

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014年9月12日(12.09.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/136754 A1

- (51) 国際特許分類:
G01S 13/66 (2006.01) G01S 13/38 (2006.01)
G01S 7/32 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/055403
- (22) 国際出願日: 2014年3月4日(04.03.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-041882 2013年3月4日(04.03.2013) JP
- (71) 出願人: 株式会社デンソー(DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 坂本 麻衣(SAKAMOTO, Mai); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 鈴木 幸一郎(SUZUKI, Koi-

chiro); 〒1500002 東京都渋谷区渋谷2-15-1 渋谷クロスタワー28F 株式会社デンソーアイティラボラトリ内 Tokyo (JP).

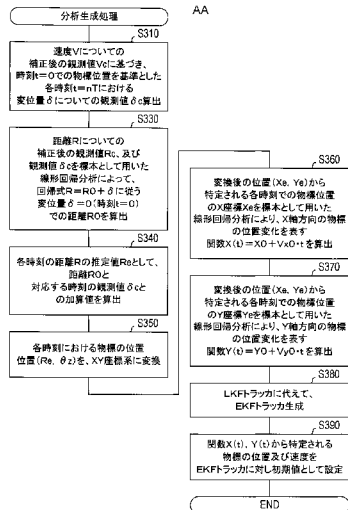
(74) 代理人: 菊地 保宏(KIKUCHI, Yasuhiro); 〒1600003 東京都新宿区本塩町18番地4 MY K四ツ谷 2階 よつや国際特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: ESTIMATING DEVICE

(54) 発明の名称: 推定装置



- S310 Calculate observed value δc for amount of displacement δ at each point in time $t=nT$ relative to position of target at point in time $t=0$ on the basis of corrected observed value Vc for velocity V
- S330 Calculate distance $R0$ at displacement $\delta=0$ (point in time $t=0$) according to regression formula $R=Kx+\alpha$ by way of linear regression analysis using corrected observed value Rc for distance R and observed value δc as samples
- S340 Calculate estimated value Re for distance R at each point in time by adding distance $R0$ to observed value δc for respective point in time
- S350 Convert position $(Re, \theta z)$ of target at each point in time to XY-coordinate system
- S360 Calculate function $X(t)=X0+Vx0t$ indicating change in position of target in X-axis direction by linear regression analysis using as samples X-coordinates Xe of positions of target at each point in time as determined from converted positions (Xe, Ye)
- S370 Calculate function $Y(t)=Y0+Vy0t$ indicating change in position of target in Y-axis direction by linear regression analysis using as samples Y-coordinates Ye of positions of target at each time point as determined from converted positions (Xe, Ye)
- S380 Generate EKF tracker to replace LKF tracker
- S390 Set position and speed of target as determined from functions $X(t)$ and $Y(t)$ as initial values in EKF tracker
- AA Analysis generation process

(57) Abstract: An estimating device comprises a distance estimating unit that performs a regression analysis using, as samples, observed values for distance at each point in time in a prescribed period from an observing device and observed values at each point in time, and estimates that the value for distance at which the amount of displacement according to the regression equation calculated by the regression analysis is zero is the distance to an object in front at the start time.

(57) 要約: 推定装置は、観測装置による所定期間における各時刻の距離の観測値及び、各時刻の観測値を標本として用いた回帰分析を実行し、当該回帰分析により算出された回帰式に従う変位量がゼロであるときの距離の値を、開始時刻における前方物体までの距離の値であると推定する距離推定部を備えている。



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：推定装置

技術分野

[0001] 本開示内容は、前方物体の距離等を推定する推定装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、前方物体の運動状態を、アルファ-ベータ ($\alpha-\beta$) フィルタやカルマンフィルタ等の状態推定フィルタを用いて推定する推定装置が知られている。この推定装置によれば、推定開始時における、前記運動状態として推定する状態量の初期値であり、前記状態推定フィルタに設定される初期値を、前方物体の運動状態に関する観測値に基づいて設定する。

[0003] 但し、観測値には、誤差がある。この誤差に起因して、真値から大きく異なる初期値が状態推定フィルタに設定されてしまうと、次のような問題が生じる。即ち、状態推定の基礎となる初期値が真値から大きく異なっていることに起因して、推定装置による推定開始後、しばらくの間、高精度に状態量の推定を行うことができないといった問題が生じる。

[0004] この問題に対処するための技術としては、観測値を線形回帰分析し、その結果に基づいて、推定開始時における状態推定フィルタに設定される初期値を設定する技術が知られている（特許文献1参照）。この技術によれば、レーダ装置によって観測された前方物体の位置の一群に対して線形回帰分析を実行した結果に基づき、推定開始時における状態推定フィルタに対する初期値として、前方物体の初期位置や初期速度等を設定する。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2001-272466号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、レーダ装置は、前方物体に対して送信されたレーダ波に基づく

反射波を受信し、その受信信号を解析することにより、前記レーダ装置から該前方物体までの距離や該前方物体の速度等を観測する。但し、レーダ装置による該レーダ装置から前記前方物体までの距離の観測値は、ドップラースhiftに基づく周波数の情報として得られる前方物体の速度の観測値と比較して、精度が低い傾向にある。

[0007] 特に、二周波CW (Dual Frequency Continuous Wave) レーダ装置を用いて該レーダ装置から前方物体までの距離及び該前方物体の速度を観測する場合には、前記前方物体の速度の観測値は、前記レーダ装置により受信された受信信号の周波数情報から得られる。一方、該レーダ装置から前方物体までの距離の観測値は、前記レーダ装置により受信された受信信号の位相情報から得られる。このため、二周波CW方式レーダ装置による、該レーダ装置から前方物体までの距離の観測精度は、該前方物体の速度の観測精度に対し大きく劣る。

つまり、位相情報から得られる距離の観測精度は、周波数情報から得られる速度の観測精度に比べて劣っている（例えば、文献：Steven M. Kay, “Fundamentals of Statistical Signal Processing Vol1. Estimation Theory, pp. 56-57の3.41式参照）。

[0008] このように、前方物体までの距離を、レーダ装置から前方物体に対して送信されたレーダ波に基づく反射波を受信し、その受信信号を解析することにより、前記レーダ装置から該前方物体までの距離や該前方物体の速度等を観測する方法に着目する。この方法では、従来技術のように、観測された距離の観測値を単に線形回帰分析し、その結果に基づいて状態量の初期値を状態推定フィルタに設定しても、初期値の真値からの誤差が大きく、推定開始初期において高精度に前方物体の状態推定を行うことが難しい。

[0009] 本開示内容は、上述した課題に鑑みてなされたものである。

すなわち、本開示内容の一態様は、前方物体までの距離及び前方物体の速度を観測する観測装置から得られる観測値に基づいて、高精度に前方物体までの距離を推定可能な技術を提供することを目的とする。

また、本開示内容の他の態様は、状態推定フィルタに与える状態量の初期値を高精度に設定可能な技術を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 本開示内容のある例示態様に係る推定装置は、前方物体までの距離及び前記前方物体の速度を観測する観測装置による所定期間における複数の時刻それぞれの前記速度の観測値に基づいて、前方物体までの距離を推定するものである。この推定装置は、変位量算出部と、距離推定部と、を備える。

[0011] 前記変位量算出部は、前記観測装置による所定期間における複数の時刻それぞれの前記速度の観測値に基づき、前記時刻毎に、前記期間の開始時刻から対応する時刻までの前記前方物体の変位量に関する観測値として、前記開始時刻から前記対応する時刻までの前記観測値の時間積分値を算出する。

[0012] 距離推定部は、このように算出された上記各時刻の観測値と、前記観測装置による上記期間における各時刻の距離の観測値と、を標本として用いて回帰分析を実行する。回帰分析における説明変数は、上記変位量であり、目的変数は、上記距離である。

[0013] 距離推定部は、この回帰分析によって算出された回帰式に従う変位量がゼロであるときの距離を、上記期間の開始時刻における前方物体までの距離であると推定する。

この推定装置によれば、速度の観測精度が距離の観測精度よりも高い場合、時間対距離の関係に従って距離の観測値を標本とした線形回帰分析を行う従来技術よりも、上記期間の開始時刻における前方物体までの距離を高精度に推定することができる。

[0014] 従って、この推定装置により推定された上記期間の開始時刻における距離と、各時刻の変位量（観測値）とに基づけば、各時刻における前方物体までの距離を高精度に推定することができる。具体的に、距離推定部は、推定した上記期間の開始時刻における距離と各時刻の計測値との加算値を、各時刻における前方物体までの距離として推定する構成にすることができる。

[0015] 観測装置が、距離及び速度に加えて、前方物体の方位を観測する装置であ

る場合、推定装置は、次のように構成することができる。即ち、推定装置は、前記距離推定部により推定された各時刻における距離と、観測装置による方位の観測値とに基づき、直交座標系での各時刻における前方物体の位置を推定する位置推定部を備えた構成にすることができる。この位置推定部を備える推定装置によれば、各時刻における前方物体の位置を高精度に推定することができる。

[0016] この他、上記推定装置を、状態量の初期値を設定するための装置として構成すれば、状態推定フィルタに対して、前方物体の状態量の初期値を高精度に設定することができる。

具体的に、状態推定フィルタを用いて前方物体の位置及び速度を推定する状態推定部を備える推定装置には、次の初期値設定部を設けることができる。

[0017] 即ち、推定装置は、状態推定フィルタに対し、前方物体の位置及び速度の初期値として、位置推定部により推定された位置から特定される上記初期値に対応する時刻での位置及び速度を設定する初期値設定部を備えた構成にすることができる。

[0018] この推定装置によれば、観測装置による観測値に基づいて、状態推定フィルタに対し適切な初期値を設定することができる。従って、この推定装置によれば、前方物体の状態量を、状態推定部による推定開始初期から高精度に推定することができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本開示内容の実施形態に係る車載システムの概略構成を表すブロック図である。

