

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7481237号
(P7481237)

(45)発行日 令和6年5月10日(2024.5.10)

(24)登録日 令和6年4月30日(2024.4.30)

(51)国際特許分類		F I		
G 0 8 G	1/16 (2006.01)	G 0 8 G	1/16	C
G 0 1 S	13/931 (2020.01)	G 0 1 S	13/931	
G 0 1 S	13/86 (2006.01)	G 0 1 S	13/86	

請求項の数 12 (全17頁)

(21)出願番号	特願2020-194708(P2020-194708)	(73)特許権者	509186579 日立Astemo株式会社 茨城県ひたちなか市高場2520番地
(22)出願日	令和2年11月24日(2020.11.24)	(74)代理人	110001689 青稜弁理士法人
(65)公開番号	特開2022-83331(P2022-83331A)	(72)発明者	山本 敬亮 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
(43)公開日	令和4年6月3日(2022.6.3)	(72)発明者	池田 道彦 茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立オートモティブシステムズ株式会社 内
審査請求日	令和5年2月9日(2023.2.9)	審査官	貞光 大樹

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 物標検出装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数種類のセンサから出力された複数の観測値に基づいて物標を検出する物標検出装置であって、

フュージョン処理してフュージョン後の前記物標の予測値を出力するフュージョン処理部と、

前記観測値と前記予測値に基づいて、前記物標ごとの誤検知を推定して誤検知推定結果を出力する誤検知推定部と、

前記誤検知推定結果に基づいて、前記センサ毎の誤検知率を算出する誤検知確率算出部と、

前記誤検知率に基づいて、予め定められた前記センサの信頼度を補正して補正後の信頼度を出力する信頼度補正部と、を有し、

前記フュージョン処理部は、

前記予測値、前記誤検知推定結果及び前記補正後の信頼度に基づいて、前記フュージョン処理部を処理し、

前記誤検知推定部は、

前記予測値を用いて、前記物標毎の未検出率及び誤検出率を推定することを特徴とする物標検出装置。

【請求項2】

前記フュージョン処理部は、

10

20

前記フュージョンを処理して、状態ベクトル、共分散行列又は存在確率を出力することを特徴とする請求項 1 に記載の物標検出装置。

【請求項 3】

前記誤検知推定部は、

前記センサ毎の未検出の頻度を前記観測値の推定範囲内に存在する前記観測値の有無に基づいて算出し、

前記センサ毎の誤検出の頻度を前記観測値の前記推定範囲内に存在する前記観測値の数に基づいて算出し、

前記未検出の頻度及び前記誤検出の頻度を用いて、前記物標ごとの誤検知を推定することを特徴とする請求項 1 に記載の物標検出装置。

10

【請求項 4】

前記誤検知推定部は、

前記観測値が前記推定範囲内に存在しない場合に、前記未検出と判定して前記未検出率の推定値として用い、

前記観測値が前記推定範囲内に少なくとも一つ存在する場合に、誤検出数をカウントして前記誤検出率の推定値として用いることを特徴とする請求項 3 に記載の物標検出装置。

【請求項 5】

前記誤検知確率算出部は、

前記誤検知推定結果として前記未検出率の推定値及び前記誤検出率の推定値を用いて、複数の前記物標の前記誤検出の数の平均値及び前記未検出の頻度を前記センサ毎に算出して、前記センサ毎の前記誤検知率を算出することを特徴とする請求項 4 に記載の物標検出装置。

20

【請求項 6】

複数種類のセンサから出力された複数の観測値に基づいて物標を検出する物標検出装置であって、

フュージョンを処理してフュージョン後の前記物標の予測値を出力するフュージョン処理部と、

前記観測値と前記予測値に基づいて、前記物標ごとの誤検知を推定して誤検知推定結果を出力する誤検知推定部と、

前記誤検知推定結果に基づいて、前記センサ毎の誤検知率を算出する誤検知確率算出部と、

30

前記誤検知率に基づいて、予め定められた前記センサの信頼度を補正して補正後の信頼度を出力する信頼度補正部と、を有し、

前記フュージョン処理部は、

前記予測値、前記誤検知推定結果及び前記補正後の信頼度に基づいて、前記フュージョンを処理し、

前記誤検知推定部は、

複数のタイムステップに渡る前記誤検知推定結果の平均又は統計処理を用いて、前記物標ごとの前記誤検知を推定することを特徴とする物標検出装置。

【請求項 7】

40

複数種類のセンサから出力された複数の観測値に基づいて物標を検出する物標検出装置であって、

フュージョンを処理してフュージョン後の前記物標の予測値を出力するフュージョン処理部と、

前記観測値と前記予測値に基づいて、前記物標ごとの誤検知を推定して誤検知推定結果を出力する誤検知推定部と、

前記誤検知推定結果に基づいて、前記センサ毎の誤検知率を算出する誤検知確率算出部と、

前記誤検知率に基づいて、予め定められた前記センサの信頼度を補正して補正後の信頼度を出力する信頼度補正部と、を有し、

50

前記フュージョン処理部は、
前記予測値、前記誤検知推定結果及び前記補正後の信頼度に基づいて、前記フュージョンを処理し、
前記誤検知推定部は、
時間的に前のステップの前記フュージョン後の前記予測値を用いて、前記物標ごとの前記誤検知を推定することを特徴とする物標検出装置。

