

(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
2022年11月17日(17.11.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/239644 A1

(51) 国際特許分類:
G01S 13/66 (2006.01) G01S 17/66 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/018928

(22) 国際出願日: 2022年4月26日(26.04.2022)

(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 2021-081239 2021年5月12日(12.05.2021) 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).

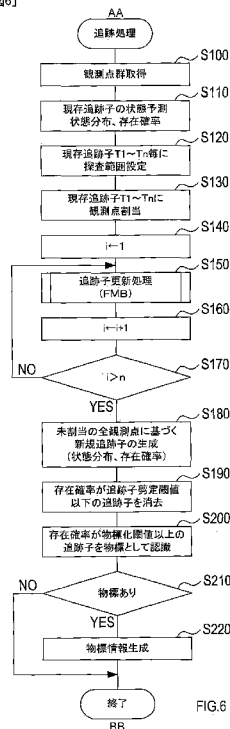
(72) 発明者: 楠本 哲也 (KUSUMOTO, Tetsuya); 〒4700111 愛知県日進市米野木町南山500番地20 株式会社SOKEN内 Aichi (JP). 清水 辰吾 (SHIMIZU, Shingo); 〒4700111 愛知県日進市米野木町南山500番地20 株式会社SOKEN内 Aichi (JP). 小川 高志 (OGAWA, Takashi); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 米田 雅樹 (YONEDA, Masaki); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 名古屋国際特許業務法人 (NAGOYA INTERNATIONAL PATENT

(54) Title: TRACKING DEVICE

(54) 発明の名称: 追跡装置

[図6]



AA... TRACKING PROCESSING
S100... OBSERVATION POINT GROUP ACQUISITION
S110... STATE PREDICTION, STATE DISTRIBUTION, AND EXISTENCE PROBABILITY OF EXISTING TRACERS
S120... SETTING OF SEARCH RANGE FOR EACH EXISTING TRACER T1 TO Tn
S130... ALLOCATION OF OBSERVATION POINTS TO EXISTING TRACERS T1 TO Tn
S140... TRACER UPDATE PROCESSING (FMB)
S150... GENERATION OF NEW TRACER BASED ON ALL UNALLOCATED OBSERVATION POINTS (STATE DISTRIBUTION, EXISTENCE PROBABILITY)
S160... DELETE TRACERS HAVING AN EXISTENCE PROBABILITY EQUAL TO OR LESS THAN A TRACER PRUNING THRESHOLD
S170... RECOGNIZE TRACER HAVING EXISTENCE PROBABILITY EQUAL TO OR GREATER THAN TARGETIZING THRESHOLD AS TARGET OBJECT
S180... IS THERE A TARGET OBJECT?
S190... GENERATION OF TARGET OBJECT INFORMATION
S200... END

(57) Abstract: An observation allocating unit exclusively allocates observation points to each existing tracer in accordance with a distance between observation information acquired by an information acquiring unit and observation information indicated by a predictive distribution. A hypothesis generating unit generates a hypothesis likelihood and a hypothesis distribution for each hypothesis belonging to a hypothesis group including a first hypothesis and a second hypothesis, for each target tracer. The first hypothesis is a hypothesis that a target observation point is the result of observing a given

FIRM); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦一丁目20番19号 名神ビル Aichi (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(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, ST, 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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

target object. The second hypothesis is a hypothesis that the target observation point is not the result of observing the given target object. The hypothesis likelihood is the likelihood of the hypothesis. The hypothesis distribution is a state distribution updated on the assumption that the hypothesis is correct.

(57) 要約: 観測割当部は、情報取得部にて取得された観測情報と予測分布が示す観測情報との距離に従って、現存追跡子のそれぞれに、観測点を排他的に割り当てる。仮説生成部は、対象追跡子毎に、第1の仮説及び第2の仮説を含む仮説群に属する仮説のそれぞれについて、仮説尤度、及び仮説分布を生成する。第1の仮説は、対象観測点の対象物標を観測した結果であるとする仮説である。第2の仮説は、対象観測点の対象物標を観測した結果ではないとする仮説である。仮説尤度は、仮説の尤度である。仮説分布は、仮説が正しいと仮定して更新した状態分布である。

明 細 書

発明の名称 : 追跡装置

関連出願の相互参照

- [0001] 本国際出願は、2021年5月12日に日本国特許庁に出願された日本国特許出願第2021-081239号に基づく優先権を主張するものであり、日本国特許出願第2021-081239号の全内容を本国際出願に参照により援用する。

技術分野

- [0002] 本開示は、物標を追跡する追跡装置に関する。

背景技術

- [0003] 追跡中の物標候補を表す追跡子の状態を、観測点の情報を用いて逐次更新するトラッキングとして、NNトラッキング、及びRFSトラッキングが知られている。NNは、Nearest Neighborの略であり、RFSは、Random Finite Setの略である。
- [0004] NNトラッキングでは、追跡子の状態の更新に、追跡子に最も近い1つの観測点の情報を用いる。RFSトラッキングでは、RFS追跡子から一定の範囲内にあるすべての観測点の情報を用いる。RFSトラッキングは、例えば、特許文献1に開示されている。
- [0005] RFSトラッキングでは、複数の観測点それぞれの検知確率と、複数の追跡子それぞれの存在確率を用いて、複数の追跡子と複数の観測点との対応関係を表す複数の仮説を生成し、各仮説の尤度演算を行い、すべての仮説を考慮したトラッキングが実行される。また、各仮説に従って更新される追跡子の状態を、各仮説の尤度を用いて畳み込むことで、次の処理サイクルに伝搬する仮説の数を削減する手法も知られている。

先行技術文献

特許文献

- [0006] 特許文献1：米国特許出願公開第2019/0035088号明細書

発明の概要

- [0007] しかしながら、発明者の詳細な検討の結果、以下の課題が見出された。すなわち、RFSトラッキングでは、観測点や追跡子の数が増加するに従って仮説の数、ひいてはトラッキングに要する演算量、特に仮説の尤度の算出に要する演算量が指数関数的に増大する。従って、RFSトラッキングは、リアルタイムでの処理が要求される車載の追跡装置等への適用が困難であった。
- [0008] 本開示の1つの局面は、トラッキングの精度を維持しつつ演算量を抑制する技術を提供する。
- [0009] 本開示の1つの局面は、追跡装置であって、情報取得部と、追跡子生成部と、状態予測部と、状態更新部と、を備える。
- [0010] 情報取得部は、処理サイクル毎に、車両の周囲に存在する物標の状態を観測するセンサから観測情報を取得するように構成される。追跡子生成部は、情報取得部により観測情報が取得された1つ以上の観測点である観測点群のうち、予め設定された生成条件を満たす観測点について、観測情報の状態を確率的に示した状態分布を有する追跡子を生成するように構成される。状態予測部は、前回の処理サイクルまでに生成された追跡子である現存追跡子のそれぞれについて、現存追跡子が有する状態分布から、現存追跡子の今回の処理サイクルでの観測情報の状態を予測した状態分布である予測分布を生成するように構成される。状態更新部は、現存追跡子のそれぞれについて、状態予測部にて生成された予測分布、及び今回の処理サイクルで得られた観測点群の観測情報を用いて、現存追跡子が有する状態分布を更新するように構成される。
- [0011] また、状態更新部は、観測割当部と、仮説生成部と、を備える。
- [0012] 観測割当部は、情報取得部にて取得された観測情報と予測分布が示す観測情報との距離に従って、現存追跡子のそれぞれに、観測点を排他的に割り当てるように構成される。仮説生成部は、対象追跡子毎に、第1の仮説、及び第2の仮説を含む仮説群に属する仮説のそれぞれについて、仮説の尤度であ

る仮説尤度、及び仮説が正しいと仮定して更新した状態分布である仮説分布を生成するように構成される。第1の仮説は、対象観測点の対象物標を観測した結果であるとする仮説である。第2の仮説は、対象観測点の対象物標を観測した結果ではないとする仮説である。対象追跡子は、観測割当部により観測点が割り当てられた現存追跡子である。対象観測点は、対象追跡子に割り当てられた観測点である。対象物標は、対象追跡子に対応づけられる物標である。

[0013] このような構成によれば、一つの観測点が複数の追跡子に割り当てられることがないため、追跡子と観測点との組み合わせの数、すなわち仮説の数が削減され、追跡処理の演算負荷を軽減できる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]レーダシステムの構成を示すブロック図である。

[図2]PMBフィルタによる処理の概要を示す説明図である。

[図3]多数の追跡子及び観測点が存在する場合に処理の対象となる仮説が急激に増大することを示す説明図である。

[図4]FMBフィルタにおいて処理の対象となる仮説を示す説明図である。

[図5]FMBフィルタによる処理の概要を示す説明図である。

[図6]第1実施形態における追跡処理を示すフローチャートである。

[図7]探査範囲の設定の仕方を示す説明図である。

[図8]第1実施形態における追跡子更新処理を示すフローチャートである。

[図9]状態分布としてガウス分布を用いた場合に、追跡子更新処理によって状態分布が変化する様子を例示する説明図である。

[図10]追跡処理に要する演算時間をシミュレーションにより算出した結果を、従来手法による結果と比較して示すグラフである。

[図11]演算時間を処理の種類毎に算出した結果を、従来手法による結果と比較して示すグラフである。

[図12]シミュレーションの条件を示すグラフである。

[図13]第2実施形態における追跡処理を示すフローチャートである。

[図14] 探査範囲を利用した追跡子のグループ化を示す説明図である。

[図15] 探査範囲の重複がない追跡子において考慮する仮説を示す説明図である。

[図16] 第3実施形態における追跡処理を示すフローチャートである。

[図17] 第3実施形態における追跡子更新処理を示すフローチャートである。

[図18] 状態分布として混合ガウス分布を用いた場合に、追跡子処理によって状態分布が変化する様子を例示する説明図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、図面を参照しながら、本開示の実施形態を説明する。

[0016] [1. 第1実施形態]

[1-1. 構成]

本実施形態のレーダシステム1は、車両に搭載され、当該レーダシステム1を搭載する車両の周囲に存在する種々の物標を検出するために用いられる。

[0017] 図1に示すように、レーダシステム1は、レーダセンサ10と、追跡装置20とを備える。

[0018] レーダセンサ10は、検知エリアにレーザ光を照射し、反射光を受光することで、レーザ光を反射した点を表す観測点の位置情報を生成するLiDARが用いられる。LiDARは、Light Detection and Rangingの略である。但し、レーダセンサ10は、LiDARに限定されるものではなく、観測点の位置情報が得られればよく、ミリ波レーダ、超音波レーダ等であってもよい。

[0019] 検知エリアは、例えば車両の前方に設定される。但し、検知エリアは、車両の前方に限定されるものではなく、車両の後方、右側方、左側方、右前方、右後方、左前方、左後方のいずれかが検知エリアとなるように一つ又は複数設定されてもよい。検知エリアが複数存在する場合、検知エリア毎にレーダセンサ10を備えてもよい。各検知エリアは互いに重なり合うことがないように設定されてもよいし、検知エリアの一部が互いに重なり合うように設

定されてもよい。検知エリアの範囲は、水平角度範囲 θ_h 及び垂直角度範囲 θ_v によって規定される。

[0020] レーダセンサ10は、検知エリア内を、水平方向には角度分解能 $\Delta\theta_h$ 、垂直方向には角度分解能 $\Delta\theta_v$ で走査する。すなわち、レーダセンサ10は、予め設定された処理サイクル毎に、検知エリア内に、 $(\theta_h/\Delta\theta_h) \times (\theta_v/\Delta\theta_v)$ 本の光線を照射し、光線毎に所定回のサンプリングを実施する。サンプリング間隔は、指定された距離分解能 ΔR を満たすように設定される。つまり、レーダセンサ10は、最大検距離 R_{max} を光が往復するのに要する時間を、サンプリング間隔で除した回数（すなわち、 $2 \times R_{max}/c/\Delta R$ 回）のサンプリングを1秒間に実行する。

