

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6690517号  
(P6690517)

(45) 発行日 令和2年4月28日(2020.4.28)

(24) 登録日 令和2年4月13日(2020.4.13)

(51) Int. Cl.	F 1				
<b>G08G</b>	<b>1/16</b>	<b>(2006.01)</b>	G08G	1/16	Z I T C
<b>B6OR</b>	<b>21/00</b>	<b>(2006.01)</b>	G08G	1/16	F
<b>G06T</b>	<b>7/20</b>	<b>(2017.01)</b>	B6OR	21/00	
<b>G06T</b>	<b>7/60</b>	<b>(2017.01)</b>	G06T	7/20	
			G06T	7/60	1 8 O B

請求項の数 12 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2016-241222 (P2016-241222)  
 (22) 出願日 平成28年12月13日(2016.12.13)  
 (65) 公開番号 特開2018-97582 (P2018-97582A)  
 (43) 公開日 平成30年6月21日(2018.6.21)  
 審査請求日 平成31年3月5日(2019.3.5)

(73) 特許権者 000004260  
 株式会社デンソー  
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地  
 (74) 代理人 100121821  
 弁理士 山田 強  
 (74) 代理人 100139480  
 弁理士 日野 京子  
 (74) 代理人 100125575  
 弁理士 松田 洋  
 (74) 代理人 100175134  
 弁理士 北 裕介  
 (72) 発明者 神谷 慶  
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社  
 デンソー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 運転支援装置、及び運転支援方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

単眼の撮像装置(10)で取得した画像から求めた自車両の進行方向における先行車との相対距離と、相対速度と、相対加速度及び前記相対加速度に相当する情報のいずれかを含む加速度情報と、を距離情報として取得する距離情報取得部(23)と、

前記加速度情報を加味して前記自車両が前記先行車に衝突するまでに要する時間を衝突予測時間として算出する衝突予測時間算出部(24)と、

前記相対速度を用いて前記先行車が減速状態であるか否かを判定する減速状態判定部(25)と、

前記自車両と前記先行車との衝突可能性があるか否かを判定する可能性判定部(261, 262, 263)と、

前記先行車が前記減速状態であり、且つ前記衝突可能性があると判定されたことを条件に、前記衝突予測時間を使用すると判定する使用判定部(27)と、

を備えることを特徴とする運転支援装置。

【請求項2】

前記可能性判定部は、運転者が前記自車両を漫然と運転している可能性のある漫然運転状態である場合に、前記衝突可能性があると判定する請求項1に記載の運転支援装置。

【請求項3】

前記可能性判定部は、前記自車両と前記先行車との前記相対速度の絶対値が所定値未満となる状態が所定の判定時間継続したことを条件に、前記漫然運転状態であると判定する

請求項 2 に記載の運転支援装置。

【請求項 4】

前記可能性判定部は、前記漫然運転状態であると判定され、前記先行車の減速が開始された直後の所定の減速開始期間であることを条件に、前記衝突可能性があると判定する請求項 2 又は 3 のいずれか 1 項に記載の運転支援装置。

【請求項 5】

前記可能性判定部は、前記先行車が所定の仮想減速度で減速したと仮定した上で、前記仮想減速度と前記相対距離と前記相対速度とに基づいて、前記自車両が前記先行車に衝突するまでに要する時間を仮時間として算出し、前記仮時間が、衝突回避操作が可能な許容時間の下限値より小さいことを条件に、前記衝突可能性があると判定する請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の運転支援装置。

10

【請求項 6】

前記可能性判定部は、取得された前記画像の信頼度の有無を判定する信頼度判定部 ( 2 6 3 ) を備え、

前記距離情報取得部は、前記信頼度があると判定された前記画像を用いて前記距離情報を取得する請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の運転支援装置。

【請求項 7】

前記信頼度判定部は、第 1 手法により、前記画像中における前記先行車の画像領域の大きさの変化の割合を第 1 画像拡大率として取得するとともに、前記第 1 手法とは異なる第 2 手法により、前記画像中における前記先行車の画像領域の大きさの変化の割合を第 2 画像拡大率として取得するものであって、

20

前記第 1 画像拡大率及び前記第 2 画像拡大率の差分が所定値よりも小さい場合に、前記画像の信頼度があると判定する請求項 6 に記載の運転支援装置。

【請求項 8】

前記信頼度判定部は、前記画像上における無限遠点の位置を判定する学習の進捗状況に基づいて前記画像の信頼度の有無を判定するものであって、前記無限遠点の位置を判定する学習が完了している場合に、前記画像の信頼度があると判定する請求項 6 又は 7 のいずれか 1 項に記載の運転支援装置。

【請求項 9】

前記使用判定部は、前記先行車が前記減速状態であり、且つ前記自車両と前記先行車との衝突可能性がない場合には、前記衝突予測時間を使用しない請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の運転支援装置。

30

【請求項 10】

前記衝突予測時間算出部は、前記距離情報のうち前記相対距離及び前記相対速度に基づいて前記自車両が前記先行車に衝突するまでの時間を第 2 衝突予測時間として算出し、

前記使用判定部は、前記先行車が減速状態であり且つ前記衝突可能性がない場合には、前記第 2 衝突予測時間を使用すると判定する請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の運転支援装置。

【請求項 11】

前記先行車が減速状態であると判定された場合に、前記衝突予測時間及び前記第 2 衝突予測時間のいずれか一方を用いて前記自車両を制御する車両制御部 ( 2 0 ) を備える請求項 10 に記載の運転支援装置。

40

【請求項 12】

単眼の撮像装置 ( 1 0 ) で取得した画像から求めた自車両の進行方向における先行車との相対距離と、相対速度と、相対加速度及び前記相対加速度に相当する情報のいずれかを含み加速度情報と、を距離情報として取得する距離情報取得ステップと、

前記加速度情報を加味して前記自車両が前記先行車に衝突するまでに要する時間を衝突予測時間として算出する算出ステップと、

前記相対速度を用いて前記先行車が減速状態であるか否かを判定する減速判定ステップと、

50

前記自車両と前記先行車との衝突可能性があるか否かを判定する可能性判定ステップと

、  
前記先行車が前記減速状態であり、且つ前記衝突可能性があることと判定されたことを条件に、前記衝突予測時間を使用すると判定する使用判定ステップと、

を備えることを特徴とする運転支援方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、自車両前方の先行車に対する衝突の危険性が増加した場合に、自車両に備えられた安全装置を作動させる運転支援装置、及び運転支援方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

