

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-215790

(P2016-215790A)

(43) 公開日 平成28年12月22日 (2016. 12. 22)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
<b>B60W 30/10</b> (2006.01)	B60W 30/10	3D241
<b>G08G 1/16</b> (2006.01)	G08G 1/16	5H181

審査請求 未請求 請求項の数 32 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2015-102146 (P2015-102146)	(71) 出願人	000004260
(22) 出願日	平成27年5月19日 (2015. 5. 19)		株式会社デンソー
		(71) 出願人	592032636
			学校法人トヨタ学園
		(74) 代理人	110000578
			名古屋国際特許業務法人
		(72) 発明者	テヘラニ ニキネジャド ホセイン
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
		(72) 発明者	武藤 健二
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

最終頁に続く

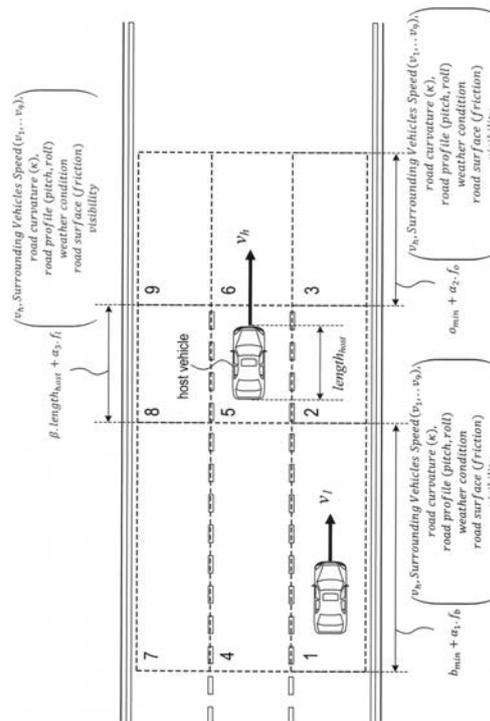
(54) 【発明の名称】 車線変更計画生成装置、車線変更計画生成方法

(57) 【要約】

【課題】自車両が安全且つ快適に車線変更を行うための車線変更計画を生成する。

【解決手段】自車両が走行する走行路の延伸方向および前記延伸方向に直交する直交方向に沿う座標系を、自車両に関する車両情報、周囲車両に関する車両情報および自車両の運転状況に応じて分割することでグリッド群を設定する。そして、設定したグリッド群のうち自車両が存在するグリッドと周辺車両が存在するグリッドとの位置関係と自車両の運転状況を評価した評価結果とに応じて、自車両が車線変更を行うための計画である車線変更計画を生成する。

【選択図】 図5



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

自車両に搭載され、自車両が車線変更を行うための計画である車線変更計画を生成する車線変更計画生成装置(1)であって、

自車両が走行する走行路の延伸方向および前記延伸方向に直交する直交方向に沿う座標系を、自車両に関する車両情報、周囲車両に関する車両情報および自車両の運転状況に応じて分割することでグリッド群を設定するグリッド設定手段(10)と、

前記グリッド設定手段が設定したグリッド群のうち自車両が存在するグリッドと周辺車両が存在するグリッドとの位置関係と自車両の運転状況を評価した評価結果とに応じて前記車線変更計画を生成する生成手段(10)と、

を備えることを特徴とする車線変更計画生成装置(1)。

10

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載の車線変更計画生成装置において、

自車両に関する車両情報には自車両のサイズまたは走行速度が含まれ、周囲車両に関する車両情報には周囲車両のサイズまたは走行速度が含まれていること

を特徴とする車線変更計画生成装置。

**【請求項 3】**

請求項 1 または請求項 2 に記載の車線変更計画生成装置において、

自車両の運転状況には自車両と周囲車両との相対関係が含まれること

を特徴とする車線変更計画生成装置。

20

**【請求項 4】**

請求項 3 に記載の車線変更計画生成装置において、

自車両と周囲車両との相対関係には、前記グリッド群のうち自車両が存在するグリッドと周辺車両が存在するグリッドとの位置関係が含まれること

を特徴とする車線変更計画生成装置。

**【請求項 5】**

請求項 3 または請求項 4 に記載の車線変更計画生成装置において、

自車両と周囲車両との相対関係には、自車両の延伸方向への周囲車両に対する相対的な走行速度、または自車両の直交方向への周囲車両に対する相対的な走行速度が含まれること

を特徴とする車線変更計画生成装置。

30

**【請求項 6】**

請求項 3 ~ 請求項 5 の何れか 1 項に記載の車線変更計画生成装置において、

自車両と周囲車両との相対関係には、自車両の延伸方向への周囲車両に対する相対的な距離、または自車両の直交方向への周囲車両に対する相対的な距離が含まれること

を特徴とする車線変更計画生成装置。

**【請求項 7】**

請求項 3 ~ 請求項 6 の何れか 1 項に記載の車線変更計画生成装置において、

自車両と周囲車両との相対関係には、自車両の延伸方向への周囲車両に対する相対的な加速度、または自車両の直交方向への周囲車両に対する相対的な加速度が含まれること

を特徴とする車線変更計画生成装置。

40

**【請求項 8】**

請求項 1 ~ 請求項 7 の何れか 1 項に記載の車線変更計画生成装置において、

自車両の運転状況には、前記走行路の曲率が含まれること

を特徴とする車線変更計画生成装置。

**【請求項 9】**

請求項 1 ~ 請求項 8 の何れか 1 項に記載の車線変更計画生成装置において、

自車両の運転状況には、自車両から隣接レーンまでの距離が含まれること

を特徴とする車線変更計画生成装置。

**【請求項 10】**

50

請求項 1 ~ 請求項 9 の何れか 1 項に記載の車線変更計画生成装置において、自車両の運転状況には、車線変更を完了させるまでの制限時間が含まれることを特徴とする車線変更計画生成装置。

【請求項 11】

請求項 1 ~ 請求項 10 の何れか 1 項に記載の車線変更計画生成装置において、自車両の運転状況には、車線変更を完了させるまでの制限距離が含まれることを特徴とする車線変更計画生成装置。

【請求項 12】

請求項 1 ~ 請求項 11 の何れか 1 項に記載の車線変更計画生成装置において、自車両の運転状況には、運転者に関する情報が含まれることを特徴とする車線変更計画生成装置。

10

【請求項 13】

請求項 1 ~ 請求項 12 の何れか 1 項に記載の車線変更計画生成装置において、自車両の運転状況には、搭乗者に関する情報が含まれることを特徴とする車線変更計画生成装置。

【請求項 14】

請求項 1 ~ 請求項 13 の何れか 1 項に記載の車線変更計画生成装置において、前記生成手段は、前記グリッド設定手段が設定したグリッド群のうち自車両が存在するグリッドと周辺車両が存在するグリッドとの位置関係または自車両の運転状況を評価した評価結果が変化した場合には、前記車線変更計画を再度生成することを特徴とする車線変更計画生成装置。

20

【請求項 15】

請求項 1 ~ 請求項 13 の何れか 1 項に記載の車線変更計画生成装置において、前記グリッド設定手段 (10) は、前記グリッド群を自車両が存在する車線とその左右の車線に設定することを特徴とする車線変更計画生成装置。

【請求項 16】

請求項 1 ~ 請求項 13 の何れか 1 項に記載の車線変更計画生成装置において、前記グリッド設定手段 (10) は、前記グリッド群を自車両が存在する車線とその左右何れか一方の 2 つの車線に設定することを特徴とする車線変更計画生成装置。

30

【請求項 17】

自車両が車線変更を行うための計画である車線変更計画を生成する車線変更計画生成方法であって、

自車両が走行する走行路の延伸方向および前記延伸方向に直交する直交方向に沿う座標系を、自車両に関する車両情報、周囲車両に関する車両情報および自車両の運転状況に応じて分割することでグリッド群を設定し、

