

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6900915号
(P6900915)

(45) 発行日 令和3年7月7日(2021.7.7)

(24) 登録日 令和3年6月21日(2021.6.21)

(51) Int. Cl.			F I		
G08G	1/16	(2006.01)	G08G	1/16	F
G08G	1/00	(2006.01)	G08G	1/00	X
B60W	40/08	(2012.01)	B60W	40/08	
B60W	30/08	(2012.01)	B60W	30/08	

請求項の数 7 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2018-9626 (P2018-9626)	(73) 特許権者	000003207
(22) 出願日	平成30年1月24日 (2018.1.24)		トヨタ自動車株式会社
(65) 公開番号	特開2019-128765 (P2019-128765A)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(43) 公開日	令和1年8月1日 (2019.8.1)	(74) 代理人	100106150
審査請求日	令和2年2月24日 (2020.2.24)		弁理士 高橋 英樹
		(74) 代理人	100082175
			弁理士 高田 守
		(74) 代理人	100113011
			弁理士 大西 秀和
		(72) 発明者	橋本 竜太
			愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(72) 発明者	渡邊 義徳
			愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 自動運転システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

車両に搭載される自動運転システムであって、
前記車両の自動運転を制御する制御装置と、
前記車両のドライバの覚醒レベルを算出する覚醒レベル算出装置と
を備え、
低覚醒状態は、通常状態よりも前記覚醒レベルが低い状態であり、
前記制御装置は、更に、
前記自動運転の最中に所定の条件が成立した場合、前記ドライバに対して操作あるいは
周辺状況の監視を行うよう要求し、

前記通常状態よりも前記低覚醒状態において前記車両の周辺の他車両が前記車両の挙動
を予測あるいは認識しやすくなるように、前記車両の挙動計画を計算するための運動計算
パラメータを設定して前記車両の挙動を制御する車両挙動制御を行う

自動運転システム。

【請求項2】

請求項1に記載の自動運転システムであって、
前記運動計算パラメータは、前記車両挙動制御における前記車両の加減速度の目標値で
ある目標加減速度を含み、

前記制御装置は、前記低覚醒状態における前記目標加減速度を前記通常状態よりも低く
する

自動運転システム。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の自動運転システムであって、

前記運動計算パラメータは、前記車両の減速を開始する減速開始位置、あるいは、前記減速開始位置を算出するために用いられる目標減速度を含み、

前記制御装置は、前記低覚醒状態における前記減速開始位置を前記通常状態よりも手前に設定する

自動運転システム。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の自動運転システムであって、

前記制御装置は、前記通常状態よりも前記低覚醒状態において前記他車両が前記車両の車線変更を予測あるいは認識しやすくなるように前記車両挙動制御を行う

自動運転システム。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の自動運転システムであって、

前記運動計算パラメータは、前記車線変更の開始から完了までの目標時間である車線変更時間を含み、

前記制御装置は、前記低覚醒状態における前記車線変更時間を前記通常状態よりも増加させる

自動運転システム。

【請求項 6】

請求項 4 に記載の自動運転システムであって、

前記車線変更は、ウィンカ点滅を含み、

前記運動計算パラメータは、前記ウィンカ点滅の期間あるいは範囲を含み、

前記制御装置は、前記低覚醒状態における前記ウィンカ点滅の期間あるいは範囲を前記通常状態よりも増加させる

自動運転システム。

【請求項 7】

請求項 4 に記載の自動運転システムであって、

前記車線変更において、前記制御装置は、前記車両がレーン境界を越えて隣りのレーンに移るように操舵制御を行い、

前記運動計算パラメータは、前記操舵制御の開始前の前記車両と前記レーン境界との間の距離であるレーン境界距離を含み、

前記制御装置は、前記低覚醒状態における前記レーン境界距離を前記通常状態よりも小さくする

自動運転システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、車両の自動運転を制御する自動運転システムに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 は、車両の自動運転と手動運転とを切り替え可能な車両制御装置を開示している。自動運転から手動運転に切り替える際、車両制御装置は、自動運転が終了することを運転者に報知する。このとき、車両制御装置は、ドライバ状態に基づいてドライバの手動運転適応度を演算し、手動運転適応度が低いほど報知タイミングを早くする。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2016 - 38768 号公報

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

車両の自動運転の最中、自動運転システムは、必要に応じて、ドライバーに対して操作や周辺状況の監視を行うよう要求する。しかしながら、ドライバーの覚醒レベルが低い場合、ドライバーは、自動運転システムからの操作要求あるいは監視要求に対して反応できない、あるいは、反応が遅れる。

【0005】

本発明の1つの目的は、車両の自動運転中、ドライバーの覚醒レベルが低い場合に、ドライバーによる操作や監視の必要性を低減することができる技術を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0006】

第1の発明は、車両に搭載される自動運転システムを提供する。

前記自動運転システムは、

前記車両の挙動を制御する車両挙動制御を行う車両挙動制御装置と、

前記車両のドライバーの覚醒レベルを算出する覚醒レベル算出装置と

を備える。

低覚醒状態は、通常状態よりも前記覚醒レベルが低い状態である。

前記車両挙動制御装置は、前記通常状態よりも前記低覚醒状態において前記車両の周辺
の他車両が前記車両の挙動を予測あるいは認識しやすくなるように前記車両挙動制御を行
う。

