

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5542393号
(P5542393)

(45) 発行日 平成26年7月9日(2014.7.9)

(24) 登録日 平成26年5月16日(2014.5.16)

(51) Int.Cl.

GO1S 13/66 (2006.01)
GO1S 13/86 (2006.01)

F 1

GO1S 13/66
GO1S 13/86

請求項の数 5 (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2009-198348 (P2009-198348)
 (22) 出願日 平成21年8月28日 (2009.8.28)
 (65) 公開番号 特開2011-47882 (P2011-47882A)
 (43) 公開日 平成23年3月10日 (2011.3.10)
 審査請求日 平成24年3月6日 (2012.3.6)

(73) 特許権者 000003078
 株式会社東芝
 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (74) 代理人 100083806
 弁理士 三好 秀和
 (74) 代理人 100100712
 弁理士 岩▲崎▼ 幸邦
 (74) 代理人 100095500
 弁理士 伊藤 正和
 (74) 代理人 100101247
 弁理士 高橋 俊一
 (74) 代理人 100098327
 弁理士 高松 俊雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】目標追跡装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

目標の角度を測定して観測値として出力するパッシブセンサからの観測値を入力して目標の航跡を算出するパッシブセンサ処理部と、アクティブセンサからの観測値を入力して目標の航跡を算出するアクティブセンサ処理部からの航跡と前記パッシブセンサ処理部からの航跡とが同一目標を示していると判定した場合にこれら2つの航跡のデータ融合を行ってデータ融合航跡として出力するデータ融合部と、前記パッシブセンサ処理部に補正情報を出力する補正情報算出部を備える目標追跡装置であって、

前記補正情報算出部は、前記データ融合部からのデータ融合航跡に基づいて、補正情報として、前記パッシブセンサから目標までの距離を算出し、

前記パッシブセンサ処理部は、前記補正情報算出部で算出された目標までの距離に基づいてプロセス雑音共分散行列を算出し、算出したプロセス雑音共分散行列に基づいて、目標の航跡を算出することを特徴とする目標追跡装置。

【請求項2】

目標の角度を測定して観測値として出力するパッシブセンサからの観測値を入力して目標の航跡を算出するパッシブセンサ処理部と、アクティブセンサからの観測値を入力して目標の航跡を算出するアクティブセンサ処理部からの航跡と前記パッシブセンサ処理部からの航跡とが同一目標を示していると判定した場合にこれら2つの航跡のデータ融合を行ってデータ融合航跡として出力するデータ融合部と、前記パッシブセンサ処理部に補正情報を出力する補正情報算出部を備える目標追跡装置であって、

10

20

前記補正情報算出部は、前記データ融合部からのデータ融合航跡とデータ融合航跡に対応し前記アクティブセンサ処理部から出力されるプロセス雑音共分散行列を含む目標航跡に基づいて、補正情報として、前記パッシブセンサの位置における目標のプロセス雑音共分散行列を算出し、

前記パッシブセンサ処理部は、前記補正情報算出部で算出されたプロセス雑音共分散行列に基づいて、目標の航跡を算出することを特徴とする目標追跡装置。

【請求項3】

目標の角度を測定して観測値として出力するパッシブセンサからの観測値を入力して目標の航跡を算出するパッシブセンサ処理部と、アクティブセンサからの観測値を入力して目標の航跡を算出するアクティブセンサ処理部からの航跡と前記パッシブセンサ処理部からの航跡とが同一目標を示していると判定した場合にこれら2つの航跡のデータ融合を行ってデータ融合航跡として出力するデータ融合部と、前記パッシブセンサ処理部に補正情報を出力する補正情報算出部を備える目標追跡装置であって、

10

前記補正情報算出部は、前記データ融合部からのデータ融合航跡に基づいて、補正情報として、前記パッシブセンサの位置における目標のバイアス誤差を算出して制御入力として出力し、

前記パッシブセンサ処理部は、前記補正情報算出部から出力される制御入力に基づいて、目標の航跡を予測した値を算出することを特徴とする目標追跡装置。

【請求項4】

目標の角度を測定して観測値として出力するパッシブセンサからの観測値を入力して目標の航跡を算出するパッシブセンサ処理部と、アクティブセンサからの観測値を入力して目標の航跡を算出するアクティブセンサ処理部からの航跡と前記パッシブセンサ処理部からの航跡とが同一目標を示していると判定した場合にこれら2つの航跡のデータ融合を行ってデータ融合航跡として出力するデータ融合部と、前記パッシブセンサ処理部に補正情報を出力する補正情報算出部を備える目標追跡装置であって、

20

前記補正情報算出部は、前記データ融合部からのデータ融合航跡、または、前記データ融合部からのデータ融合航跡とデータ融合航跡に対応し前記アクティブセンサ処理部から出力されるプロセス雑音共分散行列を含む目標航跡に基づいて、補正情報として、前記パッシブセンサの位置における目標のバイアス誤差を算出して制御入力として出力し、かつ、前記パッシブセンサから目標までの距離を算出し、または、前記パッシブセンサの位置における目標のプロセス雑音共分散行列を算出し、

30

前記パッシブセンサ処理部は、前記補正情報算出部から出力される制御入力に基づいて、目標の航跡を予測した値を算出し、かつ、前記補正情報算出部で算出された目標までの距離に基づいて算出されたプロセス雑音共分散行列、または、前記補正情報算出部で算出されたプロセス雑音共分散行列に基づいて、目標の航跡を算出することを特徴とする目標追跡装置。

【請求項5】

前記パッシブセンサ処理部は、算出したプロセス雑音共分散行列に基づいて、目標の航跡算出に用いるフィルタゲインを算出することを特徴とする請求項1、2、4のいずれか1項に記載の目標追跡装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電磁波または音波を放射して目標を追跡するアクティブセンサと目標から放射される電磁波または音波の角度を測定するパッシブセンサとを用いて、目標の追跡を行なう目標追跡装置に関し、特に追跡精度を向上させる技術に関する。

【背景技術】

【0002】

図7は、従来の目標追跡装置の構成を示すブロック図である。この目標追跡装置は、パッシブセンサ1、パッシブセンサ処理部2、アクティブセンサ3、アクティブセンサ処理

50

部4およびデータ融合部5を備えている。アクティブセンサ3およびアクティブセンサ処理部4は、外部装置である。

【0003】

パッシブセンサ1は、目標から放射(再放射を含む)される電磁波または音波の角度、換言すれば、目標の角度を測定し、観測値(測角データ)としてパッシブセンサ処理部2に送る。パッシブセンサ処理部2は、パッシブセンサ1からの観測値に基づいて目標航跡として平滑値および予測値を算出し、データ融合部5に送る。また、パッシブセンサ処理部2は、算出した目標航跡に基づいて、パッシブセンサ1の姿勢等を制御する制御信号を生成し、パッシブセンサ1に送る。

【0004】

アクティブセンサ3は、電磁波または音波を放射し、これによって目標から反射される電磁波または音波を測定し、観測値としてアクティブセンサ処理部4に送る。アクティブセンサ処理部4は、パッシブセンサ処理部2と同様に、アクティブセンサ3からの観測値に基づいて目標航跡として平滑値および予測値を算出し、データ融合部5に送る。また、アクティブセンサ処理部4は、目標航跡に基づいて、アクティブセンサ3の姿勢等を制御する制御信号を生成し、アクティブセンサ3に送る。

【0005】

データ融合部5は、パッシブセンサ処理部2からの目標航跡とアクティブセンサ処理部4からの目標航跡とが同一目標を示していると判定した場合に、これらの目標航跡のデータ融合を行い、データ融合航跡として外部に出力する。

【0006】

次に、上記のように構成される従来の目標追跡装置の動作を説明する。図8(a)は、従来の目標追跡装置で行われる目標追跡処理のうち、パッシブセンサ処理部2において行われる処理の流れを示すフローチャートであり、図8(b)は、データ融合部5において行われる処理の流れを示すフローチャートである。なお、アクティブセンサ処理部4において行われる処理は周知があるので、説明は省略する。

【0007】

まず、パッシブセンサ処理部2において行われる処理を、図8(a)に示すフローチャートを参照しながら説明する。処理が開始されると、パッシブセンサ処理部2では、まず、観測値が入力される(ステップST101)。すなわち、パッシブセンサ1は、パッシブセンサ処理部2からの制御信号に基づいて目標の観測を行い、目標の観測値を算出してパッシブセンサ処理部2に送る。パッシブセンサ処理部2は、パッシブセンサ1から送られてくる観測値を入力する。

【0008】

次いで、予測処理が実行される(ステップST102)。すなわち、パッシブセンサ処理部2は、前回観測時のステップST103において算出された目標の平滑値とその共分散行列に基づいて、目標の予測値とその共分散行列を算出する。

【0009】

次いで、平滑処理(航跡出力)が実行される(ステップST103)。すなわち、パッシブセンサ処理部2は、パッシブセンサ1からの目標の観測値と、ステップST102において算出された目標の予測値とその共分散行列に基づいて、新たな目標の平滑値とその共分散行列を算出する。

【0010】

次いで、制御処理が実行される(ステップST104)。すなわち、パッシブセンサ処理部2は、目標航跡に基づいて、パッシブセンサ1の姿勢等を制御する制御信号を生成し、パッシブセンサ1に送る。

【0011】

次いで、終了であるかどうかが調べられる(ステップST105)。ステップST105において、終了でないことが判断されると、ステップST101に戻り、上述した処理が繰り返される。一方、ステップST105において、終了であることが判断されると、

10

20

30

40

50

パッシブセンサ処理部2における処理は終了する。

【0012】

次に、データ融合部5において行われる処理を、図8(b)に示すフローチャートを参考しながら説明する。データ融合部5では、航跡が入力される(ステップST201)。すなわち、データ融合部5は、パッシブセンサ処理部2からの目標航跡を入力するとともに、アクティブセンサ処理部4からの目標航跡を入力する。

