

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2019-528518

(P2019-528518A)

(43) 公表日 令和1年10月10日(2019.10.10)

(51) Int.Cl.			F I	テーマコード (参考)		
<b>G08G</b>	<b>1/16</b>	<b>(2006.01)</b>	G08G	1/16	C	3D241
<b>G08G</b>	<b>1/00</b>	<b>(2006.01)</b>	G08G	1/00	X	5H181
<b>B60W</b>	<b>30/08</b>	<b>(2012.01)</b>	B60W	30/08		

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2019-504695 (P2019-504695)  
 (86) (22) 出願日 平成29年7月25日 (2017.7.25)  
 (85) 翻訳文提出日 平成31年3月22日 (2019.3.22)  
 (86) 国際出願番号 PCT/FR2017/052049  
 (87) 国際公開番号 W02018/020129  
 (87) 国際公開日 平成30年2月1日 (2018.2.1)  
 (31) 優先権主張番号 1657337  
 (32) 優先日 平成28年7月29日 (2016.7.29)  
 (33) 優先権主張国・地域又は機関  
 フランス (FR)

(71) 出願人 518403447  
 アンスティテュ ヴェデコム  
 フランス国 78000 ベルサイユ,  
 リュ デ シャンティエ 77  
 (74) 代理人 110002077  
 園田・小林特許業務法人  
 (72) 発明者 ブラクモン, アニー  
 フランス国 91190 ジフ シュール  
 イヴェット, アヴニユ デュ パノラ  
 マ 15  
 Fターム(参考) 3D241 AA71 BA31 DC37Z  
 5H181 AA01 CC03 CC04 CC12 EE13  
 EE14 FF04 FF05 FF10 LL01  
 LL04 LL09

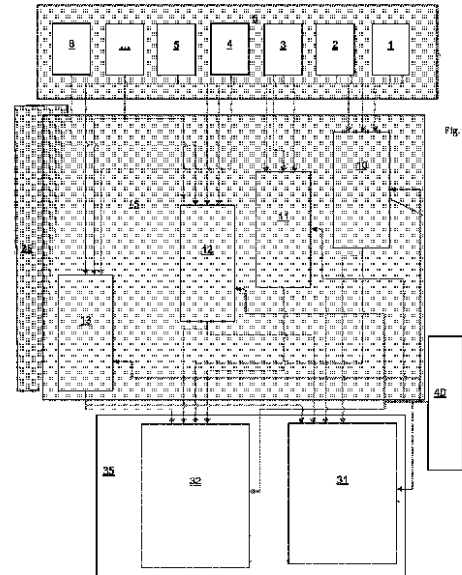
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 自動運転車両の操縦システム

(57) 【要約】

異なる種類の複数のセンサ(1~6)と、そのセンサによって供給されるデータに応じて代理運転情報を特定するためのコンピュータプログラムを実行するプロセッサとを備える自動運転車両の操縦システムにおいて、動的データであって、それぞれの前記代理運転情報の信頼度レベル(44)、前記代理運転情報に関連する変数の整合性(45)、および前記システムの構成要素のハード的およびソフト的信頼性(46)からなる情報の少なくとも一部を含むデータと、気候データおよび/または履歴データであって、車両の運転履歴(48)および環境条件(49)からなる情報の少なくとも一部を含むデータと、操縦の安全な挙動の裁定(47)のための決定処理とに応じて計算される複数の情報に応じて前記代理運転情報のうちで最も安全な機能選択を決めるためのコンピュータプログラムを実行する少なくとも1つのプロセッサを具備する少なくとも1つの裁定モジュール(15)をさらに備えることを特徴とする自動運転車両の操縦システム。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

異なる種類の複数のセンサ（１～６）と、前記センサによって供給されるデータに応じて代理運転情報を特定するためのコンピュータプログラムを実行するプロセッサとを備える自動運転車両の操縦システムにおいて、

- ・動的データであって、
  - それぞれの前記代理運転情報の信頼度レベル（４４）、
  - 前記代理運転情報に関連する変数の整合性（４５）、および
  - 前記システムの構成要素のハード的およびソフト的信頼性（４６）

からなる情報の少なくとも一部を含むデータと、

- ・気候データおよび/または履歴データであって、
  - 車両の運転履歴（４８）および
  - 環境条件（４９）

からなる情報の少なくとも一部を含むデータと、

- ・操縦の安全な挙動の裁定（４７）のための決定処理と

に応じて計算される複数の情報に応じて前記代理運転情報のうちで最も安全な機能選択を決めるためのコンピュータプログラムを実行する少なくとも１つのプロセッサを具備する少なくとも１つの裁定モジュール（１５）をさらに備えることを特徴とする自動運転車両の操縦システム。

## 【請求項 2】

前記代理運転情報の選択を決定するためのコンピュータプログラムが、安全原則を表す情報（４７）をさらに考慮に入れることを特徴とする、請求項 1 に記載の自動運転車両の操縦システム。

## 【請求項 3】

センサおよびそれに関連するプロセッサのグループの処理のための複数の裁定モジュールであって、

- ・車両の位置センサと、
- ・車両が移動する道路の判別センサと、
- ・動的および静的障害物のセンサと、
- ・信号機、標識、道路の物理的構造物などの、インフラおよび交通標識のセンサと

を少なくとも含む裁定モジュールと、

前記裁定モジュールから伝送される情報に応じて車両の複数の移動進路を構築するモジュールと

を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の自動運転車両の操縦システム。

## 【請求項 4】

前記裁定モジュール（１５）が、様々な知覚モジュールおよび処理モジュールの結果に由来する情報の機能的融合手段からの情報をさらに受け取ることを特徴とする、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の自動運転車両の操縦システム。

## 【請求項 5】

名目進路を計算することができない場合に作動される避難進路を特定するための決定手段をさらに備えることを特徴とする、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の自動運転車両の操縦システム。

## 【請求項 6】

- センサ（４０、４１）による複数の情報を取得するステップと、
- 代理運転情報特定のために前記取得情報を処理するステップと、
- 環境条件を取得するステップと、
- 計算ステップであって、
  - ・それぞれの前記代理運転情報の信頼度レベル
  - ・前記代理運転情報に関連する変数の整合性
  - ・前記システムの構成要素のハード的およびソフト的信頼性

10

20

30

40

50

を表現する情報を計算するステップと、

- 前記表現情報、車両運転履歴および安全行動ルールの計算ステップの結果による複数の情報に応じて、信頼性および人員の安全の面から最適な代理運転情報を決定するステップと

を含む自動運転車両の操縦方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、参照によってその内容（明細書、図面および特許請求の範囲）が本明細書に組み込まれる、2016年7月29日出願の仏国特許出願第1657337号の優先権を主張するものである。

10

【0002】

本発明は、自動運転車両の分野に関し、より詳細には、自動運転車両の制御のための情報処理機器に関する。

【背景技術】

【0003】

車両は、人間である操作者による継続的な介入および監視なしに移動することができる場合に自動であると見なされる。アメリカ合衆国運輸省によれば、それは車が運転、加速または制動のレベルで運転者が介入することなく動作できることを意味する。それでも、車両の自動化のレベルは依然として最重要の要素となっている。そこで、米国高速道路交通安全局（高速道路の交通安全を所管する米国の当局機関）は5つの「レベル」を定義している。

20

・レベル0：自動化は全くなし。運転者が車両の主要機能（原動機、アクセル、操舵、ブレーキ）を全面的に、かつすべての瞬間においてコントロールする。

・レベル1：一部機能の自動化。車両の一部機能に関して自動化された部分があるものの、それらは運転者を支援するだけで、運転者による全体的なコントロールは保たれる。たとえば、車輪のアンチロックブレーキシステム（ABS）や横滑り防止装置（ESP）は制動に対して自動的に作用することで運転者が車両のコントロールを失わないように補助する。

・レベル2：複数の機能が組み合わされた自動化。少なくとも2つの主要な機能のコントロールが自動化において組み合わされることで特定の状況下で運転者に取って代わる。アダプティブクルーズコントロールに車路に対する中心合わせが組み合わされたものや、運転者がハンドルやペダルを操作することなく駐車を行うことができるPark Assistなどを備えた車両はこのカテゴリーに分類されることになる。

30

・レベル3：限定的自動運転。運転者は車両のコントロール全体を自動化されたシステムに委ねることができ、システムはそれを受けて最重要の安全機能を受け持つ。ただし、自動運転は一定の環境条件および交通条件のもと（たとえば高速道路のみ）でしか行うことはできない。運転者には、システムからの要求に対して許容される時間内にコントロールを取り戻せることが求められる（特に、高速道路を下りたときや渋滞時などで自動走行条件が完全に満たされなくなったとき）。Google Car（商標）は現在この自動化段階にある。

