

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5256923号  
(P5256923)

(45) 発行日 平成25年8月7日(2013.8.7)

(24) 登録日 平成25年5月2日(2013.5.2)

(51) Int.Cl.	F I				
<b>G08G 1/00 (2006.01)</b>	G08G	1/00		C	
<b>G08G 1/01 (2006.01)</b>	G08G	1/01		A	
<b>G08G 1/13 (2006.01)</b>	G08G	1/13			
	G08G	1/01		K	
	G08G	1/01		E	

請求項の数 13 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2008-207371 (P2008-207371)	(73) 特許権者	000002130
(22) 出願日	平成20年8月11日(2008.8.11)		住友電気工業株式会社
(65) 公開番号	特開2010-44525 (P2010-44525A)		大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(43) 公開日	平成22年2月25日(2010.2.25)	(74) 代理人	100078868
審査請求日	平成23年3月29日(2011.3.29)		弁理士 河野 登夫
		(72) 発明者	天目 健二
			大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号
			住友電気工業株式会社 大阪製作所内
		(72) 発明者	服部 理
			大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号
			住友電気工業株式会社 大阪製作所内
		審査官	白石 剛史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 信号待ち行列情報生成装置、コンピュータプログラム及び信号待ち行列情報生成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

交差点で信号待ちをする車両の信号待ち行列に関する情報を生成する信号待ち行列情報生成装置において、

所定の地点を交差点に向かって通過する車両の交通量を取得する交通量取得手段と、  
該交通量取得手段で取得した交通量を用いて車線当たりの到着交通量を算出する車線交通量算出手段と、

プローブ車両の異なる時点での位置情報を含むプローブ情報を取得するプローブ情報取得手段と、

該プローブ情報取得手段で取得したプローブ情報に基づいて、前記プローブ車両が前記地点を通過した第1時点を算出する第1算出手段と、

前記プローブ情報取得手段で取得したプローブ情報に基づいて、前記プローブ車両が信号待ち行列の末尾となるプローブ車両末尾時点及びプローブ車両位置を特定するプローブ車両情報特定手段と、

該プローブ車両情報特定手段で特定したプローブ車両末尾時点及びプローブ車両位置並びに前記車線交通量算出手段で算出した前記第1時点から任意の第2時点までの間の車線当たりの到着交通量を用いて、前記第2時点に前記地点を通過した車両が信号待ち行列の末尾となる末尾時点及び末尾位置の少なくとも1つを含む行列末尾情報を生成する行列末尾情報生成手段と

を備えることを特徴とする信号待ち行列情報生成装置。

## 【請求項 2】

前記車線の信号待ち行列が最長となる第 3 時点及び該第 3 時点での末尾位置を算出する最長末尾算出手段を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の信号待ち行列情報生成装置。

## 【請求項 3】

信号待ち行列内の複数の停止車両が青信号で先頭側から発進する発進車両の位置の伝搬速度である発進波伝搬速度を取得する取得手段を備え、

前記最長末尾算出手段は、

信号待ちの行列の末尾に、青信号開始時点から前記発進波伝搬速度で発進する発進車両の位置が到達する時点を前記第 3 時点として算出し、該第 3 時点、前記青信号開始時点及び発進波伝搬速度を用いて、前記第 3 時点での末尾位置を算出するように構成してあることを特徴とする請求項 2 に記載の信号待ち行列情報生成装置。

10

## 【請求項 4】

前記最長末尾算出手段で算出した末尾位置の車両が前記地点を通過した第 4 時点を算出する第 2 算出手段を備え、

前記行列末尾情報生成手段は、

前記最長末尾算出手段で算出した末尾位置及び前記第 3 時点並びに前記第 4 時点から任意の第 5 時点までの間の車線当たりの到着交通量を用いて、前記第 5 時点に前記地点を通過した車両が信号待ち行列の末尾となる末尾時点及び末尾位置の少なくとも 1 つを含む行列末尾情報を生成するように構成してあることを特徴とする請求項 2 又は請求項 3 に記載の信号待ち行列情報生成装置。

20

## 【請求項 5】

前記行列末尾情報生成手段は、

青信号により信号待ち行列内の車両が走行する行列内走行速度を用いて、前記第 5 時点に前記地点を通過した車両が信号待ち行列の末尾となる末尾時点及び末尾位置の少なくとも 1 つを含む行列末尾情報を生成するように構成してあることを特徴とする請求項 4 に記載の信号待ち行列情報生成装置。

## 【請求項 6】

前記車線の信号待ち行列の行列長が移動行列長から停止行列長に移行する第 6 時点及び該第 6 時点での末尾位置を算出する移行末尾算出手段を備えることを特徴とする請求項 2 乃至請求項 5 のいずれか 1 つに記載の信号待ち行列情報生成装置。

30

## 【請求項 7】

赤信号で停止する複数の停止車両の末尾位置の伝搬速度である停止波伝搬速度を取得する取得手段を備え、

前記移行末尾算出手段は、

前記最長末尾算出手段で算出した末尾位置及び前記第 3 時点、青信号により信号待ち行列内の車両が走行する行列内走行速度並びに前記停止波伝搬速度を用いて、信号待ち行列の行列長が移動行列長から停止行列長に移行する第 6 時点及び該第 6 時点での末尾位置を算出するように構成してあることを特徴とする請求項 6 に記載の信号待ち行列情報生成装置。

40

## 【請求項 8】

前記移行末尾算出手段で算出した末尾位置の車両が前記地点を通過した第 7 時点を算出する第 3 算出手段を備え、

前記行列末尾情報生成手段は、

前記移行末尾算出手段で算出した末尾位置及び前記第 6 時点並びに前記第 7 時点から任意の第 8 時点までの間の車線当たりの到着交通量を用いて、前記第 8 時点に前記地点を通過した車両が信号待ち行列の末尾となる末尾時点及び末尾位置の少なくとも 1 つを含む行列末尾情報を生成するように構成してあることを特徴とする請求項 6 又は請求項 7 に記載の信号待ち行列情報生成装置。

## 【請求項 9】

50

前記車線交通量算出手段は、

前記交通量取得手段で取得した交通量に所定の到着交通量率を乗算して車線当たりの到着交通量を算出するように構成してあることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか 1 つに記載の信号待ち行列情報生成装置。

【請求項 10】

前記車線交通量算出手段は、

前記交通量取得手段で取得した交通量に所定の右左折直進率及び進行方向別車線利用率を乗算して車線当たりの到着交通量を算出するように構成してあることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 9 のいずれか 1 つに記載の信号待ち行列情報生成装置。

【請求項 11】

任意の時点と前記プローブ車両末尾時点との時間差を算出する時間差算出手段と、

前記第 1 時点から前記時間差算出手段で算出した時間差の間の車線当たりの到着交通量及び前記プローブ車両位置を用いて、前記任意の時点の信号待ち行列の末尾位置を算出する末尾位置算出手段と

を備えることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 10 のいずれか 1 つに記載の信号待ち行列情報生成装置。

【請求項 12】

コンピュータを、交差点で信号待ちをする車両の信号待ち行列に関する情報を生成する手段として機能させるためのコンピュータプログラムにおいて、

コンピュータを、

所定の地点を交差点に向かって通過する車両の交通量を用いて車線当たりの到着交通量を算出する車線交通量算出手段と、

プローブ車両の異なる時点での位置情報を含むプローブ情報に基づいて、前記プローブ車両が前記地点を通過した第 1 時点を算出する第 1 算出手段と、

前記プローブ情報に基づいて、前記プローブ車両が信号待ち行列の末尾となるプローブ車両末尾時点及びプローブ車両位置を特定するプローブ車両情報特定手段と、

該プローブ車両情報特定手段で特定したプローブ車両末尾時点及びプローブ車両位置並びに前記車線交通量算出手段で算出した前記第 1 時点から任意の第 2 時点までの間の車線当たりの到着交通量を用いて、前記第 2 時点に前記地点を通過した車両が信号待ち行列の末尾となる末尾時点及び末尾位置の少なくとも 1 つを含む行列末尾情報を生成する行列末尾情報生成手段と

して機能させることを特徴とするコンピュータプログラム。

【請求項 13】

交差点で信号待ちをする車両の信号待ち行列に関する情報を生成する信号待ち行列情報生成装置による信号待ち行列情報生成方法において、

所定の地点を交差点に向かって通過する車両の交通量を取得し、

プローブ車両の異なる時点での位置情報を含むプローブ情報を取得し、

取得したプローブ情報に基づいて、前記プローブ車両が前記地点を通過した第 1 時点を算出し、

取得したプローブ情報に基づいて、前記プローブ車両が信号待ち行列の末尾となるプローブ車両末尾時点及びプローブ車両位置を特定し、

取得した交通量を用いて前記第 1 時点から任意の第 2 時点までの間の車線当たりの到着交通量を算出し、

特定したプローブ車両末尾時点及びプローブ車両位置並びに算出した車線当たりの到着交通量を用いて、前記第 2 時点に前記地点を通過した車両が信号待ち行列の末尾となる末尾時点及び末尾位置の少なくとも 1 つを含む行列末尾情報を生成することを特徴とする信号待ち行列情報生成方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

本発明は、交差点で信号待ちをする車両の信号待ち行列の末尾を予測することができる信号待ち行列情報生成装置、該信号待ち行列情報生成装置を実現するためのコンピュータプログラム及び信号待ち行列情報生成方法に関する。

【背景技術】

【0002】

円滑な交通制御などの安全運転支援、あるいは環境を考慮した環境対応支援を実現するために、渋滞時の信号待ち行列の末尾を予測する技術が開発されている。例えば、地上系で計測される交通量、プローブ車両で収集されるプローブ情報、交通信号機の信号切り替えタイミング等を利用して、対象道路を走行している車両が交差点に到達するまでの、わずか数十秒から数分程度先の渋滞時の交通流を予測し、信号制御システムや、車両の安全運転支援、環境対応支援、自動化システム等に役立てることができる交差点における車両挙動の予測システムが開示されている（特許文献1参照）。

10

【特許文献1】特開2007-257196号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、特許文献1のシステムにあつては、対象道路の車線については考慮されていない。対象道路に複数の車線がある場合には、道路を走行する車両の挙動は車線毎に異なると考えられる。そして、自車両が右折待ち等の車線で渋滞に巻き込まれる可能性が高い場合には、運転者にとってみれば、右折待ち車線での信号待ち行列の情報が必要となるものの、従来技術では、車線毎の信号待ち行列の情報を精度良く予測することはできなかった。

20

【0004】

本発明は、斯かる事情に鑑みてなされたものであり、渋滞時等の信号待ち行列に関する情報を車線に対応させて精度良く予測することができる信号待ち行列情報生成装置、該信号待ち行列情報生成装置を実現するためのコンピュータプログラム及び信号待ち行列情報生成方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

第1発明に係る信号待ち行列情報生成装置は、交差点で信号待ちをする車両の信号待ち行列に関する情報を生成する信号待ち行列情報生成装置において、所定の地点を交差点に向かって通過する車両の交通量を取得する交通量取得手段と、該交通量取得手段で取得した交通量を用いて車線当たりの到着交通量を算出する車線交通量算出手段と、プローブ車両の異なる時点での位置情報を含むプローブ情報を取得するプローブ情報取得手段と、該プローブ情報取得手段で取得したプローブ情報に基づいて、前記プローブ車両が前記地点を通過した第1時点を算出する第1算出手段と、前記プローブ情報取得手段で取得したプローブ情報に基づいて、前記プローブ車両が信号待ち行列の末尾となるプローブ車両末尾時点及びプローブ車両位置を特定するプローブ車両情報特定手段と、該プローブ車両情報特定手段で特定したプローブ車両末尾時点及びプローブ車両位置並びに前記車線交通量算出手段で算出した前記第1時点から任意の第2時点までの間の車線当たりの到着交通量を用いて、前記第2時点に前記地点を通過した車両が信号待ち行列の末尾となる末尾時点及び末尾位置の少なくとも1つを含む行列末尾情報を生成する行列末尾情報生成手段とを備えることを特徴とする。

30

40

【0006】

第2発明に係る信号待ち行列情報生成装置は、第1発明において、前記車線の信号待ち行列が最長となる第3時点及び該第3時点での末尾位置を算出する最長末尾算出手段を備えることを特徴とする。

【0007】

第3発明に係る信号待ち行列情報生成装置は、第2発明において、信号待ち行列内の複数の停止車両が青信号で先頭側から発進する発進車両の位置の伝搬速度である発進波伝搬

50

速度を取得する取得手段を備え、前記最長末尾算出手段は、信号待ちの行列の末尾に、青信号開始時点から前記発進波伝搬速度で発進する発進車両の位置が到達する時点を前記第3時点として算出し、該第3時点、前記青信号開始時点及び発進波伝搬速度を用いて、前記第3時点での末尾位置を算出するように構成してあることを特徴とする。

【0008】

第4発明に係る信号待ち行列情報生成装置は、第2発明又は第3発明において、前記最長末尾算出手段で算出した末尾位置の車両が前記地点を通過した第4時点を算出する第2算出手段を備え、前記行列末尾情報生成手段は、前記最長末尾算出手段で算出した末尾位置及び前記第3時点並びに前記第4時点から任意の第5時点までの間の車線当たりの到着交通量を用いて、前記第5時点に前記地点を通過した車両が信号待ち行列の末尾となる末尾時点及び末尾位置の少なくとも1つを含む行列末尾情報を生成するように構成してあることを特徴とする。

10

【0009】

第5発明に係る信号待ち行列情報生成装置は、第4発明において、前記行列末尾情報生成手段は、青信号により信号待ち行列内の車両が走行する行列内走行速度を用いて、前記第5時点に前記地点を通過した車両が信号待ち行列の末尾となる末尾時点及び末尾位置の少なくとも1つを含む行列末尾情報を生成するように構成してあることを特徴とする。

【0010】

第6発明に係る信号待ち行列情報生成装置は、第2発明乃至第5発明のいずれか1つにおいて、前記車線の信号待ち行列の行列長が移動行列長から停止行列長に移行する第6時点及び該第6時点での末尾位置を算出する移行末尾算出手段を備えることを特徴とする。