【0013】

次いで、データ融合処理が実行される(ステップST202)。すなわち、データ融合部5は、パッシブセンサ処理部2からの目標航跡とアクティブセンサ処理部4からの目標航跡とのデータ融合を行い、データ融合航跡として外部に出力する。データ融合処理の詳細は後述する。10

【0014】

次いで、終了であるかどうかが調べられる(ステップST203)。ステップST203において、終了でないことが判断されると、ステップST201に戻り、上述した処理が繰り返される。一方、ステップST203において、終了であることが判断されると、データ融合部5における処理は終了する。

【0015】

次に、パッシブセンサ処理部2で行われる処理内容について、詳細に説明する。目標の運動モデルを以下のように定義する。

【数1】

20

$$\mathbf{x}_{k+1}^p = \mathbf{F}_{k+1} \mathbf{x}_k^p + \mathbf{G}_{k+1} \mathbf{w}_k \cdots \quad (1)$$

$$\mathbf{x}_k^p = [a_k \quad e_k \quad \dot{a}_k \quad \dot{e}_k]^T \cdots \quad (2)$$

$$\mathbf{F}_{k+1} = \begin{bmatrix} \mathbf{I}_2 & (t_{k+1} - t_k) \cdot \mathbf{I}_2 \\ \mathbf{O}_2 & \mathbf{I}_2 \end{bmatrix} \cdots \quad (3)$$

$$\mathbf{G}_{k+1} = \begin{bmatrix} \frac{(t_{k+1} - t_k)^2}{2} \cdot \mathbf{I}_2 \\ (t_{k+1} - t_k) \cdot \mathbf{I}_2 \end{bmatrix} \cdots \quad (4)$$

30

$$\mathbf{Q}_k = \frac{1}{r_k^2} \begin{bmatrix} (\sigma_k^s)^2 & 0 \\ 0 & (\sigma_k^s)^2 \end{bmatrix} \cdots \quad (5)$$

【0016】

ここで、 \mathbf{x}^p_k は、観測時刻 t_k における方位角 a_k 、高低角 e_k およびそれらの速度成分からなる状態ベクトル、 \mathbf{F}_{k+1} と \mathbf{G}_{k+1} は、観測時刻 t_k から観測時刻 t_{k+1} への遷移行列と駆動行列、 \mathbf{w}_k は、観測時刻 t_k の平均0、共分散行列 \mathbf{Q}_k のプロセス雑音ベクトル、 σ_k^s は、観測時刻 t_k におけるプロセス雑音の標準偏差、 r_k は、観測時刻 t_k における目標までの距離である。また、 \mathbf{A}^\top は、ベクトルまたは行列 \mathbf{A} の転置、 \mathbf{I}_n は、 n 行 n 列の単位行列、 \mathbf{O}_n は、 n 行 n 列の零行列を示す。40

【0017】

パッシブセンサ1の観測モデルを以下のように定義する。

【数2】

$$\mathbf{y}_k = \mathbf{H}_k \hat{\mathbf{x}}_k^p + \mathbf{v}_k \cdots (6)$$

$$\mathbf{H}_k = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdots (7)$$

$$\mathbf{R}_k = \begin{bmatrix} (\sigma_k^a)^2 & 0 \\ 0 & (\sigma_k^e)^2 \end{bmatrix} \cdots (8)$$

10

【0018】

ここで、 \mathbf{y}_k は、観測時刻 t_k のパッシブセンサ 1 の観測ベクトル、 \mathbf{H}_k は、観測時刻 t_k のパッシブセンサ 1 の観測行列、 \mathbf{v}_k は、観測時刻 t_k のパッシブセンサ 1 の平均 0、共分散行列 \mathbf{R}_k の観測雑音ベクトル、 σ_k^a と σ_k^e は、観測時刻 t_k における観測雑音の方位角と高低角の標準偏差である。

【0019】

上述したステップ ST 102においては、前回観測時の平滑処理の結果を用いて、以下の式で表される予測処理が実施される。なお、以下において、ハット $\hat{\mathbf{x}}$ は「 $\mathbf{x} (\wedge)$ 」と表記する。

【数3】

20

$$\hat{\mathbf{x}}_{k|k-1}^p = \mathbf{F}_k \hat{\mathbf{x}}_{k-1|k-1}^p \cdots (9)$$

$$\mathbf{P}_{k|k-1} = \mathbf{F}_k \mathbf{P}_{k-1|k-1} \mathbf{F}_k^T + \mathbf{G}_k \mathbf{Q}_{k-1} \mathbf{G}_k^T \cdots (10)$$

$$\mathbf{Q}_{k-1} = \frac{1}{r_{\text{preset}}^2} \begin{bmatrix} (\sigma_{k-1}^s)^2 & 0 \\ 0 & (\sigma_{k-1}^s)^2 \end{bmatrix} \cdots (11)$$

30

【0020】

ここで、 $\hat{\mathbf{x}}_{k|k-1}^p$ は、観測時刻 t_k の予測ベクトル、 $\mathbf{P}_{k|k-1}$ は、観測時刻 t_k の予測誤差共分散行列であり、 $\hat{\mathbf{x}}_{k-1|k-1}^p$ は、観測時刻 t_{k-1} の平滑ベクトル、 $\mathbf{P}_{k-1|k-1}$ は、観測時刻 t_{k-1} の平滑誤差共分散行列である。

【0021】

なお、プロセス雑音共分散行列 \mathbf{Q}_{k-1} の算出は、目標距離の真値 r_{k-1} が得られないと、予め設定された目標距離 r_{preset} が用いられる。

【0022】

40

上述したステップ ST 103においては、パッシブセンサ 1 からの観測値と予測処理の結果を用いて、以下の式で表される平滑処理が実施される。なお、以下において、ティルデ \tilde{y} は「 $y (\sim)$ 」と表記する。

【数4】

$$\tilde{\mathbf{y}}_k = \mathbf{y}_k - \mathbf{H}_k \hat{\mathbf{x}}_{k|k-1}^P \cdots \quad (1 \ 2)$$

$$\mathbf{S}_k = \mathbf{H}_k \mathbf{P}_{k|k-1} (\mathbf{H}_k)^T + \mathbf{R}_k \cdots \quad (1 \ 3)$$

$$\mathbf{K}_k = \mathbf{P}_{k|k-1} (\mathbf{H}_k)^T (\mathbf{S}_k)^{-1} \cdots \quad (1 \ 4)$$

$$\hat{\mathbf{x}}_{k|k}^P = \hat{\mathbf{x}}_{k|k-1}^P + \mathbf{K}_k \tilde{\mathbf{y}}_k \cdots \quad (1 \ 5)$$

$$\mathbf{P}_{k|k} = (\mathbf{I}_4 - \mathbf{K}_k \mathbf{H}_k) \mathbf{P}_{k|k-1} \cdots \quad (1 \ 6)$$

10

【0023】

ここで、 $\mathbf{y}(\sim)_k$ は、観測時刻 t_k のパッシブセンサ 1 の残差ベクトル、 \mathbf{S}_k は、観測時刻 t_k のパッシブセンサ 1 の残差共分散行列、 \mathbf{K}_k は、観測時刻 t_k のパッシブセンサ 1 のカルマンゲイン行列、 $\mathbf{x}(\wedge)^P_{k|k}$ は、観測時刻 t_k の平滑ベクトル、 $\mathbf{P}_{k|k}$ は、観測時刻 t_k の平滑誤差共分散行列である。また、 \mathbf{A}^{-1} は、行列 \mathbf{A} の逆行列を示す。

【0024】

次に、上記ステップ ST 202 で行われるデータ融合処理の詳細を、図 9 に示すフローチャートを参照しながら説明する。データ融合処理が開始されると、まず、同一目標判定処理が行われる（ステップ ST 301）。すなわち、データ融合部 5 は、パッシブセンサ処理部 2 からの目標航跡とアクティブセンサ処理部 4 からの目標航跡とが同一の目標の航跡であるかどうかを判定する。

20

【0025】

次いで、データ融合航跡算出処理が行われる（ステップ ST 302）。すなわち、データ融合部 5 は、パッシブセンサ処理部 2 からの目標航跡とアクティブセンサ処理部 4 からの目標航跡とが同一の目標の航跡であることを判定した場合に、これら 2 つの目標航跡のデータ融合処理を行い、データ融合航跡として外部に出力する。その後、データ融合処理は終了する。

【0026】

30

なお、データ融合処理（同一目標判定処理とデータ融合航跡算出処理）としては、非特許文献 4 等に開示されているデータ融合処理を用いることができる。また、同一目標判定処理としては、特許文献 4 に開示されている処理を用いることができる。

【0027】

以上説明したように、パッシブセンサ 1 による目標追跡処理では、目標までの距離情報が得られないため、プロセス雑音共分散行列 \mathbf{Q}_{k-1} に誤差が発生する。この結果、この値から間接的に算出され、航跡算出に用いられるフィルタゲイン（カルマンゲイン行列）も、最適値が算出されず航跡誤差が大きくなる。

【0028】

40

また、上述したように、パッシブセンサ処理部 2 において算出する目標航跡の航跡誤差が大きいため、パッシブセンサ処理部 2 とアクティブセンサ処理部 4 からの目標航跡に基づいて、データ融合部 5 において算出されるデータ融合航跡の航跡誤差が大きくなる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0029】

【特許文献 1】特開平 7 - 128436 号公報

【特許文献 2】特開 2009 - 38777 号公報

【特許文献 3】特開 2002 - 181926 号公報

【特許文献 4】特開平 6 - 94830 号公報

【非特許文献】

50

【0030】

【非特許文献1】D. Howard, "Tracking Radar," in Radar Handbook, 2nd ed., ch.18, ed. M. Skolnik, McGraw-Hill, New York, 1990.