自車両と先行車との衝突被害を軽減または防止するために、プリクラッシュセーフティ（PCS：Pre Crush Safety）等の自車両の運転支援が行われている。特許文献1では、撮像装置から取得した画像を画像処理することで自車両と先行車との距離情報として、相対距離、相対速度及び相対加速度を算出する。そして、これらのパラメータを用いて、自車両が先行車に衝突するまでの衝突予測時間を算出している。衝突予測時間とは、現在の自車速度で走行した場合に、何秒後に物体に衝突するかを示す評価値である。なお、相対速度は相対距離の微分値として算出される。相対加速度は相対速度の微分値として、すなわち相対距離の二回微分値として算出される。

20

【0003】

具体的には、自車両と先行車との相対距離を相対速度で除算することで、衝突予測時間としてTTC（Time to Collision）を算出する。また、相対距離、相対速度及び相対加速度を用いて、衝突予測時間としてETTC（Enhanced Time to Collision）を算出する。先行車が急に減速した場合等には、衝突予測時間として相対加速度を考慮したETTCを使用することで、相対加速度を考慮しないTTCを使用する場合と比べて、より早いタイミングで車両制御を行うことができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】米国特許第8861792号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、単眼の撮像装置（1個のカメラ）を用いる場合には、画像から距離情報を精度よく取得することは難しい。特に相対加速度は、相対速度を時間微分する等の演算処理を行うことで取得されるため、相対距離や相対速度に比べて、ノイズや誤差等の含まれる可能性が高くなる。そのため、衝突予測時間にETTCを使用すると、運転支援が不要作動となり、運転者に違和感を与えるおそれがあった。

【0006】

本発明は上記に鑑みてなされたものであり、運転支援が不要作動となることを抑え、自車両の運転支援をより適切に行うことができる運転支援装置、及び運転支援方法を提供することを主たる目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、単眼の撮像装置（10）で取得した画像から求めた自車両の進行方向における先行車との相対距離と、相対速度と、相対加速度及び前記相対加速度に相当する情報のいずれかを含む加速度情報と、を距離情報として取得する距離情報取得部（23）と、前記加速度情報を加味して前記自車両が前記先行車に衝突するまでに要する時間を衝突予測時間として算出する衝突予測時間算出部（24）と、相対速度を用いて先行車が減速状態

50

であるか否かを判定する減速状態判定部(25)と、自車両と前記先行車との衝突可能性があるか否かを判定する可能性判定部(261, 262, 263)と、前記先行車が前記減速状態であり、且つ前記衝突可能性があることと判定されたことを条件に、前記衝突予測時間を使用すると判定する使用判定部(27)と、を備えることを特徴とする。

【0008】

本発明によれば、先行車が減速状態であり、且つ自車両と先行車との衝突可能性があることを条件に、衝突予測時間としてETTCを使用するようにした。言い換えると、先行車が減速状態であったとしても、自車両と先行車との衝突可能性がない場合には、衝突予測時間としてETTCを使用しないようにした。以上により、ETTCに基づく運転支援の実施機会を制限することで、運転支援が不要作動となることを抑え、自車両の運転支援をより適切に行うことができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】運転支援装置の構成図。

【図2】相対距離及び相対速度の算出方法の説明図。

【図3】相対速度の変化量の一例を示す図。

【図4】相対速度の変化量に基づく減速状態判定の説明図。

【図5】リスク期間の判定に関する説明図。

【図6】運転支援装置が実施する一連の処理を示すフローチャート。

【図7】運転支援装置が実施する一連の処理を示すフローチャート。

20

【図8】運転支援装置が実施する一連の処理を示すフローチャート。

【図9】運転支援装置が実施する一連の処理の実行例の説明図。

【図10】運転支援装置が実施する各処理の実行例の説明図。

【図11】オプティカルフローの説明図。

【図12】運転支援装置が実施するFOE学習処理を示すフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、各実施形態を図面に基づいて説明する。なお、以下の各実施形態相互において、互いに同一もしくは均等である部分には、図中、同一符号を付しており、同一符号の部分についてはその説明を援用する。

30

【0011】

図1において、運転支援装置100は、車両に搭載され(以下、この装置搭載車両を自車両と称する)、自車両の周囲に存在する検出対象の物体を物標として認識する。なお物体には、自車両前方を走行する先行車、対向車、自車両の周囲に存在する歩行者等の移動物体、ガードレール、信号機などの静止物体がある。そして、認識した物標との衝突を回避すべく、若しくは衝突被害を軽減すべく制御を行うPCS(Pre-crash Safety)システムとして機能する。PCSシステムとしては、衝突のおそれがあると判定する場合に、自動で制動を行うプリクラッシュブレーキ制動等がある。

【0012】

運転支援装置100は、撮像装置10、ECU20、被制御対象30を有しており、これらがCAN(Controller Area Network)等の車内LANを介して接続されている。

40

【0013】

撮像装置10は、CCDカメラ、CMOSイメージセンサ、近赤外線カメラ等の単眼撮像装置(1個のカメラ)である。撮像装置10は、車両の車幅方向中央の所定高さに取り付けられており、車両前方へ向けて所定角度範囲で広がる領域を所定の制御周期毎に撮像する。そして取得した画像をECU20へ送信する。

【0014】

車両制御装置であるECU20は、CPUを主体として構成され、ROM、RAM、入出力インターフェース等を備えている。ECU20のこれから述べる各種機能は、CPU

50

が、ROMに格納されているプログラムを実行することで実現される。また、ECU20が取得した各種データの履歴は、RAMに記憶される。

【0015】

ECU20は、自車両の周囲に存在する検出対象の物体を物標として認識する物標認識部21と、物標の距離情報を取得する距離情報取得部23と、物標と自車両との衝突予測時間を複数パターン算出する衝突予測時間算出部24と、先行車が減速状態であるか否かを判定する減速状態判定部25と、自車両と先行車との衝突可能性があるか否かを判定する可能性判定部26と、衝突予測時間算出部24が算出した複数パターンの衝突予測時間のうち、使用する衝突予測時間を選択する使用判定部27と、の機能を備えている。これらの各機能の詳細は後述する。

10

【0016】

被制御対象30は、ECU20からの制御指令により駆動する安全装置であり、警報装置31及びブレーキ装置32を備えている。

【0017】

警報装置31は、自車両の車室内に設置されたスピーカやディスプレイである。ECU20が、障害物に衝突する可能性が高まったと判定した場合には、ECU20からの制御指令により、警報音や警報メッセージ等を出力して運転者に衝突の危険を報知する。

【0018】

ブレーキ装置32は、自車両を制動する制動装置である。ECU20が、障害物に衝突する可能性が高まったと判定した場合には、そのECU20からの制御指令により作動する。具体的には、運転者によるブレーキ操作に対する制動力をより強くしたり（ブレーキアシスト機能）、運転者によりブレーキ操作が行われてなければの自動制動を行ったりする（自動ブレーキ機能）。