[0021] そして、光線毎にサンプリングされた値によって示される波形から、ピーク閾値以上の信号強度を有するピークを抽出して、そのピークのサンプリングタイミング（すなわち距離）、照射した光線の水平角度及び垂直角度を用いて、観測点の位置情報を生成する。ピーク閾値は、所望の S/N が得られるように設定される。位置情報は、必ずしも、距離、水平角度、垂直角度を用いた3次元の極座標系で表されている必要はなく、3次元の直交座標系で表されてもよい。

[0022] 追跡装置20は、CPU21と、RAM、ROM、フラッシュメモリ等の半導体メモリ（以下、メモリ22）とを有するマイクロコンピュータを備える。追跡装置20は、コプロセッサを備えてもよい。

[0023] 追跡装置20は、CPU21がメモリ22に記憶されたプログラムを実行することで、少なくとも追跡処理を実行する。

[0024] 追跡処理は、レーダセンサ10から得られる観測点の位置情報に基づいて、検知エリア内に存在する物標に関する情報である物標情報を生成する。

[0025] 追跡処理によって生成された物標情報は、運転支援のために実施される種々の処理や、レーダセンサ10の軸ずれを推定する処理等に用いられる。運転支援には、例えば、車間距離制御（以下、ACC）、車線維持支援（以下、LKA）、車線変更支援（以下、LCA）、車線逸脱警報、追越支援、介

入制御、自動制動、及び自動運転等が含まれる。ACCは、Auto Cruise Controlの略であり、LKAは、Lane Keeping Assistの略であり、LCAはLane Change Assistの略である。

[0026] [1-2. トラッキングの概要]

追跡処理にて採用するRFSトラッキングの一種であるFMBフィルタを用いた処理（以下、FMB）の概要について説明する。FMBは、PMBフィルタを用いた既存の処理（以下、PNB）を改良して処理を高速化した手法である。FMBは、Fast Multi-Bernoulliの略であり、PMBは、Poisson Multi-Bernoulliの略である。

[0027] ここでは、推定する物標の状態として、物標の位置を用いる。但し、推定する物標の状態は、位置に限られるものではない。また、ここでは、理解を容易にするため、2つの物標を追跡子A、Bで追跡中に、2つの観測点を得られた場合を例にして説明する。

[0028] RFSトラッキングでは、図2に示すように、2つの追跡子A、Bと2つの観測点との組み合わせを表す7個の仮説が考慮される。すなわち、仮説 i を K_i （追跡子Aを観測した観測点、追跡子Bを観測した観測点）で表し、2つの観測点を「観1」、「観2」、いずれの観測点にも対応しない場合を「未」で表すものとする。7個の仮説は、 K_1 （観1、観2）、 K_2 （未、観2）、 K_3 （観1、未）、 K_4 （観2、観1）、 K_5 （未、観1）、 K_6 （観2、未）、 K_7 （未、未）となる。

[0029] そして、PMBでは、仮説 $K_1 \sim K_7$ のそれぞれについて、状態分布及び仮説尤度を算出し、算出した仮説尤度を用いて全ての仮説 $K_1 \sim K_7$ の状態分布を畳みこむことで、仮説 $K_1 \sim K_7$ を一つに統合する。なお、状態分布は、追跡子の状態（すなわち、位置）を確率的に表した分布である。状態分布には、例えば、ガウス分布が用いられる。状態分布は、観測によって得られる観測情報に基づき拡張カルマンフィルタ（以下、EKF）等を用いて前回の処理サイクルで得られた状態分布を更新することで算出される。但し、前回の処理サイクルで得られた状態分布に対して、仮説毎に、各仮説が正し

いと仮定して更新された状態分布がそれぞれ生成される。仮説尤度は、着目する仮説のもっともらしさを表す値である。仮説尤度は、追跡子から観測点までの近さ、観測に用いたセンサの誤差、検知確率、誤検知確率、前回の処理サイクルでの追跡子の存在確率等から算出される。

[0030] 次に、前述の処理を、 n 個の追跡子で物標を追跡中に、 n 個の観測が得られた場合に一般化すると、PMBにおいて考慮すべき仮説の数 K_{num} は、(1) 式で表される。

[0031] [数1]

$$K_{num} = \sum_{k=1}^n ({}_nP_k \cdot {}_nC_{n-k}) \quad (1)$$

例えば、 $n = 5$ の場合、図3に示すように、仮説の数は1545個となる。LiDARの観測では、 $n = 300$ 前後となり、組み合わせ爆発により仮説の数は、リアルタイムでの処理が可能な演算量を超えてしまう。

[0032] そこで、FMBでは、追跡の対象となる路上障害物は「静止」しており、予測不能な動きをしないこと、及び、LiDARの測距精度は極めて高いが、未検知及び誤検知は無視できない程度に発生することを前提とする。

[0033] 前述の前提の下では、図4に示すように、着目する追跡子には、必ず最近傍の観測点が割り当てられ、追跡子に最近傍の観測点以外が割り当てられる仮説4～6の尤度は、必ず0に近い値となる。

[0034] すると、図5に示すように、追跡子毎に考慮が必要な仮説は、最近傍の観測点にて観測されたか、観測されなかったかの2パターンのみとなる。つまり、考慮すべき仮説の数 K_{num} は、(1) 式で算出される数から $2n$ 個に減少する。

[0035] [1-3. 処理]

次に、追跡装置20が実行する追跡処理について、図6のフローチャートを用いて説明する。

[0036] 追跡処理は、レーダセンサ10にて、検知エリア全体の走査に要する時間(以下、処理サイクル)毎に実行される。

[0037] 追跡処理が開始されると、S100では、追跡装置20は、レーダセンサ10から観測結果を表す観測情報を取得する。観測情報には、検知エリアの中で、信号強度が閾値を超えるすべての観測点（以下、観測点群）が含まれる。

[0038] 続くS110では、追跡装置20は、前回の処理サイクルまでに生成された追跡子（以下、現存追跡子）の数を n として、現存追跡子 $T_1 \sim T_n$ のそれぞれについて、今回の処理サイクルにおける現存追跡子の状態分布を予測する。更に、追跡装置20は、現存追跡子 $T_1 \sim T_n$ のそれぞれについて、現存追跡子 T_i に対応づけられる物標の存在確率を、(2)式に従って算出する。

[0039] [数2]

$$r_{k|k-1} = P_s \times r_{k-1|k-1} \quad (2)$$

$r_{k|k-1}$ は、予測後の現存追跡子の存在確率、 $r_{k-1|k-1}$ は、予測前の現存追跡子の存在確率、 P_s は、物標の生存確率を表す定数であり、1未満であるが1に近い値が用いられる。

[0040] 状態分布の予測は、EKFで使用される手法を用いる。なお、状態分布は、ガウス分布で表される。EKFでは、前回の処理サイクルでの追跡子の状態分布におけるピークの位置（すなわち、状態分布の平均値）を、追跡子が持つ速度情報に従って、1サイクルの時間経過分だけ移動させる。更に、EKFでは、状態分布の広がり（すなわち、ガウス分布の分散）を、1サイクルの時間経過分だけ拡散させることで、状態分布の予測値（以下、予測分布）が得られる。

[0041] 続くS120では、追跡装置20は、現存追跡子 $T_1 \sim T_n$ のそれぞれについて、予測分布の平均値が示す位置からの距離が上限距離以下となる探索範囲を設定する。距離は、マハラノビス距離を用いる。但し、ユークリッド距離等、その他の距離を用いてもよい。

[0042] 続くS130では、追跡装置20は、現存追跡子 $T_1 \sim T_n$ のそれぞれに

、観測点群に属する観測点を排他的に割り当てる。具体的には、着目する現存追跡子について設定された探査範囲内に存在する観測点のうち、探査範囲の中心に最も近い観測点を、着目する現存追跡子に割り当てる。この処理をゲーティングともいう。ゲーティングの結果、各現存追跡子には、最大で1つの観測点が割り当てられる。また、各観測点は、いずれか1つの現存追跡子に割り当てられる場合と、いずれの現存追跡子にも割り当てられない場合とがある。

[0043] 探査範囲を規定する上限距離は、例えば、図7に示すように、ガウス分布において 5σ に相当する距離を用いる。なお、ガウス分布において 5σ より外側の範囲では、存在確率がほぼ0となる。但し、誤検知を抑制するために、上限距離を 5σ より小さく設定してもよい。つまり、上限距離を大きくするほど、存在するにも関わらず検知できない未検知確率は減少するが、着目する現存追跡子に対して、その現存追跡子を観測したものではない観測点に対応づけられる誤検知確率が増大する。逆に、上限距離を小さくするほど、未検知確率は増大するが誤検知確率が減少する。

[0044] 続くS140では、追跡装置20は、現存追跡子 $T_1 \sim T_n$ を識別する識別子 i を1に設定する。

[0045] 続くS150では、追跡装置20は、現存追跡子 T_i の状態分布を更新する追跡子更新処理を実行する。

[0046] ここで、追跡子更新処理の詳細を図8のフローチャートを用いて説明する。追跡子更新処理では、先に説明したFMBが適用される。

[0047] S310では、追跡装置20は、現存追跡子 T_i に割り当てられた観測点が、現存追跡子 T_i を観測したものであるとの仮説（以下、検知仮説）に基づいて現存追跡子 T_i の状態を更新する。具体的には、現存追跡子 T_i の状態分布を、EKFによって更新し、現存追跡子 T_i に対応づけられる物標の存在確率 r_{det} を（3）式に従って更新する。

[0048] [数3]

$$rr_{det_{k|k}} = 1 \quad (3)$$

続く S 3 2 0 では、追跡装置 2 0 は、現存追跡子 T i に割り当てられた観測点が、現存追跡子 T i を観測したものではないとの仮説（以下、未検知仮説）に基づいて現存追跡子 T i の状態を更新する。具体的には、S 1 2 0 では、S 2 1 0 で算出された予測分布を、現存追跡子 T i の推定分布とし、現存追跡子 T i に対応づけられる物標の存在確率 rr_{mis} を（４）式に従って更新する。

[0049] [数4]

$$rr_{mis_{k|k}} = \frac{r_{k|k-1}(1-P_d)}{(1-r_{k|k-1}) + r_{k|k-1}(1-P_d)} \quad (4)$$

P_d は、レーダセンサ 1 0 の検知確率、すなわち、実在する物標を検知できる確率を表す。検知確率 P_d は、レーダセンサ 1 0 の性能によって決まる定数である。なお、未検知には、現存追跡子 T i に対応する物標がそもそも存在しない場合と、現存追跡子 T i に対応する物標は存在するが、レーダセンサ 1 0 によって検知されなかった場合とがあり、（４）式は、後者の場合の確率を示す。

[0050] 続く S 3 3 0 では、追跡装置 2 0 は、未検知仮説に基づく新規の追跡子を生成する。具体的には、追跡装置 2 0 は、観測点の位置を分布の平均、レーダセンサ 1 0 の誤差分散を分布の分散とする新規追跡子の状態分布を生成する。更に、追跡装置 2 0 は、新規追跡子に対応付けられる物標の存在確率 rr_{new} を、（５）式に従って算出する。

