例として、脳損傷、精神疾患、あるいは認知症等における、認知障害の評価への活用を挙げることができる。この例において、被測定者の状況に応じた仮想現実（仮想空間）を用いることにより安全に立体認知能力を客観的に評価することができる。また、服薬による立体認知能力の回復、あるいは悪影響等の変化を確認することも可能になる。

10

【 0 1 6 0 】

さらなる他の例として、自動車等の移動オブジェクトの運転に必要な能力を客観的に定義における活用を挙げることができる。具体的には、立体認知能力を当該能力の1つとして規定することができる。特に加齢による高齢者の立体認知能力の低下は、事故につながる可能性があり、運転の適性を判断する上でも立体認知能力の客観的な評価は重要である。また、高齢者の他に、運転未熟者、疲労度の高い運転者、あるいは注意力の低い運転者等の被測定者の立体認知能力を客観的に評価することにより、被測定者の立体認知能力の低下を早期に察知することができる。その結果、被測定者の立体認知能力の低下を警告することにより事故を未然に防ぐことも可能となる。なお、立体認知能力を客観的に評価が可能な被測定者は、自動車の運転者に限定されず、直線および曲線状に走行可能な移動オブジェクトの操作者を含む。直線および曲線状に走行可能な移動オブジェクトには、たとえば、自転車、自動二輪車、飛行機、または船舶等が含まれる。また、立体認知能力を客観的に評価は、立体認知能力の低下を補うような補助機能を備えた移動オブジェクトの設計の指標にもなり得る。

20

【 0 1 6 1 】

今回開示された各実施の形態は、矛盾しない範囲で適宜組み合わせられて実施されることも予定されている。今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本開示の範囲は上記した説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

30

【 符号の説明 】

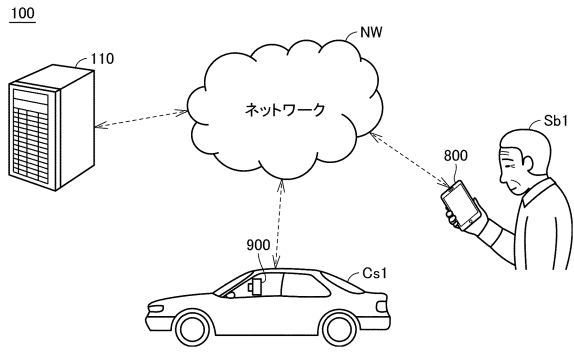
【 0 1 6 2 】

1 0 0 , 1 0 0 A , 2 0 0 , 3 0 0 , 3 0 0 A 立体認知能力評価システム、1 0 1 , 2 0 1 , 6 0 1 , 9 0 1 プロセッサ、1 0 1 b , 1 1 1 b , 2 0 1 b 位置取得部、1 0 1 d , 2 0 1 d , 3 0 1 d 反応入力部、1 0 1 e , 2 0 1 e , 3 0 1 e 立体認知能力判定部、1 0 1 f , 3 0 1 f 学習部、1 0 2 , 2 0 2 , 6 0 2 , 9 0 3 RAM、1 0 3 , 2 0 3 , 6 0 3 , 9 0 5 ストレージ、1 0 3 a , 2 0 3 a , 3 0 3 a 立体認知能力評価プログラム、1 0 3 b , 2 0 3 b , 3 0 3 b 機械学習プログラム、1 0 3 c , 2 0 3 c , 3 0 3 c 評価モデル、1 0 3 d , 2 0 3 d , 3 0 3 d 学習データ、1 0 4 , 2 0 4 , 6 0 4 , 9 0 4 通信部、1 0 5 , 2 0 5 , 6 0 5 , 9 0 6 メモリインターフェース、1 1 0 , 1 1 0 A , 3 1 0 情報処理装置、2 0 1 a 移動オブジェクト表示部、2 0 1 c 視認判定部、2 1 0 立体認知能力評価装置、2 1 1 電子ディスプレイ、2 1 2 瞳孔センサ、3 0 1 b , 3 1 1 b 挙動取得部、6 0 0 学習装置、8 0 0 , 8 2 0 端末装置、9 0 0 ドライブレコーダ、9 0 2 カメラ、9 0 5 a 走行データ、A p アクセルペダル、B p ブレーキペダル、C a 1 , C a 2 先行車、C d コントロール装置、C s 1 , C s 2 自動車、D T , D T 1 ~ D T 6 決定木、H d ハンドル、H s 1 , H s 2 , H s 1 1 筐体、N W ネットワーク、R b 装着用バンド、S b 1 , S b 2 被測定者。