設定したグリッド群のうち自車両が存在するグリッドと周辺車両が存在するグリッドとの位置関係と自車両の運転状況を評価した評価結果とに応じて前記車線変更計画を生成すること

40

ことを特徴とする車線変更計画生成方法。

【請求項 18】

請求項 17 記載の車線変更計画生成方法において、

自車両に関する車両情報には自車両のサイズまたは走行速度が含まれ、周囲車両に関する車両情報には周囲車両のサイズまたは走行速度が含まれていることを特徴とする車線変更計画生成方法。

【請求項 19】

請求項 17 または請求項 18 に記載の車線変更計画生成方法において、自車両の運転状況には自車両と周囲車両との相対関係が含まれることを特徴とする車線変更計画生成方法。

50

**【請求項 20】**

請求項 19 に記載の車線変更計画生成方法において、  
自車両と周囲車両との相対関係には、前記グリッド群のうち自車両が存在するグリッドと周辺車両が存在するグリッドとの位置関係が含まれること  
を特徴とする車線変更計画生成方法。

**【請求項 21】**

請求項 19 または請求項 20 に記載の車線変更計画生成方法において、  
自車両と周囲車両との相対関係には、自車両の延伸方向への周囲車両に対する相対的な走行速度、または自車両の直交方向への周囲車両に対する相対的な走行速度が含まれること

10

を特徴とする車線変更計画生成方法。

**【請求項 22】**

請求項 19 ~ 請求項 21 の何れか 1 項に記載の車線変更計画生成方法において、  
自車両と周囲車両との相対関係には、自車両の延伸方向への周囲車両に対する相対的な距離、または自車両の直交方向への周囲車両に対する相対的な距離が含まれること  
を特徴とする車線変更計画生成方法。

**【請求項 23】**

請求項 19 ~ 請求項 22 の何れか 1 項に記載の車線変更計画生成方法において、  
自車両と周囲車両との相対関係には、自車両の延伸方向への周囲車両に対する相対的な加速度、または自車両の直交方向への周囲車両に対する相対的な加速度が含まれること

20

を特徴とする車線変更計画生成方法。

**【請求項 24】**

請求項 17 ~ 請求項 23 の何れか 1 項に記載の車線変更計画生成方法において、  
自車両の運転状況には、前記走行路の曲率が含まれること  
を特徴とする車線変更計画生成方法。

**【請求項 25】**

請求項 17 ~ 請求項 24 の何れか 1 項に記載の車線変更計画生成方法において、  
自車両の運転状況には、自車両から隣接レーンまでの距離が含まれること  
を特徴とする車線変更計画生成方法。

**【請求項 26】**

請求項 17 ~ 請求項 25 の何れか 1 項に記載の車線変更計画生成方法において、  
自車両の運転状況には、車線変更を完了させるまでの制限時間が含まれること  
を特徴とする車線変更計画生成方法。

30

**【請求項 27】**

請求項 17 ~ 請求項 26 の何れか 1 項に記載の車線変更計画生成方法において、  
自車両の運転状況には、車線変更を完了させるまでの制限距離が含まれること  
を特徴とする車線変更計画生成方法。

**【請求項 28】**

請求項 17 ~ 請求項 27 の何れか 1 項に記載の車線変更計画生成方法において、  
自車両の運転状況には、運転者に関する情報が含まれること  
を特徴とする車線変更計画生成方法。

40

**【請求項 29】**

請求項 17 ~ 請求項 28 の何れか 1 項に記載の車線変更計画生成方法において、  
自車両の運転状況には、搭乗者に関する情報が含まれること  
を特徴とする車線変更計画生成方法。

**【請求項 30】**

請求項 17 ~ 請求項 29 の何れか 1 項に記載の車線変更計画生成方法において、  
設定したグリッド群のうち自車両が存在するグリッドと周辺車両が存在するグリッドとの位置関係または自車両の運転状況を評価した評価結果が変化した場合には、前記車線変更計画を再度生成すること

50

を特徴とする車線変更計画生成方法。

【請求項 3 1】

請求項 1 7 ~ 請求項 3 0 の何れか 1 項に記載の車線変更計画生成方法において、前記グリッド群を自車両が存在する車線とその左右の車線に設定することを特徴とする車線変更計画生成方法。

【請求項 3 2】

請求項 1 7 ~ 請求項 3 0 の何れか 1 項に記載の車線変更計画生成方法において、前記グリッド群を自車両が存在する車線とその左右何れか一方の 2 つの車線に設定すること

を特徴とする車線変更計画生成方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、自車両が安全且つ快適に車線変更を行うための計画である車線変更計画を生成する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、特許文献 1 には、自車及び周囲の車両の状態に応じて車線変更オプションを提供する技術が記載されている。

【先行技術文献】

20

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】米国特許出願公開第 2 0 1 4 / 0 0 7 4 3 5 6 号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、上記特許文献の技術では、自車両が安全且つ快適に車線変更を行うことができない。すなわち、上記特許文献の技術は、単に、車線変更時の行動および時機をドライバに提示することで、車線変更をサポートするための H M I を提供することを目的としている。このため、上記特許文献には、車線変更時に取り得る行動の選択肢を生成して評価する点については記載がない。また、上記特許文献には、安全且つ快適な解決策を選択する点について記載がない。さらに、上記特許文献には、車線変更時に取り得る行動の選択肢を生成して評価するという車線変更に関して最も重要な点については言及されていない。

30

【0005】

本発明は、このような課題に鑑みなされたものであり、その目的とするところは、自車両が安全且つ快適に車線変更を行うための計画である車線変更計画を生成する技術を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明によれば、次のような作用効果を奏する。

40

すなわち、自車両が走行する走行路の延伸方向および前記延伸方向に直交する直交方向に沿う座標系を、自車両に関する車両情報、周囲車両に関する車両情報および自車両の運転状況に応じて分割することでグリッド群を設定する。

【0007】

そして、設定したグリッド群のうち自車両が存在するグリッドと周辺車両が存在するグリッドとの位置関係と自車両の運転状況を評価した評価結果とに応じて、自車両が車線変更を行うための計画である車線変更計画を生成する。

【0008】

したがって、本発明によれば、自車両が安全且つ快適に車線変更を行うための計画である車線変更計画を生成することができる。

50

## 【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】運転支援システム1の概略構成を示すブロック図である。

【図2】運転者による車線変更の分析結果を示す説明図である。

【図3】運転者による車線変更の分析結果を示す説明図である。

【図4】運転者による車線変更の分析結果を示す説明図である。

【図5】グリッドマップを示す説明図である。

【図6】車線変更計画生成機能を示すブロック図である。

【図7】車線変更時衝突回避機能を示すブロック図である。

【図8】グリッドマップを示す説明図である。

10

【図9】車線変更計画生成機能を示す説明図である。

【図10】車線変更計画生成機能を示す説明図である。

【図11】車線変更計画生成機能を示す説明図である。

【図12】車線変更計画生成機能を示す説明図である。

【図13】車線変更計画生成機能を示す説明図である。

【図14】走行軌道生成機能を示す説明図である。

【図15】走行軌道生成機能を示す説明図である。

【図16】車線変更計画生成機能を示す説明図である。

【図17】車線変更計画生成機能を示す説明図である。

【図18】車線変更時衝突回避機能を示す説明図である。

20

## 【発明を実施するための形態】

【0010】

以下に本発明の実施形態を図面とともに説明する。なお、本発明は下記実施形態に限定されるものではなく、様々な態様にて実施することが可能である。

## 〔運転支援システム1の構成〕

本発明が適用された運転支援システム1は、乗用車等の車両に搭載されたシステムである。具体的には、運転支援システム1は、図1に示すように、車線変更計画・走行軌道生成装置10と、車載ネットワーク15と、カメラ20と、LIDAR25と、グリッドマップパターンデータベース30と、車両制御装置35と、を備えている。