[0051] [数5]

$$rr_{new} = \frac{P_d \cdot D_{new}}{C + P_d \cdot D_{new}} \quad (5)$$

D_{new} は、バースレートであり、走査範囲内の決められた方位に照射される複数の光線について、１つの光線における１サンプル当たり何個の観測点が検知されるかを表す。 C は、レーダセンサ 1 0 の誤検知確率、すなわち、実在しない物標を検知する確率を表し、クラッタレートともいう。バースレー

ト D_{new} 及び誤検知確率 C は、いずれも実験的に決定される定数である。

[0052] 続く S 3 4 0 では、追跡装置 2 0 は、検知仮説の仮説尤度 W_1 、及び未検知仮説の仮説尤度 W_2 を算出する。具体的には、検知仮説に関する正規化前の仮説尤度 WD_1 は、(6) 式により算出され、未検知仮説に関する正規化前の仮説尤度 WD_2 は、(7) 式により算出される。更に、(8) (9) 式により、仮説尤度 WD_1 、 WD_2 を正規化することで、合計値が 1 となる仮説尤度 W_1 、 W_2 が算出される。

[0053] [数6]

$$WD_1 = r_{k|k-1} \cdot P_d \cdot qz \quad (6)$$

$$WD_2 = \{(1 - r_{k|k-1}) + r_{k|k-1}(1 - P_d)\} \cdot (C + P_d \cdot D_{new}) \quad (7)$$

$$W_1 = \frac{WD_1}{WD_1 + WD_2} \quad (8)$$

$$W_2 = \frac{WD_2}{WD_1 + WD_2} \quad (9)$$

続く S 3 5 0 では、追跡装置 2 0 は、現存追跡子 T_i について生成された 2 つの仮説を統合することで、状態分布を更新する。具体的には、現存追跡子 T_i の状態分布 $p(i)$ を、(10) 式に従って生成し、現存追跡子 T_i に対応づけられる物標の存在確率 r を (11) 式に従って算出する。

[0054] [数7]

$$p(i)_{k|k} = N(i; W_1 \cdot \mu_1 + W_2 \cdot \mu_2, W_1 \cdot P_1 + W_2 \cdot P_2) \quad (10)$$

$$r_{k|k} = W_1 \cdot rr_{det_{k|k}} + W_2 \cdot rr_{mis_{k|k}} \quad (11)$$

つまり、図 9 に示すように、二つの仮説に基づく二つの状態分布（以下、仮説分布）の平均 μ_1 、 μ_2 を、仮説尤度 W_1 、 W_2 を用いて合成した（すなわち、畳み込んだ）値が、更新後の状態分布 $p(i)$ における分布の平均となる。また、二つの仮説分布の分散 P_1 、 P_2 を、仮説尤度 W_1 、 W_2 を用いて合

成した（すなわち、畳み込んだ）値が、更新後の状態分布 $p(i)$ における分布の分散となる。

[0055] 続く S 3 6 0 では、追跡装置 2 0 は、S 3 3 0 で生成された新規追跡子の存在確率を、(12) 式に従って統合して、追跡子更新処理を終了する。

[0056] [数8]

$$r_{new} = W_1 \cdot 0 + W_2 \cdot r r_{new} \quad (12)$$

追跡子更新処理が終了すると、図 6 に戻り、続く S 1 6 0 では、追跡装置 2 0 は、識別子 i をインクリメントする。

[0057] 続く S 1 7 0 では、追跡装置 2 0 は、識別子 i が現存追跡子の数 n より大きいかなかを判定する。追跡装置 2 0 は、 $i > n$ であれば、全ての現存追跡子に対して追跡子更新処理が実行されたものとして処理を S 1 8 0 に移行し、 $i \leq n$ であれば、追跡子更新処理が実行されていない現存追跡子が存在するため、処理を S 1 5 0 に戻す。

[0058] S 1 8 0 では、追跡装置 2 0 は、先の S 1 3 0 にて、現存追跡子 $T_1 \sim T_n$ に割り当てられなかったことを生成条件とし、生成条件を満たす観測点のそれぞれに基づいて、新規の追跡子を生成する。具体的には、追跡装置 2 0 は、観測点の位置を分布の平均、レーダセンサ 1 0 の誤差分散を分布の分散とするガウス分布で示される新規追跡子の状態分布を生成する。更に、追跡装置 2 0 は、新規追跡子に対応づけられる物標の存在確率を、(5) 式に従って算出する。

[0059] 続く S 1 9 0 では、追跡装置 2 0 は、前回の処理サイクルから引き継いだ現存追跡子 $T_1 \sim T_n$ 、及び今回の処理サイクルにて生成された新規追跡子のうち、追跡子に対応づけられる物標の存在確率 r が追跡子剪定閾値以下である追跡子を消去する。追跡子剪定閾値は、次回の処理サイクルに伝搬される追跡子の数が、追跡装置 2 0 にて処理可能な数に収まるように、追跡装置 2 0 の処理能力に応じて設定される。

[0060] 続く S 2 0 0 では、追跡装置 2 0 は、S 1 9 0 にて消去されずに残った追跡子のうち、該追跡子に対応づけられる物標の存在確率 r が物標化閾値以上

である追跡子を抽出し、該抽出された追跡子のそれぞれに対応づけられる物標を、実在する物標として認識する。

[0061] 続く S 2 1 0 では、追跡装置 2 0 は、S 2 0 0 にて、実在すると認識された物標（以下、認識物標）が有るか否かを判定し、認識物標が有れば処理を S 2 2 0 に移行し、認識物標が無ければ処理を終了する。

[0062] S 2 2 0 では、追跡装置 2 0 は、認識物標に対応づけられる追跡子の情報を用いて認識物標に関する情報である物標情報を生成して、処理を終了する。物標情報には、少なくとも位置情報が含まれる。

[0063] [1 - 4 . 用語の対応]

本実施形態において、S 1 0 0 が本開示における情報取得部に相当し、S 1 1 0 が本開示における状態予測部に相当し、S 1 2 0 が本開示における範囲設定部に相当し、S 1 3 0 ~ S 1 7 0 が本開示における状態更新部に相当する。また、S 1 8 0 が本開示における追跡子生成部に相当し、S 1 9 0 が本開示における追跡子剪定部に相当し、S 1 3 0 が本開示における観測割当部に相当する。更に、S 3 1 0 ~ S 3 2 0 が本開示における仮説生成部に相当し、S 3 4 0 ~ S 3 5 0 が本開示における仮説統合部に相当し、S 1 1 0、S 1 5 0、S 1 8 0 が本開示における判定値生成部に相当する。なお、S 1 3 0 にて、観測点が割り当てられた現存追跡子が、本開示における対象追跡子に相当し、対象追跡子に割り当てられた観測点が、本開示における対象観測点に相当し、対象追跡子に対応づけられる物標が、本開示における対象物標に相当する。検知仮説が本開示における第 1 の仮説に相当し、未検知仮説が本開示における第 2 の仮説に相当する。現存追跡子 T_i について生成される 2 つの仮説が本開示における仮説群に相当する。

[0064] [1 - 5 . 効果]

以上詳述した第 1 実施形態によれば、以下の効果を奏する。

[0065] (1 a) 追跡装置 2 0 では、現存追跡子 $T_1 \sim T_n$ に対して観測点を割り当てるときに、着目する現存追跡子 T_i について設定された探索範囲内に存在する観測点を対象として、最も近い距離にある観測点を割り当てる。つま

り、現存追跡子 T_i との距離が遠いため仮説尤度がほぼ 0 となるような観測点に関する仮説は、生成されることがなく、演算をする前に除去されるため、追跡処理の演算負荷を軽減できる。

[0066] (1 b) 追跡装置 20 では、現存追跡子 T_i 毎に、現存追跡子 T_i に割り当てられた 1 つの観測点に対する検知仮説及び未検知仮説の 2 つの仮説を生成する。つまり、観測点の割り当て方についての仮説数が $2n$ 個となり、現存追跡子の数 n に対して仮説数が指数関数的に増大する PMB と比較して、追跡処理で扱う仮説数を大幅に削減できる。なお、追跡処理では、仮説毎に算出する必要がある仮説尤度の演算負荷が最も重いため、仮説数を削減することで、演算負荷を大幅に削減できる。その結果、PMB と比較して低負荷で、かつ、未検知仮説を考慮しない NN と比較して高性能な追跡処理を実現できる。

[0067] (1 c) 追跡装置 20 では、現存追跡子 T_i 毎に生成される 2 つの仮説を畳み込みによって統合することで、仮説の数、ひいては追跡子の数を半減させ、更に、現存追跡子及び新規追跡子のうち、存在確率が追跡子剪定閾値以下となる追跡子を削除する。従って、次の処理サイクルに伝搬される追跡子の数が削減されるため、追跡処理に要する演算負荷を更に軽減できる。

[0068] (1 d) 追跡装置 20 では、処理サイクル毎に、現存追跡子 T_i に対応づけられる物標の存在確率を、仮説尤度を用いて更新する。従って、現存追跡子 T_i に対応づけられる物標が実在するか実在しない（すなわち、ノイズである）かの切り分け性能を向上させることができる。

[0069] [1-6. 実験]

フレーム毎に追跡処理に要する演算時間を、シミュレーションによって算出した結果を図 10、図 11 に示す。シミュレーションは、本実施形態に対応する FMB を用いた場合、従来技術であり仮説統合を行わない PMB、及び従来技術であり仮説統合を行う PHD を用いた場合について実施した。PHD は、Probability Hypothesis Density の略である。

[0070] シミュレーションの条件は、図 12 に示すように、観測点の抽出に用いる

閾値レベルを 2.40σ 、水平方向の視野角を 19.4° 、垂直方向の視野角を 1.3° 、水平方向の角度分解能及び垂直方向の角度分解能をいずれも 0.1° とした。つまり、走査に用いる光線本数は、水平方向に194本、垂直方向に13本となる。各光線においてA/D変換のサンプリング間隔は、距離分解能が1.9mに相当する時間とし、最大検知距離を250mとして、光線一本当たりのサンプリング数を132個とした。また、本処理の適用範囲を103.2m～131.7mの範囲として、適用範囲内の最大サンプル数を37364個、想定雑音量を306個とした。

[0071] 図10に示すように、FMBを適用した場合、PMBを適用した場合と比較して、演算時間が $1/10$ 程度に減少する。また、PHDと比較しても減少することがわかる。

[0072] 図11に示すように、予測、ゲーティング、仮説生成、更新、剪定に分けて演算時間を測定した結果、FMBでは、PMBと比較して、仮説生成及び更新で大幅に演算時間が削減されることがわかる。また、FMBでは、PHDと比較して、全体的な演算時間が略同様となるが、剪定の演算時間が削減されることがわかる。なお、S110が予測、S120がゲーティング、S130が仮説生成、S150が更新、S190が剪定に相当する。

[0073] [2. 第2実施形態]

[2-1. 第1実施形態との相違点]

第2実施形態は、基本的な構成は第1実施形態と同様であるため、相違点について以下に説明する。なお、第1実施形態と同じ符号は、同一の構成を示すものであって、先行する説明を参照する。

[0074] 前述した第1実施形態では、すべての追跡子に対してFMBを適用している。第2実施形態では、組み合わせ爆発が生じない追跡子に対してはPMBを適用する点で、第1実施形態と相違する。

[0075] [2-2. 処理]