20

【0019】

次にECU20が備える各機能について詳しく説明する。

【0020】

物標認識部21は、撮像装置10が取得した画像に含まれる検出対象の物体を物標として認識する。例えば、画像に対して識別辞書を用いたパターンマッチングを行うことで抽出した物体を物標として認識する。識別辞書としては、先行車、対向車等の車両を識別するための車両辞書、歩行者を識別するための歩行者辞書、道路上の静止物体（ガードレール等）を識別するための静止物標辞書等が用意されている。

30

【0021】

距離情報取得部23は、距離情報として、自車両と各物標との相対距離 $D$ 、相対速度 $V$ 、相対加速度 を取得する。本実施形態では図2に示すように、現在の画像中における物標の座標 $(x, y)$ と、画像拡大率 $k$ とを、周知の演算モデルに代入して相対距離 $D$ を求める。例えば演算モデルには、カルマンフィルタが使用される。そして相対距離 $D$ を時間微分して相対速度 $V$ を求め、更に、相対速度 $V$ を時間微分して相対加速度 を求める。すなわち、相対加速度 は相対距離 $D$ の時間微分を2回行うことで求められる。

【0022】

ここで、画像拡大率 $k$ とは、過去の画像上の物標の大きさ（画像領域）に対する現在の画像上の物標の大きさ（画像領域）の比率である。本実施形態では、複数の異なる演算手法を用いて画像拡大率 $k$ を算出する。例えば、第1手法として、周知の最小二乗法及び山登り法を組み合わせたLK法（Lucas-Kanade法）を用いて、画像拡大率 $k$ として第1画像拡大率 $k_1$ を求める。第2手法として、撮像装置10の時間変化する画像、すなわち異なる2フレームの画像における物標の大きさ（画像領域）の変化に基づき、画像拡大率 $k$ として第2画像拡大率 $k_2$ を求める。

40

【0023】

そして、本実施形態では、第1画像拡大率 $k_1$ と第2画像拡大率 $k_2$ とが整合しているか否かに基づいて、画像の信頼度を評価する。画像信頼度の評価の詳細は後述する。

【0024】

50

衝突予測時間算出部 24 は、複数パターンの衝突予測時間を算出する。衝突予測時間とは、現在の自車速度で走行した場合に、何秒後に物体に衝突するかを示す評価値であり、衝突予測時間が小さいほど衝突の危険性は高くなり、衝突予測時間が大きいほど衝突の危険性は低くなる。本実施形態では、衝突予測時間として TTC (Time To Collision) と、ETTC (Enhanced TTC) とを算出する。

【0025】

TTC は、自車両と物標との進行方向の相対距離  $D$  を、自車両と物標との相対速度  $V$  で除算して求めた値であり、例えば式 (1) に示すように、等速直線運動の運動方程式を用いて算出される。

【0026】

【数 1】

$$TTC = D/V \dots (1)$$

ETTC は、自車両と物標との相対加速度  $\alpha$  を考慮して求めた値であり、例えば式 (2) に示すように、等加速度直線運動の運動方程式を用いて算出される。

【0027】

【数 2】

$$ETTC = \frac{-V + \sqrt{V^2 + 2\alpha \cdot D}}{\alpha} \dots (2)$$

物標が先行車であって、先行車が減速をしていると、自車両に対して先行車が速く接近する。そこで衝突予測時間として、先行車との相対加速度  $\alpha$  を考慮した ETTC を用いることで、より早いタイミングでの運転支援が可能となる。

【0028】

しかし、単眼の撮像装置 10 を用いる場合には、画像から物標の距離情報を精度よく取得することは難しい。特に相対距離の時間微分を二回行って求められる相対加速度  $\alpha$  は、相対距離  $D$  及び相対速度  $V$  に比べて、ノイズや誤差等の含まれる可能性が高くなる。そのため、衝突予測時間として ETTC を使用すると、不要なタイミングで、警報や自動制動等が作動してしまい、運転者に違和感を与えるおそれがあった。

【0029】

ところで、先行車が減速していたとしても、自車両と先行車とが衝突する可能性がなければ、ETTC による早いタイミングでの運転支援は不要と考えられる。そこで本実施形態の ECU 20 は、先行車が減速していたとしても、自車両と先行車とが衝突する可能性がなければ、ETTC に基づく運転支援の実施をしない。言い換えると、ECU 20 は、先行車が減速しており且つ自車両と先行車とが衝突する可能性がある場合に、衝突予測時間として ETTC を使用する。

【0030】

ECU 20 の各機能の説明に戻る。

【0031】

減速状態判定部 25 は、先行車が減速状態であるか否かを判定する。なお、先行車の減速状態は相対加速度  $\alpha$  から求められるが、上述したように、相対加速度  $\alpha$  に相当する情報は、ノイズや誤差等の影響を受けやすい。そこで、減速状態判定部 25 は、相対速度  $V$  を用いて先行車の減速状態を判定する。なお、ここでは自車両の速度から先行車の速度を減算した値を相対速度  $V$  としている。

【0032】

すなわち図 3 の例に示すように、先行車との相対速度  $V$  の過去値  $P$  を複数点サンプリングして、その相対速度  $V$  の変化量  $RS$  を算出し、この変化量  $RS$  を用いて先行車が減速傾向にあるかを判定する。例えば、変化量  $RS$  は最小二乗法等を用いて算出した速度変化線を用いて、その変化線の単位時間当たりの速度変化量として算出する。なお、変化量  $RS$  は、先行車の減速のたまかな傾向をつかむための指標であり、相対速度  $V$  の過去値  $P$  が少なくとも 2 つあれば算出できる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 3 】

そして、図 4 の例に示すように、時刻  $t_a$  で、変化量  $RS$  が所定の閾値  $Th_1$  よりも超えた際に、先行車が減速状態であると判定する。なお閾値  $Th_1$  は、運転者が危険を感じる先行車の減速度を予め求めること等により設定できる。

## 【 0 0 3 4 】

一方、変化量  $RS$  が閾値  $Th_1$  よりも大きくなった後に、変化量  $RS$  が閾値  $Th_2$  ( $Th_2 < Th_1$ ) よりも小さくなった場合、すなわち図 3 で期間  $t_0$  の経過後には、先行車が減速状態であるとの判定結果を解除する。なお、閾値  $Th_2$  は、閾値  $Th_1$  に対して所定のヒステリシス幅を持たせた値などに設定されればよい。

## 【 0 0 3 5 】

図 1 の説明に戻り、可能性判定部 26 は、リスク期間判定部 261、仮想減速度判定部 262、信頼度判定部 263 の各機能を備えており、各判定部の判定結果に基づいて、自車両と先行車との衝突可能性の有無を判定する。