【請求項 8】

複数種類のセンサから出力された複数の観測値に基づいて物標を検出する物標検出装置であって、

フュージョンを処理してフュージョン後の前記物標の予測値を出力するフュージョン処理部と、

前記観測値と前記予測値に基づいて、前記物標ごとの誤検知を推定して誤検知推定結果を出力する誤検知推定部と、

前記誤検知推定結果に基づいて、前記センサ毎の誤検知率を算出する誤検知確率算出部と、

前記誤検知率に基づいて、予め定められた前記センサの信頼度を補正して補正後の信頼度を出力する信頼度補正部と、を有し、

前記フュージョン処理部は、

前記予測値、前記誤検知推定結果及び前記補正後の信頼度に基づいて、前記フュージョンを処理し、

前記信頼度補正部は、

前記誤検知率から算出した補正係数を予め定められた前記センサの信頼度に乗算することにより、前記センサの信頼度を補正することを特徴とする物標検出装置。

【請求項 9】

複数種類のセンサから出力された複数の観測値に基づいて物標を検出する物標検出装置であって、

フュージョンを処理してフュージョン後の前記物標の予測値を出力するフュージョン処理部と、

前記観測値と前記予測値に基づいて、前記物標ごとの誤検知を推定して誤検知推定結果を出力する誤検知推定部と、

前記誤検知推定結果に基づいて、前記センサ毎の誤検知率を算出する誤検知確率算出部と、

前記誤検知率に基づいて、予め定められた前記センサの信頼度を補正して補正後の信頼度を出力する信頼度補正部と、を有し、

前記フュージョン処理部は、

前記予測値、前記誤検知推定結果及び前記補正後の信頼度に基づいて、前記フュージョンを処理し、

前記信頼度補正部は、

前記センサの前記信頼度として距離に応じたセンサ信頼度が予め設定されている場合、前記誤検知率が高くなった場合に前記センサ信頼度を減少させるように前記センサの信頼度を補正することを特徴とする物標検出装置。

【請求項 10】

複数種類のセンサから出力された複数の観測値に基づいて物標を検出する物標検出装置であって、

フュージョンを処理してフュージョン後の前記物標の予測値を出力するフュージョン処理部と、

前記観測値と前記予測値に基づいて、前記物標ごとの誤検知を推定して誤検知推定結果を出力する誤検知推定部と、

前記誤検知推定結果に基づいて、前記センサ毎の誤検知率を算出する誤検知確率算出部と、

10

20

30

40

50

前記誤検知率に基づいて、予め定められた前記センサの信頼度を補正して補正後の信頼度を出力する信頼度補正部と、を有し、

前記フュージョン処理部は、

前記予測値、前記誤検知推定結果及び前記補正後の信頼度に基づいて、前記フュージョンを処理し、

前記センサ毎の前記誤検知率に基づいて、前記センサの異常を検知するセンサ異常検知部を更に有することを特徴とする物標検出装置。

【請求項 1 1】

複数種類のセンサから出力された複数の観測値に基づいて物標を検出する物標検出装置であって、

フュージョンを処理してフュージョン後の前記物標の予測値を出力するフュージョン処理部と、

前記観測値と前記予測値に基づいて、前記物標ごとの誤検知を推定して誤検知推定結果を出力する誤検知推定部と、

前記誤検知推定結果に基づいて、前記センサ毎の誤検知率を算出する誤検知確率算出部と、

前記誤検知率に基づいて、予め定められた前記センサの信頼度を補正して補正後の信頼度を出力する信頼度補正部と、を有し、

前記フュージョン処理部は、

前記予測値、前記誤検知推定結果及び前記補正後の信頼度に基づいて、前記フュージョンを処理し、

前記センサ毎の前記誤検知率に基づいて、前記センサのシーンを検出するシーン検出部を更に有することを特徴とする物標検出装置。

【請求項 1 2】

複数種類のセンサから出力された複数の観測値に基づいて物標を検出する物標検出装置であって、

フュージョンを処理してフュージョン後の前記物標の予測値を出力するフュージョン処理部と、

前記観測値と前記予測値に基づいて、前記物標ごとの誤検知を推定して誤検知推定結果を出力する誤検知推定部と、

前記誤検知推定結果に基づいて、前記センサ毎の誤検知率を算出する誤検知確率算出部と、

前記誤検知率に基づいて、予め定められた前記センサの信頼度を補正して補正後の信頼度を出力する信頼度補正部と、を有し、

前記フュージョン処理部は、

前記予測値、前記誤検知推定結果及び前記補正後の信頼度に基づいて、前記フュージョンを処理し、

前記予測値と前記観測値のグルーピングを行うグルーピング部を更に有し、

前記グルーピング部は、

前記予測値と前記観測値の対応状況を表すグループ情報を生成し、

前記誤検知推定部は、

前記グループ情報を参照して、前記物標ごとの前記誤検知を推定し、

前記フュージョン処理部は、

前記グループ情報を参照して、前記フュージョンを処理することを特徴とする物標検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、物標検出装置及び物標検出方法に関する。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【0002】

物標検出装置は、センサからの出力データを受け付けて物標を検出する。このような物標検出装置として、複数の観測値と予測値を確率的に合成し、現時刻の状態推定を更新するトラッキング手法である Probabilistic data association (PDA) と呼ばれる手法が提案されている (非特許文献1 参照b)。

【0003】

また、PDAの状態推定を拡張し、同時に、追跡物標の存在確率を求める手法として、Integrated probabilistic data association (IPDA) が知られている (非特許文献2 参照)。

【0004】

また、自動車向けのセンサフュージョン手法として、ファジィ理論に基づく Dempster-Shafer 理論を用いた手法が知られている (非特許文献3 参照)。

【0005】

一方、近年は、より元データに近い状態でフュージョンを行って推定結果を高度化し、運転支援システムや自動運転技術に求められる物標検出機能を実現する方法が注目されている。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0006】

【文献】Y. Bar-Shalom, "Tracking methods in a multitarget environment," IEEE Trans. Automat. Contr., vol. 23, no. 4, pp. 618-4526, Aug. 1978.