40

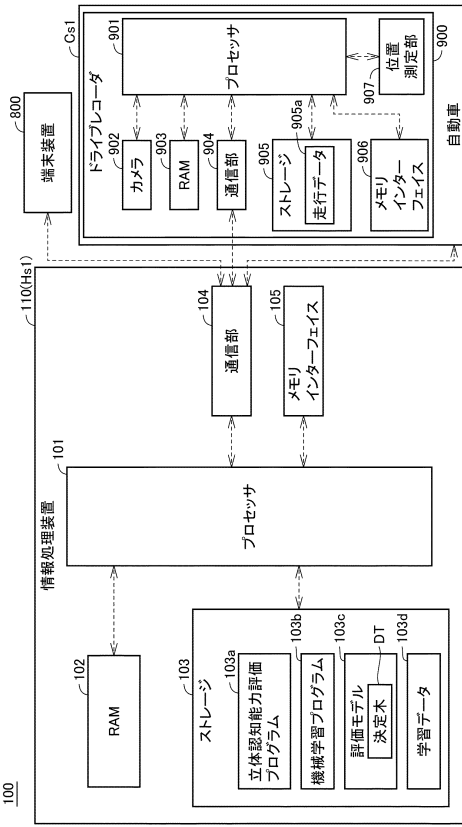
【図面】
【図 1】

FIG.1



【図 2】

FIG.2



10

20

30

40

50

【図3】

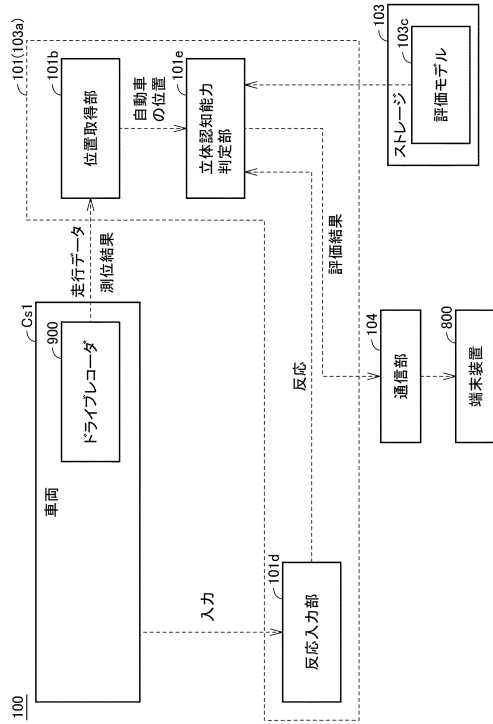
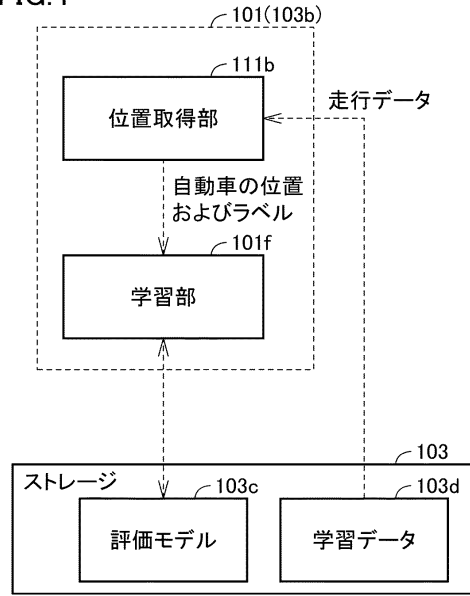


