

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-241036

(P2014-241036A)

(43) 公開日 平成26年12月25日(2014.12.25)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G08G 1/16 (2006.01)	G08G 1/16 C	3D232
G01S 13/66 (2006.01)	G01S 13/66	3D241
G01S 13/86 (2006.01)	G01S 13/86	5H181
B62D 6/00 (2006.01)	B62D 6/00	5J070
B60R 21/00 (2006.01)	B60R 21/00 628Z	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-122865 (P2013-122865)
 (22) 出願日 平成25年6月11日 (2013.6.11)

(71) 出願人 000006013
 三菱電機株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
 (74) 代理人 100123434
 弁理士 田澤 英昭
 (74) 代理人 100101133
 弁理士 濱田 初音
 (74) 代理人 100173934
 弁理士 久米 輝代
 (74) 代理人 100156351
 弁理士 河村 秀央
 (72) 発明者 小幡 康
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車両運転支援装置

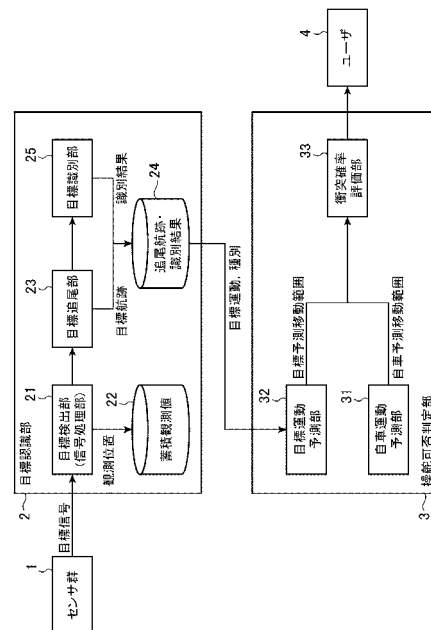
(57) 【要約】

【課題】自車の操舵前に操舵の可否を判定する車両運転支援装置を得る。

【解決手段】操舵可否判定部3において、自車の操舵を伴った場合の未来の自車予測移動範囲を算出する自車運動予測部31と、追尾航跡・識別結果24に保存された目標航跡および目標種別を用いて、自車の操舵により衝突の可能性がある目標を抽出するとともに、抽出された目標について自車の操舵にかかる間の未来の目標予測移動範囲を算出する目標運動予測部32と、自車運動予測部31が算出した自車予測移動範囲と目標運動予測部32が算出した目標予測移動範囲とを用いて衝突の可能性を検知し、操舵可否を判定する衝突確率評価部33とを備えた。

よって、自車の操舵前に操舵の可否を判定することができる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

センサからの信号により目標位置の観測値を抽出する目標検出部と、
上記目標検出部が抽出した観測値の時系列を追尾処理して目標位置および目標速度を含む目標航跡を推定する目標追尾部と、

上記目標追尾部が推定した目標航跡を用いて目標種別を識別する目標識別部と、
自車の操舵を伴った場合の未来の自車予測移動範囲を算出する自車運動予測部と、

上記目標追尾部が推定した目標航跡および上記目標識別部が識別した目標種別を用いて上記自車の操舵により衝突の可能性がある目標を抽出するとともに、抽出された目標について該自車の操舵にかかる間の未来の目標予測移動範囲を算出する目標運動予測部と、

上記自車運動予測部が算出した自車予測移動範囲と上記目標運動予測部が算出した目標予測移動範囲とを用いて衝突の可能性を検知し、操舵可否を判定する衝突確率評価部とを備えた車両運転支援装置。

10

【請求項 2】

上記目標運動予測部は、

目標予測移動範囲を、第一の予測誤差共分散により算出することを特徴とする請求項 1 記載の車両運転支援装置。

【請求項 3】

上記目標識別部は、

上記目標追尾部が推定した目標航跡を用いて目標運動の不安定性を判定し、

上記第一の予測誤差共分散は、

上記目標識別部が判定した目標運動の不安定性に基づく、第一の未来運動不確定性により算出されることを特徴とする請求項 2 記載の車両運転支援装置。

20

【請求項 4】

上記第一の予測誤差共分散は、

上記目標追尾部が目標航跡を推定する際に算出した平滑誤差共分散を外挿して算出される、現時刻の目標運動諸元の第一の推定誤差共分散により算出されることを特徴とする請求項 2 記載の車両運転支援装置。

【請求項 5】

上記第一の予測誤差共分散は、

上記目標識別部が識別した目標種別を用いて算出される、目標運動の機動性に基づく、第二の未来運動不確定性により算出されることを特徴とする請求項 2 記載の車両運転支援装置。

30

【請求項 6】

上記自車運動予測部は、

自車予測移動範囲を、操舵運動モデルおよび第二の予測誤差共分散により算出することを特徴とする請求項 1 記載の車両運転支援装置。

【請求項 7】

上記第二の予測誤差共分散は、

自車センサあるいは GPS により観測された自車運動の観測誤差を外挿して算出される、現時刻の自車運動諸元の第二の推定誤差共分散により算出されることを特徴とする請求項 6 記載の車両運転支援装置。

40

【請求項 8】

上記衝突確率評価部は、

上記自車予測移動範囲と上記目標予測移動範囲とを用いて算出される同時存在確率から操舵可否を判定することを特徴とする請求項 1 記載の車両運転支援装置。

【請求項 9】

上記目標識別部は、

上記センサからの光学画像情報により目標と自車との衝突の可能性の有無を判定し、

上記目標運動予測部は、

50

上記目標識別部が自車との衝突の可能性が無いと判定した目標について、目標予測移動範囲の算出対象から除外することを特徴とする請求項1記載の車両運転支援装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、自動車に搭載されたレーダ、カメラなどのセンサを用いて、周囲の自動車、二輪車、歩行者、あるいは静止目標を観測し、それらとの衝突を避けるように円滑な運転を支援する車両運転支援装置に関する。

【背景技術】

【0002】

自車搭載センサから得られた情報により、運転を支援する技術については、多くの論文、特許文献で取り挙げられており、それらを実現する装置および方法については、様々な提案がなされている。

【0003】

代表的な例として、衝突防止技術がある。

これはレーダおよび光学センサで目標を観測し、自車に対する距離および接近速度が閾値に達すると判明した場合に、衝突の可能性を判定し、警報を出す、あるいは自動車の走行自体を制御する技術である。