## 【 0 0 3 6 】

詳しく説明すると、リスク期間判定部 261 は、運転者が自車両を漫然と運転している可能性がある状態であるか、すなわち漫然運転状態であるかを判定する。ここで漫然運転状態とは、自車両の運転者が先行車の挙動に対して反応しにくくなっている可能性のある状態であり、例えば、前方不注意等で運転者が運転に集中していない可能性のある状態をいう。なお、漫然運転状態は、自車両と先行車との相対速度  $V$  が変化していない状態（車間距離が変化していない状況）が、一定時間以上継続している場合に生じる可能性がある。そして、運転者が漫然運転状態となっている場合には、先行車が減速を開始した直後には、運転者の対応が遅れる可能性が高く、衝突の危険性が高まることとなる。

## 【 0 0 3 7 】

そこで、リスク期間判定部 261 は、まず、自車両と先行車との相対速度が変化しない状況が所定期間（例えば数秒から数分間）継続している場合に、漫然運転状態であると判定する。そして漫然運転状態であると判定された際には、先行車が減速を開始することに伴って相対速度  $V$  の上昇が開始した直後の所定の減速開始期間（数秒間）を、先行車との衝突リスクの高まるリスク期間であると判定する。

## 【 0 0 3 8 】

図 5 を用いて詳しく説明すると、まず自車両と先行車との相対速度  $V$  の絶対値が所定値未満（ゼロ近傍、例えば自車両と先行車との速度差が  $1 \sim 5 \text{ km/h}$  未満）の状態が、判定期間  $t_1$  継続した場合に、漫然運転状態であると判定する。そして漫然運転状態であると判定された後、先行車の減速に伴って相対速度  $V$  の上昇が開始した直後の所定の減速開始期間を、リスク期間  $t_2$  として判定する。

## 【 0 0 3 9 】

仮想減速度判定部 262 は、先行車が所定の減速度（仮想減速度）で減速したと仮定した場合に、自車両と先行車とが衝突する可能性があるか否かを判定する。詳しくは、先行車が所定の仮想減速度  $VD$  で減速をしたと仮定した上で、その仮想減速度  $VD$  と相対距離  $D$  と相対速度  $V$  とに基づいて、自車両が先行車に衝突するまでに要する時間を仮時間  $ETTC_2$  として算出する。なお仮想減速度  $VD$  は、自車両の運転者が衝突の危険を感じる先行車の減速度の値を求めることで設定される。

## 【 0 0 4 0 】

## 【数 3】

$$0.5 \times VD \times ETTC_2^2 + v \times ETTC_2 = D \quad \dots (3)$$

そして仮想減速度判定部 262 は、式 (3) を用いて算出した仮時間  $ETTC_2$  が、衝突回避操作が可能な許容時間の下限値  $Th_3$  よりも小さい場合に、自車両と先行車とが衝突する可能性があるとして判定する。なお許容時間の下限値  $Th_3$  は、実験などに基づき予め設定できる。

## 【 0 0 4 1 】

信頼度判定部 263 は、撮像装置 10 が取得した画像の信頼度の有無を判定する。本実施形態では、第 1 画像拡大率  $k_1$  と第 2 画像拡大率  $k_2$  との差分  $k$  が所定値よりも小さい場合に、画像の信頼度があると判定する。第 1 画像拡大率  $k_1$  と第 2 画像拡大率  $k_2$  との差分  $k$  が所定値よりも大きい場合には、画像の信頼度が無いと判定する。画像の信頼度があると判定した場合には、その画像を距離情報の算出に使用する。一方、画像の信頼度が無いと判定した場合には、その画像を距離情報の算出に使用しない。

【 0042 】

使用判定部 27 は、減速状態判定部 25 及び可能性判定部 26 による判定結果に基づいて、衝突予測時間として  $TTTC$ 、 $ETTC$  のいずれを使用するかを選択する。すなわち使用判定部 27 は、減速状態判定部 25 によって先行車が減速状態であると判定されており、且つ可能性判定部 26 が先行車との衝突の可能性があると判定されている場合には、衝突予測時間に  $ETTC$  を使用すると判定する。一方、先行車が減速状態でない場合や、先行車との衝突可能性がない場合には、衝突予測時間に  $TTTC$  を使用すると判定する。すなわち衝突予測時間に  $ETTC$  を使用しないと判定する。

10

【 0043 】

次に上記処理の実施例を図 6 ~ 図 8 のフローチャートを用いて説明する。なお以下の処理は  $ECU20$  が所定周期で繰り返し実施する。

【 0044 】

まず図 6 において、単眼の撮像装置 10 によって自車両前方の画像を取得し ( $S11$ )、 $S11$  で取得した画像に含まれる検出対象の物体を物標として認識する ( $S12$ )。次に  $S12$  で認識した物標のうち、先行車があるか否かを判定する ( $S13$ )。先行車があると判定した場合には ( $S13: YES$ )、距離情報として先行車との相対距離  $D$ 、相対速度  $V$  及び相対加速度  $A$  を取得する ( $S14$ )。なお、取得したこれらの距離情報は履歴として  $RAM$  に記憶する。

20

【 0045 】

次に、先行車が減速状態であるか否かを判定する ( $S15$ )。次に、自車両と先行車とに衝突可能性があるリスク期間であるか否かを判定する ( $S16$ )。なお、 $S15$  及び  $S16$  の各処理の詳細は後述する。次に、先行車が仮想減速度で減速した場合に、自車両と先行車とに衝突可能性があるか否かを判定する ( $S17$ )。本処理では、上述の式 (3) で算出した仮時間  $ETTC2$  が許容時間の下限値  $Th3$  よりも小さくなることを条件に、衝突可能性があるかと判定する。なお、 $S16$ 、 $S17$  で示す衝突可能性とは、運転者もしくは車体の性能に依存して潜在的に生じている衝突の危険性であって、衝突予測時間 ( $TTTC$ 、 $ETTC$ ) に基づく衝突予測とは異なる指標として用いている。

30

【 0046 】

続いて、撮像装置 10 が取得した画像の信頼度があるか否かを判定する ( $S18$ )。ここでは、第 1 画像拡大率  $k_1$  と第 2 画像拡大率  $k_2$  との差分  $k$  が所定値よりも小さい場合に、画像の信頼度があると判定される。

【 0047 】

$S15 \sim S18$  の各処理を肯定した場合には、衝突予測時間に  $ETTC$  を使用すると判定する ( $S19$ )。  $S15 \sim S18$  のいずれかの処理を否定した場合には、衝突予測時間に  $TTTC$  を使用すると判定する ( $S20$ )。すなわち  $S15 \sim S18$  のいずれかの処理が否定された場合には、衝突予測時間として  $ETTC$  が使用されないこととなる。