FIG.3

【図4】

FIG.4

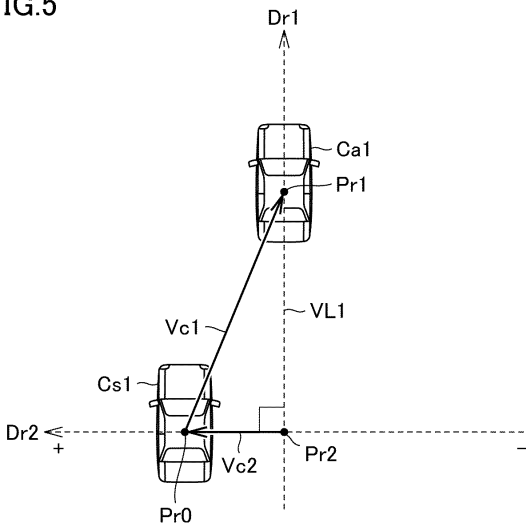


10

20

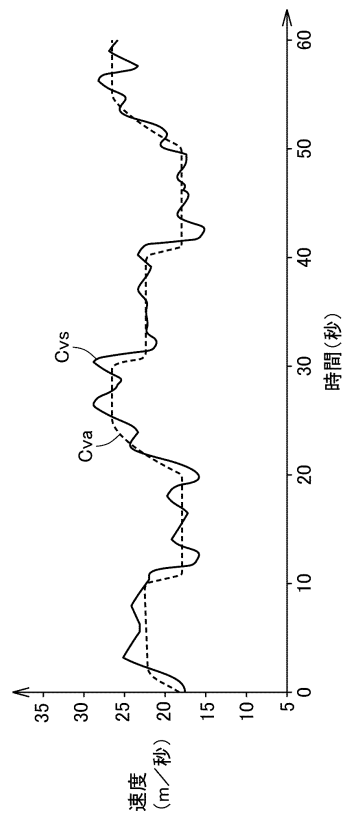
【図5】

FIG.5



【図6】

FIG.6



30

40

50

【 図 7 】

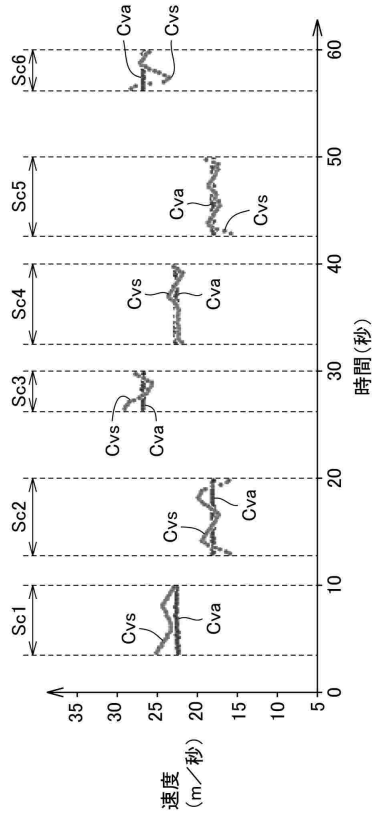


FIG.7

【 図 8 】

FIG.8

		特徴量					
		区間		区間代表 平均値	区間代表 標準偏差		
車間距離 (間隔)	時間微分無し D0	区間平均値	...	D0_m	...	D0_mm	D0_ms
	スライド量	1回時間微分 D1	区間標準偏差	...	D0_s	...	D0_sm
区間平均値			...	D1_m	...	D1_mm	D1_ms
2回時間微分 D2		区間標準偏差	...	D1_s	...	D1_sm	D1_ss
		区間平均値	...	D2_m	...	D2_mm	D2_ms
時間微分無し S0		区間標準偏差	...	D2_s	...	D2_sm	D2_ss
		区間平均値	...	S0_m	...	S0_mm	S0_ms
スライド量の 絶対値	1回時間微分 S1	区間標準偏差	...	S0_s	...	S0_sm	S0_ss
		区間平均値	...	S1_m	...	S1_mm	S1_ms
	2回時間微分 S2	区間標準偏差	...	S1_s	...	S1_sm	S1_ss
		区間平均値	...	S2_m	...	S2_mm	S2_ms
	時間微分無し AS0	区間標準偏差	...	S2_s	...	S2_sm	S2_ss
		区間平均値	...	AS0_m	...	AS0_mm	AS0_ms
1回時間微分 AS1	区間標準偏差	...	AS0_s	...	AS0_sm	AS0_ss	
	区間平均値	...	AS1_m	...	AS1_mm	AS1_ms	
2回時間微分 AS2	区間標準偏差	...	AS1_s	...	AS1_sm	AS1_ss	
	区間平均値	...	AS2_m	...	AS2_mm	AS2_ms	
		区間標準偏差	...	AS2_s	...	AS2_sm	AS2_ss