【文献】Musicki D., Evans R., Stankovic S., "Integrated Probabilistic Data Association (IPDA)", IEEE Trans. Autom. Control., vol. 39, no. 6, pp. 1237-1241, Jun. 1994

【文献】Huadong Wu1, et al., "Sensor Fusion Using Dempster-Shafer Theory", IEEE IMTC Anchorage 2002.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

従来の物標検出装置では、複数種類のセンサを用いた場合、各センサで得手不得手があるため、特性が劣化する利用シーンが多数発生する。特定の利用シーンに対しては、センサの信頼度を事前に設定してシーンを検出することで、特性劣化を防ぐことは可能である。しかし、比較的短期間に発生するセンサ特性の劣化やシーン検出が困難な状況では、特性劣化を防ぐことは難しい。

【0008】

また、非常に多くの利用シーンに対して、事前にパラメータを設定することは、設定するためのデータ収集や実装コストの面からも現実的ではない。

このため、利用シーンに応じて適切にセンサの信頼度を設定して複数センサのフュージョン結果を改善する方法が求められている。

【0009】

本発明の目的は、物標検出装置において、利用シーンに応じて適切にセンサの信頼度を設定して複数センサのフュージョン結果を改善することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の一態様の物標検出装置は、複数種類のセンサから出力された複数の観測値に基づいて物標を検出する物標検出装置であって、フュージョンを処理してフュージョン後の

10

20

30

40

50

前記物標の予測値を出力するフュージョン処理部と、前記観測値と前記予測値に基づいて、前記物標ごとの誤検知を推定して誤検知推定結果を出力する誤検知推定部と、前記誤検知推定結果に基づいて、前記センサ毎の誤検知率を算出する誤検知確率算出部と、前記誤検知率に基づいて、予め定められた前記センサの信頼度を補正して補正後の信頼度を出力する信頼度補正部と、を有し、前記フュージョン処理部は、前記予測値、前記誤検知推定結果及び前記補正後の信頼度に基づいて、前記フュージョンを処理することを特徴とする。

【0011】

本発明の一態様の物標検出装置は、複数種類のセンサから複数の出力データを受け付け、前記複数の出力データに基づいて、物標を検出するフュージョン物体認識部を備える物標検出装置であって、時間的に前のステップのフュージョン後の前記物標の検出結果に基づいて、前記物標の誤検知の推定を行う誤検知推定部と、前記誤検知の推定結果に基づいて、前記複数種類のセンサ単位の所定のシーンにおけるセンサの信頼度を推定するセンサ信頼度検出部と、を有し、前記センサの信頼度に基づく補正後の信頼度、前記誤検知の推定結果及び前記出力データに基づいて前記物標の検出を行うことを特徴とする。

10

【0012】

本発明の一態様の物標検出方法は、複数種類のセンサから出力された複数の観測値に基づいて物標を検出する物標検出方法であって、フュージョンを処理してフュージョン後の前記物標の予測値を出力するフュージョン処理ステップと、前記観測値と前記予測値に基づいて、前記物標ごとの誤検知を推定して誤検知推定結果を出力する誤検知推定ステップと、前記誤検知推定結果に基づいて、前記センサ毎の誤検知率を算出する誤検知確率算出ステップと、前記誤検知率に基づいて、予め定められた前記センサの信頼度を補正して補正後の信頼度を出力する信頼度補正ステップと、を有し、前記フュージョン処理ステップは、前記予測値、前記誤検知推定結果及び前記補正後の信頼度に基づいて、前記フュージョンを処理することを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0013】

本発明の一態様によれば、物標検出装置において、利用シーンに応じて適切にセンサの信頼度を設定して複数センサのフュージョン結果を改善することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】物標検出装置の構成を示す図である。

【図2】物標検出装置の構成を示す図である。

【図3】センサフュージョンの機能ブロックを示す図である。

【図4】センサフュージョンの機能ブロックを示す図である。

【図5】センサフュージョンの効果を説明する図である。

【図6】センサフュージョンの概要を説明する図である。

【図7】実施例1の物標検出装置の構成を示す図である。

【図8】実施例1のフュージョンに用いるセンサ信頼度の一例を示す図である。

【図9】実施例1の誤検知推定部の機能を示す図である。

【図10】実施例1の誤検知確率推定部の機能を示す図である。

【図11】実施例1の信頼度補正部の機能を示す図である。

【図12】実施例2の物標検出装置の構成を示す図である。

【図13】実施例3の物標検出装置の構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、図面を用いて実施例について説明する。

【0016】

図1を参照して、物標検出装置の構成について説明する。

物体検出装置は、センサ11、特徴抽出部11、トラッキング/物体検出部13、センサフュージョン部14、解析計画判断部15及び車両制御部16を有する。センサ11で

30

40

50

取得されたデータは特徴抽出部 12 でクレンジングされ、トラッキング / 物体検出部 13 でトラッキング処理及び物体検出処理が行われて物標データとなる。

【0017】

物標データは、解析計画判断部 15 での走行経路や制御の計画判断に用いられ、その結果に基づいて車両制御部 16 で車両制御が行われる。本発明は、上記物体検出システムの中のトラッキング及び物体検出部 13 とセンサフュージョン部 14 に関わる。

【0018】

図 1 において、センサフュージョンは物標データに対して行われる。この場合、物標データを物理的モデルを含まない単純な確率で合成する手法や、センサの不完全性をファジィ理論に基づいて表現した D - S 理論を用いた手法がフュージョンとしてよく用いられる。

【0019】

図 2 を参照して、物標検出装置の他の構成について説明する。

物体検出装置は、センサ 21、特徴抽出部 22、トラッキング / 物体検出 / センサフュージョン部 23、解析計画判断部 24 及び車両制御部 25 を有する。図 1 に示す物標検出システムと異なる点は、図 2 に示す物標検出システムでは、トラッキング、物体検出及びセンサフュージョン 23 が統合されておりセンサ 21 からの観測値に対して直接合成を行う点である。この場合、(minimum - mean - squared error) MMSE、(Maximum Likelihood estimation) ML、(Maximum A - Posteriori Estimation) MAP といった規範に基づき、ベイズの定理を用いて観測値が得られた際の物標の確率分布を演算する手法が用いられる。図 2 の手法では、演算量は増加するものの、図 1 の物標に対してフュージョンを行う場合より一般的に良い特性が得られる。