この技術の実現例を記述した文献として、下記特許文献1の「衝突回避通知システム」および下記特許文献2の「衝突危険度推定装置及びドライバ支援装置」などがある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2006-31443号公報

【特許文献2】特開2008-282097号公報

【特許文献3】特開平08-271617号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

従来の装置は以上のように構成されているので、自車操舵による操舵開始後に発生した現在の危険を防止する機能であり、操舵開始そのものは運転者が決定しなければならない。

よって、自車の操舵前に操舵の可否を判定するものではないなどの課題があった。

【0006】

本発明は、自車の操舵前に操舵の可否を判定する車両運転支援装置を得るものである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の車両運転支援装置は、自車の操舵を伴った場合の未来の自車予測移動範囲を算出する自車運動予測部と、目標追尾部が推定した目標航跡および目標識別部が識別した目標種別を用いて自車の操舵により衝突の可能性がある目標を抽出するとともに、抽出された目標について自車の操舵にかかる間の未来の目標予測移動範囲を算出する目標運動予測部と、自車運動予測部が算出した自車予測移動範囲と目標運動予測部が算出した目標予測移動範囲とを用いて衝突の可能性を検知し、操舵可否を判定する衝突確率評価部とを備えたものである。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、自車運動予測部が算出した自車予測移動範囲と目標運動予測部が算出した目標予測移動範囲とを用いて衝突の可能性を検知し、操舵可否を判定する。

よって、自車の操舵前に操舵の可否を判定することができる効果がある。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 9 】

【図 1】本発明の実施の形態 1 による車両運転支援装置を示す構成図である。

【図 2】目標認識手順を示すフローチャートである。

【図 3】目標検出結果例を示す説明図である。

【図 4】目標追尾結果例を示す説明図である。

【図 5】目標種別毎の属性の確率密度の例を示す説明図である。

【図 6】追尾目標の識別結果例を示す説明図である。

【図 7】追尾軌道の直進近似と残差の例を示す説明図である。

【図 8】操舵可否判定手順を示すフローチャートである。

【図 9】自車の運動予測結果例を示す説明図である。

10

【図 10】衝突候補目標の抽出結果例を示す説明図である。

【図 11】目標の運動予測結果例を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 0 】

実施の形態 1 .

図 1 は本発明の実施の形態 1 による車両運転支援装置を示す構成図である。

図において、センサ群 1 は、自動車に搭載されたレーダおよびカメラなどである。

目標認識部 2 は、自車周囲の目標についての状態を推定するものである。

操舵可否判定部 3 は、目標認識部 2 より得られた目標についての状態を用いて、自車の操舵の可否を決定するものである。

20

ユーザ 4 は、自車の運転者などである。

【 0 0 1 1 】

目標認識部 2 において、目標検出部 2 1 は、センサ群 1 からの信号により目標位置の観測値を抽出し、その観測位置を蓄積観測値 2 2 として保存するものである。

目標追尾部 2 3 は、目標検出部 2 1 が抽出した観測値の時系列を追尾処理して、目標位置および目標速度を含む目標航跡を推定し、追尾航跡・識別結果 2 4 として保存するものである。

目標識別部 2 5 は、目標追尾部 2 3 が推定した目標航跡を用いて目標種別を識別し、追尾航跡・識別結果 2 4 として保存するものである。

【 0 0 1 2 】

30

操舵可否判定部 3 において、自車運動予測部 3 1 は、自車の操舵を伴った場合の未来の自車予測移動範囲を算出するものである。

目標運動予測部 3 2 は、追尾航跡・識別結果 2 4 に保存された目標航跡および目標種別を用いて、自車の操舵により衝突の可能性がある目標を抽出するものである。

また、抽出された目標について自車の操舵にかかる間の未来の目標予測移動範囲を算出するものである。

衝突確率評価部 3 3 は、自車運動予測部 3 1 が算出した自車予測移動範囲と目標運動予測部 3 2 が算出した目標予測移動範囲とを用いて衝突の可能性を検知し、操舵可否を判定するものである。

【 0 0 1 3 】

40

図 1 の例では、車両運転支援装置の構成要素である目標認識部 2 および操舵可否判定部 3 が、例えば、マイコンなどを実装している半導体回路基板のハードウェアで構成されていることを想定している。

【 0 0 1 4 】

次に動作について説明する。

本実施の形態 1 の航跡抽出の処理手順を、1 サンプリング時刻分の観測値の処理について、図 2 および図 8 に示す。

図 2 は目標認識手順を示すフローチャートである。

目標認識部 2 の動作を図 2 に従って説明する。

【 0 0 1 5 】

50

「目標検出」のステップ S T 1 では、目標検出部 2 1 が、従来の信号処理により、センサ群 1 から得られた目標位置の情報を算出する。

これにより、現時刻における目標位置による静的な情報が得られる。

【 0 0 1 6 】

図 3 は目標検出結果例を示す説明図である。

図 3 は、自車周囲を 2 つのセンサ A、センサ B で観測し、目標検出で得られた結果である。

センサ A とセンサ B では、検出される目標個数が異なるものの、同一の目標に対して、ほぼ同一の目標位置を検出している。

目標検出部 2 1 は、この目標位置を蓄積観測値 2 2 として保存する。

10

【 0 0 1 7 】

「目標追尾」のステップ S T 2 では、目標追尾部 2 3 が追尾処理により、「目標検出」のステップ S T 1 で得られた目標位置の情報の時系列より、目標の正確な位置、および速度を推定する。

この時系列処理により、目標運動の情報が速度が加わって動的になり、「目標検出」のステップ S T 1 で得られた情報が、さらに正確になる。

この推定に、カルマンフィルタを用いた場合の処理例を以下に示す。

【 0 0 1 8 】

まず、最新の観測時刻の観測値をセンサ群 1 から読み込む。

次に既存航跡のゲートを算出し、さらに、入力された観測値がそのゲート内にあるかどうかを調べ、入ってきた観測値がどの航跡と相関可能であるかを決定する。

20

ここで、航跡は xy の 2 次元空間における目標の位置、および速度からなる以下の 4 個の要素を持ったベクトルを推定諸元とする。

$$\mathbf{x}_k = (x_k \quad y_k \quad \dot{x}_k \quad \dot{y}_k)^T \quad (1)$$

【 0 0 1 9 】

最新観測時刻 k における目標の予測ベクトル $\hat{\mathbf{x}}_k(-)$ は、次式(2)で計算される。

$$\hat{\mathbf{x}}_k(-) = \Phi_{k-1} \hat{\mathbf{x}}_{k-1}(+) \quad (2)$$

30

【 0 0 2 0 】

ここで、 Φ_{k-1} は、次式(3)で表される推移行列である。

$$\Phi_{k-1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & T & 0 \\ 0 & 1 & 0 & T \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