次に、第2実施形態の追跡装置20が、図6に示した第1実施形態の追跡処理に代えて実行する追跡処理について、図13のフローチャートを用いて

説明する。

[0076] S 1 0 0 ~ S 1 2 0 は、追跡装置 2 0 は、第 1 実施形態の場合と同様の処理を実行する。

[0077] 続く S 1 4 0 では、追跡装置 2 0 は、現存追跡子 T 1 ~ T n の識別に用いる識別子 i を 1 に初期化する。

[0078] 続く S 1 4 2 では、追跡装置 2 0 は、現存追跡子 T i の探索範囲は、他の追跡子の探索範囲との重複があるか否かを判定し、重複がある場合は処理を S 1 4 4 に移行し、重複がない場合は、処理を S 1 5 2 に移行する。例えば、図 1 4 に示すように、追跡子 A ~ H と、観測点 1 ~ 1 8 とが位置する場合、追跡子 A, B, D ~ G は、探索範囲に重複があると判定され、追跡子 C, H は、探索範囲に重複がないと判定される。

[0079] S 1 4 4 では、追跡装置 2 0 は、現存追跡子 T i の探索範囲内に存在する直近の観測点を、現存追跡子 T i に割り当てる。例えば、図 1 4 では、追跡子 A には「観 1」、追跡子 B には「観 2」、追跡子 D には「観 8」、追跡子 E には「観 1 0」、追跡子 F には「観 1 2」、追跡子 G には「観 1 4」が割り当てられる。

[0080] 続く S 1 5 0 では、追跡装置 2 0 は、第 1 実施形態の場合と同様に追跡子更新処理を実行して、S 1 6 0 に処理を進める。

[0081] S 1 5 2 では、追跡装置 2 0 は、現存追跡子 T i について設定された探索範囲内に存在するすべての観測点を、現存追跡子 T i に割り当てる。例えば、図 1 4 では、追跡子 C には「観 3」「観 4」「観 5」「観 6」、追跡子 H には「観 1 5」「観 1 6」が割り当てられる。

[0082] 続く S 1 5 4 では、追跡装置 2 0 は、PMB を用いた追跡子更新処理を実行して、処理を S 1 6 0 に進める。

[0083] 探索範囲が他の追跡子の探索範囲と重複しない追跡子では、図 1 5 に示すように、割り当てられた観測点の数を m とすると、生成される仮説の数は $m + 1$ 個となる。つまり、組み合わせ爆発は生じないため、すべての仮説を考慮する PMB の手法を用いて計算することが可能となる。

[0084] 以下、S 1 6 0～S 2 2 0の処理は、第 1 実施形態の場合と同様である。

[0085] [2 - 3. 用語の対応]

本実施形態において、S 1 4 2 が本開示における振分部に相当し、S 1 4 4 が本開示における観測割当部に相当し、S 1 5 2～S 1 5 4 が本開示における精密更新部に相当する。

[0086] [2 - 4. 効果]

以上詳述した第 2 実施形態によれば、前述した第 1 実施形態の効果（1 a）～（1 d）を奏し、さらに、以下の効果を奏する。

[0087] （2 a）本実施形態では、探査範囲が他とは重ならないことを条件として、部分的に P M B を適用することで、処理負荷を大幅に増大させることなく、P M B を適用した追跡子に対する追跡処理の精度を向上させることができる。

[0088] [3. 第 3 実施形態]

[3 - 1. 第 1 実施形態との相違点]

第 2 実施形態は、基本的な構成は第 1 実施形態と同様であるため、相違点について以下に説明する。なお、第 1 実施形態と同じ符号は、同一の構成を示すものであって、先行する説明を参照する。

[0089] 前述した第 1 実施形態では、追跡子の状態分布としてガウス分布を使用している。第 3 実施形態では、ガウス分布の代わりに混合ガウス分布を用いる点で、第 1 実施形態と相違する。

[0090] [3 - 2. 処理]

次に、第 3 実施形態の追跡装置 2 0 が、図 6 に示す第 1 実施形態の追跡処理に代えて実行する追跡処理について、図 1 6 のフローチャートを用いて説明する。

[0091] S 1 0 0 では、追跡装置 2 0 は、第 1 実施形態の場合と同様の処理を実行する。

[0092] 続く S 1 1 5 では、追跡装置 2 0 は、第 1 実施形態の S 1 1 0 の処理に加えて、状態分布に含まれる各極大値の尤度（以下、混合尤度）を、（1 3）

式を用いて更新する。

[0093] [数9]

$$w_{j,k|k-1} = w_{j,k-1|k-1} \quad (13)$$

つまり、前記の処理サイクルで算出された混合尤度、すなわち予測前の混合尤度を、そのまま、予測分布における混合尤度として用いる。なお、(13)式における j は、状態分布に存在する極大値（すなわち、混合ガウス分布を形成する個々のガウス分布のピーク）を識別するための識別子である。ここでは、状態分布に存在する極大値の数を m 個とする。

[0094] 続く S 1 2 0 ~ S 1 4 0 では、追跡装置 2 0 は、第 1 実施形態の場合と同様の処理を実行する。

[0095] 続く S 1 5 5 では、追跡装置 2 0 は、状態分布として混合ガウス分布を用いる追跡子更新処理を実行する。

[0096] ここで、追跡子更新処理の詳細を図 1 7 のフローチャートを用いて説明する。追跡子更新処理では、図 8 に示した第 1 実施形態の追跡子更新処理と相違する点について説明する。

[0097] S 3 1 0 では、追跡装置 2 0 は、第 1 実施形態の場合と同様の処理を実行する。

[0098] 続く S 3 1 5 では、追跡装置 2 0 は、検知仮説で更新された状態分布（すなわち、仮説分布）における各極大値の尤度を、(14) (15) 式を用いて算出する。

[0099] [数10]

$$ww_{j_det,k|k} = w_{j,k|k-1} \times qz_j \quad (14)$$

$$w_{j_det,k|k} = \frac{ww_{j_det,k|k}}{\sum_{j=1}^m ww_{j_det,k|k}} \quad (15)$$

(14) 式は、現存追跡子 T_i に割り当てられた観測点と、その現存追跡

子 T_i の予測分布において着目する極大値が示す距離に応じて、各極大値の混合尤度が更新されることを意味する。(15)式は、同じ予測分布に属する複数の極大値の混合尤度の合計値が1となるように、各混合尤度を正規化することを意味する。

[0100] 続くS320では、追跡装置20は、第1実施形態の場合と同様の処理を実行する。

[0101] 続くS325では、追跡装置20は、未検知仮説を採用した場合、予測分布をそのまま更新後の状態分布（すなわち、仮説分布）として用い、仮説分布における各極大値の混合尤度を、(16)式を用いて算出する。

[0102] [数11]

$$w_{j_mis,k|k} = w_{j,k|k-1} \quad (16)$$

つまり、未検知仮説による仮説分布の混合尤度も、S115にて算出された予測分布の混合尤度がそのまま用いられる。

[0103] 続く330～S340では、追跡装置20は、第1実施形態の場合と同様の処理を実行する。

[0104] 続くS352では、追跡装置20は、現存追跡子 T_i について生成された仮説を統合する。具体的には、現存追跡子 T_i の更新後の状態分布 $p(i)$ を、(17)式に従って生成し、現存追跡子 T_i に対応づけられる物標の存在確率 r を(18)式に従って算出する。

[0105] [数12]

$$p(i)_{k|k} = \sum_{j=1}^{2m} N(i; W_j \cdot \mu_j, W_j \cdot P_j) \quad (17)$$

$$r_{k|k} = W_1 \cdot rr_{det_{k|k}} + W_2 \cdot rr_{mis_{k|k}} \quad (18)$$

(17)式は、図18に示すように、更新後の状態分布が、検知仮説の仮説分布における各極大値を個別に表す m 個のガウス分布、及び未検知仮説の仮説分布における各極大値を個別に表す m 個のガウス分布を、単純に足し合わせた分布となることを意味する。(18)式は、(11)式と同じである

。

[0106] 続く S 3 5 4 では、追跡装置 2 0 は、S 3 5 0 にて更新された状態分布中の各極大値の混合尤度を、(1 9) (2 0) 式を用いて算出する。

[0107] [数13]

$$w_{2i-,k|k} = W_1 \cdot w_{i_det,k|k} \quad (19)$$

$$w_{2i,k|k} = W_2 \cdot w_{i_mis,k|k} \quad (20)$$

(1 9) 式は、検知仮説の仮説分布に基づく極大値の混合尤度であり、(2 0) 式は、未検知仮説の仮説分布に基づく各極大値の混合尤度である。つまり、本実施形態では、追跡更新処理を行う毎に、更新後の状態分布に含まれる極大値の数は、更新前の状態分布に含まれる極大値の数の 2 倍になる。

[0108] 続く S 3 6 0 では、追跡装置 2 0 は、第 1 実施形態の場合と同様の処理を実行して、追跡子更新処理を終了する。

[0109] 図 1 6 に戻り、追跡子更新処理が終了すると、続く S 1 6 0 ~ S 1 9 0 では、追跡装置 2 0 は、第 1 実施形態の場合と同様の処理を実行する。

[0110] 続く S 1 9 5 では、追跡装置 2 0 は、S 1 5 5 にて更新された状態分布中において混合尤度が極大値剪定閾値以下となる極大値を消去する。更に、追跡装置 2 0 は、一つでも極大値が消去された状態分布については、その状態分布中の各極大値の混合尤度を、混合尤度の合計が 1 となる（すなわち、正規化される）ように再計算する。

[0111] 続く S 2 0 0 ~ S 2 2 0 では、追跡装置 2 0 は、第 1 実施形態の場合と同様の処理を実行して、追跡処理を終了する。

[0112] [3 - 3 . 用語の対応]

本実施形態において、S 3 5 4 が本開示における混合尤度算出部に相当し、S 1 9 5 が本開示における極大値剪定部に相当する。

[0113] [3 - 4 . 効果]

以上詳述した第 3 実施形態によれば、前述した第 1 実施形態の効果 (1 a) ~ (1 d) を奏し、さらに、以下の効果を奏する。

[0114] (3 a) 本実施形態では、状態分布として、単純なガウス分布の代わりに混合ガウス分布を用いているため、仮説の統合による情報の消失を抑制でき、ロバスト性を向上させることができる。

[0115] (3 b) 本実施形態では、状態分布に含まれる極大値毎に混合尤度を算出し、混合尤度が極大値剪定閾値以下となる極大値を除去するため、状態分布が必要以上に複雑化すること、ひいては、極大値の数が増大することによる演算負荷の増大を抑制できる。

[0116] [4. 他の実施形態]

以上、本開示の実施形態について説明したが、本開示は前述の実施形態に限定されることなく、種々変形して実施することができる。

[0117] (3 a) 上記実施形態では、追跡処理によって更新の対象となる状態として、観測点の位置を用いているが、本開示は、観測点の位置に限定されるものではなく、観測点の速度や加速度等、物標から得られる情報であればよい。

[0118] (3 b) 上記実施形態では、追跡子の状態を、PMBフィルタを用いて更新しているが、追跡子の状態は、RFSの理論において使用されるPMBフィルタ以外のフィルタ、例えば、PHDフィルタ、LMBフィルタ、PMBMフィルタ等を用いてもよい。LMBは、Labeled Multi-Bernoulliの略であり、PMBMは、Poisson Multi-Bernoulli Mixtureの略である。

[0119] (3 c) 上記実施形態では、追跡子に対応づけられる物標が存在するか否かの判定に用いる存在判定値として、0～1の値で表される存在確率を用いているが、本開示は存在確率に限定されるものではない。例えば、存在判定値として、1以上の値も許容される基数情報を用いてもよい。

[0120] (3 d) 本開示に記載の追跡装置20及びその手法は、コンピュータプログラムにより具体化された一つ乃至は複数の機能を実行するようにプログラムされたプロセッサ及びメモリを構成することによって提供された専用コンピュータにより、実現されてもよい。あるいは、本開示に記載の追跡装置20及びその手法は、一つ以上の専用ハードウェア論理回路によってプロセッ