[図2]本開示内容の実施形態に係るレーダ波の送受信態様を表す説明図である。

[図3]本開示内容の実施形態に係るトラッキング処理によって実現される機能を表す機能ブロック図である。

[図4]図1に示す制御ユニットが実行するトラッキング処理を表すフローチャ

ートである。

[図5]図1に示す制御ユニットが実行する分析生成処理を表すフローチャートである。

[図6]本開示内容の実施形態により得られた初期値の設定結果を従来例における初期値の設定結果と比較して表すグラフである。

[図7]本開示内容の実施形態により得られた状態推定結果を従来例により得られた状態推定結果と比較して表すグラフである。

発明を実施するための形態

[0020] 以下に本開示内容の一実施形態について、図面と共に説明する。

図1に示す本実施形態の車載システム1は、レーダ装置10と運転支援ECU100とを備える。この車載システム1は、四輪自動車等の車両K1に搭載される。

[0021] レーダ装置10は、レーダ波を発射して、この反射波を受信し、この受信信号に基づいて、レーダ波を反射した前方物体である物標Tまでの該装置10からの距離R、物標Tの速度V、及び、物標Tの方位 θ を観測するものである。レーダ装置10は、これらの観測値(R_z , V_z , θ_z)を運転支援ECU100に入力する。具体的に、本実施例のレーダ装置10は、二周波CW方式のレーダ装置として構成される。

[0022] このレーダ装置10は、送信回路20と、分配器30と、送信アンテナ40と、受信アンテナ50と、受信回路60と、処理ユニット70と、出力ユニット80と、を備える。

送信回路20は、送信アンテナ40に送信信号S_sを供給するための回路である。送信回路20は、ミリ波帯の高周波信号を、送信アンテナ40の上流に位置する分配器30に入力する。具体的に、送信回路20は、短い時間間隔で交互に、第一周波数(f_1)の高周波信号と、第一周波数(f_1)とは僅かに周波数の異なる第二周波数(f_2)の高周波信号と、を生成して分配器30に入力する。

[0023] 分配器30は、この送信回路20から入力される高周波信号を、送信信号

S_s と、この高周波信号の第一周波数 (f_1) および第二周波数 (f_2) それぞれを有するローカル信号 $L(f_1)$ および $L(f_2)$ とに電力分配する。

送信アンテナ 40 は、分配器 30 から供給される送信信号 S_s に基づいて、送信信号 S_s に対応する周波数のレーダ波を自車両 K1 の例えば前方に発射する。これにより、図 2 左領域に示すように、第一周波数 (f_1) のレーダ波と、第二周波数 (f_2) のレーダ波とを交互に出力する。

[0024] 一方、受信アンテナ 50 は、物標から反射されたレーダ波（反射波）を受信するためのアンテナである。この受信アンテナ 50 は、例えば、複数のアンテナ素子 51 が一列に配置されたりニアアレーアンテナとして構成される。各アンテナ素子 51 による反射波の受信信号 S_r は、受信回路 60 に入力される。

[0025] 受信回路 60 は、受信アンテナ 50 を構成する各アンテナ素子 51 から入力される受信信号 S_r を処理して、アンテナ素子 51 毎のビート信号 B_T を生成し出力する。具体的に、受信回路 60 は、アンテナ素子 51 毎に、当該アンテナ素子 51 から入力される受信信号 S_r と分配器 30 から入力されるローカル信号 $L(f_1)$ および $L(f_2)$ とをミキサ 61 を用いて混合することにより、アンテナ素子 51 毎のビート信号 B_T を生成して出力する。

[0026] 例えば、受信回路 60 は、ビート信号 B_T を出力するまでの過程として、

- (i) 各アンテナ素子 51 から入力される受信信号 S_r を増幅する過程
- (ii) 各アンテナ素子 51 から入力され、かつ増幅された受信信号 S_r と分配器 30 から入力されるローカル信号 $L(f_1)$ および $L(f_2)$ とをミキサ 61 を用いて混合することによりアンテナ素子 51 毎のビート信号 B_T を生成する過程
- (iii) 生成されたアンテナ素子 51 毎のビート信号 B_T から不要な信号成分を除去する過程、および
- (iv) 不要成分が除去されたアンテナ素子 51 毎のビート信号 B_T をデジタルデータに変換する過程

が含まれている。

このように、受信回路 60 は、生成したアンテナ素子 51 毎のビート信号 BT をデジタルデータに変換して出力する。出力されたアンテナ素子 51 毎のビート信号 BT は、処理ユニット 70 に入力される。

[0027] 処理ユニット 70 は、アンテナ素子 51 毎のビート信号 BT を解析することにより、レーダ波を反射した物標 T 毎の観測値 (R_z , V_z , θ_z) を算出するものである。観測値 R_z は、レーダ装置 10 (換言すればレーダ装置 10 の搭載された自車両 K1) から各物標 T までの距離 R の観測値であり、観測値 V_z は、各物標 T の自車両 K1 に対する相対速度 V の観測値である。また、観測値 θ_z は、自車両 K1 の前後方向とは直交するアンテナ素子 51 の配列方向を基準とし、この基準からの各物標 T の方位 θ (図 2 右領域参照) についての観測値である。図 2 右領域における実線矢印は、レーダ波が、自車両 K1 の前方の物標 T である前方車両 K2 によって反射される環境でのレーダ波の伝播方向を簡易に示すものである。

[0028] 各アンテナ素子 51 に基づくビート信号 BT から物標 T 毎の観測値 (R_z , V_z , θ_z) を算出する方法は、公知である。従って、ここでは、処理ユニット 70 における観測値 (R_z , V_z , θ_z) の算出方法を、簡易的に説明する。

[0029] 物標 T 毎の観測値 (R_z , V_z , θ_z) を算出するために、処理ユニット 70 は、アンテナ素子 51 毎に、該アンテナ素子 51 毎のビート信号 BT に含まれる第一及び第二ビート信号をフーリエ変換する。これにより、第一及び第二ビート信号を周波数領域の信号に変換する。

[0030] ここで言う第一ビート信号とは、ミキサ 61 により受信信号 S_r と第一周波数 (f_1) のローカル信号 $L(f_1)$ とが混合されるときに生成されるビート信号 BT のことであり、第二ビート信号とは、ミキサ 61 により受信信号 S_r と第二周波数 (f_2) のローカル信号 $L(f_2)$ とが混合されるときに生成されるビート信号 BT のことである。レーダ波の送受信に要する時間は微小であるため、第一ビート信号には、第一周波数 (f_1) のレーダ波の反射波成分が含まれ、第二ビート信号には、第二周波数 (f_2) のレーダ波

の反射波成分が含まれる。

[0031] 上記変換後、処理ユニット70は、アンテナ素子51毎の周波数領域信号（上記フーリエ変換後の第一及び第二ビート信号）に基づいて、アンテナ素子51毎の第一及び第二ビート信号の一群におけるパワースペクトルの平均を算出し、この平均から、パワーが閾値以上の周波数であるピーク周波数を検出する。このピーク周波数が複数検出される場合、物標Tは複数存在することが推定され、また、ピーク周波数が1つの場合、物標Tが1つであることが推定される。このピーク周波数に対応する第一及び第二ビート信号の信号成分は、対応する物標Tの反射波成分に対応する。尚、第一周波数（ f_1 ）と第二周波数（ f_2 ）との間の周波数差は僅かであるため、第一及び第二ビート信号の夫々におけるピーク周波数の違いについては無視できる点に留意されたい。

[0032] その後、処理ユニット70は、ピーク周波数毎に、当該ピーク周波数の情報から、対応する物標Tそれぞれの相対速度Vについての観測値 V_z を算出する。更に、処理ユニット70は、ピーク周波数毎に、当該ピーク周波数に対応する第一ビート信号BTの反射波成分と、当該ピーク周波数に対応する第二ビート信号BTの反射波成分との位相差に基づいて、対応する物標Tそれぞれまでの距離Rについての観測値 R_z を算出する。また、ピーク周波数毎に、当該ピーク周波数に対応する第一及び第二ビート信号BTの反射波成分についてのアンテナ素子間の位相差から、対応する物標Tそれぞれの方位 θ についての観測値 θ_z を算出する。

[0033] 処理ユニット70は、このようにして、アンテナ素子51毎に得られたビート信号BTの周波数情報から物標T毎の相対速度Vについての観測値 V_z を算出し、アンテナ素子51毎に得られたビート信号BTの位相情報から、物標T毎の距離R及び方位 θ についての観測値 R_z 及び観測値 θ_z を算出する。そして、処理ユニット70は、これら物標T毎の観測値（ R_z , V_z , θ_z ）を、出力ユニット80を介して運転支援ECU100に入力する。

[0034] 一方、運転支援ECU100は、制御ユニット110と、入力ユニット1

20と、を備える。制御ユニット110は、レーダ装置10から入力ユニット120を介して入力される物標T毎の観測値(R_z , V_z , θ_z)に基づいて、物標Tそれぞれの状態推定を行う。この推定結果に基づいて、制御ユニット110は、運転者による車両の運転を支援するための処理を実行する。

[0035] 具体的に、制御ユニット110は、各種プログラムに従う処理を実行するCPU111と、これら各種プログラムを記憶するROM113と、CPU111による処理実行時に作業領域として使用されるRAM115と、を備える。ROM113としては、例えば、フラッシュメモリ等の電氣的にデータ書換可能な不揮発性メモリを採用可能である。状態推定に関する処理や運転支援に関する処理を含む各種処理は、CPU111による上記プログラムに従う処理の実行により実現される。