40

ここで、 T はサンプリング間隔、すなわち、直前のセンサの観測時刻から現時刻までの経過時間である。

また、 $\hat{\mathbf{x}}_{k-1}(+)$ は、1 観測時刻前の平滑ベクトルである。

【 0 0 2 1 】

予測誤差共分散行列 $\mathbf{P}_k(-)$ は、次式(4)で計算される。

$$\mathbf{P}_k(-) = \Phi_{k-1} \mathbf{P}_{k-1}(+) \Phi_{k-1}^T + \mathbf{Q}_{k-1} \quad (4)$$

ここで、 $\mathbf{P}_{k-1}(+)$ は、1観測時刻前の平滑誤差共分散行列である。

【 0 0 2 2 】

また、 \mathbf{Q}_{k-1} は、次式(5)で表わされる駆動雑音共分散行列である。

$$\mathbf{Q}_{k-1} = \begin{bmatrix} \frac{T^3}{3} \mathbf{I}_{2 \times 2} & \frac{T^2}{2} \mathbf{I}_{2 \times 2} \\ \frac{T^2}{2} \mathbf{I}_{2 \times 2} & T \mathbf{I}_{2 \times 2} \end{bmatrix} q \quad (5)$$

ここで、 q は、事前に設定されるパワースペクトル密度のパラメータであり、 $\mathbf{I}_{2 \times 2}$ は、2行2列の単位行列である。

【 0 0 2 3 】

さらに、残差共分散行列 \mathbf{S}_k を、次式(6)に従って算出する。

$$\mathbf{S}_k = \mathbf{H}_k \mathbf{P}_k(-) \mathbf{H}_k^T + \Gamma_2(k) \mathbf{R}_k \Gamma_2^T(k) \quad (6)$$

ここで、 \mathbf{H}_k は、観測行列、 \mathbf{R}_k は、センサの観測誤差共分散行列、 $\Gamma_2(k)$ は、観測雑音の変換行列である。

【 0 0 2 4 】

観測値のベクトルが、距離および方位角の極座標上の値で得られる場合、各々は次式(7)から(9)となる。

$$\mathbf{H}_k = [\mathbf{I}_{2 \times 2} \quad \mathbf{0}_{2 \times 2}] \quad (7)$$

$$\Gamma_2(k) = \begin{pmatrix} \sin(By_k) & R_k \cos(By_k) \\ \cos(By_k) & -R_k \sin(By_k) \end{pmatrix} \quad (8)$$

$$\mathbf{R}_k = \begin{pmatrix} \sigma_R^2 & 0 \\ 0 & \sigma_{By}^2 \end{pmatrix} \quad (9)$$

10

20

30

40

50

ここで、 $\mathbf{0}_{2 \times 2}$ は、2行2列の全要素が0の行列である。

また、 σ_R は、センサの距離観測誤差標準偏差、 σ_{By} は、方位角観測誤差標準偏差である。

【0025】

上記の残差共分散行列 \mathbf{S}_k を用いて、センサの観測値 \mathbf{z}_k のゲート内外判定を行う。

この観測値 \mathbf{z}_k は、距離および方位角で表された観測情報を直角座標上の位置に変換して得られるベクトルである。

ゲート内外は、次式(10)の不等式の成否により決まる。

$$\left(\mathbf{z}_k - \mathbf{z}_k(-)\right)^T \mathbf{S}_k^{-1} \left(\mathbf{z}_k - \mathbf{z}_k(-)\right) < d \quad (10)$$

10

【0026】

ここで、 $\mathbf{z}_k(-)$ は、予測観測値であり、次式(11)により計算できる。

$$\mathbf{z}_k(-) = \mathbf{H}_k \hat{\mathbf{x}}_k(-) \quad (11)$$

また、 d は、 χ 平方検定における有意水準によって定まる境界値のパラメータである。

20

【0027】

上記のゲート内外判定によって、ゲート内と判定された観測値を用いて、航跡の最新時刻における運動諸元推定値を算出する。

ただし、複数の既存航跡が存在し、特定の観測値が複数の航跡のゲート内に入った場合は、観測値に既存航跡に1対1対応させる相関決定処理が必要となる。

特に、自動車の周囲には、複数の目標が存在するケースが多いので、この相関の問題が重要となる。

この相関を複数の仮説を生成しながら決定する方式は、これまで幾つか提案されており、その一例が、上記特許文献3の「目標追尾装置」に示されている。

【0028】

30

相関決定により、観測値が既存航跡に割り当てられると、これらの航跡の観測時刻における平滑諸元を計算し、更新航跡については、さらに相関結果に対応する航跡の尤度を計算する。

平滑ベクトルは、次式(12)で計算される。

$$\hat{\mathbf{x}}_k(+) = \hat{\mathbf{x}}_k(-) + \mathbf{K}_k \left\{ \mathbf{z}_k - \mathbf{H}_k \hat{\mathbf{x}}_k(-) \right\} \quad (12)$$

ここで、 \mathbf{K}_k は、フィルタゲインであり、次式(13)により計算できる。

$$\mathbf{K}_k = \mathbf{P}_k(-) \mathbf{H}_k^T \mathbf{S}_k^{-1} \quad (13)$$

40

【0029】

また、平滑誤差共分散行列は、次式(14)で計算される。

$$\mathbf{P}_k(+) = \mathbf{P}_k(-) - \mathbf{K}_k \mathbf{H}_k^T \mathbf{P}_k(-) \quad (14)$$