10

20

【 図 9 】

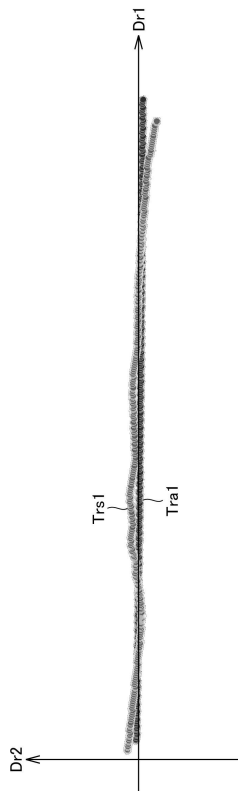


FIG.9

【 図 10 】

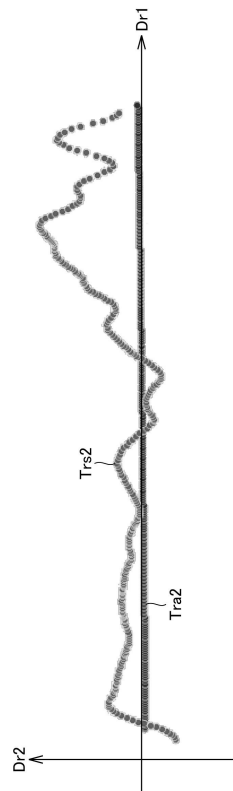


FIG.10

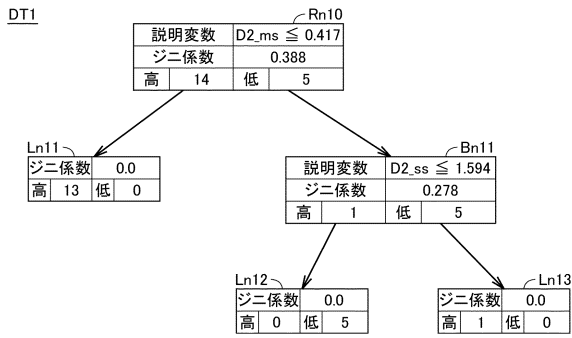
30

40

50

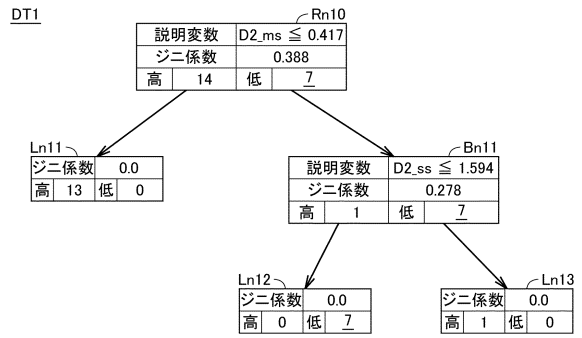
【図 1 1】

FIG.11



【図 1 2】

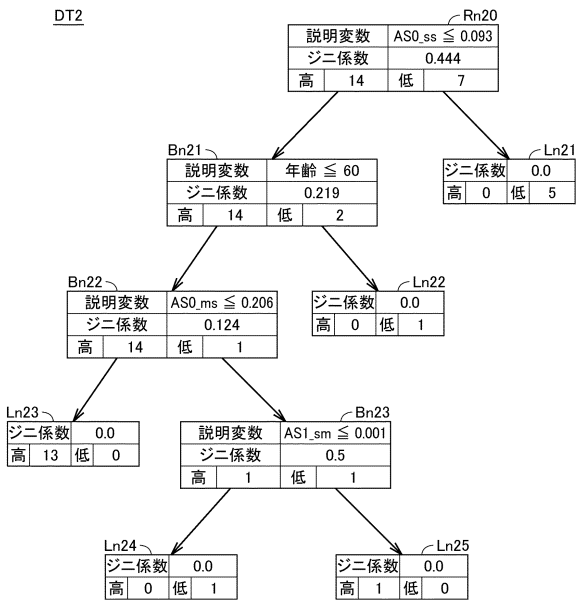
FIG.12



10

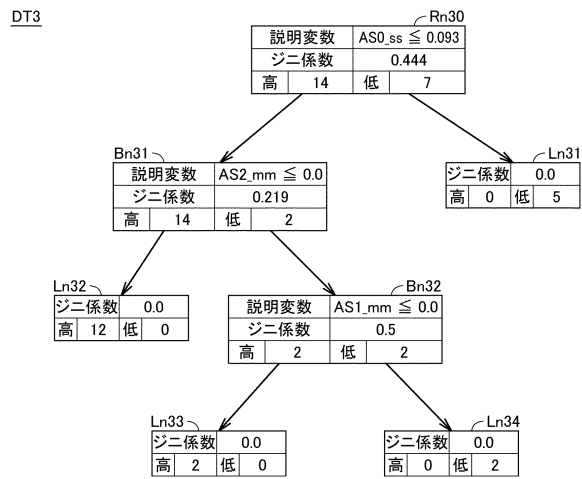
【図 1 3】

FIG.13



【図 1 4】

FIG.14



20

30

40

50

【図 15】

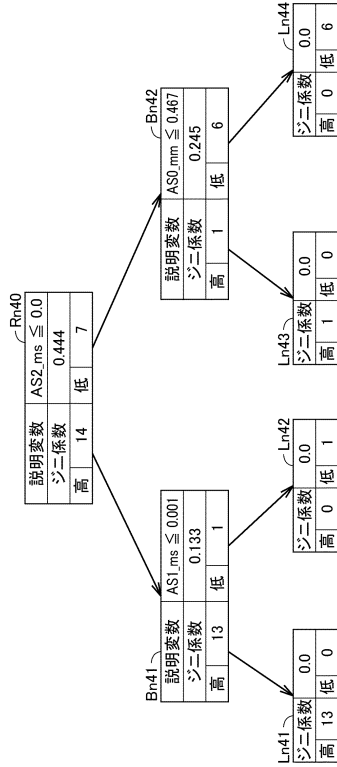


FIG. 15
DT4

【図 16】

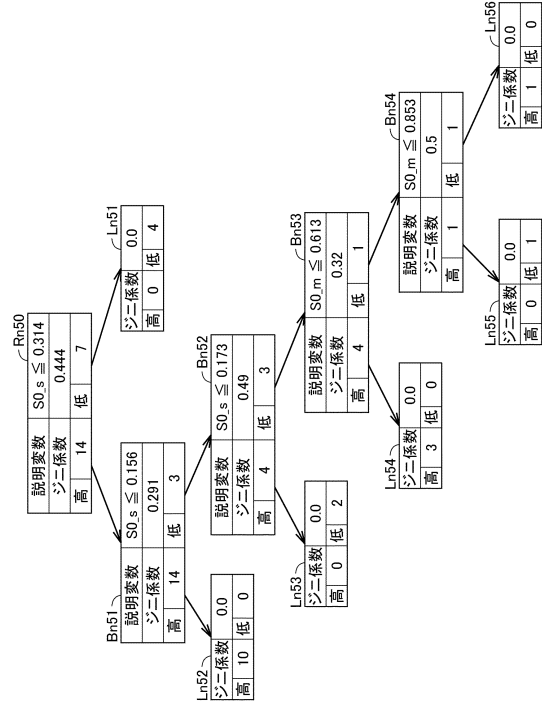
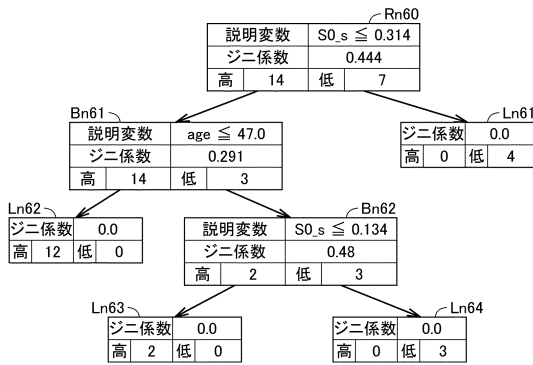