20

【0011】

第7発明に係る信号待ち行列情報生成装置は、第6発明において、赤信号で停止する複数の停止車両の末尾位置の伝搬速度である停止波伝搬速度を取得する取得手段を備え、前記移行末尾算出手段は、前記最長末尾算出手段で算出した末尾位置及び前記第3時点、青信号により信号待ち行列内の車両が走行する行列内走行速度並びに前記停止波伝搬速度を用いて、信号待ち行列の行列長が移動行列長から停止行列長に移行する第6時点及び該第6時点での末尾位置を算出するように構成してあることを特徴とする。

【0012】

第8発明に係る信号待ち行列情報生成装置は、第6発明又は第7発明において、前記移行末尾算出手段で算出した末尾位置の車両が前記地点を通過した第7時点を算出する第3算出手段を備え、前記行列末尾情報生成手段は、前記移行末尾算出手段で算出した末尾位置及び前記第6時点並びに前記第7時点から任意の第8時点までの間の車線当たりの到着交通量を用いて、前記第8時点に前記地点を通過した車両が信号待ち行列の末尾となる末尾時点及び末尾位置の少なくとも1つを含む行列末尾情報を生成するように構成してあることを特徴とする。

30

【0013】

第9発明に係る信号待ち行列情報生成装置は、第1発明乃至第8発明のいずれか1つにおいて、前記車線交通量算出手段は、前記交通量取得手段で取得した交通量に所定の到着交通量率を乗算して車線当たりの到着交通量を算出するように構成してあることを特徴とする。

40

【0014】

第10発明に係る信号待ち行列情報生成装置は、第1発明乃至第9発明のいずれか1つにおいて、前記車線交通量算出手段は、前記交通量取得手段で取得した交通量に所定の右左折直進率及び進行方向別車線利用率を乗算して車線当たりの到着交通量を算出するように構成してあることを特徴とする。

【0015】

第11発明に係る信号待ち行列情報生成装置は、第1発明乃至第10発明のいずれか1つにおいて、任意の時点と前記プローブ車両末尾時点との時間差を算出する時間差算出手段と、前記第1時点から前記時間差算出手段で算出した時間差の間の車線当たりの交通量

50

及び前記プローブ車両位置を用いて、前記任意の時点の信号待ち行列の末尾位置を算出する末尾位置算出手段とを備えることを特徴とする。

【0016】

第12発明に係るコンピュータプログラムは、コンピュータを、交差点で信号待ちをする車両の信号待ち行列に関する情報を生成する手段として機能させるためのコンピュータプログラムにおいて、コンピュータを、所定の地点を交差点に向かって通過する車両の交通量を用いて車線当たりの到着交通量を算出する車線交通量算出手段と、プローブ車両の異なる時点での位置情報を含むプローブ情報に基づいて、前記プローブ車両が前記地点を通過した第1時点を算出する第1算出手段と、前記プローブ情報に基づいて、前記プローブ車両が信号待ち行列の末尾となるプローブ車両末尾時点及びプローブ車両位置を特定するプローブ車両情報特定手段と、該プローブ車両情報特定手段で特定したプローブ車両末尾時点及びプローブ車両位置並びに前記車線交通量算出手段で算出した前記第1時点から任意の第2時点までの間の車線当たりの到着交通量を用いて、前記第2時点に前記地点を通過した車両が信号待ち行列の末尾となる末尾時点及び末尾位置の少なくとも1つを含む行列末尾情報を生成する行列末尾情報生成手段として機能させることを特徴とする。

10

【0017】

第13発明に係る信号待ち行列情報生成方法は、交差点で信号待ちをする車両の信号待ち行列に関する情報を生成する信号待ち行列情報生成装置による信号待ち行列情報生成方法において、所定の地点を交差点に向かって通過する車両の交通量を取得し、プローブ車両の異なる時点での位置情報を含むプローブ情報を取得し、取得したプローブ情報に基づいて、前記プローブ車両が前記地点を通過した第1時点を算出し、取得したプローブ情報に基づいて、前記プローブ車両が信号待ち行列の末尾となるプローブ車両末尾時点及びプローブ車両位置を特定し、取得した交通量を用いて前記第1時点から任意の第2時点までの間の車線当たりの到着交通量を算出し、特定したプローブ車両末尾時点及びプローブ車両位置並びに算出した車線当たりの到着交通量を用いて、前記第2時点に前記地点を通過した車両が信号待ち行列の末尾となる末尾時点及び末尾位置の少なくとも1つを含む行列末尾情報を生成することを特徴とする。

20

【0018】

第1発明、第12発明及び第13発明にあつては、信号待ち行列情報生成装置は、所定の地点を交差点に向かって通過する車両の交通量 $Q$ を取得する。所定の地点は、例えば、車両感知器で単位時間当たりの車両通過台数(交通量)を検出する地点である。信号待ち行列情報生成装置は、プローブ車両の異なる時点での位置情報を含むプローブ情報を取得する。なお、プローブ車両の異なる時点での位置情報を含むプローブ情報を取得するということは、プローブ車両が1時点の位置情報を複数回送信し、それらを受信して複数の時点の位置情報を取得する場合でもよく、あるいはプローブ車両が複数の時点の位置情報を送信し、それを受信して複数の時点の位置情報を取得する場合でもよい。また、プローブ車両とは、プローブ情報を提供することができる車両であつて、プローブ情報の生成は、例えば、ナビゲーションシステム等の車載装置や運転者を含む搭乗者が所持する携帯電話等の携帯端末装置で行うことができる。これにより、信号待ち行列情報生成装置は、プローブ情報として、例えば、プローブ車両の位置、速度、時刻などの情報を収集することができる。信号待ち行列情報生成装置は、取得したプローブ情報に基づいて、プローブ車両が前記地点を通過した第1時点( $t_0$ )を算出し、プローブ車両が信号待ち行列の末尾となるプローブ車両末尾時点( $t_1$ )及びプローブ車両位置(例えば、時刻 $t$ における信号待ち行列の長さ $L(t)$ )として、 $L(t_1)$ を特定する。なお、プローブ車両が信号待ち行列の末尾となったか否かは、例えば、交差点の手前でプローブ車両の速度が所定の閾値より小さくなったことで判定することができる。

30

40

【0019】

信号待ち行列情報生成装置は、取得した交通量 $Q$ を用いて前記第1時点( $t_0$ )から任意の第2時点( $t$ )までの間の車線当たりの到着交通量を算出する。車線当たりの到着交通量は、交差点の手前で所定の車線(1車線の場合は当該車線、複数車線の場合はいずれ

50

かの車線)に到着した到着交通量であり、例えば、交通量 $Q$ に車線毎の係数(比率)を乗算することにより求めることができる。信号待ち行列情報生成装置は、プローブ車両末尾時点( $t_1$ )及びプローブ車両位置( $L(t_1)$ )並びに算出した車線当たりの到着交通量を用いて、前記第2時点( $t$ )に前記地点を通過した車両が信号待ち行列の末尾となる末尾時点( $T$ )及び末尾位置( $L(T)$ )の少なくとも1つを含む行列末尾情報を生成する。これにより、渋滞時等の信号待ち行列に関する情報を車線に対応させて精度良く予測することができる。

#### 【0020】

第2発明にあつては、信号待ち行列情報生成装置は、所定の車線の信号待ち行列が最長となる第3時点( $T_m$ )及びその時点での末尾位置( $L(T_m)$ )を算出する。交差点の上流側から進入する交通量がある場合、信号待ちで停止する停止車両が赤信号開始時点以降増加し、停止車両の末尾は時間の経過とともに上流側に延びる。このため、停止車両の末尾位置は、伝搬速度(停止波伝搬速度 $V_s$ )で移動する。これにより、信号待ち行列の末尾位置は、交差点の上流側に延びる(信号待ち行列長が長くなる)。その後、青信号開始時点で信号待ち行列内の停止車両の先頭側から発進するので、発進車両の位置は、時間の経過とともに上流側に延びる。このため、発進車両の位置は、伝搬速度(発進波伝搬速度 $V_w$ )で移動する。発進車両の位置と停止車両の位置とが一致(最長となる末尾位置 $L(T_m)$ となる)した時点(第3時点 $T_m$ となる)で信号待ち行列中の停止車両が存在しなくなり、信号待ち行列内のすべての車両が移動し、信号待ち行列の長さは次第に短くなる。これにより、信号待ち行列が最長となるまでは、信号待ち行列の末尾を停止車両の行列末尾として求めることができる。

#### 【0021】

第3発明にあつては、信号待ちの行列の末尾に、青信号開始時点から発進波伝搬速度 $V_w$ で発進する発進車両の位置が到達する時点を信号待ち行列が最長となる第3時点( $T_m$ )として算出し、当該第3時点、青信号開始時点及び発進波伝搬速度を用いて、第3時点での末尾位置( $L(T_m)$ )を算出する。これにより、信号待ち行列が最長となるまでは、信号待ち行列の末尾を停止車両の行列末尾として求めることができる。

#### 【0022】

第4発明にあつては、信号待ち行列情報生成装置は、最長末尾位置の車両が前記地点を通過した第4時点( $t_m$ )を算出する。信号待ち行列情報生成装置は、最長末尾位置( $L(T_m)$ )及び第3時点( $T_m$ )並びに前記第4時点( $t_m$ )から任意の第5時点( $t$ )までの間の車線当たりの到着交通量を用いて、任意の第5時点( $t$ )に前記地点を通過した車両が信号待ち行列の末尾となる末尾時点( $T$ )及び末尾位置( $L(T)$ )の少なくとも1つを含む行列末尾情報を生成する。これにより、信号待ち行列内の車両が移動又は移動停止を繰り返し、信号待ち行列長が減少している場合であっても、渋滞時等の信号待ち行列に関する情報を車線に対応させて精度良く予測することができる。

#### 【0023】

第5発明にあつては、信号待ち行列情報生成装置は、青信号により信号待ち行列内の車両が走行する行列内走行速度 $V_q$ を用いて、任意の第5時点( $t$ )に前記地点を通過した車両が信号待ち行列の末尾となる末尾時点( $T$ )及び末尾位置( $L(T)$ )の少なくとも1つを含む行列末尾情報を生成する。これにより、信号待ち行列内の車両が移動又は移動停止を繰り返し、信号待ち行列長が減少している場合であっても、渋滞時等の信号待ち行列に関する情報を車線に対応させて精度良く予測することができる。

#### 【0024】

第6発明にあつては、信号待ち行列情報生成装置は、所定の車線の信号待ち行列の行列長が移動行列長から停止行列長に移行する第6時点( $T_n$ )及びその時点での末尾位置( $L(T_n)$ )を算出する。青信号で信号待ち行列内の車両が移動又は移動停止を繰り返し、信号待ち行列長が徐々に短くなる場合、すなわち、信号待ち行列が移動行列長領域にある場合(信号待ち行列の行列長が移動行列長である場合)に、赤信号開始時点になったとき、信号待ち行列内で移動していた車両は停止し、信号待ち行列は、停止行列長領域に移

10

20

30

40

50

る。停止行列長領域（信号待ち行列の行列長が停止行列長である場合）では、信号待ちで停止する停止車両が赤信号開始時点以降増加し、停止車両の末尾は時間の経過とともに上流側に延びる。このため、停止車両の末尾位置は、伝搬速度（停止波伝搬速度  $V_s$ ）で移動する。信号待ち行列の末尾の位置と停止車両の位置とが一致した時点（第6時点  $T_n$  となる）で信号待ち行列中の移動車両が存在しなくなり、信号待ち行列内のすべての車両が停止し、信号待ち行列の長さは次第に長くなる。これにより、信号待ち行列の行列長が停止行列長（信号待ち行列が停止行列長領域にある場合）になるまでは、信号待ち行列の末尾を移動又は移動停止を繰り返す車両の行列末尾として求めることができる。

【0025】

第7発明にあつては、信号待ち行列情報生成装置は、最長末尾位置（ $L(T_m)$ ）及び第3時点（ $T_m$ ）、青信号により信号待ち行列内の車両が走行する行列内走行速度  $V_q$  並びに青信号で移動した車両が赤信号で停止する停止位置の停止波伝搬速度  $V_s$  を用いて、信号待ち行列の行列長が移動行列長から停止行列長に移行する第6時点（ $T_n$ ）及びその時点での末尾位置（ $L(T_n)$ ）を算出する。これにより、信号待ち行列の行列長が停止行列長になるまでは、信号待ち行列の末尾を移動又は移動停止を繰り返す車両の行列末尾として求めることができる。

【0026】

第8発明にあつては、信号待ち行列情報生成装置は、末尾位置（ $L(T_n)$ ）の車両が前記地点を通過した第7時点（ $t_n$ ）を算出する。信号待ち行列情報生成装置は、信号待ち行列の行列長が移動行列長から停止行列長に移行する第6時点（ $T_n$ ）及びその時点の末尾位置（ $L(T_n)$ ）並びに第7時点（ $t_n$ ）から任意の第8時点（ $t$ ）までの間の車線当たりの到着交通量を用いて、任意の第8時点（ $t$ ）に前記地点を通過した車両が信号待ち行列の末尾となる末尾時点及び末尾位置の少なくとも1つを含む行列末尾情報を生成する。これにより、青信号で信号待ちが解消せずにはげ残りがあり、信号待ち行列長が増加している場合であっても、渋滞時等の信号待ち行列に関する情報を車線に対応させて精度良く予測することができる。

【0027】

第9発明にあつては、信号待ち行列情報生成装置は、取得した交通量に所定の到着交通量率を乗算して車線当たりの到着交通量を算出する。到着交通量率  $R$  は、交差点に到着する到着交通量を交差点上流の所定の地点を通過する車両の交通量で除算した値とすることができ、対象とする道路の状況に応じて予め定めておくことができる。これにより、交差点上流と交差点との間で流出する車両や流入する車両が存在する場合でも、交差点に到着する到着交通量を補正することができる。