さらに、航跡の尤度(尤もらしさ)は、観測値の確率分布が予測観測値(3次元の位置)を中心としたガウス分布となることを仮定して、次式(15)で計算する。

$$g(\mathbf{z}_k; \mathbf{z}_k(-); \mathbf{S}_k) = \frac{1}{(\sqrt{2\pi})^3} \exp\left(-\frac{1}{2}(\mathbf{z}_k - \mathbf{z}_k(-))^T \mathbf{S}_k^{-1} (\mathbf{z}_k - \mathbf{z}_k(-))\right) \quad (15)$$

【 0 0 3 0 】

図 4 は目標追尾結果例を示す説明図である。

図 4 は、この追尾処理で得られた結果であり、検出される目標位置に、目標速度が加えられることにより、追尾結果として、移動目標航跡と静止目標航跡が得られる。

目標追尾部 2 3 は、この目標航跡を、追尾航跡・識別結果 2 4 として保存する。

【 0 0 3 1 】

次の「目標識別」のステップ S T 3 では、目標識別部 2 5 がベイズ推定法などを適用して、目標の速度などの属性情報から追尾目標を、自動車、二輪車、歩行者、およびガードレール（停止物）に分類する。

【 0 0 3 2 】

図 5 は目標種別毎の属性の確率密度の例を示す説明図である。

図 5 は、属性を速度と光学センサより得られた画像上の目標の大きさ（広がり）の 2 種類とした場合の、目標種別毎の属性の確率密度関数の例である。

【 0 0 3 3 】

追尾目標の速度の情報として、 v が得られたとして、これを目標種別毎に確率密度関数に適用して、追尾目標がガードレールであるとする推定の尤度 $p(v|guardrail)$ 、人であるとする推定の尤度 $p(v|human)$ 、二輪車であるとする推定の尤度 $p(v|motorcycle)$ 、自動車であるとする推定の尤度 $p(v|car)$ が得られる。

同様に、目標の大きさについても、光学センサより得られた画像上の大きさ w を適用して、追尾目標がガードレールであるとする推定の尤度 $p(w|guardrail)$ 、人であるとする推定の尤度 $p(w|human)$ 、二輪車であるとする推定の尤度 $p(w|motorcycle)$ 、自動車であるとする推定の尤度 $p(w|car)$ が得られる。

【 0 0 3 4 】

識別では、各属性の目標種別毎の尤度を掛け合わせて、それが最大である種別を追尾目標の種別とする。

すなわち、次式 (16)

$$\max_{tgt \in \{guardrail, human, motorcycle, car\}} p(v|tgt) \cdot p(w|tgt) \quad (16)$$

を実現する目標種別を、その追尾目標の種別の候補とする。

【 0 0 3 5 】

上記の候補の種別を確定してよいかを、以下により判別する。

例えば、上記次式 (16) で、尤度最大を実現する目標種別が人であった場合、次式 (17) が成立すれば、追尾目標の種別を「人」と確定する。

$$P(human|v, w) > threshold_{id} \quad (17)$$

【 0 0 3 6 】

ここで、左辺の事後確率は、次式 (18) で計算する。

右辺の $threshold_{id}$ は、事前に設定される閾値のパラメータである。

$$P(human|v,w) = \frac{p(v|human) \cdot p(w|human) \cdot P(human)}{\sum_{tgt \in \{guardrail, human, motorcycle, car\}} p(v|tgt) \cdot p(w|tgt) \cdot P(tgt)} \quad (18)$$

ここで、 $P(human)$ 、 $P(guardrail)$ 、 $P(motorcycle)$ 、 $P(car)$ は、目標観測および追尾以前の目標種別の確率であり、事前に設定されるパラメータである。

10

【0037】

図6は追尾目標の識別結果例を示す説明図である。

図6は、以上の識別処理により得られた情報の例であり、追尾目標が、自動車、二輪車、歩行者、およびガードレールに分けて検出され、追尾目標の位置および速度についても識別されている。

目標識別部25は、この識別結果を、追尾航跡・識別結果24として保存する。

【0038】

本実施の形態1の目標識別部25では、従来の識別結果に加え、さらに、目標運動の安定・不安定を識別する。

この安定性は、例えば、以下のように、自車右折時の衝突の危険性を反映する。

- ・他車の間を強引に割り込む二輪車は、不安定で、より衝突が起き易い。
- ・車線変更を殆ど行わない自動車は、安定で、より衝突が起き易い。

【0039】

不安定な目標については、右折の際に、安定な目標よりも、さらに、大きな注意を払う必要があると考えられる。

過去のサンプリング時刻における追尾平滑値を繋ぐことによって生成される追尾軌道より、次式(19)の運動の変化を算出する。

$$R_{tgt} \equiv \frac{\sum_{i=1}^n |r_{ti}|}{n} \quad (19)$$

20

30

ここで、 n は、追尾サンプリング時刻数であり、 r_{ti} は、 ti における追尾平滑値と直進軌道の残差である。

【0040】

図7は追尾軌道の直進近似と残差の例を示す説明図である。

運動の変化が大きい目標については、「不安定な目標」と判別する。

具体的には、上記の残差平均値が閾値 $threshold_r$ を越えた場合、すなわち、次式(20)

$$R_{tgt} > threshold_r \quad (20)$$

が成り立つ場合、目標は不安定な目標と識別し、次式(21)

$$R_{tgt} \leq threshold_r \quad (21)$$

である場合は、安定な目標と識別する。

40

50

【 0 0 4 1 】

以上が目標認識部 2 5 の処理であり、これにより追尾航跡毎に以下が推定される。

- ・ 追尾目標の位置、速度の推定値
- ・ 上記の推定誤差共分散行列（平滑誤差共分散行列）
- ・ 目標種別
- ・ 安定・不安定の区別

これらの情報は、操舵可否判定部 3 への入力となり、操舵の可否を判定するために用いられる。

【 0 0 4 2 】

図 8 は操舵可否判定手順を示すフローチャートである。

操舵可否判定部 3 の動作を図 8 に従って説明する。

目標認識部 2 がセンサ群 1 から観測値が得られる度に動作するのに対し、この操舵可否判定部 3 は、ウィンカーなどにより運転者から右折の意思が示された場合に起動する。

【 0 0 4 3 】

「自車運動予測」のステップ S T 4 では、自車運動予測部 3 1 が、自車が現時刻から右折運動を開始した場合の、未来の位置および速度を、右旋回運動モデル（操舵運動モデル）により予測し、その予測誤差共分散行列より右折完了までの予測移動範囲を算出する。