[0036] 制御ユニット110は、運転支援に関する処理として、例えば、制御対象200としての表示装置を制御することにより、接近物があることを車両K1の運転者に警告表示する処理を実行する。この他、制御ユニット110は、運転支援に関する処理として、制御対象200としての車両K1のブレーキシステムやステアリングシステム等を制御することにより、車両K1と該車両K1に対する接近物との衝突回避のための車両制御を実行する。

[0037] 運転支援ECU100は、制御対象200とは専用線を介して、又は、車内ネットワークを介して制御可能に接続される。車内ネットワークを介した車両制御は、例えば、エンジンECUやブレーキECU、ステアリングECU等の車内ネットワーク内の電子制御装置(ECU)と運転支援ECU100との間の協働により実現される。エンジンECUは、車両K1の内燃機関を制御する電子制御装置のことであり、ステアリングECUは、車両K1のステアリング制御を行う電子制御装置のことであり、ブレーキECUは、車両K1の制動制御を行う電子制御装置のことである。

[0038] また、制御ユニット110は、観測値(R_z , V_z , θ_z)に基づく各物標Tの状態推定に際し、図3に示すように、物標T毎のEKFトラックQ1を生成する。そして、このEKFトラックQ1を用いた各物標Tの状態推定を行う

。EKFトラックQ1は、拡張カルマンフィルタ（EKF）によって対応する物標Tの状態推定を行うトラックである。

[0039] 周知のように、拡張カルマンフィルタは、非線形状態空間モデルを線形近似して状態量の推定を行うカルマンフィルタである。トラックは、例えば、制御ユニット110により実行されるオブジェクトやタスクとして生成される。以下では、トラックを処理の実行主体とした表現を用いて、トラックにより実現される処理を説明する場合があるが、この表現は、トラックに対応する処理を制御ユニット110が実行することを意味する。

[0040] 制御ユニット110は、物標T毎のEKFトラックQ1の生成時、すなわち、物標Tそれぞれの状態量の推定開始時において、当該EKFトラックQ1における対応する物標Tの状態量についての初期値を設定する。この設定に際して、制御ユニット110は、図3に示す機能F1～F4により、特徴的な処理動作を実現する。

[0041] 即ち、制御ユニット110は、レーダ装置10から得られた各物標Tの観測値（ R_z , V_z , θ_z ）を対応するEKFトラックQ1に割り当てる（割当機能F1）。但し、EKFトラックQ1により追跡されていない新規物標の観測値（ R_z , V_z , θ_z ）が生じた場合には、制御ユニット110は、LKFTトラックQ2を生成する。そして、このLKFTトラックQ2に該当する観測値（ R_z , V_z ）を割り当てて、観測値（ R_z , V_z ）の補正、すなわち、平滑化を行う（補正機能F2）。

[0042] LKFTトラックQ2は、線形カルマンフィルタ（LKF）により、対応する物標の状態推定を行うトラックである。周知のように線形カルマンフィルタは、線形状態空間モデルに基づく状態量の推定を行うカルマンフィルタである。本実施例のLKFTトラックQ2は、対応する物標の距離R方向への運動がモデル化された簡易な一次元の直線運動モデルに従って、該物標までの距離R及び物標との相対速度Vを含む状態量（R, V）を推定するトラックとして構成される。

[0043] このLKFTトラックQ2は、方位 θ についての観測値 θ_z を用いずに状態推

定を行う。即ち、L K FトラックQ 2は、距離R及び相対速度Vについての観測値 (R_z , V_z) を用いて、対応する物標の状態量 (R, V) を推定する。

[0044] 制御ユニット110は、L K FトラックQ 2による、推定開始時によりも過去の各時刻における対応する物標の状態量 (R, V) の事後推定値を、補正後の観測値 (R_c , V_c) として用いて後続の処理を実行する。

即ち、制御ユニット110は、上記後続の処理として、補正後の観測値 (R_c , V_c) を標本として用いた特徴的な線形回帰分析を行う (回帰分析機能F 3)。これによって、上記推定開始時によりも過去の各時刻における対応する物標までの距離Rについての高精度な推定を行う。そして、制御ユニット110は、対応する物標に対するE K FトラックQ 1を生成しつつ、この距離Rの推定値 R_e を用いて、E K FトラックQ 1に設定する状態量の初期値を決定し、生成したE K FトラックQ 1に当該初期値を設定する (E K Fトラック生成機能F 4)。

[0045] 具体的に、制御ユニット110は、図4にトラッキング処理を、観測値 (R_z , V_z , θ_z) のサンプリング周期毎に繰り返し実行する。これによって、上述した機能F 1～F 4を実現し、E K FトラックQ 1を用いた物標の状態推定を行う。

[0046] 図4に示すトラッキング処理を開始すると、制御ユニット110は、レーダ装置10から得られる物標T毎の観測値 (R_z , V_z , θ_z) を取り込む (S 110)。その後、物標T毎の観測値 (R_z , V_z , θ_z) の内、E K FトラックQ 1にて追跡されている物標の観測値 (R_z , V_z , θ_z) の夫々を、対応する物標のE K FトラックQ 1に割り当てる (S 120)。

[0047] また、制御ユニット110は、残りの観測値 (R_z , V_z , θ_z) の内、L K FトラックQ 2にて追跡されている物標の観測値 (R_z , V_z , θ_z) の夫々を、対応する物標のL K FトラックQ 2に割り当てる (S 130)。

[0048] S 110で取り込まれた物標毎の観測値 (R_z , V_z , θ_z) の中に、E K FトラックQ 1及びL K FトラックQ 2のいずれによっても追跡されていない新規物標の観測値 (R_z , V_z , θ_z) が存在する場合、制御ユニット110は、S

140において肯定判断し、S150に移行する。

[0049] S150では、制御ユニット110は、新規物標毎に、新たなLKFTラッカQ2を生成する。生成したLKFTラッカQ2の夫々には、状態量(R , V)の初期値として、対応する新規物標の観測値(R_z , V_z)を設定する。その後、S160に移行する。一方、新規物標の観測値(R_z , V_z)がなく、S140にて否定判断すると、制御ユニット110は、S150をスキップしてS160に移行する。

[0050] S160に移行すると、制御ユニット110は、生成済の全トラックに対して、S180以降の処理を実行したか否かを判断する。ここで、実行していないと判断すると(S160でNo)、S170に移行する。S170では、制御ユニット110は、生成済トラック群の中からS180以降の処理について未処理のトラックの一つを処理対象に選択する。

[0051] 但し、ここで言う生成済トラック群とは、生成されているEKFトラックQ1及びLKFTラッカQ2の一群内、今回のトラッキング処理で新たに生成されたトラック以外のトラック群のことである。今回のトラッキング処理にて新たに生成されたトラックは、S170において、選択の対象から外される。

[0052] S170において処理対象のトラックを選択すると、制御ユニット110は、S180に移行し、当該選択したトラックが追跡する物標が消滅しているか否かを判断する。物標が消滅したか否かの判断は、このトラックに対応する物標の観測値(R_z , V_z , θ_z)が所定回数以上連続して欠落しているか否かの判断により実現することができる。

[0053] 物標が消滅していると判断した場合(S180でYes)、制御ユニット110は、このトラックを消去して、対応する物標の追跡を終了した後に、S160に移行し、処理対象のトラックを切り替える。

[0054] 一方、物標が消滅していないと判断した場合には(S180でNo)、制御ユニット110は、処理対象のトラックを更新する処理を実行する(S190)。即ち、処理対象のトラックに、観測値(R_z , V_z , θ_z)に基づいた現

時刻における状態量の事後推定値を算出させる（S 1 9 0）。これにより、処理対象のトラックが保持する物標の状態量を更新する。

- [0055] 処理対象のトラックがE K FトラックQ 1である場合には、このトラックによって、拡張カルマンフィルタに基づく物標の状態量（ X ， Y ， V_x ， V_y ）の事後推定値が算出（更新）される。状態量 Y は、自車両の前後方向を Y 軸としたときの XY 座標系における物標の位置の Y 座標を表し、状態量 X は、 XY 座標系における物標の位置であって X 座標を表す。 X 軸方向は、 Y 軸に直交する方向であって地面に平行な方向（換言すれば、アンテナ素子5 1の配列方向）である。 V_y は、物標の自車両に対する相対速度の Y 軸方向成分を表し、 V_x は、物標の自車両に対する相対速度の X 軸方向成分を表す。
- [0056] 状態量（ X ， Y ， V_x ， V_y ）の更新は、観測値（ R_z ， V_z ， θ_z ）及び状態量（ X ， Y ， V_x ， V_y ）の事前推定値に基づいて行われる。状態量の初期値設定後の初回更新時には、初期値に対応した状態量（ X ， Y ， V_x ， V_y ）の事前推定値が用いられる。
- [0057] 追跡対象の物標に対応する観測値をレーダ装置1 0から取得することができなかったことにより、処理対象のトラックに新しい観測値（ R_z ， V_z ， θ_z ）が割り当てられていない場合には、制御ユニット1 1 0は、周知のように、状態量（ X ， Y ， V_x ， V_y ）の事前推定値が観測値（ R_z ， V_z ， θ_z ）に対応するとみなして、状態量（ X ， Y ， V_x ， V_y ）を更新する。
- [0058] この他、処理対象のトラックが、L K FトラックQ 2である場合には、このトラックによって、線形カルマンフィルタに基づく物標の状態量（ R ， V ）の事後推定値が算出（更新）される。状態量（ R ， V ）の更新は、観測値（ R_z ， V_z ）及び状態量（ R ， V ）の事前推定値に基づいて行われる。上述したように、状態量（ R ， V ）の推定に際して、方位 θ の観測値 θ_z は、用いられない。
- [0059] L K FトラックQ 2により算出された状態量（ R ， V ）の事後推定値は、観測値（ R_z ， V_z ）の補正值（ R_c ， V_c ）として後続の処理で用いられる。制