20

【0007】

第2の発明は、第1の発明において、更に次の特徴を有する。

目標加減速度は、前記車両挙動制御における前記車両の加減速度の目標値である。

前記車両挙動制御装置は、前記低覚醒状態における前記目標加減速度を前記通常状態よ
りも低くする。

【0008】

第3の発明は、第1の発明において、更に次の特徴を有する。

減速開始位置は、前記車両の減速を開始する位置である。

前記車両挙動制御装置は、前記低覚醒状態における前記減速開始位置を前記通常状態よ
りも手前に設定する。

30

【0009】

第4の発明は、第1の発明において、更に次の特徴を有する。

前記車両挙動制御装置は、前記通常状態よりも前記低覚醒状態において前記他車両が前
記車両の車線変更を予測あるいは認識しやすくなるように前記車両挙動制御を行う。

【0010】

第5の発明は、第4の発明において、更に次の特徴を有する。

車線変更時間は、前記車線変更の開始から完了までの目標時間である。

前記車両挙動制御装置は、前記低覚醒状態における前記車線変更時間を前記通常状態よ
りも増加させる。

40

【0011】

第6の発明は、第4の発明において、更に次の特徴を有する。

前記車線変更は、ウィンカ点滅を含む。

前記車両挙動制御装置は、前記低覚醒状態における前記ウィンカ点滅の期間あるいは範
囲を前記通常状態よりも増加させる。

【0012】

第7の発明は、第4の発明において、更に次の特徴を有する。

前記車線変更において、前記車両挙動制御装置は、前記車両がレーン境界を越えて隣り
のレーンに移るように操舵制御を行う。

レーン境界距離は、前記操舵制御の開始前の前記車両と前記レーン境界との間の距離で

50

ある。

前記車両挙動制御装置は、前記低覚醒状態における前記レーン境界距離を前記通常状態よりも小さくする。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、車両挙動制御装置は、通常状態よりも低覚醒状態において他車両が車両の挙動を予測あるいは認識しやすくなるように車両挙動制御を行う。他車両が車両の挙動を高精度で予測あるいは認識するため、他車両が車両に近づき過ぎたり、車両と衝突する可能性が減る。従って、車両側に搭載されている自動運転システムが操作要求あるいは監視要求を出す機会が減る。結果として、ドライバによる操作や監視の必要性が減る。

10

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の実施の形態に係る自動運転システムを説明するための概念図である。

【図2】本発明の実施の形態に係る自動運転システムによる車両挙動制御の概要を説明するための概念図である。

【図3】本発明の実施の形態に係る自動運転システムの構成を概略的に示すブロック図である。

【図4】本発明の実施の形態に係る自動運転システムの具体的な構成例を示すブロック図である。

【図5】本発明の実施の形態に係る自動運転システムにおいて用いられる運転環境情報の例を示すブロック図である。

20

【図6】本発明の実施の形態における操作要求と応答操作の組み合わせの様々な例を示す概念図である。

【図7】本発明の実施の形態に係る自動運転システムの制御装置による処理を示すフローチャートである。

【図8】本発明の実施の形態に係る自動運転システムによる車両挙動制御を説明するための概念図である。

【図9】本発明の実施の形態に係る自動運転システムによる車両挙動制御を説明するための概念図である。

【発明を実施するための形態】

30

【0015】

添付図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。

【0016】

1. 概要

図1は、本実施の形態に係る自動運転システム10を説明するための概念図である。自動運転システム10は、車両1に搭載されており、車両1の自動運転を制御する。例えば、自動運転システム10は、自動運転における車両1の挙動を制御する。

【0017】

また、自動運転の最中、自動運転システム10は、必要に応じて、車両1のドライバに対して操作や周辺状況の監視を行うよう要求する。例えば、自動運転では対応しにくいイベント（例：道路工事区間、渋滞区間、複雑地形）が存在する場合、自動運転システム10は、ドライバに手動運転操作を開始するよう要求する可能性がある。他の例として、周辺車両が車両1に近い場合、自動運転システム10は、ドライバが必要に応じて直ぐに運転に介入できるように、ドライバに監視を行うよう要求する可能性がある。円滑な車両走行を実現するためには、ドライバは、自動運転システム10からの操作要求あるいは監視要求に対して機敏に反応することが好ましい。

40

【0018】

ここで、ドライバの「覚醒レベルAL」について考える。覚醒レベルALは、ドライバの知覚（意識）の度合いを表す。覚醒レベルALが高い場合、ドライバは、自動運転システム10からの操作要求あるいは監視要求に対して機敏に反応することができる。一方、

50

ドライバがぼんやりしている、眠気を催している、睡眠中、等の場合、覚醒レベルALは低い。覚醒レベルALが低い場合、ドライバは、自動運転システム10からの操作要求あるいは監視要求に対して反応できない、あるいは、反応が遅れる。このことは、円滑な車両走行の観点から好ましくない。

【0019】

そこで、本実施の形態は、ドライバの覚醒レベルALが低い場合に、ドライバによる操作や監視の必要性を低減することができる技術を提供する。ドライバによる操作や監視の必要性を低減するためには、自動運転システム10からの操作要求あるいは監視要求を抑えられるような状況を積極的に作り出せばよい。そのために、本実施の形態に係る自動運転システム10は、ドライバの覚醒レベルALに応じて車両1の挙動を制御する。

10

【0020】

図2は、本実施の形態に係る自動運転システム10による車両挙動制御の概要を説明するための概念図である。図2において、「低覚醒状態」とは、通常状態よりも覚醒レベルALが低い状態を意味する。例えば、低覚醒状態は、覚醒レベルALが閾値よりも低い状態であり、通常状態は、覚醒レベルALが閾値以上である状態である。低覚醒状態では、自動運転システム10は、操作要求あるいは監視要求を抑えるために、次のような観点で車両挙動制御を行う。

【0021】

(1) 挙動予測容易性の増加

自動運転システム10は、通常状態よりも低覚醒状態において他車両が車両1の挙動を予測あるいは認識しやすくなるように車両挙動制御を行う。車両1の周辺他車両が車両1の挙動を予測あるいは認識する容易性は、以下「挙動予測容易性」と呼ばれる。自動運転システム10は、低覚醒状態における挙動予測容易性が通常状態よりも増加するように車両挙動制御を行う。挙動予測容易性が増加すると、他車両が車両1の挙動を高精度で予測あるいは認識するため、他車両が車両1に近づき過ぎたり、車両1と衝突する可能性が減る。従って、車両1側に搭載されている自動運転システム10が操作要求あるいは監視要求を出す機会が減る。結果として、ドライバによる操作や監視の必要性が減る。

20

【0022】

(2) 安全マージンの拡大

自動運転システム10は、通常状態よりも低覚醒状態において周辺物体に対する安全マージンが大きくなるように車両挙動制御を行う。言い換えれば、自動運転システム10は、低覚醒状態における安全マージンを通常状態よりも拡大する。例えば、自動運転システム10は、低覚醒状態における車間距離を通常状態よりも大きくする。周辺物体に対する安全マージンが拡大することにより、周辺物体との衝突の可能性が減る。従って、自動運転システム10が操作要求あるいは監視要求を出す機会が減る。結果として、ドライバによる操作や監視の必要性が減る。