40

【 0048 】

次に  $S21$  に進み、運転支援として、使用する衝突予測時間 ( $ETTC$  又は  $TTTC$ ) と被制御対象 30 の作動タイミングとを比較する。その結果、衝突予測時間が作動タイミング以下となっていれば、被制御対象 30 について各機能のいずれかを実施する。一方、衝突予測時間が作動タイミングよりも大きければ、被制御対象 30 を作動せずに、処理を終了する。なお  $S13$  で、画像に含まれる物体に先行車がいないと判定した場合には、処理を終了する。

【 0049 】

50

次に図7を用いて、S15の先行車の減速状態の判定処理を詳しく説明する。まず、図6のS14で距離情報として取得した相対速度Vの変化量RSを求める(図3参照)(S31)。次に減速判定フラグF1がオンであるか否かを判定する(S32)。減速判定フラグF1は、後述のS35の処理で、変化量RSが閾値Th1よりも大きいと判定した場合にオンとなる。減速判定フラグF1がオンであると判定した場合には(S32:YES)、変化量RSが閾値Th2よりも小さいか否かを判定する(S33)。変化量RSが閾値Th2よりも小さい場合には(S33:YES)、減速判定フラグF1をオフにする(S34)。変化量RSが閾値Th2よりも大きい場合には(S33:NO)、処理を終了する。この場合には、減速判定フラグF1がオンの状態が継続されることとなる。

10

#### 【0050】

一方、減速判定フラグF1がオフの場合には(S32:NO)、変化量RSが閾値Th1よりも大きいと判定する(S35)。変化量RSが閾値Th1よりも大きい場合には(S35:YES)、減速判定フラグF1をオンにする(S36)。変化量RSが閾値Th1よりも小さい場合には(S35:NO)、処理を終了する。この場合には、減速判定フラグF1がオフの状態が継続されることとなる。

#### 【0051】

図6のS15の判定処理では、減速判定フラグF1がオンの場合に、先行車が減速状態であると判定する(S15:YES)。一方、減速判定フラグF1がオフの場合には、先行車が減速状態ではないと判定する(S15:NO)。

20

#### 【0052】

次に図8～図9を用いて、S16のリスク期間の判定処理を詳しく説明する。まず、図8において、図6のS14で取得した相対速度Vの履歴に基づき、相対速度Vがゼロ近傍の状態であるか否かを判定する(S41)。相対速度Vがゼロ近傍の状態の場合には(S41:YES)、相対速度Vがゼロ近傍の状態が判定期間t1よりも長く継続しているか否かを判定する(S42)。相対速度Vがゼロ近傍の状態が判定期間t1よりも長い場合には(S42:YES)、漫然運転状態であると判定して、漫然運転状態フラグF2をオンにする(S43)。一方、相対速度Vがゼロ近傍の状態でない場合(S41:NO)、または、相対速度Vがゼロ近傍の状態が判定期間t1よりも短い場合には(S42:NO)、漫然運転状態ではないと判定して、漫然運転状態フラグF2をオフにする(S44)。

30

#### 【0053】

次に図9において、漫然運転状態フラグF2のオンからオフへの切り替わり時であるか否かを判定する(S51)。本処理は、先行車の減速が開始されることで、相対速度Vが上昇するタイミングとなった際に肯定される。漫然運転状態フラグF2のオンからオフへの切り替わり時の場合には(S51:YES)、リスク期間フラグF3をオンにする(S52)。一方、漫然運転状態フラグF2のオンからオフへの切り替わり時ではない場合には(S51:NO)、リスク期間フラグF3がオンであるか否かを判定する(S53)。先行車の減速が開始されていない場合等、リスク期間フラグF3がオフの場合には(S53:NO)、処理を終了する。この場合には、リスク期間フラグF3がオフの状態が継続されることとなる。

40

#### 【0054】

一方、先行車の減速開始後であって、リスク期間フラグF3がオンとなっている場合には(S53:YES)、減速開始からの経過時間が所定のリスク期間t2よりも長いと判定する(S54)。減速開始からの経過時間がリスク期間t2よりも短い場合には(S54:NO)、リスク期間フラグF3がオンの状態を継続する(S52)。一方、減速開始からの経過時間がリスク期間t2よりも長い場合には(S54:YES)、リスク期間フラグF3をオフにする(S55)。

#### 【0055】

図6のS16の判定処理では、リスク期間フラグF3がオンの場合に、リスク期間であ

50

ると判定され ( S 1 6 : Y E S ) , リスク期間フラグ F 3 がオフの場合に、リスク期間ではないと判定されることとなる ( S 1 6 : N O ) 。

【 0 0 5 6 】

次に上記処理の実行例について図 1 0 を用いて説明する。なお以下では、先行車が仮想減速度で減速したと仮定した場合に、自車両と先行車とが衝突する可能性があるとして判定されているとする。また、第 1 画像拡大率  $k_1$  と第 2 画像拡大率  $k_2$  との差分  $k$  が所定値よりも小さくなる画像を用いて距離情報が取得されている。

【 0 0 5 7 】

図 1 0 において、時刻  $t_1$  において、先行車 M 2 は減速をしておらず、自車両 M 1 と先行車 M 2 との相対速度  $V$  はゼロ近傍 (  $V$  未満 ) となっており、衝突予測時間として T T C が使用されている。その後、相対速度  $V$  がゼロ近傍の状態が判定期間  $t_1$  経過した後の時刻  $t_2$  となると、漫然運転状態フラグ F 2 がオンとなる。

10

【 0 0 5 8 】

その後、時刻  $t_3$  で先行車がブレーキを掛けることにより、先行車の減速に伴って自車両 M 1 と先行車 M 2 との相対速度  $V$  が上昇すると、相対速度  $V$  の変化量  $RS$  が所定の閾値  $Th_1$  よりも大きくなり、減速判定フラグ F 1 がオンとなることで、先行車が減速状態であると判定される。また、時刻  $t_3$  のタイミングで、漫然運転状態フラグ F 2 がオンからオフに切り替わると共に、減速開始からの経過時間がリスク期間  $t_2$  よりも短いことによって、リスク期間フラグ F 3 がオンに切り替わる。その後、リスク期間  $t_2$  の経過前であって、リスク期間フラグ F 3 がオンの状態が維持されている間は、衝突予測時間として E T T C が使用される。そして、リスク期間  $t_2$  が経過する時刻  $t_4$  となると、減速判定フラグ F 1 がオンであり、先行車が減速状態であったとしても、衝突予測時間として T T C が使用される状態に戻される。すなわち図 1 0 において、期間  $t_3$  では、先行車が減速状態の際に、衝突予測時間としては T T C が使用されることとなる。