40

・レベル4：完全自動運転。車両は、経路全体で各種最重要安全機能全体を単独で果たすように設計される。運転者は目的地またはナビゲーション設定を与えはするものの、コントロールを取り戻せるように待機することは求められない。それどころか運転者は運転席を離れてもよく、車両は誰も乗車していない状態で走行することが可能である。

【0004】

運転者のいない車両は、カメラ、センサ、測位装置（レーダーを含む）、デジタルカード、プログラミングおよびナビゲーションシステム、ならびにコネクされた他の車両から伝送されるデータおよびネットワークのインフラから得られる複数の情報を集めることによって動作する。それを受けて、運用システムおよびソフトウェアがそれらの情報全体

50

を処理し、車両の機械的機能の調整を行う。これらのプロセスでは、正しい運転のために道路、自車の挙動および自らの振る舞いに対してまさしく同時に集中することが求められる運転者による限りなく複雑なタスクが再現される。

【0005】

こうした車両の情報処理アーキテクチャは、センサや外部情報ソースから寄せられる複数の信号を管理して、それらの信号から関係するデータを抽出し、異常データを除外し、それらのデータを組み合わせるための一連の処理を行うことによって、車両の電気機械装置（操舵、制動、原動機回転数、警報など）を制御することができるものでなければならない。

【0006】

情報処理アーキテクチャは、利用環境を考慮に入れて、デジタルカードのエラー、センサの故障もしくはナビゲーションのソフトウェアの動作不良、またはそれら3つの要素が同時に起きたときであっても、絶対的な信頼性を保証するものでなければならない。

【0007】

アーキテクチャのロバスト性のメカニズムは以下をその基盤としている。

- 個々の知覚サブシステムの信頼度レベルの整合性および健全性の管理
- 不具合率を抑えるための個々のサブシステムの信頼性強化
- 物理的な計算媒体の冗長性
- 様々な物理的媒体に振り分けられた機能冗長性

【0008】

技術水準

現在の技術水準においては、自動運転車両のための様々な情報処理アーキテクチャ案が提案されている。

【0009】

現在の技術水準では、自動運転車両を自動運転モードで動作させるための方法であって、

- 標準進路（ST1）を特定するステップであって、特定された標準進路（ST1）が運転中に制御装置から自動車両の操作装置に伝送されるステップと、
  - 標準進路（ST1）に沿って自動車両を案内するステップと、
  - 自動車両のための安全範囲（B）を特定するステップであって、特定されたその安全範囲（B）が運転中に制御装置から操作装置（1）に伝送されるステップと
- を含む方法において、

自動車両の自動運転が保証されなくなった場合には安全範囲（B）に移行して、自動車両が安全範囲（B）内で操作装置によって案内される、方法に関する特許文献1が知られている。

【0010】

また、センサと処理ユニットとの間のオブジェクトデータの交換・共通処理の方法および装置について記した特許文献2も知られている。この従来技術の解決法によれば、センサ対象物および融合対象物の位置情報および/または速度情報および/またはその他の属性（寸法、識別、符号）が伝送され、処理される。

【0011】

特許文献3は、ホスト車両が利用できる移動車路を画像解析による空き経路の検出とホスト車両の環境内にある対象物の検出とによって検出するプロセスについて記している。この解決法には、カメラ機からの監視、走路検出による画像解析、画像内の自由移動ルートを特定するための解析、対象物を描写するセンサデータの監視、対象物が進路に及ぼす影響を特定するためのセンサデータの解析が含まれる。

【0012】

特許文献4は、車両が車道を移動するときその車両の周囲にある複数の潜在的到達先に付随する既定の安全リスクを検出する複数のセンサによる環境解析システムについて記している。このシステムは、安全リスクが明らかに最も小さい潜在的到達先のうちの1つ

10

20

30

40

50

をターゲットゾーンとして選択する。経路決定ユニットは、車両とターゲットゾーンとの間で複数の信ぴょう性のあるルートを集め、その複数の信ぴょう性のあるルートに付随した既定の安全リスクを監視し、その複数の信ぴょう性のあるルートの中で安全リスクが明らかに最も小さいものをターゲットルートとして選択する。衝突検出器は車両とそれ以外の物体との衝突を検出する。安定制御は、衝突が検出されたときに車両を自律的にターゲットルートに向かわせるように構成される。

【0013】

特許文献5は、車両に予測サブシステムを備えた運転支援システムについて記している。その方法は、環境表現を受け入れることからなる複数のステップを含む。環境表現に関する信頼度を推定する計算であって、環境表現に対して信ぴょう性ルールを適用するとともに、環境表現に基づく予測を評価するための寄与因子としての信頼度の推定を示しつつ行われる計算。

10

【0014】

従来技術の欠点

従来技術の解決法は完全に満足できるものではない。それは、提案されているアーキテクチャが、誤りや不具合のあるものが含まれる可能性のある寄せ集めのセンサやソースからのデータの「線形」処理にかかわるものであるためである。提案されているアーキテクチャでは、そうした誤りや疑わしさのあるデータの処理は決定論的に行われ、予想外の動きにつながる可能性がある。

【0015】

従来技術で提案されている解決法は、自動運転車両の操縦に対するきわめて厳しい安全面からの制約に完全に適合したものではない。

20

【0016】

車両の環境、とりわけ気象および大気に関する側面、さらに道路の状況を含めた環境は外乱に満ちあふれている。

【0017】

これにはランダムな因子、したがって予測不能な因子がいくつも含まれており、そうした周囲の外乱に起因する安全面からの制約は無限の変形をもたらす。たとえば気象条件はセンサに外乱をもたらす可能性があるほか、道路の環境や状況もアルゴリズムが管理できない、または管理するようになっていない局面にアルゴリズムをさらすことになる可能性がある。センサの限度はわかっているものの、センサおよびその知能が限界に達するときの状況すべてが正確にわかっているわけではない。

30

【0018】

提案されている解決法には、人による介入なしでの機能安全性と機能不全性に同時に依拠したインテリジェントな決定段が組み込まれていない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0019】

【特許文献1】国際公開第2014044480号

【特許文献2】米国特許出願公開第20050021201号

【特許文献3】米国特許出願公開第20100104199号

【特許文献4】米国特許第8930060号

【特許文献5】欧州特許出願第2865575号

40

【発明の概要】

【0020】

本発明による解決法

これらの欠点に対処するため、本発明は、その最も広い意味において、請求項1およびその従属請求項による自動運転車両の操縦システムならびに方法の請求項による操縦方法に関する。

【0021】

50

既知の解決法との比較において、本発明は、上記リストに掲げる独立した機能冗長性が、広範な機能性の安全（英語の頭字語で「S O T I F」）の原則を実装する追加的な決定モジュールによる裁定を受けることで特徴づけられる。

【0022】

この裁定は入力側の次の3つのタイプの情報を考慮に入れる。

- 1つは多様な動的データ。すなわち、車両の位置および進路ならびに障害物の知覚に関連するデータ。

- もう1つは、環境および気候にかかわる外乱、自動運転車両がたどった進路および/または挙動の履歴など、動的データに直接関連しない履歴データ、ならびに安全行動の原則。

【0023】

技術的にはこの安全の原則は情報記憶装置に記録されたルールベースの形を取る。こうしたルールでは、たとえば「歩行者を渡らせるための一時停止」や、「制限最高速度を超えないこと」などの適正行動をモデル化し、意思決定パラメータを組み合わせる。こうしたルールはISO 26262などにまとめられている。

【0024】

このルールベースは、リスクレベルの計算および技術的選択に対するその影響を修正する処理装置によって活用される。

【0025】

本発明は、センサからのデータの処理だけを担う専用プロセッサと、代理運転情報の特定のためにコンピュータプログラムの実行だけを専門に担当する別タイプのプロセッサと、前記代理運転情報の選択を決める裁定モジュールを形成する追加のプロセッサとを備える分担型アーキテクチャによって従来技術の欠点に対処することを可能にする。

【0026】

裁定モジュールの決定は、その場面における知覚対象がどのような種類のものであるか（信号機の状態、障害物の位置、車両の位置確認、歩行者までの距離、その車路の制限最高速度など）にかかわらず、最も安全な結果を判別することを可能にする。

【0027】

そのため、センサまたはデータソースに関係する外乱や異常があった場合でも、それが各種システム全体に伝播することはない。システムは、ここで提案されるアーキテクチャにより、局所的な機能不良に対する大きな柔軟性およびロバスト性を有している。