御ユニット110は、S190においてLKFTラッカQ2により算出された事後推定値(R_c , V_c)を、観測値(R_z , V_z)と一緒に観測された方位 θ の観測値 θ_z と共に、観測値(R_z , V_z , θ_z)に対応する補正後の観測値(R_c , V_c , θ_z)として、例えばRAM115等に記憶する。また、ステップS190において、制御ユニット110は、処理対象トラックの現在の更新回数を例えばRAM115等に記憶する。

[0060] S190での処理を終了すると、制御ユニット110は、処理対象のトラックがLKFTラッカQ2であるか否かによって処理を切り替える(S200)。具体的に、制御ユニット110は、処理対象のトラックがLKFTラッカQ2ではなくEKFTラッカQ1である場合(S200でNo)、S210, S220をスキップして、S160に移行する。

[0061] 一方、処理対象のトラックがLKFTラッカQ2である場合には(S200でYes)、制御ユニット110は、S210において、処理対象のトラックのS190による更新回数、すなわち、ステップS190の処理によりRAM115等に記憶された更新回数が規定数($N+1$ 回)以上となったか否かを判断する。

[0062] そして、更新回数が規定数以上となったと判断すると(S210でYes)、制御ユニット110は、S220に移行して、処理対象のLKFTラッカQ2に代わるEKFTラッカQ1を生成し、このEKFTラッカQ1に対する初期値を設定する手順を含む図5に示す分析生成処理を実行する。その後、S160に移行する。一方、更新回数が規定数未満である場合には、制御ユニット110は、S210で否定判断して、S220をスキップし、S160に移行する。

[0063] 即ち、制御ユニット110は、上記生成済トラック群に属するトラックの夫々を、順に処理対象に選択して(S170)、S180以降の処理を実行し、各トラックQ1, Q2が保持する物標の状態量を更新する。そして、LKFTラッカQ2の更新回数が規定数($N+1$)回以上となった場合には、図5に示す分析生成処理を実行して(S220)、このLKFTラッカQ2

をEKFトラックQ1に切り替える。

[0064] このようにして、制御ユニット110は、図5に示す分析生成処理を実行することにより、新規物標に関し、補正された観測値 (R_c , V_c) を含む $N+1$ 回分の観測値 (R_c , V_c , θ_z) を蓄積し、これらの観測値 (R_c , V_c , θ_z) から、適切な初期値を設定したEKFトラックQ1を生成する。その後、この物標に関して、EKFトラックQ1を用いた状態推定を行う。

[0065] 続いて、制御ユニット110が実行する分析生成処理の詳細を、図5を用いて説明する。分析生成処理を開始すると、制御ユニット110は、補正後の $N+1$ 回分の観測値 V_c に基づいて、所定期間、すなわち、過去の時刻 $t=0$ から現時刻（推定時） $t=NT$ までの期間における各時刻 $t=nT$ （但し、 $n=0, 1, \dots, N$ ）における変位量 δ についての観測値 $\delta_c[n]$ を、例えば下式 [1] を用いて算出する (S310)。

$$[0066] \quad \delta_c[n] = \begin{cases} 0 & (n=0) \\ \sum_{i=0}^{n-1} V_c[i] \cdot T & (n \geq 1) \end{cases} \quad [1]$$

この [1] 式で用いられている定数 T は、図4に示すトラッキング処理の実行周期 T であり、観測値 (R_z , V_z , θ_z) のサンプリング周期 T に一致する。ここでは、LKFトラックQ2の $(N+1)$ 回の更新により得られる $(N+1)$ 個の観測値 V_c の内、最初に得られた観測値 V_c の観測時刻 t を $t=0$ として定義する。上式で用いられる観測値 $V_c[i]$ は、時刻 $t=iT$ ($i=0, \dots, n-1$) での観測値 V_c である。

[0067] 変位量 δ は、時刻 $t=0$ での物標の存在地点を基準地点とした距離 R 方向の変位量に対応する。距離 R の変化量に対して方位 θ の変位量は微小であるため、このステップS310では、制御ユニット110は、方位 θ が一定であるものとみなして、距離 R 方向の変位量 δ を上式 [1] に従って算出する。即ち、ステップS310では、制御ユニット110は、処理対象のトラックQ2が追跡する物標の変位量 δ に関する各時刻 $t=nT$ の観測値 $\delta_c[n]$ として、時刻 $t=0$ から対応する時刻 $t=nT$ までの観測値 V_c の時間積分値

を算出する。

[0068] その後、制御ユニット 110 は、 $N+1$ 個の観測値 $R_c[n]$ ($n=0, \dots, N$) と上記算出した $N+1$ 個の観測値 $\delta_c[n]$ ($n=0, \dots, N$) とを標本として用いた線形回帰分析を実行する (S330)。但し、観測値 $R_c[n]$ は、時刻 $t=nT$ での観測値 R_c を表す。

[0069] 具体的には、ステップ S330 において、制御ユニット 110 は、目的変数として距離 R を用い、説明変数として変位量 δ を用いた線形回帰分析であって、前記所定期間における前記各時刻の観測値 (R_c)、及び、前記各時刻の前記観測値 (δ_c) を標本として用いた回帰分析を実行する。距離 R と変位量 δ との関係は、上記基準地点での距離 $R=R_0$ を用いて、式 $R=R_0+\delta$ で表すことができる。従って、線形回帰分析では、この関係式 $R=R_0+\delta$ を回帰式として用いて、下式 [2] で表される二乗誤差 ε^2 が最小となる回帰式の切片の値 R_0 を求める。

[0070]

$$\varepsilon^2 = \sum_{n=0}^N |(R_0 + \delta_c[n]) - R_c[n]|^2 \quad [2]$$

S330 では、制御ユニット 110 は、このようにして線形回帰分析を実行することにより、変位量 $\delta=0$ (時刻 $t=0$) での距離 R の推定値 $R_c[0]$ として、二乗誤差 ε^2 が最小となる値 R_0 を算出する。

[0071] その後、制御ユニット 110 は、この推定値 $R_c[0]$ を用いて、各時刻 $t=nT$ ($n=1, \dots, N$) における距離 R の推定値 $R_c[n]$ を、式 $R_c[n] = R_c[0] + \delta_c[n]$ に従って算出する (S340)。即ち、制御ユニット 110 は、各時刻 $t=nT$ での距離 R の推定値 $R_c[n]$ として、推定値 $R_c[0]$ と、各時刻 $t=nT$ での変位量 δ の観測値 $\delta_c[n]$ との加算値を算出する。

[0072] その後、制御ユニット 110 は、物標までの距離 R の推定値 $R_c[n]$ と、対応する方位 θ の観測値 $\theta_z[n]$ とから特定される極座標系における各時刻 $t=nT$ ($n=0, \dots, N$) での物標の位置 (R, θ) の推定値 ($R_c[n]$

、 $\theta_z[n]$) を、例えば下式[3]および[4]を用いて、上述したX軸及びY軸で定義される直交座標系としてのXY座標系における位置(X, Y)の推定値($X_e[n]$, $Y_e[n]$)に変換する(S350)。

$$X_e[n] = R_e[n] \cdot \cos(\theta_z[n]) \quad [3]$$

$$Y_e[n] = R_e[n] \cdot \sin(\theta_z[n]) \quad [4]$$

その後、制御ユニット110は、上記変換により得られた各時刻 $t = nT$ ($n = 0, \dots, N$)の位置推定値($X_e[n]$, $Y_e[n]$)のX座標 $X_e[n]$ を標本として用いた線形回帰分析により、物標のX軸方向の位置変化を表す関数 $X(t)$ を算出する(S360)。

[0073] 等速運動モデルによれば、時刻 t における物標の位置(X, Y)のX座標 $X(t)$ は、時刻 $t = 0$ における物標の位置のX座標 X_0 と、物標の自車両に対する相対速度 V のX軸方向成分 V_x0 とを用いて、式 $X(t) = X_0 + V_x0 \cdot t$ で表すことができる。

[0074] S360では、制御ユニット110は、線形回帰分析により、標本 $X_e[n]$ ($n = 0, \dots, N$)に対する二乗誤差が最小となる回帰式 $X(t) = X_0 + V_x0 \cdot t$ の切片の値 X_0 及び傾きの値 V_x0 を算出する。これにより、時刻 t と物標の位置のX座標との対応関係を表す上記関数 $X(t)$ を算出する。この関数 $X(t)$ は、標本 $X_e[n]$ ($n = 0, \dots, N$)を、時間 t 対位置 X のグラフにプロットしたときの近似直線に対応する。

[0075] 更に、制御ユニット110は、上記変換により得られた各時刻 $t = nT$ ($n = 0, \dots, N$)の位置推定値($X_e[n]$, $Y_e[n]$)のY座標 $Y_e[n]$ を標本として用いた線形回帰分析により、物標のY軸方向の位置変化を表す関数 $Y(t)$ を算出する(S370)。

[0076] 等速運動モデルによれば、時刻 t における物標の位置(X, Y)のY座標 $Y(t)$ は、時刻 $t = 0$ における物標の位置のY座標 Y_0 と、物標の自車両に対する相対速度 V のY軸方向成分 V_y0 とを用いて、式 $Y(t) = Y_0 + V_y0 \cdot t$ で表すことができる。

[0077] S370では、制御ユニット110は、線形回帰分析により、標本 $Y_e[n]$

] $(n = 0, \dots, N)$ に対する二乗誤差が最小となる回帰式 $Y(t) = Y_0 + V_y 0 \cdot t$ の切片の値 Y_0 及び傾きの値 $V_y 0$ を算出する。これにより、時刻 t と物標の位置の Y 座標との対応関係を表す上記関数 $Y(t)$ を算出する。