20

【 0 0 5 9 】

上記によれば以下の優れた効果を奏することができる。

【 0 0 6 0 】

・先行車が減速している場合には、衝突予測時間として、先行車との相対加速度を考慮した E T T C を用いることで、先行車の減速度を考慮した早いタイミングでの運転支援を行うことができる。しかし、単眼の撮像装置 1 0 の画像からは先行車の距離情報 ( 相対距離、相対速度、相対加速度 ) を精度よく取得することは難しい。特に相対加速度に関する情報を取得するためには、相対速度の時間微分等の処理が必要となるため、相対距離や相対速度等に比べて、ノイズや誤差等の含まれる可能性が高くなる。そのため、衝突予測時間として E T T C を用いた運転支援を行った際に、運転者が必要としないタイミングで、警報や自動制動等が行われる運転支援の不要作動が生じ、運転者に違和感を与えるおそれがあった。

30

【 0 0 6 1 】

ところで先行車が減速していたとしても、自車両と先行車との衝突可能性がない場合には、E T T C を用いた早いタイミングでの運転支援は不要となる。そこで、先行車が減速状態であり、且つ自車両と先行車との衝突可能性がある場合に、衝突予想時間として E T T C を使用する。言い換えると、先行車が減速状態であったとしても、自車両と先行車との衝突可能性がない場合には、衝突予測時間として E T T C を使用しないようにした。以上により、先行車の減速状態で E T T C による運転支援の実施機会が制限されることとなり、ひいては、運転支援が不要作動となることを抑えつつ、自車両の運転支援をより適切に行うことができる。

40

【 0 0 6 2 】

・運転者が漫然運転状態の場合には、先行車が減速をした際に、運転者の衝突回避動作が遅れることで衝突の危険性が高まるおそれがあるため、E T T C による早いタイミングでの衝突回避が行われることが好ましい。これに対して、漫然運転状態ではない場合には、先行車の減速に対して運転者の操作で衝突回避できる可能性が高いため、E T T C を用

50

いた早いタイミングでの運転支援が不要と考えられる。そこで、先行車が減速状態であったとしても、漫然運転状態では無い場合には衝突予測時間としてETTCを使用しないようにした。以上により、運転支援が不要作動となることを抑えつつ、自車両の運転支援をより適切に行うことができる。

【0063】

・自車両と先行車との相対速度 $V$ が小さく、自車両と他車両との間に距離変化が生じない状況が続くと、運転が単調となるため自車両が漫然運転状態となる可能性が高い。そこで、画像から距離情報として取得した自車両と先行車との相対速度 $V$ が所定値未満の状態が所定の判定時間継続したことを条件に、漫然運転状態であると判定するようにした。このように、画像から取得した距離情報(相対速度 $V$ )を用いる場合、新たな構成を追加することなく、簡単に漫然運転状態を判定することができる。

10

【0064】

・漫然運転状態では、先行車の減速が開始された直後に、自車両と先行車とが衝突する可能性が高まることとなる。そこで漫然運転状態であると判定され、先行車の減速が開始された直後の減速開始期間である場合に、衝突予測時間としてETTCが使用されるようにする。言い換えると、先行車による減速開始直後であったとしても、漫然運転状態であると判定されていないければ、衝突予測時間としてETTCを使用しない。また、漫然運転状態であったとしても、先行車による減速開始直後でなければ、衝突予測時間としてETTCを使用しない。以上により、運転支援が不要作動となることを抑えつつ、自車両の運転支援をより適切に行うことができる。

20

【0065】

・先行車の相対距離 $D$ 及び相対速度 $V$ に加えて、先行車が所定の仮想減速度 $V_D$ で減速したと仮定した上で、その仮想減速度 $V_D$ と相対距離 $D$ と相対速度 $V$ とに基づいて、自車両が先行車に衝突するまでに要する衝突予測時間を仮時間として算出する。そして仮時間が運転者による衝突回避操作が可能な許容時間の下限値よりも小さいことを条件に、衝突予測時間としてETTCを使用するようにした。この場合、仮時間が許容時間の下限値よりも長く、運転者の操作で衝突回避が可能な場合には、衝突予測時間として精度の低いETTCが使用されないこととなる。以上により、運転支援が不要作動となることを抑えつつ、自車両の運転支援をより適切に行うことができる。

【0066】

・画像の信頼度がない場合には、画像から取得した距離情報を用いて算出されるETTCの精度が低くなる。そこで画像の信頼度があることを条件に、その画像を距離情報の算出に使用する。以上により、画像の精度が低いことに起因して、ETTCの算出精度が低下することを抑えることができる。

30

【0067】

・異なる手法で求めた画像拡大率 $k(k_1, k_2)$ の一致度合を比較することで、画像の信頼度を簡単に評価することができる。

【0068】

・先行車が減速状態であり、且つ自車両と先行車との衝突可能性がない場合には、ETTCによる早いタイミングでの車両制御は不要となるため、衝突予測時間としてETTCを使用しない。以上により、ETTCに基づく運転支援の実施機会が制限されることで、運転支援が不要作動となることを抑えつつ、自車両の運転支援をより適切に行うことができる。

40

【0069】

・TTTCは、相対加速度を使用しないため、ETTCよりもノイズや誤差等が含まれる可能性の低い。そこで、先行車が減速状態であるが、自車両と先行車とが衝突する衝突可能性がない場合には、衝突予測時間としてTTTCを使用することで、運転支援が不要作動となることを抑えることができる。

【0070】

・自車両の減速状態において、相対加速度  $a$  を考慮したETTCと、相対加速度  $a$  を考

50

慮しないTTCとのいずれかを用いて車両制御を行うようにした。この場合、自車両の減速状態において衝突予測時間にETTCのみが使用される場合と比べて、自車両の減速状態でのETTCに基づく運転支援の実施機会が制限されることとなり、ひいては、運転支援が不要作動となることを抑えることができる。

【0071】

上記の実施形態は例えば次のように変更してもよい。なお以下の説明において上述の構成と同様の構成については同じ図番号を付し、詳述は省略する。

【0072】

・上記において、可能性判定部26は、リスク期間判定部261、仮想減速度判定部262、信頼度判定部263の少なくともいずれかの機能を備えていればよい。すなわち、10図6の処理では、S16～S18の各処理は少なくとも一つが実行されればよく、各処理はそれぞれ省略することができる。また図6において、S15～S18の各処理の順番は入れ替えることができる。

【0073】

・上記において、信頼度判定部263は、画像FOEの学習が完了している条件下で、信頼度ありと判定するものであってもよい。すなわち、単眼の撮像装置10の無限遠点(FOE: Focus of Expansion)の学習が未完了の状態では、画像から取得される距離情報の精度を確保できない可能性がある。そこでFOEの学習が完了していることを条件に、画像の信頼度があると判定する。

【0074】

20図11, 図12を用いて詳しく説明すると、まず、図11のフローチャートにおいて、自車両の走行時において、まず、オプティカルフローによる学習を開始する(S61)。