サを構成することによって提供された専用コンピュータにより、実現されてもよい。もしくは、本開示に記載の追跡装置 20 及びその手法は、一つ乃至は複数の機能を実行するようにプログラムされたプロセッサ及びメモリと一つ以上のハードウェア論理回路によって構成されたプロセッサとの組み合わせにより構成された一つ以上の専用コンピュータにより、実現されてもよい。また、コンピュータプログラムは、コンピュータにより実行されるインストラクションとして、コンピュータ読み取り可能な非遷移有形記録媒体に記憶されてもよい。追跡装置 20 に含まれる各部の機能を実現する手法には、必ずしもソフトウェアが含まれている必要はなく、その全部の機能が、一つあるいは複数のハードウェアを用いて実現されてもよい。

[0121] (3 e) 上記実施形態における 1 つの構成要素が有する複数の機能を、複数の構成要素によって実現したり、1 つの構成要素が有する 1 つの機能を、複数の構成要素によって実現したりしてもよい。また、複数の構成要素が有する複数の機能を、1 つの構成要素によって実現したり、複数の構成要素によって実現される 1 つの機能を、1 つの構成要素によって実現したりしてもよい。また、上記実施形態の構成の一部を省略してもよい。また、上記実施形態の構成の少なくとも一部を、他の上記実施形態の構成に対して付加又は置換してもよい。

[0122] (3 f) 前述した追跡装置 20 の他、当該追跡装置 20 を構成要素とするシステム、当該追跡装置 20 としてコンピュータを機能させるためのプログラム、このプログラムを記録した半導体メモリ等の非遷移的実体的記録媒体、物標追跡方法など、種々の形態で本開示を実現することもできる。

請求の範囲

[請求項1] 処理サイクル毎に、車両の周囲に存在する物標の状態を観測するセンサから観測情報を取得するように構成された情報取得部（20：S100）と、

 前記情報取得部により前記観測情報が取得された1つ以上の観測点である観測点群のうち、予め設定された生成条件を満たす前記観測点について、前記観測情報の状態を確率的に示した状態分布を有する追跡子を生成するように構成された追跡子生成部（20：S180）と、

 、
 前回の処理サイクルまでに生成された前記追跡子である現存追跡子のそれぞれについて、前記現存追跡子が有する前記状態分布から、前記現存追跡子の今回の処理サイクルでの前記観測情報の状態を予測した前記状態分布である予測分布を生成するように構成された状態予測部（20：S110）と、

 前記現存追跡子のそれぞれについて、前記状態予測部にて生成された前記予測分布、及び今回の処理サイクルで得られた前記観測点群の前記観測情報を用いて、前記現存追跡子が有する前記状態分布を更新するように構成された状態更新部（20：S130～S170）と、
 を備え、

 前記状態更新部は、

 前記情報取得部にて取得された前記観測情報と前記予測分布が示す前記観測情報との距離に従って、前記現存追跡子のそれぞれに、前記観測点を排他的に割り当てるように構成された観測割当部（20：S130、S144）と、

 対象追跡子毎に、対象観測点が対象物標を観測した結果であるとする第1の仮説、及び前記対象観測点が前記対象物標を観測した結果ではないとする第2の仮説を含む仮説群に属する仮説のそれぞれについて、前記仮説の尤度である仮説尤度、及び前記仮説が正しいと仮定し

て更新した前記状態分布である仮説分布を生成するように構成された仮説生成部（20：S310～S320）と、

を備え、

前記対象追跡子は、前記観測割当部により前記観測点が割り当てられた前記現存追跡子であり、前記第1の仮説は、前記対象観測点が前記対象物標を観測した結果であるとする仮説であり、前記第2の仮説は、前記対象観測点が前記対象物標を観測した結果ではないとする仮説であり、前記対象観測点は、前記対象追跡子に割り当てられた前記観測点であり、前記対象物標は、前記対象追跡子に対応づけられる物標である、

追跡装置。

[請求項2] 請求項1に記載の追跡装置であって、

前記状態更新部は、

前記仮説生成部にて前記仮説群に属する仮説毎に生成された前記仮説分布を、前記仮説尤度を用いた畳み込みによって統合することで、更新後の前記状態分布を生成するように構成された仮説統合部（20：S340～S350）を更に備える

追跡装置。

[請求項3] 請求項1又は請求項2に記載の追跡装置であって、

前記観測割当部は、前記現存追跡子のそれぞれに、前記観測点を最大で1つ割り当てるように構成された、

追跡装置。

[請求項4] 請求項1から請求項3までのいずれか1項に記載の追跡装置であって、

前記追跡子のそれぞれについて、該追跡子に対応づけられる物標が存在するか否かの判定に用いる存在判定値を算出するように構成された判定値生成部（20：S110，S150，S180）と、

前記存在判定値が剪定閾値以下となる前記追跡子を除去するように

構成された追跡子剪定部（20：S190）と、
を更に備える追跡装置。

[請求項5] 請求項1から請求項4までのいずれか1項に記載の追跡装置であって、

前記観測割当部は、前記現存追跡子のそれぞれについて探索範囲を設定するように構成された範囲設定部（20：S120）を更に備え、

前記観測割当部は、前記探索範囲内に存在する前記観測点を割り当てるように構成された
追跡装置。

[請求項6] 請求項5に記載の追跡装置であって、

前記探索範囲内に存在する全ての前記観測点を用いて前記追跡子の状態を更新するように構成された精密更新部（20：S152～S154）と、

前記探索範囲が他と重複する前記追跡子については、前記状態更新部が適用され、前記探索範囲が他と重複しない前記追跡子については、前記精密更新部が適用されるように、前記追跡子を振り分けるように構成された振分部（20：S142）と、

を更に備える
追跡装置。

[請求項7] 請求項1から請求項6までのいずれか1項に記載の追跡装置であって、

前記状態分布は、混合ガウス分布によって表される
追跡装置。

[請求項8] 請求項7に記載の追跡装置であって、

前記状態分布を表す前記混合ガウス分布の構成要素となる複数のガウス分布のそれぞれについて、前記ガウス分布の尤度である混合尤度を算出するように構成された混合尤度算出部（20：S354）と、

前記混合尤度が極大値剪定閾値以下となる前記ガウス分布を前記状態分布から除去する極大値剪定部（20：S195）と、
を更に備える追跡装置。

[図1]

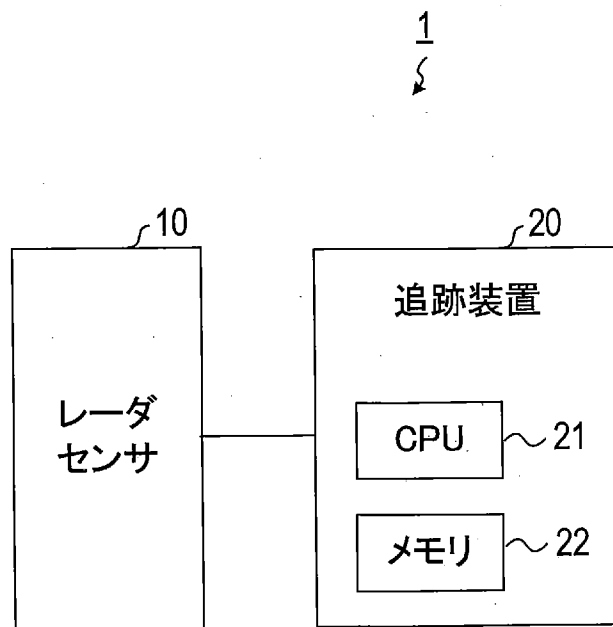
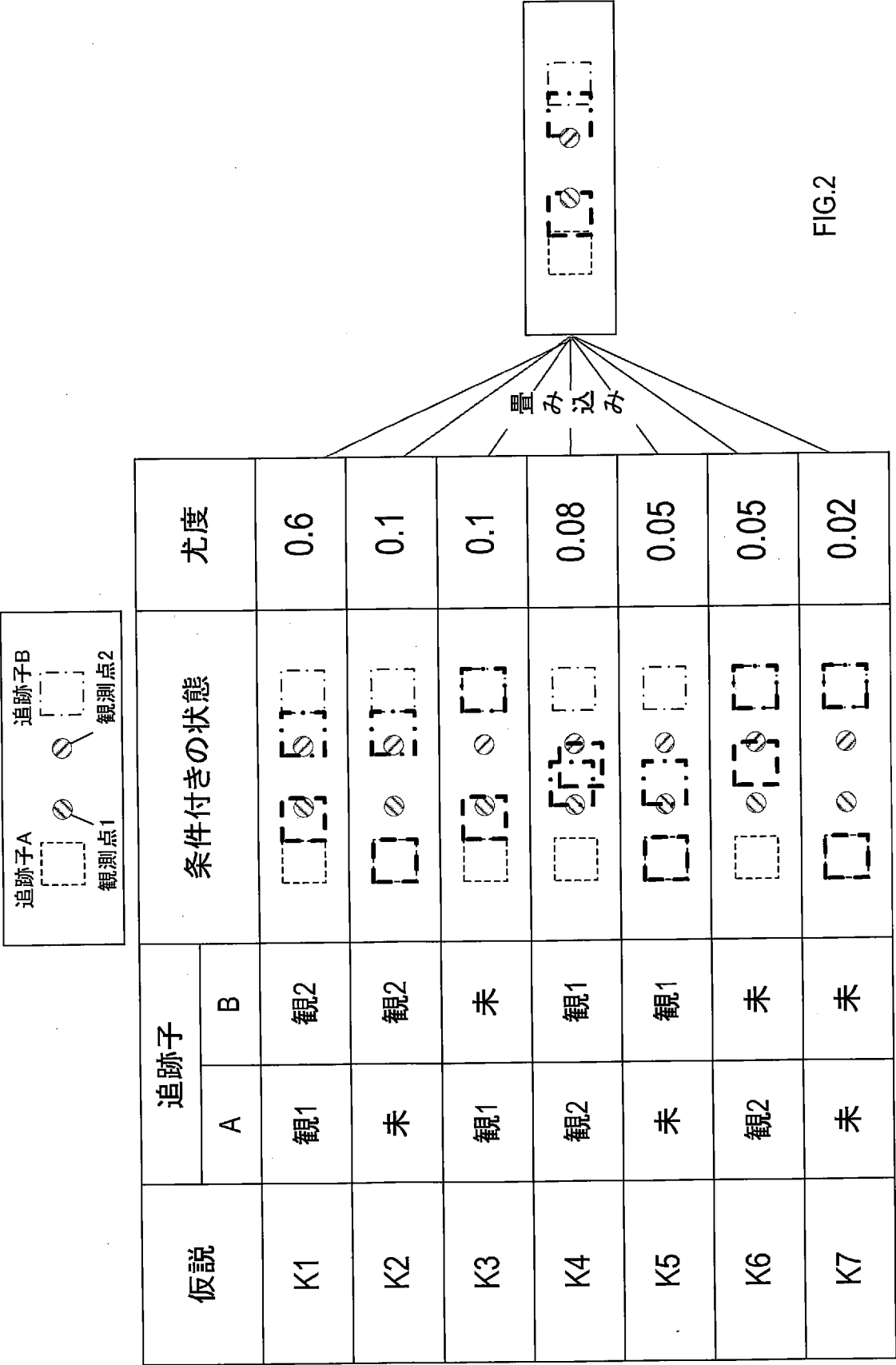
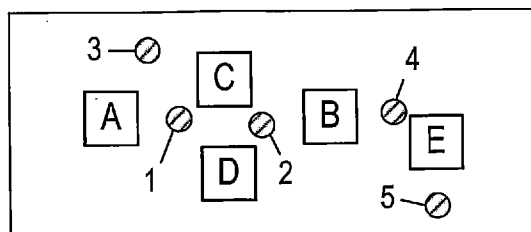