【0011】

30

車載ネットワーク15は、自車両における通信線等のネットワークを示し、この車載ネットワーク15には、車線変更計画・走行軌道生成装置（以下生成装置）10や、周知の車速センサ、加速度センサ、或いは位置検出センサ等の各種センサ等が接続されている。カメラ20は、自車両の前方の走行路を撮像し、撮像画像を生成装置10に送る。

【0012】

LIDAR25は、比較的波長が短い光波等の電磁波を自車両の前方に照射し、この反射波を受信することで物標の位置を得る周知の構成である。LIDAR25は、物標の点群（相対位置、方位、反射強度、照射時刻）情報を生成装置10に送る。

【0013】

グリッドマップパターンデータベース30は、グリッドマップを記憶するのに用いられる。グリッドマップの詳細については後述する。

40

車両制御装置35は、生成装置10から出力された走行軌道を受信し、この走行軌道に沿って自車両を制御するために、自車両の動力や操舵力を制御する。

【0014】

生成装置10は、CPU11と、ROMやRAM等のメモリ12とを備えたコンピュータとして構成されている。CPU11は、メモリに格納されたプログラムに基づく各種処理を実行する。また、生成装置10は、車載ネットワーク15を介して各種センサからの情報を取得する。また、生成装置10は、車線変更計画生成機能、走行軌道生成機能および車線変更時衝突回避機能の各機能を実行する。なお、車線変更計画生成機能、走行軌道生成機能および車線変更時衝突回避機能については後述する。

50

## 【0015】

なお、生成装置10は、本発明のグリッド設定手段および生成手段の一例である。

[運転者による車線変更の分析結果について]

次に、本発明の車線変更計画生成機能の前提となった運転者による車線変更の分析結果について説明する。

## 【0016】

図2は、運転者による車線変更の記録の一例であり、グリッドモデルと自車両が右車線への車線変更を行う状況が示されている。

これによれば、運転者によるステアリングホイールの操舵は時刻7.6で開始されるが、運転者は、右車線への車線変更を行う以前に、減速操作を既に開始しており、19.5 m/sから16.7 m/sへの減速を行っている点が示されている。このことから、前方の周囲車両から安全なスペースを確保し且つ右側車線の周囲車両に自車両を通過させるために、運転者が減速操作を行わなければならないことが判明した。

10

## 【0017】

このように、運転者による車線変更に関するデータを分析した結果、図3に示すように、運転者による行動モデルが、第1セグメントと第2セグメントという2つの部分からなることが判明した。第1セグメントでは、車線変更を実行するための準備行動を行い、第2セグメントでは、実際に車線変更を実行することとなる。

## 【0018】

このうちの第1セグメントでは、運転者は自車両の走行速度を調節して、周囲車両との位置関係および相対速度に基づく安全なスペースを確保する。この第1セグメントでの運転者の行動は、周囲車両の数量、周囲車両との相対距離および周囲車両との相対速度に非常に影響される。なお、他に大きな影響を与える要因としては、走行路の曲率や、視界、周囲車両の行動などが挙げられる。また、時間に関する制約および距離に関する制約が、第1セグメントにおいては運転者が行動を選択する際に極めて重要な要因であることが判明した。これは、高速道路にて流れに合流するときや高速道路から退出するときが発生する。

20

## 【0019】

また、運転者による車線変更に関するデータを分析した結果、図4に示すように、第1セグメントにおける行動の候補として、車線変更を行うこと(図中の「Behavior A」)、待機すること(図中の「Behavior B」)、加速すること(図中の「Behavior C」)、減速すること(図中の「Behavior D」)、の4つの行動があると考えられる。

30

## 【0020】

また、第2セグメントでは、車線変更時に自車両が走行し得る走行軌道を生成する。なお、この走行軌道の算出手法については後述する。

以上のような分析結果に基づき、本発明では、運転者による行動モデルにおける2つの行動部分を第1セグメントおよび第2セグメントと定義して、車線変更計画の生成および走行軌道の生成を行う。

## 【0021】

40

[グリッドマップについて]

次に、本発明の車線変更計画生成機能で用いるグリッドマップについて説明する。

図5に示すように、グリッドマップでは、自車両の周囲環境を9つのグリッドからなるグリッド群に分割する。各グリッドは、自車両や周囲車両が存在する占領状態と、自車両および周囲車両が存在しない非占領状態と、になり得る。なお、図5では、自車両が走行する車線の右側車線の後方のグリッドを1番目のグリッド、同車線の中央のグリッドを2番目のグリッド、同車線の前方のグリッドを3番目のグリッド、自車両が走行する車線の後方のグリッドを4番目のグリッド、同車線の中央のグリッドを5番目のグリッド、同車線の前方のグリッドを6番目のグリッド、自車両が走行する車線の左側車線の後方のグリッドを7番目のグリッド、同車線の中央のグリッドを8番目のグリッド、同車線の前方の

50

グリッドを9番目のグリッドと表示している。換言すれば、グリッド群を自車両が存在する車線とその左右の車線に設定する。

【0022】

なお、4車線以上の走行路に対応するため、上述の9つのグリッドからなるグリッド群を、自車両が存在する車線とその左右何れか一方の2つの車線に設定してもよい。

各グリッドのサイズは、自車両の走行速度、周囲車両の走行速度、当該グリッドが自車両の前方のグリッドまたは後方のグリッドの何れであるか、によって設定される。

【0023】

自車両の後方のグリッドのサイズは、次式を用いて算出される。なお、このグリッドのサイズは、自車両が存在する中央のグリッドのサイズと比較して大きくなる傾向にある。

【0024】

【数1】

$$b_{min} + \alpha_1 \cdot f_b \left( \begin{array}{l} v_h, \text{ Surrounding Vehicles Speed } (v_1, \dots, v_9), \\ \text{road curvature } (\kappa), \\ \text{road profile (pitch, roll)} \\ \text{weather condition} \\ \text{road surface (friction)} \\ \text{visibility} \end{array} \right)$$

【0025】

なお、 $b_{min}$  は、後方での最小の安全距離である。また、 $\alpha_1$  は、グリッドのサイズを最適化するための時間に関する定数である。また、 $f_b()$  は、自車両の走行速度 ( $v_h$ )、周囲車両の走行速度 ( $v_1, \dots, v_9$ )、走行路の曲率 ( $\kappa$ )、走行路の傾斜 (pitch, roll)、天候 (rainy, sunny)、走行路の路面状態 (friction)、視界状態 (foggy) に関する関数である。また、 $f_b()$  は、相対速度などの線形または非線形の関係から計算される。

【0026】

また、自車両の前方のグリッドのサイズは、次式を用いて算出される。なお、このグリッドのサイズは、自車両が存在する中央のグリッドのサイズと比較して小さくなる傾向にある。

【0027】

【数2】

$$o_{min} + \alpha_2 \cdot f_o \left( \begin{array}{l} v_h, \text{ Surrounding Vehicles Speed } (v_1, \dots, v_9), \\ \text{road curvature } (\kappa), \\ \text{road profile (pitch, roll)} \\ \text{weather condition} \\ \text{road surface (friction)} \\ \text{visibility} \end{array} \right)$$

【0028】

なお、 $o_{min}$  は、前方での最小の安全距離である。また、 $\alpha_2$  は、グリッドのサイズを最適化するための時間に関する定数である。また、 $f_o()$  は、自車両の走行速度 ( $v_h$ )、

周囲車両の走行速度 ( $v_1, \dots, v_9$ )、走行路の曲率 ( $k$ )、走行路の傾斜 ( $\text{pitch, roll}$ )、天候 ( $\text{rainy, sunny}$ )、走行路の路面状態 ( $\text{friction}$ )、視界状態 ( $\text{foggy}$ ) に関する関数である。また、 $f_o()$  は、相対速度などの線形または非線形の関係から計算される。