【0028】

裁定モジュールは、数理的論理ルールおよび人工知能ベースによる処理を適用するプロセッサ、または統計的処理（たとえば、モンテカルロ、ギブス、ベイズなど）を適用するプロセッサ、さらには「機械学習」型の学習プロセッサからなるものであることができる。これらの処理は、リアルタイム処理と、あとからそのリアルタイム処理に再投入するための並列タスク処理とを同時に行うことを可能にする。

【0029】

本発明はまた、

- センサによる複数の情報を取得するステップと、
- 代理運転情報特定のために前記取得情報を処理するステップと、
- 環境条件を取得するステップと、
- 計算ステップであって、
  - ・それぞれの前記代理運転情報の信頼度レベル
  - ・前記代理運転情報に関連する変数の整合性
  - ・前記システムの構成要素のハード的およびソフト的信頼性

を表現する情報を計算するステップと、

- 前記表現情報、車両運転履歴および安全行動ルール（道路安全、適正行動、人命にかかわる状況の安全リスクのレベル）の計算ステップの結果による複数の情報に応じて、信頼性および人員の安全の面から最適な代理運転情報を決定するステップと

10

20

30

40

50

を含む自動運転車両の操縦方法にも関する。

【0030】

本発明の非制限的な例に関する詳細な説明

本発明については、本発明の非制限的な例に関する以下の詳細な説明を添付の図面を参照しながら読むことによってよりよく理解されよう。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】本発明による自動運転車両の操縦システムのアーキテクチャの第1の例のブロック図である。

【図2】本発明による自動運転車両の操縦システムのアーキテクチャの第2の例のブロック図である。

10

【発明を実施するための形態】

【実施例1】

【0032】

図1に示した情報処理アーキテクチャは、

- ・データ生成の第1の段であって、
    - 複数の車載センサ(1~3)と、
    - 外部情報ソースと通信する複数の接続された構成要素(11~13)と
 を具備する第1の段と、
  - ・それぞれが1つまたは複数のセンサおよび接続された構成要素からの信号の入力ポートを有する超知覚モジュールと、対象物の超知覚プログラムを実行するプロセッサとを備えるデータ直接活用の第2の段であって、
    - 車両がその環境を解釈し、静的または動的な対象物を知覚することを可能にする知覚の機能と、
    - 車両がマッピング上で自らの位置を特定することを可能にする位置確認の機能と
 を果たす第2の段と、
  - ・超知覚モジュールによってもたらされる信号を活用する第3の段であって、
    - 一連の操縦命令を計算することで、車両がたどらなければならない横方向および長手方向の進路を計算することのできるプランニング機能を実現する名目超プランニングモジュール(31)と、
    - 最も危急的な状況にあっても車両を安全な状態に持つていくための退避方を計算する救難超プランニングモジュール(32)と
 を具備する第3の段と
- を備える。

20

30

【0033】

処理はすべて宣言型であって決定論なものではない。したがって、使用される情報および計算される情報には常に信頼度レベルが関連づけられるが、その値はプログラムの実行中しかわからない。

【0034】

ロバスト性のための以下の4つのメカニズムが利用される。

40

- ・物理的な計算媒体および処理モジュールに関する固有の冗長性。その冗長性は多数決によるものであってよい整合性テストにつながる。
- ・データおよび中間結果の生成に関して(環境条件による)条件づけと(信頼度レベルによる)加重がなされた機能冗長性。
- ・進路計算の結果の生成に関する機能冗長性。
- ・確実な監視およびインテリジェント決定の戦略のためのクロスおよび突合による情報の集中型利用。

【0035】

本発明によるシステムは以下の技術的オプションを用いる。

- 第1段(5)における多様なセンサ、および第2段(15)における同じ対象物を

50

異なる仕方で知覚するための知覚の機能冗長性の使用。そうすることにより、その知覚結果に対して、関連する信頼性、整合性および信頼度のレベルでクロステストを行って、それぞれの異なる基準による比較を行い、最善の知覚結果を選ぶことができる。

- 第3段(25)における知覚結果の供給を受ける多様なプランニング手段の利用による複数の可能な進路の規定。それにより、その進路に対して、関連する信頼性、整合性および信頼度のレベルでクロステストも行って、それぞれの異なる基準による比較を行い、最善の進路を選ぶことができる。

- 緊急時におけるあらゆる退避の可能性を確保するため、すなわち避難進路を規定するための多様なプランニング手段の利用。避難の超プランニングである。

- 最も安全な進路をたどるための最善の進路と車両走行の背景条件(すなわち、障害物、インフラ、履歴など)のクロス。

【0036】

こうすることで、自動運転車両のシステムは、その工学的、機能的能力を最大限に利用しながら、より信頼性の高いものとなっていく。また、エラーに対する許容度も高まる。これは、エラーの検出と自らの挙動の不断の適合によってそれに備えることができるためである。

【0037】

第1段

第1段(5)は、車両に搭載された様々なセンサおよび外部データを受け取るコネクタされたモジュール(4~6)から来る信号の処理モジュール(1~3)を備える。

【0038】

複数のセンサおよびソースは同じ対象物を検出する。それらのデータの融合によって知覚を確認することができる。

【0039】

自動運転車両のソースは環境の検出のための多様な基盤をなすものである。それぞれのセンサ、それぞれのソースは信頼性および信頼度レベルを表す情報と関連づけられる。

【0040】

次いで検出結果には、第2段の知覚変数の生成において活用可能なものとなるための処理が施される。

【0041】

第2段

超知覚段(15)は以下の2つの部分からなる。

- センサおよびそれ以外のソースの検出内容を解釈して対象物を表す知覚変数を計算する知覚アルゴリズムのすべてをまとめた「知覚変数生成」部。

- 信頼性、ソフト的、ハード的エラー、信頼度レベルおよびアルゴリズムの整合性に関する一連のクロステストをまとめた「Safe監視」部。このセットにより、最も有力な知覚対象物、すなわち表現性、信頼度、信頼性および健全性に関して最善の知覚対象物を特定することができる。

【0042】

これらの検出結果、およびいくつかのアルゴリズムを通して知覚変数が計算される。知覚変数は、システムがその場面の対象物を記述し、その対象物をもとに車両にとって安全な進路を定義することを可能にする。

【0043】

安全の方法論を満たすためには、対象物の知覚変数は少なくとも2つの異なるアルゴリズムによって与えられなければならない。複数ソースの融合は、それが可能であるときは、それら変数を生成するために同様に利用されなければならない。

【0044】

複数のセンサまたはそれ以外のソースがかかわる融合アプローチはどれもインテリジェントアルゴリズムで組み合わせられることで、それぞれの知覚変数を改善することができる。次いで、対象物の知覚変数全体がクロスされて、知覚変数の妥当性および知覚変数に与

10

20

30

40

50



えられ得る信頼度レベルがテストされる。これが第3のステップである。

【0045】

この段階では、同じ対象物を表す変数の複数のセットの計算が行われた。そこで変数が互いに比較され、「最善」のものを選ぶことができるようにしなければならない。

【0046】

この選択は以下の4つのステップで進められる。

- ・ソース/アルゴリズムの信頼度レベルと環境条件に関する既存の相関関係に基づく変数の分類を可能にする信頼度レベルのソート。このテストは、変数を計算したアルゴリズムの信頼度レベルも、そのソースの信頼度レベルも考慮することになる。これは次のような問いに答えようとするものにほかならない。どの変数の質がより高いか、最も安全と思われるものは？

10

- ・対象物の知覚に至るすべての要素は本質的に信頼性のあるものであるという確認を可能にする信頼性処理。そこで、この解析は、すべてのハードウェアおよびソフトウェアの信頼性を検討することになる。これは次のような問いに答えようとするものにほかならない。知覚された対象物は動作の安全原則に照らして信頼性のあるものか？

- ・知覚対象物の様々な変数を互いに比較して潜在的な整合性のなさを特定するアルゴリズム整合性解析。この解析は整合性のない変数または不合理な変数を明らかにするものである。これは次のような問いに答えようとするものにほかならない。最も整合性に乏しいものを排除する上で、どの変数が最も整合性を有しているか？

【0047】

20

プロセッサは、結果全体を合成し、プランニングに送るべき最善の対象物を決める処理を実行する。これは次のような問いに答えようとするものにほかならない。整合性、信頼性および信頼度に関して最善の対象物はどれか？