予測時刻は、現時刻から右折完了までの一定のサンプリング間隔に従って設定する離散的な複数の時刻である。

なお、以降では、未来予測時刻のサンプリング時刻の番号を k とする。

【 0 0 4 4 】

ここで、各サンプリング時刻における自車運動は、 xy の 2 次元空間における自車の位置および速度からなる、次式 (22) の 4 個の要素を持ったベクトルとする。

$$\mathbf{u}_k = (x_k \quad y_k \quad \dot{x}_k \quad \dot{y}_k)^T \quad (22)$$

【 0 0 4 5 】

現時刻における自車の運動推定値 $\hat{\mathbf{u}}_f(+)$ は、自車センサあるいは GPS などのセンサから得た自己運動情報を外挿して得る。

自車の未来予測位置は、次式 (23) で算出する。

$$\hat{\mathbf{u}}_{f,k}(-) = \Phi_{uf,k} \hat{\mathbf{u}}_f(+) \quad (23)$$

【 0 0 4 6 】

ここで、 $\Phi_{uf,k}$ は、自車の等角速度運動を前提として、次式 (24) で表される。

$$\Phi_{uf,k} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \frac{\sin \Omega T_p}{\Omega} & \frac{-(1 - \cos \Omega T_p)}{\Omega} & 0 \\ 0 & 1 & \frac{1 - \cos \Omega T_p}{\Omega} & \frac{\sin \Omega T_p}{\Omega} & 0 \\ 0 & 0 & \cos \Omega T_p & -\sin \Omega T_p & 0 \\ 0 & 0 & \sin \Omega T_p & \cos \Omega T_p & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (24)$$

ここで、 T_p は、現時刻と未来予測のサンプリング時刻の間の時間間隔である。

また、 Ω は、自車が右折軌道をとった場合の角速度であり、事前に設定されるパラメータとする。

代表的な単一の値としてもよいし、典型値を複数用意して各々で予測計算し、それらを重み付け統合してもよい。

【0047】

また、未来予測の予測誤差共分散行列（第二の予測誤差共分散行列） $\mathbf{P}_{uf,k}(-)$ を、次式(25)で算出する。

$$\mathbf{P}_{uf,k}(-) = \Phi_{uf,k-1} \mathbf{P}_{uf}(+) \Phi_{uf,k-1}^T + \mathbf{Q}_{uf,k} \quad (25)$$

10

ここで、 $\mathbf{P}_{uf}(+)$ は、現時刻の自車運動諸元の推定誤差共分散行列（第二の推定誤差共分散行列）であり、自車センサあるいはGPSなどの現時刻の自車運動情報を得たセンサの観測誤差を外挿して算出する。

【0048】

また、 $\mathbf{Q}_{uf,k}$ は、次式(26)で表わされる駆動雑音共分散行列である。

20

$$\mathbf{Q}_{uf,k} = \begin{bmatrix} \frac{T_p^3}{3} \mathbf{I}_{2 \times 2} & \frac{T_p^2}{2} \mathbf{I}_{2 \times 2} \\ \frac{T_p^2}{2} \mathbf{I}_{2 \times 2} & T_p \mathbf{I}_{2 \times 2} \end{bmatrix} q \quad (26)$$

【0049】

図9は自車の運動予測結果例を示す説明図である。

図中の楕円は、時刻 t_1 から時刻 t_4 についての予測移動範囲を示したものであり、右旋回運動モデルによる未来予測位置を中心とし、予測誤差共分散行列の標準偏差分の広がりをもつものである。

30

【0050】

「衝突候補目標抽出」のステップST5では、目標運動予測部32が自車の右折運動軌道の近傍にある目標を抽出する。

具体的には、各追尾位置から最大移動分（目標最大加速度を加えた速度を右折時間に要する時間で積分）の領域と、自車右折軌道がぶつかる移動目標のみを抽出する。

【0051】

図10は衝突候補目標の抽出結果例を示す説明図である。

図中の破線枠内が衝突候補目標である。

40

なお、目標Aは、最大速度の移動範囲が自車右折軌道とぶつからないため、衝突候補目標から除外される。

【0052】

なお、目標識別部25は、センサ群1のうちのカメラなどによる光学画像情報により、目標と自車との衝突の可能性の有無を判定する。

例えば、対向車がウィンカーの動作によって、自車と衝突する可能性の無いことが明らかである場合、目標識別部25がこれを判定する。

目標運動予測部32は、目標識別部25が自車との衝突の可能性が無いと判定した目標について、衝突候補目標から除外する。

このようにすれば、無駄な算出対象を減らすことができる。

50

【 0 0 5 3 】

「目標運動予測」のステップ S T 6 では、目標運動予測部 3 2 が目標追尾部 2 3 により算出された目標の現時刻の位置、速度、それらの平滑誤差共分散行列を含む予測誤差共分散行列により、自車が右折に至るまでの未来の目標予測移動範囲を算出する。

予測時刻は、現時刻から右折完了までの一定のサンプリング間隔に従って設定する、離散的な複数の時刻である。

これらのサンプリング時刻は、「自車運動予測」のステップ S T 4 において設定したサンプリング時刻と完全に一致させる。

なお、以降では、未来予測時刻のサンプリング時刻の番号を k とする。

10

なお、予測誤差共分散行列では、目標種別毎の加速の可能性の要素を加える。

【 0 0 5 4 】

目標の未来予測位置は、次式 (27) で算出する。

$$\hat{\mathbf{x}}_{p,k}(-) = \Phi_{p,k} \hat{\mathbf{x}}(+)$$
 (27)

ここで、 $\Phi_{p,k}$ は、推移行列であり、次式 (28) で表される。

$$\Phi_{p,k} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & T_p & 0 \\ 0 & 1 & 0 & T_p \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$
 (28)

20

ここで、 T_p は、現時刻と未来予測のサンプリング時刻の間の時間間隔である。

また、 $\hat{\mathbf{x}}(+)$ は、目標追尾部 2 3 が算出した平滑ベクトルを現時刻まで外挿することにより得られる。

30

【 0 0 5 5 】

未来予測の予測誤差共分散行列（第一の予測誤差共分散行列） $\mathbf{P}_{p,k}(-)$ は、次式 (29) で算出する。

$$\mathbf{P}_{p,k}(-) = \Phi_{p,k-1} \mathbf{P}(+) \Phi_{p,k-1}^T + \mathbf{Q}_{p,k} + \mathbf{W}_{p,k} + \mathbf{U}_{p,k}$$
 (29)