【0020】

本発明の物体検出装置は、確率的な合成を用いるセンサフュージョン方式に、利用シーンに応じて信頼度を適用的に変化させる機能を加えたものであり、図 3 ~ 図 6 を用いて、前提となる確率的な合成を用いるセンサフュージョン方式に関して説明する。

【0021】

図 3 を参照して、図 1 のトラッキング / 物体検出部 13 とセンサフュージョン部 14 の機能について説明する。

各センサの観測値は、それぞれトラッキング処理 31 により、各センサの予測更新値 32 と合成される。トラッキングの出力の状態ベクトルや共分散行列、物標情報、存在確率等は、一度センサ毎に算出され、算出されたオブジェクトデータに対してセンサフュージョン 33 を行う。現在の自動運转向けセンサーフュージョンシステムでは、演算量とパフォーマンスのバランスの良い、D - S 理論を用いた検討がよく行われており、本発明の物体検出装置で利用できる。

【0022】

図 4 を参照して、図 2 のトラッキング / 物体検出 / センサフュージョン部 23 の機能について説明する。

各センサからの観測値に対して直接センサフュージョン 41 を行う際には、シングルセンサで複数の観測値と物標を合成するトラッキング手法をマルチセンサに拡張することで、トラッキングとセンサフュージョンを統合できる。この場合、ベイズ推定に基づき、フュージョン結果を用いた予測更新 42 の出力と、複数センサの観測値を確率的に統合する。

【0023】

例えば、カルマンフィルタを用いた MMSE 規範のフュージョン手法として、Probabilistic Data Association (PDA) が知られている。また、PDA を拡張し、物標の存在確率を同時に算出する手法として Integrated PDA (IPDA) が知られており、これをマルチセンサに拡張することにより、フュージョン出力が得られる。本発明の物体検出部では、図 3、図 4 のいずれの場合でも、確率的な合成に基づいてフュージョン処理を行う。

【0024】

10

20

30

40

50

図5を参照して、観測値の確率的な合成で狙う効果について説明する。図5は、センサ1とセンサ2のそれぞれの確率が距離とともに変化するモデルで確率的な合成をセンサフュージョンで行った場合の信頼度の例を示している。

【0025】

ここで、検知閾値以上の物標データが後段に繋がる場合、センサ1、センサ2でそれぞれ判定を行った場合、130m以上の領域は検知不可能となる。一方、センサ出力を確率として合成し、フュージョン後に判定する構成の場合、140m付近まで検知領域を拡大できる。

【0026】

図6は、フュージョンによる状態推定の改善の原理を説明する図である。図6(a)は、シングルセンサでPDAの手法を用いて、複数の観測値62、63と予測値61を合成する様子を示している。PDAはカルマンフィルタによるトラッキングを前提としたMMSE規範のフュージョン方法であり、推定する状態ベクトル x は、観測値 Z の条件付き状態ベクトルである。MMSE規範を用いて、観測値と予測値の組み合わせイベントに対して期待値を取る形となる。

10

【0027】

ここで、数式 $i = P \{ \quad | Z \}$ は、それぞれのイベント のアソシエーション確率である。今、図6(a)において、予測値61に観測値62、63を結びつけることを考える。

【0028】

今、各物標に1タイムステップでアソシエーションされる正しい観測値を1以下と仮定すると(Point target想定)、正しいアソシエーションの観測値は62か63、若しくは「正しいアソシエーションなし」である。観測値62が正しいアソシエーションとすると、観測値63は誤検出となる。一方、反対に63が正しく、62が誤検出のイベント仮説も考えられ、両者を尤度に基づく重みで平均し、フュージョン出力を算出する。

20

【0029】

ここで、マルチセンサに拡張した場合、図6(b)のように、センサ2に基づく観測値の予測範囲66とセンサ2の観測値66が追加され、同じく、全ての起こり得るイベント仮説について期待値を取ると、センサ2の観測値66が正しい観測値であったときに、合成利得が発生し状態推定の精度が上昇する。

30

【0030】

一方、このような手法を用いる場合、それぞれ異なるセンサの確からしさを適切に設定しない場合、間違った仮説の尤度が高くなるため、センサの信頼度を適応的に調整する手法が重要となる。

【0031】

そこで、本発明では、上記フュージョン機能に、センサ毎の誤検知率を推定する機能を追加し、様々な利用シーンでフュージョン後の推定精度を高める。

以下、図7～図13を用いて、本発明の実施例について説明する。

【実施例1】

40

【0032】

図7を参照して、実施例1の物標検出装置の構成について説明する。図7は、実施例1の適応的にセンサの信頼度を推定するセンサフュージョンを用いた物標検出部の機能ブロックを示す。以下、誤検知は、誤検出と未検出の両方を含む。

【0033】

実施例1の物標検出装置は、フュージョン後の物標の予測値(フュージョン結果の予測更新の結果)を用いて予測値と観測値のグルーピングを行うグルーピング部71と、確率に基づくフュージョン処理部73と、観測値とフュージョン後の予測値を用いて、物標ごとの誤検知を推定する誤検知推定部72と、誤検知推定部72の誤検知結果からセンサ単位の誤検知率を推定する誤検知確率算出部75と、誤検知算出のセンサ毎の誤検知率を元

50

にセンサの既定の信頼度を補正する信頼度補正部 7 6 を有する。

【 0 0 3 4 】

グルーピング部 7 1 は、フュージョン後の予測値とセンサの観測値から、物標の予測値と観測値の対応状況を表すグループ情報を作成する。誤検知推定部 7 2 は、グルーピング部 7 1 からのグループ情報、観測値及びフュージョン後の予測値を用いて、物標ごと（予測値毎）の誤検知推定を行う。

【 0 0 3 5 】

誤検知確率算出部 7 5 は、誤検知推定結果から、センサ単位の誤検知確率を推定する。信頼度補正部 7 6 は、既定のセンサの信頼度を誤検知確率算出部 7 5 からのセンサ単位の誤検知確率に基づいて補正する。フュージョン処理部 7 3 は、グループ情報、観測値、誤検知推定結果、補正後のセンサ信頼度及び予測値に基づいてフュージョン処理を行い、状態ベクトルや共分散行列、存在確率等を入力する。