【0028】

第10発明にあつては、信号待ち行列情報生成装置は、取得した交通量に所定の右左折直進率及び進行方向別車線利用率を乗算して車線当たりの到着交通量を算出する。右左折直進率  $P$  は、交差点の上流から走行する車両が交差点をどの方向（左折、直進、あるいは右折）に流出するかを表わすものであり、対象とする道路の状況に応じて予め定めておくことができる。また、進行方向別車線利用率  $U$  は、進行方向（例えば、直進）に対応する車線が複数存在する場合（例えば、左折直進、直進のみ）、どの車線を利用するかを示すものであり、対象とする道路の状況に応じて予め定めておくことができる。これにより、車線が複数存在する場合、車線毎の到着交通量を精度良く求めることができる。

【0029】

第11発明にあつては、信号待ち行列情報生成装置は、任意の時点（ $t$ ）とプローブ車両末尾時点（ $t_1$ ）との時間差  $\Delta t$ （例えば、 $\Delta t = t - t_1$ ）を算出し、第1時点（ $t_0$ ）から時間差  $\Delta t$  の間の車線当たりの到着交通量及びプローブ車両位置  $L(t_1)$  を用いて、任意の時点（ $t$ ）の信号待ち行列の末尾位置（ $L(t)$ ）を算出する。これにより、プローブ情報を取得した後であれば、任意の時点での信号待ち行列の末尾位置を車線毎に逐次求めることができる。

【発明の効果】

10

20

30

40

50



**【 0 0 3 0 】**

本発明によれば、渋滞時等の信号待ち行列に関する情報を車線に対応させて精度良く予測することができる。

**【 発明を実施するための最良の形態 】****【 0 0 3 1 】**

以下、本発明を実施の形態を示す図面に基づいて説明する。図 1 は本発明に係る信号待ち行列情報生成装置 1 0 0 を備えた信号待ち行列情報生成システムの設置例を示す模式図であり、図 2 は本発明に係る信号待ち行列情報生成装置 1 0 0 を備えた信号待ち行列情報生成システムの構成の一例を示す説明図である。図 1 に示すように、4 つの流入路で構成される交差点の所定位置に信号灯器 4 を設置してあり、各信号灯器 4 は、信号制御装置 3 で制御される。交差点の所定位置には、所定方向の道路、交差点付近を撮像することができる画像センサ 5 を設置してある。画像センサ 5 は、対向車両の交通量、横断歩道の歩行者、交差点内、交差点付近の車両の走行挙動を撮像することができる。

10

**【 0 0 3 2 】**

交差点の上流の所定地点（例えば、停止線から 5 0 0 m ~ 1 0 0 0 m 程度の地点）には、車両感知器 1 を設置してあり、車両感知器 1 の感知領域を通過する車両を検出する。車両感知器 1 は、例えば、光ビーコン、超音波感知器、ループ式感知器、画像感知器、遠赤外線感知器又は赤外線感知器などであり、交通量を計測することができる。交通量は単位時間当たりの車両通過台数であるが、単位時間当たりの占有時間を含むものとする。占有時間は、単位時間当たりに車両感知器 1 の感知領域を車体が通過した時間の総和である。

20

**【 0 0 3 3 】**

また、交差点付近の所定位置には、光ビーコン等の通信装置 2 を設置してあり、通信装置 2 は、交差点上流から交差点に向かって流入路を走行するプローブ車両が交差点を流出した時点で、プローブ車両で収集したプローブ情報を取得することができる。なお、プローブ情報は、通信装置 2 を介さずに直接、プローブ車両から広域無線で信号待ち行列情報生成装置 1 0 0 へ送信することもできる。

**【 0 0 3 4 】**

また、流入路の所定位置には、通信装置 6 を設置してあり、通信装置 6 は、交差点上流から交差点に向かって流入路を走行する一般車両（プローブ車両を含んでもよい）に対して、信号待ち行列に関する情報を送信する。

30

**【 0 0 3 5 】**

信号待ち行列情報生成装置 1 0 0 は、交差点付近に路側装置として設置してもよく、あるいは、交通管制センタ内のセンタ装置として遠方に設置することもできる。信号待ち行列情報生成装置 1 0 0 は、車両感知器 1、通信装置 2、信号制御装置 3、画像センサ 5、通信装置 6 との間で、例えば、無線 LAN により通信可能に構成してある。なお、無線 LAN に限定されるものではなく、狭域通信、中域通信、広域通信などを用いることもできる。

**【 0 0 3 6 】**

図 2 に示すように、プローブ車両は、通信装置 2 を介して収集したプローブ情報（位置、速度、時刻）を信号待ち行列情報生成装置 1 0 0 へ送信する。なお、プローブ情報は、路車間通信で取得する構成に限定されるものではなく、車車間通信で車両同士が通信したプローブ情報を通信装置 2 で傍受する構成でもよい。

40

**【 0 0 3 7 】**

車両感知器 1 は、計測した交通量（単位時間当たりの車両通過台数、占有率など）を信号待ち行列情報生成装置 1 0 0 へ送信する。また、画像センサ 5 は、交差点に向かって走行してくる対向車両の交通量、横断歩道の歩行者又は交差点内若しくは交差点付近の車両の走行挙動などの交差点付近情報を信号待ち行列情報生成装置 1 0 0 へ送信する。また、信号制御装置 3 は、赤信号開始時点、青信号開始時点などの信号切り替えタイミングを含む信号情報を信号待ち行列情報生成装置 1 0 0 へ送信する。

**【 0 0 3 8 】**

50

信号待ち行列情報生成装置 100 は、所定の車線の信号待ち行列情報を生成し、生成した信号待ち行列情報（例えば、信号待ち行列の末尾位置等の予測情報）を一般車両や信号制御装置 3 へ送信する。これにより、交通安全のための信号制御や情報提供に役立てることができる。なお、1 車線の場合には当該車線の信号待ち行列情報を生成し、複数車線の場合には、いずれかの又はすべての車線の信号待ち行列情報を生成することができる。

#### 【0039】

図 3 は本発明に係る信号待ち行列情報生成装置 100 の構成の一例を示すブロック図である。信号待ち行列情報生成装置 100 は、装置全体を制御する制御部 10、交通量取得手段としての通信部 11、車線交通量算出部 12、所定の情報（例えば、プログラムコード、設定値あるいは処理結果など）を記憶する記憶部 13、プローブ車両情報特定部 14、行列末尾情報生成部 15 などを備える。また、行列末尾情報生成部 15 は、最長末尾算出部 151、移行末尾算出部 152、末尾位置算出部 153 などを備えている。

10

#### 【0040】

通信部 11 は、車両感知器 1、通信装置 2、信号制御装置 3、画像センサ 5、通信装置 6 との間で通信を行う通信機能を備えている。なお、通信機能は、各装置の設置条件に合わせて、狭域通信機能、UHF 帯若しくは VHF 帯などの無線 LAN 等の中域通信機能、又は携帯電話、PHS、多重 FM 放送若しくはインターネット通信などの広域通信機能のいずれか、あるいはこれらを組み合わせた構成とすることができる。

#### 【0041】

車線交通量算出部 12 は、通信部 11 を介して車両感知器 1 から取得した交通量を用いて、車線毎の到着交通量を算出する。なお、車線毎の到着交通量の算出については後述する。

20

#### 【0042】

プローブ車両情報特定部 14 は、通信部 11 を介してプローブ車両から取得したプローブ情報（車両に位置、速度、時刻）を用いて、プローブ車両が車両感知器 1 の感知領域（所定の地点）を通過した時刻、プローブ車両が信号待ち行列の末尾に到達した時刻（プローブ車両末尾時点）と到達位置（プローブ車両位置）を特定する。ここで、プローブ車両が信号待ち行列の末尾に到達した時刻とは、プローブ車両自身が信号待ち行列の末尾になった時刻をいう。また、到達位置とは、プローブ車両自身が信号待ち行列の末尾になった時刻でのプローブ車両自身の位置である。到達位置は、プローブ車両を含む信号待ち行列の長さで特定することができる。なお、プローブ車両が信号待ち行列の末尾に到達したか否かは、例えば、交差点の手前でプローブ車両の速度が所定の閾値より小さくなったことで判定することができる。

30

#### 【0043】

行列末尾情報生成部 15 は、プローブ車両が車両感知器 1 の感知領域を通過した時刻、プローブ車両が信号待ち行列の末尾に到達した時刻と到達位置を用いて、任意の時刻に車両感知器 1 の感知領域を通過した車両が信号待ち行列の末尾となる時刻、末尾となったときの信号待ち行列の末尾の位置（信号待ち行列の長さ）を算出する。

#### 【0044】

最長末尾算出部 151 は、信号待ち行列が最長になる時点、その時点の信号待ち行列の長さ（最長末尾位置）を算出する。なお、信号待ち行列が最長になるとは、1 サイクルにおける信号待ち行列が最長になるということである。また、移行末尾算出部 152 は、信号待ち行列の行列長が移動行列長から停止行列長に移行する時点、その時点の信号待ち行列の長さ（移行末尾位置）を算出する。ここで、信号待ち行列には、完全に停止している停止車両による行列長の時間的変化を示す領域である停止行列長領域と、移動又は移動停止を繰り返している車両による行列長の時間的変化を示す領域である移動行列長領域との 2 種類の領域がある。移動行列長領域では、信号待ち行列の行列長は移動行列長であり、停止行列長領域では、信号待ち行列の行列長は停止行列長である。

40

#### 【0045】

末尾位置算出部 153 は、プローブ車両が車両感知器 1 の感知領域を通過した時刻、プ

50

ロープ車両が信号待ち行列の末尾に到達した時刻と到達位置を用いて、任意の時刻での信号待ち行列の末尾の位置（信号待ち行列の長さ）を算出する。

【 0 0 4 6 】

信号待ち行列に関する情報を算出する場合、交差点に交差する流入路が1車線の場合には、車両が走行する車線は1つに限定されるので、流入路に対して1つの信号待ち行列を求めることができる。しかし、通常の道路、特に交通安全上問題となる交通量の多い道路では、複数の車線がある場合が多く、車両がいずれの車線を走行するに応じて車線毎に信号待ち行列が異なる。このため、信号待ち行列に関する情報を精度良く求めるためには、車線を考慮する必要がある。

【 0 0 4 7 】

図4は進路別の道路標識の一例を示す説明図である。図4の例では、交差点への流入路は3車線あり、車線1は左折・直進車線であり、車線2は直進車線であり、車線3は右折車線である。なお、車線と道路標識は一例であって、これに限定されるものではない。例えば、左折車線、右折・直進車線などがあってもよい。

【 0 0 4 8 】

図5は複数車線を有する流入路での車両の走行例を示す説明図である。図5(a)では、車両感知器1を通過する時点で車線2を走行していた車両が、その後車線1へ車線変更して交差点へ進入する例である。例えば、交差点で左折するために直進車線から左折・直進車線に変更する場合、直進車線が信号待ちで渋滞しているため左折・直進車線に変更して交差点を直進する場合などである。

【 0 0 4 9 】

図5(b)では、車両感知器1を通過する時点で車線1を走行していた車両が、その後車線2へ車線変更して交差点へ進入する例である。例えば、左折・直進車線が信号待ちで渋滞しているため左折・直進車線から直進車線に変更して交差点を直進する場合などである。

【 0 0 5 0 】

図5(c)では、車両感知器1を通過する時点で車線2を走行していた車両が、その後車線3へ車線変更して交差点へ進入する例である。例えば、交差点で右折するために直進車線から右折車線に変更する場合などである。

【 0 0 5 1 】

図5(d)では、車両感知器1を通過する時点で車線3を走行していた車両が、その後車線2へ車線変更して交差点へ進入する例である。例えば、交差点で直進するために右折車線から直進車線に変更する場合などである。

【 0 0 5 2 】

図5で説明したように、仮に車両感知器1を通過する時点で車両の走行車線が特定できたとしても、その後車両がどの車線を走行するかで、交差点に到着する到着交通量は車線毎に異なる。このため、精度良く信号待ち行列に関する情報を求めるためには、車線別の到着交通量を算出することが重要であることが分かる。また、車両感知器1を通過する時点で車両が走行する車線を特定できない場合には、一層車線別の到着交通量を算出することが重要である。

【 0 0 5 3 】

次に、本実施の形態で信号待ち行列に関する情報を求めるために必要となる交通流挙動パラメータについて説明する。交通流挙動パラメータには、例えば、自由流速度 $V_f$ 、右左折直進率 $P_i$  ( $i = r, l, s$ 、右折率 $P_r$ 、左折率 $P_l$ 、直進率 $P_s$ )、到着交通量率 $R$ 、進行方向別車線利用率 $U_{ij}$  {進行方向 $i$  ( $i = r$ : 右折、 $l$ : 左折、 $s$ : 直進)、車線 $j$  (3車線の場合、 $j = 1$ : 左、 $2$ : 中央、 $3$ : 右)}、発進波伝搬速度 $V_w$ 、停止波伝搬速度 $V_s$ 、行列内走行速度 $V_q$ 、停止行列内の平均車頭間隔 $L_h$ などである。なお、交通流挙動パラメータは、上述のものに限定されるものではない。

【 0 0 5 4 】

交通流挙動パラメータは、信号待ち行列に関する情報を求める前に、所定期間に亘って

10

20

30

40

50

取得したプローブ情報、車両感知器1や画像センサ5などから取得した情報などを用いて、予め算出しておくことができる。交通流挙動パラメータは、直接算出してもよく、あるいは、直接算出することができない場合には、交通流挙動パラメータと相関関係がある交通環境（例えば、交通量、歩行者等の情報、曜日、時間帯、天候等に関する情報など）に関するデータを十分に収集して相関関係を予め算出しておき、信号待ち行列に関する情報を求める際の交通環境から間接的に交通流挙動パラメータを求めることもできる。

**【0055】**

以下、個々の交通流挙動パラメータの算出例について説明する。自由流速度 $V_f$ は、交差点の上流の車両感知器1での感知時点（計測時点）から信号待ち行列末尾に到着するまでの交通流の速度と定義することができ、感知時点から行列末尾に到着するまでの時間遅れである。

10

**【0056】**

すなわち、自由流速度 $V_f$ は、交差点の十分上流から、行列末尾までの平均的な速度であり、道路や交通状況に依存する。閑散時には、一定速度（例えば、60 km/h）としてもよいが、渋滞に向かって、道路全体の交通密度が次第に大きくなると、これに比例して自由流速度 $V_f$ も低下する。従って、このような場合には、交通密度に見合った自由流速度 $V_f$ を算出して用いる必要がある。