[0078] その後、制御ユニット 110 は、処理対象の L K F トラック Q 2 を消去し、その代わりに、この L K F トラック Q 2 が追跡する物標を追跡対象とする新たな E K F トラック Q 1 を生成する (S 3 8 0)。そして、制御ユニット 110 は、生成した E K F トラック Q 1 に対し、物標の状態量 (X, Y, V_x, V_y) の初期値として、値 ($X(t = NT), Y(t = NT), V_x 0, V_y 0$) を設定する (S 3 9 0)。

[0079] 即ち、制御ユニット 110 は、状態量 X の初期値として、S 3 6 0 で算出した関数 $X(t)$ に従う現時刻 $t = NT$ での位置 $X(t = NT)$ を設定し、状態量 Y の初期値として、S 3 7 0 で算出した関数 $Y(t)$ に従う現時刻 $t = NT$ での位置 $Y(t = NT)$ を設定する。また、制御ユニット 110 は、状態量 V_x の初期値として、関数 $X(t)$ の傾き $V_x 0$ を設定し、状態量 V_y の初期値として、関数 $Y(t)$ の傾き $V_y 0$ を設定する。

[0080] その後、制御ユニット 110 は、当該分析生成処理を終了する。本実施例によれば、このような手順で E K F トラック Q 1 に初期値を設定する。その後、この物標に関して、制御ユニット 110 は、E K F トラック Q 1 を用いた状態推定を行う。

[0081] 以上、本実施形態のトラッキング処理について説明したが、本実施形態に係る制御ユニット 110 は、新規物標が現れた場合、E K F トラック Q 1 に対し初期値を設定する前に、L K F トラック Q 2 を用いてレーダ装置 10 から得られた、対応する新規物標の観測値 (R_z, V_z) を補正 (平滑化) する。そして、制御ユニット 110 は、補正後の観測値 (R_c, V_c) に基づいて、E K F トラック Q 1 に対し初期値を設定する。

[0082] 二周波 CW 方式のレーダ装置 10 によれば、物標までの距離 R についての観測値 R_z を、上述したように反射波の受信信号に含まれる位相情報から算出

する。このため、観測値 R_z の精度が悪く、観測値 R_z に大きなばらつきが生じる恐れがある。

しかしながら、本実施形態に係る制御ユニット 110 による L K F トラック Q 2 を用いた補正によれば、そのばらつきを抑えることができる。従って、本実施形態に係る制御ユニット 110 においては、レーダ装置 10 における距離 R の観測精度の低さが E K F トラック Q 1 に対する初期値の設定に悪影響を与えるのを抑えることができる。

[0083] また、二周波 C W 方式のレーダ装置 10 によれば、物標の相対速度 V についての観測値 V_z を、上述したように受信信号に含まれる周波数情報から算出する。このため、観測値 V_z の精度は、観測値 R_z に対して高い。本実施形態に係る制御ユニット 110 によれば、この精度の違いを利用して、上述した S 310, S 330, S 340 の処理により、物標までの距離 R を高精度に推定する。

[0084] 即ち、制御ユニット 110 は、観測値 V_z から得られる変位量 δ の観測値 δ_o に基づき、時刻 $t = 0$ での距離 $R = R_0$ を高精度に推定し、この距離 R_0 と、観測値 δ_o とに基づき、各時刻 $t = n T$ ($n = 0, \dots, N$) における距離 R の推定値 $R_o[n]$ を高精度に算出する。従って、本実施形態に係る制御ユニット 110 によれば、E K F トラック Q 1 に適切な初期値を設定することができる。

[0085] 従来技術によれば、時刻 t を説明変数とし距離 R を目的変数とする線形回帰分析により観測値 R_z に対応する距離 R の推定値を算出し、これに基づいてトラックに対する初期値を設定していた。

[0086] しかしながら、この技術では、図 6 において破線で示すように回帰分析により得られる回帰直線が、真値からの誤差の大きい距離 R の観測値 R_z の影響を大きく受ける。よって、回帰直線に基づいて時刻 t_1 でトラックに設定される状態量の初期値としての物標の位置が、図 6 において三角のプロット点で表されるように、真値から大きくずれた値となってしまう。また、回帰直線の傾きから設定される状態量の初期値としての物標の相対速度が、真値か

ら大きくずれた値となってしまう。

[0087] これに対し、本実施形態に係る制御ユニット 110 によれば、精度の高い速度 V の観測値 V_o に基づく変位量 δ_o を用いて、変位量 δ を説明変数とし距離 R を目的変数とする回帰分析を実行する。これにより、観測値 R_o に対応する距離 R の推定値 R_o を算出する。このため、真値からの誤差の大きい観測値の影響を抑えて、精度の高い推定値 R_o を求めることができる。

[0088] 従って、本実施形態に係る制御ユニット 110 によれば、図 6 白丸で表されるように、EKF トラック Q1 に対しては、状態量の初期値としての物標の位置を、従来技術よりも真値からの誤差の小さい値として、適切に設定することができる。また、精度の高い回帰式が得られる結果、状態量の初期値としての物標の相対速度を、真値からの誤差の小さい値として、適切に設定することができる。

[0089] 本実施形態に係る制御ユニット 110 によれば、このように適切な初期値を設定することができる結果、図 7 実線で示すように、初期値を設定した時刻 t_1 以降における EKF トラック Q1 を用いた物標の状態推定に際して、初期段階から精度の高い状態量 (X , Y , V_x , V_y) の推定値を算出することができる。

[0090] 従来技術によって EKF トラック Q1 に初期値を設定した場合には、初期値の真値からの誤差が大きいため、図 7 において一点鎖線で示すように、精度の良い状態推定が行えるようになるまでに時間がかかる。図 7 に示す一点鎖線は、状態量の初期値として、真値よりも大きい値が設定された場合の EKF トラック Q1 による状態量の推定値の軌跡を表すものである。

[0091] 図 7 に示す例によれば、初期値として真値よりも大きい値が設定された結果、状態量の推定値が真値よりも上方向に乖離した値として EKF トラック Q1 により算出される。このように、従来技術によれば、EKF トラック Q1 による物標の状態推定の初期段階において、高い精度で状態推定を行うことができない。

[0092] これに対して、本実施形態によれば、精度の高い適切な初期値を設定する

ことができる結果、従来よりも早い段階から、EKFトラッカQ1による物標の状態推定を高精度に行うことができる。

[0093] 更に言えば、本実施形態に係る制御ユニット110によれば、物標の位置(R , θ)をXY座標系に変換して、EKFトラッカQ1に初期値を設定する際、方位 θ の観測値 θ_z にも誤差が含まれることを考慮して、更なる回帰分析を行うようにした。

[0094] 即ち、本実施形態に係る制御ユニット110は、物標の位置の推定値($R_o[n]$, $\theta_z[n]$)を、XY座標系における位置(X , Y)の推定値($X_o[n]$, $Y_o[n]$)に変換した後(S350)、この推定値($X_o[n]$, $Y_o[n]$)を、更に線形回帰分析するようにした(S360, S370)。そして、本実施形態に係る制御ユニット110は、この回帰分析の結果に従う初期値をEKFトラッカQ1に対して設定することで、方位 θ の観測誤差による初期値の誤差を抑えるようにした。

[0095] 従って本実施形態に係る制御ユニット110によれば、一層適切な初期値の設定を行うことができ、EKFトラッカQ1を用いた物標の状態推定システムとして、良好なシステムを構築することができる。

[0096] [他の実施形態]

以上に、本開示内容の一実施形態について説明したが、本開示内容は、上記実施形態に限定されるものではなく、種々の態様を採ることができる。

[0097] 上記実施形態によれば、制御ユニット110は、レーダ装置10から得られる観測値(R_z , V_z)を、LKFトラッカQ2により補正(平滑化)し、この補正後の観測値(R_c , V_c)を用いて、物標の距離 R の推定値 R_o を算出するようにした。しかしながら、制御ユニット110は、推定値 R_o の算出を、LKFトラッカQ2による補正後の観測値(R_c , V_c)ではなく、レーダ装置10から得られた観測値(R_z , V_z)を用いて行なうことも可能である。

[0098] 即ち、制御ユニット110は、分析生成処理のS310~S340においては、観測値(R_c , V_c)を用いた場合と同様の処理を、観測値(R_c , V_c)の代わりに観測値(R_z , V_z)を用いて実行して、距離 R の推定値 R_o を算出し

てもよい。

[0099] また、上記実施形態においては、制御ユニット 110 は、EKF トラッカ Q1 に対する初期値の設定のために、S310～S340 の手順により、距離 R の推定値 R_0 を算出したが、本開示内容においては、この算出技術を、初期値の設定以外の目的で活用することも可能である。

[0100] 即ち、S310～S340 の手順による距離 R の推定値 R_0 の算出技術は、距離 R の観測精度が速度 V の観測精度よりも悪い場合に、速度 V の観測精度の高さを利用して、距離 R の観測値 R_z を高精度に補正する技術である。従って、本開示内容は、初期値の設定に限らず、単に観測値 R_z を補正するための目的で、活用することができる。

[0101] また、上述した実施形態では、状態推定フィルタとして、線形カルマンフィルタや非線形カルマンフィルタである拡張カルマンフィルタを用いて、目標の状態推定を行う場合について説明したが、他の種類の状態推定フィルタを用いることができることは言うまでもない。

[0102] [対応関係]

本実施形態の運転支援 ECU100 は、推定装置の一例に対応し、レーダ装置 10 は、観測装置の一例に対応する。そして、運転支援 ECU100 の制御ユニット 110 が実行する S310 の処理は、変位量算出手段によって実現される処理の一例に対応し、制御ユニット 110 が実行する S330、S340 の処理は、距離推定手段によって実現される処理の一例に対応する。

[0103] また、制御ユニット 110 が実行する S130～S150、S190 の処理は、補正手段によって実現される処理の一例に対応し、制御ユニット 110 が実行する S350～S370 の処理は、位置推定手段によって実現される処理の一例に対応し、S350 の処理は、変換手段によって実現される処理の一例に対応する。