30

【0023】

(3) 潜在的衝突リスクの低減

例えば、合流レーンが本線の第1レーンと合流する場合、合流地点付近の第1レーンは、衝突発生確率が潜在的に高い場所である。従って、合流地点付近では第1レーン以外のレーンを走行することにより、衝突リスクが減る。低覚醒状態の場合、自動運転システム10は、潜在的衝突リスクが通常状態よりも減るように車両挙動制御を行う。これにより、自動運転システム10が操作要求あるいは監視要求を出す機会が減る。結果として、ドライバによる操作や監視の必要性が減る。

40

【0024】

(4) 緊急停止容易性の増加

緊急事態(例:車両1のマシントラブル、自動運転システム10の異常)が発生した場合、自動運転システム10は、ドライバに手動運転操作を開始するよう要求する。但し、低覚醒状態の場合、ドライバは手動運転要求に反応できない可能性があるため、自動運転システム10は、手動運転要求を出すことなく車両1を緊急停止させる。そこで、低覚醒

50

状態の場合、自動運転システム 10 は、万一の緊急事態に備えて、車両 1 を停止させやすいような走行レーンを選択する。つまり、低覚醒状態の場合、自動運転システム 10 は、緊急停止容易性が通常状態よりも増加するように車両挙動制御を行う。これにより、万一緊急事態が発生したとしても、ドライバの手動運転に頼ることなく、車両 1 を停止させやすくなる。すなわち、ドライバによる操作や監視の必要性が減る。

【0025】

(5) 制御誤差の低減

自動運転システム 10 による車両挙動制御における制御誤差が大きくなると、ドライバの介入が必要となる可能性が高くなる。そこで、低覚醒状態の場合、自動運転システム 10 は、制御誤差が減るように制御ゲインを変える。これにより、制御誤差に起因するドライバ介入可能性が減る。すなわち、ドライバによる操作や監視の必要性が減る。

10

【0026】

本実施の形態に係る自動運転システム 10 は、以上に例示された観点の少なくとも 1 つに基づいて車両挙動制御を行う。その結果、車両 1 の自動運転中、ドライバの覚醒レベル AL が低い場合に、ドライバによる操作や監視の必要性を低減することが可能となる。以下、本実施の形態に係る自動運転システム 10 の構成及び処理について、更に詳しく説明する。

【0027】

2. 自動運転システム

2-1. 全体構成例

20

図 3 は、本実施の形態に係る自動運転システム 10 の構成を概略的に示すブロック図である。自動運転システム 10 は、情報取得装置 20、車両挙動制御装置 30、及び覚醒レベル算出装置 40 を備えている。

【0028】

情報取得装置 20 は、車両 1 の運転環境を示す運転環境情報 50 を取得する。車両挙動制御装置 30 は、運転環境情報 50 に基づいて、自動運転における車両 1 の挙動を制御する。覚醒レベル算出装置 40 は、車両 1 のドライバの覚醒レベル AL を算出する。車両挙動制御装置 30 は、覚醒レベル AL に応じた車両挙動制御を行う。

【0029】

図 4 は、自動運転システム 10 の具体的な構成例を示すブロック図である。自動運転システム 10 は、制御装置 100、GPS (Global Positioning System) 受信器 110、地図データベース 120、センサ群 130、通信装置 140、HMI (Human Machine Interface) ユニット 150、応答操作センサ 160、ドライバモニタ 170、及び走行装置 180 を備えている。

30

【0030】

制御装置 100 は、車両 1 の自動運転を制御する。この制御装置 100 は、プロセッサ及び記憶装置を備えるマイクロコンピュータである。制御装置 100 は、ECU (Electronic Control Unit) と呼ばれる。プロセッサが記憶装置に格納された制御プログラムを実行することにより、制御装置 100 による自動運転制御が実現される。

【0031】

GPS 受信器 110 は、複数の GPS 衛星から送信される信号を受信し、受信信号に基づいて車両 1 の位置及び方位を算出する。

40

【0032】

地図データベース 120 には、地図情報が記録されている。地図情報は、レーン配置、レーン属性 (登坂車線、制限速度、等)、自動運転許可ゾーン、等の情報を含んでいる。

【0033】

センサ群 130 は、車両 1 の周囲の状況や車両 1 の状態を検出する。センサ群 130 としては、ライダー (LIDAR: Laser Imaging Detection and Ranging)、レーダー、カメラが例示される。また、センサ群 130 は、車両 1 の状態を検出する車両状態センサを含む。車両状態センサは、車両 1 の速度を検出する車速センサや、車両 1 の異常を検出する異

50

常検出センサ、等を含む。

【 0 0 3 4 】

通信装置 1 4 0 は、車両 1 の外部と通信を行う。例えば、通信装置 1 4 0 は、V 2 I 通信（路車間通信）や V 2 V 通信（車車間通信）を行う。通信装置 1 4 0 は、自動運転サービスを管理する管理サーバと、通信ネットワークを介して通信を行うこともできる。

【 0 0 3 5 】

H M I ユニット 1 5 0 は、ドライバに情報を提供し、また、ドライバから情報を受け付けるためのインタフェースである。具体的には、H M I ユニット 1 5 0 は、入力装置と出力装置を有している。入力装置としては、タッチパネル、スイッチ、マイク、等が例示される。出力装置としては、表示装置、スピーカ、等が例示される。

10

【 0 0 3 6 】

応答操作センサ 1 6 0 は、操作要求に対するドライバの応答操作を検出するセンサである。例えば、応答操作センサ 1 6 0 は、ドライバがステアリングホイール（ハンドル）を保持しているか否かを検出するためのステアリングタッチセンサを含む。応答操作センサ 1 6 0 は、操舵操作、アクセル操作、及びブレーキ操作のそれぞれを検出するセンサを含んでいてもよい。

【 0 0 3 7 】

ドライバモニタ 1 7 0 は、撮像を通してドライバの状態を検出する。より詳細には、ドライバモニタ 1 7 0 は、赤外線カメラ等の撮像装置を含んでいる。ドライバモニタ 1 7 0 は、撮像装置によって得られる画像を解析することによって、ドライバの様々な状態を検出することができる。例えば、ドライバモニタ 1 7 0 は、ドライバの顔の向き、目線、眼の開閉度を検出することができる。

20

【 0 0 3 8 】

走行装置 1 8 0 は、操舵装置、駆動装置、制動装置、及びウィンカを含んでいる。操舵装置は、車輪を転舵する。駆動装置は、駆動力を発生させる動力源である。駆動装置としては、電動機やエンジンが例示される。制動装置は、制動力を発生させる。