**【0057】**

自由流速度 $V_f$ の算出方法として、例えば、以下の方法がある。（1）直前の所定期間（例えば、15分）のプローブ情報から、自由流速度 $V_f$ を算出する。（2）過去のプローブ情報から取得した自由流速度 $V_f$ と、その時の空間密度、占有率、交通量、あるいはその他の交通環境（車両感知器1、画像センサ5等で取得した情報、曜日、時間帯、天候等）との相関関係を統計解析して算出しておき、この相関関係と、信号待ち行列に関する情報を求める時点での交通環境とから、自由流速度 $V_f$ を決定する。

20

**【0058】**

例えば、自由流速度 $V_f$ と空間密度又は占有率との相関関係は1次式（直線）で近似することができ、空間密度又は占有率が増加するに依りて、自由流速度 $V_f$ は小さくなる。

**【0059】**

次に、到着交通量率 $R$ について説明する。交差点の上流において車両感知器1で計測した交通量が全て交差点に到着するとは限らず、途中で道路から流出したり、あるいは道路の途中から流入したりする。このため、交差点の流入路の途中で流出又は流入する交通量を考慮して計測した交通量を補正する必要がある。到着交通量率 $R$ は、交差点に到着する到着交通量を、上流の車両感知器1で計測した交通量で除算した値と定義する。

30

**【0060】**

特定の車線を走行する2台の車両間における、車両感知器1の設置位置での車両数と、交差点付近での車両数とが分かれば、その比を統計処理することにより、到着交通量率 $R$ がある程度推定可能である。しかし、一般に、道路が複数車線の場合、進路によっては、車両が複数の車線を利用できることがある。このため、本実施の形態では、以下のような方法を用いる。

**【0061】**

40

すなわち、（1）車両に画像センサやGPS受信機等を搭載している場合、車両がどの車線を走行するかを検出することができる可能性が高いので、このような場合には、プローブ情報に走行中の車線情報を含めるようにして、プローブ情報から車線情報を取り出すことができる。（2）利用可能な車線が1つに限定される進路（例えば、左折のみの車線、直進のみの車線、右折のみの車線など）についての交通量のみを利用する。

**【0062】**

図6は到着交通量率 $R$ の算出方法の一例を示す説明図である。2台の車両 $C_1$ 、 $C_2$ が光ビーコン等の通信装置と交信し、この間に通過した断面交通量を車両感知器1で計測するとする。さらに、2台の車両 $C_1$ 、 $C_2$ が共に、同一の自由流速度 $V_f$ で信号待ち行列に連なり、同一の青信号で交差点を同一方向（左折、直進、右折）に流出したとする。

50

## 【 0 0 6 3 】

車両感知器 1 で計測された、この 2 台の車両 C 1、C 2 間の断面交通量を Q、2 台の車両 C 1、C 2 が信号待ち行列に加わり、停止した位置での車頭間距離を L、停止行列内の平均車頭間隔を L h とする。到着交通量率 R は、 $R = Q 2 / Q 1$  で算出することができる。ここで、 $Q 1 = Q / 3$  ( 3 車線あるので計測した断面交通量 Q を 3 で除算 )、 $Q 2 = L / L h - 1$  である。

## 【 0 0 6 4 】

到着交通量率 R は、信号待ち行列内の車両の車種 ( 例えば、小型車、普通車、大型車など ) に応じて変動する可能性があるが、大量のデータで統計解析すれば、平均的な行列末尾での到着交通量率 R を求めることができる。なお、交通環境 ( 曜日、時間帯等 ) で区別してもよい。また、車両感知器 1 の位置から、交差点までの道路が車線変更禁止、あるいは、ほとんど車線変更がなされない場合には、断面交通量による平均ではなく、当該走行車線の交通量だけを用いてもよい。これにより、交差点上流と交差点との間で流出する車両や流入する車両が存在する場合でも、交差点に到着する到着交通量を補正することができる。

10

## 【 0 0 6 5 】

次に、右左折直進率 P i 及び進行方向別車線利用率 U i j について説明する。図 5 の例で説明したように、車線別の到着交通量を算出することが重要である。通常の一般的な複数車線の道路では、交差点をどの方向に流出するかで走行車線が決まるため、少なくとも、右折車線とそれ以外の車線等、車線ごとに信号待ち行列長等を予測する必要がある。このためには、上流からの交通量が各車線をどのような割合で利用するかを決定する必要がある。そこで、この基準として、交差点での右左折直進率 P i が重要となる。

20

## 【 0 0 6 6 】

また、幹線道路では、交差点を右左折直進する場合、その進行方向に対応する車線が複数ある場合がある。このためには、上流からの交通量が進行方向別にどの車線を利用するかを決定する必要がある。そこで、この基準として、進行方向別車線利用率 U i j が重要となる。

## 【 0 0 6 7 】

図 7 は右左折直進率 P i 及び進行方向別車線利用率 U i j を示す説明図である。交差点の右左折直進率 P i ( i = r、l、s、P r : 右折率、P l : 左折率、P s : 直進率 ) は、時間帯、催し物の有無、交通状況等により変化する。従って、例えば、以下のような方法で算出することができる。

30

## 【 0 0 6 8 】

すなわち、( 1 ) 直前の所定期間 ( 例えば、30 分 ) のプローブ情報、あるいは、交差点に設置した画像センサ 5 で交差点を流出する車両を撮像し、得られた情報から、右左折直進率を算出する。( 2 ) 過去のプローブ情報から取得した右左折直進率を、曜日、時間帯、天候、催し物の有無等の交通環境との相関関係で整理して算出しておき、この結果と信号待ち行列に関する情報を求める時点での交通環境とに基づいて、右左折直進率 P i を決定する。

## 【 0 0 6 9 】

また、進行方向別車線利用率 U i j は、進行方向 i ( i = r : 右折、l : 左折、s : 直進 )、及び車線 j ( 3 車線の場合、j = 1 : 左、2 : 中央、3 : 右 ) 毎に決定することができる。進行方向別車線利用率 U i j は、人手による調査等で決定してもよいが、所要のデータを収集して統計的に分析することにより、自動的に算出しておくことが望ましい。本実施の形態では、例えば、以下のような方法を用いることができる。

40

## 【 0 0 7 0 】

すなわち、( 1 ) 画像センサ 5 を利用する。例えば、交差点に設置した画像センサ 5 により、交差点手前で各車両が利用した車線、及び当該車両が交差点を流出する方向を取得することにより、直接、交差点出口の進行方向 i ( i = r : 右折、l : 左折、s : 直進 ) 別の車線 j ( 3 車線の場合、j = 1 : 左、2 : 中央、3 : 右 ) 利用率 U i j を計測する。

50

(2) プローブ情報を利用する。例えば、車両の位置検出精度が高精度化し、利用している車線の情報も検出できるようになると、この情報と交差点での進行方向から、進行方向  $i$  別の車線  $j$  利用率  $U_{ij}$  を計測することができる。

【0071】

上述の断面交通量  $Q$ 、到着交通量率  $R$ 、右左折直進率  $P_i$  及び進行方向別車線利用率  $U_{ij}$  を用いて、車線毎の到着交通量  $Q_j$  は、式(1)で算出することができる。なお、 $i$  は、進行方向  $i$  に対する和を示す。

【0072】

【数1】

$$Q_j = Q \cdot R \cdot \sum (P_i U_{ij}) \quad \dots (1)$$

10

【0073】

例えば、図7において、右折率  $P_r$  を10%、左折率  $P_l$  を20%、直進率  $P_s$  を70%、直進( $s$ )車両が左車線1を利用する進行方向別車線利用率  $U_{s1}$  を30%、直進( $s$ )車両が中央車線2を利用する進行方向別車線利用率  $U_{s2}$  を70%とすると、各車線  $j$  ( $j = 1$ :左、 $2$ :中央、 $3$ :右)の到着交通量  $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$  は、 $Q_1 = Q \cdot R \cdot (0.2 + 0.3 \times 0.7) = 0.41 Q \cdot R$ 、 $Q_2 = Q \cdot R \cdot (0.7 \times 0.7) = 0.49 Q \cdot R$ 、 $Q_3 = 0.1 Q \cdot R$ となる。これにより、車線が複数存在する場合、車線毎の到着交通量を精度良く求めることができる。

20

【0074】

次に、停止波伝搬速度  $V_s$  及び発進波伝搬速度  $V_w$  について説明する。交差点の上流側から進入する交通量がある場合、信号待ちで停止する停止車両が赤信号開始時点以降増加し、停止車両の末尾は時間の経過とともに上流側に延びる。このため、停止車両の末尾位置は、ある伝搬速度で上流側へ移動する。これを停止波伝搬速度  $V_s$  と定義することができる。また、その後、青信号開始時点で信号待ち行列内の停止車両の先頭側から発進するので、発進車両の位置は、時間の経過とともに上流側に延びる。このため、発進車両の位置は、ある伝搬速度で上流側へ移動する。これを発進波伝搬速度  $V_w$  と定義することができる。すなわち、発進波伝搬速度  $V_w$  は、赤信号で信号待ちしていた行列内の車両が、青信号で発進するまでには、当該車両の前方に停止していた車両の数(又はそれまでの行列の距離)に依存する時間遅れ(発進波伝搬速度に関連する発進遅れ)がある。

30

【0075】

プローブ情報と信号切り替えタイミングの情報から、行列待ち時の停止位置から交差点の停止位置までの距離  $L$ 、青信号開始(右折の場合の青矢開始を含む)から当該車両が移動を開始するまでの時間遅れを  $T$  とすると、発進波伝搬速度  $V_w$  は、 $V_w = L / T$  で算出することができる。発進波伝搬速度  $V_w$  は、信号待ち行列内の車両の車種(例えば、小型車、普通車、大型車など)に応じて変動する可能性があるが、大量のデータで統計解析すれば、平均的な発進波伝搬速度  $V_w$  を求めることができる。なお、交通環境(曜日、時間帯等)で区別してもよい。また、発進波伝搬速度  $V_w$  は、車線により異なる場合もあることから、車線毎に算出しておくことが望ましい。また、信号待ちで停止しようとする車両の速度と、青信号で発進し始めた車両の速度とは、同程度と考えられるので、停止波伝搬速度  $V_s$  と発進波伝搬速度  $V_w$  とが等しいと仮定することができる。

40

【0076】

次に、行列内走行速度  $V_q$  について説明する。行列内走行速度  $V_q$  は、信号待ち行列内の車両が発進した後の走行速度である。より具体的には、車線毎に交差点を流出するまで、あるいは赤信号で停止に向かうまでの行列内での平均的な車両の走行速度である。なお、行列内走行速度  $V_q$  は、当該車線の捌け交通量で決定される。例えば、渋滞による先詰まり(交差点を流出した先が渋滞していること)がなければ、一般的な信号現示の場合、

50

右折では青信号時の捌け交通量（対向車両の多さ、横断歩道での歩行者の多さと関連）、及び右折青矢で捌ける交通量で決定される。また、左折では青信号時の捌け交通量（横断歩道での歩行者の多さと関連）で決定される。さらに、直進では、青信号時の捌け交通量（飽和交通流率と関連）で決定される。

【 0 0 7 7 】

行列内走行速度  $V_q$  は、右左折直進毎、あるいは車線毎に算出することができる。

【 0 0 7 8 】

まず、直進のみの場合には、飽和交通流率（交差点流入部において、交通需要が十分に存在する状態で、単位時間・一車線当たり停止線を通して得る最大の車両数である。通常は青1時間当たりの通過台数で表わされる。）と関係し、先詰まりがない限り、交差点で決定される指標である。従って、過去の直進のプロープ情報から統計処理で算出しておけば、十分である。但し、勿論、直前の所定期間（例えば、15分）の直進のプロープ情報から行列内走行速度  $V_q$  を算出してもよい。

10

【 0 0 7 9 】

左折のみの場合には、左折後に横断歩道を渡る人がいるか否かで異なる。まず、左折後に横断歩道を渡る人がいる場合、（1）直前の所定期間（例えば、15分）の左折のプロープ情報から行列内走行速度  $V_q$  を算出する。（2）横断歩道を渡る人の状況が画像処理等で分かる場合には、例えば、過去の左折のプロープ情報から取得した行列内走行速度  $V_q$  と、その時の横断歩道を渡る人数との相関関係を統計解析しておき、この相関関係と信号待ち行列に関する情報を求める時点での横断歩道を渡る人数とに基づいて行列内走行速度  $V_q$  を算出する。

20

【 0 0 8 0 】

そして、左折後に横断歩道を渡る人がいない場合には、行列内走行速度  $V_q$  は道路構造等に依存し、先詰まりがない限り、交差点で決定される指標である。従って、過去の左折のプロープ情報から統計処理で算出しておけば十分である。但し、勿論、直前の所定期間（例えば、15分）の左折のプロープ情報から行列内走行速度  $V_q$  を算出してもよい。

【 0 0 8 1 】

右折のみの場合には、青信号時の行列内走行速度  $V_q$  と、右折青矢時の行列内走行速度  $V_q$  の2種類がある。まず、青信号時の行列内走行速度  $V_q$  の場合、対向直進交通量、横断歩道を渡る人数（横断歩道がある時）に依存する。この場合の算出方法は、例えば、以下の方法がある。すなわち、（1）直前の所定期間（例えば、15分）の右折のプロープ情報から、行列内走行速度  $V_q$  を算出する。（2）過去の右折のプロープ情報から取得した行列内走行速度  $V_q$  と、その時の対向直進交通量、横断歩道を渡る人数（横断歩道がある時）との相関関係を統計解析しておき、この相関関係と信号待ち行列に関する情報を求める時点での対向直進交通量、横断歩道を渡る人数（横断歩道がある時）とに基づいて行列内走行速度  $V_q$  を算出する。

30

【 0 0 8 2 】

そして、右折青矢の行列内走行速度  $V_q$  の場合、行列内走行速度  $V_q$  は、道路構造等に依存し、先詰まりがない限り、交差点で決定される指標である。従って、過去の右折のプロープ情報から統計処理で算出しておけば十分である。但し、勿論、直前の所定期間（例えば、15分）の右折のプロープ情報から行列内走行速度  $V_q$  を算出してもよい。