[0104] また、制御ユニット 110 が実行する S190 により実現される EKF トラッカ Q1 が保持する状態量の更新処理は、状態推定手段によって実現され

る処理の一例に対応し、制御ユニット１１０が実行するＳ３９０の処理は、初期値設定手段によって実現される処理の一例に対応する。

符号の説明

[0105] １…車載システム、１０…レーダ装置、２０…送信回路、３０…分配器、４０…送信アンテナ、５０…受信アンテナ、５１…アンテナ素子、６０…受信回路、６１…ミキサ、７０…処理ユニット、８０…出力ユニット、１００…運転支援ＥＣＵ、１１０…制御ユニット、１１１…ＣＰＵ、１１３…ＲＯＭ、１１５…ＲＡＭ、１２０…入力ユニット、２００…制御対象、ＢＴ…ビーート信号、Ｆ１…割当機能、Ｆ２…補正機能、Ｆ３…回帰分析機能、Ｆ４…ＥＫＦトラッカ生成機能、Ｋ１，Ｋ２…車両、Ｌ…ローカル信号、Ｓｒ…受信信号、Ｓｓ…送信信号、Ｑ１，Ｑ２…トラッカ。

請求の範囲

[請求項1] 前方物体までの距離（ R ）及び前記前方物体の速度（ V ）を観測する観測装置（10）による所定期間における複数の時刻それぞれの前記速度（ V ）の観測値（ V_z ）に基づき、前記時刻毎に、前記期間の開始時刻から対応する時刻までの前記前方物体の変位量（ δ ）に関する観測値（ δ_z ）として、前記開始時刻から前記対応する時刻までの前記観測値（ V_z ）の時間積分値を算出する変位量算出手段（110, S310）と、

目的変数として前記距離（ R ）を用い、且つ、説明変数として前記変位量（ δ ）を用いた回帰分析であって、前記観測装置による前記所定期間における前記各時刻の前記距離（ R ）の観測値（ R_z ）、及び、前記各時刻の前記観測値（ δ_z ）を標本として用いた回帰分析を実行し、当該回帰分析により算出された回帰式に従う前記変位量（ δ ）がゼロであるときの前記距離（ R ）の値を、前記開始時刻における前記前方物体までの前記距離（ R ）の値であると推定する距離推定手段（110, S330, S340）と、
を備えることを特徴とする推定装置。

[請求項2] 線形状態空間モデルに基づく状態推定フィルタを用いた前記前方物体の状態推定によって、前記各時刻の前記観測値（ R_z ）及び前記観測値（ V_z ）を補正する補正手段（110, S130～S150, S190）をさらに備え、前記変位量算出手段は、前記各時刻の観測値（ δ_z ）として、前記補正手段による補正後の前記観測値（ V_c ）の時間積分値（ δ_c ）を算出し、前記距離推定手段は、前記補正手段による補正後の前記各時刻の観測値（ R_c ）、及び、前記各時刻の前記観測値（ δ_c ）を標本として用いて、前記回帰分析を実行することを特徴とする請求項1記載の推定装置。

[請求項3] 前記線形状態空間モデルに基づく状態推定フィルタは、線形カルマンフィルタであることを特徴とする請求項2記載の推定装置。

- [請求項4] 前記距離推定手段は、前記推定した前記開始時刻における前記距離（ R ）と前記各時刻の前記観測値（ δ_z ）との加算値を、前記各時刻における前記前方物体までの前記距離（ R ）として推定することを特徴とする請求項1記載の推定装置。
- [請求項5] 前記距離推定手段は、前記推定した前記開始時刻における前記距離（ R ）と前記各時刻の前記観測値（ δ_z ）との加算値を、前記各時刻における前記前方物体までの前記距離（ R ）として推定することを特徴とする請求項2記載の推定装置。
- [請求項6] 前記距離推定手段は、前記推定した前記開始時刻における前記距離（ R ）と前記各時刻の前記観測値（ δ_z ）との加算値を、前記各時刻における前記前方物体までの前記距離（ R ）として推定することを特徴とする請求項3記載の推定装置。
- [請求項7] 前記観測装置は、前記前方物体の方位 θ を更に観測する装置であり、
前記推定装置は、前記距離推定手段により推定された前記各時刻における前記距離（ R ）と、前記観測装置による前記方位（ θ ）の観測値（ θ_z ）とに基づき、直交座標系での前記各時刻（ t ）における前記前方物体の位置 $\{P(t)\}$ を推定する位置推定手段（110, S350～S370）をさらに備えることを特徴とする請求項4記載の推定装置。
- [請求項8] 前記位置推定手段は、前記距離推定手段により推定された前記各時刻における前記距離（ R ）及び前記観測値（ θ_z ）から特定される極座標系での前記各時刻の前記前方物体の位置（ R, θ_z ）を、前記直交座標系であるXY座標系での前記各時刻の前記前方物体の位置（ X_z, Y_z ）に、変換する変換手段（110, S350）を備え、前記変換によって得られた前記各時刻の前記位置（ X_z, Y_z ）のX座標（ X_z ）標本として用いた回帰分析により、時刻（ t ）と前記前方物体の位置のX座標との対応関係を表す関数 $\{X(t)\}$ を算出する一方、前

記各時刻の前記位置 (X_z , Y_z) の Y 座標 (Y_z) を標本として用いた回帰分析により、時刻 (t) と前記前方物体の位置の Y 座標との対応関係を表す関数 $\{Y(t)\}$ を算出し、これによって、前記各時刻における前記前方物体の位置 $\{P(t) = (X(t), Y(t))\}$ を推定することを特徴とする請求項 7 記載の推定装置。

[請求項9] 非線形状態空間モデルに基づく状態推定フィルタを用いて前記前方物体の位置及び速度を推定する状態推定手段 (110, S190, Q1) と、前記状態推定手段が用いる前記状態推定フィルタに対し、前記前方物体の位置及び速度に関する初期値として、前記位置推定手段により推定された前記位置 $\{P(t)\}$ から特定される前記初期値に対応する時刻での位置及び速度を設定する初期値設定手段 (110, S390) と、をさらに備えることを特徴とする請求項 7 記載の推定装置。

[請求項10] 非線形状態空間モデルに基づく状態推定フィルタを用いて前記前方物体の位置及び速度を推定する状態推定手段 (110, S190, Q1) と、前記状態推定手段が用いる前記状態推定フィルタに対し、前記前方物体の位置及び速度に関する初期値として、前記位置推定手段により推定された前記位置 $\{P(t)\}$ から特定される前記初期値に対応する時刻での位置及び速度を設定する初期値設定手段 (110, S390) と、をさらに備えることを特徴とする請求項 8 記載の推定装置。

[請求項11] 前記非線形状態空間モデルに基づく状態推定フィルタは、非線形カルマンフィルタであることを特徴とする請求項 10 記載の推定装置。

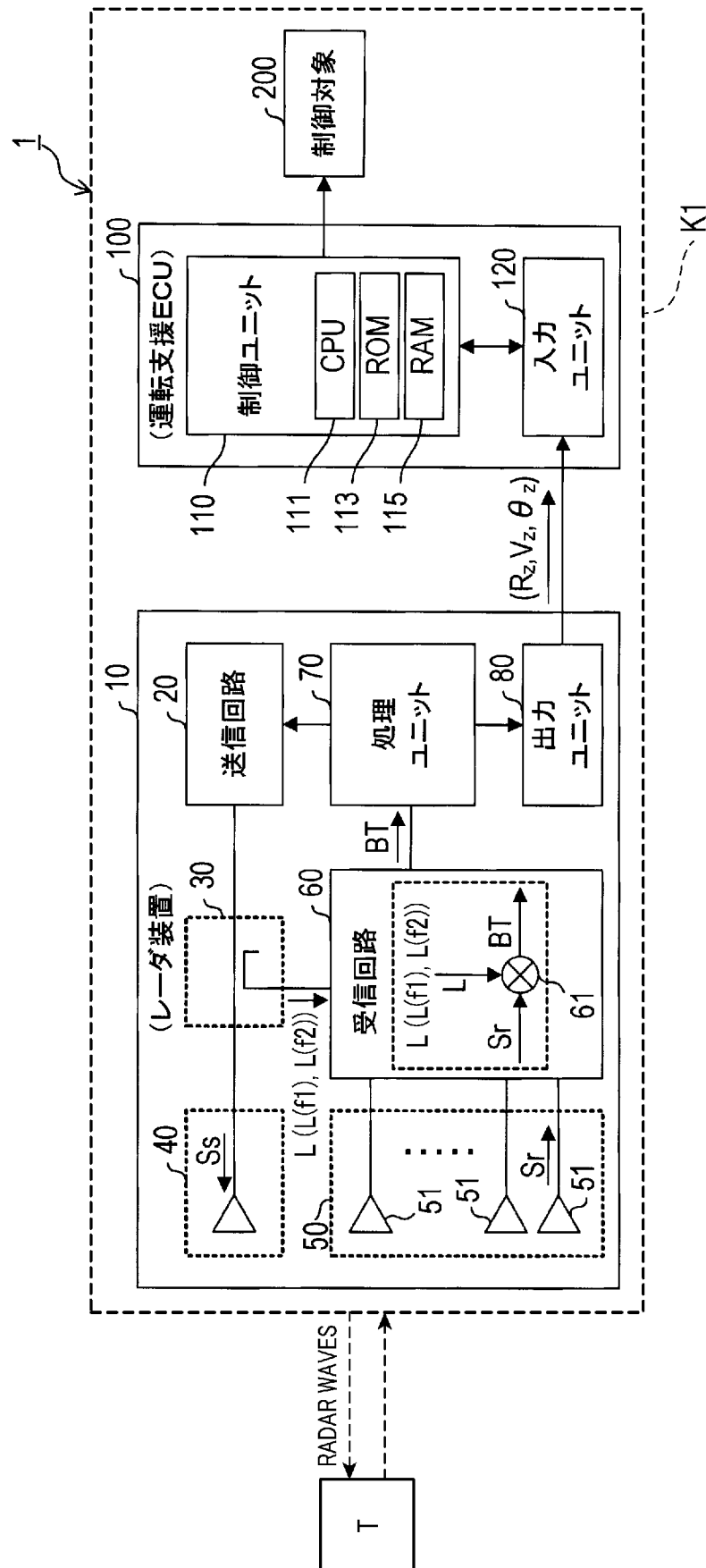
[請求項12] 前記非線形カルマンフィルタは、拡張カルマンフィルタであることを特徴とする請求項 11 記載の推定装置。