FIG. 16
DT5

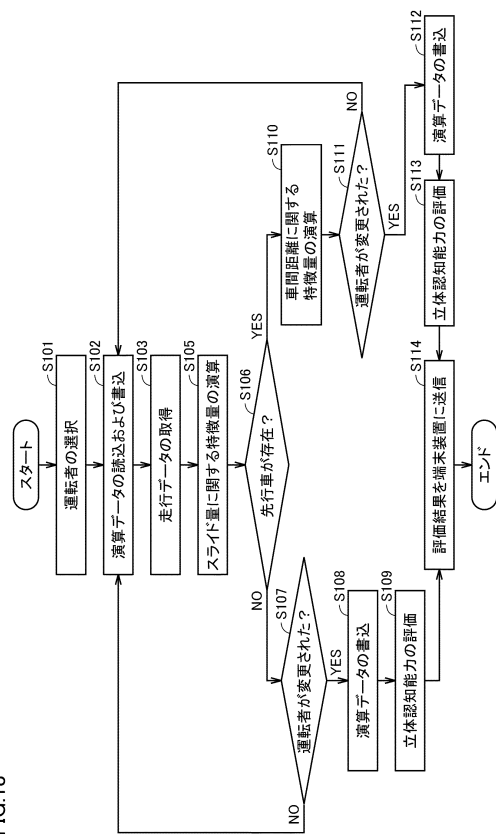
【図 17】

FIG. 17
DT6



【図 18】

FIG. 18



10

20

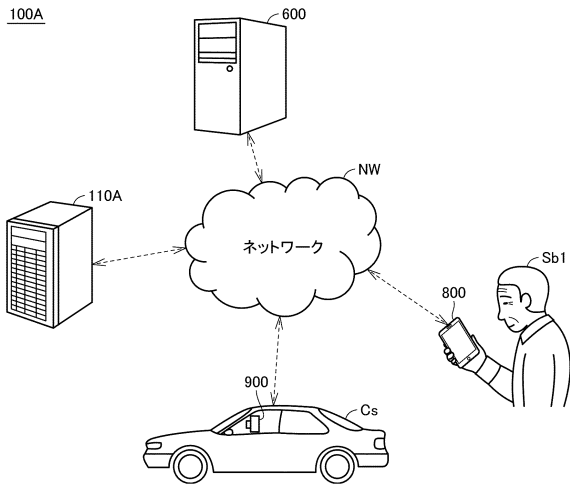
30

40

50

【 図 1 9 】

FIG.19



【 図 2 0 】

FIG.20

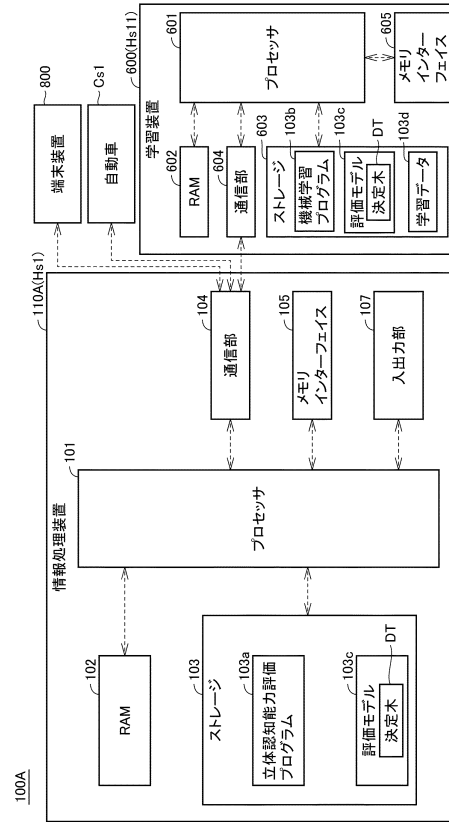
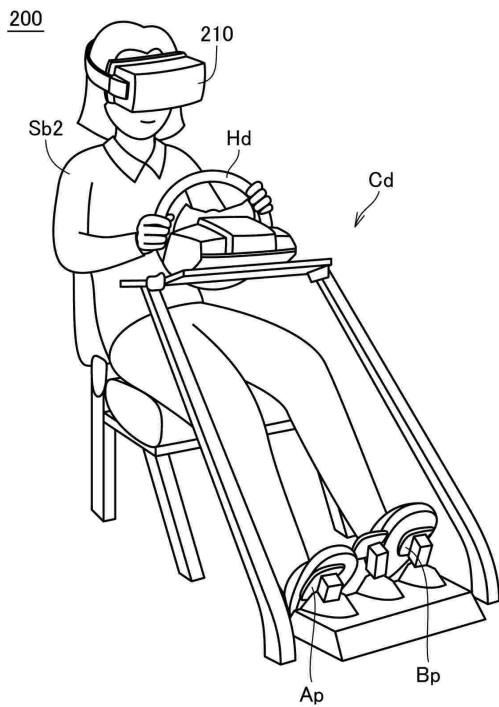


FIG.20

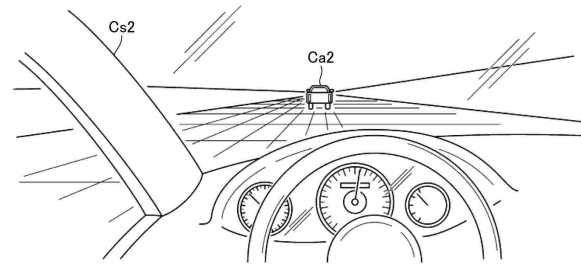