40

【 0 0 8 3 】

左折・直進の混合する車線の場合には、左折後に横断歩道を渡る人がいるか否かで異なる。左折後に横断歩道を渡る人がいる場合、直進車両は、左折車両に追従するしかないため、行列内走行速度  $V_q$  は、左折のみの場合と同様になると考えられる。但しデータとしては、直進と左折の両方が利用できる。

【 0 0 8 4 】

そして、左折後に横断歩道を渡る人がいない場合、行列内走行速度  $V_q$  は、ほぼ道路構造に依存し、先詰まりがない限り、交差点で決定される指標である。従って、過去の直進及び左折のプロープ情報から、統計処理で算出しておけば十分である。なお、勿論、直前

50

の所定期間（例えば、15分）の左折と直進のプロープ情報から行列内走行速度  $V_q$  を算出してよい。

【0085】

右折・直進の混合する車線の場合、直進車両は、右折車両に追従するしかないため、右折のみの場合と同様になると考えられる。但しデータとしては、直進と右折の両方が利用できる。

【0086】

次に、信号待ち行列がどのように発生し、どのように解消するかを説明する。図8は信号待ち行列の推移を示す説明図である。図8において、横軸は時刻を示し、縦軸は信号待ち行列の行列長を示す。行列長は総遅れ時間に依存し、総遅れ時間は、交差点の上流から流れて来て行列末尾に到着する到着交通量と交差点での青信号による捌け交通量との差の積分で決定される。最初の赤信号開始時刻  $t_{r1}$  で信号待ちの車両がないとする。また、赤信号開始直後、上流から交通量が自由流速度  $V_f$  で流入すると仮定する。

10

【0087】

図8に示すように、赤信号開始時刻  $t_{r1}$  で交差点の上流側から進入する交通量がある場合、信号待ちで停止する停止車両が赤信号開始時刻  $t_{r1}$  以降増加し、停止車両の末尾（行列長）は時間の経過とともに上流側に延びる。このため、停止車両の末尾位置は、停止波伝搬速度  $V_s$  で移動する。これにより、信号待ち行列の末尾の位置は、交差点の上流側に延びる（信号待ち行列長が長くなる）。

【0088】

20

その後、青信号開始時刻  $t_g$  で信号待ち行列内の停止車両のうち先頭側の車両から発進するので、発進車両の位置は、時間の経過とともに上流側に延び、発進車両の位置は、発進波伝搬速度  $V_w$  で移動する。発進車両の位置と停止車両の位置とが一致する時刻で行列長が最長となる（図8の点M参照）。

【0089】

信号待ち行列の長さが最長になった時点で、信号待ち行列中の停止車両が存在しなくなり、その後は、信号待ち行列内のすべての車両が移動又は移動停止を繰り返し、信号待ち行列の長さは次第に短くなる。青信号中、すなわち、次の赤信号開始時刻  $t_{r2}$  までに信号待ち行列内の車両がすべて交差点から流出できた場合、捌け残りがなくなり信号待ち行列は解消する。

30

【0090】

次に、上述の信号待ち行列の推移を車両の進行方向別に説明する。図9は直進車両のみの車線の場合の信号待ち行列の推移を示す説明図である。図9において、横軸は時刻を示し、縦軸は信号待ち行列の行列長を示す。交差点上流の車両感知器1を通過した車両の大部分は、信号待ち行列のない領域では、自由流速度  $V_f$  で走行し、信号待ち行列の行列末尾に到着して停止する。その後、信号が青に切り替わり、信号待ち行列の先頭が走行を開始すると発進車両の位置が発進波伝搬速度  $V_w$  で上流に伝わる。発進開始後は、車両は行列内走行速度  $V_q$  で平均的に走行する。信号待ち行列長が信号1回待ち以内であれば、待ち行列内にあった車両は全て交差点を通過できるが、信号待ち行列長がこれを越えた場合には、待ち行列の後ろの方であった車両は、再度赤信号で交差点を通過できず、捌け残りが起こる。

40

【0091】

なお、赤信号開始時刻で捌け残りがあある場合、信号待ち行列には、完全に停止している停止車両の末尾（停止行列長領域の行列末尾）と、移動又は移動停止を繰り返している車両の末尾（移動行列長領域の末尾）との2種類の行列末尾が存在する。

【0092】

図10は左折車両のみの車線の場合の信号待ち行列の推移を示す説明図である。図10において、横軸は時刻を示し、縦軸は信号待ち行列の行列長を示す。この場合は、上述の図9の場合と同様の形態になるが、左折後に横断歩道があり、横断歩道を渡る人数が多い場合には、図10に示すように行列内走行速度  $V_q$  が大幅に低下し、発進も不規則となる

50



。横断歩道がない場合でも、発進波伝搬速度  $V_w$ 、行列内走行速度  $V_q$  は、図 9 の場合と異なると考えられる。

【 0 0 9 3 】

なお、図 9 の場合と同様に、赤信号開始時刻で捌け残りがある場合には、信号待ち行列には、完全に停止している停止車両の末尾（停止行列長領域の行列末尾）と、移動又は移動停止を繰り返している車両の末尾（移動行列長領域の末尾）との 2 種類の行列末尾が存在する。ここで、行列内走行速度  $V_q$  が小さく左折する交通量が多い場合には、移動又は移動停止を繰り返している車両の末尾（移動行列長領域の末尾）が上流側に延びて行列長が長くなる場合もある。

【 0 0 9 4 】

図 1 1 は右折車両のみの車線の場合の信号待ち行列の推移を示す説明図である。図 1 1 において、横軸は時刻を示し、縦軸は信号待ち行列の行列長を示す。この場合、行列内走行速度  $V_q$  は、信号が青で対向の直進車両があり、あるいは、人が横断歩道を渡っており、避けて右折する場合と右折青矢になってから右折する場合との 2 種類ある。行列内走行速度  $V_q$  は、後者の方が大きい。

【 0 0 9 5 】

なお、図 9 の場合と同様に、赤信号開始時刻で捌け残りがある場合には、信号待ち行列には、完全に停止している停止車両の末尾（停止行列長領域の行列末尾）と、移動又は移動停止を繰り返している車両の末尾（移動行列長領域の末尾）との 2 種類の行列末尾が存在する。ここで、行列内走行速度  $V_q$  が小さく右折する交通量が多い場合には、移動行列長領域でも行列長が長くなる場合もある。

【 0 0 9 6 】

直進車両、左折車両、右折車両等が混合する車線の場合、すなわち、図 4 で示したように、同一車線に複数の進路がある場合には、各車線の信号待ち行列の推移は、発進波伝搬速度  $V_w$  や行列内走行速度  $V_q$  などが遅い方の進路の形態に近くなる。例えば、左折車両と直進車両とが混合する場合には、左折車両のみの場合の形態に近くなり、右折車両と直進車両とが混合する場合には、右折車両のみの場合の形態に近くなり、単一車線の道路の場合には、左折車両又は右折車両のみの場合の形態に近くなる。

【 0 0 9 7 】

次に、プローブ情報を用いた車線毎の信号待ち行列の末尾の予測方法について説明する。以下では、ある時刻に車両感知器 1 の感知領域を通過した車両が信号待ち行列の末尾に到着する時刻とその車両の末尾の位置を予測する場合と、任意の時刻における信号待ち行列の末尾の位置を予測する場合について説明する。まず、ある時刻に車両感知器 1 の感知領域を通過した車両が信号待ち行列の末尾に到着する時刻とその車両の末尾の位置を予測する場合について説明する。なお、プローブ情報に車線情報が含まれているとし、車線情報として、例えば、車線、路側からの距離などの走行方向に対して横方向の位置の情報が含まれているとする。これにより、プローブ車両が走行している車線が分かる。

【 0 0 9 8 】

まず、プローブ情報に基づいて、プローブ車両が信号待ち行列の末尾に到達した時刻と到達位置を特定する方法について説明する。交差点の上流から流入路を走行するプローブ車両の位置、速度、時刻などのプローブ情報を通信装置等で取得できた場合、プローブ車両が信号待ち行列の末尾に到達したか否かを、例えば、交差点の手前で車速が所定の閾値より小さくなったことで判定することができる。これにより、プローブ車両が信号待ち行列の末尾に到達した時刻と到達位置を特定することができる。

【 0 0 9 9 】

この場合、プローブ情報を送信するための通信機能の車両への搭載率に影響を受ける。例えば、搭載率が 5 % 程度であるとする。仮に、停止線から車両感知器 1 の設置位置までの距離を 1 0 0 0 m、渋滞による信号待ち行列長を 2 0 0 m、信号待ち行列内の車頭間隔を 1 0 m、信号待ちのない自由走行領域での車両速度を 2 0 m / 秒、自由走行領域での車頭間隔を 4 0 m（車頭時間は 2 秒）とする。また、一車線当たり、自由走行領域 8 0 0

10

20

30

40

50

m ( 1 0 0 0 m - 2 0 0 m ) 内には 2 0 台の車両が存在し、信号待ち行列内には 2 0 台の車両が存在するとする。

【 0 1 0 0 】

この条件では、40 秒に 1 台の車両の割合で車線毎にプローブ情報が得られ、瞬間的には、自由走行領域に 1 台、信号待ち行列内に 1 台のプローブ車両のプローブ情報が得られるだけである。従って、プローブ車両が信号待ち行列末尾に到着した時刻における行列末尾のみが結果的に検出できるだけである。すなわち、上記の数値例では、40 秒経過の都度に行列末尾が得られることになる。

【 0 1 0 1 】

図 1 2 は停止行列長領域の行列末尾の予測方法の一例を示す説明図である。以下、直進車線の場合を示すが、他の車線についても同様である。停止行列長領域は、上述したとおり、信号待ち行列内で完全に停止している停止車両で構成される行列領域である。取得したプローブ情報を用いて、プローブ車両の位置情報の軌跡を追跡すると、プローブ車両が交差点上流の車両感知器 1 の感知領域を通過した時刻  $t_0$  ( 第 1 時点 ) が分かり、このプローブ車両が当該走行車線の行列末尾に到着した時刻  $t_1$  ( 到達時点 ) とその位置 ( 到達位置、図 1 2 で点 A ) が分かる。

【 0 1 0 2 】

時刻  $t_0$  以降に車両感知器 1 を通過した断面交通量  $Q$  を計測することができるので、任意の時刻  $t$  ( 第 2 時点、 $t > t_0$  ) に車両感知器 1 を通過した車両が行列末尾に到着する時刻  $T$ 、及び到達位置 ( 図 1 2 で点 X ) は、上述の交通流挙動パラメータ ( 自由流速度  $V_f$ 、右左折直進率  $P_i$ 、到着交通量率  $R$ 、進行方向別車線利用率  $U_{ij}$ 、停止行列内の平均車頭間隔  $L_h$ 、発進波伝搬速度  $V_w$ 、停止波伝搬速度  $V_s$ 、行列内走行速度  $V_q$  等)、信号切り替えタイミング ( 赤信号開始時刻  $t_r$ 、青信号開始時刻  $t_g$  等) を既知とすると、車両が到達する車線ごとに予測することができる。

【 0 1 0 3 】

例えば、時刻  $t_0$  から時刻  $t$  までの間に車両感知器 1 で計測された断面交通量を  $Q(t_0, t)$  とする。時刻  $t$  に車両感知器 1 の感知領域を通過した車両が、停止行列長領域の車線  $j$  の行列末尾に到着する時刻  $T$ 、及びその時の行列末尾の位置  $L(T)$  は、それぞれ式 ( 2 )、式 ( 3 ) で求めることができる。ただし、式 ( 4 ) が成立するものとする。式 ( 4 ) が成立する場合は、信号待ち行列内に完全に停止している車両が存在する。これにより、最長末尾位置及び時点までは、信号待ち行列の末尾を停止車両の行列末尾として求めることができる。

【 0 1 0 4 】

【 数 2 】

$$T = t_1 + (t - t_0) - Q(t_0, t) \cdot R \cdot \sum (P_i U_{ij}) \cdot L_h / V_f \quad \dots (2)$$

$$L(T) = L(t_1) + Q(t_0, t) \cdot R \cdot \sum (P_i U_{ij}) \cdot L_h \quad \dots (3)$$

$$L(T) \geq V_w \cdot (T - t_g) \quad \dots (4)$$

【 0 1 0 5 】

図 1 3 は信号待ち行列が最長となる場合の行列末尾の予測方法の一例を示す説明図である。図 1 3 に示すように、信号待ち行列が最長となる時刻を  $T_m$  ( 第 3 時点 ) とし、その時の末尾位置を  $L(T_m)$  とする ( 図 1 3 の点 M )。また、時刻  $t_m$  ( 第 4 時点 ) に車両感知器 1 の感知領域を通過した車両が信号待ち行列に到達したときに信号待ち行列が最長になったとする。この場合、 $T_m$ 、 $L(T_m)$  は、それぞれ式 ( 5 )、式 ( 6 ) で求めることができる。なお、この場合、式 ( 7 ) が成立するものとする。任意の時刻  $t$  に車両感

10

20

30

40

50

知器 1 の感知領域を通過した車両に対して、式 ( 2 ) 及び式 ( 3 ) から求めた時刻 T 及びその時の行列末尾の L ( T ) を、式 ( 5 ) 及び式 ( 6 ) の T m、L ( T m ) に代入した場合に、当該式 ( 5 ) 及び式 ( 6 ) の等号が成立するか否かを判定し、成立した場合、信号待ち行列が最長になったことを示す。