【0029】

また、中央列のグリッドのサイズについては、次式のように、自車両の全長寸法に基づくものとなる。なお、中央列のグリッドが大きい場合であっても、右側または左側の中央列のグリッドに周囲車両が存在する場合には、自車両は車線変更を行わないこととなる。

【0030】

【数3】

$$\beta \cdot \text{length}_{\text{host}} + \alpha_3 \cdot f_l \left( \begin{array}{l} v_h, \text{ Surrounding Vehicles Speed } (v_1, \dots, v_9), \\ \text{road curvature } (k), \\ \text{road profile } (\text{pitch, roll}) \\ \text{weather condition} \\ \text{road surface } (\text{friction}) \\ \text{visibility} \end{array} \right)$$

10

20

なお、 $\alpha_3$  は、グリッドのサイズを最適化するための時間に関する定数である。また、 $f_l()$  は、自車両の走行速度 ( $v_h$ )、周囲車両の走行速度 ( $v_1, \dots, v_9$ )、走行路の曲率 ( $k$ )、走行路の傾斜 ( $\text{pitch, roll}$ )、天候 ( $\text{rainy, sunny}$ )、走行路の路面状態 ( $\text{friction}$ )、視界状態 ( $\text{foggy}$ ) に関する関数である。また、 $f_l()$  は、相対速度などの線形または非線形の関係から計算される。

【0031】

[車線変更計画生成機能について]

次に、生成装置10が実行する車線変更計画生成機能について、図6を参照しながら説明する。

【0032】

ここでは、生成装置10は、自車両が走行する走行路の延伸方向および前記延伸方向に直交する直交方向(横方向)に沿う座標系を、自車両に関する車両情報、周囲車両に関する車両情報および自車両の運転状況に応じて分割することでグリッド群(グリッドマップ)を設定する。また、生成装置10は、設定したグリッドマップのうち自車両が存在するグリッドと周辺車両が存在するグリッドとの位置関係と自車両の運転状況を評価した評価結果とに応じて車線変更計画を生成する。さらに、生成装置10は、車線変更時に自車両が実際に走行し得る走行軌道を生成する。

30

【0033】

まず、生成装置10は、カメラ20からの撮像画像を取得し(S1)、この撮像画像から周囲車両を認識する周知の処理を実施するとともに、LIDAR25によって得られた物標の点群情報(最新および過去のもの)を利用して(S2)、周囲車両の走行速度や位置に関する情報を得る(S3)。

40

【0034】

また、生成装置10は、カメラ20からの撮像画像を取得し(S1)、この撮像画像から周囲車両を認識する周知の処理を実施するとともに、LIDAR25によって得られた物標の点群情報(最新および過去のもの)を利用して(S2)、周囲車両の挙動に関する情報を得る(S4)。

【0035】

また、生成装置10は、カメラ20からの撮像画像を取得し(S1)、この取得した撮像画像から白線を認識する周知の処理を実行することで、走行路(自車線や隣接車線)の

50

幅、走行路の形状（走行路の位置毎の曲率）や起伏（地形）等の情報を走行路情報として得る（S5）。

【0036】

続いて、生成装置10は、周囲車両の走行速度や位置に関する情報（S3）、周囲車両の挙動に関する情報（S4）、および走行路情報（S5）を用いて、周囲車両の横方向/進行方向の走行軌道を生成する（S6）。

【0037】

また、生成装置10は、周囲車両の横方向/進行方向の走行軌道（S6）、走行路情報（S5）、およびデータベースの情報（S7）を用いて、グリッドマップを作成する（S8）。なお、このデータベースには、車線変更時に自車両が行い得る行動の候補が記録されている。

10

【0038】

また、生成装置10は、グリッドマップに基づき自車両が行い得る行動の候補を生成する（S9～S12）。各行動は第1セグメントおよび第2セグメントから構成される。これは、上述のように、運転者による車線変更に関するデータを分析した結果、運転者による行動モデルでは、2つの行動部分からなることに基づく。

【0039】

そして、自車両が行い得る行動の候補としては、次のような行動A（S9）、行動B（S10）、行動C（S11）、行動D（S12）といった4つの行動パターンが挙げられる。このうちの行動A（S9）では、第1セグメントでの行動はなく、第2セグメントで車線変更を実行する。この車線変更は短時間で完了することが推奨される。また、行動B（S10）では、第1セグメントで待機し、第2セグメントで車線変更を実行する。また、行動C（S11）では、第1セグメントで加速を行い、第2セグメントで車線変更を実行する。また、行動D（S12）では、第1セグメントで減速を行い、第2セグメントで車線変更を実行する。

20

【0040】

なお、このモデルでは、図8に示すように、9つのグリッドからなるグリッドマップに基づき256通りの周囲車両の配置状況が考えられるが、自車線に隣接する左右の車線の何れか一方を考慮しないことにより、自車両が存在するグリッドと、その前後方向のグリッド、左右何れか一方の隣接車線上に設定される3つのグリッドとの合計5つのグリッドからなるグリッドマップに限定することができる。このモデルでは、32通りの周囲車両の配置状況が考えられる。なお、上述のような9つのグリッドからなるグリッドマップを想定すべき場合もある。

30

【0041】

また、このモデルでは、例えば図11に示すような左側の隣接車線を考慮しない場合、右側の隣接車線への車線変更時に自車両が行い得る行動として次の3つのケースが考えられる。

【0042】

（1）ケースA：このケースでは、右側車線の接近車両が自車両を追い越して右側車線が車線変更可能な状態になるまで待機する。

40

（2）ケースB：このケースでは、減速した後に右側車線に入る。これは、高速道路の出口に近づいている場合など、制限時間内または制限距離内に車線変更を行わなければならない場合に、望ましい行動である。

【0043】

（3）ケースC：そのまま右側車線に入る。

また、このモデルでは、32通りの周囲車両の配置状況を、図12および図13に例示するような4つのカテゴリに分類することができる。

【0044】

（1）カテゴリA：2つの行動の候補があり、隣接車両との相対速度および相対距離に基づき待機するか車線変更を行うかの何れか一方を行う。

50

(2) カテゴリ B : このカテゴリでは、更に多くの行動候補がある。車線変更を行うが、時には、加速、減速または待機が、安全且つ円滑な車線変更を行うためには望ましい行動である。制限時間 / 制限距離がある場合、安全な車線変更を行うためには、加速または減速が必要である。

【0045】

(3) カテゴリ C : 車線変更を行う際の複雑な配置状態に関係する。このカテゴリでは、自車両の右側のセルが周囲車両に占領されている。車線変更する先の車線に空きスペースを作り出すための適切な行動が選択されるべきである。このカテゴリでは、加速、減速または待機を行うのが良い。

【0046】

(4) カテゴリ D : 車線変更を行うために待機すべきである。他の行動は行うべきではない。

図6に戻り、グリッドマップの作成(S8)に続いて、生成装置10は、グリッドマップ(S8)に基づき、運転状況パターンを作成する(S13)。

【0047】

ここで、運転状況パターンとは、図12に例示するように、周囲環境に関して過去および現在の評価されたデータを含む時間に基づくパターンである。これは、自車に関する情報、周囲車両に関する情報、道路情報などを利用して作成され、パターン化で認識された課題を行動候補に変換することを目的とする。

【0048】

本実施形態では、次の(1)~(9)のような要因を考慮してパターンを作成する。

(1) エリアI : 自車両が占めるグリッド

(2) エリアII : 自車両の延伸方向への相対的な走行速度

(3) エリアIII : 自車両の直交方向への相対的な走行速度

(4) エリアIV : 自車両の延伸方向への相対的な距離

(5) エリアV : 自車両の直交方向への相対的な距離

(6) エリアVI : 自車両の挙動(自車両の延伸方向への加速度、自車両の直交方向の加速度、操舵角度、ヨーレート)