【非特許文献2】吉田孝監修, 改訂 レーダ技術, pp.264-267, 電子情報通信学会, 1996

【非特許文献3】Y. Bar-Shalom, X. R. Li, T. Kirubarajan, Estimation with Applications to Tracking and Navigation, Wiley-Interscience, 2001

【非特許文献4】S. S. Blackman, Multiple-Target Tracking with Radar Applications, Artech House, 1986

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0031】

上述したように、パッシブセンサを用いた目標追跡装置では、一般的には、目標までの距離情報が得られないため、航跡算出に用いられるフィルタゲインも、最適値が算出されず航跡誤差が大きくなる。

【0032】

また、同じ理由により、パッシブセンサを中心とするローカル座標系で目標を追跡することになるが、例えばローカル座標系として極座標系を用いる場合、目標が直交座標系で等速運動を行なっていても、極座標系では角加速度、角加速度の微分成分が発生する。これに対応しようとして、非特許文献2に示すように、フィルタゲインを大きくすると、追跡誤差のランダム成分が大きくなり、追跡誤差のランダム成分を小さくしようとフィルタゲインを小さくすると、追跡誤差のバイアス成分が大きくなるため、パッシブセンサを用いた目標追跡装置の追跡精度を向上させることができ難しく、パッシブセンサを用いた目標追跡装置からの航跡を用いてデータ融合を行っても、データ融合航跡の精度を向上させることができないという問題がある。

20

【0033】

なお、特許文献1には、パッシブセンサとアクティブセンサを組み合わせ、パッシブセンサとアクティブセンサからの情報に基づいて、アクティブセンサを制御する低被探知性センサ装置が開示され、特許文献2には、パッシブセンサとしてカメラを用い、カメラのパン・チルト制御を制御ベクトルとして考慮する自動追尾装置が開示されている。

30

【0034】

本発明の課題は、追跡精度を向上させることができる目標追跡装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0035】

上記課題を解決するために、第1の発明は、目標の角度を測定して観測値として出力するパッシブセンサからの観測値を入力して目標の航跡を算出するパッシブセンサ処理部と、アクティブセンサからの観測値を入力して目標の航跡を算出するアクティブセンサ処理部からの航跡と前記パッシブセンサ処理部からの航跡とが同一目標を示していると判定した場合にこれら2つの航跡のデータ融合を行ってデータ融合航跡として出力するデータ融合部と、前記パッシブセンサ処理部に補正情報を出力する補正情報算出部を備える目標追跡装置であって、前記補正情報算出部は、前記データ融合部からのデータ融合航跡に基づいて、補正情報として、前記パッシブセンサから目標までの距離を算出し、前記パッシブセンサ処理部は、前記補正情報算出部で算出された目標までの距離に基づいてプロセス雑音共分散行列を算出し、算出したプロセス雑音共分散行列に基づいて、目標の航跡を算出することを特徴とする。

40

【0036】

また、第2の発明は、目標の角度を測定して観測値として出力するパッシブセンサからの観測値を入力して目標の航跡を算出するパッシブセンサ処理部と、アクティブセンサからの観測値を入力して目標の航跡を算出するアクティブセンサ処理部からの航跡と前記パ

50

パッシブセンサ処理部からの航跡とが同一目標を示していると判定した場合にこれら2つの航跡のデータ融合を行ってデータ融合航跡として出力するデータ融合部と、前記パッシブセンサ処理部に補正情報を出力する補正情報算出部を備える目標追跡装置であって、前記補正情報算出部は、前記データ融合部からのデータ融合航跡とデータ融合航跡に対応し前記アクティブセンサ処理部から出力されるプロセス雑音共分散行列を含む目標航跡に基づいて、補正情報として、前記パッシブセンサの位置における目標のプロセス雑音共分散行列を算出し、前記パッシブセンサ処理部は、前記補正情報算出部で算出されたプロセス雑音共分散行列に基づいて、目標の航跡を算出することを特徴とする。

【0037】

また、第3の発明は、目標の角度を測定して観測値として出力するパッシブセンサからの観測値を入力して目標の航跡を算出するパッシブセンサ処理部と、アクティブセンサからの観測値を入力して目標の航跡を算出するアクティブセンサ処理部からの航跡と前記パッシブセンサ処理部からの航跡とが同一目標を示していると判定した場合にこれら2つの航跡のデータ融合を行ってデータ融合航跡として出力するデータ融合部と、前記パッシブセンサ処理部に補正情報を出力する補正情報算出部を備える目標追跡装置であって、前記補正情報算出部は、前記データ融合部からのデータ融合航跡に基づいて、補正情報として、前記パッシブセンサの位置における目標のバイアス誤差を算出して制御入力として出力し、前記パッシブセンサ処理部は、前記補正情報算出部から出力される制御入力に基づいて、目標の航跡を予測した値を算出することを特徴とする。

【0038】

また、第4の発明は、目標の角度を測定して観測値として出力するパッシブセンサからの観測値を入力して目標の航跡を算出するパッシブセンサ処理部と、アクティブセンサからの観測値を入力して目標の航跡を算出するアクティブセンサ処理部からの航跡と前記パッシブセンサ処理部からの航跡とが同一目標を示していると判定した場合にこれら2つの航跡のデータ融合を行ってデータ融合航跡として出力するデータ融合部と、前記パッシブセンサ処理部に補正情報を出力する補正情報算出部を備える目標追跡装置であって、前記補正情報算出部は、前記データ融合部からのデータ融合航跡、または、前記データ融合部からのデータ融合航跡とデータ融合航跡に対応し前記アクティブセンサ処理部から出力されるプロセス雑音共分散行列を含む目標航跡に基づいて、補正情報として、前記パッシブセンサの位置における目標のバイアス誤差を算出して制御入力として出力し、かつ、前記パッシブセンサから目標までの距離を算出し、または、前記パッシブセンサの位置における目標のプロセス雑音共分散行列を算出し、前記パッシブセンサ処理部は、前記補正情報算出部から出力される制御入力に基づいて、目標の航跡を予測した値を算出し、かつ、前記補正情報算出部で算出された目標までの距離に基づいて算出されたプロセス雑音共分散行列、または、前記補正情報算出部で算出されたプロセス雑音共分散行列に基づいて、目標の航跡を算出することを特徴とする。

【発明の効果】

【0039】

本発明によれば、データ融合部は、パッシブセンサとアクティブセンサから入力される目標航跡に基づいて、データ融合航跡を算出し、補正情報算出部は、データ融合部からのデータ融合航跡に基づいて、パッシブセンサからの観測値を入力して目標の航跡を算出するための補正情報を算出し、パッシブセンサ処理部は、補正情報算出部からの補正情報に基づいて、目標の航跡を算出することにより、パッシブセンサ処理部からの追跡精度を向上させることができる。その結果、データ融合部において算出するデータ融合航跡の航跡精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図1】本発明の実施例1に係る目標追跡装置の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の実施例1に係る目標追跡装置において行われる目標追跡処理の流れを示すフローチャートである。

10

20

30

40

50

【図3】本発明の実施例2に係る目標追跡装置において行われる目標追跡処理の流れを示すフローチャートである。

【図4】本発明の実施例3に係る目標追跡装置において行われる目標追跡処理の流れを示すである。

【図5】本発明の実施例4に係る目標追跡装置において行われる目標追跡処理の流れを示すである。

【図6】本発明の実施例1～実施例4の変形例に係る目標追跡装置の構成を示すブロック図である。

【図7】従来の目標追跡装置の構成を示すブロック図である。

【図8】従来の目標追跡装置において行われる目標追跡処理の流れを示すフローチャートである。 10

【図9】従来の目標追跡装置における目標追跡処理の中で行われるデータ融合処理の流れを示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0041】

以下、本発明の実施の形態を、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、以下においては、背景技術の欄で説明した構成部分と同一または相当する部分には、背景技術の欄で使用した符号と同じ符号を用いて説明する。

【実施例1】

【0042】

図1は、本発明の実施例1に係る目標追跡装置の構成を示すブロック図である。目標追跡装置は、パッシブセンサ1、パッシブセンサ処理部2a、アクティブセンサ3、アクティブセンサ処理部4、データ融合部5および補正情報算出部6aを備えている。アクティブセンサ3およびアクティブセンサ処理部4は、外部装置である。

【0043】

パッシブセンサ1は、目標から放射（再放射を含む）される電磁波または音波の角度、換言すれば、目標の角度を測定し、観測値（測角データ）としてパッシブセンサ処理部2aに送る。パッシブセンサ処理部2aは、パッシブセンサ1からの観測値と補正情報算出部6aからの補正情報（目標距離）に基づいて目標航跡として平滑値および予測値を算出し、データ融合部5に送る。また、パッシブセンサ処理部2aは、目標航跡に基づいて、パッシブセンサ1の姿勢等を制御する制御信号を生成し、パッシブセンサ1に送る。 30

【0044】

アクティブセンサ3は、電磁波または音波を放射し、これによって目標から反射される電磁波または音波を測定し、観測値としてアクティブセンサ処理部4に送る。アクティブセンサ処理部4は、パッシブセンサ処理部2aと同様に、アクティブセンサ3からの観測値に基づいて目標航跡として平滑値および予測値を算出し、データ融合部5に送る。また、アクティブセンサ処理部4は、目標航跡に基づいて、アクティブセンサ3の姿勢等を制御する制御信号を生成し、アクティブセンサ3に送る。

【0045】

データ融合部5は、パッシブセンサ処理部2aからの目標航跡とアクティブセンサ処理部4からの目標航跡とが同一目標を示していると判定した場合に、これらの目標航跡のデータ融合を行い、データ融合航跡として補正情報算出部6aに送る。補正情報算出部6aは、データ融合部5から送られてくるデータ融合航跡に基づいて、目標までの距離を算出し、補正情報としてパッシブセンサ処理部2aに送る。 40

【0046】

次に、上記のように構成される本発明の実施例1に係る目標追跡装置の動作を説明する。図2(a)は、実施例1に係る目標追跡装置で行われる目標追跡処理のうち、パッシブセンサ処理部2aにおいて行われる処理の流れを示すフローチャートであり、図2(b)は、データ融合部5において行われる処理の流れを示すフローチャートである。なお、アクティブセンサ処理部4において行われる処理は周知であるので、説明は省略する。また 50