【 0 1 0 6 】

【 数 3 】

$$Tm = t1 + (tm - t0) - Q(t0, tm) \cdot R \cdot \Sigma(PiUij) \cdot Lh / Vf \quad \dots(5)$$

$$\begin{aligned} L(Tm) &= L(t1) + Q(t0, tm) \cdot R \cdot \Sigma(PiUij) \cdot Lh \\ &= Vw \cdot (Tm - tg) \end{aligned} \quad \dots(6)$$

$$L(T) < Vw \cdot (T - tg) \quad \dots(7)$$

10

【 0 1 0 7 】

図 1 4 は移動行列長領域の行列末尾の予測方法の一例を示す説明図である。移動行列長領域は、上述したとおり、信号待ち行列内で移動又は移動停止を繰り返している車両で構成される行列領域である。この場合、任意の時刻 t ( 第 5 時点 ) に車両感知器 1 の感知領域を通過した車両が、移動行列長領域の車線 j の行列末尾に到着する時刻 T、及びその時の行列末尾の位置 L ( T ) は、それぞれ式 ( 8 )、式 ( 9 ) で求めることができる。ただし、式 ( 1 0 ) が成立するものとする。また、任意の時刻 t ( 第 5 時点 ) は、時刻 t m ( 第 4 時点 ) 以降の時刻である。これにより、信号待ち行列内の車両が移動又は移動停止を繰り返し、信号待ち行列長が減少している場合であっても、渋滞時等の信号待ち行列に関する情報を車線に対応させて精度良く予測することができる。

20

【 0 1 0 8 】

【 数 4 】

$$\begin{aligned} [T - \{Tm + (t - tm)\}] \cdot Vf \\ = (T - Tm) \cdot Vq - Q(tm, t) \cdot R \cdot \Sigma(PiUij) \cdot Lh \end{aligned} \quad \dots(8)$$

$$L(T) = L(Tm) - [T - \{Tm + (t - tm)\}] \cdot Vf \quad \dots(9)$$

$$tm < t \quad \dots(10)$$

30

【 0 1 0 9 】

図 1 5 は信号待ち行列が移動行列長領域から停止行列長領域に移行する場合の行列末尾の予測方法の一例を示す説明図である。図 1 5 に示すように、信号待ち行列が移動行列長領域から停止行列長領域に移行する ( すなわち、信号待ち行列の行列長が移動行列長から停止行列長に移行する ) 時刻を T n ( 第 6 時点 ) とし、その時の末尾位置を L ( T n ) とする ( 図 1 5 の点 N )。また、時刻 t n ( 第 7 時点 ) に車両感知器 1 の感知領域を通過した車両が信号待ち行列に到達したときに信号待ち行列が移動行列長領域から停止行列長領域に移行したとする。この場合、T n、L ( T n ) は、それぞれ式 ( 1 1 )、式 ( 1 2 ) で求めることができる。式 ( 1 2 ) が成立する場合は、捌け残りがある場合である。

40

【 0 1 1 0 】

【数5】

$$\begin{aligned} L(T_n) &= (T_n - tr) \cdot Vs \\ &= \{L(T_m) - (tr - tg) \cdot Vq\} + Q(tm, tn) \cdot R \cdot \Sigma(PiUij) \cdot Lh \end{aligned} \quad \dots(11)$$

$$L(T_m) > (tr - tg) \cdot Vq \quad \dots(12)$$

$$\begin{aligned} L(T_n) &= (T_n - tr) \cdot Vs \\ &= Q(tm, tn) \cdot R \cdot \Sigma(PiUij) \cdot Lh \end{aligned} \quad \dots(13)$$

10

$$L(T_m) \leq (tr - tg) \cdot Vq \quad \dots(14)$$

【0111】

あるいは、 $T_n$ 、 $L(T_n)$ は、それぞれ式(13)、式(14)で求めることができる。式(14)が成立する場合は、捌け残りが無い場合である。この場合、信号待ち行列長は0となる。

【0112】

20

時刻 $T_n$ 以降の次の停止行列長領域の行列末尾の予測、すなわち、時刻 $t_n$ 以降の時刻 $t$ (第8時点)に車両感知器1の感知領域を通過した車両が、停止行列長領域の車線 $j$ の行列末尾に到着する時刻 $T$ 、及びその時の行列末尾の位置 $L(T)$ は、それぞれ式(15)、式(16)で求めることができる。ただし、式(17)が成立するものとする。式(17)が成立する場合は、捌け残りがある場合を示す。

【0113】

【数6】

$$T = T_n + (t - t_n) - Q(tm, t) \cdot R \cdot \Sigma(PiUij) \cdot Lh / Vf \quad \dots(15)$$

30

$$L(T) = L(T_n) + Q(tm, t) \cdot R \cdot \Sigma(PiUij) \cdot Lh \quad \dots(16)$$

$$L(T_m) > (tr - tg) \cdot Vq \quad \dots(17)$$

$$L(T) = Q(tm, t) \cdot R \cdot \Sigma(PiUij) \cdot Lh \quad \dots(18)$$

$$L(T_m) \leq (tr - tg) \cdot Vq \quad \dots(19)$$

40

【0114】

あるいは、 $T$ 、 $L(T)$ は、それぞれ式(15)、式(18)で求めることができる。ただし、式(19)が成立するものとする。式(19)が成立する場合は、捌け残りが無い場合を示す。これにより、青信号で信号待ちが解消せずに捌け残りがあり、信号待ち行列長が増加している場合であっても、渋滞時等の信号待ち行列に関する情報を車線に対応させて精度良く予測することができる。

【0115】

上述の図12～図15の例は、直進車線の場合であるが、左折車線や右折車線の場合も同様に信号待ち行列の末尾の情報を求めることができる。

50

## 【 0 1 1 6 】

新たなプローブ車両のプローブ情報が得られて、信号待ち行列の末尾が正確に把握できれば、これを考慮して信号待ち行列の末尾を予測することになる。上述の数値例で示したように、40秒経過の都度、新たなプローブ情報を取得することができるとすれば、信号待ち行列の予測を行う間隔は、高々40秒程度で十分であり、40秒程度先までの時間範囲内の信号待ち行列を予測すればよいといえる。ただし、プローブ車両の比率が大きくなればなる程、予測を行う間隔を短くすることができるので、予測の時間範囲が短くなり、それだけ予測精度が高くなる。予測した後に、信号切り替えタイミングに変更が生じた場合には、これを考慮して即座に予測値を変更すればよい。

## 【 0 1 1 7 】

なお、停止行列長領域での行列末尾は、青信号で発進波が伝搬し、行列末尾が移動を開始した時点（例えば、図13における点M）で、移動行列長領域での行列末尾に切り替わる。後者の行列末尾は、図13に示すように、行列内走行速度 $V_q$ と流入してくる交通量に依存するが、停止時の最長行列末尾（点M）が行列内走行速度 $V_q$ で移動したものと殆ど変わらないため、これに近似して行列末尾を予測することもできる。

## 【 0 1 1 8 】

上述の実施の形態では、プローブ車両が信号待ち行列の末尾に到達した到達時刻と到達位置を利用して、任意の時刻に車両感知器1の感知領域を通過した車両が、信号待ち行列の末尾に到達する時刻とその時刻での行列末尾の位置を求めるものであったが、プローブ車両の走行軌跡中の他の位置及び時刻を利用することもできる。

## 【 0 1 1 9 】

図16はプローブ車両の走行軌跡の利用の例を示す説明図である。図16に示すように、プローブ車両は、時刻 $t_1$ で信号待ち行列の末尾に到達する（点A参照）。その後信号待ちで停止を続け、時刻 $t_2$ で発進を開始する（点B参照）。そして、時刻 $t_2$ 以降は、行列内走行速度 $V_q$ で交差点に向かって走行し、時刻 $t_3$ で交差点から流出する（点C）。

## 【 0 1 2 0 】

この場合、プローブ車両が行列末尾（図16の点A）に到着したときの情報を利用する代わりに、プローブ車両が行列内で停止した後に動き始めた点B、あるいは、交差点を流出した点Cの情報を利用して、それまでに予測した行列末尾の予測値を補正することもできる。

## 【 0 1 2 1 】

次に、任意の時刻における信号待ち行列の末尾の位置を予測する場合について説明する。図17は任意の時刻における信号待ち行列の末尾の位置を算出する例を示す説明図である。任意の時刻 $t$ とプローブ車両が信号待ち行列の末尾に到達した到達時刻 $t_1$ との時間差 $\Delta t$ （例えば、 $\Delta t = t - t_1$ ）を算出し、そのプローブ車両が車両感知器1の感知領域を通過した時刻 $t_0$ （第1時点）から時間差 $\Delta t$ の間の所定車線の到着交通量及びプローブ車両の到達位置 $L(t_1)$ を用いて、任意の時刻 $t$ の信号待ち行列の末尾の位置 $L(t)$ を算出することができる。

## 【 0 1 2 2 】

なお、この場合、上述の式(2)、式(3)、式(8)、式(9)、式(15)、式(16)、式(18)を逐次求めていくことにより算出できる。これにより、プローブ情報を取得した後であれば、任意の時点での信号待ち行列の末尾の位置を車線毎に逐次求めることができる。

## 【 0 1 2 3 】

ここで、上記の任意の時刻が、現在又は過去のとき推定、将来のとき予測と区別することになると、将来の行列末尾の予測では、図17から明らかなように、現在時刻から、車両感知器1の位置から行列末尾までの自由走行時間先の予測までが可能である。それ以後は、車両感知器1で交通量が計測されていないためである。なお、本実施の形態では、上記推定、予測を区別せず、両方の概念を含めて予測という表現を用いることにする。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 2 4 】

プローブ情報に、車線又は路側からの距離等の横方向の位置の情報が含まれていない場合には、少なくとも交差点を流出する時点までは、プローブ車両がどの車線を走行しているかが分からない。また、プローブ車両が交差点を流出した場合でも、1つの進行方向に対して複数の車線が利用できるときは、流出先の進行方向のみでは、プローブ車両が走行した車線を特定することができない。このような場合には、以下の方法で対応することができる。

## 【 0 1 2 5 】

まず、交差点を流出した時点での車線を特定する場合について説明する。プローブ車両が、交差点を流出した時点で、当該進行方向に対して利用できる車線が特定できる場合には、この時点で、そのプローブ車両のプローブの情報（例えば、図16の点A、点B、点Cでの情報）を利用して、当該車線の行列末尾を予測する。特に、右折の場合には、特定できる場合が多く、かつ予測結果の利用価値も高いので、本方式は有意義である。

## 【 0 1 2 6 】

次に、車線毎の行列末尾の差異を利用する場合について説明する。例えば、直進車線と右折車線とでは、行列末尾（例えば、長さ）に大きな差があることが多い。従って、プローブ車両が行列末尾に到着した時刻の行列末尾が、それまでに予測していた当該時刻の行列末尾と異なる場合には、その車線ではないと判定することができる。このため、必ずしも、プローブ車両が交差点を流出するまで待たなければ利用できないということはない。

## 【 0 1 2 7 】

次に、複数利用可能な車線の行列末尾の同一性を利用する場合について説明する。例えば、1つの進行方向に対して、複数の車線が利用できる場合、直進方向の車線が2車線ある場合、左折方向の車線が2車線ある場合に、どちらの車線の行列末尾（例えば、信号待ち行列の長さ）もあまり変わらないと考えることもできる。従って、この場合には、どちらも同じ行列末尾であると判定して、両方の車線における行列末尾の予測に対して、当該プローブ情報を利用する。なお、上記のようにして予測した行列末尾は、時間が経過し過ぎると精度が低下するので、有効期限（例えば、1分）を設定しておく必要がある。

## 【 0 1 2 8 】

上述のようにして算出（予測）した信号待ち行列の末尾の予測値、推定値（現在時刻の直近の過去又は現在時刻の行列末尾であり、プローブ車両のプローブ情報で過去に予測された行列末尾を補正したものを含む）は、右折待ち時間を含む交差点間の旅行時間算出の高精度化、行列長の精度向上に伴うパトカー等の緊急車両の優先制御の高度化や信号制御の高精度化、環境にやさしい走行制御やアイドリングストップ、ジレンマ制御等の安全運転支援等、広範囲の目的に利用可能である。

## 【 0 1 2 9 】

次に、本発明に係る信号待ち行列情報生成装置100の動作について説明する。図18、図19、図20及び図21は信号待ち行列末尾の算出処理手順を示すフローチャートである。制御部10、車線交通量算出部12、プローブ車両情報特定部14、行列末尾情報生成部15などを、これら各部の機能を実現するプログラムコードをCPU（不図示）にロードして実行させる構成とすることができる。以下、信号待ち行列末尾の算出処理手順をCPUが行うものとして説明する。

## 【 0 1 3 0 】

CPUは、交差点上流の交通量、プローブ車両のプローブ情報を取得し（S11）、交差点付近の対向車両の交通量、横断歩道の歩行者、交差点内の車両走行挙動を取得する（S12）。

## 【 0 1 3 1 】

CPUは、プローブ車両から信号待ち行列の末尾を検出することができたか否かを判定し（S13）、検出できない場合（S13でNO）、ステップS11以降の処理を続け、検出できた場合（S13でYES）、全ての交通流挙動パラメータを算出済みであるか否かを判定する（S14）。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 3 2 】

全ての交通流挙動パラメータを算出済みである場合（S 1 4 で Y E S ）、C P U は、プローブ車両の走行車線を特定することができたか否かを判定し（S 1 5 ）、走行車線を特定することができた場合（S 1 5 で Y E S ）、過去に予測した信号待ち行列の末尾が有効であるか否かを判定する（S 1 6 ）。有効であるか否かの判定は、例えば、予測後の経過時間が所定時間（例えば、1分など）を超えたか否かで行うことができる。

## 【 0 1 3 3 】

過去に予測した信号待ち行列の末尾が有効でない場合（S 1 6 で N O ）、C P U は、取得した交通量、交通流挙動パラメータから所定の車線への到着交通量を算出し（S 1 7 ）、所定の車線の信号待ち行列末尾を算出する（S 1 8 ）。この場合、ある時刻に車両感知器 1 の感知領域を通過した車両が信号待ち行列の末尾に到着する時刻とその車両の末尾の位置を算出してもよく、あるいは、任意の時刻における信号待ち行列の末尾の位置を算出してもよい。