【0075】

この処理では、図12に示すように、例えば、画像のエッジに多数の特徴点を設定し、これら多数の特徴点が時系列に従ってどのように移動するかをベクトル(オプティカルフロー)として求め、オプティカルフローを用いてFOEの位置を求める。

【0076】

例えば、オプティカルフローにおいて、白線や樹木等の静止物は、FOEから出現するように移動することが検出される。また、飛び出し歩行者や自転車等の画像左右から移動してくる移動物は、FOEとは異なる消失点に対して移動するよう検出される。つまり、30物体の出現点を求めれば、FOEの位置が分かる。オプティカルフローを用いてFOEの位置を検出する処理は、数フレーム分の画像についての画像処理を行うことで完了するため、比較的短時間でFOEの位置を判定できる。

【0077】

続いて、白線認識によるFOEの位置の学習を開始する(S62)。この処理では、例えば図12に示すような画像から自車両の左右に位置する白線を認識し、これらの白線の延長線上の交点を求めることによってFOEの位置を判定する。このように白線の位置に基づいてFOEの位置を求める処理では、FOEの位置を精度よく求められるが、自車両が起伏のない直線道路を走行しており、かつ自車両の左右に白線が存在している必要があるため、FOEの位置の判定に時間が掛かることがある。40

【0078】

続いて、オプティカルフローによるFOEの位置の学習が終了(完了)したか否かを判定する(S63)。オプティカルフローによるFOEの位置の学習が終了していれば(S63: YES)、白線認識によるFOEの位置の学習が終了したか否かを判定する(S64)。白線認識によるFOEの位置の学習が終了していれば(S64: YES)、FOEの位置をRAM等のメモリに記録するとともに、FOE学習処理を終了する(S65)。なお、FOE学習処理は、一定時間毎、或いは任意のタイミングにおいて、繰り返し実施されることで、FOEの位置をメモリにおいて蓄積する。なおS63、S64の処理を否定判定した場合には、S63の処理に戻る。以上の処理により、画像の信頼度が低いことに起因してETTCの算出精度が低下することを抑えることができる。50

## 【 0 0 7 9 】

・上記の図 9 の処理において、漫然運転状態であると判定された後、相対速度  $V$  の上昇の度合いに応じて、リスク期間  $t_2$  の長さが可変設定されてもよい。例えば、相対速度  $V$  の変化量  $RS$  が小さいほど、先行車の減速開始後に、衝突のリスクの高まる期間が長くなることが想定されるため、リスク期間  $t_2$  が長めに設定する。このように、先行車の減速の度合いに応じてリスク期間  $t_2$  を可変設定することで、先行車の減速度合に応じて E T T C に基づく運転支援の実施する期間を設定することができ、E T T C を用いた運転支援を実施することによる不要作動を抑える効果を高められる。

## 【 0 0 8 0 】

・上記の図 9 の処理において、相対速度  $V$  の変化が生じた際に ( S 5 1 : Y E S )、自車両と先行車とが近づいている状態か遠ざかる状態かを判定し、その判定結果に基づいて、リスク期間フラグ  $F_3$  のオンオフが選択されるとよい。すなわち、自車両の漫然運転状態において相対速度  $V$  が変化した場合に、自車両と先行車とが接近状態の場合には、リスク期間フラグ  $F_3$  をオンにする。自車両と先行車とが離間状態であると判定した場合には、リスク期間フラグ  $F_3$  をオフにする。なお、自車両と先行車が接近状態であるか離間状態であるかは、相対速度  $V$  のベクトルを求めることにより判定できる。以上により、自車両の漫然運転状態において、自車両と先行車とが接近状態であることを条件に、リスク期間を判定することができる。

## 【 0 0 8 1 】

・上記において、リスク期間判定部 2 6 1 は、自車両と先行車との相対速度  $V$  に基づいて漫然運転状態であるか否かを判定している。これ以外にも、自車両の車室内に運転者の表情を撮影するカメラを設ける。そしてカメラが取得した画像を画像処理することで、運転者が運転に集中していない表情が検出された場合に、漫然運転状態であると判定してもよい。例えば、よそ見、前方不注意等の表情が検出された場合に、漫然運転状態であると判定してもよい。

## 【 0 0 8 2 】

・上記において、リスク期間判定部 2 6 1 は、減速開始からの経過時間に関わらず運転者が漫然運転状態であると判定されているか否かに基づいて、リスク期間を判定するものであってもよい。すなわち図 6 の S 1 6 のリスク期間の判定処理では、図 8 の処理を行い、図 9 の処理を省略する。この場合、図 6 の S 1 6 では、図 8 の処理で、漫然運転状態フラグ  $F_2$  がオンであると判定された場合に ( S 4 3 : Y E S )、リスク期間であると判定される ( S 1 6 : Y E S )。一方、漫然運転状態フラグ  $F_2$  がオフであると判定された場合に ( S 4 3 : N O )、リスク期間でないとして判定される ( S 1 6 : N O )。なお、漫然運転状態は、運転者による自車両の操作が行われた際に解除されたと判定されてもよい。

## 【 0 0 8 3 】

・上記において運転支援装置 1 0 0 は、レーダ装置を備えていてもよい。レーダ装置は、例えば、ミリ波帯の高周波信号を送信波とする公知のミリ波レーダであり、自車両の前端部に設けられ、所定の検知角に入る領域を物標を検知可能な検知範囲とし、検知範囲内の物標の位置を検出する。具体的には、所定周期で探査波を送信し、複数のアンテナにより反射波を受信する。この探査波の送信時刻と反射波の受信時刻とにより、物標との相対距離  $D$  を算出する。また、物標に反射された反射波の、ドップラー効果により変化した周波数により、相対速度  $V$  を算出する。

## 【 0 0 8 4 】

このようにレーダ装置と撮像装置 1 0 の両方を備える構成において、レーダ装置が故障した場合には、撮像装置 1 0 の画像から相対距離  $D$ 、相対速度  $V$  及び相対加速度 を算出することになる。この場合にも、上述した図 6 ~ 図 9 の各処理を行うことによって、衝突予測時間としての E T T C に基づく運転支援を適切な条件下で実施することができる。

## 【 0 0 8 5 】

・上記の図 1 において、距離情報取得部 2 3 は、相対加速度に相当する情報として、画像拡大率の微分値 ( 変化量 ) を取得する。そして、衝突予測時間算出部 2 4 は、画像拡大

10

20

30

40

50

率の微分値を加味してETTCを算出するものであってもよい。なお、画像拡大率の微分値を用いたETTCの算出方法の詳細は、米国特許第886179号公報を参照されたい。