(7) エリアVII : 道路の曲率

(8) エリアVIII : レーンまでの距離

(9) エリアIX : 制限時間、制限距離

なお、上記以外にも、運転者または搭乗者の行動パターンや好み、予定や時間的余裕の有無といった拘束条件などの要因を考慮してパターンを作成してもよい。

【0049】

これらの要因のデータをレンジ $[-1, 1]$ を最大限とする区域にパターン化する。なお、「 $t = 0$ 」は、現在を示す。また、「 $-t_p = 5s$ 」とは、現在から5秒前の時点を示す。

【0050】

また、運転状況パターンの評価値 $y$ については、次式を用いて算出される。

【0051】

【数4】

$$y \approx f \left( [NV, R, CD, CN]_{[-t_p, +t_f]} \right)$$

なお、「NV」は隣接車両の特徴を示し、「R」は自車両と隣接車両との相対距離を示し、「CD」は車両の挙動を示し、「CN」は制限時間 / 制限距離を示す。また、「 $-t_p, +t_f$ 」とは、時間「 $t_p$ 」前から時間「 $t_f$ 」後までの期間であることを示す。

【0052】

10

20

30

40

50

このような評価の結果、評価値  $y$  が数値「0」である場合は車線変更を示し、数値「1」である場合は待機後に車線変更を示し（図17（a）参照）、数値「2」である場合は加速後に車線変更を示し（図17（b）参照）、数値「3」である場合は減速後に車線変更を示すといった具合である。

【0053】

また、評価結果の学習については、次式を用いて行われる。

【0054】

【数5】

$$y \approx W.P; P \sim [NV, R, CD, CN]_{[-t_p, 0]}$$

10

なお、「P」は、運転状況パターンを示す。また、「W」は、運転者による運転挙動の検証結果および実験結果に基づき設定される係数である。また、「 $-t_p, 0$ 」とは、時間「 $t_p$ 」前から現在時刻までの期間である。

【0055】

図6に戻り、運転状況パターン（S13）の作成に続いて、生成装置10は、運転状況パターンと行動選択関数および行動選択係数（S15）を用いて行動の候補を評価する（S14）。まず、運転状況パターン上の要因ごとのスコアに対応する行動選択関数および行動選択係数を掛け合わせ、集計することで全体のスコアを算出する。そして、算出した全体のスコアを評価することで自車両が行い得る行動の候補を評価する。具体的には、自車両が行い得る行動の候補を、加速、減速、待機および車線変更の中から選択する。なお、行動選択関数および行動選択係数は、予め実験等に基づき、要因ごとに設定される。

20

【0056】

また、生成装置10は、行動の候補を評価（S14）した後に、この評価によって行動Aが選択されたか否かを判断する（S16）。行動Aが選択された場合には、第2セグメントで自車両自車両が行い得る走行軌道を生成する（S17）。一方、行動Aが選択されなかった場合には、第1セグメントで自車両が行い得る行動の候補として、加速（行動Cの場合）/減速（行動Dの場合）/待機（行動Bの場合）の行動パターンを生成する（S18）。この第1セグメントの行動パターンは、加速、減速または待機によって、安全スペース/安全余裕時間を作り出すことを目的とする。

30

【0057】

例えば、図15に示すように、現在時刻（ $t_0$ ）から目標時刻（ $T$ ）までの間に、自車両が先行車両を追い越して距離「 $r$ 」だけ先行することを想定し、自車両の加減速度を次式を用いて算出する。

【0058】

【数6】

$$\ddot{x} = f(\dot{x}(t_0), x_{lead}(t_0), \dot{x}_{lead}(t_0), T, r)$$

40

ここで、 $r$ については、次のような項を用いる。

【0059】

【数7】

$$r = d_{min} + \alpha \cdot \dot{x}_{lead}(T)$$

また、円滑且つ快適な加減速を設定するため、次式を用いて行動パターンのコスト値を算出する。

50

【 0 0 6 0 】

【 数 8 】

$$J = \int_0^T (\omega_{dist} [\Delta d(t)]^2 + \omega_{acc} [\ddot{x}(t)]^2) dt$$

ここで、 $d(t)$ については、次のような項を用いる。

【 0 0 6 1 】

【 数 9 】

$$\Delta d(t) = x_{lead}(t) - r + t * \dot{x}_{lead}(t) - x(t) \quad (6)$$

10

20

30

40

50

図 6 に戻り、加減速時の行動パターンの生成 ( S 1 8 ) に続き、生成装置 1 0 は、リアルタイムでの制御および監視処理 ( S 1 9 ) のうち、選択された行動の実施および車両制御を行う ( S 2 0 ) 。

【 0 0 6 2 】

また、生成装置 1 0 は、自車両の行動の実施および車両制御 ( S 2 0 ) を行う間、リアルタイムでの走行軌道評価および衝突評価からなる状況評価を実施する ( S 2 1 ) 。

このうちの走行軌道評価には、図 1 6 に示すように、周囲車両の走行軌道の評価するために、過去の動作のデータ、道路情報、および車線変更や車線維持といった周囲車両の挙動を用いる。

【 0 0 6 3 】

周囲車両の走行軌道は、規定期間 (  $0 \sim T_{hist}$  ) の間に記録された過去の位置データと車線の中央線とに基づき、多項式の関数を用いて算出される。車線の中央線については、車線変更の場合には自車両が右側の車線の中央線に沿って走行し、車線維持の場合には自車両が現在の車線の中央線に沿って走行すると規定する。そして、規定期間 (  $0 \sim T_{op}$  ) の間においてこれらのデータを多項式の曲線に合致させる。なお、この評価は、すべての周囲車両の走行軌道について行われる。

【 0 0 6 4 】

また、衝突評価については、規定期間 (  $0 \sim T_{op}$  ) の間において周囲車両の走行軌道からサンプリングを行い、ICS ( Inevitable Collision States ) 手法を用いて 2 つの走行軌道の間での衝突の可能性をチェックすることで行う。なお、ICS 手法については、公知技術に従うのでここではその詳細な説明は省略する。

【 0 0 6 5 】

図 6 に戻り、状況評価 ( S 2 1 ) に続き、走行軌道生成装置 1 0 は、再評価のための余裕時間を待機し ( S 2 2 )、上述のグリッドマップの作成 ( S 8 ) に再度移行する。

[ 走行軌道生成機能について ]

次に、生成装置 1 0 が実行する走行軌道生成機能について説明する。

【 0 0 6 6 】

生成装置 1 0 は、上述の車線変更計画生成機能において行動 A が選択された場合に ( S 2 3 )、走行路情報 ( S 2 4 ) に基づき、横方向への自車両の挙動の候補を生成する ( S 2 5 ) 。

【 0 0 6 7 】

続いて、生成装置 1 0 は、周囲車両の走行速度や位置、行動に関する情報を得た後に ( S 2 6 )、周囲車両の挙動を評価し ( S 2 7 )、自車両と周囲車両との間に衝突の可能性が無いことを確認する ( S 2 8 ) 。

【 0 0 6 8 】

続いて、生成装置 10 は、車線変更時の走行軌道のコスト値が最小となる走行軌道を選択する ( S 2 9 )。車線変更時の走行軌道のコスト値については、次式を用いて算出される。

【 0 0 6 9 】

【 数 1 0 】

$$J = w_{jerk} \int_0^T \ddot{y}^2(t) \cdot dt$$

10

$$+ w_{time} T + w_{error} [y(T) - d]^2$$

$$+ w_{heading} [\kappa(T) - \kappa_{road}]^2$$

20

$$+ w_{smoothness} \int_0^T \frac{\dot{\kappa}(t)^2}{\sqrt{\dot{x}(t)^2 + \dot{y}(t)^2}} dt$$