[請求項13] 前記観測装置は、レーダ波を発射して反射波を受信し、前記反射波の受信信号に含まれる周波数情報から、前記前方物体の前記速度 (V) を観測し、前記受信信号に含まれる位相情報から前記前方物体まで

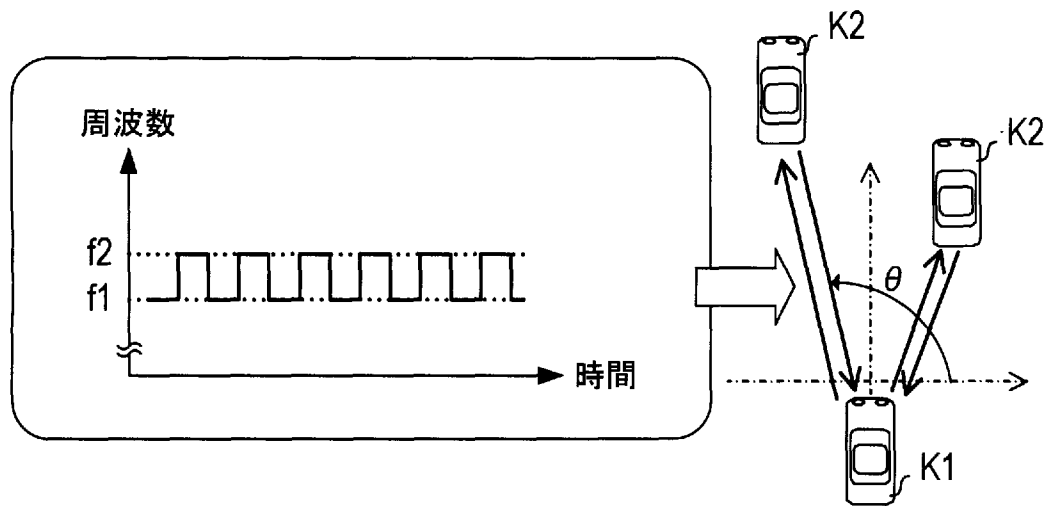
の前記距離（ R ）を観測する装置であることを特徴とする請求項 1 記載の推定装置。

[請求項14] 前記観測装置は、二周波CW (Dual Frequency Continuous Wave) 方式によりレーダ波を発射し、前記前方物体による前記レーダ波の反射に基づく反射波を受信し、前記反射波の受信信号から前記前方物体までの前記距離（ R ）及び前記前方物体の速度（ V ）を観測する装置であることを特徴とする請求項 1 記載の推定装置。

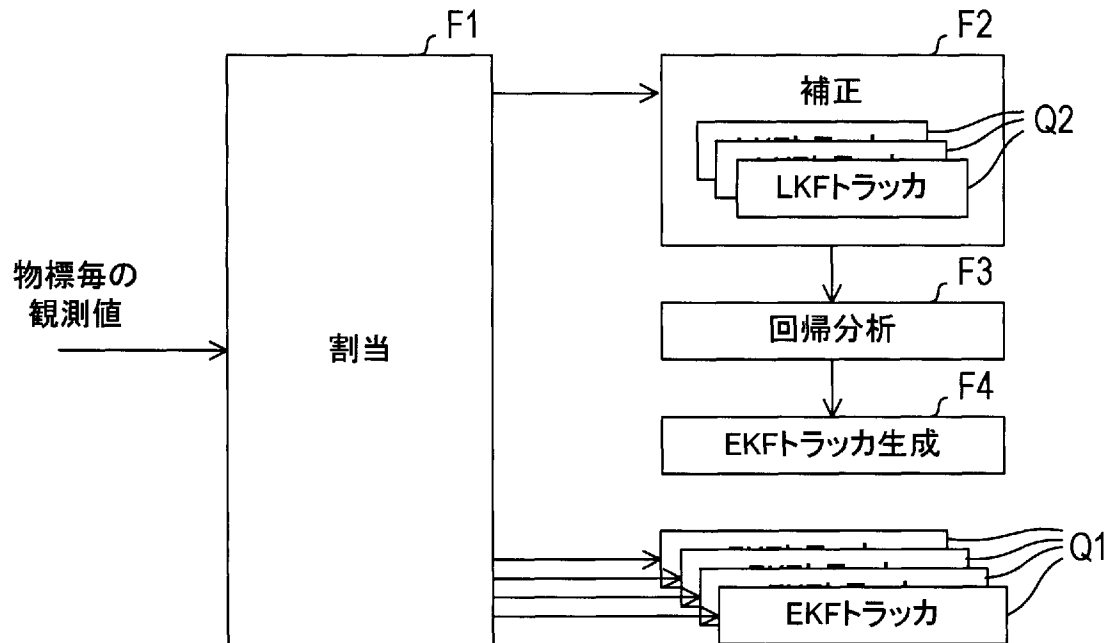
[図1]



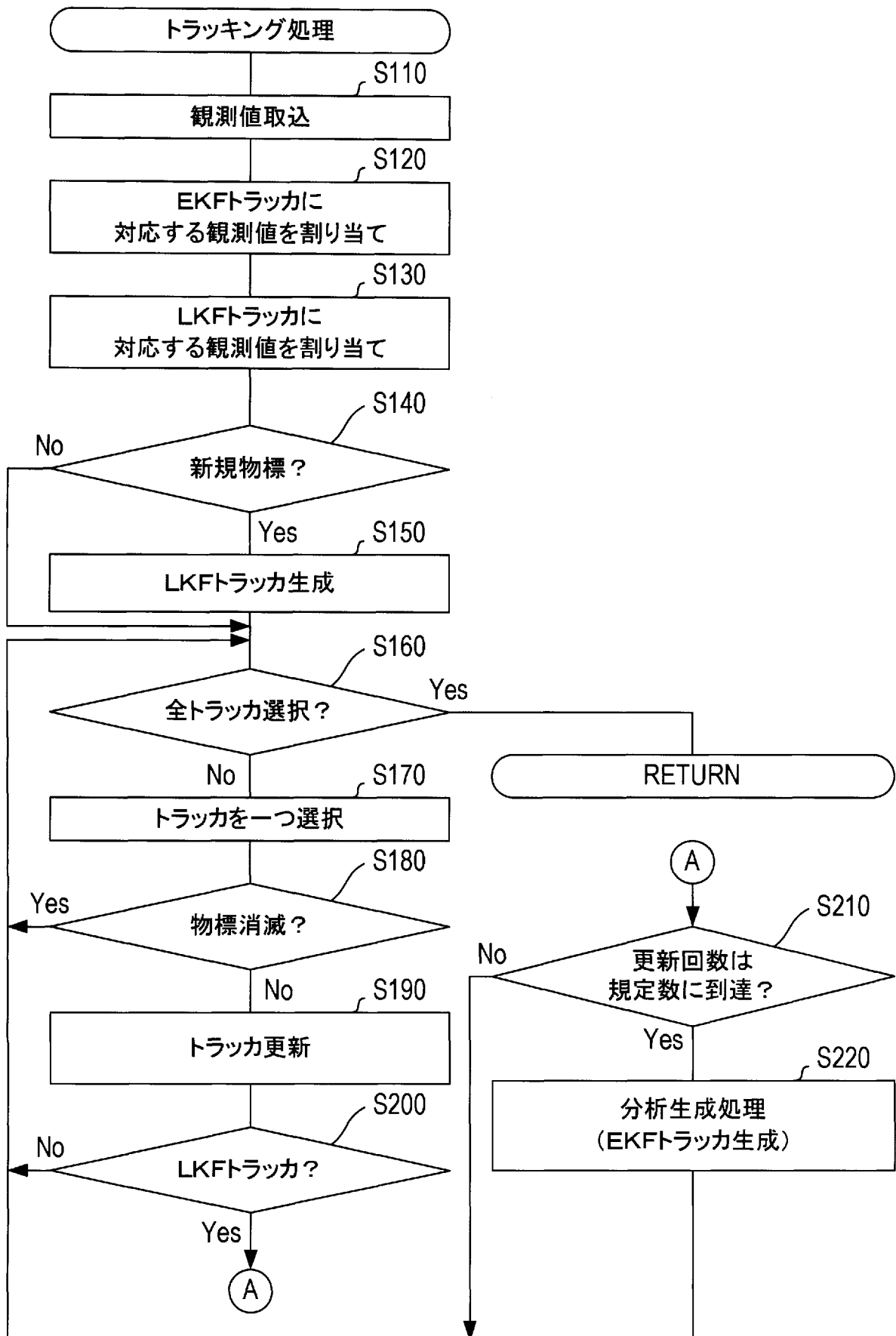
[図2]