【0086】

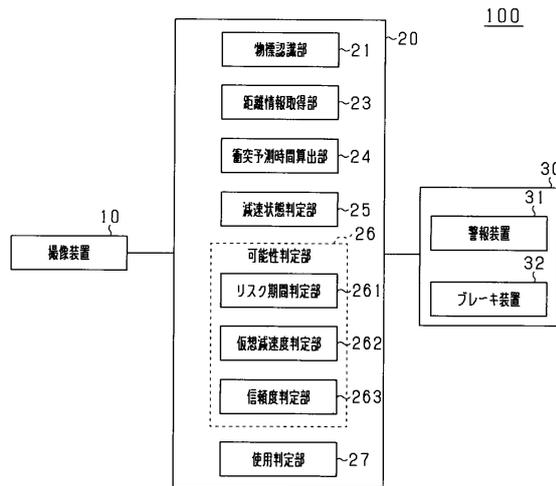
・上記の図1において、撮像装置10が、距離情報取得部23及び衝突予測時間算出部24を備えていてもよい。すなわち、撮像装置10が、自車両と各物標との距離情報を取得するとともに、取得した距離情報に基づいて衝突予測時間を算出するものであってもよい。

【符号の説明】

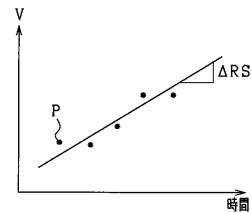
【0087】

10...撮像装置、20...ECU、24...衝突予測時間算出部、25...減速状態判定部、261...リスク期間判定部、262...仮想減速度判定部、263...信頼度判定部。

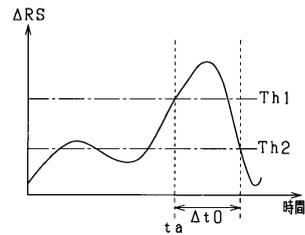
【図1】



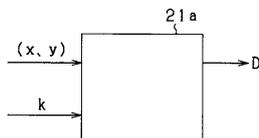
【図3】



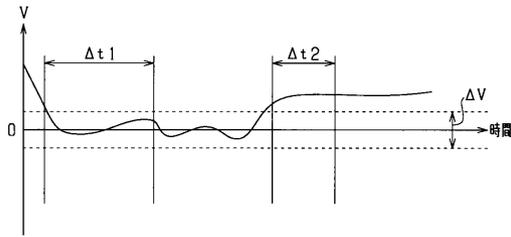
【図4】



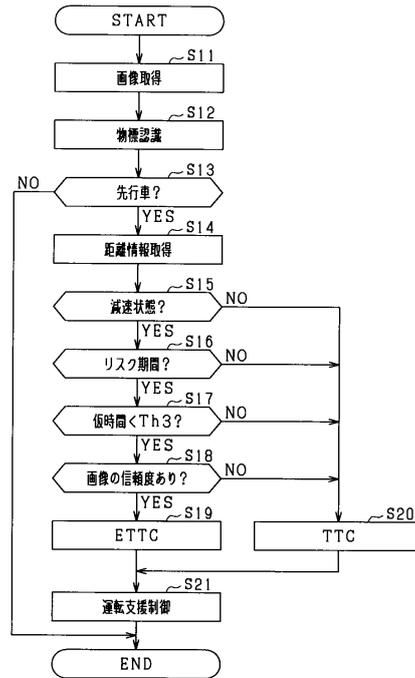
【図2】



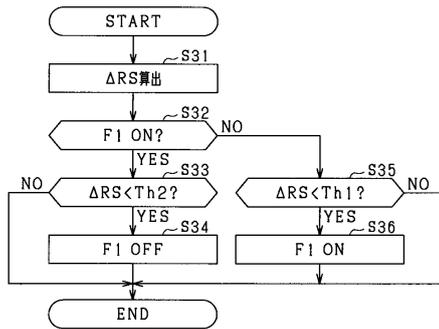
【図5】



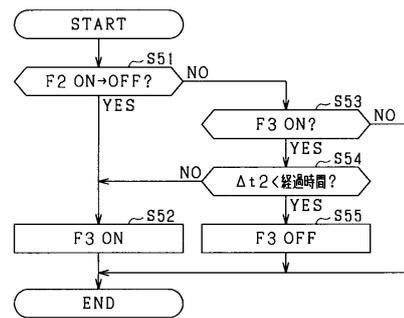
【図6】



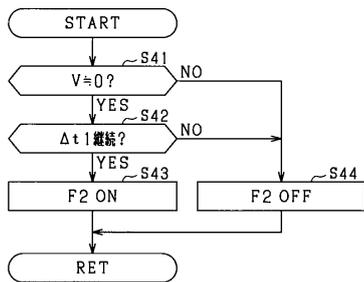
【図7】



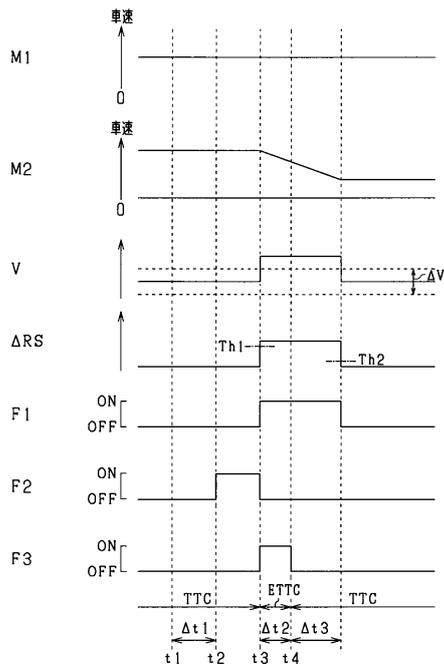
【図9】



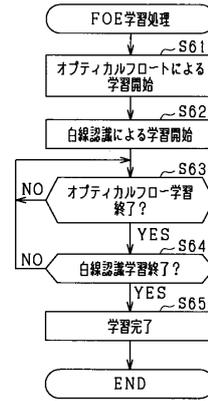
【図8】



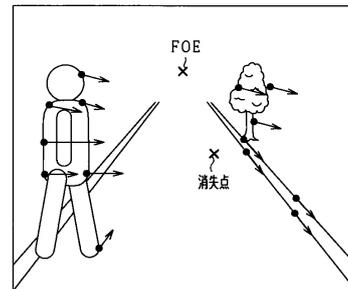
【図10】



【図11】



【図12】



---

フロントページの続き

審査官 吉村 俊厚

- (56)参考文献 特開2003-312311(JP,A)  
特開2016-052868(JP,A)  
特開2012-053746(JP,A)  
国際公開第2016/017822(WO,A1)  
特開2016-192169(JP,A)  
特開2011-121491(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G08G	1/16
B60R	21/00
G06T	7/20
G06T	7/60