FIG.1

[図2]



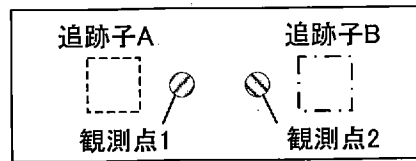
[図3]



仮説	追跡子					尤度
	A	B	C	D	E	
K1	観1	観2	観3	観4	観5	0.4
K2	未	観2	観3	観4	観5	0.1
K3	観1	観3	観2	観4	観5	0.1
K4	観1	観2	観4	観3	観5	0.08
K5	観1	未	観2	観4	観5	0.05
K6	観1	観2	観3	観5	観4	0.05
K7	観3	観2	観2	観1	観5	0.02
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
K1545						

FIG.3

[図4]



仮説	追跡子		条件付きの状態	尤度
	A	B		
K1	観1	観2		0.6
K2	未	観2		0.1
K3	観1	未		0.1
K4	観2	観1		$\doteq 0$
K5	未	観1		$\doteq 0$
K6	観2	未		$\doteq 0$
K7	未	未		0.02

FIG.4

[図5]

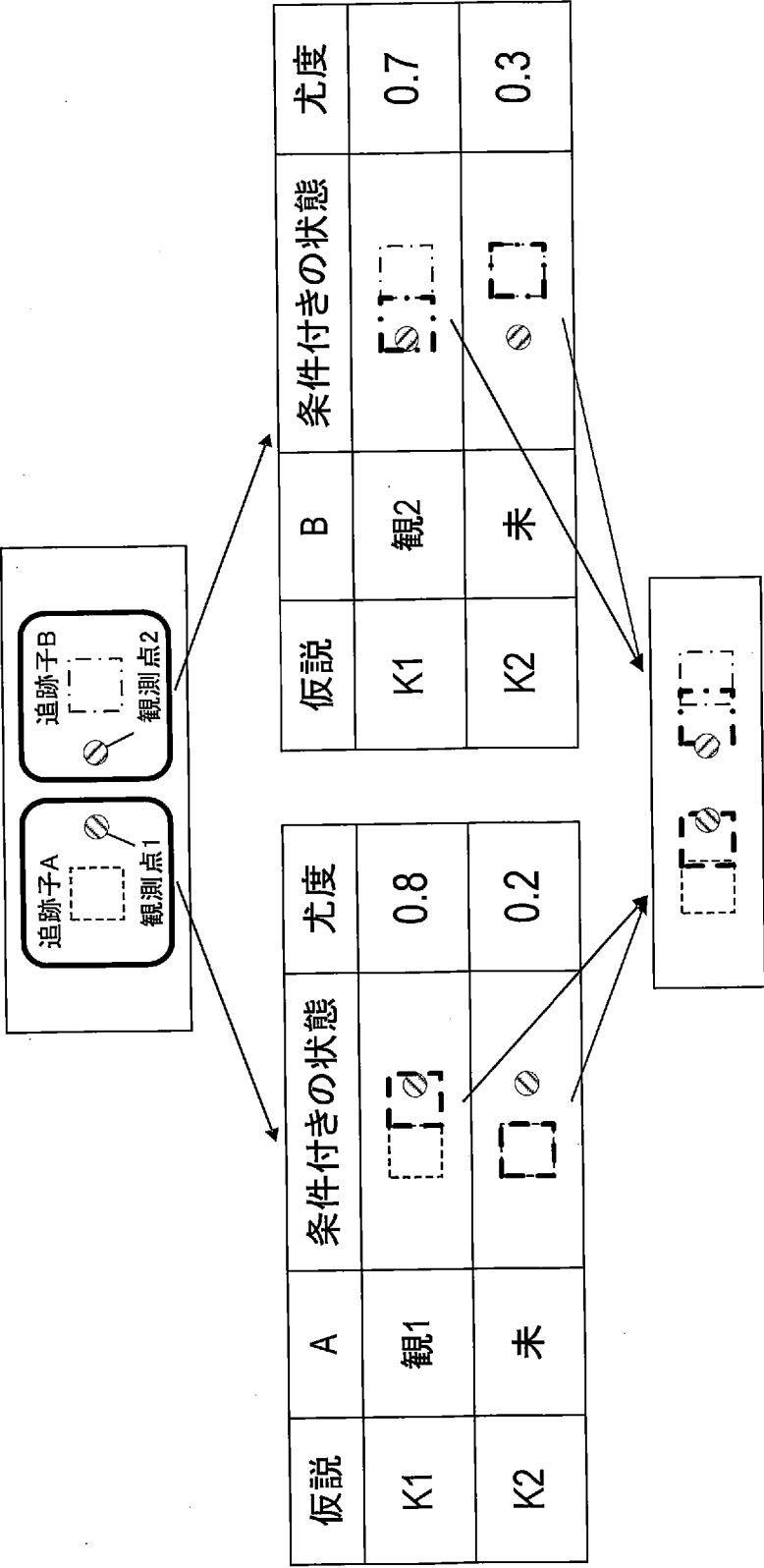


FIG.5

[図6]

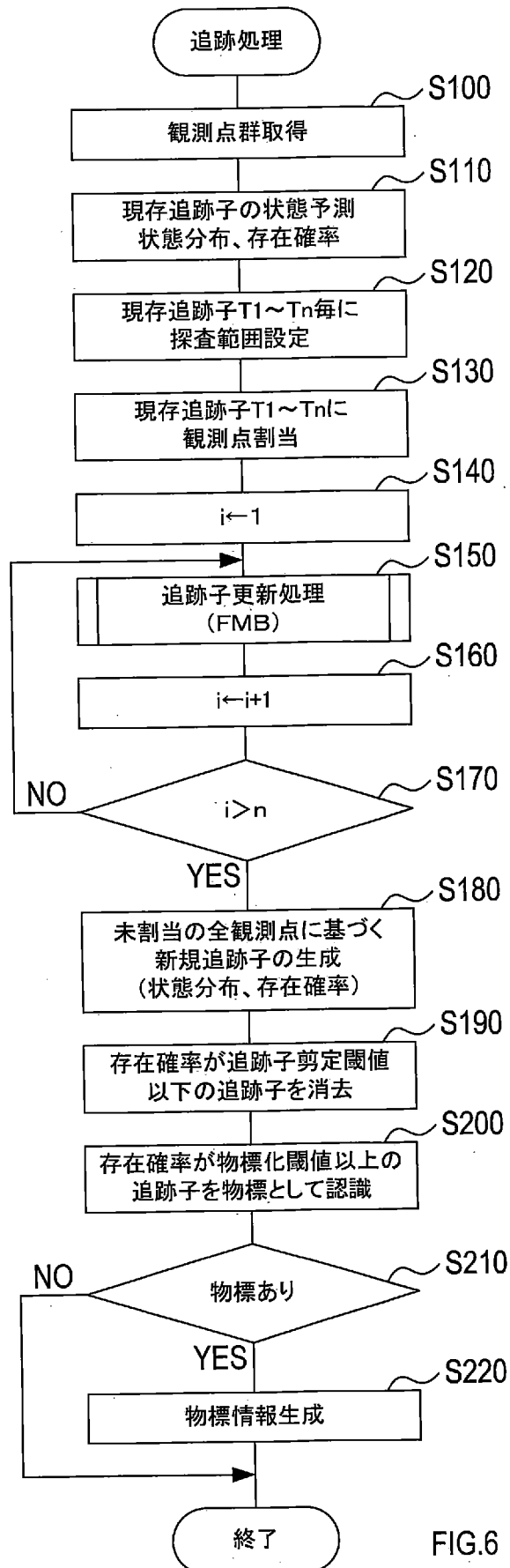


FIG.6

[図7]

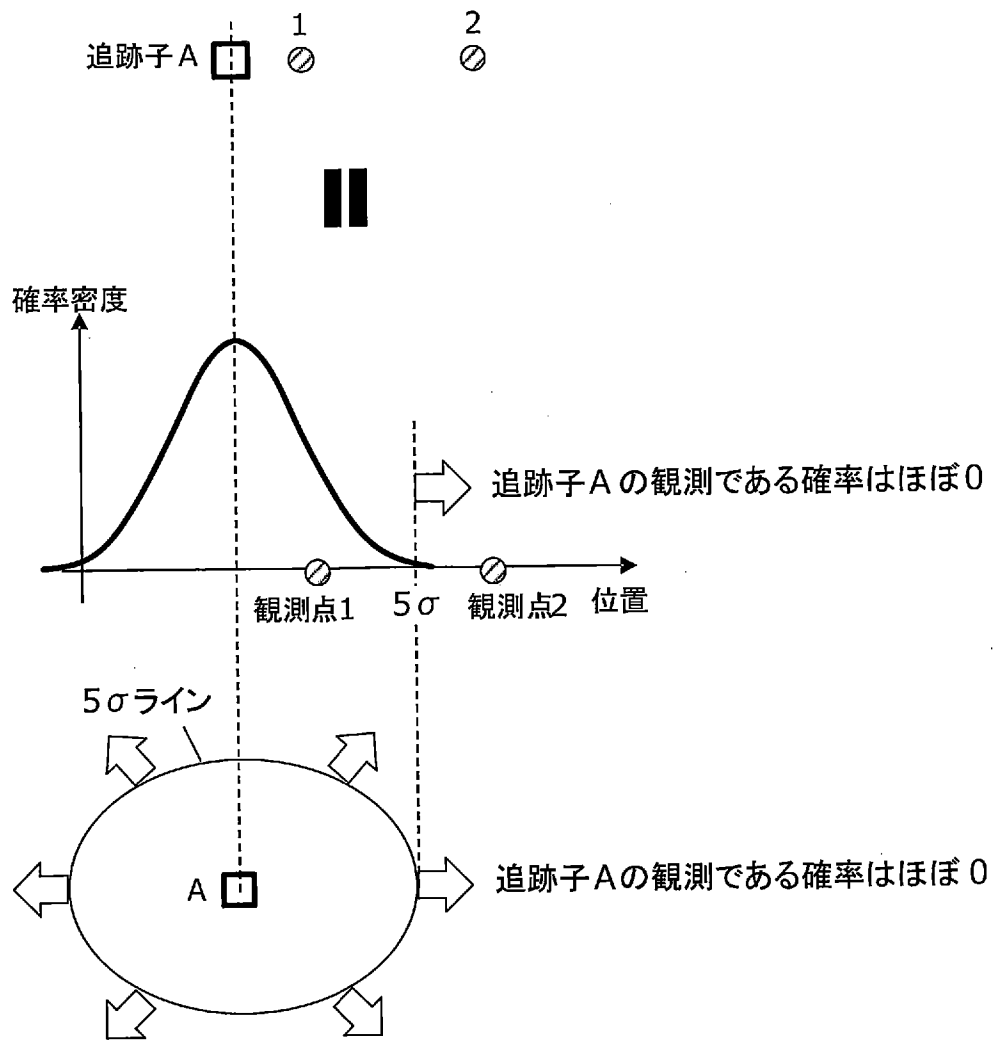


FIG.7

[図8]