10

【 0 0 3 6 】

ここで、センサの信頼度として用いるパラメータの一例を図 8 に示す。

オブジェクトの存在の有無と、検出結果の関係を図 8 で表すと、誤検出はクラッタ密度、未検出検知確率 P_d と結びつけることができる。検知確率やクラッタの密度は、前記 PDA の手法のアソシエーション確率に利用できるため、これらをセンサの信頼度として用いることで、検出結果から適応的にセンサ単位の信頼度を推定できる。

【 0 0 3 7 】

実施例 1 では、PDA の手法を用いた場合を示すが、オブジェクトデータに対するフュージョンに関しても、D-S 方に基づいた合成で用いるセンサの不確実性のパラメータを上記誤検出及び未検出に応じて変更することで、利用シーンに応じて適応的にセンサの信頼度を変化させる方式を適用できる。

20

【 0 0 3 8 】

図 9 を参照して、誤検知推定部 7 2 の機能について説明する。

誤検知推定部 7 2 では、フュージョン結果の予測値 9 4 を用いて、物標毎の未検出率、誤検出頻度を推定する。ここで、9 1 ~ 9 3 は観測値の予測範囲であり、9 4、9 6、9 7 は物標の予測値であり、9 8 は観測値である。

【 0 0 3 9 】

まず、補足した物標に対応する真の観測値は最大 1 点とすると、図 9 (a) は通常の場合であり、観測値 9 5 が予測値 9 4 の物標に起因するかどうかを判定する。図 9 (b) は、観測値が予測範囲 9 2 内に存在しない場合で、未検出と判定し未検出の推定値として用いる。図 9 (c) は、予測値 9 7 に対して観測値 9 8 が多数の場合で、誤検出率が増加したと判定し、誤検出の数をカウントし誤検出の推定値として用いる。

30

【 0 0 4 0 】

ここで、予測値としてフュージョン後の値を用いているため、複数センサのどれかが観測できなかった場合に、他のセンサの尤度が高ければトラックは維持され、未検出数をカウントできる。

【 0 0 4 1 】

図 1 0 を参照して、誤検知確率算出部 7 5 の機能について説明する。

40

誤検出確率算出部 7 5 は、複数の物標の誤検出数の平均値や未検出の頻度をセンサ毎に算出して、センサ単位の誤検知推定として出力する。図 1 0 において、補足している物標の数分の未検出数の推定値、誤検出数の推定値が前段ブロックから入力され、センサ単位でまとめて平均処理や検知率への変換を行う。

【 0 0 4 2 】

図 1 1 を参照して、信頼度補正部 7 6 の機能について説明する。

図 1 1 (a) に示すように、信頼度補正部 7 6 は、センサ単位の誤検知確率に基づき、既定のセンサ毎の信頼度を補正し、補正後の信頼度を出力する。補正の方法はテーブルルックアップを用いた係数選択や、誤検知確率を指揮変換し補正係数として乗算することで実行される。

50

図 1 1 (b) には、誤検知率が増加した際の補正によるセンサ信頼度の変化を示す。既定の信頼度として距離に応じたセンサ信頼度が設定されたものに対して、センサの誤検出確率が高くなった場合に信頼度を減少させる。これにより、利用シーンで信頼度の低いセンサから受ける影響を抑えることができる。

【 0 0 4 3 】

上述のように、実施例 1 の物標検出装置は、複数種類のセンサから出力された複数の観測値に基づいて物標を検出する。物標検出装置は、フュージョンを処理してフュージョン後の物標の予測値を出力するフュージョン処理部 7 3 と、観測値と予測値に基づいて、物標ごとの誤検知を推定して誤検知推定結果を出力する誤検知推定部 7 2 と、誤検知推定結果に基づいて、センサ毎の誤検知率を算出する誤検知確率算出部 7 5 と、誤検知率に基づいて、予め定められたセンサの信頼度を補正して補正後の信頼度を出力する信頼度補正部 7 6 を有する。フュージョン処理部 7 3 は、予測値、誤検知推定結果及び補正後の信頼度に基づいて、フュージョンを処理する。フュージョン処理部 7 3 は、フュージョンを処理して、状態ベクトル、共分散行列又は存在確率を出力する。

10

【 0 0 4 4 】

誤検知推定部 7 2 は、予測値を用いて、物標毎の未検出率及び誤検出率を推定する。また、誤検知推定部 7 2 は、センサ毎の未検出の頻度を観測値の推定範囲内に存在する観測値の有無に基づいて算出し、センサ毎の誤検出の頻度を観測値の推定範囲内に存在する観測値の数に基づいて算出し、未検出の頻度及び誤検出の頻度を用いて、物標ごとの誤検知を推定する。

20

【 0 0 4 5 】

また、誤検知推定部 7 2 は、観測値が推定範囲内に存在しない場合に、未検出と判定して未検出率の推定値として用い、観測値が推定範囲内に少なくとも一つ存在する場合に、誤検出数をカウントして誤検出率の推定値として用いる。

【 0 0 4 6 】

また、誤検知推定部 7 2 は複数のタイムステップに渡る誤検知推定結果の平均又は統計処理を用いて、物標ごとの誤検知を推定する。また、誤検知推定部 7 2 は、時間的に前のステップのフュージョン後の予測値を用いて、物標ごとの誤検知を推定する。

【 0 0 4 7 】

また、誤検出確率算出部 7 5 は、誤検知推定結果として未検出の推定値及び誤検出の推定値を用いて、複数の物標の誤検出数の平均値及び未検出の頻度をセンサ毎に算出して、センサ毎の誤検知率を算出する。

30

【 0 0 4 8 】

信頼度補正部 7 6 は、誤検知率を指揮変換して係数を算出し、補正係数として予め定められたセンサの信頼度に乗算することにより、センサの信頼度を補正する。また、信頼度補正部 7 6 は、センサの信頼度として距離に応じたセンサ信頼度が予め設定されている場合、誤検出率が高くなった場合にセンサ信頼度を減少させるようにセンサの信頼度を補正する。