【 図 2 1 】

FIG.21



【 図 2 2 】

FIG.22



10

20

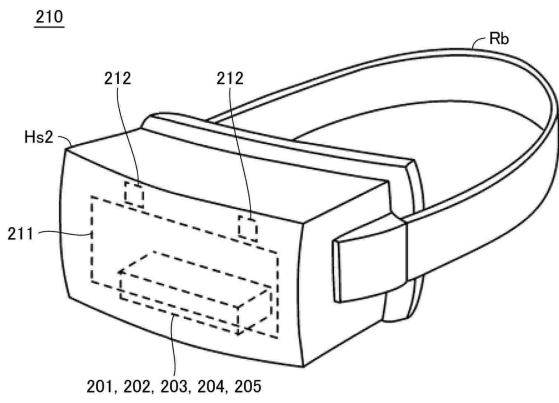
30

40

50

【 図 2 3 】

FIG.23



201, 202, 203, 204, 205

【 図 2 4 】

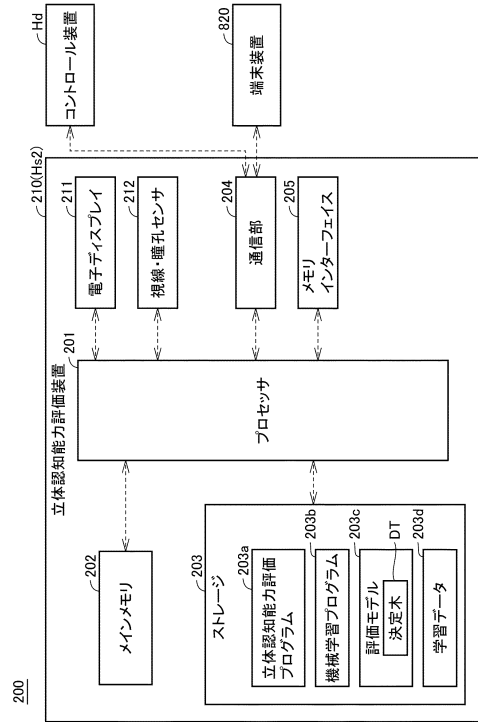


FIG.24

【 図 2 5 】

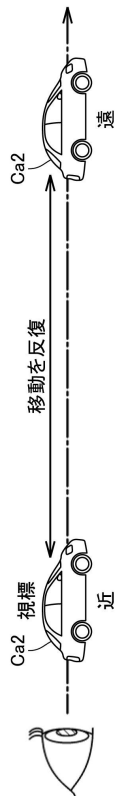
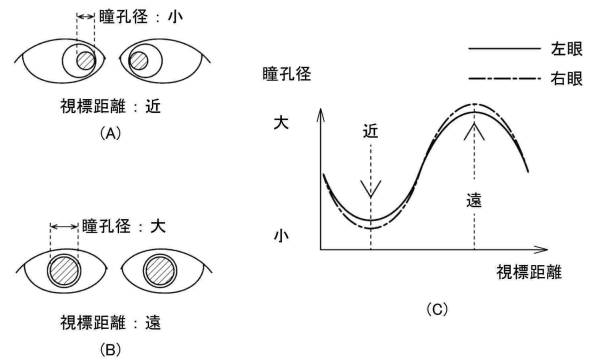