、以下においては、図8のフローチャートに示した従来の目標追跡装置で行われる処理と同じ処理を行うステップには、図8で使用した符号と同じ符号を付して説明する。

【0047】

まず、パッシブセンサ処理部2aにおいて行われる処理を、図2(a)に示すフローチャートを参照しながら説明する。処理が開始されると、パッシブセンサ処理部2aでは、まず、観測値が入力される(ステップST101)。すなわち、パッシブセンサ1は、パッシブセンサ処理部2aからの制御信号に基づいて目標の観測を行い、目標の観測値を算出してパッシブセンサ処理部2aに送る。パッシブセンサ処理部2aは、パッシブセンサ1から送られてくる観測値を入力する。

【0048】

次いで、補正情報入力処理(目標距離)が実行される(ステップST106)。すなわち、パッシブセンサ処理部2aは、補正情報算出部6aから補正情報(目標距離)を入力する。

【0049】

次いで、共分散算出処理が実行される(ステップST107)。すなわち、パッシブセンサ処理部2aは、補正情報算出部6aからの補正情報(目標距離)に基づいて、プロセス雑音共分散行列 Q_{k-1} を算出する。

【0050】

次いで、予測処理が実行される(ステップST108)。すなわち、パッシブセンサ処理部2aは、前回観測時のステップST103において算出された目標の平滑値およびその共分散行列とステップST107において算出されたプロセス雑音共分散行列 Q_{k-1} に基づいて、目標の予測値とその共分散行列を算出する。

【0051】

次いで、平滑処理(航跡出力)が実行される(ステップST103)。すなわち、パッシブセンサ処理部2aは、パッシブセンサ1からの目標の観測値とステップST108において算出された目標の予測値およびその共分散行列に基づいて、目標の平滑値とその共分散行列を算出する。

【0052】

次いで、制御処理が実行される(ステップST104)。すなわち、パッシブセンサ処理部2aは、目標航跡に基づいて、パッシブセンサ1の姿勢等を制御する制御信号を生成し、パッシブセンサ1に送る。次いで、終了であるかどうかが調べられる(ステップST105)。ステップST105において、終了でないことが判断されると、ステップST101に戻り、上述した処理が繰り返される。一方、ステップST105において、終了であることが判断されると、パッシブセンサ処理部2aにおける処理は終了する。

【0053】

次に、データ融合部5において行われる処理を、図2(b)に示すフローチャートを参照しながら説明する。データ融合部5では、まず、航跡が入力される(ステップST201)。すなわち、データ融合部5は、パッシブセンサ処理部2aからの目標航跡を入力するとともに、アクティブセンサ処理部4からの目標航跡を入力する。

【0054】

次いで、データ融合処理が実行される(ステップST202)。すなわち、データ融合部5は、パッシブセンサ処理部2aからの目標航跡とアクティブセンサ処理部4からの目標航跡とのデータ融合を行い、データ融合航跡として補正情報算出部6aに送る。このデータ融合処理は、図9のフローチャートを参照して説明した従来の目標追跡装置で行われるデータ融合処理と同じである。

【0055】

次いで、補正情報算出処理(目標距離)が実行される(ステップST204)。すなわち、補正情報算出部6aは、データ融合部5からのデータ融合航跡に基づいて目標までの距離を算出し、パッシブセンサ1からの観測値を入力して目標の航跡を算出するための補正情報(目標距離)としてパッシブセンサ処理部2aに送る。

10

20

30

40

50

【0056】

次いで、終了であるかどうかが調べられる（ステップST203）。ステップST203において、終了でないことが判断されると、ステップST201に戻り、上述した処理が繰り返される。一方、ステップST203において、終了であることが判断されると、データ融合部5における処理は終了する。

【0057】

次に、補正情報算出部6aとパッシブセンサ処理部2aで行われる処理内容について、詳細に説明する。目標の運動モデルを以下のように定義する。

【数5】

$$\mathbf{x}_{k+1}^p = \mathbf{F}_{k+1} \mathbf{x}_k^p + \mathbf{G}_{k+1} \mathbf{w}_k \cdots \quad (17)$$

$$\mathbf{x}_k^p = [a_k \ e_k \ \dot{a}_k \ \dot{e}_k]^T \cdots \quad (18)$$

$$\mathbf{F}_{k+1} = \begin{bmatrix} \mathbf{I}_2 & (t_{k+1} - t_k) \cdot \mathbf{I}_2 \\ \mathbf{O}_2 & \mathbf{I}_2 \end{bmatrix} \cdots \quad (19)$$

$$\mathbf{G}_{k+1} = \begin{bmatrix} \frac{(t_{k+1} - t_k)^2}{2} \cdot \mathbf{I}_2 \\ (t_{k+1} - t_k) \cdot \mathbf{I}_2 \end{bmatrix} \cdots \quad (20)$$

$$\mathbf{Q}_k = \frac{1}{r_k^2} \begin{bmatrix} (\sigma_a^s)^2 & 0 \\ 0 & (\sigma_e^s)^2 \end{bmatrix} \cdots \quad (21)$$

【0058】

ここで、 \mathbf{x}^p_k は、観測時刻 t_k における方位角 a_k 、高低角 e_k とその速度成分からなる状態ベクトル、 \mathbf{F}_{k+1} と \mathbf{G}_{k+1} は、観測時刻 t_k から観測時刻 t_{k+1} への遷移行列と駆動行列、 \mathbf{w}_k は、観測時刻 t_k の平均0、共分散行列 \mathbf{Q}_k のプロセス雑音ベクトル、 σ_s^s は、観測時刻 t_k におけるプロセス雑音の標準偏差、 r_k は、観測時刻 t_k における目標までの距離である。また、 A^T は、ベクトルまたは行列 A の転置、 I_n は、n行n列の単位行列、 O_n は、n行n列の零行列を示す。

【0059】

パッシブセンサ1の観測モデルを以下のように定義する。

【数6】

$$\mathbf{y}_k = \mathbf{H}_k \mathbf{x}_k^p + \mathbf{v}_k \cdots \quad (22)$$

$$\mathbf{H}_k = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdots \quad (23)$$

$$\mathbf{R}_k = \begin{bmatrix} (\sigma_a^e)^2 & 0 \\ 0 & (\sigma_e^e)^2 \end{bmatrix} \cdots \quad (24)$$

【0060】

ここで、 \mathbf{y}_k は、観測時刻 t_k のパッシブセンサ1の観測ベクトル、 \mathbf{H}_k は、観測時刻 t_k のパッシブセンサ1の観測行列、 \mathbf{v}_k は、観測時刻 t_k のパッシブセンサ1の平均0、共分散行列 \mathbf{R}_k の観測雑音ベクトル、 a_k と e_k は、観測時刻 t_k における観測雑

10

20

30

40

50

音の方位角と高低角の標準偏差である。

【0061】

上述したステップST106では、ステップST204において算出された目標距離 r_{k-1}^{\wedge} を入力する。なお、目標距離 r_{k-1}^{\wedge} は、データ融合航跡に基づいて、以下の式で算出する。

【数7】

$$\hat{r}_{k-1} = \sqrt{(x_{k-1} - x_0)^2 + (y_{k-1} - y_0)^2 + (z_{k-1} - z_0)^2} \cdots (25)$$

【0062】

ここで、 x_{k-1} 、 y_{k-1} 、 z_{k-1} は、観測時刻 t_{k-1} の目標のデータ融合航跡の位置のx、y、z成分、 x_0 、 y_0 、 z_0 は、パッシブセンサ1の位置のx、y、z成分である。

【0063】

なお、外部装置（アクティブセンサとアクティブセンサ処理部）としては、レーダ装置等を使用できる。また、パッシブセンサ1と、略同位置に置かれたレーザ測距装置等の測距装置を用いて、目標距離を直接測定するように構成することができる。

【0064】

上述したステップST107では、補正情報算出部6aからの補正情報（目標距離 r_{k-1}^{\wedge} ）に基づいて、プロセス雑音共分散行列 Q_{k-1} を算出する。

【数8】

$$Q_{k-1} = \frac{1}{\hat{r}_{k-1}^2} \begin{bmatrix} (\sigma_{k-1}^s)^2 & 0 \\ 0 & (\sigma_{k-1}^s)^2 \end{bmatrix} \cdots (26)$$

【0065】

上述したステップST108では、前回観測時の平滑処理の結果とプロセス雑音共分散行列 Q_{k-1} を用いて、以下の式で表される予測処理を実施する。

【数9】

$$\hat{x}_{k|k-1}^p = F_k \hat{x}_{k-1|k-1}^p \cdots (27)$$

$$P_{k|k-1} = F_k P_{k-1|k-1} F_k^T + G_k Q_{k-1} G_k^T \cdots (28)$$

【0066】

ここで、 $x(\wedge)^p_{k|k-1}$ は、観測時刻 t_k の予測ベクトル、 $P_{k|k-1}$ は、観測時刻 t_k の予測誤差共分散行列であり、 $x(\wedge)^p_{k-1|k-1}$ は、観測時刻 t_{k-1} の平滑ベクトル、 $P_{k-1|k-1}$ は、観測時刻 t_{k-1} の平滑誤差共分散行列である。

【0067】

上述したステップST103では、パッシブセンサ1からの観測値と予測処理の結果を用いて、以下の式で表される平滑処理を実施する。

10

20

30

40

【数10】

$$\tilde{\mathbf{y}}_k = \mathbf{y}_k - \mathbf{H}_k \hat{\mathbf{x}}_{k|k-1}^p \cdots \quad (29)$$

$$\mathbf{S}_k = \mathbf{H}_k \mathbf{P}_{k|k-1} (\mathbf{H}_k)^T + \mathbf{R}_k \cdots \quad (30)$$

$$\mathbf{K}_k = \mathbf{P}_{k|k-1} (\mathbf{H}_k)^T (\mathbf{S}_k)^{-1} \cdots \quad (31)$$

$$\hat{\mathbf{x}}_{k|k}^p = \hat{\mathbf{x}}_{k|k-1}^p + \mathbf{K}_k \tilde{\mathbf{y}}_k \cdots \quad (32)$$

$$\mathbf{P}_{k|k} = (\mathbf{I}_4 - \mathbf{K}_k \mathbf{H}_k) \mathbf{P}_{k|k-1} \cdots \quad (33)$$