【0048】

この第2段は、ハード的（プロセッサおよび通信バス）にもソフト的にも2分割されている。

【0049】

したがって、第2段は、2つの別々の通信バスを通して第1段のセンサからの信号を受け取る独立した2つのプロセッサを備える。

【0050】

30

この第2段は第3段に同じデータを2回伝送する。

【0051】

第3段

超プランニングの第3段（35）は自動運転車両の操縦のプランニングのための2つのモジュール（31、32）を備える。

【0052】

プランニングプロセスは明確に異なる3つの部分に分けられる。

- 各種機能の全体と、それぞれの知覚機能に関連する超知覚と、位置確認結果をほかで知られている情報と比較し、それによって自動運転車両の進路を計算することができるマッピングファイルのようなその他の入力モジュールとがまとめられた「超知覚モジュール」部。

40

- 各種プランニングアルゴリズムの全体がまとめられており、自動運転車両がたどることができる様々な進路を計算する「進路生成」部。この進路計算は車両の環境知覚機能をその拠りどころとする。

- 信頼性、信頼度レベルおよびアルゴリズムの整合性に関する一連のクロステストセットがまとめられた「安全監視・インテリジェント決定」部。このセットは、最も有力な進路、すなわち表現性、信頼度、信頼性および健全性に関して最善である進路を特定することができる。

【0053】

この部分は、第2段からの信号を2系列で受け取り、その2系列の信号のハード的および

50

びソフト的信頼性を決定して妥当性のある方の系列の信号を選択する。

【0054】

自動運転車両が取ることができる進路を複数のアルゴリズムが計算する。それぞれのアルゴリズムは取り上げる知覚対象物に即した進路のタイプを計算する。ただし、アルゴリズムは、潜在的に車両が取り得る車路の数に応じて同じタイプの1つまたは複数の進路を計算することができる。たとえば、車両が2車路の道路区間を移動しているとき、プランニングシステムはそれぞれの車路について進路を計算することができる。

【0055】

用意された安全方法論を満たすため、進路計算アルゴリズムはその1つまたは複数の潜在的な進路をそれぞれに関連する信頼度レベルおよび固有の信頼性とあわせて送出しな

10

【0056】

なければならない。安全方法論のもう1つの特長は、進路計算手段をさらに多様化させるために多重知覚融合アルゴリズムを利用することである。

【0057】

この段階では、複数の進路が計算された。それらの進路については、互いに比較し、道路の背景条件（道路交通規則、履歴、インフラ、障害物、ナビゲーション）と突き合わせる

ることによって優先順位をつけなければならない。

この優先順位づけは以下の4つのステップで進められる。

- ソース/アルゴリズムの信頼度レベルと環境条件との間の既存の相関関係のみに基づく進路の選択を方向づける信頼度レベルのソート。そこで、このテストは、進路を計算したアルゴリズムの信頼度レベルも、そのソースの信頼度レベルも考慮することになる。これは次のような問いに答えようとするものにほかならない。信頼度レベルに関してどの進路の質がより高いか？

20

- 進路の規定に至るすべての要素は本質的に信頼性を備えたものであることを確認する信頼性のコントロール。そこで、この解析では、すべての電子回路および情報処理開発の信頼性が検討されることになる。これは次のような問いに答えようとするものにほかならない。計算された進路は動作の安全原則に適合したものか？

- 進路を互いに比較して、不整合の有無を判別するアルゴリズムの整合性解析。この解析は整合性を欠いた進路または不合理な進路を明らかにするものである。これは次のような問いに答えようとするものにほかならない。どの進路が最大の整合性を有しているか？

30

- 結果全体を総合し、人命にかかわる所与の状況下での人員の安全という観点から1つまたは複数の最善の進路を決定する安全に関するインテリジェント決定。これは次のような問いに答えようとするものにほかならない。車両が人員の安全を保証しつつ取り得る最善の進路はどれか？

【0058】

この選択は、たとえばISO規格26262で規定されているように、自動車両がたどった経路、交通の流れ、インフラの種類、道路安全にかかわる適正行動の振る舞い、道路交通規則および個々の進路に関連した潜在的リスクの大きさについての履歴による影響を受ける。この選択には避難モードの超プランニングが含まれる。

40

【0059】

挙動選択アルゴリズムは、可能なすべての戦略を解析し、最も安心を与えるものであるとともに最も「快適」なものを選択する最後のインテリジェント層である。そして、車両のために最も適した進路とそれに伴うべき速度とを選択する。

【0060】

避難超プランニングモジュール(32)は、緊急時に想定されるあらゆる退避の可能性を保証するために避難進路を計算する。この進路は、超知覚および超プランニングの方法論に従って決定される知覚対象物をもとに計算されるが、この場合、対象物は避難モードの別法のためのものとして検討される。

【実施例2】

50

## 【 0 0 6 1 】

第 2 の実施例は車両の指令車路の特定のための特別な場合に関する。

## 【 0 0 6 2 】

この例は、「OICA」4 または 5 レベル、すなわち運転者が「out of the loop (ループ外)」(英語による用語)にある自動運転レベルとして認定されなければならない自動運転車両に関する。このシステムは、一定のインフラ上で、またいかなる環境のもとであっても、自動車の動きを運転者による介入なしに単独で操縦し、決定しなければならない。

## 【 0 0 6 3 】

以下の説明は、既存の車両プラットフォーム上に設けるものとして設計された V E D E C O M の自動運転車両「上部システム」について、その信頼性を高め、機能安全性を向上させるとともに、その「上部システム」の知能が活用する情報およびそれによって下される決定の健全性を保証するための機能安全性アーキテクチャに関するものである。

## 【 0 0 6 4 】

本発明による自動運転車両の安全アーキテクチャはロバスト性に関する以下の 4 つのメカニズムに基づいて作り上げられた。

- ・物理的計算媒体および処理モジュールに本質的に備わる冗長性。
- ・それぞれの機能に関するデータおよび結果の生成を可能にする機能冗長性。データおよび結果は環境によって調整され、信頼度レベルによって加重される。
- ・進路計算の結果の生成を可能にする機能冗長性。このメカニズムは同じ機能に関して以下を可能にする。
  - 結果の整合性および信頼度レベルの健全性をコントロールする。
  - データおよび結果に対して環境による調整を加える。
- ・監視戦略のためのクロス・突合情報の集中型利用。モジュールが結果を検査して、車両およびその環境の挙動に基づいた決定スキームによって最も安全な結果を判別する。

## 【 0 0 6 5 】

知覚に関しては、これらの原則に基づいて共通スキームが作り上げられた。この構成ブロックを図 2 に示す。

## 【 0 0 6 6 】

走行車路の知覚は次の 4 つのアルゴリズムを介して提供される。

- G P S - R T K + 高詳細度マッピングによる位置確認によって与えられる車路
- S L A M + 高詳細度マッピングによる位置確認によって与えられる車路
- マーキング(そのソースはカメラ)によって与えられる車路
- 先行車両の追従によって(その車両の位置の履歴が車路の履歴に対応しているという前提の上で)与えられる車路

## 【 0 0 6 7 】

S a f e 知覚は以下の機能を有している。

- 1) 4 つのソース(G P S - R T K、S L A M、マーキング、追従)の知覚情報から 4 つの指令車路を構築する。
- 2) その 4 つのアルゴリズムによって与えられる最善の情報を選択する。
- 3) 手動モードにあるときは、それらアルゴリズムによって与えられた車路に十分な信頼度インデックスがない場合に自動モードへの移行を禁止する。
- 4) 自動運転モードにあるときは、それらアルゴリズムによって与えられた車路に十分な信頼度インデックスがないか、または 4 つのアルゴリズムによって与えられた車路が互いに整合性を欠く場合には緊急制動を要求し、あわせて手動に戻すことを要求する。

## 【 0 0 6 8 】

構成ブロックは、情報ソースを構成するセンサ(40、41)を有している。

## 【 0 0 6 9 】

たとえば次の 4 つのソースを区別する。

- 1 というソース：前方 L i d a r を利用して障害物に追従する機能

10

20

30

40

50

- 2 というソース：ステレオカメラを利用してマーキングを検出する機能
- 3 というソース：S L A M という位置確認機能であって、1 つまたは複数の L i d a r ( または融合に関連づけられた4つのセンサ ) を使用するもの。
- 4 というソース：G P S という位置確認機能であって、G P S、I M U および R T K 補正を使用するもの。

## 【0070】

これら入力機能はシステムによって受け止められる(機器またはビルディングブロックに関連した機能)。そのため、これら4つのソースの出力は、きわめて均質でないものである。

・ソース1(追従機能)は自車両基準系に障害物の後部中央の $x, y$ 位置を与える。障害物は(ターゲットの変更があるかどうかわかるようにするため)識別子番号によって判別される。追従に関する信頼度インデックスは提供されない。

・ソース2(マーキング機能)は、左右のマーキングの多項式( $y = a x^2 + b x + c$ )のパラメータに対応する2つのベクトル( $a, b, c$ )とその信頼度インデックスを自車両基準系に与える。