【 0 0 4 9 】

上記実施例 1 によれば、センサの信頼度が変化するシーンにおいても、良好なフュージョン結果が得られる。このように、利用シーンに応じて適切にセンサの信頼度を設定して複数センサのフュージョン結果を改善することができる。

40

【 実施例 2 】

【 0 0 5 0 】

図 1 2 を参照して、実施例 2 の物標検出装置の構成について説明する。図 1 2 は、センサの異常検知機能を有するセンサフュージョンを用いた物標検出装置の機能ブロックを示す。

図 1 2 では、センサ単位の誤検知確率からセンサの異常を検知する異常検知部 1 2 1 が新たに追加されている。その他の構成は図 7 に示す実施例 1 の物標検出装置の構成と同じなのでその説明は省略する。

50

【 0 0 5 1 】

センサの誤検知率の増加が定常的になった場合には、劣化要因は外部環境ではなくセンサそのものとみなすことができる。異常検知部 1 2 1 は、一定時間以上誤検知の高い状況が続いた場合にアラートを上げることによりセンサの異常を検知する。

【 実施例 3 】

【 0 0 5 2 】

図 1 3 を参照して、実施例 3 の物標検出装置の構成について説明する。図 1 3 は、センサのシーン検出機能を有するセンサフュージョンを用いた物標検出装置の機能ブロックを示す。

図 1 3 では、センサ単位の誤検知確率を入力としてシーンの検出を行うシーン検出部 1 3 1 が新たに追加されている。その他の構成は図 7 に示す実施例 1 の物標検出装置の構成と同じなのでその説明は省略する。

10

【 0 0 5 3 】

上記実施例 3 では、センサ単位の誤検知率の変化により、どのセンサが苦手なのかを推定することが可能である。シーン検出部 1 3 1 は、センサ単位の誤検知確率を入力としてシーン検出を行い、検出したシーンを図 1 の解析計画判断部 1 5 へ入力する。

【 0 0 5 4 】

例えば、トンネル内では、ミリ波の誤検知率が反射波により増加する。このため、他のセンサで大きな変化がない中で、ミリ波の誤検知が急増すれば、反射率の高い物体に囲まれているか、反射率の高い物体が周辺に存在することが推定できる。

20

【 0 0 5 5 】

また、カメラでの検知率が低下した際は、逆境による白飛びや降雨、泥はねによるオクルージョン、比較的近い距離での車両横切りや突発的な障害物の発生等が推定できる。L i d a r に関しては、反射率の高い物体での未検知が発生する。

【 0 0 5 6 】

実施例 3 では、センサフュージョンにおいて、利用シーンでのセンサの得手不得手に起因する特性劣化を改善することができる。

【 0 0 5 7 】

上記実施例では、複数種類のセンサから複数の出力データを受け付け、前記複数の出力データに基づいて、物標を検出するフュージョン物体認識部を備える物標検出装置において、時間的に前のステップのフュージョン後の前記物標の検出結果に基づいて前記物標の誤検知の推定を行う誤検知推定部と、前記誤検知の推定結果に基づいて前記複数種類のセンサ単位の現在のシーンにおけるセンサの信頼度を推定するセンサ信頼度検出部とを備える。そして、前記センサの信頼度に基づく補正後の信頼度、前記誤検知の推定結果及び前記出力データに基づいて前記物標の検出を行う。

30

【 0 0 5 8 】

また、前記センサの信頼度として、センサ毎の未検出、誤検出の頻度を用いる。前記センサ毎の未検出の頻度は、前記フュージョン後の予測値から、観測値の推定範囲内に存在する観測値の有無を基にして算出する。前記センサ毎の未検出の頻度は、前記フュージョン後の予測値から、観測値の推定範囲内に存在する観測値の数を基にして算出する。

40

【 0 0 5 9 】

また、前記センサの信頼度に基づく補正は、前記センサ信頼度検出部で算出したセンサの信頼度によるテーブルルックアップによる係数参照、若しくは、信頼度検出部で算出したセンサの信頼度と既定のセンサの信頼度の両方を入力とするルックアップテーブルで算出された係数を用いて行われる。前記センサの信頼度に基づく補正は、前記センサ信頼度検出部で算出したセンサの信頼度を入力とした指揮変換で係数を算出し、既存のセンサ信頼度に乗算することで行われる。また、前記誤検知の推定結果の推定は、複数タイムステップに渡る誤検知指定結果の平均や統計処理を基に行われる。

【 0 0 6 0 】

また、前記複数種類のセンサ単位の現在のシーンにおけるセンサの信頼度を推定するセ

50

ンサ信頼度検出部からのセンサ単位の信頼を入力として現在のシーンを推定するシーン検出機能を有する。

【 0 0 6 1 】

また、前記複数種類のセンサ単位の現在のシーンにおけるセンサの信頼度を推定するセンサ信頼度検出部からのセンサ単位の信頼を入力として、センサの経年劣化や故障等の異常検知を行う異常検知機能を有する。

【 0 0 6 2 】

上記実施例によれば、センサの信頼度が変化するシーンにおいても、良好なフュージョン結果が得られる物標検出装置を実現できる。

【 0 0 6 3 】

なお、本発明は前述した実施例に限定されるものではなく、添付した特許請求の範囲の趣旨内における様々な変形例及び同等の構成が含まれる。例えば、前述した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに本発明は限定されない。

【 0 0 6 4 】

例えば、図 7 に示す実施例 1 の物標検出装置では、既定の信頼度は外部から信頼度補正部 7 6 に入力されているが、本発明はこれに限定されず、信頼度補正部 7 6 のレジスタ等に既定の信頼度を保持しても良い。

【 0 0 6 5 】

また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えてもよい。また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えてもよい。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をしてもよい。

【 0 0 6 6 】

また、前述した各構成、機能、処理部、処理手段等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路で設計する等により、ハードウェアで実現してもよく、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し実行することにより、ソフトウェアで実現してもよい。