10

【0068】

ここで、 $\mathbf{y}(\sim)_k$ は、観測時刻 t_k のパッシブセンサ 1 の残差ベクトル、 \mathbf{S}_k は、観測時刻 t_k のパッシブセンサ 1 の残差共分散行列、 \mathbf{K}_k は、観測時刻 t_k のパッシブセンサ 1 のカルマンゲイン行列、 $\mathbf{x}(\wedge)^p|_k$ は、観測時刻 t_k の平滑ベクトル、 $\mathbf{P}_{k|k}$ は、観測時刻 t_k の平滑誤差共分散行列である。また、 \mathbf{A}^{-1} は、行列 \mathbf{A} の逆行列を示す。

【0069】

以上説明したように、本発明の実施例 1 に係る目標追跡装置によれば、補正情報算出部 6 a は、データ融合部 5 から出力されるデータ融合航跡に基づいて、補正情報（目標距離）をパッシブセンサ処理部 2 a に送り、パッシブセンサ処理部 2 a は、補正情報算出部 6 a からの補正情報（目標距離）に基づいて、プロセス雑音共分散行列 \mathbf{Q}_{k-1} を算出し、この値から間接的に算出されるフィルタゲイン（カルマンゲイン行列）を、航跡算出に用いるので、パッシブセンサ処理部 2 a からの航跡誤差（ランダム成分）を小さくすることができる。その結果、データ融合部 5 において算出するデータ融合航跡の航跡誤差（ランダム成分）を小さくすることができる。

20

【0070】

なお、上記では、パッシブセンサ処理部 2 a の目標の状態ベクトルとして、極座標系を用いた例を示したが、特許文献 2 に示されているように、カメラの画像上の目標の位置（水平、垂直座標とその速度）等を用いるように構成することができる。

30

【0071】

また、上述した実施例 1 に係る目標追跡装置では、補正情報算出部 6 a は補正情報として目標距離を算出し、パッシブセンサ処理部 2 a は、この補正情報（目標距離）に基づいてプロセス雑音共分散行列を算出したが、補正情報算出部 6 a は補正情報としてプロセス雑音共分散行列を算出し、パッシブセンサ処理部 2 a は、この補正情報（プロセス雑音共分散行列）に基づいてフィルタゲインを算出するように構成することができる。

【実施例 2】

【0072】

本発明の実施例 2 に係る目標追跡装置の構成は、図 1 に示した実施例 1 に係る目標追跡装置の補正情報算出部 6 a およびパッシブセンサ処理部 2 a が、補正情報算出部 6 b およびパッシブセンサ処理部 2 b にそれぞれ変更されて構成されている。以下では、実施例 1 に係る目標追跡装置と異なる部分を中心に説明する。

40

【0073】

補正情報算出部 6 b は、データ融合部 5 から送られてくるデータ融合航跡とデータ融合航跡に対応しアクティブセンサ処理部 4 から出力されるプロセス雑音共分散行列を含む目標航跡に基づいて、目標のプロセス雑音共分散行列を算出し、補正情報としてパッシブセンサ処理部 2 b に送る。

【0074】

パッシブセンサ処理部 2 b は、パッシブセンサ 1 からの観測値と補正情報算出部 6 b からの補正情報（プロセス雑音共分散行列）とに基づいて目標航跡として平滑値および予測

50

値を算出し、データ融合部5に送る。

【0075】

次に、上記のように構成される本発明の実施例2に係る目標追跡装置の動作を説明する。図3(a)は、実施例2に係る目標追跡装置で行われる目標追跡処理のうち、パッシブセンサ処理部2bにおいて行われる処理の流れを示すフローチャートであり、図3(b)は、データ融合部5において行われる処理の流れを示すフローチャートである。なお、アクティブセンサ処理部4において行われる処理は周知であるので、説明は省略する。また、以下においては、図2のフローチャートに示した実施例1に係る目標追跡装置で行われる処理と同じ処理を行うステップには、図2で使用した符号と同じ符号を付して説明する。

10

【0076】

まず、パッシブセンサ処理部2bにおいて行われる処理を、図3(a)に示すフローチャートを参照しながら説明する。処理が開始されると、まず、観測値が入力される(ステップST101)。すなわち、パッシブセンサ1は、パッシブセンサ処理部2bからの制御信号に基づいて、目標の観測を行い、目標の観測値を算出してパッシブセンサ処理部2bに送る。

【0077】

次いで、補正情報入力処理(共分散)が実行される(ステップST109)。すなわち、パッシブセンサ処理部2bは、補正情報算出部6bからの補正情報(プロセス雑音共分散行列)を入力する。

20

【0078】

次いで、予測処理が実行される(ステップST108)。すなわち、パッシブセンサ処理部2bは、前回観測時のステップST103において算出された目標の平滑値およびその共分散行列と補正情報算出部6bからの補正情報(プロセス雑音共分散行列)とに基づいて、目標の予測値とその共分散行列を算出する。

【0079】

次いで、平滑処理(航跡出力)が実行される(ステップST103)。すなわち、パッシブセンサ処理部2bは、パッシブセンサ1からの目標の観測値とステップST108において算出された目標の予測値およびその共分散行列とに基づいて、目標の平滑値およびその共分散行列を算出する。

30

【0080】

次いで、制御処理が実行される(ステップST104)。すなわち、パッシブセンサ処理部2bは、目標航跡に基づいて、パッシブセンサ1の姿勢等を制御する制御信号を生成し、パッシブセンサ1に送る。次いで、終了であるかどうかが調べられる(ステップST105)。ステップST105において、終了でないことが判断されると、ステップST101に戻り、上述した処理が繰り返される。一方、ステップST105において、終了であることが判断されると、パッシブセンサ処理部2bにおける処理は終了する。

【0081】

次に、データ融合部5において行われる処理を、図3(b)に示すフローチャートを参照しながら説明する。データ融合部5では、まず、航跡が入力される(ステップST201)。すなわち、データ融合部5は、パッシブセンサ処理部2bからの目標航跡を入力するとともに、アクティブセンサ処理部4からの目標航跡を入力する。

40

【0082】

次いで、データ融合処理が実行される(ステップST202)。すなわち、データ融合部5は、パッシブセンサ処理部2bからの目標航跡とアクティブセンサ処理部4からの目標航跡とのデータ融合を行い、データ融合航跡として補正情報算出部6bに送る。このデータ融合処理は、図9のフローチャートを参照して説明した従来の目標追跡装置で行われるデータ融合処理と同じである。

【0083】

次いで、補正情報算出処理(共分散)が実行される(ステップST205)。すなわち

50

、補正情報算出部 6 b は、データ融合部 5 からのデータ融合航跡とデータ融合航跡に対応しアクティブセンサ処理部 4 から出力されるプロセス雑音共分散行列を含む目標航跡に基づいて目標のプロセス雑音共分散行列を算出し、パッシブセンサ 1 からの観測値を入力して目標の航跡を算出するための補正情報（プロセス雑音共分散行列）としてパッシブセンサ処理部 2 b に送る。なお、外部装置（アクティブセンサとアクティブセンサ処理部）としては、目標のプロセス雑音共分散行列を推定できる特許文献 3 等に開示されたアダプティブカルマンフィルタや非特許文献 3 等に開示された IMM フィルタを備えたレーダ装置等を使用できる。

【 0 0 8 4 】

次いで、終了であるかどうかが調べられる（ステップ ST 203）。ステップ ST 203において、終了でないことが判断されると、ステップ ST 201に戻り、上述した処理が繰り返される。一方、ステップ ST 203において、終了であることが判断されると、データ融合部 5 における処理は終了する。10

【 0 0 8 5 】

次に、補正情報算出部 6 b とパッシブセンサ処理部 2 b で行われる処理内容について、詳細に説明する。目標の運動モデルとパッシブセンサ 1 の観測モデルは、実施例 1 と同じであるので説明を省略する。

【 0 0 8 6 】

上述したステップ ST 109 では、目標のプロセス雑音共分散行列を算出し、ステップ ST 205 において算出されたプロセス雑音共分散行列を入力する。なお、ステップ ST 205 では、アクティブセンサ処理部 4 から出力されるプロセス雑音共分散行列 Q^a_{k-1} とデータ融合部 5 から出力されるデータ融合航跡とに基づいて、補正情報として、パッシブセンサ 1 から見たプロセス雑音共分散行列 Q_{k-1} を算出する。20

【 数 1 1 】

$$\mathbf{Q}_{k-1} = \mathbf{T}_{k-1} \mathbf{Q}_{k-1}^a \mathbf{T}_{k-1}^T = \begin{bmatrix} V_{aa,k-1} & V_{ae,k-1} \\ V_{ae,k-1} & V_{ee,k-1} \end{bmatrix} \dots \quad (34)$$

【 0 0 8 7 】

ここで、アクティブセンサ処理部 4 から出力されるプロセス雑音共分散行列 Q^a_{k-1} が以下の（35）式で表されるとすると、変換行列 \mathbf{T}_{k-1} は、（36）式のようになる。なお、 $(x_{k-1}, y_{k-1}, z_{k-1})$ 、 (a_{k-1}, e_{k-1}) は、座標変換によって、データ融合航跡をパッシブセンサ 1 から見た目標の位置ベクトル（直交座標系と極座標系）に変換した値である。30