【 0 0 3 9 】

2 - 2 . 情報取得装置

制御装置 1 0 0 は、G P S 受信器 1 1 0、地図データベース 1 2 0、センサ群 1 3 0、通信装置 1 4 0、H M I ユニット 1 5 0、応答操作センサ 1 6 0、及びドライバモニタ 1 7 0 を用いることによって、運転環境情報 5 0 を取得する。

30

【 0 0 4 0 】

図 5 は、本実施の形態における運転環境情報 5 0 の例を示している。運転環境情報 5 0 は、位置方位情報 5 1、地図情報 5 2、センサ検出情報 5 3、配信情報 5 4、ドライバ入力情報 5 5、応答操作情報 5 6、及びドライバモニタ情報 5 7 を含んでいる。

【 0 0 4 1 】

位置方位情報 5 1 は、車両 1 の位置及び方位を示す。制御装置 1 0 0 は、G P S 受信器 1 1 0 から位置方位情報 5 1 を取得する。

【 0 0 4 2 】

地図情報 5 2 は、レーン配置、レーン属性（登坂車線、制限速度、等）、自動運転許可ゾーン、等の情報を含んでいる。制御装置 1 0 0 は、位置方位情報 5 1 と地図データベース 1 2 0 に基づいて、車両 1 の周囲の地図情報 5 2 を取得する。

40

【 0 0 4 3 】

センサ検出情報 5 3 は、センサ群 1 3 0 による検出結果から得られる情報である。具体的には、センサ検出情報 5 3 は、車両 1 の周囲の物標に関する物標情報を含んでいる。車両 1 の周囲の物標としては、周辺車両、落下物、白線、路側物、標識などが例示される。物標情報は、車両 1 から見た物標の相対位置、相対速度等を含んでいる。また、センサ検出情報 5 3 は、車両状態センサによって検出される車両 1 の状態を含んでいる。制御装置 1 0 0 は、センサ群 1 3 0 による検出結果に基づいて、センサ検出情報 5 3 を取得する。

【 0 0 4 4 】

50

配信情報 54 は、通信装置 140 を通して得られる情報である。例えば、配信情報 54 は、インフラから配信される道路交通情報（渋滞情報、工事区間情報、事故情報、交通規制情報、等）を含む。配信情報 54 は、自動運転サービスを管理する管理サーバから配信される情報を含んでいてもよい。制御装置 100 は、通信装置 140 を用いて外部と通信を行うことにより、配信情報 54 を取得する。

【0045】

ドライバ入力情報 55 は、HMI ユニット 150 を通してドライバから入力される情報である。

【0046】

応答操作情報 56 は、応答操作センサ 160 によって検出されるドライバの応答操作を示す情報である。例えば、応答操作情報 56 は、ドライバがステアリングホイールを保持したか否かを示す。

10

【0047】

ドライバモニタ情報 57 は、ドライバモニタ 170 によって得られる情報である。例えば、ドライバモニタ情報 57 は、ドライバの顔の向き、目線、眼の開閉度を示す。

【0048】

制御装置 100、GPS 受信器 110、地図データベース 120、センサ群 130、通信装置 140、HMI ユニット 150、応答操作センサ 160、及びドライバモニタ 170 は、図 3 で示された「情報取得装置 20」を構成していると言える。

【0049】

20

2-3. 車両挙動制御装置

制御装置 100 は、運転環境情報 50 に基づいて、車両 1 の自動運転を制御する。特に、制御装置 100 は、運転環境情報 50 に基づいて、車両 1 の挙動を制御する車両挙動制御を行う。具体的には、制御装置 100 は、運転環境情報 50 に基づいて車両挙動計画（走行計画）を生成する。そして、制御装置 100 は、走行装置 180 を制御して、車両挙動計画に従って車両 1 を走行させる。制御装置 100 と走行装置 180 は、図 3 で示された「車両挙動制御装置 30」を構成していると言える。

【0050】

2-4. 覚醒レベル算出装置

更に、制御装置 100 は、ドライバの覚醒レベル AL を算出する。具体的には、制御装置 100 は、ドライバモニタ情報 57 に基づいて覚醒レベル AL を算出することができる。例えば、ドライバの眼の開度が小さくなるほど、覚醒レベル AL は低くなるように算出される。他の例として、ドライバの顔の向きが前方向から離れるほど、覚醒レベル AL は低くなるように算出される。

30

【0051】

あるいは、制御装置 100 は、操作要求と応答操作に基づいて覚醒レベル AL を算出してもよい。操作要求は、上述の手動運転要求だけに限られない。より一般化すると、「操作要求」とは、ドライバに要求又は提案を行い、その要求又は提案に応答する「応答操作」を行うようドライバに求めるものである。図 6 は、操作要求 (X) と応答操作 (Y) の組み合わせの様々な例を示している。

40

【0052】

例えば、制御装置 100 は、車線変更 (LC: Lane Change) を行うことを提案する。車線変更が必要となるシチュエーションとしては、レーン分岐やレーン合流が考えられる。レーン分岐やレーン合流は、地図情報 52 に基づいて認識可能である。制御装置 100 は、HMI ユニット 150 (出力装置) を用いて、車線変更提案を行う。ドライバは、HMI ユニット 150 (入力装置) を用いて、車線変更提案を承認あるいは拒否する。つまり、「車線変更提案」が操作要求であり、それに対する応答操作は「承認/拒否」である。制御装置 100 は、ドライバ入力情報 55 に基づいて、承認/拒否が行われたか否かを検出することができる。

【0053】

50

他の例として、制御装置 100 は、低速先行車両を追い越すことを提案する。低速先行車両は、センサ検出情報 53 (物標情報と車速情報) に基づいて認識可能である。車線変更提案の場合と同様に、制御装置 100 は追越提案を行い、ドライバは追越提案を承認あるいは拒否する。つまり、「追越提案」が操作要求であり、それに対する応答操作は「承認/拒否」である。制御装置 100 は、ドライバ入力情報 55 に基づいて、承認/拒否が行われたか否かを検出することができる。

【0054】

更に他の例として、制御装置 100 は、ドライバにステアリングホイールを保持することを要求する。ステアリングホイールを保持することは、以下「ステア保持」と呼ばれる。例えば、車両 1 の先に急カーブが存在する場合、制御装置 100 は、車線逸脱の可能性を考慮して、ドライバにステア保持を要求する。急カーブは、地図情報 52 (レーン配置情報) に基づいて認識可能である。ドライバは、ステア保持要求に応答してステア保持を行う。つまり、「ステア保持要求」が操作要求であり、それに対する応答操作は「ステア保持」である。制御装置 100 は、応答操作情報 56 に基づいて、ステア保持が行われたか否かを検出することができる。