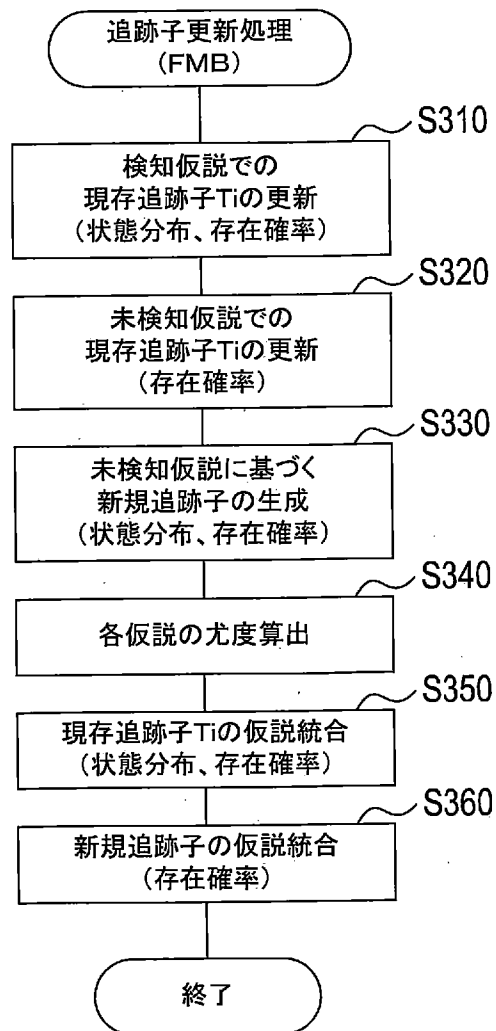


FIG.8

[図9]

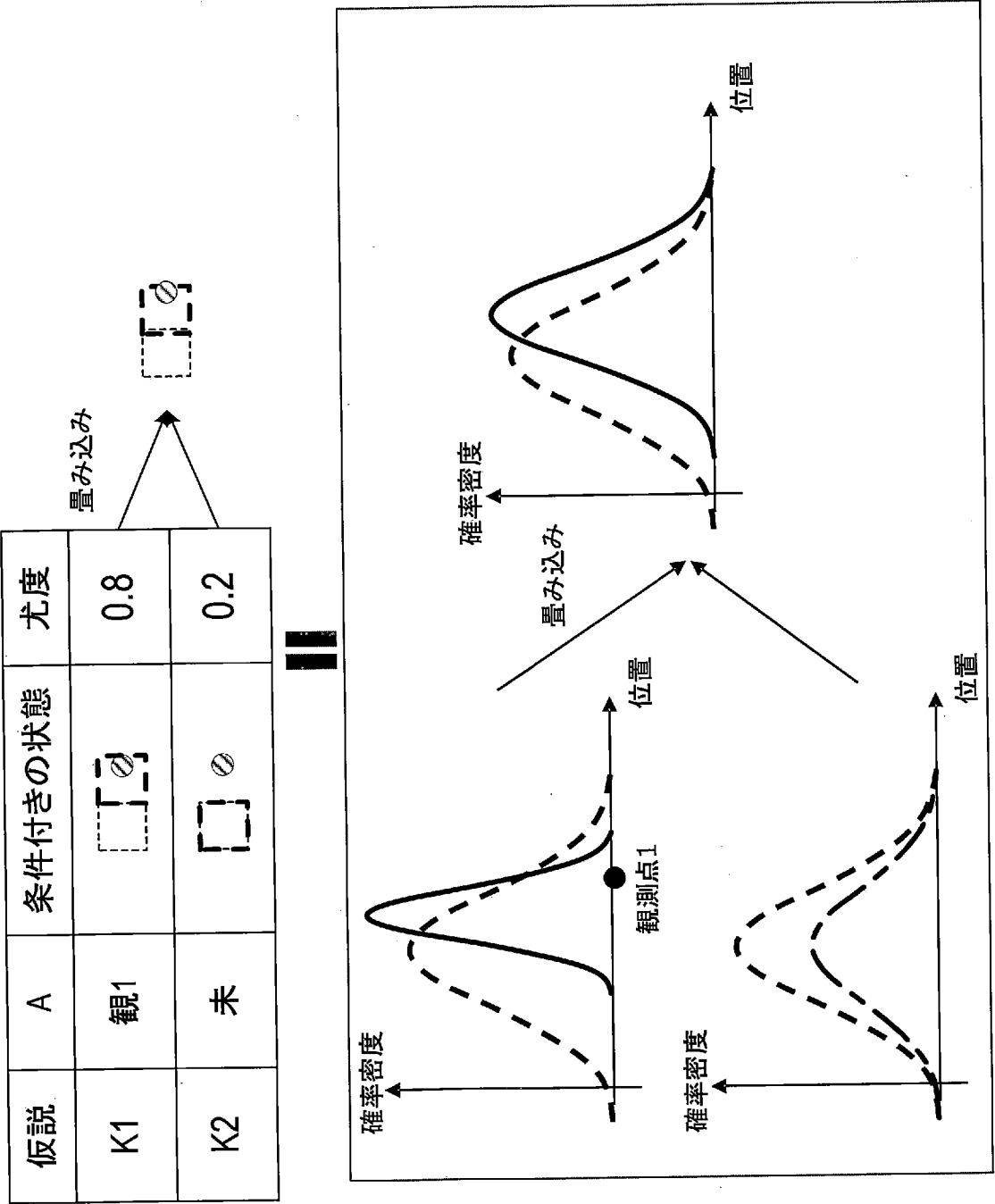


FIG.9

[図10]

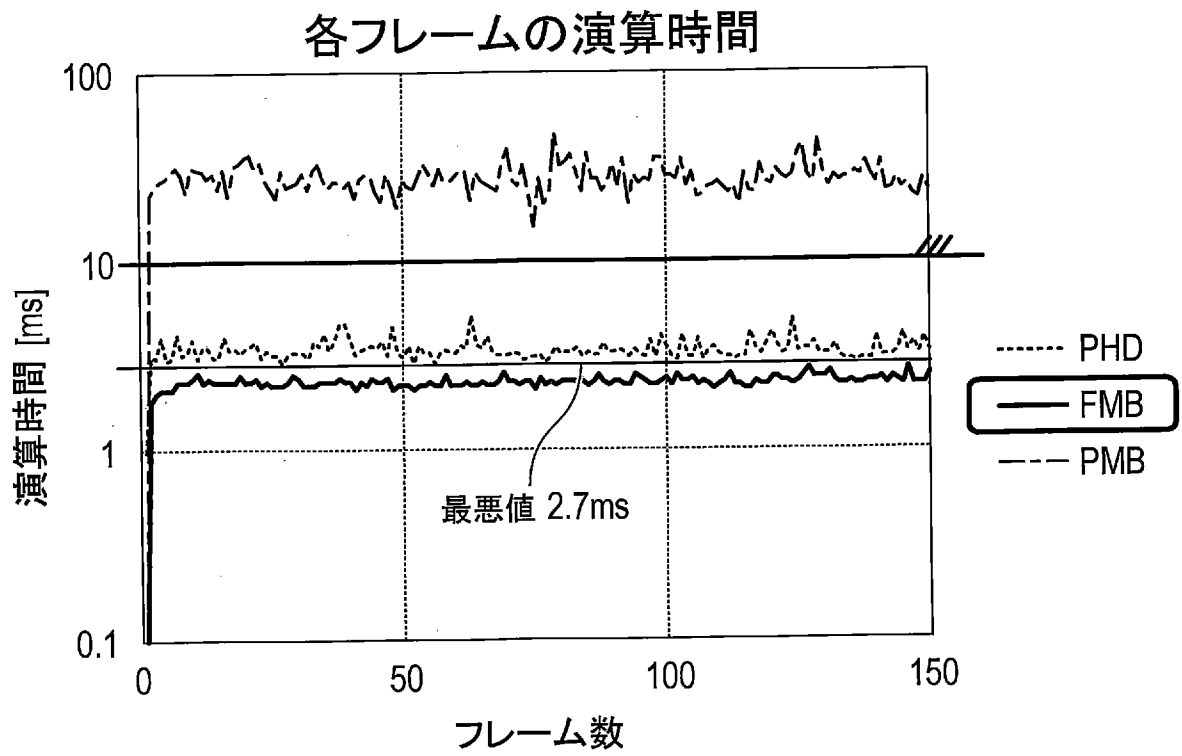


FIG.10

[図11]

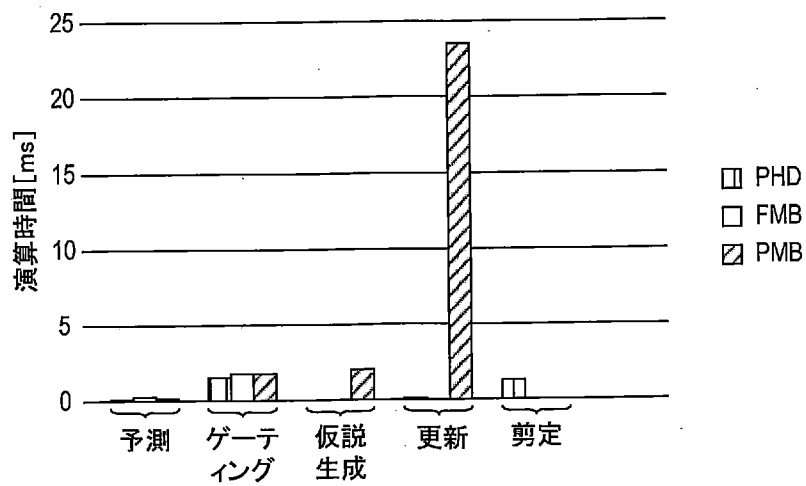


FIG.11

[図12]

S/N改善の目標	2.08倍
信号強度の閾値レベル	$2.40\sigma (\approx 5\sigma / 2.08)$
適用視野角	H:19.4° , V:1.3°
角度分解能	H:0.1° , V:0.1°
光線本数	H:194, V:13
A/Dサンプリング間隔	1.9m
[0m~250m]区間の 光線1本当たりのサンプル数	132個
適用範囲内の最大サンプル数	$37,364\text{個}$ $\approx 194 \times 13 \times 132 \times (131.7 - 103.2) \div 250$
想定雑音量	306個

FIG.12

[図13]