ここで、 $\mathbf{P}(+)$ は、現時刻の目標推定運動諸元の推定誤差共分散行列（第一の推定誤差共分散行列）であり、目標追尾部 2 3 が算出した平滑誤差共分散行列を外挿して算出する。

40

【 0 0 5 6 】

また、 $\mathbf{Q}_{p,k}$ は、次式 (30) で表わされる駆動雑音共分散行列である。

$$\mathbf{Q}_{p,k} = \begin{bmatrix} \frac{T_p^3}{3} \mathbf{I}_{2 \times 2} & \frac{T_p^2}{2} \mathbf{I}_{2 \times 2} \\ \frac{T_p^2}{2} \mathbf{I}_{2 \times 2} & T_p \mathbf{I}_{2 \times 2} \end{bmatrix} \mathbf{q} \quad (30)$$

【 0 0 5 7 】

ここで、 $\mathbf{W}_{p,k}$ は、目標運動の機動性に基づく、未来の運動の不確定性（第二の未来運動不確定性行列）であり、次式(31)で算出する。

10

$$\mathbf{W}_{p,k} = \begin{bmatrix} \frac{T_p^3}{3} \mathbf{I}_{2 \times 2} & \frac{T_p^2}{2} \mathbf{I}_{2 \times 2} \\ \frac{T_p^2}{2} \mathbf{I}_{2 \times 2} & T_p \mathbf{I}_{2 \times 2} \end{bmatrix} \mathbf{w}_p \quad (31)$$

20

ここで、 \mathbf{w}_p は、「目標識別」のステップ S T 3 で判定した目標種別に対応した値とするパラメータである。

目標運動の不確定性を、機動性の高い目標（例えば、自動車と二輪車は、同程度の機動性を有し、歩行者は、これらよりも低い機動性を有するとする）ほど、このパラメータを大きく設定する。

【 0 0 5 8 】

また、ここで、 $\mathbf{U}_{p,k}$ は、目標運動の不安定性に基づく、未来の運動の不確定性（第一の未来運動不確定性行列）であり、次式(32)で算出する。

30

$$\mathbf{U}_{p,k} = \begin{bmatrix} \frac{T_p^3}{3} \mathbf{I}_{2 \times 2} & \frac{T_p^2}{2} \mathbf{I}_{2 \times 2} \\ \frac{T_p^2}{2} \mathbf{I}_{2 \times 2} & T_p \mathbf{I}_{2 \times 2} \end{bmatrix} \mathbf{u}_p \quad (32)$$

40

ここで、 \mathbf{u}_p は、「目標識別」のステップ S T 3 で判定した、目標の不安定性によって定めるパワースペクトル密度である。

目標が不安定であるほど、このパラメータを大きく設定する。

設定値としては、不安定な度合に応じた離散的な値を複数用意してもよいし、例えば、次式(33)のように、「目標識別」のステップ S T 3 で算出した残差平均値に比例した値としてもよい。

$$u_p = \alpha R_{igt} \quad (33)$$

ここで、 α は、事前に設定される比例定数パラメータである。

【 0 0 5 9 】

図 1 1 は目標の運動予測結果例を示す説明図である。

図中の楕円は、自動車、二輪車、および歩行者の時刻 t_1 から時刻 t_4 についての予測移動範囲を示したものであり、各目標の未来予測位置を中心とし、予測誤差共分散行列の標準偏差分の広がりをもつものである。

【 0 0 6 0 】

「操舵可否判定」のステップ S T 7 では、衝突確率評価部 3 3 が自車と目標の予測移動範囲の重なりの有無を次式 (34) により、自車が目的地に到達するまでの目標との衝突する可能性を判定する。

衝突の可能性があれば「右折不可」と判定する。

$$M(\mathbf{x}_{uf,k}(-); \mathbf{P}_{uf,k}(-); \mathbf{x}_{p,k}(-); \mathbf{P}_{p,k}(-)) > threshold_M \quad (34)$$

ここで、右辺の $threshold_M$ は、事前に設定される閾値パラメータである。

左辺は、自車と目標が同一位置となる確率であり、次式 (35) に示すように、自車と目標の特定の位置における同時存在確率密度の位置空間全体に渡る積分である。

【 0 0 6 1 】

これを数値計算することにより近似する。

$$\begin{aligned} & M(\hat{\mathbf{u}}_{f,k}(-); \mathbf{P}_{uf,k}(-); \hat{\mathbf{x}}_{f,k}(-); \mathbf{P}_{f,k}(-)) \\ & \equiv \iint \frac{1}{(2\pi)^2} \exp\left(-\frac{1}{2}(\mathbf{x} - \hat{\mathbf{u}}_{f,k}(-))^T \mathbf{P}_{uf,k}(-)^{-1} (\mathbf{x} - \hat{\mathbf{u}}_{f,k}(-))\right) \\ & \quad \cdot \exp\left(-\frac{1}{2}(\mathbf{x} - \hat{\mathbf{x}}_{f,k}(-))^T \mathbf{P}_{f,k}(-)^{-1} (\mathbf{x} - \hat{\mathbf{x}}_{f,k}(-))\right) dx dy \\ & \quad (\mathbf{x} \equiv (x \quad y)) \end{aligned} \quad (35)$$

【 0 0 6 2 】

「操作可？」のステップ S T 8 では、もし「右折可」と判定されたら、ユーザ（運転者）4 に、現時点で右折しても安全である旨のメッセージを提示する。

【 0 0 6 3 】

もし、右折不可と判定されたら、「一定時間経過」のステップ S T 9 の後、再度一連の判定処理を実施する。

これを右折可能と判定されるまで繰り返す。

【 0 0 6 4 】

本実施の形態 1 によれば、操舵可否判定部 3 において、自車の操舵を伴った場合の未来の自車予測移動範囲を算出する自車運動予測部 3 1 と、追尾航跡・識別結果 2 4 に保存された目標航跡および目標種別を用いて、自車の操舵により衝突の可能性がある目標を抽出するとともに、抽出された目標について自車の操舵にかかる間の未来の目標予測移動範囲を算出する目標運動予測部 3 2 と、自車運動予測部 3 1 が算出した自車予測移動範囲と目標運動予測部 3 2 が算出した目標予測移動範囲とを用いて衝突の可能性を検知し、操舵可否を判定する衝突確率評価部 3 3 とを備えた。