FIG.25

【 図 2 6 】

FIG.26



瞳孔径調節

10

20

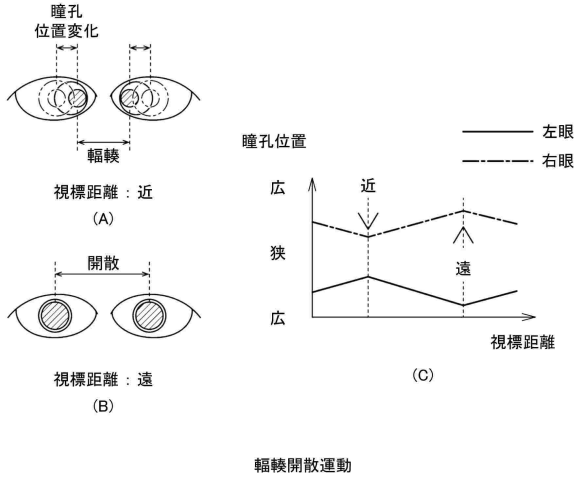
30

40

50

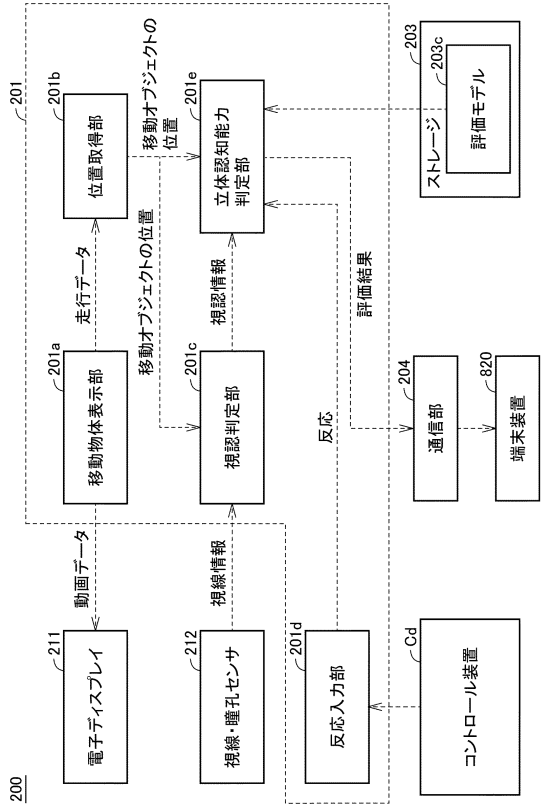
【図 27】

FIG.27



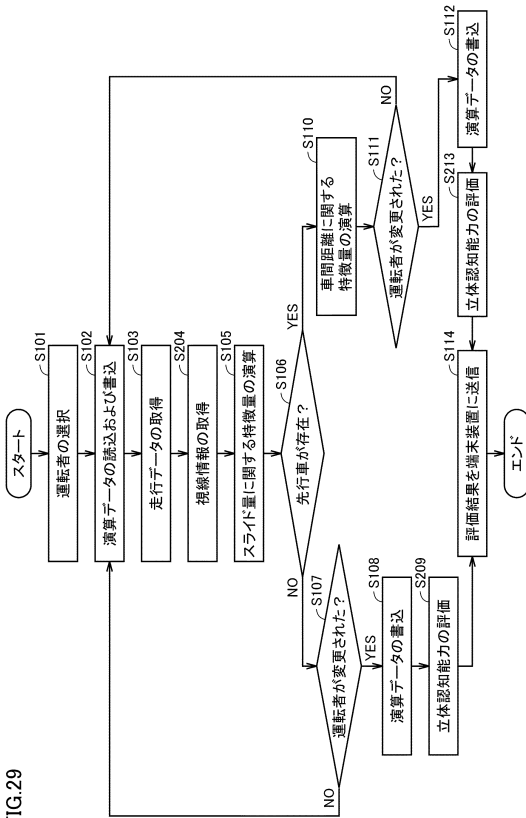
【図 28】

FIG.28



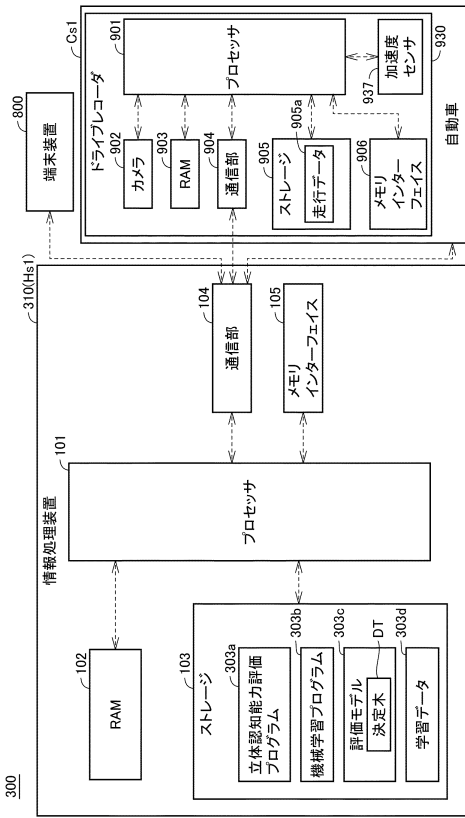
【図 29】

FIG.29



【図 30】

FIG.30



【図 3 1】

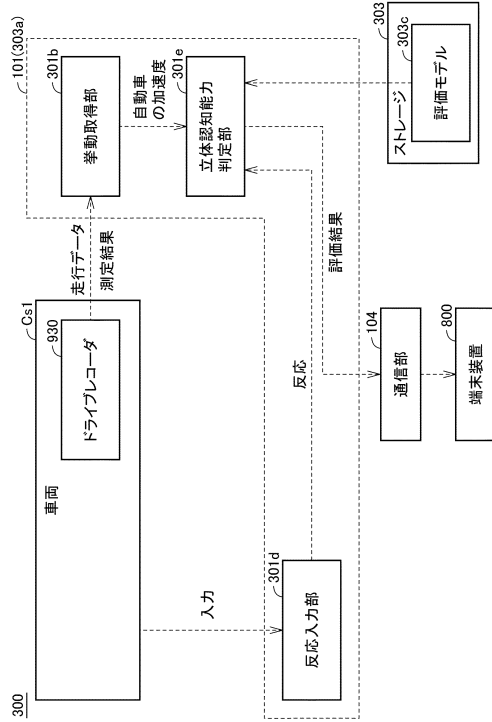