10

## 【 0 1 3 4 】

C P U は、算出した信号待ち行列末尾を一般車両、あるいは信号制御装置へ出力し（S 1 9 ）、処理を終了する。過去に予測した信号待ち行列の末尾が有効である場合（S 1 6 で Y E S ）、C P U は、所定の車線に対し、過去に予測した信号待ち行列末尾とプローブ車両の信号待ち行列末尾とが所定の誤差範囲内で一致するか否かを判定し（S 2 0 ）、一致する場合（S 2 0 で Y E S ）、所定の車線の信号待ち行列末尾をプローブ車両の信号待ち行列末尾に補正し（S 2 1 ）、ステップ S 1 9 の処理を行う。一致しない場合（S 2 0

20

## 【 0 1 3 5 】

全ての交通流挙動パラメータを算出済みでない場合（S 1 4 で N O ）、C P U は、交通流挙動パラメータを直接算出することができるか否かを判定し（S 2 2 ）、算出することができない場合（S 2 2 で N O ）、交通流挙動パラメータと交通環境との相関関係が算出済みか否かを判定する（S 2 3 ）。

## 【 0 1 3 6 】

相関関係が算出済みでない場合（S 2 3 で N O ）、C P U は、相関関係の算出に十分なデータがあるか否かを判定し（S 2 4 ）、十分なデータがある場合（S 2 4 で Y E S ）、相関関係を算出する（S 2 5 ）。

30

## 【 0 1 3 7 】

C P U は、すべての交通流挙動パラメータを処理済みであるか否かを判定し（S 2 8 ）、処理済みでない場合（S 2 8 で N O ）、ステップ S 2 2 の処理を行い、処理済みである場合（S 2 8 で Y E S ）、ステップ S 1 1 以降の処理を行う。

## 【 0 1 3 8 】

交通流挙動パラメータを直接算出することができる場合（S 2 2 で Y E S ）、C P U は、交通流挙動パラメータを算出し（S 2 6 ）、ステップ S 2 8 の処理を行う。相関関係が算出済みである場合（S 2 3 で Y E S ）、C P U は、現在の交通環境から、交通流挙動パラメータを決定し（S 2 7 ）、ステップ S 2 8 の処理を行う。相関関係の算出に十分なデータがない場合（S 2 4 で N O ）、C P U は、ステップ S 2 8 の処理を行う。

40

## 【 0 1 3 9 】

プローブ車両の走行車線を特定することができない場合（S 1 5 で N O ）、C P U は、過去に予測した信号待ち行列の末尾が有効であるか否かを判定し（S 2 9 ）、有効である場合（S 2 9 で Y E S ）、過去に予測した各車線の信号待ち行列末尾とプローブ車両の信号待ち行列末尾とを比較する（S 3 0 ）。

## 【 0 1 4 0 】

C P U は、プローブ車両の信号待ち行列末尾で車線を特定することができるか否かを判定し（S 3 1 ）、車線を特定することができない場合（S 3 1 で N O ）、プローブ車両が交差点を流出したか否かを判定する（S 3 2 ）。

## 【 0 1 4 1 】

50

プローブ車両が交差点を流出した場合（S32でYES）、CPUは、プローブ車両の進行方向からプローブ車両の走行車線を特定することができるか否かを判定し（S33）、走行車線を特定することができない場合（S33でNO）、進行方向に対応する複数の車線を特定し（S34）、ステップS16の処理を行う。

【0142】

過去に予測した信号待ち行列の末尾が有効でない場合（S29でNO）、CPUは、ステップS32の処理を行う。プローブ車両の信号待ち行列の末尾で車線を特定することができる場合（S31でYES）、CPUは、ステップS16の処理を行う。

【0143】

プローブ車両が交差点を流出していない場合（S32でNO）、CPUは、ステップS11以降の処理を行う。プローブ車両の進行方向からプローブ車両の走行車線を特定することができる場合（S33でYES）、CPUは、ステップS16の処理を行う。

10

【0144】

以上説明したように、本発明によれば、車線毎の交通状況の差異を考慮して、渋滞時等の信号待ち行列に関する情報（行列末尾の位置、車両が行列末尾に到達した時刻など）を車線に対応させて精度良く予測することができる。

【0145】

上述の実施の形態において、制御部10、車線交通量算出部12、プローブ車両情報特定部14、行列末尾情報生成部15などは、ハードウェア回路で構成することもでき、あるいは、これらの機能を実現するプログラムコードをCPUにロードして実行させる構成とすることもできる。また、前述のプログラムコードをコンピュータで読み取り可能に記録した記録媒体（例えば、CD-ROMやDVDなどの光ディスク、磁気ディスク、半導体メモリなど）として構成することもできる。

20

【0146】

開示された実施の形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味及び範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【図面の簡単な説明】

【0147】

【図1】本発明に係る信号待ち行列情報生成装置を備えた信号待ち行列情報生成システムの設置例を示す模式図である。

30

【図2】本発明に係る信号待ち行列情報生成装置を備えた信号待ち行列情報生成システムの構成の一例を示す説明図である。

【図3】本発明に係る信号待ち行列情報生成装置の構成の一例を示すブロック図である。

【図4】進路別の道路標識の一例を示す説明図である。

【図5】複数車線を有する流入路での車両の走行例を示す説明図である。

【図6】到着交通量率の算出方法の一例を示す説明図である。

【図7】右左折直進率及び進行方向別車線利用率を示す説明図である。

【図8】信号待ち行列の推移を示す説明図である。

【図9】直進車両のみの車線の場合の信号待ち行列の推移を示す説明図である。

40

【図10】左折車両のみの車線の場合の信号待ち行列の推移を示す説明図である。

【図11】右折車両のみの車線の場合の信号待ち行列の推移を示す説明図である。

【図12】停止行列長領域の行列末尾の予測方法の一例を示す説明図である。

【図13】信号待ち行列が最長となる場合の行列末尾の予測方法の一例を示す説明図である。

【図14】移動行列長領域の行列末尾の予測方法の一例を示す説明図である。

【図15】信号待ち行列が移動行列長領域から停止行列長領域に移行する場合の行列末尾の予測方法の一例を示す説明図である。

【図16】プローブ車両の走行軌跡の利用の例を示す説明図である。

【図17】任意の時刻における信号待ち行列の末尾の位置を算出する例を示す説明図であ

50



る。

【図18】信号待ち行列末尾の算出処理手順を示すフローチャートである。

【図19】信号待ち行列末尾の算出処理手順を示すフローチャートである。

【図20】信号待ち行列末尾の算出処理手順を示すフローチャートである。

【図21】信号待ち行列末尾の算出処理手順を示すフローチャートである。

【符号の説明】

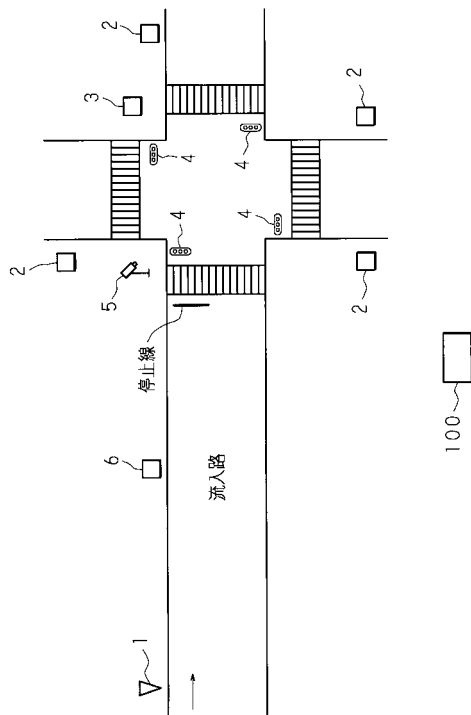
【0148】

- 1 車両感知器
- 2、6 通信装置
- 3 信号制御装置
- 4 信号灯器
- 5 画像センサ
- 100 信号待ち行列情報生成装置
- 10 制御部
- 11 通信部
- 12 車線交通量算出部
- 13 記憶部
- 14 プローブ車両情報特定部
- 15 行列末尾情報生成部
- 151 最長末尾算出部
- 152 移行末尾算出部
- 153 末尾位置算出部

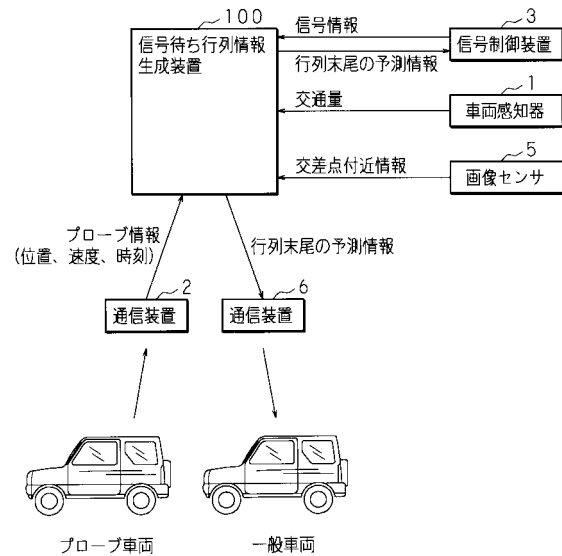
10

20

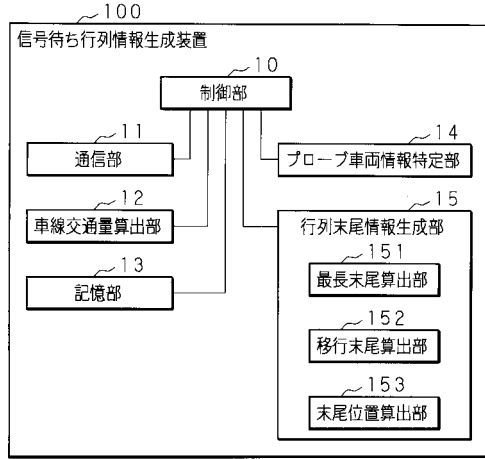
【図1】



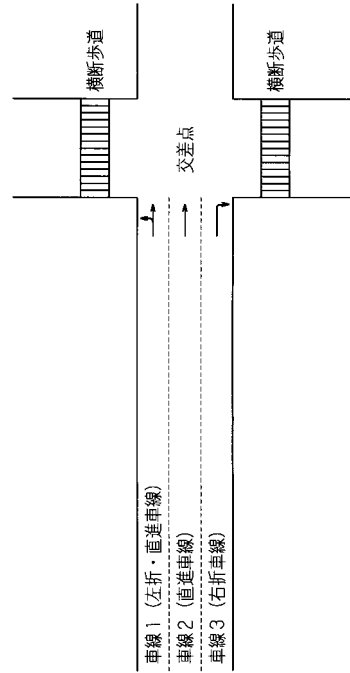
【図2】



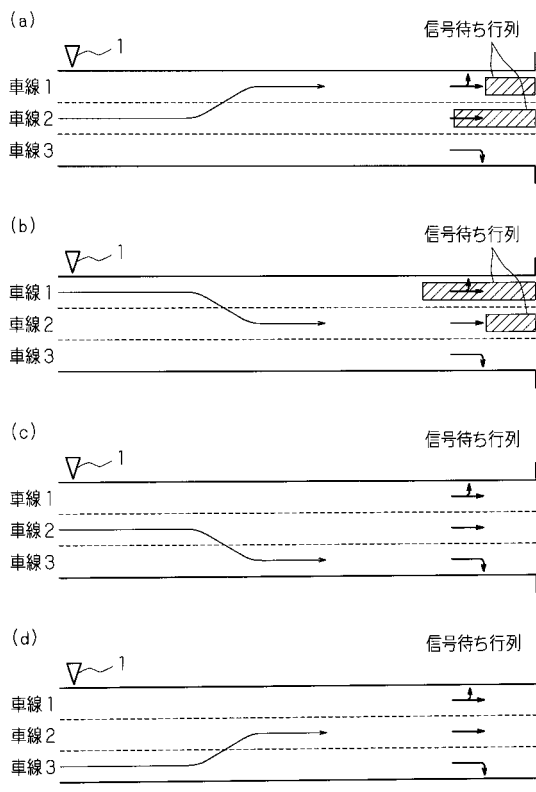
【図3】



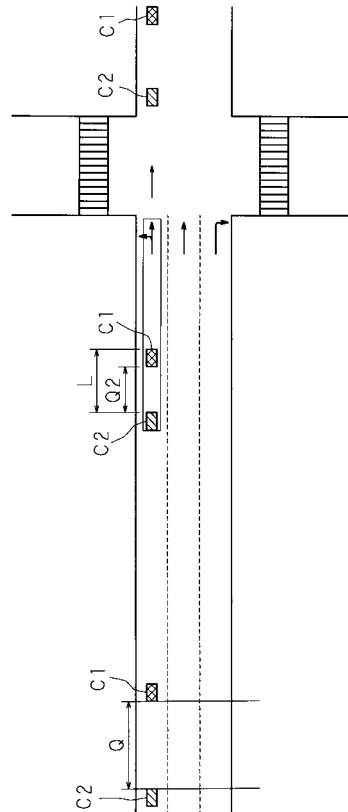
【図4】



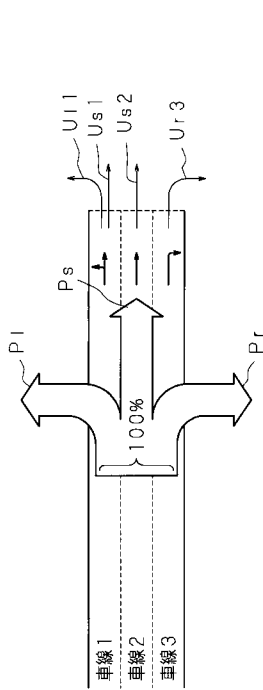
【図5】



【図6】

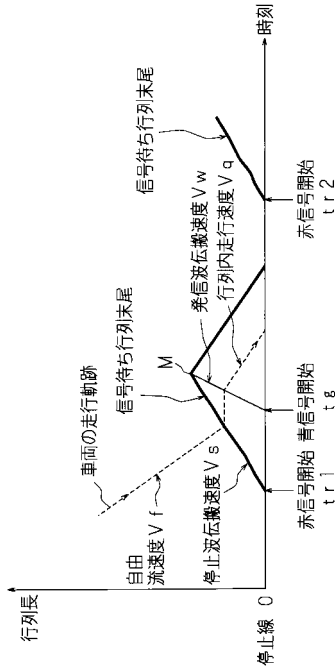


【 図 7 】

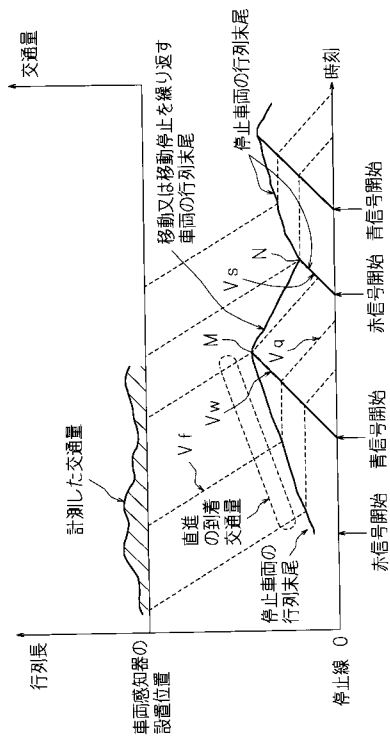


右左折直進率  $P_j$  ( $j=r, l, s$ ) 進行方向別車線利用率  $U_{ij}$   
 進行方向  $j$  ( $j=r$ :右折,  $s$ :直進,  $l$ :左折)  
 車線  $i$  ( $i=1, 2$ :中央,  $3$ :右)  
 $P_l$ :左折率  
 $P_s$ :直進率