【 0 0 6 7 】

各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリ、ハードディスク、SSD (Solid State Drive) 等の記憶装置、又は、ICカード、SDカード、DVD等の記録媒体に格納することができる。

【 0 0 6 8 】

また、制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、実装上必要な全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には、ほとんど全ての構成が相互に接続されていると考えてよい。

【符号の説明】

【 0 0 6 9 】

- 1 1 センサ
- 1 2 特徴抽出部
- 1 3 トラッキング / 物体検出部、
- 1 4 センサフュージョン部
- 1 5 解析計画判断部
- 1 6 車両制御部
- 2 1 センサ
- 2 2 特徴抽出部
- 2 3 トラッキング / 物体検出 / センサフュージョン部
- 2 4 解析計画判断部
- 2 5 車両制御部
- 3 1 トラッキング
- 3 2 予測更新

10

20

30

40

50

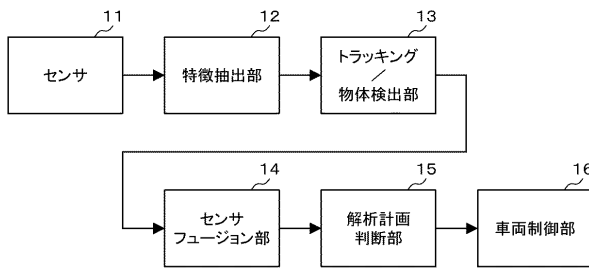
- 3 3 センサフュージョン
- 4 1 センサフュージョン
- 4 2 予測更新
- 7 1 グループング部
- 7 2 誤検知推定部
- 7 3 フュージョン処理部
- 7 4 予測値
- 7 5 誤検知確率算出部
- 7 6 信頼度補正部
- 1 2 1 異常検知部
- 1 3 1 シーン検出部