・ソース3(S L A M 機能)は車両の位置確認( $x, y, c a p$ )をS L A M の基準系の中に与える。位置確認の信頼度が与えられる。

・ソース4(G P S 位置確認機能)は車両の位置確認( $x, y, c a p$ )を絶対基準系の中に与える。メートル単位の位置確認の標準偏差が与えられる。

## 【0071】

「ソース」ブロック(40、41)のそれぞれの機能、および均質でない出力から、1 つまたは複数のプロセッサが知覚アルゴリズム(42、43)を適用して、対象物に関する均質な出力を与える。説明する例では、対象物は指令車路である。指令車路は、自車両基準系における車路の多項式( $y = a x^2 + b x + c$ )に対応するベクトル( $a, b, c$ )によって与えられる。

## 【0072】

ここでは、それぞれの知覚アルゴリズムについて手短かに説明する。

## 【0073】

追従による「車路」知覚アルゴリズム(42)はガード車両の $x, y$ 位置を利用する。すなわち、「ガード」車両は自動運転車両の指令車路の中にあるということが重要な前提としてある。

## 【0074】

車路は次のようにして作り上げられる。

- 1) 車両基準系における追従対象車両の位置の回収
- 2) 移動基準系における車両の位置決め
- 3) 移動基準系における追従対象車両の位置決め
- 4) 移動基準系における追従対象車両位置の履歴の記憶装置への書込み(約6秒)。この履歴は動的マッピング： $[x, y]$  移動基準系 ベクトルをなす。
- 5) 動的マッピングにおける車両の位置確認
- 6) 動的マッピングにおけるローカル進路の特定
- 7) ローカル進路の車両基準系への移行： $[x, y]$  自車両基準系 ベクトル
- 8)  $[x, y]$  ベクトルの多項式による内挿

## 【0075】

そのため、出力は、その多項式による内挿の3つの変数( $a, b, c$ )によって規定される「車路」変数である。

## 【0076】

実際のところ、マーキング検出アルゴリズム(43)はすでに車両の左右に位置する白線の二次多項式をすでに提供している。

右側： $y_{右} = a_{右} x^2 + b_{右} x + c_{右}$

左側： $y_{左} = a_{左} x^2 + b_{左} x + c_{左}$

## 【 0 0 7 7 】

したがって、車路の多項式は単に2つの多項式の2つの係数の平均である。すなわち、

$$y = \left( \frac{a_{右} + a_{左}}{2} \right) x^2 + \left( \frac{b_{右} + b_{左}}{2} \right) x + \left( \frac{c_{右} + c_{左}}{2} \right)$$

## 【 0 0 7 8 】

知覚アルゴリズムによる2つのマーキングのうち的一方を喪失した場合（セーフ - 知覚に対する信頼度レベルの下落によって示される）には、道路の幅（マッピングされた「レーン幅」入力）および左側 / 右側が同じ形状である対称性を考慮に入れて推定が行われる。そのため、右側のマーキングの喪失に対しては次式のようになる。

$$y = a_{左} x^2 + b_{左} x + \frac{(c_{左} + \text{レーン幅})}{2}$$

## 【 0 0 7 9 】

3というセンサからのデータを活用するGPS - RTKによる車路知覚アルゴリズムは以下のそれぞれを拠りどころとする。

- ・ 2つの基礎変数：

車両の位置 [ x , y ]

車両のヨー角

・ 絶対基準系（L a m b e r t 9 3、W G 8 4 など）において規定されたIMU - RTKマッピングであって、以下を含むもの。

x\_p 進路ベクトル

y\_p 進路ベクトル

上記2つのベクトルから次の関係式によって導き出されるSベクトル（「曲線長」）：

$$S_i = S_{i-1} + \text{sqr t} ( d x_p^2 + d y_p^2 )$$

## 【 0 0 8 0 】

マッピングは、指令車路上の単純走行と、GPSによって与えられるx, y値の記録とによって上流側で行われる。したがって、GPSによって与えられる位置は常に高精度のものである（< 20cm）（したがって修正信号RTK OK）ことが重要な前提としてあるが、それは常にそうであるとは限らない。

## 【 0 0 8 1 】

このGPS位置をもとに、以下の車路構成のステップが行われる。

- ・ IMU - RTKマッピングにおける車両の位置確認
- ・ マップの絶対基準系による進路「車路」の構成
- ・ 車両基準系への進路の移行
- ・ 多項式による内挿

## 【 0 0 8 2 】

4というセンサからのデータを活用するSLAMによる車路知覚アルゴリズムはGPS - RTKと同じ原則を拠りどころとしており、唯一の相違点は位置確認の基準にある。すなわち、SLAMの場合、x, y位置も、ヨーも、したがって関連するマッピングもSLAMの基準系の中で与えられ、GPS型の絶対基準系の中で与えられるものではない。

## 【 0 0 8 3 】

信頼度の指標はアルゴリズム（45）によって計算される。

## 【 0 0 8 4 】

内部信頼度は、追従による車路知覚アルゴリズムの入力または出力情報のみを消費するため、ここでは：

- ・ 追従対象車両のx y位置
- ・ 追従対象車両の識別子

## 【 0 0 8 5 】

10

20

30

40

50

信頼度はここでは以下のようにして構築されるブール指標である。

- ・障害物が当車両の軸の中で「Tempo Tracking」秒（「Tempo Tracking」はパラメータ設定可能であるが、デフォルトでは4秒）の間追従され、かつ追従対象のターゲットが存在し、かつターゲットの変更がなかった場合には、信頼度は1になる。

- ・ターゲットの変更があった場合、または追従するターゲットがなくなった場合には、信頼度は0になる。

【0086】

「追従するターゲットがなくなった」条件は識別子の読取りを通して与えられる。追従機能によって提供される対象物がないときには、この識別子の実際の値は「-1」である。

10

【0087】

「ターゲットの変更」条件は通常は識別子が「-1」になることで示される。さらに、返されてくる位置の不連続性に関するテストも加えられた。（たとえば、ある対象物が  $x = 5\text{ m}$  にあり、次のステップで  $x = 30\text{ m}$  となったときには同じ対象物ではないと考えられるだろう。）不連続性の閾値はサンプリング期間  $T_e$  ( $T_e = 50\text{ ms}$ ) 当たり  $x$  に関しては  $3\text{ m}$ 、 $T_e$  当たり  $y$  に関しては  $0.8\text{ m}$  と設定された。

【0088】

追従対象車両の長手方向位置  $x$  が自車両から  $1\text{ m}$  から  $50\text{ m}$  までの間にある場合、およびその横方向位置  $y$  が  $-1.5\text{ m} < y < 1.5\text{ m}$  である場合は、「軸内に車両」条件は1とされる。

20

【0089】

固定されたターゲットを追うことがないように、対象物の絶対速度がゼロでないこと、とりわけ自車両の速度がゼロでない場合にはそのことを確認することが追加の作動条件とされる。

【0090】

理想的には、当該対象物は車両（であって歩行者でないもの）として特徴づけられることを確認する必要がある。

【0091】

マーキングによる「車路」の信頼度は単純に2つのマーキングの2つの信頼度から計算される。

30

（右側マーキング信頼度  $>$  閾値または左側マーキング信頼度  $>$  閾値）であれば車路信頼度 = 1

（右側マーキング信頼度  $<$  閾値かつ左側マーキング信頼度  $<$  閾値）であれば車路信頼度 = 0

【0092】

実際、すでに記したように、知覚アルゴリズムによる2つのマーキングのうち的一方を喪失した場合には、道路の幅（マッピングされた「レーン幅」入力）および左側/右側が同じ形状である対称性を考慮に入れて推定が行われる。そのため、1つのマーキングだけで事足りる。

40

【0093】

S L A M 信頼度は、S L A M の位置確認信頼度が一定の閾値よりも下がると直ちに0に落ちてそのままとなるブール値である。実際、この S L A M V E D E C O M は、S L A M アルゴリズムがいったん「喪失」として位置確認の計算を行うことができなくなる。

【0094】

また、S L A M V E D E C O M はいつでも自動運転車両の行程スタート後直ちに作動可能となるわけではない。そのため、S L A M がすでに初期化段階（マップ上の正確なポイントによって示される）にあったのであれば、その前の状態が起動されてはならない。

【0095】

50

マッピングに関係する1つの条件が加えられた。SLAMが非ヌルの信頼度を持つために1つの条件、すなわち車両はSLAMによって与えられる車路から4メートル未満のところにある、という条件が新たに付け加えられ、そのために車両のLane Shift、すなわちSLAMによって与えられる「車路」知覚の多項式の変数「c」(y切片)が回収される。