ここで、 $\kappa(t)$  については、次のような項を用いる。

【 0 0 7 0 】

【 数 1 1 】

$$\kappa(t) \leq \frac{\ddot{y}_{max}}{\dot{x}(t)^2}$$

30

続いて、生成装置 10 は、車線変更を実行する旨を対象車線の周囲車両に送信する。

【 0 0 7 1 】

[ 車線変更時衝突回避機能について ]

次に、生成装置 10 が実行する車線変更時衝突回避機能について、図 7 を参照しながら説明する。

【 0 0 7 2 】

まず、生成装置 10 は、自車両が車線変更を行う間、周囲車両の行動および走行軌道を監視する ( S 3 1 )。

40

具体的には、生成装置 10 は、周囲車両の走行速度や位置に関する情報を得る ( S 3 2 )。また、生成装置 10 は、周囲車両の挙動に関する情報を得る ( S 3 3 )。さらに、生成装置 10 は、周囲車両の横方向 / 進行方向の走行軌道を生成する ( S 3 4 )。

【 0 0 7 3 】

続いて、生成装置 10 は、自車両と周囲車両との間の衝突の可能性を確認し ( S 3 5 )、自車両と周囲車両との間の衝突の可能性の有無を判断する ( S 3 6 )。衝突の可能性が存在しない場合には、リアルタイムでの制御および監視処理 ( S 3 7 ) のうち、選択された行動の実施および車両制御を行う ( S 3 8 )。また、生成装置 10 は、自車両の行動の実施および車両制御 ( S 3 8 ) を行う間、リアルタイムでの状況評価を実施する ( S 3 9

50

)。その後、衝突の可能性の確認 ( S 3 5 ) を再度実施する。

【 0 0 7 4 】

一方、衝突の可能性が存在する場合には、生成装置 1 0 は、グリッドマップを作成する ( S 4 0 ) 。

さらに、生成装置 1 0 は、グリッドマップを評価して、現在の状況がケース A ( S 4 1 )、ケース B ( S 4 2 ) またはケース C ( S 4 3 ) の何れであるかを判定する。ケース A ( S 4 1 ) とは、衝突回避のために減速が必要な状況を示す ( 図 1 8 ( b ) 参照 )。また、ケース B ( S 4 2 ) は、衝突回避のために加速が必要な状況を示す。また、ケース C ( S 4 3 ) は衝突回避のためにそれ以外の行動が必要な状況を示す。

【 0 0 7 5 】

ケース C である場合には、次のように衝突回避を計画する ( S 4 4 )。すなわち、車線変更の対象である右側車線とは反対側の車線である左側車線へ一時的に車線変更を行う行動 ( S 4 5 )、もしくは車線変更の対象である右側車線から自車線へ戻る行動 ( S 4 6、図 1 8 ( a ) 参照 ) を計画する。

【 0 0 7 6 】

続いて、生成装置 1 0 は、ケース A ( S 4 1 )、ケース B ( S 4 2 ) またはケース C ( S 4 3 ) の各状況に応じ、行動選択関数および行動選択係数 ( S 4 8 ) を用いて行動の候補を評価する ( S 4 7 ) 。

【 0 0 7 7 】

続いて、生成装置 1 0 は、加速 / 減速 / 待機の行動パターンを生成する ( S 4 9 )。その後、生成装置 1 0 は、リアルタイムでの制御および監視処理 ( S 3 7 ) のうち、選択された行動の実施および車両制御に移行する ( S 3 8 ) 。

【 0 0 7 8 】

[ 実施形態の効果 ]

このように本実施形態の運転支援システム 1 によれば、自車両が走行する走行路の延伸方向および前記延伸方向に直交する直交方向に沿う座標系を、自車両に関する車両情報、周囲車両に関する車両情報および自車両の運転状況に応じて分割することでグリッド群を設定し、設定したグリッド群のうち自車両が存在するグリッドと周辺車両が存在するグリッドとの位置関係と自車両の運転状況を評価した評価結果とに応じて、自車両が車線変更を行うための計画である車線変更計画を生成する。

【 0 0 7 9 】

したがって、自車両が安全且つ快適に車線変更を行うための計画である車線変更計画を生成することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 0 】

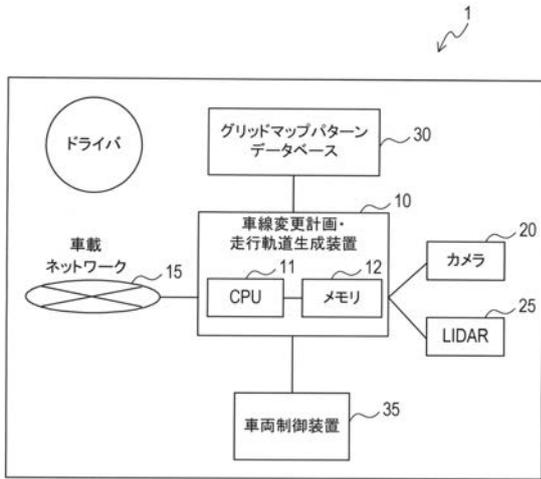
1 ... 運転支援システム、 1 0 ... 車線変更計画・走行軌道生成装置、 1 1 ... CPU、 1 2 ... メモリ、 1 5 ... 車載ネットワーク、 2 0 ... カメラ、 2 5 ... L I D A R、 3 0 ... グリッドマップパターンデータベース 3 0、 3 5 ... 車両制御装置。