【0055】

更に他の例として、自動運転システム 10 は、ドライバに手動運転を開始することを要求する。手動運転が必要となるシチュエーションとしては、(a) 目的地付近に車両 1 が到着する、(b) 自動運転許可ゾーンが終了する、(c) 自動運転では対応しにくいイベント (例: 道路工事区間、渋滞区間、複雑地形) が存在する、等が考えられる。シチュエーション (a) 及び (b) は、位置方位情報 51 及び地図情報 52 に基づいて認識可能である。道路工事区間や渋滞区間は、配信情報 54 に基づいて認識可能である。複雑地形は、地図情報 52 に基づいて認識可能である。ドライバは、手動運転要求に応答して手動運転操作 (例: ステア保持、操舵操作、アクセル操作、ブレーキ操作) を行う。つまり、「手動運転要求」が操作要求であり、それに対する応答操作は「手動運転操作」である。制御装置 100 は、応答操作情報 56 に基づいて、手動運転操作が行われたか否かを検出することができる。

【0056】

制御装置 100 は、操作要求を出してから応答操作を検出するまでの応答時間を計測する。そして、制御装置 100 は、応答時間に基づいてドライバの覚醒レベル AL を算出する。具体的には、応答時間が長くなるほど、覚醒レベル AL は低くなるように算出される。

【0057】

制御装置 100、HMI ユニット 150、応答操作センサ 160、及びドライバモニタ 170 は、図 3 で示された「覚醒レベル算出装置 40」を構成していると言える。

【0058】

2-5. 処理フロー

図 7 は、本実施の形態に係る自動運転システム 10 の制御装置 100 による処理を示すフローチャートである。図 7 に示される処理フローは、一定サイクル毎に繰り返し実行される。

【0059】

ステップ S10 において、制御装置 100 (覚醒レベル算出装置 40) は、覚醒レベル AL を算出する。続くステップ S20 において、制御装置 100 (車両挙動制御装置 30) は、覚醒レベル AL を閾値と比較する。

【0060】

覚醒レベル AL が閾値以上である場合 (ステップ S20; No)、制御装置 100 は、運動計算パラメータを「デフォルト値」に設定する (ステップ S30)。運動計算パラメータは、続くステップ S50 (車両挙動計画の算出) において用いられる。例えば、運動計算パラメータは、目標加減速度や加減速開始タイミングに関する設定値を含む。一方、覚醒レベル AL が閾値より低い場合 (ステップ S20; Yes)、制御装置 100 は、運

10

20

30

40

50

動計算パラメータをデフォルト値とは異なる「調整値」に変更する（ステップ S 4 0）。

【 0 0 6 1 】

ステップ S 5 0 において、制御装置 1 0 0（車両挙動制御装置 3 0）は、運動計算パラメータを用いて車両挙動計画を計算する。車両挙動計画は、自動運転における車両 1 の目標軌道（目標位置、目標速度）を含む。ステップ S 6 0 において、制御装置 1 0 0 は、走行装置 1 8 0 を制御して、車両挙動計画に従って車両 1 を走行させる。

【 0 0 6 2 】

3 . 挙動予測容易性の増加

次に、図 2 で示された観点（1）について詳しく説明する。制御装置 1 0 0（車両挙動制御装置 3 0）は、通常状態よりも低覚醒状態において他車両が車両 1 の挙動を予測あるいは認識しやすくなるように車両挙動制御を行う。つまり、制御装置 1 0 0 は、低覚醒状態における挙動予測容易性が通常状態よりも増加するように車両挙動制御を行う。以下、挙動予測容易性を増加させるための様々な例を説明する。

10

【 0 0 6 3 】

3 - 1 . 第 1 の例

車両 1 が急に加速あるいは減速した場合、他車両は、その後に車両 1 がどのように動くか予測しにくい。また、車両 1 が急に加速あるいは減速して、車両 1 と他車両との間の距離が急に縮まった場合、他車両は、衝突を避けるために早急に回避制御を行う必要がある。この場合、車両 1 の挙動を予測あるいは認識するために十分なデータ解析時間を確保することができない。その結果、他車両が車両 1 の挙動を予測あるいは認識しにくくなる。

20

【 0 0 6 4 】

従って、制御装置 1 0 0 は、低覚醒状態における「目標加減速度」を通常状態よりも低くする。目標加減速度は、車両挙動制御における車両 1 の加減速度の目標値であり、上述の運動計算パラメータの 1 つである。目標加減速度の調整値はデフォルト値よりも低い。目標加減速度が低くなるため、車両 1 は緩やかに加減速する。その結果、挙動予測容易性が増加する。

【 0 0 6 5 】

3 - 2 . 第 2 の例

第 2 の例では、車両 1 が減速を開始する位置について考える。図 8 は、一例として、車両 1 がカーブの手前で減速を行う場合を示している。車両 1 の前方の位置 P C において、カーブが始まる。そのカーブ開始位置 P C よりも手前の減速開始位置 P B において、車両 1 は減速を開始する。

30

【 0 0 6 6 】

例えば、制御装置 1 0 0 は、減速開始位置 P B を、現在の車速、カーブ開始位置 P C における目標速度、及び目標減速度から算出する。上記の第 1 の例で説明されたように目標減速度が低く設定されると、減速開始位置 P B は通常状態よりも手前に設定されることになる。

【 0 0 6 7 】

あるいは、制御装置 1 0 0 は、先に減速開始位置 P B を設定し、その後に目標減速度を算出してもよい。この場合、制御装置 1 0 0 は、低覚醒状態における減速開始位置 P B を通常状態よりも手前に設定する。その結果、低覚醒状態における目標加減速度は通常状態よりも低くなる。

40

【 0 0 6 8 】

いずれの場合であっても、第 1 の例の場合と同様に、挙動予測容易性が増加する。また、減速開始位置 P B が手前になると、車両 1 のブレーキランプの点灯タイミングが早まる。つまり、車両 1 の減速意思がより早く後続車両 2 に伝わる。このことも、挙動予測容易性の増加に寄与する。