10

20

30

40

50

よって、自車の操舵前に操舵の可否を判定することができる。

【0065】

本実施の形態1によれば、目標運動予測部32は、目標予測移動範囲を、第一の予測誤差共分散行列により算出する。

よって、目標予測移動範囲を、第一の予測誤差共分散行列の標準偏差分による広がりをもつものとしてすることができ、目標予測移動範囲を、衝突の危険性を回避する上でほどよい範囲で算出することができる。

【0066】

本実施の形態1によれば、目標識別部25は、目標追尾部23が推定した目標航跡を用いて目標運動の不安定性を判定し、目標運動予測部32は、第一の予測誤差共分散行列を、目標識別部25が判定した目標運動の不安定性に基づく、第一の未来運動不確定性行列により算出する。

よって、目標予測移動範囲を、目標運動の不安定性を加味して算出することができ、操舵可否について、より信頼性の高い判定を行うことができる。

【0067】

本実施の形態1によれば、目標運動予測部32は、第一の予測誤差共分散行列を、目標識別部25が識別した目標種別を用いて算出される、目標運動の機動性に基づく、第二の未来運動不確定性行列により算出する。

よって、目標予測移動範囲を、目標運動の機動性を加味して算出することができ、操舵可否について、より信頼性の高い判定を行うことができる。

【0068】

本実施の形態1によれば、自車運動予測部31は、自車予測移動範囲を、操舵運動モデルおよび第二の予測誤差共分散行列により算出する。

よって、自車予測移動範囲を、操舵運動モデルによる未来予測位置を中心とし、第二の予測誤差共分散行列の標準偏差分による広がりをもつものとしてすることができ、自車予測移動範囲を、衝突の危険性を回避する上でほどよい範囲で算出することができる。

【0069】

本実施の形態1によれば、衝突確率評価部33は、自車予測移動範囲と目標予測移動範囲とを用いて算出される同時存在確率密度から操舵可否を判定する。

よって、操舵可否について、より信頼性の高い判定を行うことができる。

【0070】

本実施の形態1によれば、目標識別部25は、センサ1からの光学画像情報により目標と自車との衝突の可能性の有無を判定し、目標運動予測部32は、目標識別部25が自車との衝突の可能性が無いと判定した目標について、目標予測移動範囲の算出対象から除外する。

よって、無駄な算出対象を減らし、算出効率を高めることができる。

【0071】

なお、本願発明はその発明の範囲内において、各実施の形態の自由な組み合わせ、あるいは各実施の形態の任意の構成要素の変形、もしくは各実施の形態において任意の構成要素の省略が可能である。

【符号の説明】

【0072】

1 センサ群、2 目標認識部、3 操舵可否判定部、4 ユーザ、21 目標検出部、22 蓄積観測値、23 目標追尾部、24 追尾航跡・識別結果、25 目標識別部、31 自車運動予測部、32 目標運動予測部、33 衝突確率評価部。