10

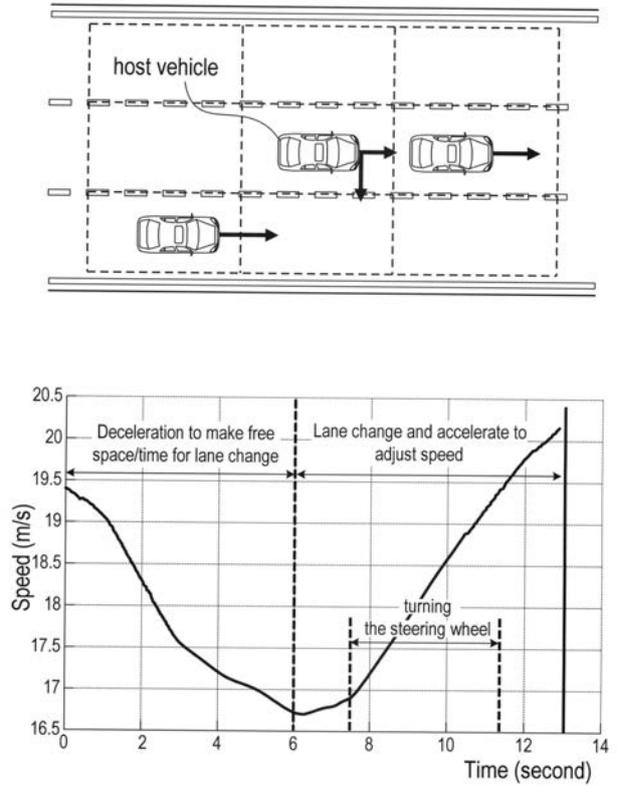
20

30

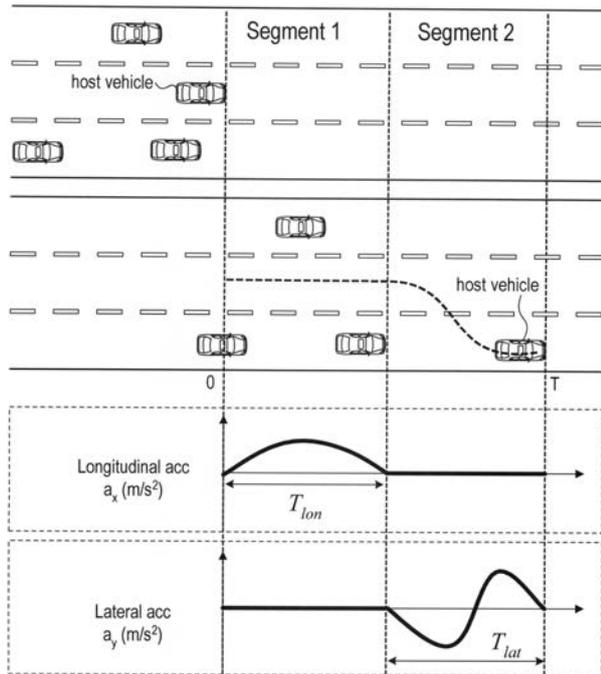
【 図 1 】



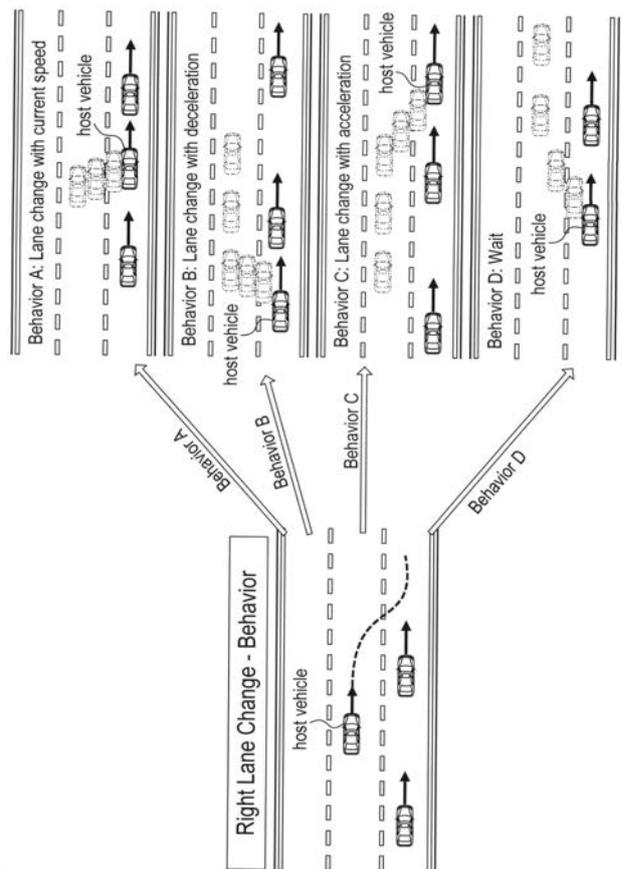
【 図 2 】



【 図 3 】

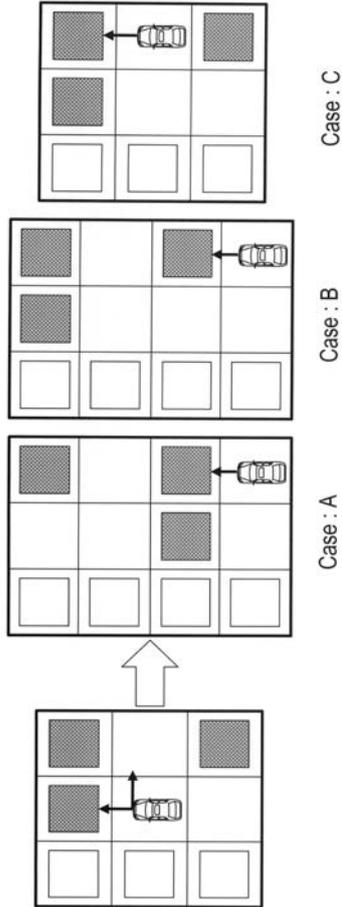


【 図 4 】

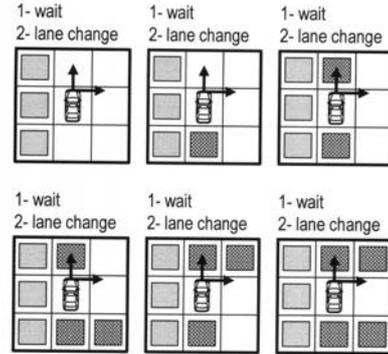




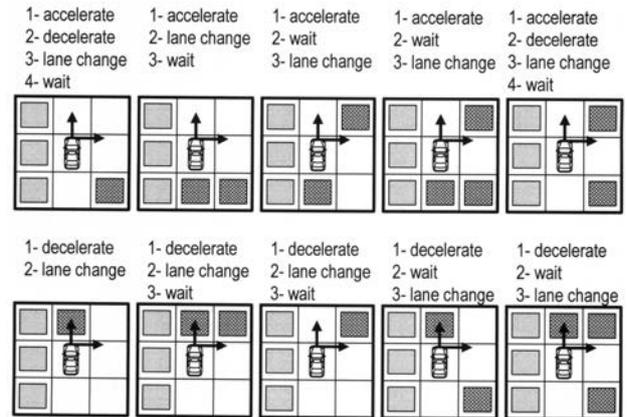
【 図 9 】



【 図 1 0 】

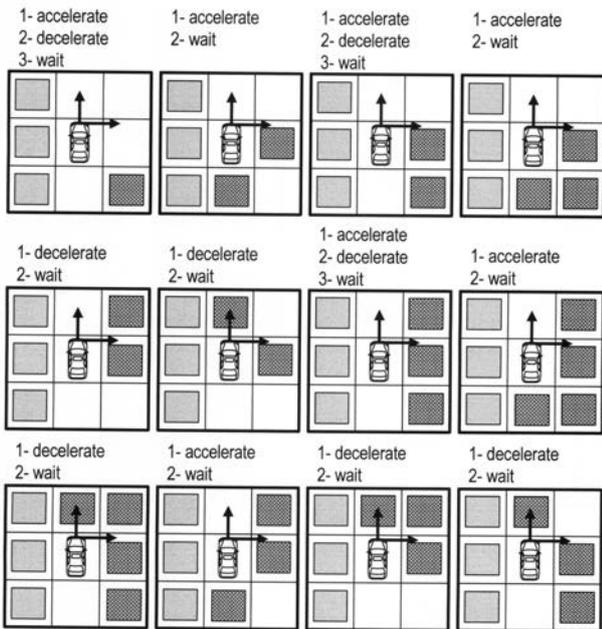


(a) Category A

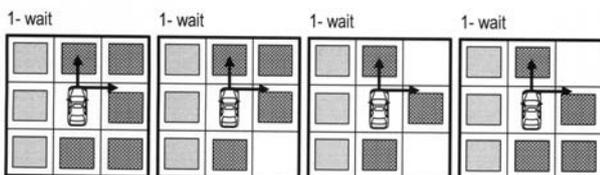


(b) Category B

【 図 1 1 】

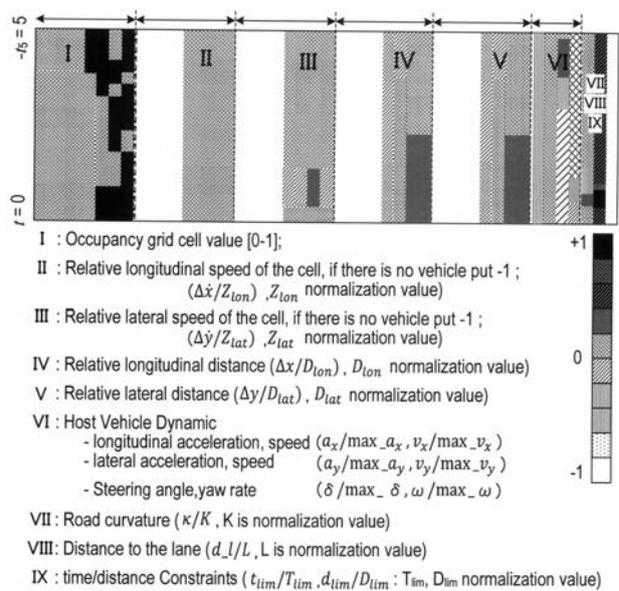


(c) Category C

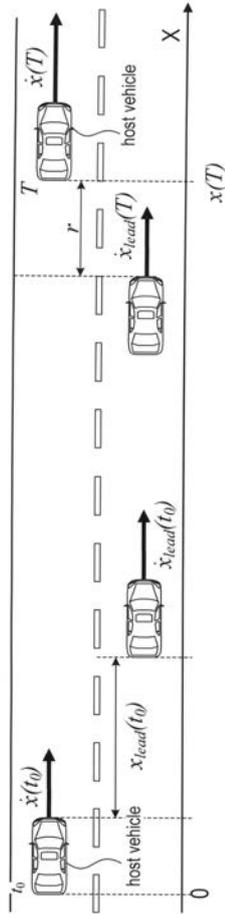


(d) Category D

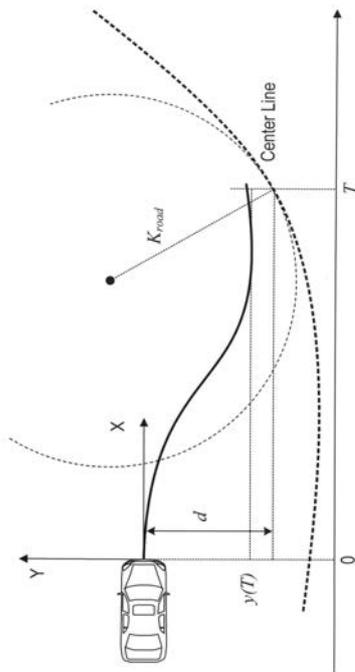
【 図 1 2 】



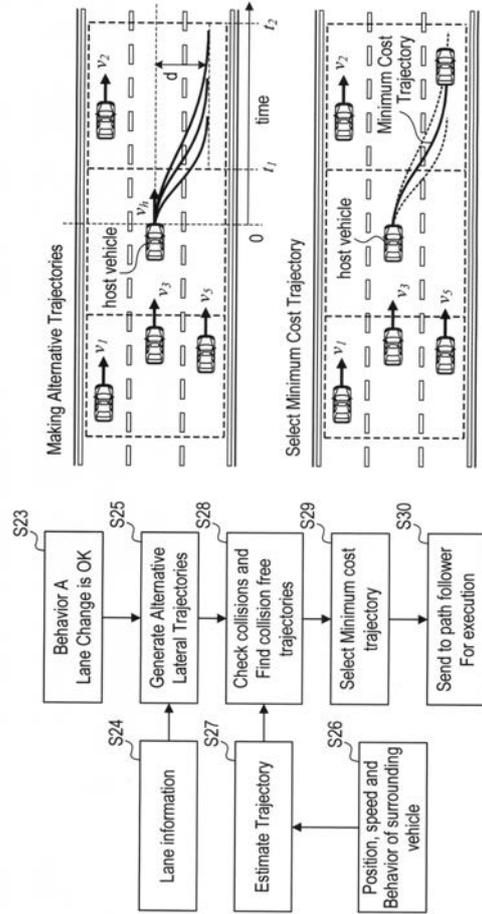
【 図 1 3 】



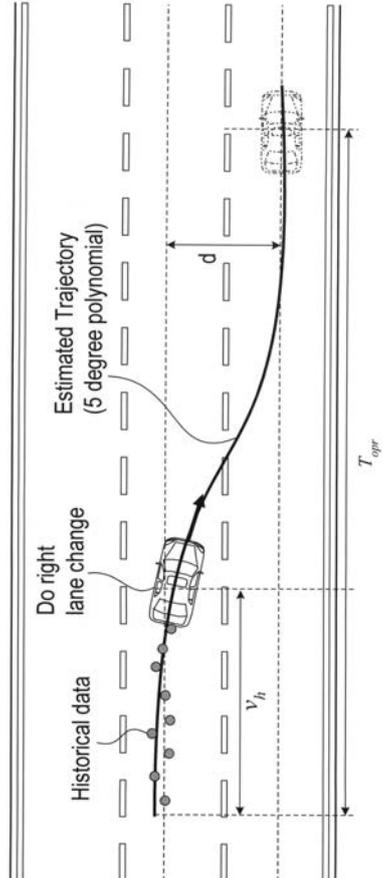