【 数 1 2 】

$$\mathbf{Q}_{k-1}^a = \begin{bmatrix} V_{xx,k-1} & V_{xy,k-1} & V_{xz,k-1} \\ V_{yx,k-1} & V_{yy,k-1} & V_{yz,k-1} \\ V_{zx,k-1} & V_{zy,k-1} & V_{zz,k-1} \end{bmatrix} \dots \quad (35)$$

$$\mathbf{T}_{k-1} = \frac{\partial(a_{k-1}, e_{k-1})}{\partial(x_{k-1}, y_{k-1}, z_{k-1})} = \begin{bmatrix} \frac{\partial a_{k-1}}{\partial x_{k-1}} & \frac{\partial a_{k-1}}{\partial y_{k-1}} & \frac{\partial a_{k-1}}{\partial z_{k-1}} \\ \frac{\partial e_{k-1}}{\partial x_{k-1}} & \frac{\partial e_{k-1}}{\partial y_{k-1}} & \frac{\partial e_{k-1}}{\partial z_{k-1}} \end{bmatrix} \dots \quad (36)$$
40

【 0 0 8 8 】

なお、定義（設定）した運動モデルが実際の運動モデルと厳密に当てはまらない場合、モデル化の誤差成分を加味して、プロセス雑音共分散行列 Q_{k-1} を算出するように構成することができる。また、上記 $(x_{k-1}, y_{k-1}, z_{k-1})$ 、 (a_{k-1}, e_{k-1}) は、データ融合航跡から算出したが、アクティブセンサ処理部 4 から出力される航跡50

に基づいて算出するように構成することができる。

【0089】

ステップST108およびステップST103の処理内容は、実施例1と同じであるので説明を省略する。

【0090】

以上説明したように、本発明の実施例2に係る目標追跡装置によれば、補正情報算出部6bは、データ融合部5から出力されるデータ融合航跡に基づいて、補正情報（プロセス雑音共分散行列）をパッシブセンサ処理部2bに送り、パッシブセンサ処理部2bは、補正情報（プロセス雑音共分散行列）から間接的に算出されるフィルタゲイン（カルマンゲイン行列）を、航跡算出に用いるので、パッシブセンサ処理部2bからの航跡誤差（ランダム成分）を小さくすることができる。その結果、データ融合部5において算出するデータ融合航跡の航跡誤差（ランダム成分）を小さくすることができる。10

【実施例3】

【0091】

本発明の実施例3に係る目標追跡装置の構成は、図1に示した実施例1に係る目標追跡装置の補正情報算出部6aおよびパッシブセンサ処理部2aが、補正情報算出部6cおよびパッシブセンサ処理部2cにそれぞれ変更されて構成されている。以下では、実施例1に係る目標追跡装置と異なる部分を中心に説明する。

【0092】

補正情報算出部6cは、データ融合部5から送られてくるデータ融合航跡に基づいて、20
(17)式で定義（設定）した極座標系の等速運動モデルが直交座標系の等速運動モデルと厳密に当てはまらないことにより発生する目標の角加速度を制御入力ベクトルとみなして算出し、補正情報（制御入力ベクトル）としてパッシブセンサ処理部2cに送る。

【0093】

パッシブセンサ処理部2cは、パッシブセンサ1からの観測値と補正情報算出部6cからの補正情報（制御入力ベクトル）に基づいて目標航跡として平滑値および予測値を算出し、データ融合部5に送る。また、パッシブセンサ処理部2cは、目標航跡に基づいて、パッシブセンサ1の姿勢等を制御する制御信号を生成し、パッシブセンサ1に送る。

【0094】

次に、上記のように構成される本発明の実施例3に係る目標追跡装置の動作を説明する。30
図4(a)は、実施例3に係る目標追跡装置で行われる目標追跡処理のうち、パッシブセンサ処理部2cにおいて行われる処理の流れを示すフローチャートであり、図4(b)は、データ融合部5において行われる処理の流れを示すフローチャートである。なお、アクティブセンサ処理部4において行われる処理は周知であるので、説明は省略する。また、以下においては、図2のフローチャートに示した実施例1に係る目標追跡装置で行われる処理と同じ処理を行うステップには、図2で使用した符号と同じ符号を付して説明する。。

【0095】

まず、パッシブセンサ処理部2cにおいて行われる処理を、図4(a)に示すフローチャートを参照しながら説明する。処理が開始されると、まず、観測値が入力される（ステップST101）。すなわち、パッシブセンサ1は、パッシブセンサ処理部2cからの制御信号に基づいて、目標の観測を行い、目標の観測値を算出してパッシブセンサ処理部2cに送る。40

【0096】

次いで、補正情報入力処理（制御入力）が実行される（ステップST110）。すなわち、パッシブセンサ処理部2cは、補正情報算出部6cからの補正情報（制御入力ベクトル）を入力する。

【0097】

次いで、予測処理が実行される（ステップST111）。すなわち、パッシブセンサ処理部2cは、前回観測時のステップST103において算出された目標の平滑値およびそ50

の共分散行列と補正情報算出部 6 c からの補正情報（制御入力ベクトル）とに基づいて、目標の予測値とその共分散行列を算出する。

【 0 0 9 8 】

次いで、平滑処理（航跡出力）が実行される（ステップ S T 1 0 3）。すなわち、パッシブセンサ処理部 2 c は、パッシブセンサ 1 からの目標の観測値とステップ S T 1 1 1において算出された目標の予測値およびその共分散行列とに基づいて、目標の平滑値およびその共分散行列を算出する。

【 0 0 9 9 】

次いで、制御処理が実行される（ステップ S T 1 0 4）。すなわち、パッシブセンサ処理部 2 c は、目標航跡に基づいて、パッシブセンサ 1 の姿勢等を制御する制御信号を生成し、パッシブセンサ 1 に送る。次いで、終了であるかどうかが調べられる（ステップ S T 1 0 5）。ステップ S T 1 0 5において、終了でないことが判断されると、ステップ S T 1 0 1 に戻り、上述した処理が繰り返される。一方、ステップ S T 1 0 5において、終了であることが判断されると、目標追跡処理は終了する。

【 0 1 0 0 】

次に、データ融合部 5 において行われる処理を、図 4 (b) に示すフローチャートを参考しながら説明する。データ融合部 5 では、まず、航跡が入力される（ステップ S T 2 0 1）。すなわち、データ融合部 5 は、パッシブセンサ処理部 2 c からの目標航跡を入力するとともに、アクティブセンサ処理部 4 からの目標航跡を入力する。

【 0 1 0 1 】

次いで、データ融合処理が実行される（ステップ S T 2 0 2）。すなわち、データ融合部 5 は、パッシブセンサ処理部 2 c からの目標航跡とアクティブセンサ処理部 4 からの目標航跡とのデータ融合を行い、データ融合航跡として補正情報算出部 6 c に送る。このデータ融合処理は、図 9 のフローチャートを参照して説明した従来の目標追跡装置で行われるデータ融合処理と同じである。

【 0 1 0 2 】

次いで、補正情報算出処理（制御入力）が実行される（ステップ S T 2 0 6）。すなわち、補正情報算出部 6 c は、データ融合部 5 からのデータ融合航跡に基づいて目標の制御入力ベクトルを算出し、パッシブセンサ 1 からの観測値を入力して目標の航跡を算出するための補正情報（制御入力ベクトル）としてパッシブセンサ処理部 2 c に送る。

【 0 1 0 3 】

次いで、終了であるかどうかが調べられる（ステップ S T 2 0 3）。ステップ S T 2 0 3において、終了でないことが判断されると、ステップ S T 2 0 1 に戻り、上述した処理が繰り返される。一方、ステップ S T 2 0 3において、終了であることが判断されると、データ融合部 5 における処理は終了する。

【 0 1 0 4 】

次に、補正情報算出部 6 c とパッシブセンサ処理部 2 c で行われる処理内容について、詳細に説明する。目標の運動モデルを以下のように定義する。

10

20

30

【数13】

$$\mathbf{x}_{k+1}^p = \mathbf{F}_{k+1}\mathbf{x}_k^p + \mathbf{G}_{k+1}\mathbf{u}_k + \mathbf{G}_{k+1}\mathbf{w}_k \cdots (37)$$

$$\mathbf{x}_k^p = [a_k \ e_k \ \dot{a}_k \ \dot{e}_k]^T \cdots (38)$$

$$\mathbf{u}_k = [\ddot{a}_k \ \ddot{e}_k]^T \cdots (39)$$

$$\mathbf{F}_{k+1} = \begin{bmatrix} \mathbf{I}_2 & (t_{k+1} - t_k) \cdot \mathbf{I}_2 \\ \mathbf{O}_2 & \mathbf{I}_2 \end{bmatrix} \cdots (40)$$

$$\mathbf{G}_{k+1} = \begin{bmatrix} \frac{(t_{k+1} - t_k)^2}{2} \cdot \mathbf{I}_2 \\ (t_{k+1} - t_k) \cdot \mathbf{I}_2 \end{bmatrix} \cdots (41)$$

$$\mathbf{Q}_k = \frac{1}{r_k^2} \begin{bmatrix} (\sigma_k^s)^2 & 0 \\ 0 & (\sigma_k^s)^2 \end{bmatrix} \cdots (42)$$

【0105】

ここで、 \mathbf{x}^p_k は、観測時刻 t_k における方位角 a_k 、高低角 e_k とその速度成分からなる状態ベクトル、 \mathbf{u}_k は、観測時刻 t_k における方位角 a_k 、高低角 e_k の加速度成分からなる制御入力ベクトル、 \mathbf{F}_{k+1} と \mathbf{G}_{k+1} は、観測時刻 t_k から観測時刻 t_{k+1} への遷移行列と駆動行列、 \mathbf{w}_k は、観測時刻 t_k の平均 0、共分散行列 \mathbf{Q}_k のプロセス雑音ベクトル、 σ_k^s は、観測時刻 t_k におけるプロセス雑音の標準偏差、 r_k は、観測時刻 t_k における目標までの距離である。また、 \mathbf{A}^T は、ベクトルまたは行列 \mathbf{A} の転置、 \mathbf{I}_n は、 n 行 n 列の単位行列、 \mathbf{O}_n は、 n 行 n 列の零行列を示す。

【0106】

パッシブセンサ 1 の観測モデルは、実施例 1 と同じであるので説明を省略する。

【0107】

上述したステップ ST 110 では、ステップ ST 206 において算出された制御入力ベクトルを入力する。なお、ステップ ST 110 では、データ融合部 5 から出力される目標のデータ融合航跡に基づいて、補正情報として、制御入力ベクトル（角加速度） \mathbf{u}_{k-1} を算出する。