【 0 0 6 9 】

3 - 3 . 第 3 の例

第 3 の例では、車両 1 が車線変更を行う場合を考える。図 9 は、車両 1 の車線変更を説

50

明するための図である。レーン L 1 を走行している車両 1 が、レーン L 1 に隣接するレーン L 2 に車線変更を行う。尚、ここでの車線変更は、操舵制御だけでなくウィンカ点滅も含む概念である。制御装置 100 は、車線変更の目標であるレーン L 2 の方向のウィンカを点滅させる。そして、制御装置 100 は、車両 1 がレーン L 1 からレーン境界 L B を越えてレーン L 2 に移るように操舵制御を行う。

【 0070 】

制御装置 100 は、通常状態よりも低覚醒状態において他車両が車両 1 の車線変更を予測あるいは認識しやすくなるように車両挙動制御を行う。例えば、制御装置 100 は、低覚醒状態における「車線変更時間」を通常状態よりも増加させる。車線変更時間は、車線変更の開始から完了までの目標時間であり、上述の運動計算パラメータの 1 つである。車線変更時間が長くなるため、車両 1 は緩やかに車線変更を行う。その結果、挙動予測容易性が増加する。

10

【 0071 】

他の例として、制御装置 100 は、低覚醒状態における「ウィンカ点滅の期間あるいは範囲」を通常状態よりも増加させる。ウィンカ点滅の期間及び範囲も、上述の運動計算パラメータの 1 つである。例えば、操舵制御を開始する前のウィンカ点滅の期間を増加させることにより、後続車両 2 は車両 1 の車線変更を予測しやすくなる。また、ウィンカ点滅の範囲を増加させることにより、後続車両 2 は車両 1 の車線変更を認識しやすくなる。すなわち、挙動予測容易性が増加する。

20

【 0072 】

更に他の例として、制御装置 100 は、低覚醒状態における「レーン境界距離 D B 」を通常状態よりも小さくする。図 9 に示されるように、レーン境界距離 D B は、車線変更のための操舵制御を開始する前の車両 1 とレーン境界 L B との間の距離である。このレーン境界距離 D B も、上述の運動計算パラメータの 1 つである。レーン境界距離 D B が小さくなると、後続車両 2 は車両 1 の車線変更を予測しやすくなる。すなわち、挙動予測容易性が増加する。

【 0073 】

3 - 4 . 効果

以上に説明されたように、制御装置 100 は、低覚醒状態における挙動予測容易性が通常状態よりも増加するように車両挙動制御を行う。挙動予測容易性が増加すると、他車両が車両 1 の挙動を高精度で予測あるいは認識するため、他車両が車両 1 に近づき過ぎたり、車両 1 と衝突する可能性が減る。従って、車両 1 側に搭載されている自動運転システム 10 が操作要求あるいは監視要求を出す機会が減る。結果として、ドライバによる操作や監視の必要性が減る。

30

【 0074 】

4 . 安全マージンの拡大

次に、図 2 で示された観点 (2) について詳しく説明する。制御装置 100 (車両挙動制御装置 30) は、通常状態よりも低覚醒状態において周辺物体に対する安全マージンが大きくなるように車両挙動制御を行う。言い換えれば、制御装置 100 は、低覚醒状態における安全マージンを通常状態よりも拡大する。以下、安全マージンを大きくする様々な例を説明する。

40

【 0075 】

4 - 1 . 第 1 の例

制御装置 100 は、車両挙動計画 (図 7 中のステップ S 50) を計算する際に、車両 1 が走行する走行レーンを決定する。走行レーンを決定する際の基準として、例えば、各レーンにスコアが与えられる。スコアの設定値は、上述の運動計算パラメータの 1 つである。スコアの設定値を調整することによって、所定のレーンを走行レーンから除外することが可能となる。

【 0076 】

低覚醒状態の場合、制御装置 100 は、周辺物体との距離が近いレーンを走行レーンか

50

らなるべく除外する。周辺物体との距離が近いレーンとしては、壁に隣接するレーン、渋滞の横のレーン、対面通行レーン、等が挙げられる。周辺物体との距離が近いレーンが走行レーンから除外されるため、安全マージンが大きくなる。

【 0 0 7 7 】

4 - 2 . 第 2 の例

制御装置 1 0 0 は、低覚醒状態における「周辺車両との車間距離」を通常状態よりも大きくする。周辺車両としては、先行車両、後続車両、及び並走車両が挙げられる。車間距離も、上述の運動計算パラメータの 1 つである。車間距離が大きくなることにより、安全マージンが大きくなる。

【 0 0 7 8 】

4 - 3 . 第 3 の例

車両 1 の前の先行車両が減速した場合、制御装置 1 0 0 は、車両 1 を減速させる。制御装置 1 0 0 は、低覚醒状態における減速開始タイミングを通常状態よりも早める。先行車両との車間距離の設定値を大きくする、あるいは、目標減速度を低く設定することによって、減速開始タイミングを早めることができる。減速開始タイミングが早くなることにより、安全マージンが大きくなる。

【 0 0 7 9 】

4 - 4 . 第 4 の例

第 4 の例では、車両 1 が車線変更を行う場合を考える（図 9 参照）。制御装置 1 0 0 は、センサ検出情報 5 3（物標情報、車速情報）に基づいて、レーン L 2 への車線変更を実行可能な否かを判断する。例えば、レーン L 2 を走行する後続車両 2 に対する相対距離が閾値以下の場合、制御装置 1 0 0 は、車線変更は不可能と判断する。また、レーン L 2 を走行している 2 台の車両間の距離が閾値以下の場合、制御装置 1 0 0 は、その車間への車線変更は不可能と判断する。

【 0 0 8 0 】

制御装置 1 0 0 は、低覚醒状態における「車線変更可能条件」を通常状態よりも厳しくする。車線変更可能条件は、車線変更を実行可能と判断するための条件であり、上述の運動計算パラメータの 1 つである。車線変更可能条件が成立しにくくなるため、無理な車線変更が行われなくなる。その結果、安全マージンが大きくなる。

【 0 0 8 1 】

また、車両 1 が車線変更を開始した後、後続車両 2 が車両 1 に接近してくる可能性もある。「車線変更中止条件」が成立した場合、制御装置 1 0 0 は、車線変更を中止し、車両 1 を元に戻す。制御装置 1 0 0 は、低覚醒状態における車線変更中止条件を通常状態よりも緩くしてもよい。車線変更中止条件が成立しやすくなるため、無理な車線変更が行われなくなる。その結果、安全マージンが大きくなる。