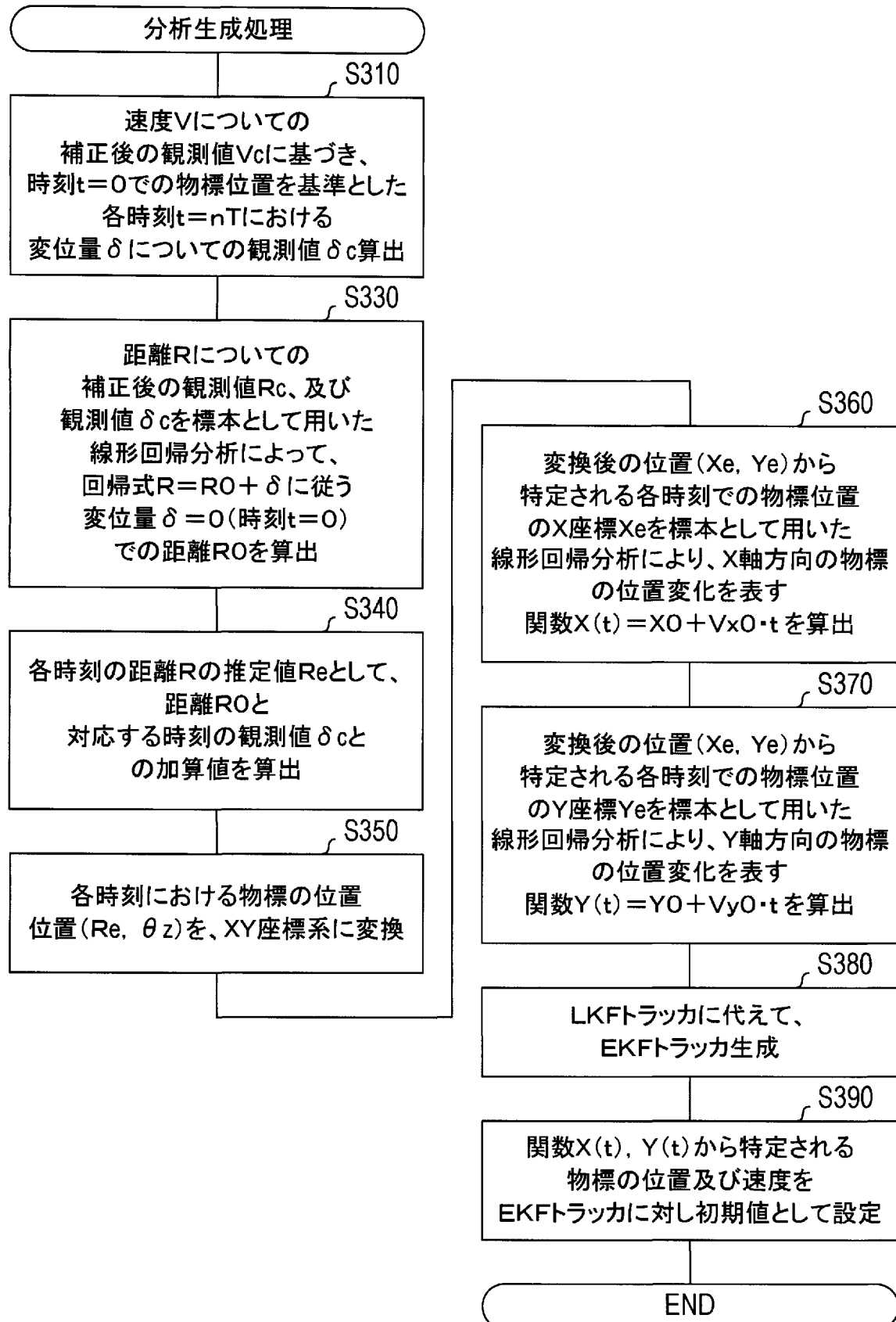
[図3]



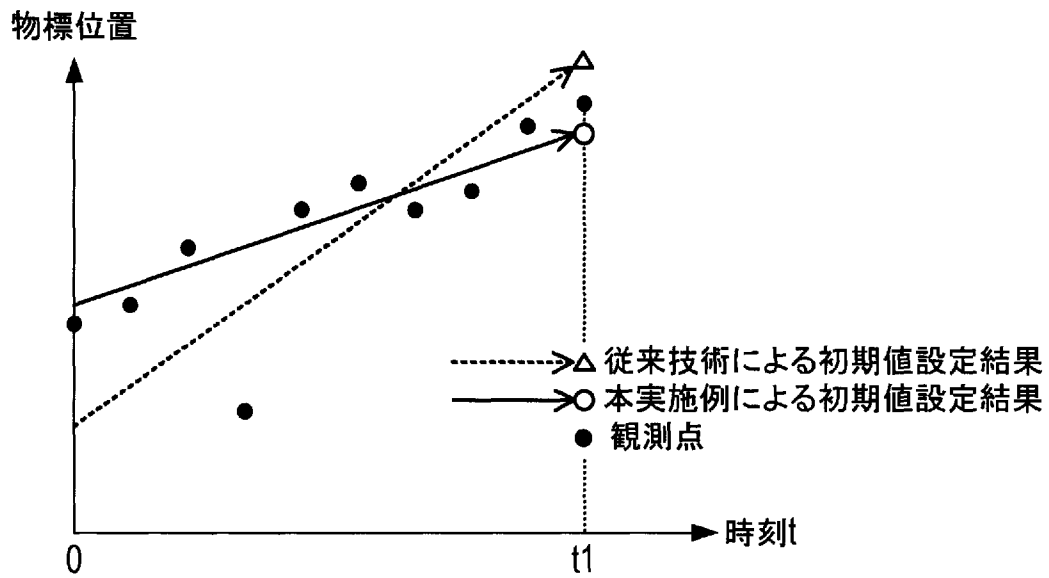
[図4]



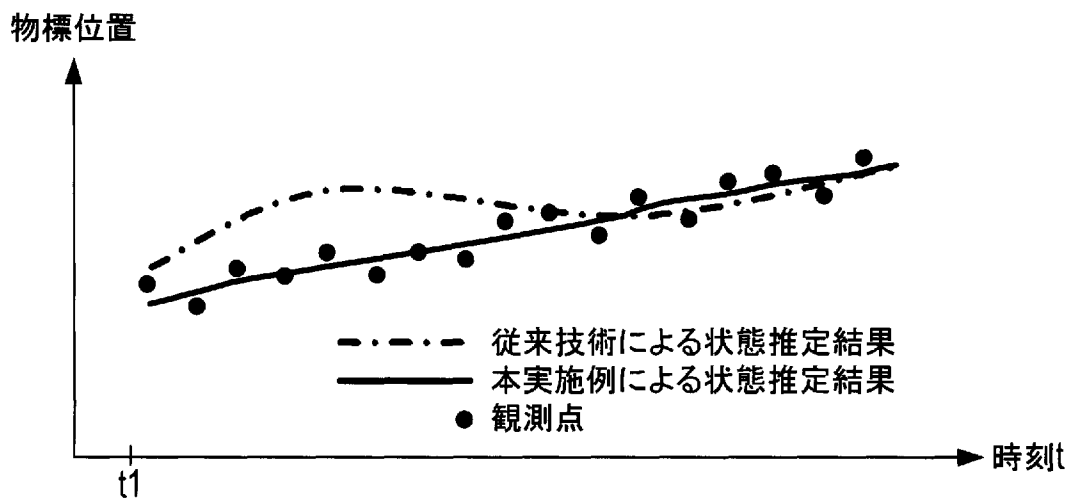
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/055403

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S13/66(2006.01)i, G01S7/32(2006.01)i, G01S13/38(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01S7/00-7/42, G01S13/00-13/95, B60R21/00, G08G1/00-99/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2014

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2014 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-272466 A (Toyota Central Research and Development Laboratories, Inc.), 05 October 2001 (05.10.2001), entire text; all drawings (Family: none)	1-14
A	JP 2008-249427 A (Toyota Motor Corp.), 16 October 2008 (16.10.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-14
A	JP 2010-91407 A (Furuno Electric Co., Ltd.), 22 April 2010 (22.04.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-14



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 March, 2014 (31.03.14)

Date of mailing of the international search report

08 April, 2014 (08.04.14)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/055403

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-203095 A (Mitsubishi Electric Corp.), 04 September 2008 (04.09.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-14
A	JP 2013-120127 A (Mitsubishi Electric Corp.), 17 June 2013 (17.06.2013), entire text; all drawings (Family: none)	1-14
A	JP 8-124080 A (Honda Motor Co., Ltd.), 17 May 1996 (17.05.1996), entire text; all drawings (Family: none)	1-14
A	JP 2010-256083 A (Mitsubishi Electric Corp.), 11 November 2010 (11.11.2010), entire text; all drawings & US 2010/0271258 A1 & DE 102009049059 A	1-14

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G01S13/66(2006.01)i, G01S7/32(2006.01)i, G01S13/38(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G01S7/00-7/42, G01S13/00-13/95, B60R21/00, G08G1/00-99/00			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 1 4 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 4 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 4 年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
A	JP 2001-272466 A（株式会社豊田中央研究所）2001.10.05, 全文、 全図（ファミリーなし）	1-14	
A	JP 2008-249427 A（トヨタ自動車株式会社）2008.10.16, 全文、全 図（ファミリーなし）	1-14	
A	JP 2010-91407 A（古野電気株式会社）2010.04.22, 全文、全図（フ ァミリーなし）	1-14	
☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 3 1 . 0 3 . 2 0 1 4		国際調査報告の発送日 0 8 . 0 4 . 2 0 1 4	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 清藤 弘晃 電話番号 03-3581-1101 内線 3258	2 S 2 9 1 6

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2008-203095 A (三菱電機株式会社) 2008. 09. 04, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-14
A	JP 2013-120127 A (三菱電機株式会社) 2013. 06. 17, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-14
A	JP 8-124080 A (本田技研工業株式会社) 1996. 05. 17, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-14
A	JP 2010-256083 A (三菱電機株式会社) 2010. 11. 11, 全文、全図 & US 2010/0271258 A1 & DE 102009049059 A	1-14