【数14】

$$\mathbf{u}_{k-1} = [\ddot{a}_{k-1} \ \ddot{e}_{k-1}]^T \cdots (43)$$

【0108】

なお、制御入力ベクトル（角加速度） \mathbf{u}_{k-1} は、以下の式で算出する。

【数15】

$$\begin{aligned} \mathbf{u}_{k-1} &= \frac{\partial(\dot{a}_{k-1}, \dot{e}_{k-1})}{\partial(x_{k-1}, y_{k-1}, z_{k-1})} \begin{bmatrix} \dot{x}_{k-1} & \dot{y}_{k-1} & \dot{z}_{k-1} \end{bmatrix}^T \\ &= \begin{bmatrix} \frac{\partial \dot{a}_{k-1}}{\partial x_{k-1}} & \frac{\partial \dot{a}_{k-1}}{\partial y_{k-1}} & \frac{\partial \dot{a}_{k-1}}{\partial z_{k-1}} \\ \frac{\partial \dot{e}_{k-1}}{\partial x_{k-1}} & \frac{\partial \dot{e}_{k-1}}{\partial y_{k-1}} & \frac{\partial \dot{e}_{k-1}}{\partial z_{k-1}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x}_{k-1} \\ \dot{y}_{k-1} \\ \dot{z}_{k-1} \end{bmatrix} \cdots (44) \end{aligned}$$

【0109】

10

20

30

40

50

ここで、 $(x_{k-1}, y_{k-1}, z_{k-1})$ 、 $(\dot{x}_{k-1}, \dot{y}_{k-1}, \dot{z}_{k-1})$ 、 (a_{k-1}, e_{k-1}) は、座標変換によって、データ融合航跡をパッシブセンサ1から見た目標の位置ベクトル、速度ベクトルおよび角速度ベクトル成分に変換した値である。

【0110】

上述したステップST111では、前回観測時の平滑処理の結果と制御入力ベクトル u_{k-1} を用いて、以下の式で表される予測処理を実施する。

【数16】

$$\hat{\mathbf{x}}_{k|k-1}^p = \mathbf{F}_k \hat{\mathbf{x}}_{k-1|k-1}^p + \mathbf{G}_k \mathbf{u}_{k-1} \quad \dots (45)$$

10

$$\mathbf{P}_{k|k-1} = \mathbf{F}_k \mathbf{P}_{k-1|k-1} \mathbf{F}_k^T + \mathbf{G}_k \mathbf{Q}_{k-1} \mathbf{G}_k^T \quad \dots (46)$$

$$\mathbf{Q}_{k-1} = \frac{1}{r_{\text{preset}}^2} \begin{bmatrix} (\sigma_{k-1}^s)^2 & 0 \\ 0 & (\sigma_{k-1}^s)^2 \end{bmatrix} \quad \dots (47)$$

【0111】

なお、プロセス雑音共分散行列 \mathbf{Q}_{k-1} の算出は、目標距離の真値 r_{k-1} が得られないため、予め設定された目標距離 r_{present} が用いられる。

20

【0112】

上述したステップST103の処理内容は、実施例1と同じであるので説明を省略する。

【0113】

以上説明したように、本発明の実施例3に係る目標追跡装置によれば、補正情報算出部6cは、データ融合部5から出力されるデータ融合航跡に基づいて、補正情報（制御入力ベクトル）をパッシブセンサ処理部2cに送り、パッシブセンサ処理部2cは、補正情報算出部6cからの補正情報（制御入力ベクトル）に基づいて、目標の航跡を算出するので、パッシブセンサ処理部2cからの航跡誤差（バイアス成分）を小さくすることができる。その結果、データ融合部5において算出するデータ融合航跡の航跡誤差（バイアス成分）を小さくすることができる。

30

【実施例4】

【0114】

本発明の実施例4に係る目標追跡装置の構成は、図1に示した実施例1に係る目標追跡装置の補正情報算出部6aおよびパッシブセンサ処理部2aが、補正情報算出部6dおよびパッシブセンサ処理部2dにそれぞれ変更されて構成されている。以下では、実施例1に係る目標追跡装置と異なる部分を中心に説明する。

【0115】

補正情報算出部6dは、データ融合部5から送られてくるデータ融合航跡とデータ融合航跡に対応しアクティブセンサ処理部4から出力されるプロセス雑音共分散行列を含む目標航跡に基づいて、目標のプロセス雑音共分散行列と制御入力ベクトルを算出し、補正情報としてパッシブセンサ処理部2dに送る。

40

【0116】

パッシブセンサ処理部2dは、パッシブセンサ1からの観測値と補正情報算出部6dからの補正情報（プロセス雑音共分散行列と制御入力ベクトル）に基づいて平滑値および予測値を算出し、データ融合部5に送る。また、パッシブセンサ処理部2dは、目標航跡に基づいて、パッシブセンサ1の姿勢等を制御する制御信号を生成し、パッシブセンサ1に送る。

【0117】

次に、上記のように構成される本発明の実施例4に係る目標追跡装置の動作を説明する

50

。図5(a)は、実施例4に係る目標追跡装置で行われる目標追跡処理のうち、パッシブセンサ処理部2dにおいて行われる処理の流れを示すフローチャートであり、図5(b)は、データ融合部5において行われる処理の流れを示すフローチャートである。なお、アクティブセンサ処理部4において行われる処理は周知であるので、説明は省略する。また、以下においては、図2～図4のフローチャートに示した実施例1～実施例3に係る目標追跡装置で行われる処理と同じ処理を行うステップには、図2～図4のフローチャートで使用した符号と同じ符号を付して説明する。

【0118】

まず、パッシブセンサ処理部2dにおいて行われる処理を、図5(a)に示すフローチャートを参照しながら説明する。処理が開始されると、まず、観測値が入力される(ステップST101)。すなわち、パッシブセンサ1は、パッシブセンサ処理部2dからの制御信号に基づいて、目標の観測を行い、目標の観測値を算出してパッシブセンサ処理部2dに送る。10

【0119】

次いで、補正情報入力処理(共分散)が実行される(ステップST109)。すなわち、パッシブセンサ処理部2dは、補正情報算出部6dからの補正情報(プロセス雑音共分散行列)を入力する。

【0120】

次いで、補正情報算出処理(制御入力)が実行される(ステップST110)。すなわち、パッシブセンサ処理部2dは、補正情報算出部6dからの補正情報(制御入力ベクトル)を入力する。20

【0121】

次いで、予測処理が実行される(ステップST112)。すなわち、パッシブセンサ処理部2dは、前回観測時のステップST103において算出された目標の平滑値およびその共分散行列と補正情報算出部6dからの補正情報(プロセス雑音共分散行列と制御入力ベクトル)に基づいて、目標の予測値とその共分散行列を算出する。

【0122】

次いで、平滑処理(航跡出力)が実行される(ステップST103)。すなわち、パッシブセンサ処理部2dは、パッシブセンサ1からの目標の観測値とステップST112において算出された目標の予測値およびその共分散行列に基づいて、目標の平滑値とその共分散行列を算出する。30

【0123】

次いで、制御処理が実行される(ステップST104)。すなわち、パッシブセンサ処理部2dは、目標航跡に基づいて、パッシブセンサ1の姿勢等を制御する制御信号を生成し、パッシブセンサ1に送る。次いで、終了であるかどうかが調べられる(ステップST105)。ステップST105において、終了でないことが判断されると、ステップST101に戻り、上述した処理が繰り返される。一方、ステップST105において、終了であることが判断されると、目標追跡処理は終了する。

【0124】

次に、データ融合部5において行われる処理を、図5(b)に示すフローチャートを参照しながら説明する。データ融合部5では、まず、航跡が入力される(ステップST201)。すなわち、データ融合部5は、パッシブセンサ処理部2dからの目標航跡を入力するとともに、アクティブセンサ処理部4からの目標航跡を入力する。40

【0125】

次いで、データ融合処理が実行される(ステップST202)。すなわち、データ融合部5は、パッシブセンサ処理部2dからの目標航跡とアクティブセンサ処理部4からの目標航跡とのデータ融合を行い、データ融合航跡として補正情報算出部6dに送る。このデータ融合処理は、図9のフローチャートを参照して説明した従来の目標追跡装置で行われるデータ融合処理と同じである。

【0126】

次いで、補正情報算出処理（共分散）が実行される（ステップST205）。すなわち、補正情報算出部6dは、データ融合部5からのデータ融合航跡とデータ融合航跡に対応しアクティブセンサ処理部4から出力されるプロセス雑音共分散行列を含む目標航跡に基づいて目標のプロセス雑音共分散行列を算出し、パッシブセンサ1からの観測値を入力して目標の航跡を算出するための補正情報（プロセス雑音共分散行列）としてパッシブセンサ処理部2dに送る。

【0127】

次いで、補正情報算出処理（制御入力）が実行される（ステップST206）。すなわち、補正情報算出部6dは、データ融合部5からのデータ融合航跡に基づいて目標の制御入力ベクトルを算出し、パッシブセンサ1からの観測値を入力して目標の航跡を算出するための補正情報（制御入力ベクトル）としてパッシブセンサ処理部2dに送る。10

【0128】

次いで、終了であるかどうかが調べられる（ステップST203）。ステップST203において、終了でないことが判断されると、ステップST201に戻り、上述した処理が繰り返される。一方、ステップST203において、終了であることが判断されると、データ融合部5における処理は終了する。

【0129】

次に、補正情報算出部6dとパッシブセンサ処理部2dで行われる処理内容について、詳細に説明する。目標の運動モデルは、実施例3と同じであるので説明を省略する。また、パッシブセンサ1の観測モデルは、実施例1と同じであるので説明を省略する。また、上述したステップST109の処理内容は、実施例2と同じであり、ステップST110の処理内容は、実施例3と同じであるので説明を省略する。20