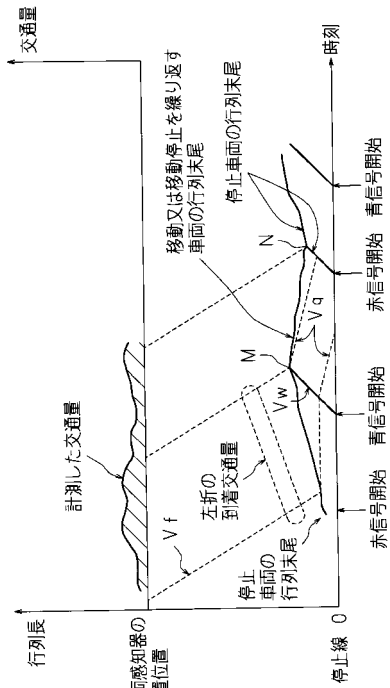
【 図 8 】



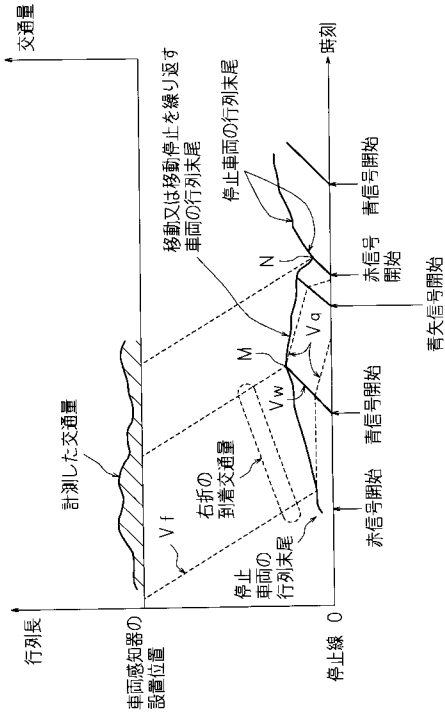
【 図 9 】



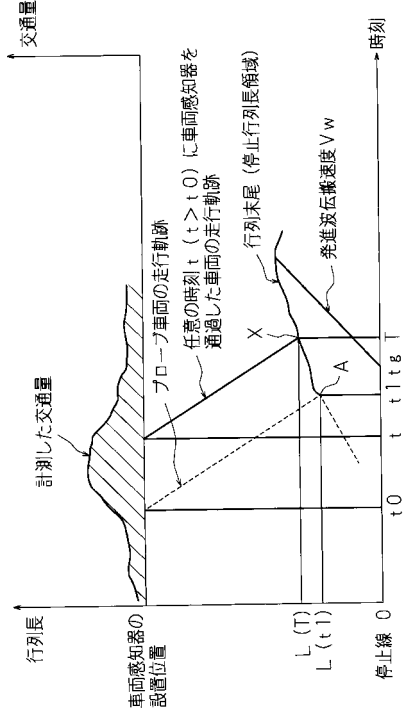
【 図 10 】



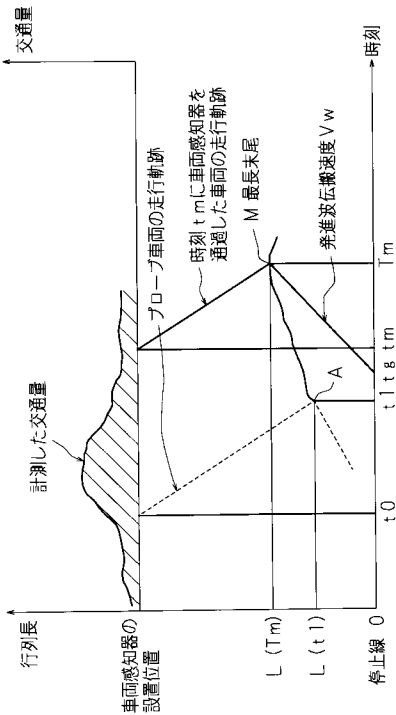
【 図 1 1 】



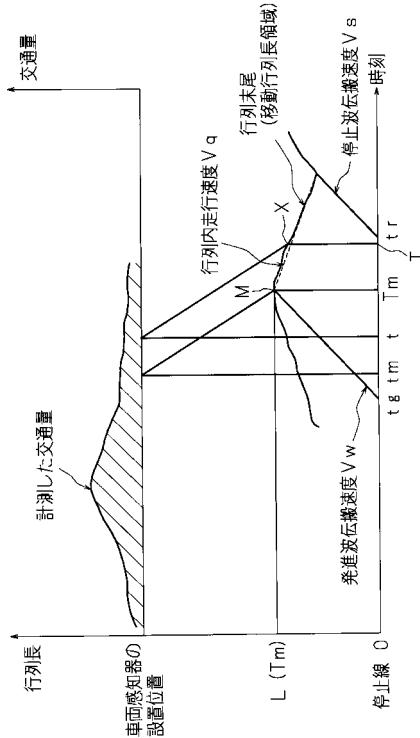
【 図 1 2 】



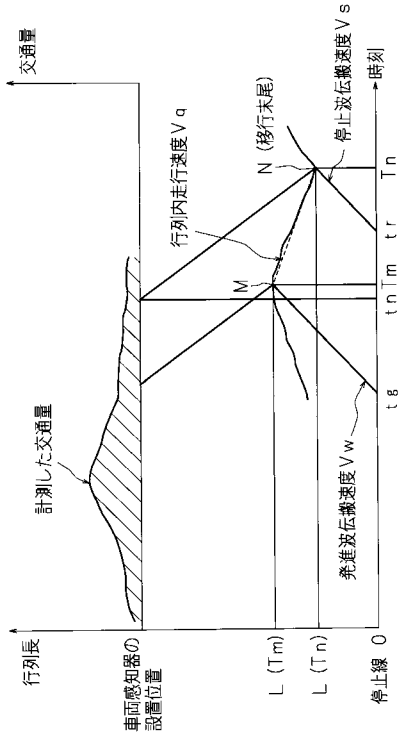
【 図 1 3 】



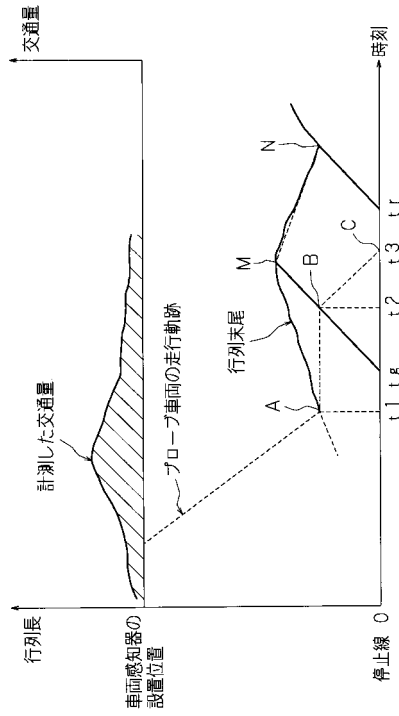
【 図 1 4 】



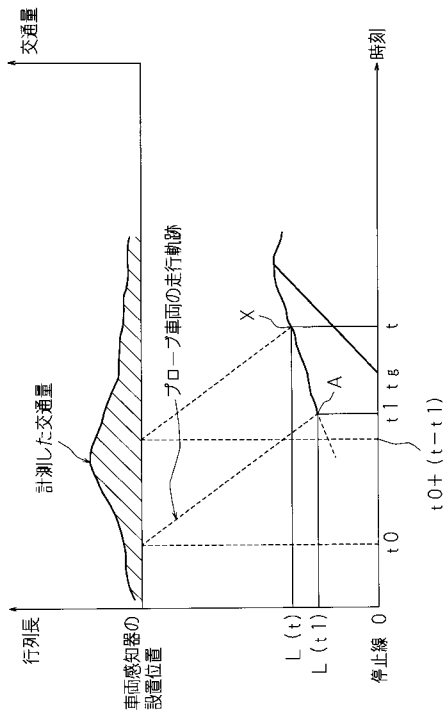
【図15】



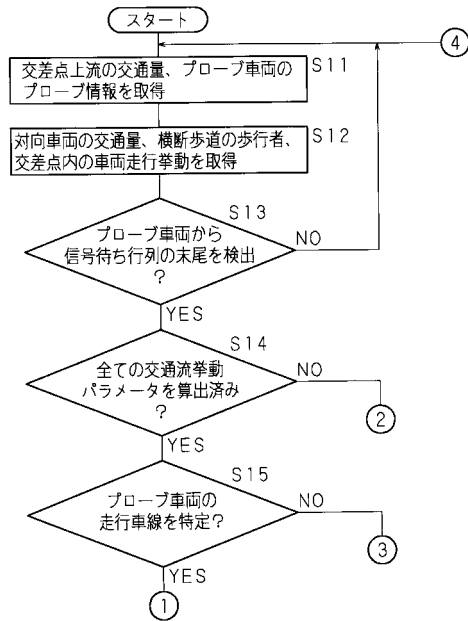
【図16】



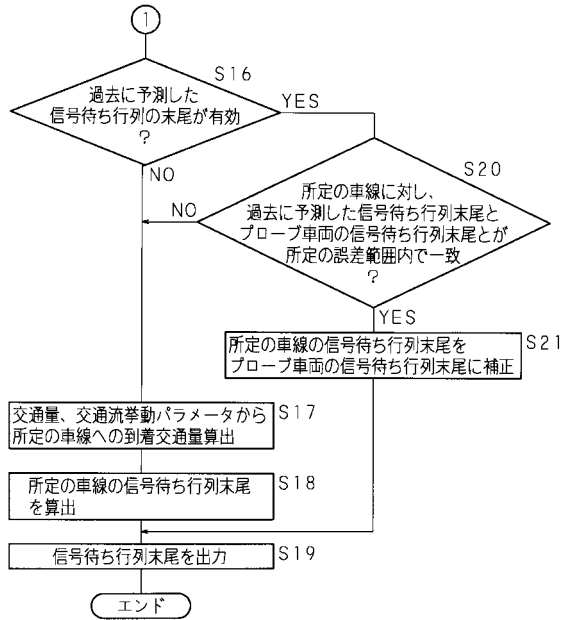
【図17】



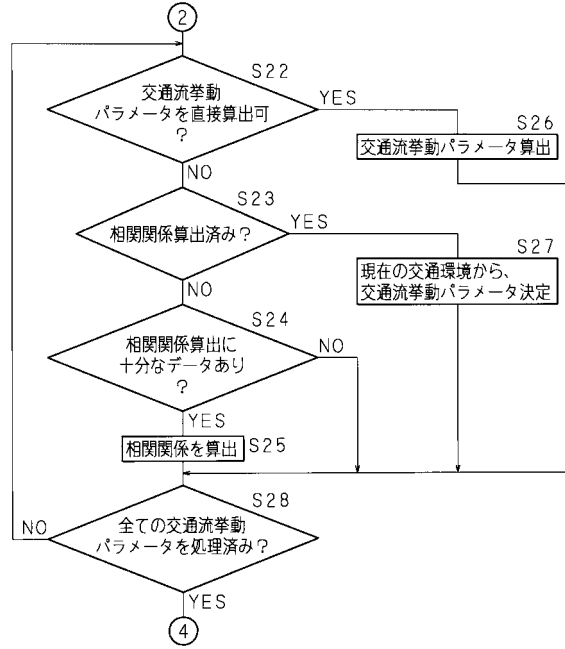
【図18】



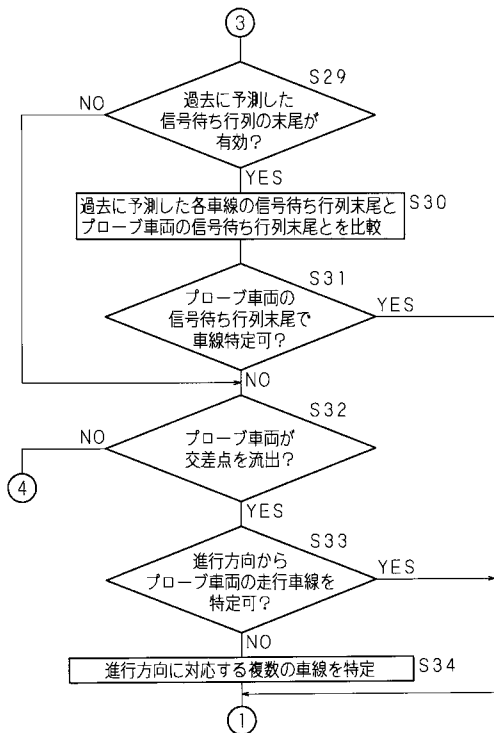
【図19】



【図20】



【図21】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2007-257196(JP,A)  
特開2000-222669(JP,A)  
特開2007-071579(JP,A)  
特開2007-241429(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G08G 1/00-99/00