【 0 0 8 2 】

4 - 5 . 効果

以上に説明されたように、制御装置 1 0 0 は、通常状態よりも低覚醒状態において周辺物体に対する安全マージンが大きくなるように車両挙動制御を行う。周辺物体に対する安全マージンが拡大することにより、周辺物体との衝突の可能性が減る。従って、自動運転システム 1 0 が操作要求あるいは監視要求を出す機会が減る。結果として、ドライバによる操作や監視の必要性が減る。

【 0 0 8 3 】

5 . 潜在的衝突リスクの低減

次に、図 2 で示された観点（3）について詳しく説明する。制御装置 1 0 0（車両挙動制御装置 3 0）は、低覚醒状態の場合、潜在的衝突リスクが通常状態よりも減るように車両挙動制御を行う。

【 0 0 8 4 】

例えば、合流レーンが本線の第 1 レーンと合流する場合、合流地点付近の第 1 レーンは、衝突発生確率が潜在的に高い場所である。従って、低覚醒状態の場合、制御装置 1 0 0

10

20

30

40

50

は、合流地点付近の第1レーンを走行レーンからなるべく除外する。合流地点付近では第1レーン以外のレーンを走行することにより、潜在的衝突リスクが減る。

【0085】

他の例として、低覚醒状態の場合、制御装置100は、車線変更の回数がなるべく少なくなるように車両挙動計画を計算する。これにより、潜在的衝突リスクが減る。

【0086】

更に他の例として、低覚醒状態の場合、制御装置100は、車両1の走行速度を下げる。これにより、潜在的衝突リスクが減る。

【0087】

このように、制御装置100は、低覚醒状態の場合、潜在的衝突リスクが通常状態よりも減るように車両挙動制御を行う。これにより、自動運転システム10が操作要求あるいは監視要求を出す機会が減る。結果として、ドライバによる操作や監視の必要性が減る。

10

【0088】

6．緊急停止容易性の増加

次に、図2で示された観点(4)について詳しく説明する。緊急事態(例：車両1のマシントラブル、自動運転システム10の異常)が発生した場合、制御装置100は、ドライバに手動運転操作を開始するよう要求する。但し、低覚醒状態の場合、ドライバは手動運転要求に反応できない可能性があるため、自動運転システム10は、手動運転要求を出すことなく車両1を緊急停止させる。

【0089】

20

そこで、低覚醒状態の場合、制御装置100(車両挙動制御装置30)は、万一の緊急事態に備えて、車両1を停止させやすいような走行レーンを選択する。例えば、制御装置100は、路肩に隣接するレーンを走行レーンとして選択する。制御装置100は、制限速度が低いレーンを走行レーンとして選択してもよい。制御装置100は、登坂車線のように低速走行が許されているレーンを走行レーンとして選択してもよい。制御装置100は、車両密度が低いレーンを走行レーンとして選択してもよい。

【0090】

このように、低覚醒状態の場合、制御装置100は、緊急停止容易性が通常状態よりも増加するように車両挙動制御を行う。これにより、万が一緊急事態が発生したとしても、ドライバの手動運転に頼ることなく、車両1を停止させやすくなる。すなわち、ドライバによる操作や監視の必要性が減る。

30

【0091】

7．制御誤差の低減

次に、図2で示された観点(5)について詳しく説明する。車両挙動制御における制御誤差が大きくなると、ドライバの介入が必要となる可能性が高くなる。例えば、車両1が計画された軌道から大きく逸脱した場合、ドライバの介入が必要となる。

【0092】

そこで、低覚醒状態の場合、制御装置100(車両挙動制御装置30)は、車両挙動制御における制御誤差が減るように制御ゲインを変える。例えば、制御装置100は、乗り心地を犠牲にする代わりに、収束性及び外乱応答性が向上するように制御ゲインを変える。これにより、制御誤差に起因するドライバ介入可能性が減る。すなわち、ドライバによる操作や監視の必要性が減る。

40

【0093】

尚、位置方位情報51やセンサ検出情報53といった認識情報に誤差が含まれる可能性もある。そのような認識誤差を考慮して、低覚醒状態の場合には、上述の例で説明されたように、車線変更を緩やかに実行したり、減速開始タイミングを早めたりしてもよい。これによっても、ドライバによる操作や監視の必要性が減る。

【符号の説明】

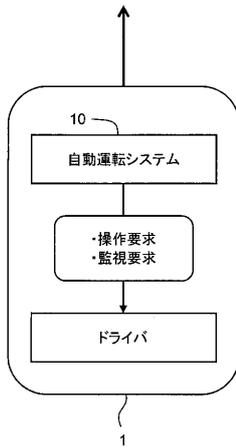
【0094】

1 車両

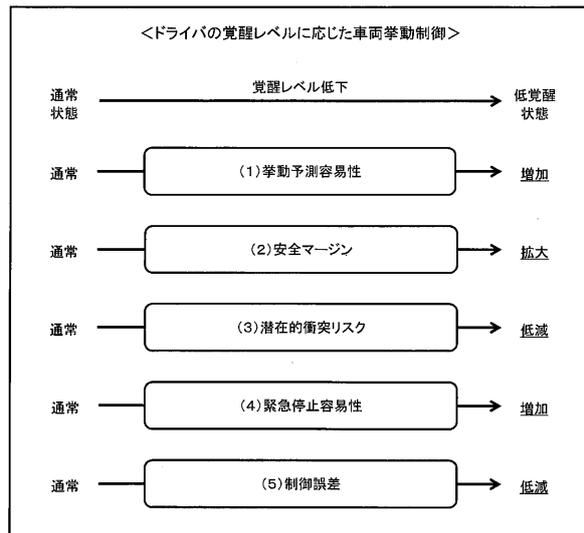
50

1 0	自動運転システム	
2 0	情報取得装置	
3 0	車両挙動制御装置	
4 0	覚醒レベル算出装置	
5 0	運転環境情報	
5 1	位置方位情報	
5 2	地図情報	
5 3	センサ検出情報	
5 4	配信情報	
5 5	ドライバ入力情報	10
5 6	応答操作情報	
5 7	ドライバモニタ情報	
1 0 0	制御装置	
1 1 0	G P S 受信器	
1 2 0	地図データベース	
1 3 0	センサ群	
1 4 0	通信装置	
1 5 0	H M I ユニット	
1 6 0	応答操作センサ	
1 7 0	ドライバモニタ	20
1 8 0	走行装置	