【0130】

上述したステップST112では、前回観測時の平滑処理の結果、(34)式のプロセス雑音共分散行列 Q_{k-1} および(43)式の制御入力ベクトル u_{k-1} を用いて、以下の式で表される予測処理を実施する。

【数17】

$$\hat{x}_{k|k-1}^p = F_k \hat{x}_{k-1|k-1}^p + G_k u_{k-1} \dots (48)$$

$$P_{k|k-1} = F_k P_{k-1|k-1} F_k^T + G_k Q_{k-1} G_k^T \dots (49)$$
30

【0131】

上述したステップST103の処理内容は、実施例1と同じであるので説明を省略する。。

【0132】

以上説明したように、本発明の実施例4に係る目標追跡装置によれば、補正情報算出部6dは、データ融合部5から出力されるデータ融合航跡とデータ融合航跡に対応しアクティブセンサ処理部4から出力されるプロセス雑音共分散行列を含む目標航跡に基づいて、補正情報（プロセス雑音共分散行列と制御入力ベクトル）をパッシブセンサ処理部2dに送り、パッシブセンサ処理部2dは、補正情報算出部6dからの補正情報（プロセス雑音共分散行列と制御入力ベクトル）に基づいて、目標の航跡を算出するので、パッシブセンサ処理部2dからの航跡誤差（ランダム成分とバイアス成分）を小さくすることができる。その結果、データ融合部5において算出するデータ融合航跡の航跡誤差（ランダム成分とバイアス成分）を小さくすることができる。40

【0133】

なお、上述した実施例4では、プロセス雑音共分散行列と制御入力ベクトルとを組み合わせる例を示したが、目標距離と制御入力ベクトルを組み合わせるように構成することができる。

【0134】

10

20

40

50

また、上述した実施例 1 ~ 実施例 4 に係る目標追跡装置は、図 6 に示すように変形することができる。図 6 (a) は、パッシブセンサ処理部 2 a ~ 2 d とデータ融合部 5 との間を通信部 7 a および通信部 7 c を介して接続するとともに、アクティブセンサ処理部 4 とデータ融合部 5 との間を通信部 7 b および通信部 7 c を介して接続し、さらに、補正情報算出部 6 a ~ 6 d とパッシブセンサ処理部 2 a ~ 2 d との間を通信部 7 a および通信部 7 d を介して接続したので、パッシブセンサ 1、パッシブセンサ処理部 2 a ~ 2 d、アクティブセンサ 3 およびアクティブセンサ処理部 4 を含むブロックと、データ融合部 5 および補正情報算出部 6 a ~ 6 d を含むブロックとを別体に構成できる。

【 0 1 3 5 】

図 6 (b) は、図 6 (a) に示した構成において、さらに、パッシブセンサ 1 とパッシブセンサ処理部 2 a ~ 2 d との間を通信部 8 e および通信部 8 f を介して接続したものである。この構成により、パッシブセンサ 1 を含むブロックと、パッシブセンサ処理部 2 a ~ 2 d、アクティブセンサ 3 およびアクティブセンサ処理部 4 を含むブロックと、データ融合部 5 および補正情報算出部 6 a ~ 6 d を含むブロックとを別体に構成できる。

10

【 産業上の利用可能性 】

【 0 1 3 6 】

本発明は、パッシブセンサとして、パッシブレーダ、パッシブソナー、可視または赤外線カメラなど用いた目標追跡装置に適用可能である。

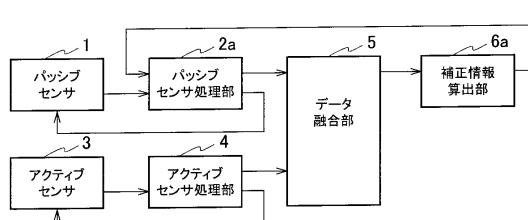
【 符号の説明 】

【 0 1 3 7 】

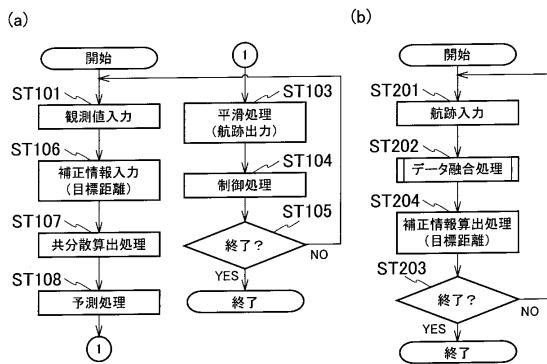
20

- 1 パッシブセンサ
- 2、 2 a ~ 2 d パッシブセンサ処理部
- 3 アクティブセンサ
- 4 アクティブセンサ処理部
- 5 データ融合部
- 6 a ~ 6 d 補正情報算出部
- 7 a ~ 7 d、 8 a ~ 8 f 通信部

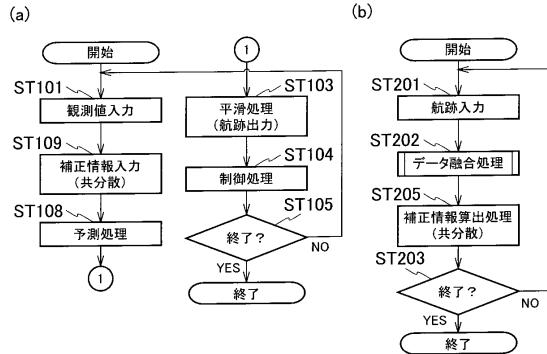
【図1】



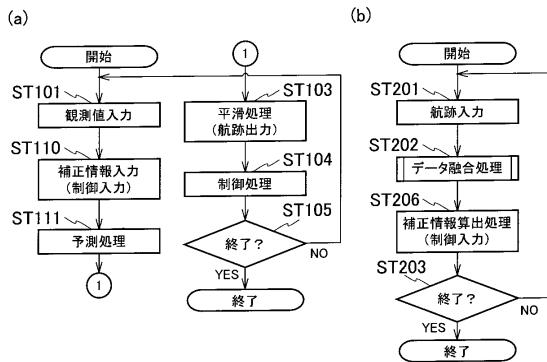
【図2】



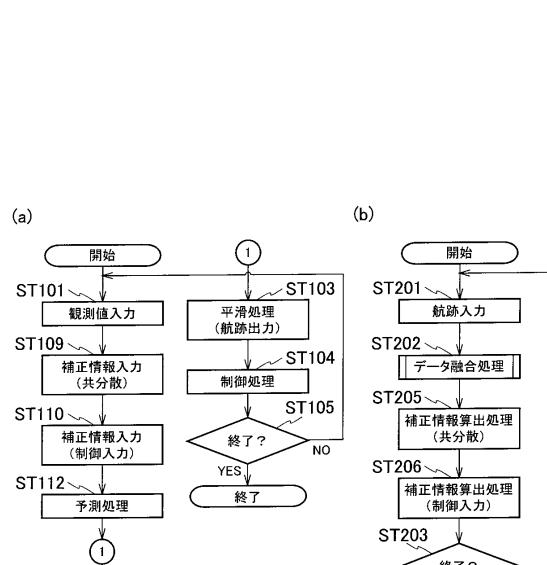
【図3】



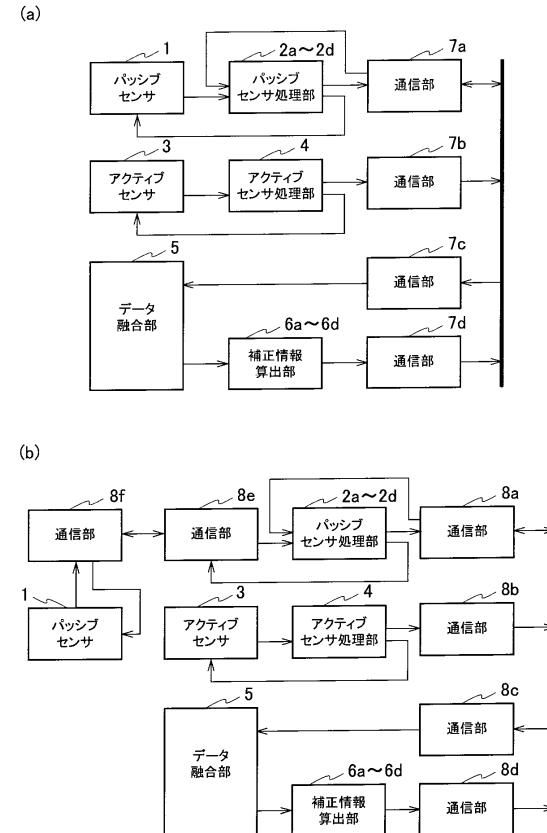
【図4】



【図5】

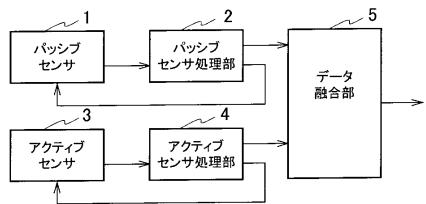


【図6】

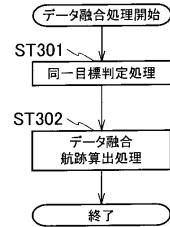
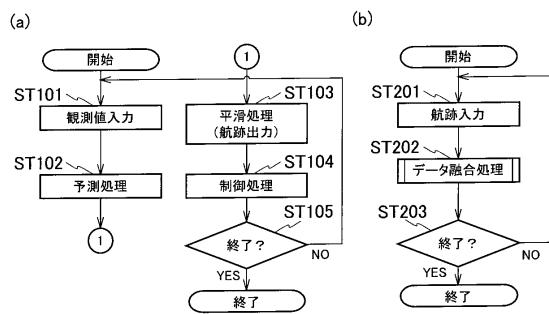


【図7】

【図9】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 古川 英俊
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 堀 圭史

(56)参考文献 特開2006-047050(JP,A)
特開平07-128436(JP,A)
特開昭58-146877(JP,A)
特開平06-094830(JP,A)
特開2002-181926(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01S 7/00 - 42, 13/00 - 95