【0096】

SLAMとしては、信頼度は以下のそれぞれの積である。

- ・位置確認に関する信頼度：この信頼度は、位置確認の標準偏差<閾値のときは1である。SLAMとは異なり、信頼度が0に落ちててもそれは不可逆ではない。
- ・マッピングに関する信頼度：車両がIMU-RTKによって与えられる車路から1.8メートル超のところにある場合にはこの信頼度は0であり、そのために車両のLane Shift、すなわちIMU-RTK「車路」知覚によって与えられる車路の多項式の変数「c」(y切片)が回収される。

10

【0097】

外部信頼度は環境条件に関係する。

【0098】

環境条件は以下のそれぞれの条件に対応する。

- ・気象条件：雨、霧、夜間、低高度の陽光など
- ・地理的条件：トンネル、特殊な種類の道路など

20

【0099】

場合によっては、気象条件は考慮に入れられておらず、条件の悪い場合には一般にデモンストレーションは中断される。

【0100】

トポロジーマッピングにおいて地理的条件が考慮される。ごく一般的には、自動車両の行程で想定されるそれぞれの地理的区間について、それぞれの事由(トンネル、強い勾配など)とはかかわりなく外部信頼度(0または1のブール値)が提供される。そのため、トポロジーマッピングには以下の4つの列がある。

- ・追従モードの外部信頼度
- ・マーキングモードの外部信頼度
- ・SLAMモードの外部信頼度
- ・IMU-RTKモードの外部信頼度

30

【0101】

そのため、たとえばトンネル内に入るとき、したがってGPS-RTKによる位置確認が続けられなくなるときには、外部信頼度はトンネル入口前でゼロにされる。

【0102】

一般に、デモンストレーションで車両が行程のある区間を何度も走行してもあるモードが一度も内部信頼度1に達することがない場合には、その数メートル手前で外部信頼度はそのモードで強制的に0にされる。それによって、早々に失われることになりかねないモードに移行するのを防ぐ。

【0103】

ロバスト性は内部信頼度と外部信頼度ウォッチドッグの小さい方である。

40

【0104】

それぞれのセンサの信頼性は、センサのベンダーから一般に提供されるセンサの自己診断テストに基づく。たとえば、Continental製カメラは以下のそれぞれの状態をとる「拡張クオリファイア」を出力側に供給する。

値	シノニム	説明
0	Normal_Operation_Mode	通常動作モード
1	Power_Up_Or_Down	パワー上下
2	Sensor_Not_Calibrated	センサ較正なし
3	Sensor_Blocked	センサ阻止
4	Sensor_Misaligned	センサアライメント不良
5	Bad_Sensor_Environmental_Condition	センサ環境条件不良
6	Reduced_Field_Of_View	視野低下
7	Input_Not_Available	入力なし
8	Internal_Reason	内部事由
9	External_Distortion	外乱
10	Beginning_Blockage	阻止開始
11	Selftest	自己テスト
255	Event_Data_Invalid_Or_Timeout	イベントデータ無効または失効

10

## 【0105】

信頼性計算(46)も行う。センサの信頼性は、拡張修飾子 = 0 の場合にのみ OK (カメラ信頼性 = 1) であると考えられる。

## 【0106】

したがって、信頼性 A (追従による車路の信頼性) は、(LIDAR センサ信頼性 OK) かつ (ウォッチドッグテスト OK) ならば 1 (OK 状態)

信頼性 B (マーキングによる車路の信頼性) は、(カメラセンサ信頼性 OK) かつ (ウォッチドッグテスト OK) ならば 1 (OK 状態)

信頼性 C (SLAM による車路の信頼性) は、(LIDAR SLAM センサ信頼性) かつ (ウォッチドッグテスト OK) ならば 1 (OK 状態)

信頼性 D (IMU - RTK による車路の信頼性) は、(GPS センサ信頼性 = 1 および IMU 信頼性 = 1) かつ (ウォッチドッグテスト OK) ならば 1 (OK 状態)

## 【0107】

ウォッチドッグのテストはウォッチドッグのインクリメント (上流側知覚プロセッサからの情報) が正しく行われるか確認するものである。

## 【0108】

それぞれのアルゴリズムの信頼性は、テストに関係するそれぞれのセンサソースの信頼性と関係する。

## 【0109】

整合性機能(45)には次の2種類のテストが含まれる。

- ・本質的整合性
- ・他の対象物との比較による整合性

## 【0110】

本質的整合性は対象物自体の妥当性を検証することが目的である。たとえば、障害物の本質的整合性テストは視認対象物が実際にセンサの視認ゾーン内にあるか検証する。

## 【0111】

考えられるテストの1つは、直近の N 秒間について、アルゴリズムで与えられた車路が車両履歴の車路に近いものかどうかを検証するというものである。たとえば、アルゴリズムの Lane Shift (車路の多項式の変数「c」) に着目して、直近の 5 秒間にそれが 0 に近いかが検証することができる。

## 【0112】

目的は、アルゴリズムによって与えられる「車路」が別のものによって与えられる車路に対して整合性を持つかどうかを示すプール値を出力することにある。4つのアルゴリズム A、B、C、D によって4つの車路が与えられるため、計算すべきプール値としては A

20

30

40

50



B、AC、AD、BC、BD、CDの6つがある。

【0113】

2つの車路の比較は各アルゴリズムの指令向首角の比較を通して大まかに行われる。具体的には、比較は次のようにして行われる。

1) 各アルゴリズムによって与えられる「車路」多項式について、3つの異なる時間枠(0.5s、1s、3s)で指令向首角を計算する。

【0114】

指令向首角は $\text{atan}$ (指令LaneShift/規定時間枠での距離)に等しい。

1) 次いで、2つの「車路」アルゴリズムによって与えられる3つの向首角の差を計算し、全体の平均を取る。

2) 2秒に設定した低域フィルタ(約2秒間の平均を表す)に全体をかけ、デフォルトで $10^\circ$ に設定された基準閾値「CapCoherence\_deg」で割る。

3) 全体で1超の結果が得られた場合は、2つの車路には整合性がないと判断される。

4) このテストは可能性のある6つのペアの車路、AB、AC、AD、BC、BD、CDについて行われる。

【0115】

決定ブロック(47)は、信頼度、整合性、信頼性インデックスおよび性能インデックスに応じて車路の最終選択を行う。不具合が発生した場合や、信頼度インデックスが低すぎる場合、または実際の車路と提案される選択との間に不整合がある場合には、緊急制動の決定を要求することができる。

【0116】

全体的な原則は以下のとおりである。

1) 信頼度と信頼性インデックスの小さい方に相当するロバスト性が計算される。

2) 車路アルゴリズム(A:追従、B:マーキング、C:SLAM、D:GPS-RTK)は「デフォルトの等級」(信頼度、整合性または信頼性にかかわらず)で定められた優先順位インデックスを受け取る。この等級は性能などに関する専門的知見ルールに関係する。

【0117】

デフォルトの等級 = [D、A、C、B]のときは、4つのアルゴリズムは優先順位によって等級が分けられる。すなわち、(1:D:GPS-RTK、2:A:追従、3:C:SLAM、4:B:マーキング)

3) 各アルゴリズムに関係するすべての属性(信頼度、整合性)にも等級が与えられる。この例では、D-Aの整合性は1-2の整合性になる。

4) シーケンス論理によって以下のそれぞれに応じてアルゴリズムが選択される。

a. 信頼度

b. 整合性。たとえば、アルゴリズム2の車路からアルゴリズム3の車路に移るためには整合性2-3がOKでなければならない。

c. 変数「Algo1Pri」。このインデックスが1の場合、「デフォルトの等級」で優先順位の高いものとして規定されているアルゴリズムが常に優先される(例:DのGPS-RTK)。このインデックスが0の場合、利用中のアルゴリズム(この例の場合、現に3:C:SLAMで、1:D:GPS-RTKの信頼度が戻ったときには、それでも3:C:SLAMに留まる)。

5) 信頼度が広く低下した場合、または現用アルゴリズムの車路と可能な選択肢による車路との間に不整合がある場合は、意思決定手段によって緊急制動のフラグが立てられる。手動モードにある場合は、これは自動モードへの移行を禁止するものとなる。

6) 最後の機能では、優先インデックス(最優先の1から優先順位最後の4まで)で参照されたアルゴリズムの選択は当初の等級インデックス(A:追従、B:マーキング、C:SLAM、D:GPS-RTK)に戻される。