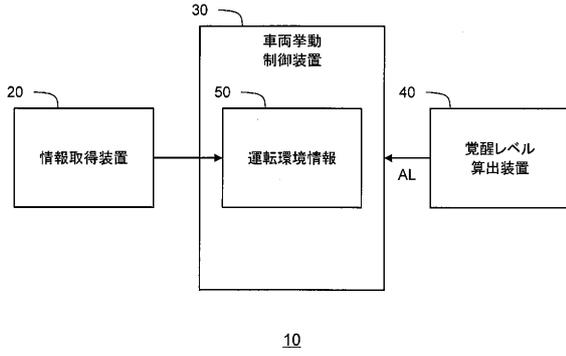
【図 1】



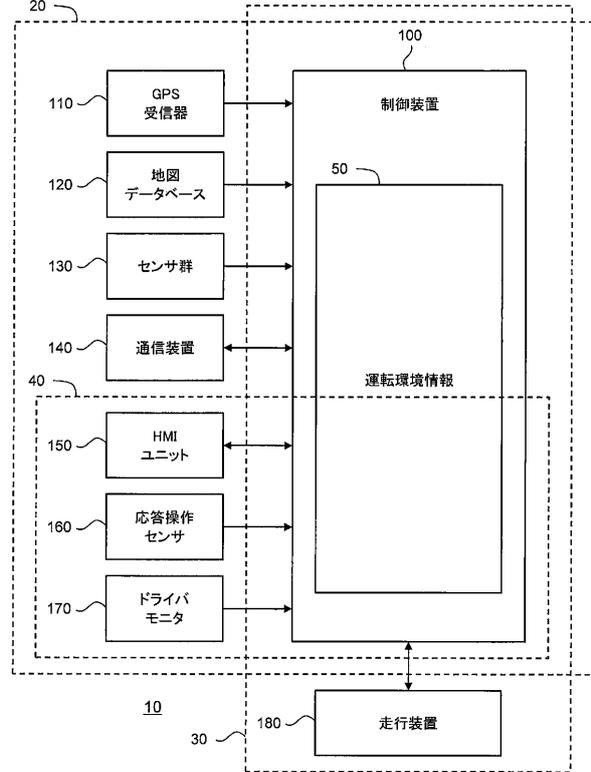
【図 2】



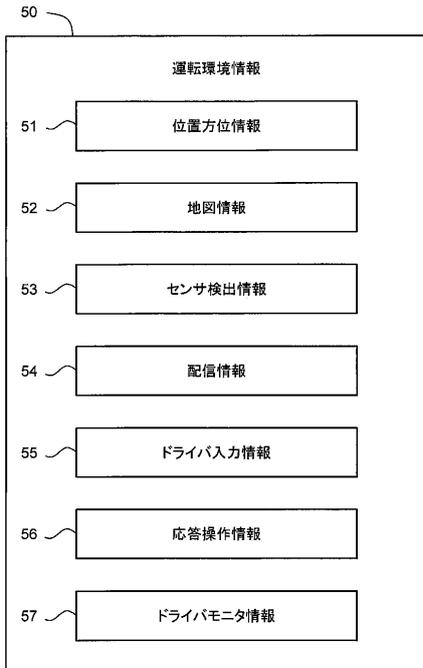
【図3】



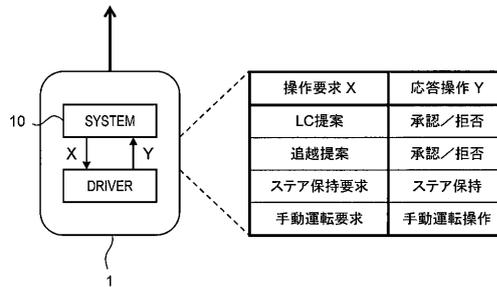
【図4】



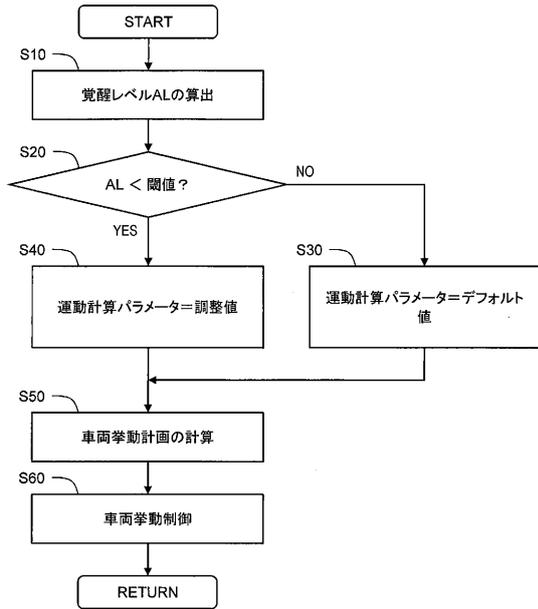
【図5】



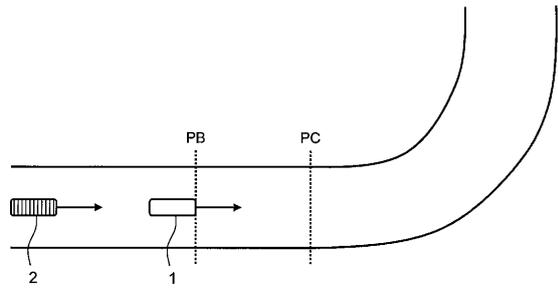
【図6】



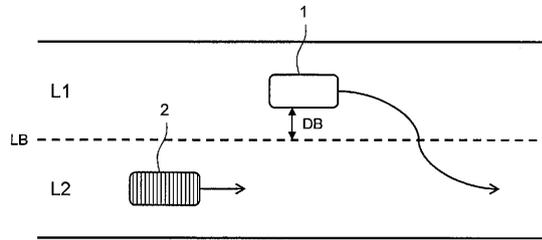
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

審査官 田中 将一

- (56)参考文献 特開2016-149122(JP,A)
特開2012-121524(JP,A)
特開2016-016853(JP,A)
特開2002-025000(JP,A)
国際公開第2017/168541(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G08G	1/00	-	99/00
B60W	10/00	-	10/30
B60W	30/00	-	60/00