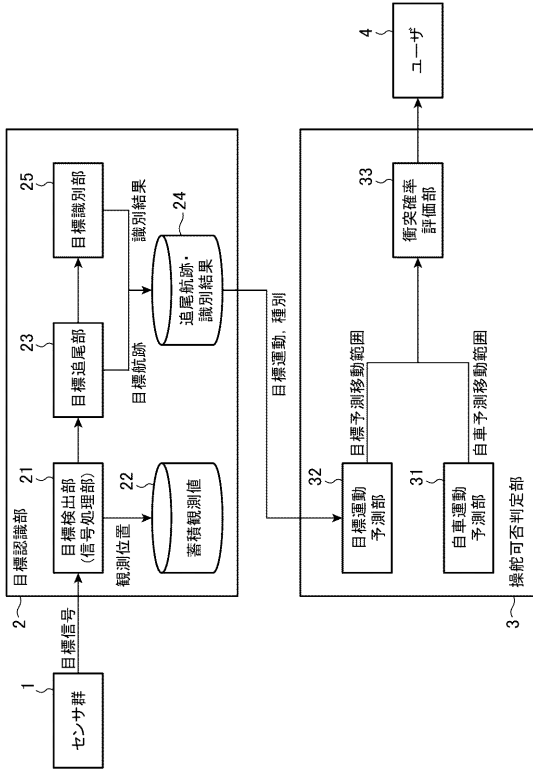
10

20

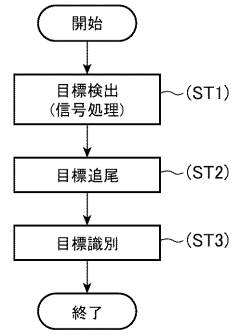
30

40

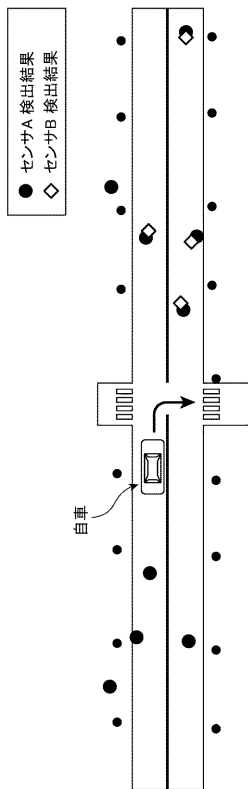
【図1】



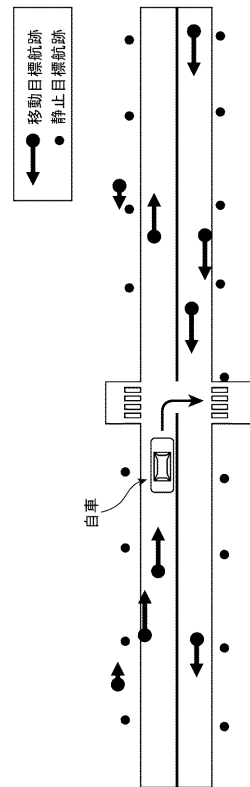
【図2】



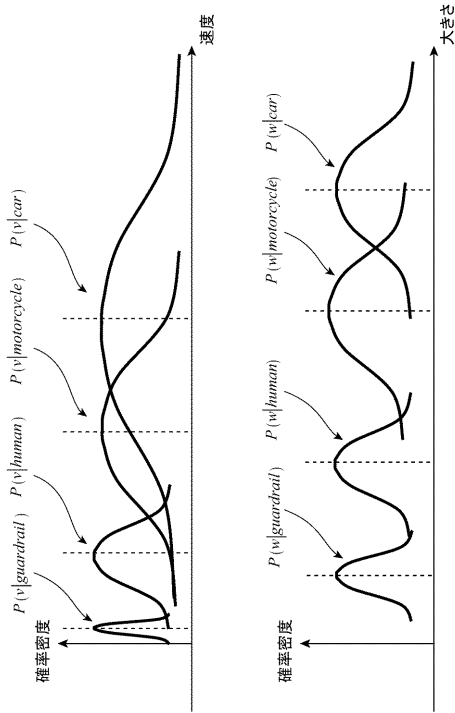
【図3】



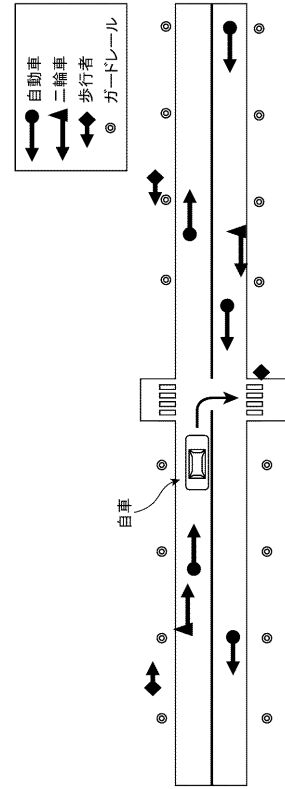
【図4】



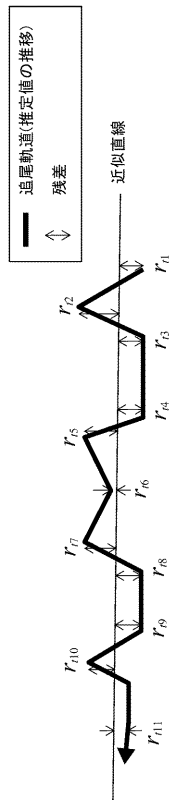
【 図 5 】



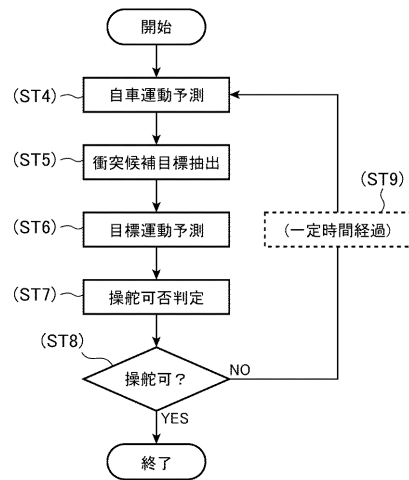
【 図 6 】



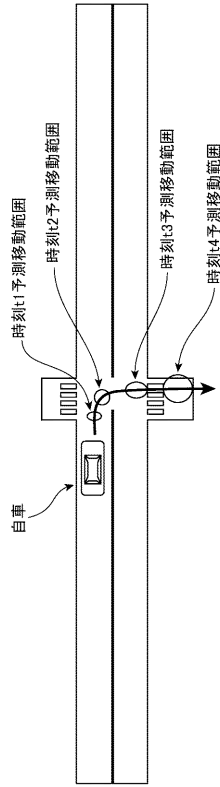
【 図 7 】



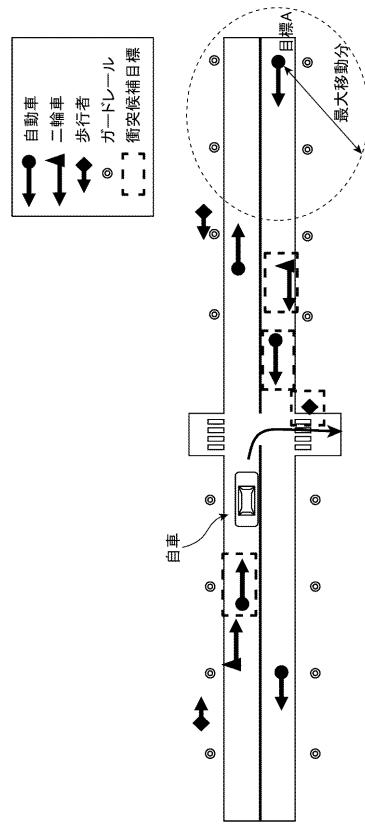
【 図 8 】



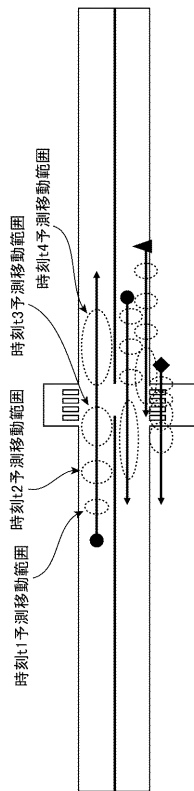
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)
B 6 0 W 40/10 (2012.01) B 6 0 W 40/10

(72)発明者 亀田 洋志

東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

Fターム(参考) 3D232 CC20 DA76 DA77 DA78 DA87 DA91 DC09 DC33 DC34 EB30
GG01
3D241 BA32 BA42 BA50 BA60 BB33 BC04 CC17 CD29 CE04 CE06
CE09 DB01Z DB02Z DB13Z DC02Z DC04Z DC18Z DC22Z DC23Z DC30Z
DC31Z DC33Z DC50Z DD13Z
5H181 AA01 CC04 CC12 CC14 CC30 FF05 FF07 LL01 LL04 LL08
5J070 AC01 AC06 AC07 AE01 AE09 AF03 AH04 AH14 BB06 BD07
BD08