【0118】

このブロック(47)の入力側には以下のものがある。

10

20

30

40

50

4つのアルゴリズムに対する内部/外部信頼度 (A: 追従、B: マーキング、C: S L A M、D: G P S - R T K)、すなわち  $c' A$ 、 $c' B$ 、 $c' C$ 、 $D$ 。

4つのアルゴリズムの信頼性インデックス (A: 追従、B: マーキング、C: S L A M、D: G P S - R T K)、すなわち  $f A$ 、 $f B$ 、 $f C$ 、 $f D$ 。

【0119】

ロバスト性  $c''$  はその2つのうちの小さい方、すなわち、  
 $c'' X = \min(c' X, f X)$  である。

【0120】

専門的知見ルールは、この場合は車路構築アルゴリズムに関するものである V E D E C O M の知見に発するものとして課される予備ルールからなる。

10

【0121】

そのため、たとえば、経験的に以下のことが知られている。

- ・ G P S - R T K によって与えられる車路は4つのアルゴリズムの中で最善の追跡性能を提供する (精度および動特性)。しかし、市街地モードではしばしば喪失をまねく。
- ・ S L A M によって与えられる車路はハンドルにある種のノイズ (位置確認ノイズ) を生じさせ、それは特に低速で顕著となる。また、その精度、したがってそれに関連した性能は、環境が変化する中 (高速道路よりも市街地) にあっては一段と重要度を増す。
- ・ 追従は「信頼のおける」車両が自分の前にいることを前提とするが、どこでも利用可能であり、車路の変更すら可能であるという利点がある。
- ・ C o n t i n e n t a l 製カメラによって与えられるマーキングは現在では最も効果の低いアルゴリズムであり、とりわけ150mの曲率半径未満では利用不能である。

20

【0122】

自動運転車両は今のところは「シャトル」モードでのみ利用されており、その行程を4つのモードで走り回ることで行われている実験では、所与の行程のために全体的に最も力を発揮するモードはどれかを知ることができる。

【0123】

また、専門家による知見として、リアルタイムで情報ベース (48) に記録される履歴に応じて特定のアルゴリズムを常に優先するようにするのがよい (たとえ、現用アルゴリズムの利用を止めて優先アルゴリズムに戻らなければならないとしても) ことが示されている。もっとも、(仮に最も優れた性能のアルゴリズムが再び利用可能になったとしても) 現用アルゴリズムを最大限保持することで (安全で快適な挙動と比較してハンドルに微振動を生じかねない) アルゴリズムの切替えを避けるために切替えを最小限に抑えるのがよいとする専門家もある。

30

【0124】

そのため、専門的知見にかかわる2つのパラメータが設けられた。すなわち、

1) 4つのアルゴリズム (A: 追従、B: マーキング、C: S L A M、D: G P S - R T K) を優先順位で分けるサイズ4の「優先等級」ベクトル。

a. たとえば市街地タイプの行程については、市街地で力を発揮する S L A M が最も優先され、そのあとは I M U - R T K、追従、マーキングの順の「デフォルトの等級」 = [ C , D , A , B ] が用意される。

40

b. たとえば高速道路タイプの行程では、G P S - R T K、次にマーキングが優先され、追従、S L A M と続く「デフォルトの等級」 = [ D , B , A , C ] を用意することができる。

2) 「A l g o 1 P r i o」パラメータ:

a. このインデックスが1の場合、「デフォルトの等級」で優先順位の高いものとして規定されているアルゴリズムが常に優先される (例: 「デフォルトの等級」 = [ C , D , A , B ] の場合にはCの S L A M)。

b. このインデックスが0の場合は利用中のアルゴリズムを優先する (「デフォルトの等級」 = [ C , D , A , B ] の場合で、現にA: 追従にあり、そこへC: S L A M の信頼度が戻ってきたときであってもA: 追従に留まる)。

50

## 【 0 1 2 5 】

「アルゴ番号 - > 優先順位番号移行」機能は、デフォルトで（A：追従、B：マーキング、C：SLAM、D：GPS - RTK）と参照されている信頼度変数および整合性変数のナンバリングを変更するもので、この移行関数によってこれらの変数は（1：最優先アルゴリズム、2：第2優先アルゴリズム、3：第3優先アルゴリズム、4：最劣後アルゴリズム）とナンバリングされる。

## 【 0 1 2 6 】

たとえば、「デフォルトの等級」 = [ D , B , A , C ] の場合、信頼度「A」が信頼度「3」になると、整合性 B - A は整合性 2 - 3 になる。

## 【 0 1 2 7 】

シーケンス論理は以下の入力を持つ S t a t e f l o w スキームである。

・ 4 つの信頼度（優先等級順にナンバリングされたもの）。したがって、「信頼度\_\_1」は優先アルゴリズムの信頼度である。

・ 6 つの整合性（優先等級順にナンバリングされたもの）。したがって、「整合性 1 \_\_ 4」は優先アルゴリズムと優先順位の最も低いものによる車路間の整合性である。

## 【 0 1 2 8 】

2 つの出力は以下のとおりである。

1) 選択されたアルゴリズムの番号（優先等級順にナンバリングされたもの）。したがって、N u m b e r \_ \_ a l g o \_ \_ u s e d = 2 であれば、それは、指令車路について選択されたアルゴリズムが第2優先アルゴリズム（たとえば、「デフォルトの等級」 = [ C , D , A , B ] であれば GPS - RTK ( D ) ) であることを示す。

2) 「緊急制動」ブール値。この変数が 1 であれば、自動運転車両の緊急制動が作動される。手動モードでは、この変数は自動運転モードの作動を阻止する働きをする。

## 【 0 1 2 9 】

手動モードの車両

手動モードにあるときは、この機能は、自動運転モードへの切替えが行われようとしているときに可能な限り最善のアルゴリズムを特定することがその目的となる。

## 【 0 1 3 0 】

しかし、この機能は、とりわけ、いずれのアルゴリズムも十分な信頼度インデックス（ここでは非ヌル）を有していない場合に自動運転モードへの移行を禁止するものでなければならぬであろう。

## 【 0 1 3 1 】

一般にこのダイアグラムはモード 1 への回帰、すなわち優先アルゴリズムに向かう選択を優先する。考慮されるのは信頼度インデックスだけである。整合性は考慮されない。これは、手動モードの場合、自動運転モードとは異なり、2 つの車路の間の整合性が悪くてもそれによる影響（ハンドルの振動の類）を生じることはないためである。

## 【 0 1 3 2 】

そのため、優先アルゴリズム 3 は、アルゴリズム 1 および 2 の信頼度がヌルでない限りは選択されることはない。

## 【 0 1 3 3 】

すべてのアルゴリズムの信頼度がヌルである場合には、S a f e t y モード：緊急制動 = 1 に移行する。しかし、車両に実際に緊急制動がかかるわけではなく（手動モードにあるため）、自動運転モードへの移行が禁止されるに過ぎない（緊急制動 = 1 で、かつ手動モードであれば、自動運転モードへの移行は禁止される）。

## 【 0 1 3 4 】

自動運転モードの車両

以下のような例を考える：「デフォルトの等級」 = [ C , D , A , B ] （すなわち、[ S L A M , G P S - R T K , 追従 , マーキング ] ）

M O D E \_ \_ A U T O \_ \_ 1 は、現行アルゴリズムが優先アルゴリズム（たとえば「デフォルトの等級」 = [ C , D , A , B ] の場合の S L A M ( C ) ）であるときのスキームを表

10

20

30

40

50

す。

【0135】

この例で：

S L A Mの信頼度 = 1であれば、S L A Mに留まり、

S L A Mの信頼度が0になれば、別モード(2, 3, 4)が選択され：

G P S - R T Kによる車路の信頼度が1であり、かつS L A Mによって与えられる車路とG P S - R T Kによる車路に整合性がある( $coherence\_1\_2 = 1$ )場合は、モード2(D: G P S - R T K)に移行する。

さもなければ：G P S - R T Kへの移行が可能でなく(前フレーズの条件参照)、かつ追従による車路の信頼度が1のとき、かつS L A Mによって与えられる車路と追従による車路に整合性があるときは、モード1からモード3(A: 追従)に直接移行する。

さもなければ：G P S - R T Kへの移行が可能でなく、かつ追従への移行が可能でなく、かつマーキングによる車路の信頼度が1であり、かつS L A Mによって与えられる車路とマーキングによる車路に整合性があるときは、モード1からモード4(B: マーキング)に直接移行する。

さもなければ：緊急制動に移行する

【0136】

モード2に移行した例(したがってD: G P S - R T K)について考える。

M O D E \_ A U T O \_ 2は、現行アルゴリズムが第2優先アルゴリズム(したがって「デフォルトの等級」= [C, D, A, B]の場合のG P S - R T K)であるときのスキームを表す。