10

【図面】

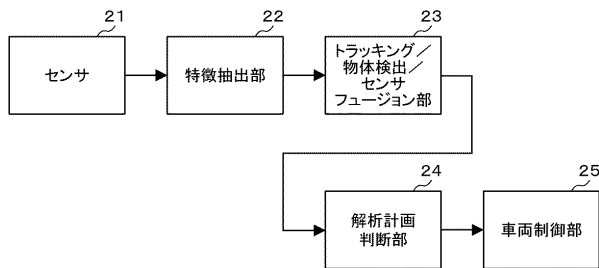
【図 1】

図 1



【図 2】

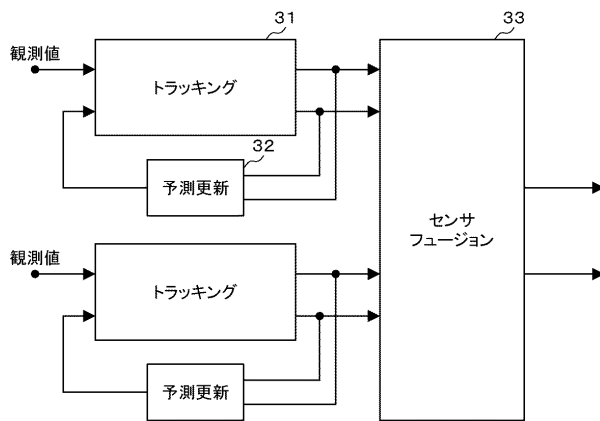
図 2



20

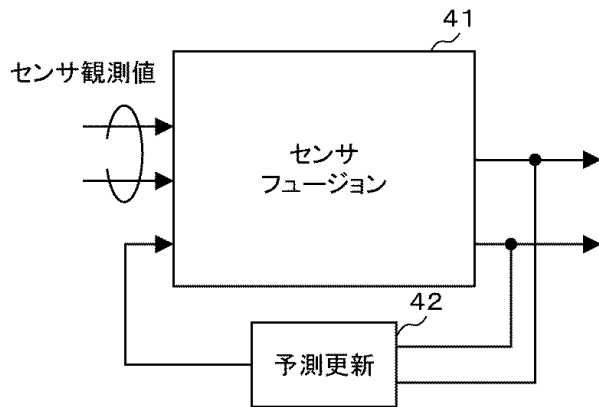
【図 3】

図 3



【図 4】

図 4



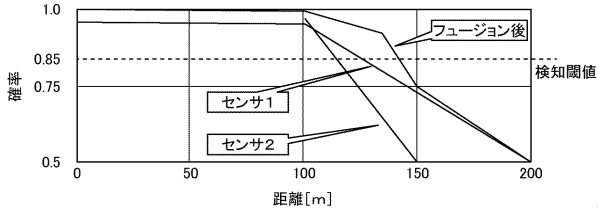
30

40

50

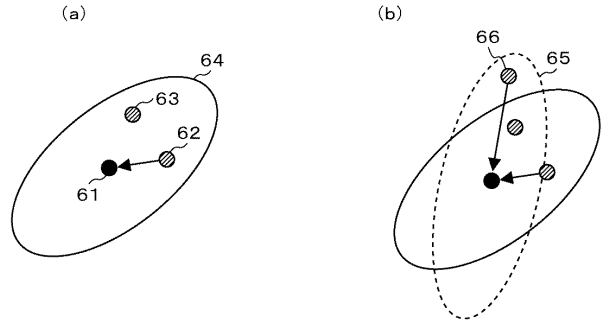
【 図 5 】

図 5



【 図 6 】

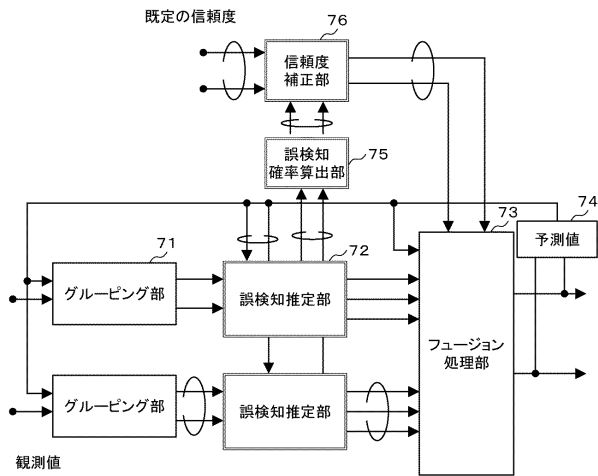
図 6



10

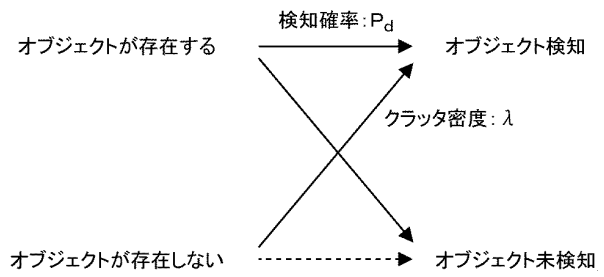
【 図 7 】

図 7



【 図 8 】

図 8



20

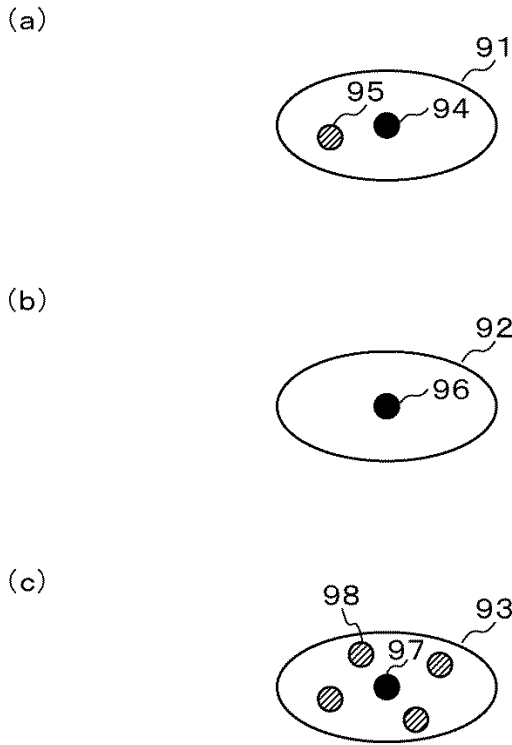
30

40

50

【図9】

図9



【図10】

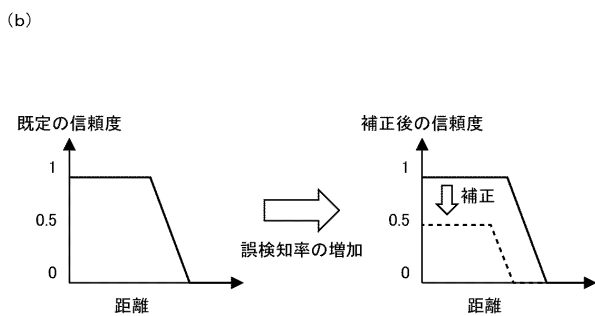
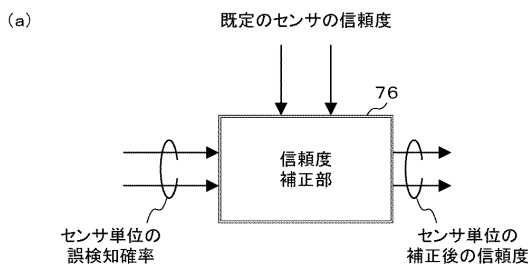
図10



10

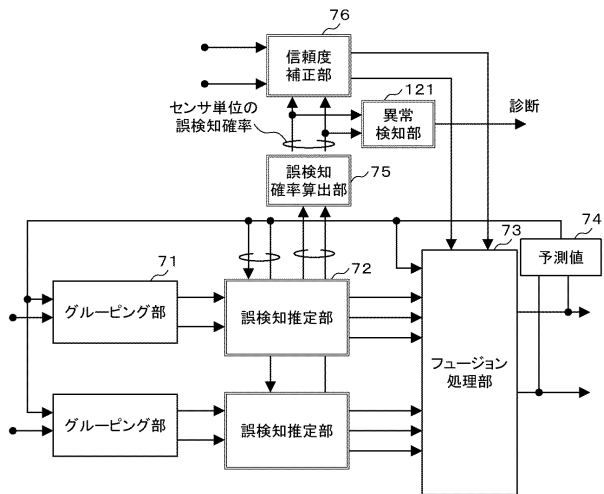
【図11】

図11



【図12】

図12



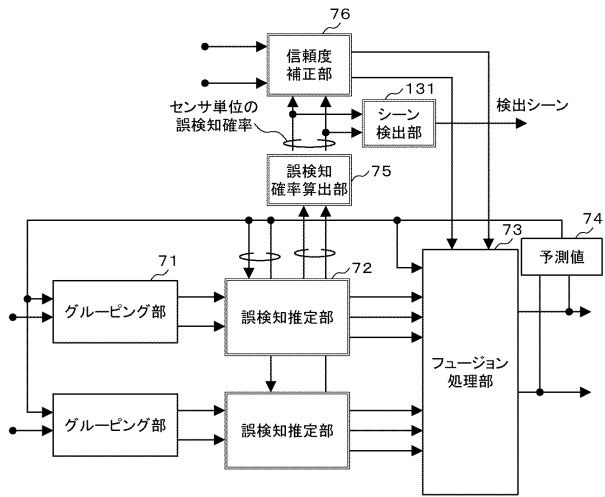
30

40

50

【 図 1 3 】

図 1 3



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2020/230645(WO, A1)

特開2010-185824(JP, A)

特開2018-173816(JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G08G 1/00 - 1/16

G01S 1/72 - 1/82

G01S 3/80 - 3/86

G01S 5/18 - 7/64

G01S 13/00 - 17/95

B60W 10/00 - 10/30

B60W 30/00 - 60/00