【 図 1 5 】



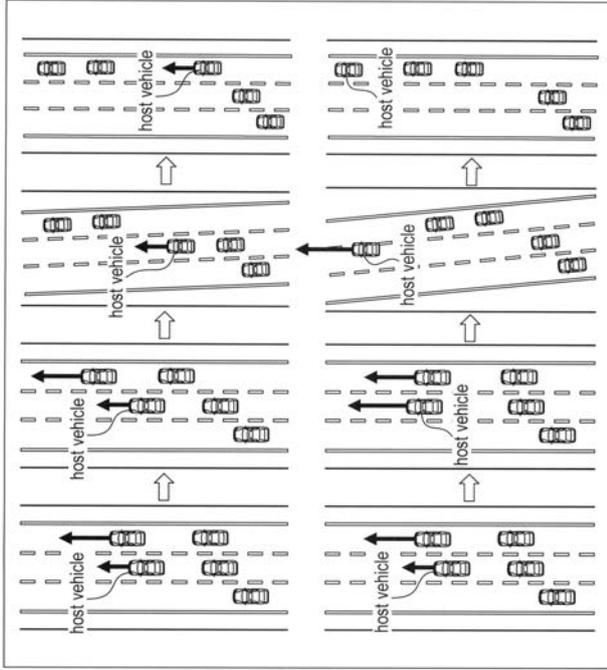
【 図 1 4 】



【 図 1 6 】



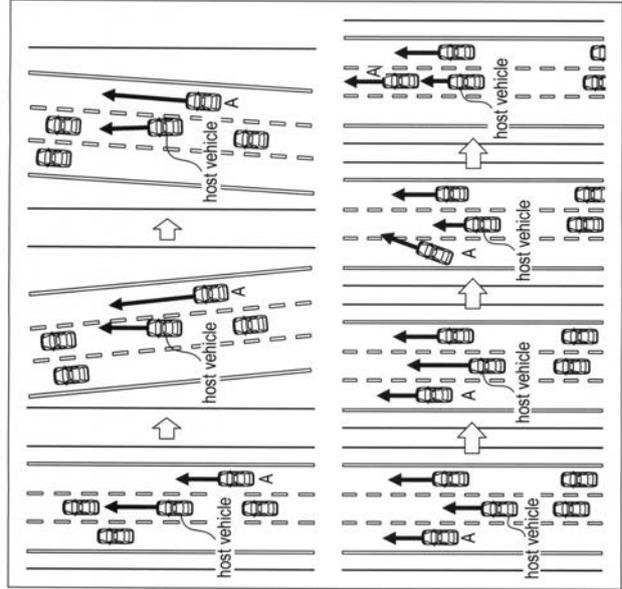
【 図 17 】



(a) wait behavior for "behavior segment"

(b) acceleration behavior for "behavior segment"

【 図 18 】



(a) Emergency Maneuver - Return to Lane

(b) Emergency Maneuver - Deceleration

---

フロントページの続き

(72)発明者 江川 万寿三

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

(72)発明者 三田 誠一

愛知県名古屋市天白区久方2丁目12番地1 豊田工業大学内

(72)発明者 米陀 佳祐

愛知県名古屋市天白区久方2丁目12番地1 豊田工業大学内

(72)発明者 クォーク フイ ドゥ

愛知県名古屋市天白区久方2丁目12番地1 豊田工業大学内

Fターム(参考) 3D241 BA14 BA15 BA49 BB16 BB27 BB37 BC02 CD11 CD15 CE05

DB02Z DB07Z DC02Z DC03Z DC05Z DC26Z DC28Z DC37Z DC43Z DD02Z

DD10Z

5H181 AA01 CC03 CC04 CC14 CC24 LL04