【0137】

「A l g o P r i o 1」のパラメータ設定に応じて2つの典型的なケースがある。

【0138】

「A l g o P r i o 1 = 0」であり、かつG P S - R T Kによる車路の信頼度 = 1であれば、G P S - R T Kに留まる。

「A l g o P r i o 1 = 1」で、かつG P S - R T Kによる車路の信頼度 = 1であれば、S L A Mの信頼度が1で、かつS L A Mによって与えられる車路とG P S - R T Kによる車路に整合性がある( $coherence\_1\_2 = 1$ )場合、ともかく優先モード1に移行する(すなわちS L A Mに戻る)。

その後は前述のものと同じ原則をなぞる。

【0139】

G P S - R T Kの信頼度が0になれば、別モード(3, 4)が選択され：

追従による車路の信頼度が1のとき、かつG P S - R T Kによって与えられる車路と追従による車路に整合性があるときは、モード2からモード3(A: 追従)に移行する。

さもなければ：追従への移行が可能でなく、かつマーキングによる車路の信頼度が1であり、かつG P S - R T Kによって与えられる車路とマーキングによる車路に整合性があるときは、モード2からモード4(A: マーキング)に直接移行する。

さもなければ：緊急制動に移行する。

【0140】

一般に車路の選択は以下を基本とするシーケンスダイアグラムに基づく。

- ・ それぞれのアルゴリズムによる車路の信頼度
- ・ ペアをなすそれぞれのアルゴリズムによって与えられる車路の間の整合性
- ・ 「A l g o P r i o 1」パラメータ。1であれば優先モードに戻るための切替えを優先する。0であれば、切替えを制限して、車両が現に利用中のアルゴリズムに留まるようにする。

【0141】

優先順位番号 - > アルゴ番号移行機能は、優先等級(1: 最優先アルゴリズム、2: 第2優先アルゴリズム、3: 第3優先アルゴリズム、4: 最劣後アルゴリズム)とデフォルトの等級(A: 追従、B: マーキング、C: S L A M、D: G P S - R T K)との間での

10

20

30

40

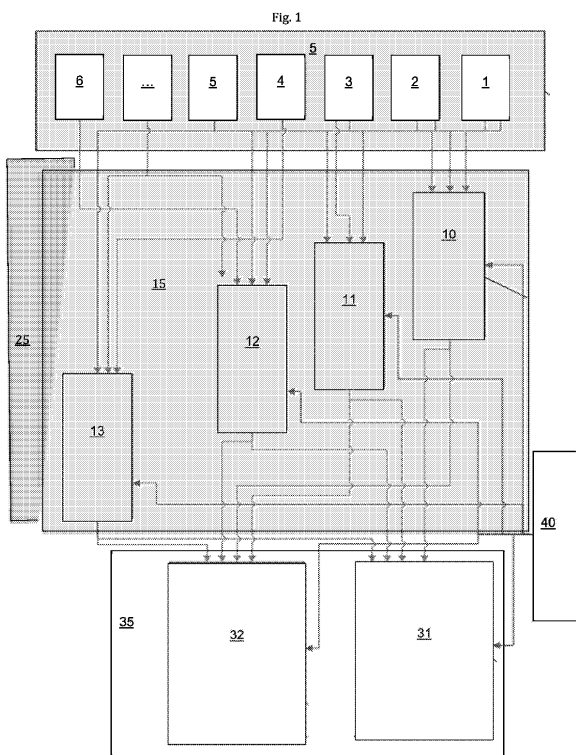
50

移行を行うものである。

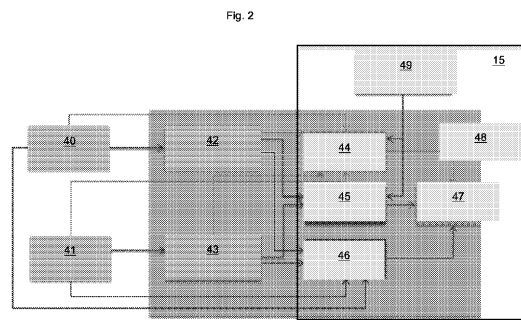
【 0 1 4 2 】

そのため、「デフォルトの等級」 = [ D , B , A , C ] の場合で、シーケンス論理ブロックが第 3 のアルゴリズムを最優先として選んだ場合には、選択されるアルゴリズム ( A : 追従 ) となる。

【 図 1 】



【 図 2 】



## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/FR2017/052049
---

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. G05D1/02 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G05D B60W		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2014/044480 A2 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 27 March 2014 (2014-03-27) the whole document	1-6
X	----- US 2005/021201 A1 (KLOTZ ALBRECHT [DE] ET AL) 27 January 2005 (2005-01-27) the whole document	1,6
A	----- US 2010/104199 A1 (ZHANG WENDE [US] ET AL) 29 April 2010 (2010-04-29) the whole document	1-6
A	----- US 8 930 060 B1 (LU JIANBO [US] ET AL) 6 January 2015 (2015-01-06) the whole document	1-6
A	----- EP 2 865 575 A1 (HONDA RES INST EUROPE GMBH [DE]) 29 April 2015 (2015-04-29) the whole document -----	1-6
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search  18 October 2017		Date of mailing of the international search report  24/10/2017
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  Thomann, Jérôme

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2017/052049

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2014044480 A2	27-03-2014	CN 104937512 A	23-09-2015
		DE 102012217002 A1	27-03-2014
		EP 2898383 A2	29-07-2015
		US 2015246678 A1	03-09-2015
		WO 2014044480 A2	27-03-2014
-----			
US 2005021201 A1	27-01-2005	DE 10133945 A1	06-02-2003
		EP 1412773 A1	28-04-2004
		US 2005021201 A1	27-01-2005
		WO 03008995 A1	30-01-2003
-----			
US 2010104199 A1	29-04-2010	CN 101966846 A	09-02-2011
		DE 102009050503 A1	18-11-2010
		US 2010104199 A1	29-04-2010
-----			
US 8930060 B1	06-01-2015	CN 104290750 A	21-01-2015
		DE 102014212962 A1	15-01-2015
		MX 339796 B	10-06-2016
		US 8930060 B1	06-01-2015
-----			
EP 2865575 A1	29-04-2015	EP 2865575 A1	29-04-2015
		JP 2015081083 A	27-04-2015
		US 2015112570 A1	23-04-2015
-----			

## RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2017/052049

<b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b> INV. G05D1/02 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
<b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b>		
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G05D B60W		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	W0 2014/044480 A2 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 27 mars 2014 (2014-03-27) le document en entier -----	1-6
X	US 2005/021201 A1 (KLOTZ ALBRECHT [DE] ET AL) 27 janvier 2005 (2005-01-27) le document en entier -----	1,6
A	US 2010/104199 A1 (ZHANG WENDE [US] ET AL) 29 avril 2010 (2010-04-29) le document en entier -----	1-6
A	US 8 930 060 B1 (LU JIANBO [US] ET AL) 6 janvier 2015 (2015-01-06) le document en entier -----	1-6
A	EP 2 865 575 A1 (HONDA RES INST EUROPE GMBH [DE]) 29 avril 2015 (2015-04-29) le document en entier -----	1-6
<input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents		<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe
* Catégories spéciales de documents cités:		
*A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent		*T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
*E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date		*X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
*L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)		*Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
*O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens		*Z* document qui fait partie de la même famille de brevets
*P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale	
18 octobre 2017	24/10/2017	
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé	
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Thomann, Jérôme	



**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2017/052049

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2014044480	A2	27-03-2014	CN 104937512 A	23-09-2015
			DE 102012217002 A1	27-03-2014
			EP 2898383 A2	29-07-2015
			US 2015246678 A1	03-09-2015
			WO 2014044480 A2	27-03-2014
-----				
US 2005021201	A1	27-01-2005	DE 10133945 A1	06-02-2003
			EP 1412773 A1	28-04-2004
			US 2005021201 A1	27-01-2005
			WO 03008995 A1	30-01-2003
-----				
US 2010104199	A1	29-04-2010	CN 101966846 A	09-02-2011
			DE 102009050503 A1	18-11-2010
			US 2010104199 A1	29-04-2010
-----				
US 8930060	B1	06-01-2015	CN 104290750 A	21-01-2015
			DE 102014212962 A1	15-01-2015
			MX 339796 B	10-06-2016
			US 8930060 B1	06-01-2015
-----				
EP 2865575	A1	29-04-2015	EP 2865575 A1	29-04-2015
			JP 2015081083 A	27-04-2015
			US 2015112570 A1	23-04-2015
-----				

---

フロントページの続き

(81)指定国・地域 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT