

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7247868号

(P7247868)

(45)発行日 令和5年3月29日(2023.3.29)

(24)登録日 令和5年3月20日(2023.3.20)

(51)国際特許分類

F I

G 0 8 G 1/09 (2006.01)

G 0 8 G

1/09

V

G 0 8 G 1/00 (2006.01)

G 0 8 G

1/00

C

請求項の数 16 外国語出願 (全40頁)

(21)出願番号 特願2019-215292(P2019-215292)

(22)出願日 令和1年11月28日(2019.11.28)

(65)公開番号 特開2020-113259(P2020-113259

A)

(43)公開日 令和2年7月27日(2020.7.27)

審査請求日 令和4年1月21日(2022.1.21)

(31)優先権主張番号 16/202,095

(32)優先日 平成30年11月28日(2018.11.28)

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

早期審査対象出願

(73)特許権者 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(74)代理人 110002860

弁理士法人秀和特許事務所

(72)発明者 ヤン, ハオ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4

0 4 3 マウンテンビュー パーナード

アベニュー 4 6 5 トヨタ モーター ノ

ース アメリカ インコーポレイテッド内

(72)発明者 尾口 健太郎

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4

0 4 3 マウンテンビュー パーナード

アベニュー 4 6 5 トヨタ モーター ノ

ース アメリカ インコーポレイテッド内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 道路上の交通変動の緩和

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

コンピュータが、

道路の緩和道路セグメントに沿って移動する第1の制御可能な車両を決定することと、  
前記緩和道路セグメントにおける、前記第1の制御可能な車両を含み、且つ前記第1の  
制御可能な車両によって、同一レーンにおける後続交通の進行を妨害可能である制御レー  
ンを決定することと、

前記緩和道路セグメントにおいて、前記制御レーンに隣接し、前記第1の制御可能な車  
両が走行していない第1のオープンレーンを決定することと、

前記第1のオープンレーンの交通状態に基づく目標緩和速度を、前記制御レーンにおけ  
る前記第1の制御可能な車両に適用させる電気信号を、前記第1の制御可能な車両に搭載  
されたハードウェアに送信することで、前記第1の制御可能な車両を自律制御することと、  
を実行し、

前記目標緩和速度は、(1)前記制御レーンを利用して後続交通の妨害を行わない状況  
に対応する、前記道路の全体に関連付いた第1の交通ダイアグラムと、(2)前記制御レー  
ンを利用して後続交通の妨害を行った状況に対応する、前記第1のオープンレーンに関  
連付いた第2の交通ダイアグラムと、(3)前記第1の制御可能な車両の上流に位置する  
前記緩和道路セグメントの上流部分の目標交通状態と、に基づいて決定され、

前記第1および第2の交通ダイアグラムは、対応するレーンを走行する車両の流量と当  
該車両の密度、または、当該レーンを走行する車両の速度と当該車両の密度との関係を記

10

20

述するものである、

方法。

【請求項 2】

前記目標緩和速度は、前記制御レーン内を前記目標緩和速度で移動する前記第 1 の制御可能な車両を前記第 1 のオープンレーンから追い越す交通の通過流量を増加させる速度である、

請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記緩和道路セグメントにおいて、前記第 1 のオープンレーンとは異なる、前記第 1 の制御可能な車両が走行していない第 2 のオープンレーンを決定することをさらに含み、

10

前記目標緩和速度は、前記制御レーン内を前記目標緩和速度で移動する前記第 1 の制御可能な車両を前記第 1 のオープンレーンおよび前記第 2 のオープンレーンから追い越す交通の全体の通過流量を最大化する速度である、

請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記緩和道路セグメントにおける前記第 1 のオープンレーンを決定することは、

前記緩和道路セグメントにおける前記第 1 の制御可能な車両に近接して位置する 1 つ以上の制御可能な近接車両を決定することと、

前記 1 つ以上の制御可能な近接車両が走行しておらず、且つ前記 1 つ以上の制御可能な近接車両によって、同一レーンにおける後続交通の進行が妨害されない、前記緩和道路セグメントにおける前記第 1 のオープンレーンを決定することと、を含む、

20

請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記緩和道路セグメントにおける前記第 1 の制御可能な車両に近接して位置する制御可能な近接車両を決定することと、

前記制御可能な近接車両が走行しており、且つ前記制御可能な近接車両によって、同一レーンにおける後続交通の進行を妨害可能である、前記緩和道路セグメントにおける妨害可能レーンを決定することと、

前記妨害可能レーンの前記制御可能な近接車両に前記目標緩和速度を適用することと、をさらに含む、

30

請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記第 1 のオープンレーンを含む、前記緩和道路セグメントにおける 1 つ以上のオープンレーン、および、1 つ以上の妨害可能レーンを決定することと、

前記制御レーンおよび前記 1 つ以上の妨害可能レーンを利用して、当該レーンにおける後続交通の妨害を行わない状況に対応する、前記道路に関連付けられた前記第 1 の交通ダイアグラムを生成することと、

前記制御レーンおよび前記 1 つ以上の妨害可能レーンを利用して、当該レーンにおける後続交通の妨害を行った状況に対応する、前記 1 つ以上のオープンレーンに関連付けられた前記第 2 の交通ダイアグラムを生成することと、

40

前記第 1 の制御可能な車両の上流に位置する前記緩和道路セグメントの上流部分の目標交通状態を決定することと、

前記第 1 の交通ダイアグラム、前記第 2 の交通ダイアグラム、および、前記目標交通状態に基づいて、前記第 1 の制御可能な車両の前記目標緩和速度を決定することと、をさらに含む、

請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記第 1 の交通ダイアグラムを生成することが、

前記道路の交通データを監視することと、

前記道路の前記交通データに基づいて、前記道路に関連付けられた 1 つ以上の交通メト

50

リックを計算することと、

前記道路の 1 つ以上の道路特性を決定することと、

初期交通ダイアグラム、前記道路に関連付けられた前記 1 つ以上の交通メトリック、および前記道路の前記 1 つ以上の道路特性に基づいて、前記第 1 の交通ダイアグラムを生成することと、を含む、

請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記道路の前記交通データが、複数のタイムスタンプでの前記道路の複数の道路セグメントに関連付けられた流量、車両密度、および車両速度の 1 つ以上を含み、

前記道路に関連付けられた前記 1 つ以上の交通メトリックが、道路容量、前記道路容量に対応する容量車両密度、および前記道路に関連付けられた渋滞車両密度の 1 つ以上を含み、

前記道路の前記 1 つ以上の道路特性が、前記道路に関連付けられた速度制限およびレーンの数のうちの 1 つ以上を含む、

請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記第 2 の交通ダイアグラムを生成することが、

前記道路の交通データを監視することと、

前記道路の前記交通データに基づいて、前記道路に関連付けられた 1 つ以上の交通メトリックを計算することと、

前記道路に関連付けられた前記交通メトリックおよび前記緩和道路セグメントにおけるいくつかのオープンレーンに基づいて、前記 1 つ以上のオープンレーンに関連付けられた 1 つ以上の交通メトリックを計算することと、

前記 1 つ以上のオープンレーンの 1 つ以上の道路特性を決定することと、

初期交通ダイアグラム、前記 1 つ以上のオープンレーンに関連付けられた前記 1 つ以上の交通メトリック、および前記 1 つ以上のオープンレーンの前記 1 つ以上の道路特性に基づいて、前記第 2 の交通ダイアグラムを生成することと、を含む、

請求項 6 に記載の方法。

【請求項 10】

前記緩和道路セグメントの前記上流部分の前記目標交通状態を決定することが、

前記道路上の交通波および前記交通波の 1 つ以上の伝搬パラメータを決定することと、

現在のタイムスタンプでの前記緩和道路セグメントにおける車両密度を決定することと、

前記現在のタイムスタンプでの前記緩和道路セグメントにおける前記車両密度および前記交通波の前記 1 つ以上の伝搬パラメータに基づいて、将来のタイムスタンプでの前記緩和道路セグメントにおける平均車両密度を推定することと、

前記将来のタイムスタンプでの前記緩和道路セグメントにおける前記平均車両密度に基づいて、前記緩和道路セグメントの前記上流部分の前記目標交通状態を決定することと、を含む、

請求項 6 に記載の方法。

【請求項 11】

前記道路上の前記交通波および前記交通波の前記 1 つ以上の伝搬パラメータを決定することが、

複数のタイムスタンプで前記道路上に位置する 1 つ以上の車両の車両移動データを受信することと、

前記複数のタイムスタンプで前記道路上に位置する前記 1 つ以上の車両の前記車両移動データ、および、前記第 1 の交通ダイアグラムに基づいて、前記複数のタイムスタンプで前記道路に関連付けられた複数の車両密度分布を決定することと、

前記複数のタイムスタンプで前記道路に関連付けられた前記複数の車両密度分布に基づいて、前記道路上の前記交通波および前記交通波の前記 1 つ以上の伝搬パラメータを決定することと、を含む、

10

20

30

40

50

請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

前記複数のタイムスタンプで前記道路上に位置する前記 1 つ以上の車両の前記車両移動データが、車両位置、車両速度、および前記複数のタイムスタンプの中で対応するタイムスタンプでの前記 1 つ以上の車両の中の車両の車両レーンの 1 つ以上を含み、

前記交通波の 1 つ以上の前記伝搬パラメータが、伝搬速度、伝搬距離、前記交通波に関連付けられた交通停止領域のカバーエリア、および前記交通波に関連付けられた交通移動領域のカバーエリアの 1 つ以上を含む、

請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

前記現在のタイムスタンプで前記緩和道路セグメントにおける前記車両密度を決定することが、

前記現在のタイムスタンプでの前記緩和道路セグメントにおける車両位置での車両の車両速度を含む前記車両の車両移動データを受信することと、

前記現在のタイムスタンプでの前記車両の前記車両速度、および、前記第 1 の交通ダイアグラムに基づいて、前記現在のタイムスタンプでの前記緩和道路セグメントにおける前記車両密度を決定することと、を含む、

請求項 10 に記載の方法。

【請求項 14】

前記緩和道路セグメントの前記上流部分の前記目標交通状態を決定することが、

将来のタイムスタンプでの前記緩和道路セグメントにおける平均車両密度に基づいて、前記第 1 の交通ダイアグラム上の前記目標交通状態を決定することを含み、

前記目標緩和速度が、前記緩和道路セグメントの前記上流部分を、前記将来のタイムスタンプでの前記緩和道路セグメントにおける前記平均車両密度を有する前記目標交通状態に遷移させる、

請求項 6 に記載の方法。

【請求項 15】

前記第 1 の制御可能な車両の前記目標緩和速度を決定することが、

前記第 1 の交通ダイアグラムの前記目標交通状態を含む接線であって、前記第 2 の交通ダイアグラムに接する接線を決定することと、

前記第 1 のオープンレーンの前記交通状態である前記 1 つ以上のオープンレーンの開始交通状態であって、前記妨害された交通状態の前記 1 つ以上のオープンレーンに関連付けられた前記第 2 の交通ダイアグラム上の前記 1 つ以上のオープンレーンの開始交通状態を前記接線に基づいて決定することと、

前記第 2 の交通ダイアグラム上の前記開始交通状態および前記第 1 の交通ダイアグラム上の前記目標交通状態を含む状態遷移線の勾配に基づいて、前記第 1 の制御可能な車両の前記目標緩和速度を決定することと、を含む、

請求項 6 に記載の方法。

【請求項 16】

1 つ以上のプロセッサと、

前記 1 つ以上のプロセッサによって実行された場合に、

道路の緩和道路セグメントに沿って移動する第 1 の制御可能な車両を決定することと、

前記緩和道路セグメントにおける、前記第 1 の制御可能な車両を含み、且つ前記第 1 の制御可能な車両によって、同一レーンにおける後続交通の進行を妨害可能である制御レーンを決定することと、

前記緩和道路セグメントにおいて、前記制御レーンに隣接し、前記第 1 の制御可能な車両が走行していない第 1 のオープンレーンを決定することと、

前記第 1 のオープンレーンの交通状態に基づく目標緩和速度を、前記制御レーンにおける前記第 1 の制御可能な車両に適用させる電気信号を、前記第 1 の制御可能な車両に搭載されたハードウェアに送信することで、前記第 1 の制御可能な車両を自律制御することと、

10

20

30

40

50

を実行させる命令を格納する１つ以上のメモリと、を備え、

前記目標緩和速度は、（１）前記制御レーンを利用して後続交通の妨害を行わない状況に対応する、前記道路の全体に関連付いた第１の交通ダイアグラムと、（２）前記制御レーンを利用して後続交通の妨害を行った状況に対応する、前記第１のオープンレーンに関連付いた第２の交通ダイアグラムと、（３）前記第１の制御可能な車両の上流に位置する前記緩和道路セグメントの上流部分の目標交通状態と、に基づいて決定され、

前記第１および第２の交通ダイアグラムは、対応するレーンを走行する車両の流量と当該車両の密度、または、当該レーンを走行する車両の速度と当該車両の密度との関係を記述するものである、

システム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本開示は、道路上の交通変動を緩和することに関し、より具体的な例では、制御可能な車両を使用して道路上の交通変動を緩和することに関する。

【背景技術】

【０００２】

交通変動とは、車両が頻繁に加速および減速するストップアンドゴー移動状態である。交通変動による複数の車両の加速と減速は、しばしば過剰な燃料消費をもたらし、大量の車両排出物を生成する。今日、いくつかの最新システムは、自律的かつ遠隔操縦可能な車両に依存して、道路上の交通の流れを操作し、交通変動を緩和している。これらの既存のシステムでは、一般に、車両が道路のすべてのレーンを協調してブロックし、他の車両がこれらの制御可能な車両を通過して前方に進むのを防ぐ必要があり、それによって交通変動を滑らかにする。しかしながら、多くの場合、車両は道路のすべてのレーンをブロックできない。したがって、他の車両は１つ以上のレーン変更操作を実行し、ブロックしている車両によってブロックされていない１つ以上のレーンにシフトしてから、これらの車両をブロックされていないレーンに通して前進させることができる。こうして、このアプローチは、通常、これらの状態での交通変動を緩和するには非効率的であるか、さらには適用できない。加えて、既存の解決策では、しばしば動作するために道路上にかなりの数の遠隔操縦可能な車両が存在する必要がある。したがって、これらの既存の解決策では、通常、不十分な数の操縦可能な車両を含む複数の交通状況で交通変動を緩和することは非現実的または不可能である。

20

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００３】

この開示で説明する主題は、交通渋滞を緩和し、道路上の交通変動を滑らかにするための新規な技術を提供することにより、既存の解決策の欠陥および制約を克服することである。

【課題を解決するための手段】

【０００４】

40

この開示で説明する主題の革新的な一態様によれば、コンピュータ実装方法は、道路の緩和道路セグメントに沿って移動する第１の制御可能な車両を決定することと、緩和道路セグメントにおける、第１の制御可能な車両を含み、且つ第１の制御可能な車両によって妨害可能である制御レーンを決定することと、緩和道路セグメントにおける、緩和道路セグメントにおける制御レーンに隣接する第１のオープンレーンを決定することと、第１のオープンレーンの交通状態に基づく目標緩和速度であって、第１のオープンレーンを流れる交通の流れを調整して、緩和道路セグメントの下流に位置する交通渋滞を緩和する目標緩和速度を、制御レーンにおける第１の制御可能な車両に適用することと、を含む。

【０００５】

一般に、この開示で説明する主題の別の革新的な態様は、道路の緩和道路セグメントに

50

沿って移動する第 1 の制御可能な車両および第 2 の制御可能な車両を決定することと、第 1 の制御可能な車両と第 2 の制御可能な車両との間の距離を監視することと、第 1 の制御可能な車両と第 2 の制御可能な車両との間の距離が現在のタイムスタンプで近接距離閾値を満たすことを決定することと、第 1 の制御可能な車両と第 2 の制御可能な車両との間の距離が現在のタイムスタンプで近接距離閾値を満たしているとの決定に応じて、緩和道路セグメントにおける、第 1 の制御可能な車両を含み、且つ第 1 の制御可能な車両によって妨害可能な制御制御レーン、および、第 2 の制御可能な車両を含み、且つ第 2 の制御可能な車両によって妨害可能な妨害可能レーンを決定することと、緩和道路セグメントにおける、制御レーンに隣接するオープンレーンを決定することと、制御レーンにおける第 1 の制御可能な車両および妨害可能レーンにおける第 2 の制御可能な車両に、オープンレーンの交通状態に基づく目標緩和速度であって、オープンレーンを流れる交通の流れを調整して、緩和道路セグメントの下流に位置する交通渋滞を緩和する目標緩和速度を適用することと、を含むコンピュータ実装方法で具現化することができる。

10

**【 0 0 0 6 】**

一般に、この開示で説明する主題の別の革新的な態様は、1 つ以上のプロセッサと、1 つ以上のプロセッサによって実行されると、道路の緩和道路セグメントに沿って移動する第 1 の制御可能な車両を決定することと、緩和道路セグメントにおける、第 1 の制御可能な車両を含み、且つ第 1 の制御可能な車両によって妨害可能である制御レーンを決定することと、緩和道路セグメントにおける、緩和道路セグメントの制御レーンに隣接する第 1 のオープンレーンを決定することと、第 1 のオープンレーンの交通状態に基づく目標緩和速度であって、第 1 のオープンレーンを流れる交通の流れを調整して、緩和道路セグメントの下流に位置する交通渋滞を緩和する目標緩和速度を、制御レーンにおける第 1 の制御可能な車両に適用することと、を行わせる命令を格納する 1 つ以上のメモリと、を備えるシステムで具現化することができる。

20

**【 0 0 0 7 】**

これらおよび他の実装形態はそれぞれ、オプションで以下の機能の 1 つ以上を含むことができる。すなわち、目標緩和速度は、第 1 のオープンレーンを流れる交通の流れが制御レーンを目標緩和速度で移動する第 1 の制御可能な車両を通過する通過流量を増加させてもよい。緩和道路セグメントにおける第 2 のオープンレーンを決定することをさらに含み、目標緩和速度は、第 1 のオープンレーンを流れる交通の流れおよび第 2 のオープンレーンを流れる交通の流れが制御レーンを目標緩和速度で移動する第 1 の制御可能な車両を通過する全体の通過流量を最大化してもよい。緩和道路セグメントにおける第 1 のオープンレーンを決定することが、緩和道路セグメントにおける第 1 の制御可能な車両に近接して位置する 1 つ以上の制御可能な近接車両を決定することと、1 つ以上の制御可能な近接車両を除外し、1 つ以上の制御可能な近接車両によって妨害不可能である、緩和道路セグメントにおける第 1 のオープンレーンを決定することと、を含んでもよい。緩和道路セグメントにおける第 1 の制御可能な車両に近接して位置する制御可能な近接車両を決定することと、制御可能な近接車両を含み、且つ制御可能な近接車両によって妨害可能である緩和道路セグメントにおける妨害可能レーンを決定することと、妨害可能レーンの制御可能な近接車両に目標緩和速度を適用することとさらに含んでもよい。第 1 のオープンレーンを含む、緩和道路セグメントにおける 1 つ以上のオープンレーン、および、1 つ以上の妨害可能レーンを決定することと、緩和道路セグメントにおける制御レーンおよび 1 つ以上の妨害可能レーンが妨害されない状況である妨害されない交通状況の道路に関連付けられた第 1 の交通ダイアグラムを生成することと、緩和道路セグメントにおける制御レーンおよび 1 つ以上の妨害可能レーンが妨害された状況である妨害される交通状況の 1 つ以上のオープンレーンに関連付けられた第 2 交通ダイアグラムを生成することと、第 1 の制御可能な車両の上流に位置する緩和道路セグメントの上流部分の目標交通状態を決定することと、妨害されない交通状況の道路に関連付けられた第 1 の交通ダイアグラム、妨害された交通状況の 1 つ以上のオープンレーンに関連付けられた第 2 の交通ダイアグラム、および緩和道路セグメントの上流部分の目標交通状態に基づいて第 1 の制御可能な車両の目標緩和

30

40

50

速度を決定することと、をさらに含んでもよい。妨害されない交通状況の道路に関連付けられた第1の交通ダイアグラムを生成することが、道路の交通データを監視することと、道路の交通データに基づいて道路に関連付けられた1つ以上の交通メトリックを計算することと、初期交通ダイアグラム、道路に関連付けられた1つ以上の交通メトリック、および道路の1つ以上の道路特性に基づいて、妨害されない交通状況の道路に関連付けられた第1の交通ダイアグラムを生成することと、を含み、第1の交通ダイアグラムは、妨害されない交通状況での、流量と道路上の車両密度との間の関係、または車両速度と道路上の車両密度との間の関係を示してもよい。道路の交通データが、複数のタイムスタンプにおける道路の複数の道路セグメントに関連付けられた流量、車両密度、および車両速度の1つ以上を含み、道路に関連付けられた1つ以上の交通メトリックが、道路容量、道路容量に対応する容量車両密度、および道路に関連付けられた渋滞車両密度の1つ以上を含み、道路の1つ以上の道路特性が、制限速度および道路に関連付けられたレーンの数の1つ以上を含んでもよい。妨害された交通状況の1つ以上のオープンレーンに関連付けられた第2の交通ダイアグラムを生成することが、道路の交通データを監視することと、道路の交通データに基づいて道路に関連付けられた1つ以上の交通メトリックを計算することと、道路に関連付けられた交通メトリックおよび緩和道路セグメントにおけるいくつかのオープンレーンに基づいて、1つ以上のオープンレーンの1つ以上の交通メトリックを計算することと、1つ以上のオープンレーンの1つ以上の道路特性を決定することと、初期交通ダイアグラム、1つ以上のオープンレーンに関連付けられた1つ以上の交通メトリック、および1つ以上のオープンレーンの1つ以上の道路特性に基づいて、妨害された交通状況の1つ以上のオープンレーンに関連付けられた第2の交通ダイアグラムを生成することと、を含み、第2の交通ダイアグラムは、妨害された交通状態における流量と1つ以上のオープンレーンの車両密度との間の関係または車両速度と1つ以上のオープンレーンの車両密度との間の関係を示してもよい。緩和道路セグメントの上流部分の目標交通状態を決定することが、道路上の交通波および交通波の1つ以上の伝搬パラメータを決定することと、現在のタイムスタンプでの緩和道路セグメントにおける車両密度を決定することと、現在のタイムスタンプでの緩和道路セグメントにおける車両密度および交通波の1つ以上の伝搬パラメータに基づいて将来のタイムスタンプでの緩和道路セグメントにおける平均車両密度を推定することと、将来のタイムスタンプでの緩和道路セグメントにおける平均車両密度に基づいて緩和道路セグメントの上流部分の目標交通状態を決定することと、を含んでもよい。道路上の交通波および交通波の1つ以上の伝搬パラメータを決定することが、複数のタイムスタンプでの道路上に位置する1つ以上の車両の車両移動データを受信すること、複数のタイムスタンプでの道路上に位置する1つ以上の車両の車両移動データおよび妨害されない交通状況の道路に関連付けられた第1の交通ダイアグラムに基づいて複数のタイムスタンプでの道路に関連付けられた複数の車両密度分布を決定することと、道路上の交通波および複数のタイムスタンプでの道路に関連付けられた複数の車両密度分布に基づく交通波の1つ以上の伝搬パラメータを決定することと、を含んでもよい。複数のタイムスタンプでの道路上に位置する1つ以上の車両の車両移動データが、複数のタイムスタンプの中で対応するタイムスタンプでの車両位置、車両速度、および1つ以上の車両の中での車両の車両レーンの1つ以上を含み、交通波の1つ以上の伝搬パラメータが、伝搬速度、伝搬距離、交通波に関連付けられた交通停止領域のカバーエリア、および交通波に関連付けられた交通移動領域のカバーエリアの1つ以上を含んでもよい。現在のタイムスタンプでの緩和道路セグメントにおける車両密度を決定することが、現在のタイムスタンプでの緩和道路セグメントにおける車両位置での車両の車両速度を含む車両の車両移動データを受信することと、現在のタイムスタンプでの車両の車両速度および妨害されない交通状況の道路に関連付けられた第1の交通ダイアグラムに基づいて現在のタイムスタンプでの緩和道路セグメントにおける車両密度を決定することと、を含んでもよい。緩和道路セグメントの上流部分の目標交通状態を決定することが、将来のタイムスタンプでの緩和道路セグメントにおける平均車両密度に基づいて妨害されない交通状況の道路に関連付けられた第1の交通ダイアグラム上で目標交通状態を決定することを含み、目標緩和速度

10

20

30

40

50

は緩和道路セグメントの上流部分を将来のタイムスタンプでの緩和道路セグメントにおける平均車両密度を有する目標交通状態に遷移させてもよい。第1の制御可能な車両の目標緩和速度を決定することが、妨害されない交通状況の道路に関連付けられた第1の交通ダイアグラムの目標交通状態を含む接線であって、妨害された交通状況の1つ以上のオープンレーンに関連付けられた第2の交通ダイアグラムに接する接線を決定することと、第1のオープンレーンの交通状態である1つ以上のオープンレーンの開始交通状態であって、妨害された交通状況の1つ以上のオープンレーンに関連付けられた第2の交通ダイアグラム上の1つ以上のオープンレーンの開始交通状態を接線に基づいて決定することと、妨害された交通状況の1つ以上のオープンレーンに関連付けられた第2交通ダイアグラム上の開始交通状態および妨害されない交通状況の道路に関連付けられた第1の交通ダイアグラム上の目標交通状態を含む状態遷移線の勾配に基づいて、第1の制御可能な車両の目標緩和速度を決定することと、を含んでもよい。

10

【0008】

これらおよび他の実装形態はそれぞれ、次の機能の1つ以上をオプションで含むことができる、すなわち、第1の制御可能な車両と渋滞距離閾値を満たす交通渋滞との間の距離を有する第1の制御可能な車両を決定すること、および第2の制御可能な車両と初期車両距離閾値を満たす第1の制御可能な車両との間の距離を有する第2の制御可能な車両を決定することである。

【0009】

これらおよび他の態様の1つ以上の他の実装形態は、非一時的コンピュータ記憶装置上でエンコードされた、方法の動作を実行するように構成された、対応するシステム、装置、およびコンピュータプログラムを含む。

20

【0010】

この開示における交通渋滞を緩和し、道路上の交通変動を滑らかにするための新規な技術は、多くの点で特に有利である。例えば、本明細書で説明する技術は、1つ以上の車両が道路の1つ以上のレーンでレーン変更操作および/または通過挙動を実行する場合でも、交通渋滞に効率的に対処し、交通変動を緩和することができる。したがって、本技術は、交通渋滞を柔軟に解決し、様々な交通状況の複数のレーンを含む道路上の交通変動を滑らかにすることができる。さらなる例として、本技術は、道路の1つのレーンを移動する単一の制御可能な車両で交通渋滞に対処し、交通変動を緩和することができる。したがって、本技術は、道路上の交通の流れが限られた数の制御可能な車両のみを含む場合でも有利に適用可能である。さらに、本明細書で説明する技術は、制御可能な車両と他の車両の両方の車両の動きを調整して、交通渋滞を解決し、交通変動を滑らかにすることができる。交通渋滞に対処し、交通変動が緩和されると、道路全体の交通の流れが円滑化され、車両全体のエネルギー効率が大幅に改善され得る。

30

【0011】

前述の利点は例として提供されており、本技術は他の多くの利点および利益を有し得ることを理解していただきたい。

【0012】

本開示は、同様の要素を参照するために同様の参照番号が使用される添付図面の図において、限定としてではなく、例として示される。

40

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】交通渋滞に対処し、道路上の交通変動を緩和するための一例示的なシステムのブロック図である。

【0014】

【図2】一例示的な交通緩和アプリケーションのブロック図である。

【0015】

【図3】交通渋滞に対処し、交通変動を緩和するための一例示的な方法のフローチャートである。

50



【 0 0 1 6 】

【図 4】制御可能な車両の目標緩和速度を決定するための一例示的な方法のフローチャートである。

【 0 0 1 7 】

【図 5】道路の緩和道路セグメントに関連付けられた交通モデルを生成するための一例示的な方法のフローチャートである。

【 0 0 1 8 】

【図 6】緩和道路セグメントの上流部分の目標交通状態を決定するための一例示的な方法のフローチャートである。

【 0 0 1 9 】

【図 7】道路上の交通波および交通波の伝搬パラメータを決定するための一例示的な方法のフローチャートである。

【 0 0 2 0 】

【図 8】交通渋滞に対処し、交通変動を緩和するための別の例示的な方法のフローチャートである。

【 0 0 2 1 】

【図 9 A】道路の緩和道路セグメントに関連付けられた一例示的な交通モデルを示している。

【 0 0 2 2 】

【図 9 B】道路の緩和道路セグメントに関連付けられた一例示的な車両通過モデルを示している。

【 0 0 2 3 】

【図 1 0 A】道路上の一例示的な交通渋滞状態を示している。

【 0 0 2 4 】

【図 1 0 B】交通渋滞に対処し、交通変動を緩和するための、道路上の調整された交通の流れの一例を示している。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 5 】

本明細書で説明する技術は、交通渋滞を緩和し、および / または道路上の交通変動を滑らかにすることができる。以下でさらに詳細に説明するように、本技術は、他の態様の中でも、交通緩和方法、システム、コンピューティングデバイス、コンピュータプログラム製品、および装置などの様々な態様を含む。

【 0 0 2 6 】

一例示的な交通緩和システムは、道路上の交通渋滞を決定し、道路の緩和道路セグメントに沿って移動する第 1 の制御可能な車両を決定し、第 1 の制御可能な車両に近接して位置する 1 つ以上の制御可能な近接車両を決定することができる。交通緩和システムは、第 1 の制御可能な車両を含み、第 1 の制御可能な車両によって妨害可能な制御レーン、1 つ以上の制御可能な近接車両を含み、1 つ以上の制御可能な近接車両によって妨害可能な 1 つ以上の妨害可能レーン、および緩和道路セグメントで妨害不可能なオープンレーンを決定することができる。交通緩和システムは、第 1 の制御可能な車両の目標緩和速度を決定し、目標緩和速度を制御レーンにおける第 1 の制御可能な車両および / または 1 つ以上の妨害可能レーンの 1 つ以上の制御可能な近接車両に適用することができる。第 1 の制御可能な車両が制御レーンを移動する可能性があり、1 つ以上の制御可能な近接車両が目標緩和速度で 1 つ以上の妨害可能レーンを移動する可能性がある場合、渋滞エリアに到達する、第 1 の制御可能な車両および / または 1 つ以上のオープンレーンを通過して 1 つ以上の制御可能な近接車両を通過する交通の流れを調整することができ、それによって、交通渋滞を緩和したり、および / または交通変動を滑らかにする。

【 0 0 2 7 】

図 1 は、交通渋滞に対処し、および / または道路上の交通変動を緩和するための一例示的なシステム 1 0 0 のブロック図である。示されるように、システム 1 0 0 は、ネットワ

10

20

30

40

50

ーク 105 を介した電子通信のために結合されたサーバ 101 および 1 つ以上の交通監視デバイス 109 a ... 109 n を含む。システム 100 は、交通渋滞を緩和するように制御することができる 1 つ以上の制御可能な車両 103 a ... 103 n も含む。制御可能な車両 103 a ... 103 n は、システム 100 の他のエンティティに通信可能に結合される。

【0028】

制御可能な車両 103 は、センサ 113、プロセッサ 115、メモリ 117、通信ユニット 119、車両データストア 121、および / または交通緩和アプリケーション 120 を有する 1 つ以上のコンピューティングデバイス 152 を含む。コンピューティングデバイス 152 の例には、仮想または物理コンピュータプロセッサ、制御ユニット、マイクロコントローラなどが含まれ得、これらは、1 つ以上のセンサ 113、1 つ以上のアクチュエータ、1 つ以上のモチベータなど、制御可能な車両 103 の他のコンポーネントに結合される。

10

【0029】

制御可能な車両 103 は、車両の人間の運転者から独立して車両の 1 つ以上の側面を制御することができる車両である。例えば、制御可能な車両は、車両の人間の運転者とは無関係に、車両の、速度、加速、ステアリング、ブレーキング、サスペンションなどの車両の動的な側面を調整することができる。例えば、制御可能な車両 103 のプロセッサ 115 は、車両 103 の移動および速度を調整するために、様々なアクチュエータおよび / またはモチベータ（例えば、燃料システム、エンジン、ブレーキシステム、ステアリングシステムなどを含む）を制御することができる。

20

【0030】

制御可能な車両は、オンボードプロセッサによって生成された、および / またはコンピュータネットワークを介して（例えば、ワイヤレスネットワークを介して）受信された命令にตอบสนองする。制御可能な車両 103 は、信号線 141 を介してネットワーク 105 に結合されてもよく、ネットワークを介してデータを送受信してもよい。例えば、制御可能な車両 103 は、他の制御可能な車両 103、交通監視デバイス 109、応答車両 107、および / またはサーバ 101 の間でデータを送受信することができる。制御可能な車両 103 の非限定的な例には、自動車、バス、トラック、ボート、飛行機、バイオニックインプラント、ロボット、ドローン、または一点から別の土地、水、大気、宇宙などにナビゲートできる他のいずれかの適切な移動プラットフォームが含まれる。

30

【0031】

システム 100 は、交通渋滞を緩和するために制御される能力を欠く、または能力を有するが、様々な理由（例えば、システムエラー、電力損失、オプトアウト設定など）のために、必要時にそれを制限または使用できない 1 つ以上の制御不可能な車両 107 a ... 107 n も含む。制御不可能な車両 107 a ... 107 n は、システム 100 の他のエンティティに通信可能に結合された 1 つ以上の応答車両 107（信号線 143 によって反映される）、およびシステム 100 の他のエンティティと通信可能に結合されない 1 つ以上の非応答車両 107 を含む得る。制御可能な車両 103 a ... 103 n および制御不可能な車両 107 a ... 107 n は、本明細書では、いくつかの場合で車両と呼ばれることがある。

【0032】

40

図 1 および残りの図では、参照番号の後の文字、例えば「103 a」は、その特定の参照番号を有する要素への参照を表す。続く文字のないテキストの参照番号、例えば「103」などは、その参照番号を持つ要素のインスタンスへの一般的な参照を表す。図 1 に示されるシステム 100 は例として提供され、この本開示により検討されるシステム 100 および / またはさらなるシステムは、追加および / またはより少ないコンポーネントを含むことができたり、コンポーネントを組み合わせること、ならびに / あるいはコンポーネントの 1 つ以上を追加のコンポーネントに分割することなどができることを理解していただきたい。例えば、システム 100 は、任意の数の制御可能な車両 103、制御不可能な車両 107、交通監視デバイス 109、ネットワーク 105、またはサーバ 101 を含むことができる。

50

## 【 0 0 3 3 】

ネットワーク 105 は、有線および/または無線の従来タイプであり得、スター構成、トークンリング構成、または他の構成を含む多数の異なる構成を有し得る。例えば、ネットワーク 105 は、1 つ以上のローカルエリアネットワーク (LAN)、ワイドエリアネットワーク (WAN) (例えば、インターネット)、パーソナルエリアネットワーク (PAN)、パブリックネットワーク、プライベートネットワーク、仮想ネットワーク、仮想プライベートネットワーク、ピアツーピアネットワーク、近距離無線ネットワーク (Bluetooth (登録商標)、NFC など)、車両ネットワーク、および/または複数のデバイスが通信できる他の相互接続されたデータパスを含み得る。

## 【 0 0 3 4 】

ネットワーク 105 は、様々な異なる通信プロトコルでデータを送信するための電気通信ネットワークの一部に結合されるか、またはそれを含むことができる。プロトコルの例には、伝送制御プロトコル/インターネットプロトコル (TCP/IP)、ユーザデータグラムプロトコル (UDP)、伝送制御プロトコル (TCP)、ハイパーテキスト転送プロトコル (HTTP)、セキュアハイパーテキスト転送プロトコル (HTTPS)、ダイナミックアダプティブストリーミングオーバー HTTP (DASH)、リアルタイムストリーミングプロトコル (RTSP)、リアルタイムトランスポートプロトコル (RTP) およびリアルタイムトランスポート制御プロトコル (RTCP)、ボイスオーバーインターネットプロトコル (VOIP)、ファイル転送プロトコル (FTP)、Web Socket (WS)、ワイヤレスアクセスプロトコル (WAP)、様々なメッセージングプロトコル (SMS、MMS、XMS、IMAP、SMTP、POP、WebDAV など)、または他の適切なプロトコルが含まれるが、これらに限定されない。いくつかの実施形態では、ネットワーク 105 は、DSRC (専用短距離通信)、WAVE、802.11p、3G、4G、5G+ ネットワーク、Wi-Fi TM、衛星ネットワーク、車車間 (V2V) ネットワーク、車両対インフラストラクチャ/インフラストラクチャ対車両 (V2I/I2V) ネットワーク、または他のいずれかのワイヤレスネットワークなどの接続を使用する無線ネットワークである。図 1 は、サーバ 101、交通監視デバイス 109、制御可能な車両 103、および応答車両 107 に結合するネットワーク 105 の単一のブロックを示しているが、ネットワーク 105 は、上記のように、実際には、ネットワークの任意の数の組み合わせを備えてもよいことを理解していただきたい。

## 【 0 0 3 5 】

サーバ 101 は、プロセッサ、メモリ、およびネットワーク通信機能 (例えば、通信ユニット) を含むハードウェアおよび/または仮想サーバを含む。サーバ 101 は、信号線 145 によって反映されるように、ネットワーク 105 に通信可能に結合されてもよい。いくつかの実施形態では、サーバは、システム 100 の他のエンティティ、例えば、制御可能な車両 103、応答車両 107、および/または交通監視デバイス 109 の間でデータを送受信することができる。図示されるように、サーバ 101 は、本明細書の他の箇所ですらに説明するように、交通緩和アプリケーション 120 のインスタンス 120a を含むことができる。

## 【 0 0 3 6 】

交通監視デバイス 109a...109n は、プロセッサ、メモリ、およびネットワーク通信機能 (例えば、通信ユニット) を含むハードウェアおよび/または仮想デバイスを含む。交通監視デバイス 109 は、信号線 147 によって反映されるように、ネットワーク 105 に通信可能に結合されてもよい。いくつかの実施形態では、交通監視デバイス 109 は、道路上の交通を監視し、道路上の交通を説明する交通データを生成するために、高い位置に取り付けられた、および/または道路の様々な道路セグメントの路傍に位置する監視デバイスであり得る。いくつかの実施形態では、道路の交通データは、複数のタイムスタンプでの道路の様々な道路セグメントに関連付けられた流量、車両密度、車両速度などを含むことができる。他のタイプの交通データも可能であり、検討されている。

## 【 0 0 3 7 】

いくつかの実施形態では、各交通監視デバイス 109 は、道路の対応する道路セグメントを監視し、対応する道路セグメントの交通データを生成し、対応する道路セグメントに関連付けられた交通データを道路の交通データとしてシステム 100 の他のエンティティに送信することができる（例えば、制御可能な車両 103、サーバ 101 など）。いくつかの実施形態では、交通監視デバイス 109 は、センサ範囲内の対応する道路セグメントの画像をキャプチャするように構成された 1 つ以上の画像センサ（例えば、監視カメラ）、およびキャプチャ画像を分析して対応する道路セグメントに関連付けられた交通データを生成する 1 つ以上の処理ユニットを含み得る。一例として、交通監視デバイス 109 は、キャプチャされた画像に対して画像処理を実行して、所定の時間期間（例えば 5 秒）に交通監視デバイス 109 を通過する対応する道路セグメントを移動する車両の数を決定し、それに応じて、対応する道路セグメントに関連付けられた流量を計算することができる。道路上の交通を監視し、道路の交通データを生成するための他の実装形態も可能であり、検討されることを理解していただきたい。

10

#### 【0038】

プロセッサ 115 は、様々な入力/出力、論理的、および/または数学的動作を実行することにより、ソフトウェア命令（例えば、タスク）を実行し得る。プロセッサ 115 は、データ信号を処理するための様々なコンピューティングアーキテクチャを有し得る。プロセッサ 115 は、物理的および/または仮想的であり得、単一のコアあるいは複数の処理ユニットおよび/またはコアを含み得る。制御可能な車両 103 の状況で、プロセッサは、自動車などの制御可能な車両 103 に実装された電子制御ユニット（ECU）であってもよいが、他のタイプのプラットフォームも可能であり、検討されている。ECU は、交通緩和アプリケーション 120 によるアクセスおよび/または検索のために、車両データストア 121 の車両動作データとしてセンサデータを受信および格納することができる。いくつかの実装形態では、プロセッサ 115 は、電子ディスプレイ信号を生成および入力/出力デバイスに提供し、画像の表示をサポートし、車両移動データを生成および送信し、様々なタイプの交通状況分析および最適速度計算などを含む、複雑なタスクを実行することができる。いくつかの実装形態では、プロセッサ 115 は、バス 154 を介してメモリ 117 に結合され、そこからデータおよび命令にアクセスし、そこにデータを格納することができる。バス 154 は、プロセッサ 115 を、例えばセンサ 113、メモリ 117、通信ユニット 119、および/または車両データストア 121 を含む制御可能な車両 103 の他のコンポーネントに結合することができる。

20

30

#### 【0039】

交通緩和アプリケーション 120 は、交通渋滞を解決し、交通変動を緩和するために実行可能なソフトウェアおよび/またはハードウェア論理を含む。図 1 に示すように、サーバ 101 および制御可能な車両 103 a ... 103 n は、交通緩和アプリケーション 120 のインスタンス 120 a および 120 b ... 120 n を含むことができる。いくつかの実施形態では、各インスタンス 120 a および 120 b ... 120 n は、図 2 に示される交通緩和アプリケーション 120 の 1 つ以上のコンポーネントを含むことができ、インスタンスが存在する場所に依拠して本明細書で説明する機能を完全または部分的に実行するように構成することができる。いくつかの実施形態では、交通緩和アプリケーション 120 は、これらに限定されないがフィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）、アプリケーション特定用途向け集積回路（ASIC）などのハードウェア、および/またはハードウェアとソフトウェアの組み合わせなどを使用して、1 つ以上のコンピュータデバイスの 1 つ以上のプロセッサにより実行可能なソフトウェアを使用して実装され得る。交通緩和アプリケーション 120 は、センサデータ、交通データ、車両移動データなどを受信および処理し、バス 154 を介して、メモリ 117、通信ユニット 119、車両データストア 121、および様々なアクチュエータならびに/あるいはモチベータなどの制御可能な車両 103 の他の要素と通信することができる。例えば、交通緩和アプリケーション 120 は、制御可能な車両 103 の車両移動を制御するために、制御可能な車両 103 の 1 つ以上の速度アクチュエータに目標緩和速度を伝達することができ、それによって交通渋滞を緩

40

50

和し、道路上の交通変動を滑らかにする。交通緩和アプリケーション 120 は、少なくとも図 2 ~ 図 10 B を参照して以下で詳細に説明される。

#### 【0040】

メモリ 117 は、非一時的なコンピュータ使用可能（例えば、読み取り可能、書き込み可能など）媒体を含み、これは、プロセッサ 115 により処理するため、またはそれと接続して、命令、データ、コンピュータプログラム、ソフトウェア、コード、ルーチンなどを含み、格納し、通信し、伝搬し、または搬送できる有形の非一時的な装置またはデバイスであり得る。例えば、メモリ 117 は、交通緩和アプリケーション 120 を格納してもよい。いくつかの実装形態では、メモリ 117 は、揮発性メモリおよび不揮発性メモリのうちの 1 つ以上を含み得る。例えば、メモリ 117 は、これらに限定されないが、ダイナミックランダムアクセスメモリ（DRAM）デバイス、スタティックランダムアクセスメモリ（SRAM）デバイス、ディスクリットメモリデバイス（例えば、PROM、EPROM、ROM）、ハードディスクドライブ、光ディスクドライブ（CD、DVD、Blu-ray TM など）の 1 つ以上を含み得る。メモリ 117 は単一のデバイスであってもよく、または複数のタイプのデバイスおよび構成を含んでもよいことを理解していただきたい。

10

#### 【0041】

通信ユニット 119 は、無線および/または有線接続を使用して（例えば、ネットワーク 105 を介して）通信可能に結合された他のコンピューティングデバイスとデータを送受信する。通信ユニット 119 は、データを送受信するための 1 つ以上の有線インターフェイスおよび/または無線トランシーバを含むことができる。通信ユニット 119 は、ネットワーク 105 に結合し、他の制御可能な車両 103、応答車両 107、交通監視デバイス 109、および/またはサーバ 101 などのシステム 100 の他のエンティティと通信することができる。通信ユニット 119 は、上述のような標準的な通信方法を使用して他のコンピューティングノードとデータを交換することができる。

20

#### 【0042】

センサ 113 は、制御可能な車両 103 に適した任意のタイプのセンサを含む。センサ 113 は、制御可能な車両 103 ならびに/あるいはその内部および外部環境の特性を決定するのに適した任意のタイプの信号データを収集するように構成されてもよい。センサ 113 の非限定的な例には、様々な光学センサ（CCD、CMOS、2D、3D、光検出および測距（LIDAR）、カメラなど）、音声センサ、動き検出センサ、気圧計、高度計、熱電対、水分センサ、赤外線（IR）センサ、レーダセンサ、その他のフォトセンサ、ジャイロスコープ、加速度計、速度計、ステアリングセンサ、ブレーキセンサ、スイッチ、車両インジケータセンサ、フロントガラスワイパーセンサ、地理位置センサ（GPS（全地球測位）システム）センサ）、方位センサ、ワイヤレストランシーバ（セルラ、Wi-Fi TM、近接場など）、ソナーセンサ、超音波センサ、タッチセンサ、近接センサ、距離センサなどが含まれる。いくつかの実装形態では、1 つ以上のセンサ 113 は、制御可能な車両 103 を取り巻く状況コンテキストをキャプチャするために、制御可能な車両 103 の前面、後面、右側、および/または左側に提供される外部に面するセンサを含んでもよい。

30

40

#### 【0043】

いくつかの実装形態では、センサ 113 は、ビデオ画像および静止画像を含む画像を記録するように構成された 1 つ以上の画像センサ（例えば、光学センサ）を含むことができ、適用可能な任意のフレームレートを使用してビデオストリームのフレームを記録でき、何らかの該当する方法を使用してキャプチャされたビデオおよび静止画像をエンコードおよび/または処理することができる。いくつかの実装形態では、画像センサは、センサ範囲内の周囲環境の画像をキャプチャできる。例えば、車両の状況では、画像センサは、道路、路傍構造、建物、静的道路オブジェクト（例えば、レーン、道路標示、交通標識、交通コーン、バリケードなど）、および/または動的な道路オブジェクト（例えば、周囲の制御可能な車両 103 および制御不能な車両 107、道路労働者、建設車両など）などを含

50

む制御可能な車両 1 0 3 の周囲の環境をキャプチャすることができる。いくつかの実施形態では、画像センサは、制御可能な車両 1 0 3 の移動方向に対して任意の方向（前方、後方、側方、上方、下方を向くなど）で感知するために、車両の屋根および／または制御可能な車両 1 0 3 の内側に取り付けられてもよい。いくつかの実施形態では、画像センサは多方向（例えば、L I D A R）であってもよい。

#### 【 0 0 4 4 】

車両データストア 1 2 1 は、様々なタイプのデータを記憶する非一時的記憶媒体を含む。例えば、車両データストア 1 2 1 は、コントローラエリアネットワーク（C A N）バスなどのバスを使用して、所与の制御可能な車両 1 0 3 の異なるコンポーネント間で通信される車両データを格納してもよい。いくつかの実施形態では、車両データは、これらのコンポーネントの動作状態、例えば、トランスミッション、車両速度、加速、減速、車輪速度（毎分回転数 - R P M）、操舵角、制動力などを監視するために、制御可能な車両 1 0 3 の異なるコンポーネントに結合された複数のセンサ 1 1 3 から収集された車両動作データを含み得る。いくつかの実施形態では、車両データは、制御可能な車両 1 0 3 の 1 つ以上の画像センサによってキャプチャされた複数の道路シーン画像、およびこれらの画像に関連付けられた画像データを含み得る。いくつかの実施形態では、これらのキャプチャされた画像を処理して、レーン情報（例えば、制御可能な車両 1 0 3 が移動する車両のレーンなど）および／または制御可能な車両 1 0 3 の他の情報を決定することができる。

#### 【 0 0 4 5 】

いくつかの実施形態では、車両データストア 1 2 1 は、複数のタイムスタンプで制御可能な車両 1 0 3 の車両移動を記述する車両移動データを格納してもよい。各タイムスタンプについて、制御可能な車両 1 0 3 の車両移動データは、対応するタイムスタンプでの、車両速度、制御可能な車両 1 0 3 の地理的位置を示す車両位置（例えば、G P S 座標）、制御可能な車両 1 0 3 が移動するレーンを示す車両レーンなどを含むことができる。他のタイプの車両移動データも可能であり、検討されている。いくつかの実施形態では、各制御可能な車両 1 0 3 は、その車両移動データを他の制御可能な車両 1 0 3 およびその通信範囲内に位置する応答車両 1 0 7 ならびに／あるいはサーバ 1 0 1（例えば 2 秒ごと）に定期的送信することができる。制御可能な車両 1 0 3 はさらに、複数のタイムスタンプで他の制御可能な車両 1 0 3 および応答車両 1 0 7 の車両移動を記述する車両移動データを受信し、これらの車両の車両移動データを車両データストア 1 2 1 に格納してもよい。

#### 【 0 0 4 6 】

いくつかの実施形態では、車両データストア 1 2 1 は、複数のタイムスタンプで道路の様々な道路セグメント上の交通を記述する交通データを格納してもよい。各タイムスタンプでの道路の各道路セグメントについて、道路の交通データは、対応するタイムスタンプでの道路セグメントの所定の距離に存在する車両の数を示す車両密度（例えば、4 0 台 / k m）、対応するタイムスタンプで所定の時間期間に道路セグメント上の静的な観測点を通過する車両の数を示す流量（例えば、4 0 0 0 台 / h）、対応するタイムスタンプで道路セグメント上を移動する車両の平均速度を示す車両速度（例えば、1 0 0 k m / h）、などを含み得る。他のタイプの交通データも可能であり、検討されている。

#### 【 0 0 4 7 】

いくつかの実施形態では、車両データストア 1 2 1 は、道路上の交通の流れの様々な特性を示す交通メトリックも格納してもよい。いくつかの実施形態では、交通メトリックは、道路に関連付けられた、道路容量（例えば、5 4 0 0 台 / h）、容量車両密度（例えば、6 0 車両 / k m）、渋滞車両密度（例えば、1 8 0 台 / k m）などを含むことができる。他の交通メトリックも可能であり、検討されている。

#### 【 0 0 4 8 】

いくつかの実施形態では、車両データストア 1 2 1 は、1 つ以上の交通モデル、および 1 つ以上の交通モデルに対応する 1 つ以上の車両通過モデルを格納してもよい。いくつかの実施形態では、交通モデルは、道路上の交通の流れおよび道路の 1 つ以上のオープンレーンの交通の流れを記述することができる。いくつかの実施形態では、道路上の交通の流

10

20

30

40

50

れは1つ以上の交通の流れを含むことができ、各交通の流れは道路の1つのレーンを通ることができる。同様に、道路の1つ以上のオープンレーンの交通の流れは、1つ以上の交通の流れを含むことができ、各交通の流れは道路の1つのオープンレーンを通ることができる。いくつかの実施形態では、交通モデルに対応する車両通過モデルは、道路上の交通の流れおよび車両速度で移動する制御可能な車両103に対する道路の1つ以上のオープンレーンでの交通の流れを記述することができ、こうして、この制御可能な車両103を通過する通過の流れを記述する。

#### 【0049】

いくつかの実施形態では、車両データストア121は、初期交通状況図、道路の道路特性（例えば、制限速度、レーンの数など）、道路の1つ以上のオープンレーンの道路特性（例えば、オープンレーンの数など）、ならびに/あるいは交通モデルおよび/または車両通過モデルを生成するための他のタイプのデータを格納してもよい。いくつかの実施形態では、車両データストア121は、1つ以上の制御可能な車両103の車両移動を制御するための目標緩和速度を格納し、交通渋滞を緩和し、交通変動を滑らかにすることもできる。

#### 【0050】

いくつかの実施形態では、車両データストア121は、データへのアクセスを格納および提供するためのデータストレージシステム（例えば、標準データまたはデータベース管理システム）の一部であり得る。車両データストア121に格納された他のタイプのデータも可能であり、検討されている。

#### 【0051】

他の変形および/または組み合わせも可能であり、検討されている。図1に示されるシステム100は一例示的なシステムを表し、様々な異なるシステム環境および構成が検討され、本開示の範囲内であることを理解していただきたい。例えば、様々な行為および/または機能をサーバからクライアントに移動したり、その逆を行うことができたり、データを単一のデータストアに統合したり、または追加のデータストアにさらに分割できたり、いくつかの実装形態では、追加の、またはより少ないコンピューティングデバイス、サービス、および/またはネットワークを含むことができたり、ならびにクライアント側またはサーバ側の様々な機能を実装することができる。さらに、システムの様々なエンティティを単一のコンピューティングデバイスまたはシステムに統合したり、追加のコンピューティングデバイスまたはシステムなどに分割することができる。

#### 【0052】

図2は、一例示的な交通緩和アプリケーション120のブロック図である。図示されるように、交通緩和アプリケーション120は、交通緩和イニシエータ202、モデル生成部204、交通変動解析部206、および目標速度計算部208を含み得るが、交通緩和アプリケーション120は、これらに限定されないが、構成エンジン、トレーニングエンジン、暗号化/復号化エンジンなどの追加のコンポーネントを含み得たり、および/またはこれらの様々なコンポーネントを単一のエンジンに組み合わせたり、追加のエンジンに分割したりすることができることを理解していただきたい。

#### 【0053】

交通緩和イニシエータ202、モデル生成部204、交通変動解析部206、および目標速度計算部208は、ソフトウェア、ハードウェア、または前述の組み合わせとして実装されてもよい。いくつかの実施形態では、交通緩和イニシエータ202、モデル生成部204、交通変動解析部206、および目標速度計算部208は、バス154および/またはプロセッサ115によって互いにおよび/またはコンピューティングデバイス152の他のコンポーネントに通信可能に結合され得る。いくつかの実施形態では、コンポーネント120、202、204、206、および/または208のうちの1つ以上は、それらの機能を提供するためにプロセッサ115によって実行可能な命令のセットである。さらなる実施形態では、120、202、204、206、および/または208のうちの1つ以上は、メモリ117に格納可能であり、それらの機能を提供するためにプロセッサ

10

20

30

40

50

115によってアクセス可能および実行可能である。前述の実施形態のいずれにおいても、これらのコンポーネント120、202、204、206、および/または208は、プロセッサ115およびコンピューティングデバイス152の他のコンポーネントとの連携および通信に適合され得る。交通緩和アプリケーション120、およびそのコンポーネント202、204、206、および208は、少なくとも図3～図10Bを参照して以下でさらに詳細に説明される。

#### 【0054】

本明細書の他の箇所で説明するように、交通緩和アプリケーション120は、1つ以上の制御可能な車両103の目標緩和速度を決定して交通渋滞を解消し、道路上の交通変動を滑らかにする論理実行可能ファイルを含む。一例として、一般的な交通渋滞状態1000が図10Aに示されている。示されるように、図10Aは、交通渋滞が発生する渋滞エリア1012、および車両がまだ前進できる交通移動エリア1014を含む道路1010を示す。交通移動エリア1014は、道路1010の移動方向1015で渋滞エリア1012の上流に位置してもよい。図示されているように、道路1010は4つのレーン（例えば、レーン1003、レーン1005、レーン1007、レーン1009）を含む。こうして、道路1010上の交通の流れは4つの交通の流れを含むことができ、各交通の流れは道路1010の1つのレーンを通して流れることができる。道路1010には、道路1010に沿って配置された複数の交通監視デバイス109を設けることもできる。本明細書の他の箇所で説明するように、交通監視デバイス109は、交通を監視し、複数のタイムスタンプで道路1010上の交通を記述する交通データを生成することができる。

#### 【0055】

図10Aに示されるように、車両は、移動方向1015で道路1010の各レーンを移動することができる。いくつかの実施形態では、道路1010上を移動する車両は、1つ以上の制御可能な車両103および1つ以上の制御不能な車両107を含むことができる。制御可能な車両103は、その所有者の能力および/または許可を有して、車両移動データ、交通データなどを他の応答エンティティ（例えば、他の制御可能な車両103、応答車両107、交通監視デバイス109、サーバ101など）と相互通信でき、目標緩和速度を受信または計算でき、ならびに車両速度を目標緩和速度に調整して、交通渋滞を緩和し、交通変動を滑らかにすることができる。

#### 【0056】

他方、制御不能な車両107は、目標緩和速度を受信または計算すること、およびその車両速度を目標緩和速度に調整して、交通渋滞を緩和し、交通変動を滑らかにすることができない、またはできない可能性がある。この本開示において、制御可能な車両103は、接頭辞「C」（制御可能）を備える参照番号によって示され得る。例えば、図10Aに示すように、道路1010のレーン1005を移動する車両は、制御可能な車両C1052、C1050、C1054、および制御不能な車両107b～107gのランダムな混合物である。これらの制御不能な車両107の中で、制御不能な車両107c、107d、107gは、応答車両107（制御が制限されているか、利用されていない/不要である）であり得、一方、制御不能な車両107b、107e、107fは非応答車両107であり得る。

#### 【0057】

車両が道路1010に沿って移動するとき、車両は1つ以上の通過挙動を実行し得る。例えば、1つのレーンを移動する車両は、そのより高い車両速度のために、道路1010の他のレーンを移動する1つ以上の車両を通過する場合がある。車両は、現在のレーンを移動する1つ以上の車両を通過するために、通過操作を実行する場合もある。一例として、図10Aに示される交通状況では、制御可能な車両C1050は、他のレーンの他の車両と比較して、より低い車両速度でレーン1005を移動することができる。こうして、レーン1007を移動する制御不能な車両107aは、レーン1005を移動する制御可能な車両C1050を通過することができる。この例では、レーン1005の制御可能な車両C1052は、レーン1005でその前方を移動する他の車両を通過するために通過



操作を実行してもよい。例えば、レーン 1 0 0 7 に十分なスペースがある場合、制御可能な車両 C 1 0 5 2 は、レーン 1 0 0 5 からレーン 1 0 0 7 にシフトするためにレーン変更操作を実行し、制御可能な車両 C 1 0 5 2 がレーン 1 0 0 7 を移動しながら、レーン 1 0 0 5 を移動する制御不能な車両 1 0 7 b および制御可能な車両 C 1 0 5 0 を通過し、それから別のレーン変更操作を実行してレーン 1 0 0 7 からレーン 1 0 0 5 に戻ることができる。この通過操作の結果として、制御可能な車両 C 1 0 5 2 は、レーン 1 0 0 5 の制御不能な車両 1 0 7 b の後方の車両位置から、レーン 1 0 0 5 の制御可能な車両 C 1 0 5 0 の前の車両位置まで通過することができる。代替として、制御可能な車両 1 0 7 b および制御可能な車両 C 1 0 5 0 を通過した後、制御可能な車両 C 1 0 5 2 は、レーン 1 0 0 7 での移動を継続したり、または別の変更操作を実行してレーン 1 0 0 7 から道路 1 0 1 0 の異なるレーン（例えば、レーン 1 0 0 9 ）にシフトしたりすることができる。この本開示では、車両の通過挙動は、上記の例で説明した制御不能な車両 1 0 7 b および制御可能な車両 C 1 0 5 2 によって実行される任意の通過操作を指し得る。他のタイプの通過挙動も可能であり、検討されている。

10

#### 【 0 0 5 8 】

図 3 は、交通渋滞に対処し、交通変動を緩和するための一例示的な方法 3 0 0 のフローチャートである。ブロック 3 0 2 において、交通緩和イニシエータ 2 0 2 は、道路の緩和道路セグメントに沿って移動する第 1 の制御可能な車両 1 0 3 を決定してもよい。いくつかの実施形態では、緩和道路セグメントに沿って移動する第 1 の制御可能な車両 1 0 3 を決定するために、交通緩和イニシエータ 2 0 2 が道路上の交通渋滞を決定してもよい。例えば、交通緩和イニシエータ 2 0 2 は、道路の交通データを分析し、渋滞した流量閾値（例えば、2 0 台 / h 未満）を満たす渋滞エリアの流量を有する道路上の渋滞エリアを決定し、こうして渋滞エリアに交通渋滞が存在していると決定することができる。図 1 0 A に示される例では、交通緩和イニシエータ 2 0 2 は、道路 1 0 1 0 の渋滞エリア 1 0 1 2 が実際に渋滞していると決定することができる。いくつかの実施形態では、交通緩和イニシエータ 2 0 2 はまた、渋滞した地域の地理的位置（例えば、GPS 座標）を決定してもよい。渋滞した地域の地理的位置は、交通渋滞の地理的位置と呼ばれる場合もある。いくつかの実施形態では、交通緩和イニシエータ 2 0 2 は、他のエンティティ（例えば、サーバ 1 0 1、交通監視デバイス 1 0 9 など）から交通渋滞を記述する情報を受信する場合がある。

20

30

#### 【 0 0 5 9 】

いくつかの実施形態では、交通緩和イニシエータ 2 0 2 は、交通渋滞の上流に位置する第 1 の制御可能な車両 1 0 3 を決定してもよく、第 1 の制御可能な車両 1 0 3 は、第 1 の制御可能な車両 1 0 3 と渋滞距離閾値（例えば、4 5 m 超）を満たす交通渋滞との間の距離を有してもよい。いくつかの実施形態では、交通緩和イニシエータ 2 0 2 は、渋滞距離閾値を満たす交通渋滞までの距離を有する渋滞の上流に位置する複数の制御可能な車両 1 0 3 を決定してもよく、これらの複数の制御可能な車両 1 0 3 の中から第 1 の制御可能な車両 1 0 3 をランダムに選択してもよい。いくつかの実施形態では、交通緩和イニシエータ 2 0 2 は、これらの複数の制御可能な車両 1 0 3 の中で交通渋滞までの距離が最も短い制御可能な車両 1 0 3 を決定してもよく、この制御可能な車両 1 0 3 を第 1 の制御可能な車両 1 0 3 と決定してもよい。第 1 の制御可能な車両 1 0 3 を決定するための他の実装形態も可能であり、検討されている。

40

#### 【 0 0 6 0 】

いくつかの実施形態では、交通緩和イニシエータ 2 0 2 は、第 1 の制御可能な車両 1 0 3 に関連付けられた緩和道路セグメントを決定してもよい。以下で詳細に説明するように、第 1 の制御可能な車両 1 0 3 は、緩和道路セグメントに沿って移動し、緩和道路セグメントの 1 つ以上のレーンを通る交通の流れを調整して、交通渋滞を緩和し、交通変動を滑らかにすることができる。いくつかの実施形態では、交通緩和イニシエータ 2 0 2 は、交通渋滞の上流に位置する緩和道路セグメントを決定することができ、緩和道路セグメントは、緩和道路セグメント（例えば、中心点、緩和道路セグメントの開始点から 2 0 m な

50

ど) に対して所定の位置にある第 1 の制御可能な車両 103 を含む所定のカバーエリア (例えば、60m) を有することができる。

【0061】

いくつかの実施形態では、交通緩和イニシエータ 202 は、道路上の交通波に基づいて緩和道路セグメントを決定してもよい。本明細書の他の箇所で説明するように、交通変動解析部 206 は、道路上の 1 つ以上の交通波および交通波の 1 つ以上の変動サイクルを決定することができる。交通波の各変動周期は、車両が前方に移動できない交通停止領域および車両がまだ前方に移動できる交通移動領域を含んでもよい。いくつかの実施形態では、交通緩和イニシエータ 202 は、その中に第 1 の制御可能な車両 103 を含み、交通波の 1 つ以上の変動サイクルを含む緩和道路セグメントのカバーエリアを有する緩和道路セグメントを決定し得る。第 1 の制御可能な車両 103 に関連付けられた緩和道路セグメントを決定するための他の実装形態も可能であり、検討されている。

10

【0062】

図 10A の例を続けると、交通緩和イニシエータ 202 は、第 1 の制御可能な車両 103 を、道路 1010 のレーン 1005 を移動する制御可能な車両 C1050 であると決定することができる。この例では、交通緩和イニシエータ 202 は、緩和道路セグメントを緩和道路セグメント 1020 に決定することもできる。図 10A に示されるように、緩和道路セグメント 1020 は、渋滞エリア 1012 の交通渋滞の上流に位置してもよく、第 1 の制御可能な車両 C1050 は、緩和道路セグメント 1020 に沿ってレーン 1005 を移動してもよい。

20

【0063】

ブロック 304 で、交通緩和イニシエータ 202 は、緩和道路セグメントにおける制御レーンを決定することができ、制御レーンは、第 1 の制御可能な車両 103 を含むことができ、第 1 の制御可能な車両 103 によって妨害可能であり得る。例えば、第 1 の制御可能な車両 103 は、他のレーンの周囲の車両の車両速度よりも低い車両速度で制御レーンを移動するように制御され得、こうして、緩和道路セグメントの他のレーンを流れる交通の流れと比較すると、制御レーンの第 1 の制御可能な車両 103 の後ろの交通の流れを妨害する。図 10A の例を続けると、交通緩和イニシエータ 202 は、制御レーンを、第 1 の制御可能な車両 C1050 を含むレーン 1005 であると決定することができる。

【0064】

30

ブロック 306 では、交通緩和イニシエータ 202 は、緩和道路セグメントの 1 つ以上の妨害可能レーンをオプションで決定することができ、妨害可能レーンは制御レーンとは異なる場合がある。いくつかの実施形態では、妨害可能レーンを決定するために、交通緩和イニシエータ 202 は、緩和道路セグメントにおける第 1 の制御可能な車両 103 に近接して位置する制御可能な近接車両 103 を決定し、1 つ以上の制御可能な近接車両 103 を含む妨害可能レーンを決定してもよい。こうして、第 1 の制御可能な車両 103 によって妨害可能である制御レーンと同様に、妨害可能レーンは、妨害可能レーンに含まれる制御可能な近接車両 103 によって妨害可能であり得る。

【0065】

いくつかの実施形態では、制御可能な近接車両 103 を決定するために、交通緩和イニシエータ 202 が、近接距離閾値 (例えば、5m 未満) を満たす制御レーンの制御可能な車両 103 と第 1 の制御可能な車両 103 との間の距離を有する制御可能な車両 103 を決定し、およびこの制御可能な車両 103 を制御可能な近接車両 103 と決定してもよい。妨害可能レーンの制御可能な近接車両 103 は制御レーンの第 1 の制御可能な車両 103 に近接して配置されているため、制御可能な近接車両 103 を第 1 の制御可能な車両 103 と一緒に制御して、交通渋滞を協調的に緩和することができる。この実装形態は、交通の流れが妨害されるレーンの数が多いために交通渋滞を緩和するのに必要な時間を短縮できるため、特に有利である。しかし、交通緩和アプリケーション 120 は、制御レーンの第 1 の制御可能な車両 103 のみが制御レーンを流れる交通の流れを妨害 / 調整するように制御され、一方、妨害可能レーンの車両 103 は制御されないため、これらの妨害可

40

50

能レーンを流れる交通の流れは妨害されない場合でも、交通渋滞を緩和できることを理解していただきたい。

【 0 0 6 6 】

図 1 0 A の例を続けると、交通緩和イニシエータ 2 0 2 は、制御可能な車両 C 1 0 3 0 と第 1 の制御可能な車両 C 1 0 5 0 との間の道路 1 0 1 0 の移動方向 1 0 1 5 に沿った距離、および制御可能な車両 C 1 0 9 0 と第 1 の制御可能な車両 C 1 0 5 0 との間の移動方向 1 0 1 5 に沿った距離が近接距離閾値（例えば、5 m 未満）を満たすことを決定することができる。こうして、交通緩和イニシエータ 2 0 2 は、制御可能な車両 C 1 0 3 0 および制御可能な車両 C 1 0 9 0 を、第 1 の制御可能な車両 C 1 0 5 0 に近接して位置する制御可能な近接車両 1 0 3 であると決定し得る。示されるように、制御可能な近接車両 C 1 0 3 0 は、第 1 の制御可能な車両 C 1 0 5 0 の下流に配置されてもよく、一方、制御可能な近接車両 C 1 0 9 0 は、第 1 の制御可能な車両 C 1 0 5 0 の上流に配置されてもよい。この例では、交通緩和イニシエータ 2 0 2 は、制御可能な近接車両 C 1 0 3 0 を含むレーン 1 0 0 3 を第 1 の妨害可能レーンに、および制御可能な近接車両 C 1 0 9 0 を含むレーン 1 0 0 9 を緩和道路セグメント 1 0 2 0 の第 2 の妨害可能レーンに決定してもよい。

10

【 0 0 6 7 】

ブロック 3 0 8 では、交通緩和イニシエータ 2 0 2 は、緩和道路セグメントにおける 1 つ以上のオープンレーンを決定することができ、オープンレーンは制御レーンおよび妨害可能レーンとは異なる場合がある。いくつかの実施形態では、オープンレーンは、制御レーンに直接隣接または間接的に隣接していてもよい（例えば、オープンレーンと制御レーンは、それらの間に他のレーンが位置してもしなくてもよい）。いくつかの実施形態では、交通緩和イニシエータ 2 0 2 は、上述のように緩和道路セグメントにおける第 1 の制御可能な車両 1 0 3 に近接して位置する制御可能な近接車両 1 0 3 を決定し、これらの制御可能な近接車両 1 0 3 を除外するオープンレーンを決定してもよい。オープンレーンは制御レーンとは異なり、制御可能な近接車両 1 0 3 を除外しているため、オープンレーンは第 1 の制御可能な車両 1 0 3 および制御可能な近接車両 1 0 3 によって妨害不可能な可能性があり、こうして緩和道路セグメントでは、オープンレーンを流れる交通の流れを妨害できない。緩和道路セグメントには複数のオープンレーンが含まれる場合があり、これらのオープンレーンは直接または間接的に互いに隣接する場合があることを理解していただきたい（例えば、2 つのオープンレーンがその間に制御レーンおよび / または妨害可能レーンを有する場合と有しない場合がある）。

20

30

【 0 0 6 8 】

図 1 0 A の例を続けると、交通緩和イニシエータ 2 0 2 は、レーン 1 0 0 7 が第 1 の制御可能な車両 C 1 0 5 0、または第 1 の制御可能な車両 C 1 0 5 0 に近接して位置する制御可能な近接車両 C 1 0 3 0 および制御可能な近接車両 C 1 0 9 0 のいずれも含まないと決定することができる。こうして、交通緩和イニシエータ 2 0 2 は、レーン 1 0 0 7 を、レーン 1 0 0 7 を流れる交通の流れが妨害され得ないオープンレーンであると決定することができる。こうして、この例では、交通緩和イニシエータ 2 0 2 は、緩和道路セグメント 1 0 2 0 が制御レーン 1 0 0 5、妨害可能レーン 1 0 0 3、妨害可能レーン 1 0 0 9、およびオープンレーン 1 0 0 7 を含むと決定することができる。交通緩和イニシエータ 2 0 2 は、制御レーン 1 0 0 5 を流れる交通の流れが第 1 の制御可能な車両 C 1 0 5 0 によって妨害可能であり、妨害可能なレーン 1 0 0 3 を流れる交通の流れが制御可能な近接車両 C 1 0 3 0 によって妨害可能であり、妨害可能レーン 1 0 0 9 を流れる交通の流れが制御可能な近接車両 C 1 0 9 0 によって妨害可能であり、オープンレーン 1 0 0 7 を流れる交通の流れが妨害不可能であると決定することもできる。

40

【 0 0 6 9 】

ブロック 3 1 0 では、交通緩和アプリケーション 1 2 0 は、制御レーンの第 1 の制御可能な車両 1 0 3 に目標緩和速度を適用することができる。ブロック 3 1 2 では、緩和道路セグメントが 1 つ以上の妨害可能レーンを含む場合、交通緩和アプリケーション 1 2 0 はまた、1 つ以上の妨害可能レーンの 1 つ以上の制御可能な近接車両 1 0 3 に目標緩和速度

50

を適用し得る。以下で詳細に説明するように、第 1 の制御可能な車両 1 0 3 および / または制御可能な近接車両 1 0 3 に適用される目標緩和速度は、緩和道路セグメントにおける 1 つ以上のオープンレーンを流れる交通の流れを調整することができ、それによって緩和道路セグメントの下流に位置する交通渋滞を緩和する。いくつかの実施形態では、モデル生成部 2 0 4、交通変動解析部 2 0 6、および目標速度計算部 2 0 8 は、1 つ以上のオープンレーンの交通状態および他の要因に基づいて、第 1 の制御可能な車両 1 0 3 の目標緩和速度を決定してもよい。

#### 【 0 0 7 0 】

図 4 は、制御レーンの第 1 の制御可能な車両 1 0 3 の目標緩和速度を決定するための一例示的な方法 4 0 0 のフローチャートである。方法 4 0 0 は、緩和道路セグメントが少なくとも 1 つのオープンレーンおよび任意の数の妨害可能レーンを含む様々な交通状況で第 1 の制御可能な車両 1 0 3 の目標緩和速度を決定するために適用可能であることを理解していただきたい。いくつかの実施形態では、制御レーンの第 1 の制御可能な車両 1 0 3 に適用される目標緩和速度は、緩和道路セグメントにおける 1 つ以上のオープンレーンを移動する他の車両の車両速度よりも低くてもよく、したがって、第 1 の制御可能な車両 1 0 3 は 1 つ以上のオープンレーンを流れる交通の流れと比較して、制御レーンを流れる交通の流れを妨害し得る。同様に、目標緩和速度が妨害可能レーンの制御可能な近接車両 1 0 3 に適用されると、制御可能な近接車両 1 0 3 は、1 つ以上のオープンレーンを流れる交通の流れと比較して、妨害可能レーンを流れる交通の流れも妨害する可能性がある。その結果、制御レーンで第 1 の制御可能な車両 1 0 3 の後ろに、および妨害可能レーンで制御可能な近接車両 1 0 3 の後ろに移動する車両は、1 つ以上のオープンレーンにシフトできる場合、1 つ以上のレーン変更操作を実行する可能性が高い。これらの車両が 1 つ以上のオープンレーンに移動すると、これらの車両は制御レーンを移動する第 1 の制御可能な車両 1 0 3 および / または妨害可能レーンを移動する制御可能な近接車両 1 0 3 を通過し、より速い移動で進み得る。

#### 【 0 0 7 1 】

いくつかの実施形態では、緩和道路セグメントが単一のオープンレーンを含む場合、目標緩和速度は、第 1 の制御可能な車両 1 0 3 および / または制御可能な近接車両 1 0 3 が目標緩和速度で対応するレーンを移動するとき、唯一のオープンレーンを流れる交通の流れが第 1 の制御可能な車両 1 0 3 および / または制御可能な近接車両 1 0 3 を通過する通過流量を増加または最大化することができる。緩和道路セグメントが複数のオープンレーンを含む場合、目標緩和速度は、第 1 の制御可能な車両 1 0 3 および / または制御可能な近接車両 1 0 3 が目標緩和速度で対応するレーンを移動するとき、これら複数のオープンレーンを流れる交通の流れが第 1 の制御可能な車両 1 0 3 および / または制御可能な近接車両 1 0 3 を通過する全体の通過流量を増加または最大化することができる。この実装形態は、交通渋滞を有利に緩和することができる。例えば、全体の通過流量を増加または最大化するために、第 1 の制御可能な車両 1 0 3 および / または制御可能な近接車両 1 0 3 は、十分に低い目標緩和速度で移動することができ、それにより交通渋滞に向かう上流の交通を十分に調整する。加えて、全体の通過流量が増加または最大化されると、目標緩和速度で移動する第 1 の制御可能な車両 1 0 3 および / または制御可能な近接車両 1 0 3 は、交通渋滞に向かう上流の交通を制限できると同時にさらに、緩和道路セグメントの下流に位置する道路セグメントによって収容され得るこの上流交通の一部が、1 つ以上のオープンレーンを前進することをできるようにする。

#### 【 0 0 7 2 】

ブロック 4 0 2 で、モデル生成部 2 0 4 は、妨害されない交通状況の道路に関連付けられた第 1 の交通ダイアグラムを生成することができる。妨害されない交通状況では、制御レーンの第 1 の制御可能な車両 1 0 3 および 1 つ以上の妨害可能レーンの制御可能な近接車両 1 0 3 は、目標緩和速度で制御されない可能性があり、したがって、制御レーンおよび妨害可能レーンを流れる交通の流れは、緩和道路セグメントで妨害されない場合がある。こうして、緩和道路セグメントの道路のすべてのレーンを流れる交通の流れ（例えば、

10

20

30

40

50

制御レーン、妨害可能レーン、およびオープンレーン)は、妨害されない交通状況では妨害されない可能性がある。

【0073】

いくつかの実施形態では、妨害されない交通状況の道路に関連付けられた第1の交通ダイアグラムは、必ずしも道路のすべてのレーンが妨害されないので、道路上(こうして、また道路の緩和道路セグメント上)の交通の流れを記述してもよい。いくつかの実施形態では、第1の交通ダイアグラムは、妨害されない交通状況の道路における流量と道路上の車両密度との関係、および/または車両速度と道路上の車両密度との関係を示し得る。本明細書の他の箇所では説明するように、道路上の車両密度は、特定のタイムスタンプで道路の所定の距離に存在する車両の数(例えば、40台/km)を示すことができ、道路上の流量は、対応するタイムスタンプで所定の時間期間に静的な観測点を通過する、道路上を移動する車両の数(例えば、4000台/h)を示すことができる。

10

【0074】

ブロック404で、モデル生成部204は、妨害された交通状況の1つ以上のオープンレーンに関連付けられた第2の交通ダイアグラムを生成し得る。妨害された交通状況では、制御レーンの第1の制御可能な車両103および1つ以上の妨害可能レーンの制御可能な近接車両103は目標緩和速度で制御され得、したがって、第1の制御可能な車両103は制御レーンを流れる交通の流れを妨害することができ、制御可能な近接車両103は緩和道路セグメントの1つ以上の妨害可能レーンを流れる交通の流れを妨害することができる。こうして、緩和道路セグメントにおける制御レーンを流れる交通の流れおよび緩和道路セグメントにおける1つ以上の妨害可能レーンを流れる交通の流れは妨害され得、一方、緩和道路セグメントにおける1つ以上のオープンレーンを流れる交通の流れは妨害されない交通状況で妨害されない場合がある。

20

【0075】

いくつかの実施形態では、妨害された交通状況の1つ以上のオープンレーンに関連付けられた第2の交通ダイアグラムは、制御レーンおよび1つ以上の妨害可能レーンは妨害されるが、道路の緩和道路セグメントでは、1つ以上のオープンレーンが妨害されないので、道路の1つ以上のオープンレーンの交通の流れを記述することができる。いくつかの実施形態では、第2の交通ダイアグラムは、道路の1つ以上のオープンレーンにおける流量と車両密度との関係、および/または妨害された交通状況の道路の1つ以上のオープンレーンにおける車両速度と車両密度との関係を示してもよい。第1の交通ダイアグラムと同様に、道路の1つ以上のオープンレーンの車両密度は、特定のタイムスタンプで1つ以上のオープンレーンの所定の距離上に存在する車両の数(例えば、15台/km)を示すことができ、道路の1つ以上のオープンレーンの流量は、対応するタイムスタンプで所定の時間期間に静的な観測点を通過する1つ以上のオープンレーンを移動する車両の数(例えば、2700台/h)を示すことができる。

30

【0076】

図5は、道路の緩和道路セグメントに関連付けられた交通モデルを生成するための一例示的な方法500のフローチャートであり、交通モデルは、妨害されない交通状況の道路に関連付けられた第1の交通ダイアグラムおよび妨害された交通状況の1つ以上のオープンレーンに関連付けられた第2の交通ダイアグラムを含み得る。ブロック502で、モデル生成部204は、道路の交通データを受信し得る。例えば、モデル生成部204は、交通監視デバイス109から道路の交通データを受信してもよい。本明細書の他の箇所では説明するように、道路の交通データは、複数のタイムスタンプで道路の様々な道路セグメント上の交通を記述してもよい。各タイムスタンプでの道路の各道路セグメントについて、道路の交通データは、対応するタイムスタンプの道路セグメントに関連付けられた、車両密度(例えば、40台/km)、流量(例えば、4000台/h)、車両速度(例えば、100km/h)などを含み得る。

40

【0077】

ブロック504で、モデル生成部204は、道路の交通データに基づいて、道路に関連

50

付けられた1つ以上の交通メトリックを計算してもよい。道路に関連付けられた交通メトリックは、道路上の交通の流れの様々な特性を示してもよい。いくつかの実施形態では、モデル生成部204は、道路の最大流量を示す道路容量（例えば、5400台/h）、車両が道路容量に等しい流量で道路を移動する際の道路の車両密度を示す容量車両密度（例えば、60台/km）、交通渋滞のために車両が道路上で動かないままである場合の道路の車両密度を示す渋滞車両密度（例えば、180台/km）などを決定してもよい。他の交通メトリックも可能であり、検討されている。

#### 【0078】

ブロック506で、モデル生成部204は、道路に関連付けられた交通メトリックおよび緩和道路セグメントにおけるオープンレーンの数に基づいて、道路の1つ以上のオープンレーンに関連付けられた1つ以上の交通メトリックを計算し得る。1つ以上のオープンレーンに関連付けられた交通メトリックは、道路の1つ以上のオープンレーンを流れる交通の流れの様々な特性を示し得る。いくつかの実施形態では、1つ以上のオープンレーンに関連付けられた交通メトリックは、緩和道路セグメントにおけるオープンレーンの数に正比例してもよい。一例として、図10Aに示される交通状況では、道路1000は4つのレーンを含むことができ、緩和道路セグメント1020はこれら4つのレーンの中の1つのオープンレーン（例えば、レーン1007）を含むことができる。この例では、モデル生成部204は、道路1000の道路容量を5400台/hに決定し、道路1000の1つ以上のオープンレーンの道路容量を1350台/hに決定することができる（例えば、5400/4）。

#### 【0079】

ブロック508で、モデル生成部204は、道路の1つ以上の道路特性を決定してもよい。いくつかの実施形態では、道路の道路特性は、道路に関連付けられた静的特性（例えば、制限速度、レーンの数など）を示してもよい。モデル生成部204は、道路の緩和道路セグメントにおける1つ以上のオープンレーンの道路特性を決定することもできる。同様に、1つ以上のオープンレーンの道路特性は、1つ以上のオープンレーンに関連付けられた静的特性（例えば、制限速度、オープンレーンの数など）を示してもよい。図10Aの例を続けると、モデル生成部204は、道路1010が120km/hの制限速度の4つのレーンを含むことを決定してもよい。この例では、モデル生成部204は、道路1010の緩和道路セグメント1020の1つ以上のオープンレーンが、120km/hの速度制限を有する1つのオープンレーンを含むことも決定し得る。他の道路特性も可能であり、検討されていることを理解していただきたい。

#### 【0080】

ブロック510で、モデル生成部204は、初期交通ダイアグラム、道路に関連付けられた交通メトリック、および道路の道路特性に基づいて、妨害されない交通状況の道路に関連付けられた第1の交通ダイアグラムを生成することができる。いくつかの実施形態では、モデル生成部204は、車両データストア121から初期交通ダイアグラムを取得してもよい。初期交通ダイアグラムは、交通の流れに関連付けられた、流量、車両密度、車両速度などの間の1つ以上の関係を伴う交通の流れを記述するための基本図であり得る。いくつかの実施形態では、モデル生成部204は、道路に関連付けられた交通メトリック（例えば、道路容量、収容車両密度、渋滞車両密度など）を使用した初期交通ダイアグラムおよび道路の道路特性（例えば、制限速度、レーン数など）の1つ以上のダイアグラムパラメータ、係数値などを調整し得ることによって、妨害されない交通状況の道路に関連付けられた第1の交通ダイアグラムを生成する。本明細書の他の箇所で説明するように、妨害されない交通状況の道路に関連付けられた第1の交通ダイアグラムは、必ずしも道路のすべてのレーンが妨害されないもので、道路上の交通の流れを記述してもよい。この本開示では、妨害されない交通状況の道路に関連付けられた第1の交通ダイアグラムは、単に第1の交通ダイアグラムと呼ばれることがある。

#### 【0081】

ブロック512で、モデル生成部204は、初期交通ダイアグラム、1つ以上のオープ

10

20

30

40

50

ンレーンに関連付けられた交通メトリック、および1つ以上のオープンレーンの道路特性に基づいて、妨害された交通状況の1つ以上のオープンレーンに関連付けられた第2の交通ダイアグラムを生成し得る。第1の交通ダイアグラムを生成するのと同様に、モデル生成部204は、1つ以上のオープンレーンに関連付けられた交通メトリックを使用した初期交通ダイアグラムおよび1つ以上のオープンレーンの道路特性の1つ以上のダイアグラムパラメータ、係数値などを調整し得ることによって、妨害された交通状況の1つ以上のオープンレーンに関連付けられた第2の交通ダイアグラムを生成する。本明細書の他の箇所で説明するように、妨害された交通状況の1つ以上のオープンレーンに関連付けられた第2の交通ダイアグラムは、制御レーンおよび1つ以上の妨害可能レーンは妨害されるが、道路の緩和道路セグメントでは、1つ以上のオープンレーンが妨害されないもので、道路の1つ以上のオープンレーンを流れる交通の流れを記述することができる。この本開示では、妨害された交通状況にある1つ以上のオープンレーンに関連付けられた第2の交通ダイアグラムは、単に第2の交通ダイアグラムと呼ばれる場合がある。

10

#### 【0082】

ブロック514で、モデル生成部204は、道路の緩和道路セグメントに関連付けられた交通モデルを生成し得る。交通モデルは、妨害されない交通状況の道路に関連付けられた第1の交通ダイアグラムおよび妨害された交通状況の1つ以上のオープンレーンに関連付けられた第2の交通ダイアグラムを含み得る。いくつかの実施形態では、モデル生成部204は、同じ座標系で第1の交通ダイアグラムおよび第2の交通ダイアグラムを集約して、交通モデルを生成することができる。

20

#### 【0083】

図9Aは、道路の緩和道路セグメントに関連付けられた一例示的な交通モデル902を示している。示されるように、交通モデル902は、妨害されない交通状況の道路に関連付けられた第1の交通ダイアグラム912および妨害された交通状況の1つ以上のオープンレーンに関連付けられた第2の交通ダイアグラム914を含み得る。こうして、第1の交通ダイアグラム912は、道路のすべてのレーンが妨害されない交通状況で妨害されないもので、道路のすべてのレーンを流れる交通の流れを記述することができる。第2の交通ダイアグラム914は、制御レーンが第1の制御可能な車両103によって妨害され、1つ以上の妨害可能なレーン1003が制御可能な近接車両103によって妨害され、および1つ以上のオープンレーンが妨害されない交通状況では妨害されないとき、道路の1つ以上のオープンレーンを流れる交通の流れを記述することができる。

30

#### 【0084】

図9Aに示されるように、第1の交通ダイアグラム912および第2の交通ダイアグラム914は、流量 $q$ と、対応する交通の流れに関連付けられた車両密度との間の関係で、対応する交通の流れを記述し得る。いくつかの実施形態では、交通の流れに関連付けられた流量 $q$ 、車両密度、および車両速度 $v$ は、以下の式1によって互いに関連付けられ得る。

$$\text{流量 } q = \text{車両密度} \times \text{車両速度 } v \quad [\text{式1}]$$

いくつかの実施形態では、モデル生成部204が交通の流れに関する一対の要因間の関係（例えば、流量 $q$ および車両密度）を示す交通ダイアグラムを生成すると、モデル生成部204は、式1を使用して以前に生成されたその交通ダイアグラムからの、交通の流れに関する他の一対の要因（車両速度 $v$ と車両密度、車両速度 $v$ と流量 $q$ など）の間の関係を示す他の交通ダイアグラムを導出することができる。この本開示において、交通ダイアグラムは、交通の流れの流量 $q$ と車両密度との間の関係を示す交通ダイアグラムを参照してもよく、その交通ダイアグラムは交通の流れの車両速度 $v$ と車両密度との間の関係などを示す。他のタイプの交通ダイアグラムも可能であり、検討されている。

40

#### 【0085】

図4を再び参照すると、ブロック406で、交通変動解析部206は、緩和道路セグメントの上流部分の目標交通状態を決定することができ、緩和道路セグメントの上流部分は、緩和道路セグメントにおける第1の制御可能な車両103の上流に位置することができ

50

る。図 6 は、緩和道路セグメントの上流部分の目標交通状態を決定するための一例示的な方法 600 のフローチャートである。いくつかの実施形態では、緩和道路セグメントの上流部分の目標交通状態は、道路に沿って伝搬する交通波に基づいて決定されてもよい。

【0086】

ブロック 602 で、交通変動解析部 206 は、道路上の交通波および交通波の 1 つ以上の伝搬パラメータを決定し得る。道路上の交通波は通常、交通渋滞によって引き起こされる。交通波の非限定的な例には、衝撃波、希薄波などが含まれるが、これらに限定されない。交通波の一例として、交通渋滞が発生した場合、車両は渋滞エリアに到達したときに停止する必要がある。こうして、交通渋滞は、その背後に、交通渋滞のために車両が前進できない交通停止領域、および車両がまだ前進する可能性がある交通移動領域を引き起こす可能性がある。後方から渋滞エリアに到達する車両の数は、一般に前方の渋滞エリアを離れる車両の数よりも多いため、より多くの上流車両が渋滞エリアに近づくにつれて、交通停止領域が後方に拡大することがよくある。その結果、交通停止領域と交通移動領域との間の境界線は通常静止していない。代わりに、交通停止領域と交通移動領域との間の境界線は、一般に、車両の移動方向とは反対の上流方向の道路に沿って伝搬する交通波（例えば、衝撃波）の形で後方に移動する。

【0087】

図 7 は、道路上の交通波および交通波の伝搬パラメータを決定するための一例示的な方法 700 のフローチャートである。ブロック 702 で、交通変動解析部 206 は、複数のタイムスタンプで道路上に位置する 1 つ以上の車両の車両移動データを受信し得る。いくつかの実施形態では、制御可能な車両 103 および / または応答車両 107 が道路に沿って移動するとき、これらの車両は、その車両移動データをサーバ 101 および / または通信範囲内にある他の車両に所定の間隔（例えば、2 秒、5 秒、10 秒ごとなど）で定期的

に送信し得る。こうして、交通変動解析部 206 は、複数のタイムスタンプで道路の様々な道路セグメント上に位置する制御可能な車両 103 および / または応答車両 107 の車両移動データを受信することができる。本明細書の他の箇所で説明するように、特定のタイムスタンプでの車両の車両移動データは、対応するタイムスタンプでの車両の車両位置（例えば、GPS 座標）、車両速度、車両レーン（例えば、レーン番号）などを含み得る。他のタイプの車両移動データも可能であり、検討されている。

【0088】

ブロック 704 では、各タイムスタンプについて、交通変動解析部 206 は、対応するタイムスタンプで道路に関連付けられた車両密度分布を決定することができる。車両密度分布は、対応するタイムスタンプでの道路の様々な道路セグメントでの車両密度を記述することができる。対応するタイムスタンプでの道路上に位置する車両の車両移動データおよび妨害されない交通状況の道路に関連付けられた第 1 の交通ダイアグラムに基づいて決定することができる。本明細書の他の箇所で説明するように、妨害されない交通状況の道路に関連付けられた第 1 の交通ダイアグラムは、妨害されない交通状況の道路上の交通の流れを、交通の流れに関連付けられた車両速度  $v$  と車両密度  $\rho$  との関係で記述することができる。

【0089】

いくつかの実施形態では、タイムスタンプ  $t = t_1$  で道路に関連付けられた車両密度分布を生成するために、交通変動解析部 206 は、道路上に位置する様々な車両（例えば、制御可能な車両 103 および / または応答車両 107）の車両移動データを分析し、タイムスタンプ  $t = t_1$  でこれらの車両の車両位置、車両速度、車両レーンなどを決定することができる。これらの車両の中の各車両について、交通変動解析部 206 は、タイムスタンプ  $t = t_1$  での車両の車両位置を含む道路の道路セグメントを決定し、タイムスタンプ  $t = t_1$  で道路セグメントを移動する車両の車両速度  $v_1$ 、および車両速度  $v$  と第 1 の交通ダイアグラム（すべてのレーンが妨害されない、妨害されない交通状況の道路に関連付けられた第 1 の交通ダイアグラム）で示された道路上の交通の流れに関連付けられた車両密度  $\rho$  との関係に基づいて、タイムスタンプ  $t = t_1$  での道路セグメントにおける車両密



度  $\rho_1$  を決定することができる。いくつかの実施形態では、道路セグメントがタイムスタンプ  $t = t_1$  で複数の制御可能な車両 103 および / または応答車両 107 を含む場合、交通変動解析部 206 は、これらの車両の平均車両速度を計算し、同様の方法でこれらの車両の平均車両速度を使用してタイムスタンプ  $t = t_1$  での道路セグメントにおける車両密度  $\rho_1$  を決定することができる。

#### 【0090】

いくつかの実施形態では、タイムスタンプ  $t = t_1$  における道路の様々な道路セグメントにおける車両密度  $\rho_1$  が決定されると、交通変動解析部 206 は、様々な道路セグメントにおける車両密度  $\rho_1$  を、タイムスタンプ  $t = t_1$  で道路に関連付けられた車両密度分布に集約することができる。いくつかの実施形態では、交通変動解析部 206 は、追加の処理を適用して、タイムスタンプ  $t = t_1$  で道路に関連付けられた車両密度分布を滑らかにし、それによりその精度を高めることができる。

10

#### 【0091】

ブロック 706 で、交通変動解析部 206 は、道路上の交通波および交通波の 1 つ以上の伝搬パラメータを決定し得る。いくつかの実施形態では、様々なタイムスタンプ  $t_1 \dots t_n$  で道路に関連付けられた車両密度分布が決定されると、交通変動解析部 206 は、様々なタイムスタンプで道路に関連付けられた車両密度分布を分析し、これらの車両密度分布に基づいて道路上の交通波を決定することができる。いくつかの実施形態では、交通変動解析部 206 は、交通波の伝搬パラメータを決定するために、様々なタイムスタンプで道路に関連付けられた車両密度分布に運動波モデルを適用することもできる。いくつかの実施形態では、伝搬パラメータは、道路に沿った交通波の経時的な伝搬を記述してもよい。交通波の伝搬パラメータの非限定的な例には、伝搬速度（例えば、15 km/h）、伝搬距離、交通波に関連付けられた交通停止領域のカバーエリア、交通波に関連付けられた交通移動領域のカバーエリアなどが含まれるが、これらに限定されない。交通波の他の伝搬パラメータも可能であり、検討されている。

20

#### 【0092】

図 6 を再び参照すると、ブロック 604 で、交通変動解析部 206 は、現在のタイムスタンプ  $t = t_{\text{current}}$  で緩和道路セグメントにおける車両密度を決定することができる。いくつかの実施形態では、交通変動解析部 206 は、現在のタイムスタンプ  $t = t_{\text{current}}$  で緩和道路セグメントに位置する車両（例えば、制御可能な車両 103 または応答車両 107）を決定してもよい。例えば、交通変動解析部 206 は、車両の車両移動データから現在のタイムスタンプ  $t = t_{\text{current}}$  での車両の車両位置、車両速度、車両レーンなどを決定し、現在のタイムスタンプ  $t = t_{\text{current}}$  での車両の車両位置が、緩和道路セグメントに含まれることを決定してもよい。次に、交通変動解析部 206 は、現在のタイムスタンプ  $t = t_{\text{current}}$  での車両の車両速度、および車両速度  $v$  と第 1 の交通ダイアグラム（すべてのレーンが妨害されない、妨害されない交通状況の道路に関連付けられた第 1 の交通ダイアグラム）で示された道路上の交通の流れに関連付けられた車両密度  $\rho$  の関係に基づいて、現在のタイムスタンプ  $t = t_{\text{current}}$  での緩和道路セグメントにおける車両密度  $\rho_{\text{current}}$  を決定することができる。いくつかの実施形態では、緩和道路セグメントがタイムスタンプ  $t = t_{\text{current}}$  で複数の制御可能な車両 103 および / または応答車両 107 を含む場合、交通変動解析部 206 は、これらの車両の平均車両速度を計算し、同様の方法でこれらの車両の平均車両速度を使用してタイムスタンプ  $t = t_{\text{current}}$  での緩和道路セグメントにおける車両密度  $\rho_{\text{current}}$  を決定することができる。図 10A の例を続けると、交通変動解析部 206 は、現在のタイムスタンプ  $t = t_{\text{current}}$  で緩和道路セグメント 1020 の車両密度  $\rho_{\text{current}}$  を 40 台 / km であると決定することができる。

30

40

#### 【0093】

ブロック 606 で、交通変動解析部 206 は、将来のタイムスタンプ  $t = t_{\text{future}}$  で緩和道路セグメントにおける車両密度を推定することができる。いくつかの実施形態では、交通変動解析部 206 は、将来のタイムスタンプ  $t = t_{\text{future}} = t_{\text{current}}$

50

+  $t$  を決定することができ、 $t$  は、現在のタイムスタンプ  $t = t_{\text{current}}$  と将来のタイムスタンプ  $t = t_{\text{future}}$  との間の所定の時間距離であり得る（例えば、2 秒、5 秒、10 秒など）。いくつかの実施形態では、交通変動解析部 206 は、現在のタイムスタンプ  $t = t_{\text{current}}$  での緩和道路セグメントにおける車両密度  $\rho_{\text{current}}$  および交通波の伝搬パラメータに基づいて、将来のタイムスタンプ  $t = t_{\text{future}}$  での緩和道路セグメントにおける平均車両密度  $\rho_{\text{future}}$  を推定し得る。本明細書の他の箇所  
で説明するように、交通波の伝搬パラメータは、道路に沿った交通波の経時的な伝搬を記述してもよい。図 10A の例を続けると、交通変動解析部 206 は、将来のタイムスタンプ  $t = t_{\text{future}} = (t_{\text{current}} + 2\text{s})$  での緩和道路セグメント 1020 の平均車両密度  $\rho_{\text{future}}$  を 60 台 / km であると推定することができる。

10

#### 【0094】

ブロック 608 で、交通変動解析部 206 は、将来のタイムスタンプ  $t = t_{\text{future}}$  での緩和道路セグメントにおける平均車両密度  $\rho_{\text{future}}$  に基づいて、緩和道路セグメントの上流部分の目標交通状態を決定することができる。いくつかの実施形態では、緩和道路セグメントの上流部分の目標交通状態は、将来のタイムスタンプ  $t = t_{\text{future}}$  での緩和道路セグメントにおける平均車両密度  $\rho_{\text{future}}$  に等しい車両密度を有する定常状態であり得る。この実装形態は、この目標交通状態に基づいて決定され、第 1 の制御可能な車両 103 および / または制御可能な近接車両 103 に適用される目標緩和速度が、緩和道路セグメントの上流部分を直接目標交通状態に遷移できるため、特に有利である。  
目標交通状態は、将来のタイムスタンプ  $t = t_{\text{future}}$  での緩和道路セグメントにおける平均車両密度  $\rho_{\text{future}}$  に等しい車両密度を持つ可能性があるため、この実装形態により、交通波が道路の上流にさらに伝搬することを防ぐことができるので、緩和道路セグメントの上流に位置する車両の交通変動を滑らかにする。

20

#### 【0095】

いくつかの実施形態では、交通変動解析部 206 は、妨害されない交通状況の道路に関連付けられた第 1 の交通ダイアグラム上の緩和道路セグメントの上流部分の目標交通状態を決定し得る。特に、交通変動解析部 206 は、将来のタイムスタンプ  $t = t_{\text{future}}$  での緩和道路セグメントにおける平均車両密度  $\rho_{\text{future}}$  に基づいて、緩和道路セグメントの上流部分の目標交通状態を第 1 の交通ダイアグラムに配置することができる。例えば、図 9A に示されるように、交通変動解析部 206 は、将来のタイムスタンプ  $t = t_{\text{future}}$  での緩和道路セグメントにおける推定平均車両密度（例えば、60 台 / km）に基づいて、緩和道路セグメントの上流部分の目標交通状態 A を、妨害されない交通状況の道路に関連付けられた第 1 の交通ダイアグラム 912 に配置し得る。

30

#### 【0096】

図 4 を再び参照すると、ブロック 408 で、目標速度計算部 208 は、妨害されない交通状況の道路に関連付けられた第 1 の交通ダイアグラム、妨害された交通状況の 1 つ以上のオープンレーンに関連付けられた第 2 の交通ダイアグラム、および緩和道路セグメントの上流部分の目標交通状態に基づいて、第 1 の制御可能な車両 103 の目標緩和速度を決定することができる。本明細書の他の箇所  
で説明するように、目標緩和速度は、緩和道路セグメントにおける制御レーンの第 1 の制御可能な車両 103 および / または妨害可能レーンの制御可能な近接車両 103 に適用され得る。

40

#### 【0097】

いくつかの実施形態では、目標緩和速度を決定するために、目標速度計算部 208 は、交通モデルの接線を決してもよく、接線は、妨害されない交通状況の道路に関連付けられた第 1 の交通ダイアグラムの目標交通状態を含んでもよく、妨害された交通状況の 1 つ以上のオープンレーンに関連付けられた第 2 の交通ダイアグラムに接してもよい。例えば、図 9A に示すように、目標速度計算部 208 は、接線 920 を決定してもよく、接線 920 は第 1 の交通ダイアグラム 912 上の目標交通状態 A を含んでもよく、第 2 の交通ダイアグラム 914 に接してもよい。本明細書の他の箇所  
で説明するように、第 1 の交通ダ

50

イアグラム 9 1 2 は、道路のすべてのレーンが妨害されない交通状況で妨害されないので、道路のすべてのレーンを流れる交通の流れを記述することができる。第 2 の交通ダイアグラム 9 1 4 は、制御レーンおよび 1 つ以上の妨害可能レーンが第 1 の制御可能な車両 1 0 3 および制御可能な近接車両 1 0 3 によってそれぞれ妨害され、同時に妨害された交通状況で 1 つ以上のオープンレーンが妨害されないとき、道路の 1 つ以上のオープンレーンを流れる交通の流れを記述することができる。目標交通状態 A は、緩和道路セグメントの上流部分の目標交通状態であり得、将来のタイムスタンプ  $t = t_{future}$  での緩和道路セグメントにおける平均車両密度に等しい車両密度を有し得る。

#### 【 0 0 9 8 】

いくつかの実施形態では、目標速度計算部 2 0 8 は、接線に基づいて、第 2 の交通ダイアグラム上の 1 つ以上のオープンレーンの開始交通状態を決定することができる。1 つ以上のオープンレーンの開始交通状態は、緩和プロセスの開始点での妨害された交通状況での 1 つ以上のオープンレーンの交通状態を示すことができ、緩和を実行するために、制御レーンの第 1 の制御可能な車両 1 0 3 および妨害可能レーンの制御可能な近接車両 1 0 3 に適用される目標緩和速度を決定するために使用され得る。

10

#### 【 0 0 9 9 】

図 9 A に示されるように、1 つ以上のオープンレーンの開始交通状態を決定するために、目標速度計算部 2 0 8 は、接線 9 2 0 が妨害された交通状況の 1 つ以上のオープンレーンに関連付けられた第 2 の交通ダイアグラム 9 1 4 に接する接点 9 2 2 を決定し、1 つ以上のオープンレーンの開始交通状態 B を接点 9 2 2 に決定することができる。代替として、目標速度計算部 2 0 8 は、第 2 の交通ダイアグラム 9 1 4 上の接点 9 2 2 に関連付けられた近接範囲  $B_1 B_2$  を決定してもよく、近接範囲  $B_1 B_2$  は、所定のサイズ（例えば、距離 9 2 4 によって示される）を有してもよく、接点 9 2 2 に近接する第 2 の交通ダイアグラム 9 1 4 上の複数の交通状態を含んでもよい。次に、目標速度計算部 2 0 8 は、第 2 の交通ダイアグラム 9 1 4 上の近接範囲  $B_1 B_2$  から 1 つ以上のオープンレーンの開始交通状態 B をランダムに決定してもよい。1 つ以上のオープンレーンの開始交通状態を決定するための他の実装形態も可能であり、検討されている。

20

#### 【 0 1 0 0 】

いくつかの実施形態では、目標速度計算部 2 0 8 は、交通モデルの状態遷移線を決定してもよい。図 9 A に示されるように、目標速度計算部 2 0 8 は、第 2 の交通ダイアグラム 9 1 4（妨害された交通状況の 1 つ以上のオープンレーンに関連付けられた第 2 の交通ダイアグラム）上に位置する 1 つ以上のオープンレーンの開始交通状態 B、および第 1 の交通ダイアグラム 9 1 2（妨害されていない交通状況の道路に関連付けられた第 1 の交通ダイアグラム）に位置する緩和道路セグメントの上流部分の目標交通状態 A を含む状態遷移線 A B を決定し得る。図 9 A に示されるように、目標速度計算部 2 0 8 が、1 つ以上のオープンレーンの開始交通状態 B を、接線 9 2 0 が第 2 の交通ダイアグラム 9 1 4 に接する接点 9 2 2 であると決定する場合、状態遷移線 A B および接線 9 2 0 は一致してもよく、状態遷移線 A B は開始交通状態 B で第 2 の交通ダイアグラム 9 1 4 に接してもよい。他方、目標速度計算部 2 0 8 が、接点 9 2 2 に関連付けられた近接範囲  $B_1 B_2$  から 1 つ以上のオープンレーンの開始交通状態 B を決定する場合、状態遷移線 A B は、第 2 の交通ダイアグラム 9 1 4 に実質的に接することができる。

30

40

#### 【 0 1 0 1 】

いくつかの実施形態では、目標速度計算部 2 0 8 は、状態遷移線 A B に基づいて、第 1 の制御可能な車両 1 0 3 および / または制御可能な近接車両 1 0 3 の目標緩和速度を決定してもよい。特に、目標速度計算部 2 0 8 は、第 1 の制御可能な車両 1 0 3 および / または制御可能な近接車両 1 0 3 に適用される目標緩和速度  $v_0^*$  を状態遷移線 A B の勾配であると決定することができる。図 9 A に示されるように、状態遷移線 A B の勾配は角度の接線であり得、こうして目標緩和速度  $v_0^*$  は  $\tan(\quad)$  に等しくなり得る。いくつかの実施形態では、目標緩和速度  $v_0^*$  は、道路の制限速度よりも低く、一般に、周囲の車両が道路上を移動する車両速度よりも低い場合がある。

50

## 【 0 1 0 2 】

上述のように、状態遷移線 A B は、妨害された交通状況での 1 つ以上のオープンレーンの開始交通状態 B を含むことができ、開始交通状態 B は、制御レーンとして 1 つ以上のオープンレーンの交通状態を示すことができ、緩和プロセスの開始点で、第 1 の制御可能な車両 1 0 3 および制御可能な近接車両 1 0 3 によって、1 つ以上の妨害可能レーンがそれぞれ妨害される。状態遷移線 A B は、妨害されない交通状況での緩和道路セグメントの上流部分の目標交通状態 A も含むことができる。こうして、第 1 の制御可能な車両 1 0 3 および制御可能な近接車両 1 0 3 は、それらの対応するレーンの状態遷移線 A B の勾配に等しい目標緩和速度  $v_0^*$  で移動するので、開始交通状態 B は目標交通状態 A を達成するために遷移され得る。その結果、緩和道路セグメントの上流部分は、目標交通状態 A に遷移することができる。本明細書の他の箇所では説明するように、目標交通状態 A は、将来のタイムスタンプ  $t = t_{future}$  での緩和道路セグメント 1 0 2 0 の平均車両密度に等しい車両密度を有することができる。こうして、緩和道路セグメント 1 0 2 0 の上流部分が目標交通状態 A に遷移されると、交通波が道路の上流にさらに伝搬することを防止することができる。

10

## 【 0 1 0 3 】

加えて、緩和道路セグメントが単一の（例えば、1 つのみ）オープンレーンを含む場合、第 1 の制御可能な車両 1 0 3 および制御可能な近接車両 1 0 3 は、対応するレーンの状態遷移線 A B の勾配に等しい目標緩和速度  $v_0^*$  で移動するので、唯一のオープンレーンを流れる交通の流れが、対応するレーンを移動する第 1 の制御可能な車両 1 0 3 および / または制御可能な近接車両 1 0 3 を通過する通過流量は、達成が必要な目標交通状態 A が与えられている場合には、最大化され得る。緩和道路セグメントが複数のオープンレーンを含む場合、第 1 の制御可能な車両 1 0 3 および制御可能な近接車両 1 0 3 は、対応するレーンの状態遷移線 A B の勾配に等しい目標緩和速度  $v_0^*$  で移動するので、複数のオープンレーンを流れる交通の流れが、対応するレーンを移動する第 1 の制御可能な車両 1 0 3 および / または制御可能な近接車両 1 0 3 を通過する全体の通過流量は、達成が必要な目標交通状態 A が与えられている場合には、最大化され得る。この有利な効果は、図 9 B を参照して以下で詳細に説明される。

20

## 【 0 1 0 4 】

図 9 B は、道路の緩和道路セグメントに関連付けられた一例示的な車両通過モデル 9 0 4 を示し、車両通過モデル 9 0 4 は、道路の緩和道路セグメントに関連付けられた交通モデル 9 0 2 に基づいて生成され得る。本明細書の他の箇所では説明するように、交通モデル 9 0 2 は、流量  $q$  と様々な交通の流れの車両密度 との間の関係を記述する交通ダイアグラムを含むことができ、各交通の流れは特定の交通状況で 1 つ以上の特定のレーンを流れることができる。例えば、交通モデル 9 0 2 の第 2 の交通ダイアグラム 9 1 4 は、流量  $q$  と、妨害された交通状況の道路の 1 つ以上のオープンレーンを流れる交通の流れの車両密度 との間の関係を記述することができる。いくつかの実施形態では、車両通過モデル 9 0 4 は、通過流量  $q^*$  とこれらの交通の流れの車両密度 との間の関係を記述する対応する通過ダイアグラムを含むことができる。

30

## 【 0 1 0 5 】

いくつかの実施形態では、特定のレーンを流れる交通の流れの流量  $q$  は、所定の時間期間に静的な観測点を通過するこれらの特定のレーンを移動する車両の数を示してもよい。他方、同じ交通の流れの通過流量  $q^*$  は、動的な観測点が観測者速度  $v_0$  で移動するとき、動的な観測点を通過するこれらの特定のレーンを移動する車両の数を示してもよい。いくつかの実施形態では、同じ交通の流れの流量  $q$  および通過流量  $q^*$  は、以下の式 2 によって互いに関連し得る。

40

$$\text{通過流量 } q^* = \text{流量 } q - \text{観測者速度 } v_0^* \times \text{車両密度} \quad [\text{式 2}]$$

こうして、いくつかの実施形態では、モデル生成部 2 0 4 は、式 2 および動的観測点の観測者速度  $v_0$  を使用して、交通モデル 9 0 2 の対応する交通ダイアグラムから車両通過モデル 9 0 4 の通過ダイアグラムを導出することができる。動的な観測点の一例は、対応

50

するレーンを車両速度  $v = v_0$  で移動する第 1 の制御可能な車両 103 および / または制御可能な近接車両 103 であり得る。

【0106】

式 2 によれば、第 1 の制御可能な車両 103 および制御可能な近接車両 103 が、対応するレーンを車両速度  $v = 0$  で移動する場合、観察者速度  $v_0 = 0$  および通過流量  $q^* =$  流量  $q$  である。したがって、図 9 B に示されるように、モデル生成部 204 は、交通モデル 902 の第 1 の交通ダイアグラム 912 および第 2 の交通ダイアグラム 914 を、第 1 の制御可能な車両 103 および制御可能な近接車両 103 が対応するレーンを車両速度  $v = 0$  で移動するシナリオの車両通過モデル 904 の対応する通過ダイアグラムであると認識し得る。いくつかの実施形態では、第 1 の制御可能な車両 103 および制御可能な近接車両 103 が、対応するレーンを目標緩和速度  $v_0^*$  で移動する場合、観察者速度  $0 =$  目標緩和速度  $v_0^* = \tan(\quad)$  である。図 9 B に示されるように、モデル生成部 204 は、第 1 の交通ダイアグラム 912 に対応する第 1 の通過ダイアグラム 932 を生成し、第 1 の制御可能な車両 103 および制御可能な近接車両 103 が、対応するレーンを目標緩和速度  $v_0^* = \tan(\quad)$  で移動するシナリオの第 2 の交通ダイアグラム 914 に対応する第 2 の通過ダイアグラム 934 を生成し得る。式 2 によれば、第 1 の通過ダイアグラム 932 は第 1 の交通ダイアグラム 912 に関連し得、第 2 の通過ダイアグラム 934 は以下の式 3 によって第 2 の交通ダイアグラム 914 に関連し得る。

$$q^* = q - \tan(\quad)^* \quad \text{式 [ 3 ]}$$

【0107】

式 3 によれば、開始交通状態 B に対応する通過流量  $q_B^*$  および  $q_A^*$  は、以下のように決定され得る。

$$q_B^* = q_B - \tan(\quad)^* \quad q_B = B B_2 - B B_1 = B_1 B_2 = q_0^* \quad \text{式 [ 4 ]}$$

$$q_A^* = q_A - \tan(\quad)^* \quad q_A = A A_2 - A A_1 = A_1 A_2 = q_0^* \quad \text{式 [ 5 ]}$$

式 4 に示すように、 $q_B^* = B_1 B_2$  であり、こうして、第 2 の交通ダイアグラム 914 に位置する開始交通状態 B は、第 1 の制御可能な車両 103 および制御可能な近接車両 103 が目標緩和速度  $v_0^*$  で対応するレーンを移動するシナリオの第 2 の通過ダイアグラム 934 に位置する開始交通状態  $B_1$  に対応し得る。同様に、式 5 に示すように、 $q_A^* = A_1 A_2$  であり、こうして、第 1 の交通ダイアグラム 912 に位置する開始交通状態 A は、第 1 の制御可能な車両 103 および制御可能な近接車両 103 が目標緩和速度  $v_0^*$  で対応するレーンを移動するシナリオの第 1 の通過ダイアグラム 932 に位置する目標交通状態  $A_1$  に対応し得る。

【0108】

式 4 および式 5 に示すように、第 2 の通過ダイアグラム 934 に位置する開始交通状態  $B_1$  および第 1 の通過ダイアグラム 932 に位置する目標交通状態  $A_1$  は、状態遷移線 A B が開始交通状態 B で第 2 の交通ダイアグラム 914 に接し、第 1 の制御可能な車両 103 および制御可能な近接車両 103 に適用される目標緩和速度  $v_0^*$  が、図 9 B に示すとおり状態遷移線 A B の勾配（例えば、 $\tan(\quad)$ ）に等しいために、同じ通過流量  $q_B^* = q_0^*$  および  $q_A^* = q_0^*$  を有することがある。こうして、第 2 の通過ダイアグラム 934 に位置する開始交通状態  $B_1$  および第 1 の通過ダイアグラム 932 に位置する目標交通状態  $A_1$  は、図 9 B に示すように通過流量  $q_B^* = q_0^*$  に対応する同じ水平線に属し得る。

【0109】

いくつかの実施形態では、緩和道路セグメントが単一のオープンレーンを含む場合、開始交通状態  $B_1$  は、唯一のオープンレーンを流れる交通の流れが、目標緩和速度  $v_0^*$  で対応するレーンを移動する第 1 の制御可能な車両 103 および / または制御可能な近接車両 103 を通過する通過流量を示してもよい。緩和道路セグメントが複数のオープンレーンを含む場合、開始交通状態  $B_1$  は、複数のオープンレーンを流れる交通の流れが、目標緩和速度  $v_0^*$  で対応するレーンを移動する第 1 の制御可能な車両 103 および / または制御可能な近接車両 103 を通過する全体の通過流量を示してもよい。こうして、第 2 の通

過ダイアグラム 9 3 4 に位置する開始交通状態  $B_1$  および第 1 の通過ダイアグラム 9 3 2 に位置する目標交通状態  $A_1$  は、図 9 B に示すように通過流量  $q^* = q_0^*$  に対応する同じ水平線に属するので、達成が必要な目標交通状態  $A$  に対応する目標交通状態  $A_1$  が与えられる場合、開始交通状態  $B_1$  によって示される流量または全体の通過流量は最大化され得る。したがって、第 1 の制御可能な車両 1 0 3 および / または制御可能な近接車両 1 0 3 は、対応するレーンを目標緩和速度  $v_0^*$  で移動するので、これらの制御可能な車両 1 0 3 は、対応するレーンの交通の流れを妨害して、達成が必要な目標交通状態  $A$  で許可されている 1 つ以上のオープンレーンを通して通過する車両の数を最大化することができる。

【 0 1 1 0 】

図 9 B に示すように、目標速度計算部 2 0 8 は、開始交通状態  $B$  を接線 9 2 0 の接点 9 2 2 と決定することができ、こうして、状態遷移線  $AB$  は、車両通過モデル 9 0 4 の開始交通状態  $B$  で第 2 の交通ダイアグラム 9 1 4 に接することができる。上述のように、この実装形態によって、開始交通状態  $B_1$  が最大化されることにより示されるように、1 つ以上のオープンレーンを通して流れる交通の流れの通過流量または全体の通過流量が生じ得る。本明細書の他の箇所の説明するように、目標速度計算部 2 0 8 は、接点 9 2 2 に関連付けられた近接範囲  $B_1 B_2$  から開始交通状態  $B$  を決定することができ、こうして状態遷移線  $AB$  は、第 2 の交通ダイアグラム 9 1 4 に実質的に接することができる。この実装形態は、1 つ以上のオープンレーンを流れる交通の流れの通過流量 / 全体の通過流量を最大化しない場合があるが、目標交通状態  $A$  が与えられた場合、通過流量 / 全体の通過流量を通過流量 / 全体の通過流量の最大値に近い値まで増加させる場合がある（例えば、これらの 2 つの値の差が近接範囲  $B_1 B_2$  の所定のサイズに応じて、閾値の差を満たし得る）。

【 0 1 1 1 】

いくつかの実施形態では、目標速度計算部 2 0 8 は、状態遷移線  $AB$  に対応する状態遷移線  $A_1 B_1$  と第 1 の通過ダイアグラム 9 3 2 との間の交点を結果の交通状態  $C$  と決定することができる。したがって、第 1 の制御可能な車両 1 0 3 および / または制御可能な近接車両 1 0 3 が対応するレーンを目標緩和速度  $v_0^*$  で移動する場合、緩和道路セグメントの上流部分は、目標交通状態  $A$  に対応する目標交通状態  $A_1$  に遷移することができ、緩和道路セグメントの下流に位置する道路セグメントであるが、交通渋滞の上流（本明細書では単に下流道路セグメントとも呼ばれる）は、結果の交通状態  $C$  に遷移することができる。第 1 の通過ダイアグラム 9 3 2 上に示されるように、下流道路セグメントで達成された結果の交通状態  $C$  は同じ通過流量 / 全体の通過流量  $q_0^*$  を有する可能性があるが、緩和道路セグメントの上流部分で達成された目標交通状態  $A_1$  と比較してより低い車両密度を有する可能性がある。こうして、下流道路セグメントで達成される結果の交通状態  $C$  は、緩和道路セグメントの上流部分と比較してより低い車両密度を伴う交通領域が交通渋滞に向い道路に沿って前方に伝搬する場合のある前方衝撃波をもたらす可能性があり、こうして交通渋滞を緩和することができる。

【 0 1 1 2 】

図 1 0 B は、図 1 0 A に示された交通渋滞状態 1 0 0 0 を緩和するための、道路 1 0 1 0 上の調整された交通の流れの一例 1 0 0 2 を示している。本明細書の他の箇所説明するように、この例では、目標緩和速度  $v_0^*$  は、制御レーン 1 0 0 5 を移動する第 1 の制御可能な車両  $C_1 0 5 0$ 、妨害可能レーン 1 0 0 3 を移動する制御可能な近接車両  $C_1 0 3 0$ 、緩和道路セグメント 1 0 2 0 の妨害可能レーン 1 0 0 9 を移動する制御可能な近接車両  $C_1 0 9 0$  に適用され得る。本明細書の他の箇所説明するように、目標緩和速度  $v_0^*$  は、道路 1 0 1 0 の速度制限（例えば、1 2 0 km/h）よりも低く、一般に、制御可能な車両  $C_1 0 5 0$ 、 $C_1 0 3 0$ 、 $C_1 0 9 0$  を取り囲む他の車両の車両速度よりも低くてもよい。その結果、第 1 の制御可能な車両  $C_1 0 5 0$ 、制御可能な近接車両  $C_1 0 3 0$ 、制御可能な近接車両  $C_1 0 9 0$  は、目標緩和速度  $v_0^*$  で対応するレーンを移動するとき、それぞれ制御レーン 1 0 0 5、妨害可能レーン 1 0 0 3、妨害可能レーン 1 0 0 9 の交通の流れを妨害する可能性がある。

## 【 0 1 1 3 】

この例では、制御レーン 1 0 0 5、妨害可能レーン 1 0 0 3、妨害可能レーン 1 0 0 9 の交通の流れが妨害されているため、制御レーン 1 0 0 5、妨害可能レーン 1 0 0 3、妨害可能レーン 1 0 0 9 の第 1 の制御可能な車両 C 1 0 5 0、制御可能な近接車両 C 1 0 3 0、制御可能な近接車両 C 1 0 9 0 の後ろを移動する他の車両は、レーン変更ストリーム 1 0 4 0 によって示されるように、より速い移動のためにオープンレーン 1 0 0 7 にシフトすることが可能である場合、1 つ以上のレーン変更操作を実行する可能性が高い。本明細書の他の箇所で説明するように、制御可能な車両 C 1 0 5 0、C 1 0 3 0、C 1 0 9 0 に適用される目標緩和速度  $v_0^*$  は、緩和道路セグメント 1 0 2 0 の上流部分で達成されるべき目標交通状態が与えられると、オープンレーン 1 0 0 7 を流れる交通の流れが制御可能な車両 C 1 0 5 0、C 1 0 3 0、C 1 0 9 0 を通過する通過流量を最大化する（または通過流量を通過流量の最大値に近い値まで増加させる）ことができる。こうして、制御可能な車両 C 1 0 5 0、C 1 0 3 0、C 1 0 9 0 は、対応するレーンの交通の流れを妨害して、渋滞エリア 1 0 1 2 に向かう上流の交通を制限すると同時に、下流道路セグメント 1 0 2 2 が収容できるこの上流交通の一部を依然として許可する可能性があり、緩和道路セグメント 1 0 2 0 の上流部分で目の交通状態を達成するために、オープンレーン 1 0 0 7 を前進する。

10

## 【 0 1 1 4 】

図 1 0 B に示すように、オープンレーン 1 0 0 7 を移動する車両が制御可能な車両 C 1 0 5 0、C 1 0 3 0、および C 1 0 9 0 を通過すると、これらの車両は、レーン変更ストリーム 1 0 4 2 によって示されるように、オープンレーン 1 0 0 7 から下流道路セグメント 1 0 2 2 の他のレーンにシフトできる場合、1 つ以上のレーン変更操作を実行できる。制御レーン 1 0 0 5、妨害可能レーン 1 0 0 3、妨害可能レーン 1 0 0 9 の交通の流れが妨害され、上流交通の限られた部分のみがオープンレーン 1 0 0 7 を通って下流道路セグメント 1 0 2 2 に到達できるため、下流道路セグメント 1 0 2 2 は緩和道路セグメント 1 0 2 0 の上流部分と比較して、より低い車両密度を有し得る。こうして、渋滞エリア 1 0 1 2 に後方から接近する交通は低下した車両密度を有し、いくつかの車両が前方で渋滞エリア 1 0 1 2 を離れる可能性があるため、渋滞エリア 1 0 1 2 の交通渋滞を緩和し、最終的に十分に対処することができる。

20

## 【 0 1 1 5 】

加えて、上述のように、目標緩和速度  $v_0^*$  で移動する制御可能な車両 C 1 0 5 0、C 1 0 3 0、C 1 0 9 0 は、緩和道路セグメント 1 0 2 0 の上流部分で目標交通状態を達成するために、上流交通の一部がオープンレーン 1 0 0 7 を通って前方に進むことを可能にし得る。本明細書の他の箇所で説明するように、目標交通状態は、将来のタイムスタンプでの緩和道路セグメントにおける平均車両密度に等しい車両密度を有する定常状態であり得る。将来のタイムスタンプでの緩和道路セグメントの平均車両密度に等しい車両密度を有する目標交通状態が、緩和道路セグメント 1 0 2 0 の上流部分で達成されるため、交通渋滞によって引き起こされる交通波が道路 1 0 1 0 の上流へさらに伝搬するのを防止され得る。こうして、制御可能な車両 C 1 0 5 0、C 1 0 3 0、C 1 0 9 0 に適用されたときに交通緩和アプリケーション 1 2 0 によって決定された目標緩和速度  $v_0^*$  は、緩和道路セグメント 1 0 2 0 の下流に位置する交通渋滞を解決でき、また緩和道路セグメント 1 0 2 0 の上流に位置する車両が、交通波の伝搬によって引き起こされる交通変動の影響を受けることも防止できる。

30

40

## 【 0 1 1 6 】

いくつかの実施形態では、目標速度計算部 2 0 8 が目標緩和速度  $v_0^*$ （例えば、7 0 km/h）を決定すると、目標緩和速度  $v_0^*$  を制御レーンの第 1 の制御可能な車両 1 0 3 および 1 つ以上の妨害可能レーンの制御可能な近接車両 1 0 3 に適用するために、交通緩和アプリケーション 1 2 0 は、目標緩和速度  $v_0^*$  を含む交通緩和命令を第 1 の制御可能な車両 1 0 3 および制御可能な近接車両 1 0 3 に提供することができる。いくつかの実施形態では、交通緩和アプリケーション 1 2 0 は、これらの制御可能な車両 1 0 3 の 1 つ

50

以上の出力デバイスを介して、運転者に目標緩和速度  $v_0^*$  を含むガイダンスメッセージを生成および表示することができる。例えば、第1の制御可能な車両103のタッチスクリーン上で、交通緩和アプリケーション120は、第1の制御可能な車両103の車両位置および道路上の渋滞を表す動的なグラフィカルマップをガイダンスメッセージ（例えば、「交通渋滞を緩和し、交通変動を滑らかにするために、車両速度を70 km/hに調整してください」）と一緒に表示することができる。代替として、ガイダンスメッセージは、第1の制御可能な車両103の運転者がそれに応じて第1の制御可能な車両103の車両速度を追跡し調整するための音声命令の形で提供されてもよい。

#### 【0117】

いくつかの実施形態では、交通緩和アプリケーション120は、目標緩和速度  $v_0^*$ （例えば、70 km/h）を、第1の制御可能な車両103および制御可能な近接車両103の制御ユニット（例えば、ECU）に通信することができる。制御ユニットは、これらの制御可能な車両103の速度アクチュエータを作動させて、これらの制御可能な車両103の車両速度を目標緩和速度  $v_0^*$  に調整することができる。結果として、第1の制御可能な車両103および制御可能な近接車両103は、車両速度を目標緩和速度  $v_0^*$  に自動的に適合させることができ、それによって道路上の交通渋滞および交通変動を緩和する。

#### 【0118】

上述のように、交通緩和アプリケーション120は、緩和道路セグメントにおける第1の制御可能な車両103および制御可能な近接車両103の両方に目標緩和速度  $v_0^*$  を適用することができる。緩和道路セグメントにおける第1の制御可能な車両103または制御可能な近接車両103の観点から、緩和道路セグメントは、緩和道路セグメントで互いに近接して位置する制御可能な車両103の同じセットに起因する同じ数の制御レーン、妨害可能レーン、およびオープンレーンを含み得る。その結果、第1の制御可能な車両103および各制御可能な近接車両103に対して生成された交通モデル902（妨害されていない交通状況の道路に関連付けられた第1の交通ダイアグラム912および妨害された交通状況の1つ以上のオープンレーンに関連付けられた第2の交通ダイアグラム914を含む）は、互いに同一であり得、こうして、第1の制御可能な車両103および制御可能な近接車両103に対して決定された目標緩和速度  $v_0^*$  は同じ値を有し得る。いくつかの実施形態では、交通緩和アプリケーション120は、第1の制御可能な車両103の目標緩和速度  $v_0^*$  を決定し、次に、緩和道路セグメントにおける第1の制御可能な車両103および制御可能な近接車両103の両方に目標緩和速度  $v_0^*$  を適用してもよい。

#### 【0119】

いくつかの実施形態では、道路上の交通渋滞および/または交通変動の緩和を促進するために、交通緩和アプリケーション120は、第1の制御可能な車両103の車両速度の制御を、緩和道路セグメントにおける第1の制御可能な車両103に近接して制御可能な近接車両103が位置するまで遅らせることができる。この実装形態については、図8を参照して以下で詳細に説明する。しかしながら、交通緩和アプリケーション120は、上述の実施形態を備えた単一の制御可能な車両103を使用して、交通渋滞および/または交通変動を緩和することができることを理解していただきたい。

#### 【0120】

図8は、交通渋滞に対処し、交通変動を緩和するための一例示的な方法800のフローチャートである。ブロック802において、交通緩和イニシエータ202は、道路の緩和道路セグメントに沿って移動する第1の制御可能な車両103および第2の制御可能な車両103を決定してもよい。いくつかの実施形態では、交通緩和イニシエータ202は、図3を参照して上述したように緩和道路セグメントに沿って移動する第1の制御可能な車両103を決定すると同様の方法で第1の制御可能な車両103および緩和道路セグメントを決定することができる。次に、緩和イニシエータ202は、緩和道路セグメントに沿って移動する他の制御可能な車両103を決定し、第1の制御可能な車両103と他の制御可能な車両103との間の距離が近接距離閾値（例えば、5 m未満）を満たさないと

10

20

30

40

50



決定してもよい。したがって、緩和イニシエータ 202 は、緩和道路セグメントにおける第 1 の制御可能な車両 103 に近接して現在位置している制御可能な近接車両 103 がないと決定することができる。

#### 【0121】

いくつかの実施形態では、第 2 の制御可能な車両 103 を決定するために、緩和イニシエータ 202 は、候補の制御可能な車両 103 と第 1 の制御可能な車両 103 との間の距離が初期車両距離閾値（例えば、5 m を超え 20 m 未満）を満たす緩和道路セグメントに沿って移動する候補の制御可能な車両 103 を決定し、これらの候補の制御可能な車両 103 から第 2 の制御可能な車両 103 をランダムに選択してもよい。いくつかの実施形態では、緩和イニシエータ 202 は、これらの候補の制御可能な車両 103の中から、候補の制御可能な車両 103 と第 2 の制御可能な車両 103 である第 1 の制御可能な車両 103 との間で最短距離を有する候補制御可能な車両 103 を選択してもよい。いくつかの実施形態では、緩和イニシエータ 202 が、第 1 の制御可能な車両 103 と緩和道路セグメント上を移動する他の制御可能な車両 103 との間の距離が初期車両距離閾値を満たさない決定する場合、緩和イニシエータ 202 は、これらの制御可能な車両 103 が互いに遠く離れて位置していると決定することができる。その状態では、交通緩和アプリケーション 120 は、これらの制御可能な車両 103 の車両速度を個別に制御して、道路上の交通渋滞および交通変動を緩和することができる。

10

#### 【0122】

ブロック 804 で、交通緩和イニシエータ 202 は、第 1 の制御可能な車両 103 と第 2 の制御可能な車両 103 との間の距離を監視することができる。ブロック 806 で、交通緩和イニシエータ 202 は、第 1 の制御可能な車両 103 と第 2 の制御可能な車両 103 との間の距離が、現在のタイムスタンプ  $t = t_{\text{current}}$  で近接距離閾値（例えば、5 m 未満）を満たすかどうかを決定し得る。第 1 の制御可能な車両 103 と第 2 の制御可能な車両 103 との間の距離が現在のタイムスタンプで近接距離閾値を満たさない場合、方法 800 はブロック 804 に進み、第 1 の制御可能な車両 103 と第 2 の制御可能な車両 103 の間との距離の監視を継続する。第 1 の制御可能な車両 103 と第 2 の制御可能な車両 103 との間の距離が現在のタイムスタンプで近接距離閾値を満たす場合、交通緩和イニシエータ 202 は、第 2 の制御可能な車両 103 を第 1 の制御可能な車両 103 に関連付けられた制御可能な近接車両 103 と決定することができる。次に、方法 800 は、緩和プロセスを開始するためにブロック 806 に進むことができる。いくつかの実施形態では、交通緩和イニシエータ 202 は、複数の第 2 の制御可能な車両 103 を決定することができる。交通緩和アプリケーション 120 は、第 1 の制御可能な車両 103 とこれらの第 2 の制御可能な車両 103 が互いに近接して位置するときに緩和プロセスを開始することができる。

20

30

#### 【0123】

いくつかの実施形態では、交通緩和アプリケーション 120 は、第 1 の制御可能な車両 103 および第 2 の制御可能な車両 103 を制御可能な近接車両 103 として緩和プロセスを実行することができる。この緩和プロセスは、図 3 ~ 図 7 を参照して前述した緩和プロセスと同様の方法で実行できる。例えば、ブロック 808 で、交通緩和イニシエータ 202 は、緩和道路セグメントにおける制御レーンおよび妨害可能レーンを決定することができる。制御レーンは、第 1 の制御可能な車両 103 を含むことができ、第 1 の制御可能な車両 103 によって妨害可能であり得る。妨害可能レーンは、第 2 の制御可能な車両 103 を含むことができ、第 2 の制御可能な車両 103 によって妨害可能であり得る。ブロック 810 で、交通緩和イニシエータ 202 は、緩和道路セグメントにおける 1 つ以上のオープンレーンを決定することができる。一例では、1 つ以上のオープンレーンは、制御レーンに隣接する（例えば、直接隣接するか間接的に隣接する）場合がある。いくつかの実施形態では、1 つ以上のオープンレーンは、第 1 の制御可能な車両 103 および第 2 の制御可能な車両 103 を除外することができ、こうして、1 つ以上のオープンレーンを流れる交通の流れは妨害され得ない。

40

50

## 【 0 1 2 4 】

ブロック 8 1 2 で、交通緩和アプリケーション 1 2 0 は、目標緩和速度を、制御レーンの第 1 の制御可能な車両 1 0 3 および妨害可能レーンの第 2 の制御可能な車両 1 0 3 に適用することができる。本明細書の他の箇所でも説明するように、モデル生成部 2 0 4、交通変動解析部 2 0 6、および目標速度計算部 2 0 8 は、1 つ以上のオープンレーンの交通状態（例えば、開始交通状態 B）および緩和道路セグメントの上流部分の目標交通状態（例えば、目標交通状態 A）に基づいて第 1 の制御可能な車両 1 0 3 の目標緩和速度を決定することができる。緩和道路セグメントが単一のオープンレーンを含む場合、制御レーンの第 1 の制御可能な車両 1 0 3 および妨害可能レーンの第 2 の制御可能な車両 1 0 3 に適用される目標緩和速度は、交通渋滞を緩和し、交通変動を滑らかにするために、緩和道路セグメントにおける唯一のオープンレーンを流れる交通の流れを調整することができる。緩和道路セグメントが複数のオープンレーンを含む場合、制御レーンの第 1 の制御可能な車両 1 0 3 および妨害可能レーンの第 2 の制御可能な車両 1 0 3 に適用される目標緩和速度は、交通渋滞を緩和し、交通変動を滑らかにするために、緩和道路セグメントにおける複数のオープンレーンを流れる交通の流れを調整することができる。

10

## 【 0 1 2 5 】

したがって、上述のように、交通緩和アプリケーション 1 2 0 は、これらの制御可能な車両 1 0 3 によって緩和道路セグメントにおける複数のレーンを同時に妨害するために互いに近くに位置する複数の制御可能な車両 1 0 3 が存在するまで、緩和道路セグメントにおける制御可能な車両 1 0 3 の車両速度の制御を遅らせることができる。この実装形態は、道路上の交通渋滞および交通変動の緩和を促進できるため、特に有利である。特に、緩和道路セグメントにおける複数のレーンが複数の制御可能な車両 1 0 3 によって同時に妨害されるため、緩和道路セグメントにおけるオープンレーンの数が制限される可能性があり、こうして、これらのオープンレーンを流れる交通の流れの流量は減少され得る。本明細書の他の箇所でも説明するように、オープンレーンを流れる交通の流れの流量は、図 9 A の第 2 の交通ダイアグラム 9 1 4 によって示され得る。オープンレーンを流れる交通の流れの流量が減少すると、状態遷移線 A B の勾配が増加し得、こうして目標緩和速度  $v_0^*$  も増加する可能性がある。結果として、目標緩和速度  $v_0^*$  が適用される第 1 の制御可能な車両 1 0 3 および第 2 の制御可能な車両 1 0 3 は、緩和プロセス中により高い車両速度で前進することができ、それによって交通渋滞および交通変動を緩和するために必要な時間を削減する。

20

30

## 【 0 1 2 6 】

上記の説明では、説明の目的で、本開示の徹底的な理解を提供するために多くの特定の詳細が述べられている。しかしながら、本明細書で説明する技術は、これらの特定の詳細がなくても実施できることを理解していただきたい。さらに、説明を不明瞭にしないために、様々なシステム、デバイス、および構造がブロック図形式で示されている。例えば、特定のハードウェア、ソフトウェア、およびユーザインターフェイスを有するものとして様々な実装形態が説明されている。しかしながら、本開示は、データおよびコマンドを受信できるあらゆるタイプのコンピューティングデバイス、およびサービスを提供するあらゆる周辺デバイスに適用される。

40

## 【 0 1 2 7 】

場合によっては、本明細書では、コンピュータメモリ内のデータビットに対する操作のアルゴリズムおよび記号表現に関して、様々な実装を提示することができる。ここで、そして一般に、アルゴリズムは、所望の結果を導く一貫した操作のセットであると考えられる。操作は、物理量の物理的な操作を必要とするものである。通常、必ずしもではないが、これらの量は、記憶、転送、結合、比較、および他の操作が可能な電気信号または磁気信号の形式をとる。主に一般的な使用上の理由から、これらの信号をビット、値、要素、記号、文字、用語、数字などと呼ぶと便利な場合があることが証明されている。

## 【 0 1 2 8 】

しかしながら、これらの用語および類似の用語は、全て適切な物理量に関連付けられる

50

ものであり、これらの量に適用される便利なラベルにすぎないことに留意すべきである。以下の説明から明らかであると特に明記しない限り、本開示全体を通して、「処理 (processing)」、「計算 (computing)」、「計算 (calculating)」、「判定 (determining)」、「表示 (displaying)」などを含む用語を利用する説明は、コンピュータシステムのレジスタおよびメモリ内の物理 (電子) 量として表されるデータを、コンピュータシステムのメモリまたはレジスタ、または他のそのような情報の記憶、送信、または表示デバイス内の物理量として同様に表される他のデータに操作および変換するコンピュータシステムまたは同様の電子コンピューティングデバイスの動作およびプロセスを指すことが理解される。

#### 【0129】

本明細書で説明される様々な実装は、本明細書の動作を実行するための装置に関連することができる。この装置は、必要な目的のために特別に構築されてもよく、またはコンピュータに記憶されたコンピュータプログラムによって選択的に起動または再構成される汎用コンピュータを備えてもよい。そのようなコンピュータプログラムは、これらに限定されるものではないが、それぞれコンピュータシステムバスに結合された、フロッピーディスク、光ディスク、CDROM、および磁気ディスクを含む任意のタイプのディスク、読み取り専用メモリ (ROM)、ランダムアクセスメモリ (RAM)、EPROM、EEPROM、磁気カードまたは光学カード、不揮発性メモリを有するUSBキーを含むフラッシュメモリ、または電子命令を記憶するのに適した任意のタイプの媒体を含むコンピュータ可読記憶媒体に記憶されることができる。

#### 【0130】

本明細書で説明される技術は、完全にハードウェア実装、完全にソフトウェア実装、またはハードウェア要素とソフトウェア要素との両方を含む実装の形式をとることができる。例えば、本技術は、これらに限定されるものではないが、ファームウェア、常駐ソフトウェア、マイクロコードなどを含むソフトウェアにおいて実装されることができる。さらにまた、本技術は、コンピュータまたは任意の命令実行システムによってまたはそれらに関連して使用するためのプログラムコードを提供するコンピュータ使用可能またはコンピュータ可読媒体からアクセス可能なコンピュータプログラム製品の形式をとることができる。この説明の目的のために、コンピュータ使用可能またはコンピュータ可読媒体は、命令実行システム、装置、またはデバイスによってまたはそれらに関連して使用するためのプログラムを含む、記憶する、通信する、伝播する、または転送することができる任意の非一時的記憶装置とすることができる。

#### 【0131】

プログラムコードを記憶および / または実行するのに適したデータ処理システムは、システムバスを介してメモリ要素に直接的にまたは間接的に結合された少なくとも1つのプロセッサを含むことができる。メモリ要素は、プログラムコードの実際の実行中に使用されるローカルメモリ、バルクストレージ、および実行中にバルクストレージからコードが取得される必要がある回数を減らすために少なくとも一部のプログラムコードの一時的なストレージを提供するキャッシュメモリを含むことができる。入力 / 出力またはI/Oデバイス (これらに限定されるものではないが、キーボード、ディスプレイ、ポインティングデバイスなどを含む) は、直接的にまたは介在するI/Oコントローラを介してシステムに結合されることができる。

#### 【0132】

ネットワークアダプタはまた、システムに結合され、プライベートネットワークおよび / またはパブリックネットワークを介して、データ処理システムを他のデータ処理システム、ストレージデバイス、リモートプリンタなどに結合されるようにすることもできる。無線 (例えば、Wi-FiTM) トランシーバ、イーサネットアダプタ、およびモデムは、ネットワークアダプタのほんの数例である。プライベートネットワークおよびパブリックネットワークは、任意の数の構成および / またはトポロジを有することができる。例えば、様々なインターネット層、トランスポート層、またはアプリケーション層プロトコル

10

20

30

40

50

を含む様々な異なる通信プロトコルを使用して、ネットワークを介してこれらのデバイス間でデータを送信することができる。例えば、データは、伝送制御プロトコル/インターネットプロトコル(TCP/IP)、ユーザデータグラムプロトコル(UDP)、伝送制御プロトコル(TCP)、ハイパーテキスト転送プロトコル(HTTP)、セキュアハイパーテキスト転送プロトコル(HTTPS)、ダイナミックアダプティブストリーミングオーバーHTTP(DASH)、リアルタイムストリーミングプロトコル(RTSP)、リアルタイムトランスポートプロトコル(RTP)およびリアルタイムトランスポートコントロールプロトコル(RTCP)、ボイスオーバーインターネットプロトコル(VOIP)、ファイル転送プロトコル(FTP)、WebSocket(WS)、ワイヤレスアクセスプロトコル(WAP)、様々なメッセージングプロトコル(SMS、MMS、XMS、IMAP、SMTP、POP、WebDAVなど)、またはその他の既知のプロトコルを使用したネットワークを介して送信されることができる。

10

#### 【0133】

最後に、本明細書で提示される構造、アルゴリズム、および/またはインターフェースは、任意の特定のコンピュータまたは他の装置に本質的に関連付けられるものではない。本明細書の教示にしたがって、様々な汎用システムをプログラムとともに使用することができ、または必要な方法ブロックを実行するためのより特殊な装置を構築することが便利であることが証明されることができる。これらの様々なシステムに必要な構造は、上記の説明から明らかである。さらに、仕様は、任意の特定のプログラミング言語を参照して説明されていない。本明細書に記載の仕様の教示を実装するために、様々なプログラミング言語を使用することが理解される。

20

#### 【0134】

上記の説明は、例示および説明の目的で提示されている。網羅的であること、または開示された正確な形式に仕様を限定することは意図されていない。上記の教示に照らして、多くの変更および変形が可能である。本開示の範囲は、この詳細な説明によってではなく、むしろ本特許出願の特許請求の範囲によって限定されることが意図されている。当業者によって理解されるように、本明細書は、その精神または本質的な特徴から逸脱することなく、他の特定の形態で具現化されることができる。同様に、モジュール、ルーチン、特徴、属性、方法論、およびその他の態様の特定の命名および分割は、必須または重要ではなく、仕様またはその特徴を実装するメカニズムは、異なる名称、分割、および/または形式を有することができる。

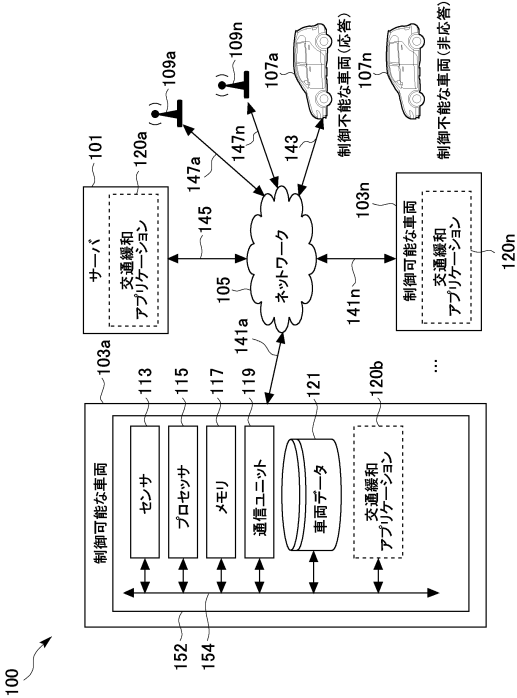
30

#### 【0135】

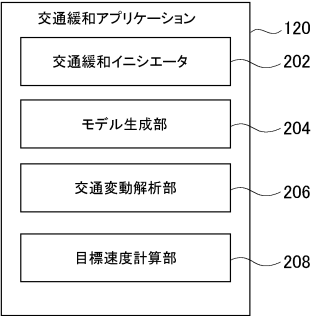
さらにまた、本開示のモジュール、ルーチン、特徴、属性、方法論、および他の態様は、ソフトウェア、ハードウェア、ファームウェア、または前述の任意の組み合わせとして実装されることができる。また、本明細書のモジュールなどの構成要素がソフトウェアとして実装されている場合、構成要素は、スタンドアロンプログラムとして、より大きなプログラムの一部として、複数の別個のプログラムとして、静的にまたは動的にリンクされたライブラリとして、カーネルのロード可能なモジュールとして、デバイスドライバとして、および/または現在もしくは将来において既知のあらゆる他の方法で実装されることができる。さらに、本開示は、任意の特定のプログラミング言語での実装、または任意の特定のオペレーティングシステムまたは環境の実装に限定されるものではない。

40

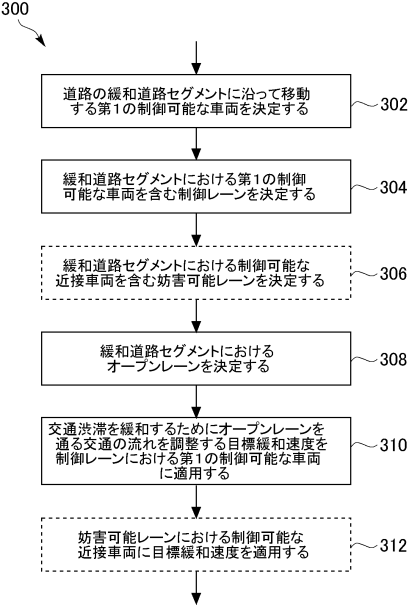
【図面】  
【図 1】



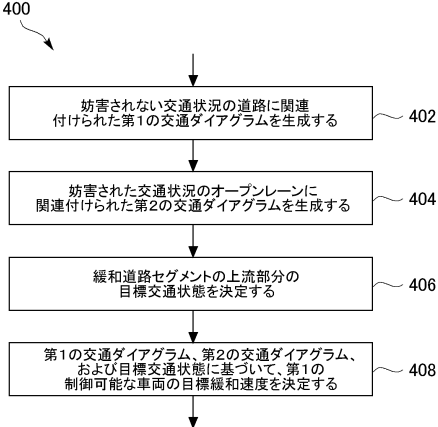
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

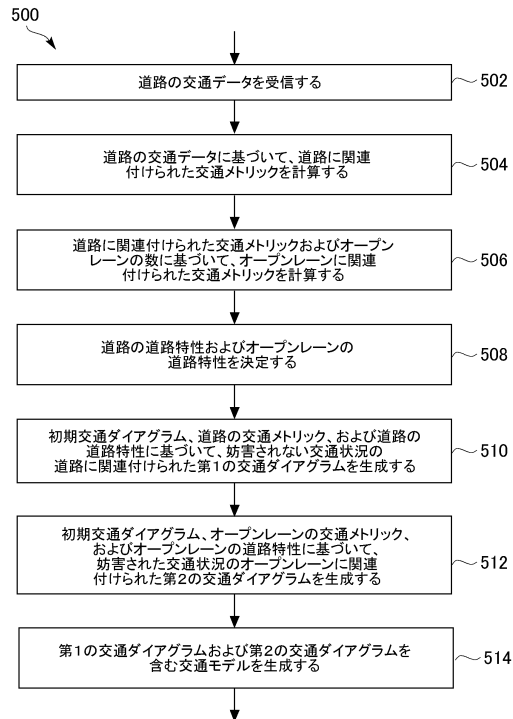
20

30

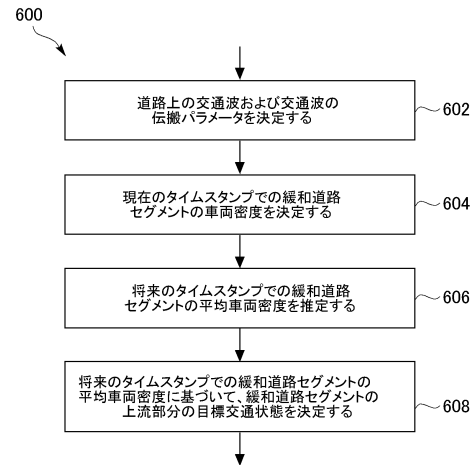
40

50

【図 5】



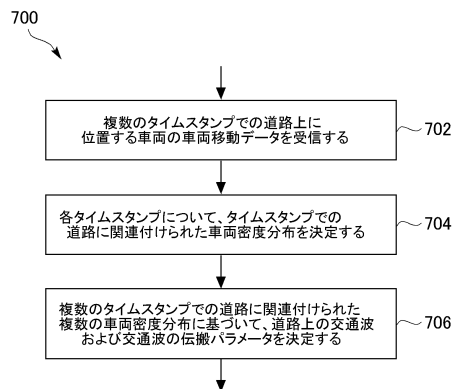
【図 6】



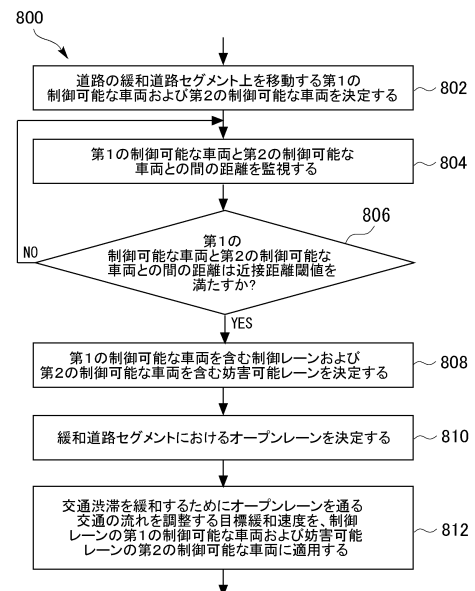
10

20

【図 7】



【図 8】

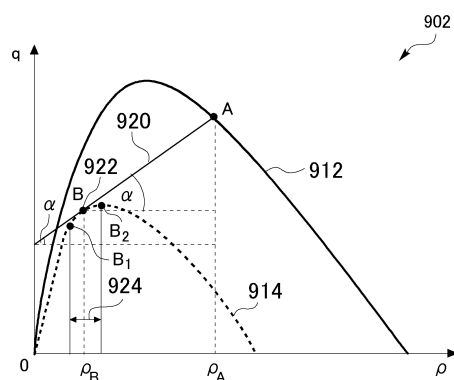


30

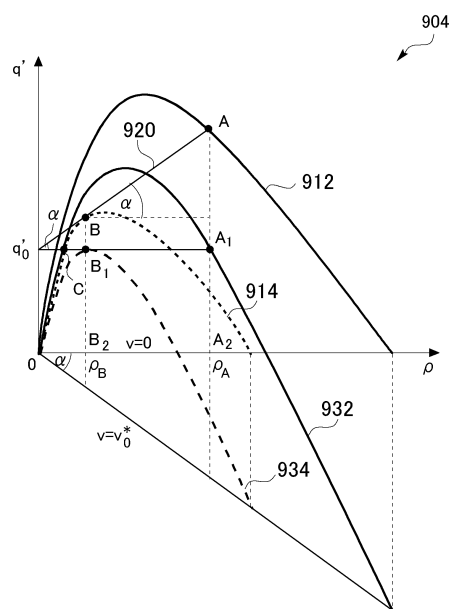
40

50

【 図 9 A 】



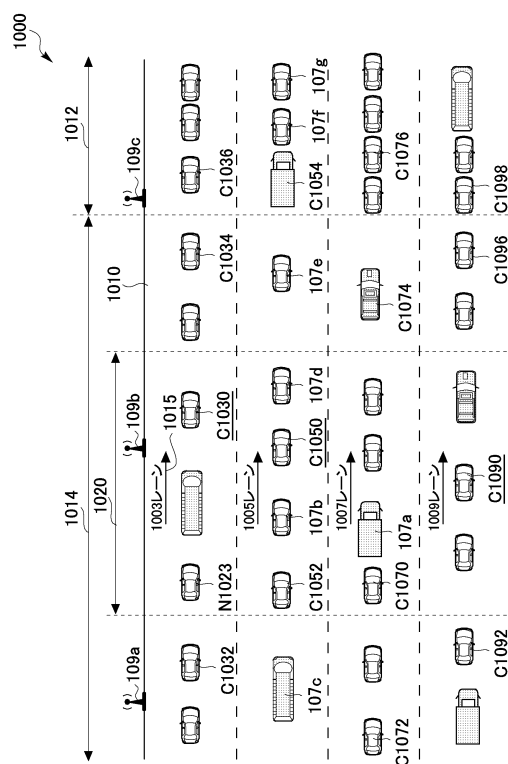
【 図 9 B 】



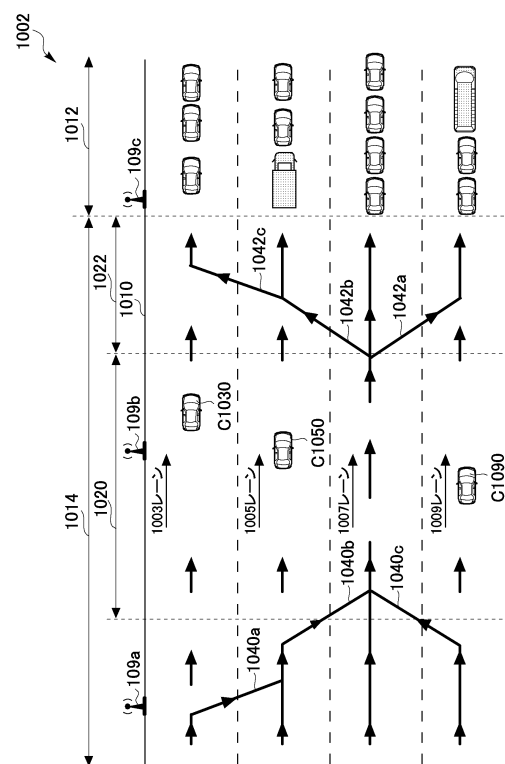
10

20

【 図 1 0 A 】



【 図 1 0 B 】



30

40

---

フロントページの続き

審査官 武内 俊之

- (56)参考文献 国際公開第2011/013202(WO, A1)  
米国特許出願公開第2011/0307165(US, A1)  
特表2009-529186(JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- |      |               |
|------|---------------|
| G08G | 1/00 - 99/00  |
| G01C | 21/00 - 21/36 |
| G01C | 23/00 - 25/00 |