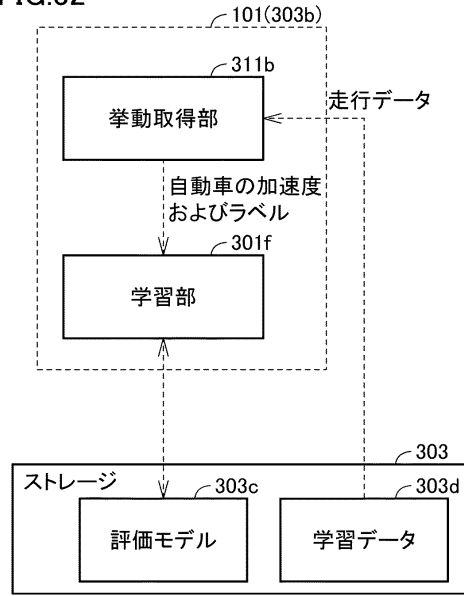


FIG.31

【図 3 2】

FIG.32

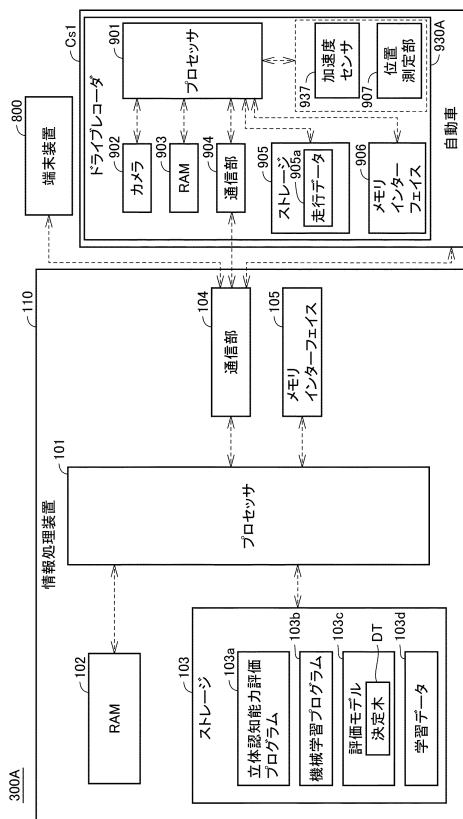


10

20

【図 3 3】

FIG.33



30

40

50

フロントページの続き

高槻パークレジデンス602号室

審査官 吉田 誠

- (56)参考文献 特開2018-124789(JP,A)
国際公開第2020/035996(WO,A1)
特開平11-065418(JP,A)
中国特許出願公開第112434573(CN,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G16H 10/00 - 80/00
G06F 3/01
G06F 3/04815