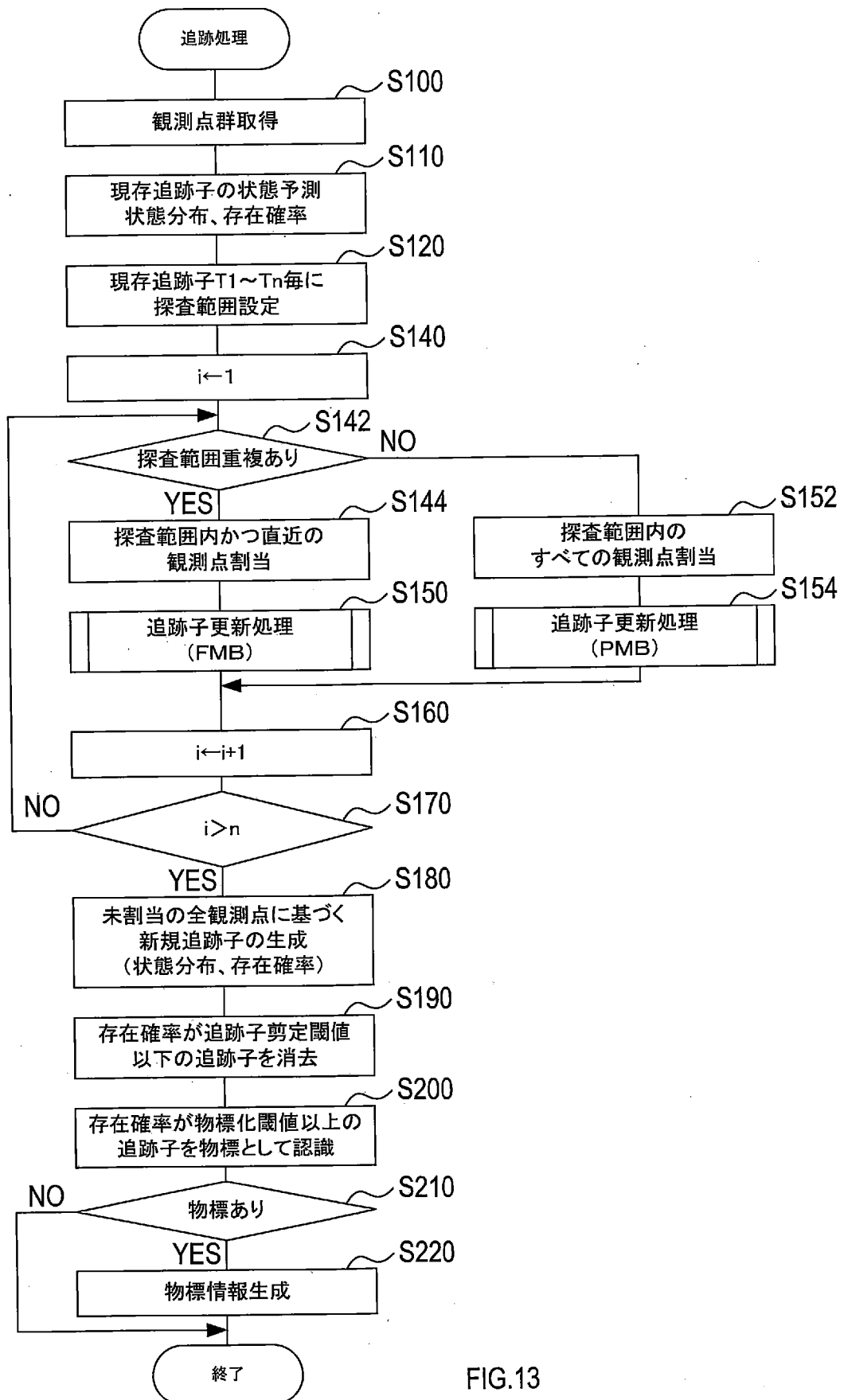


FIG.13

[図14]

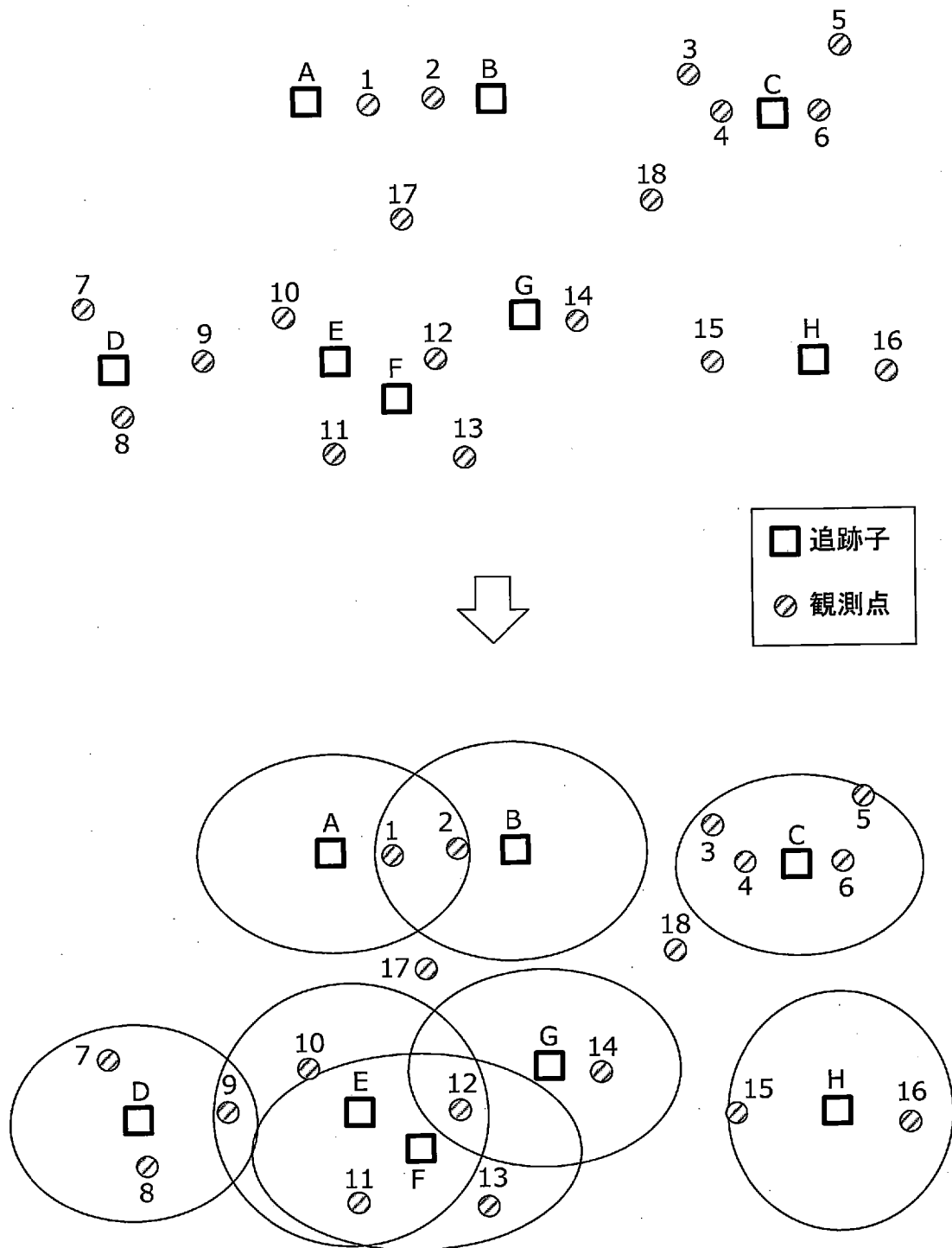


FIG.14

[図15]

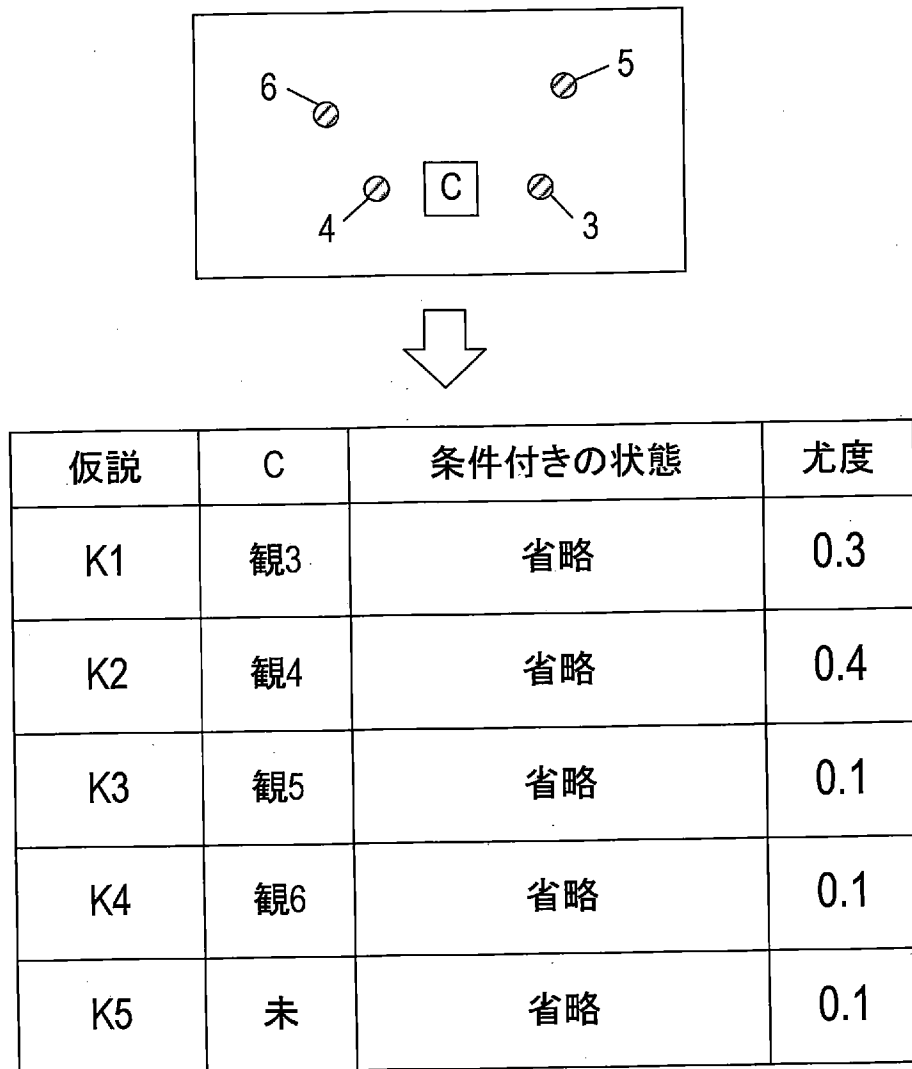


FIG.15

[図16]

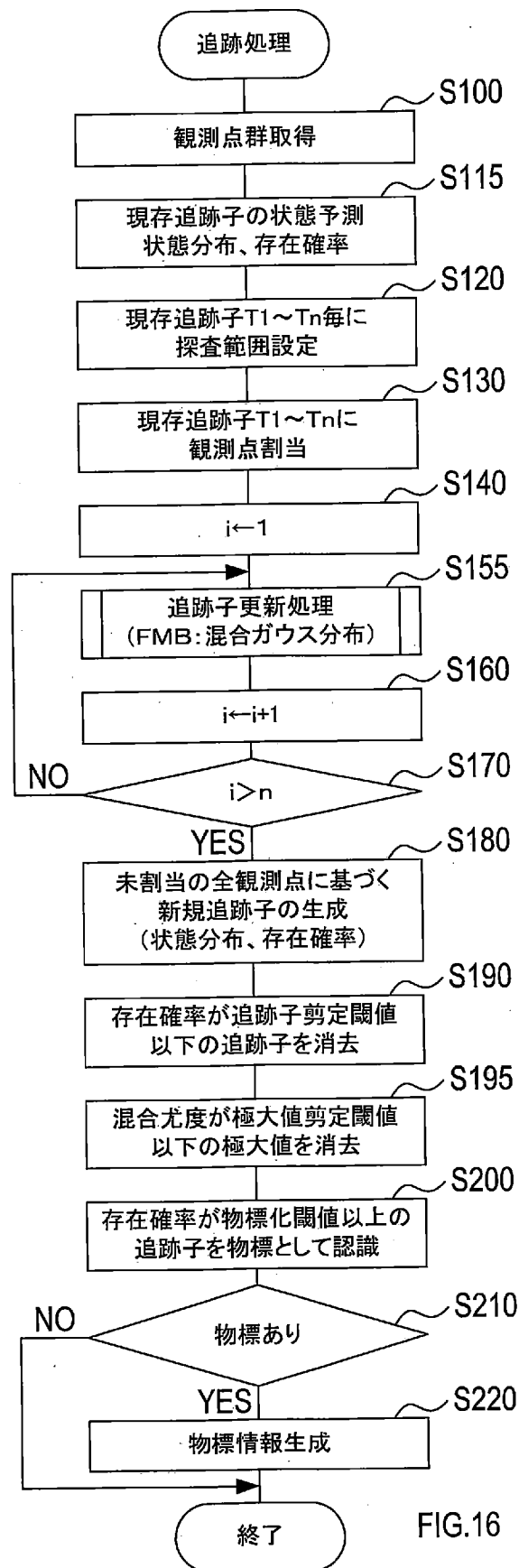


FIG.16

[図17]

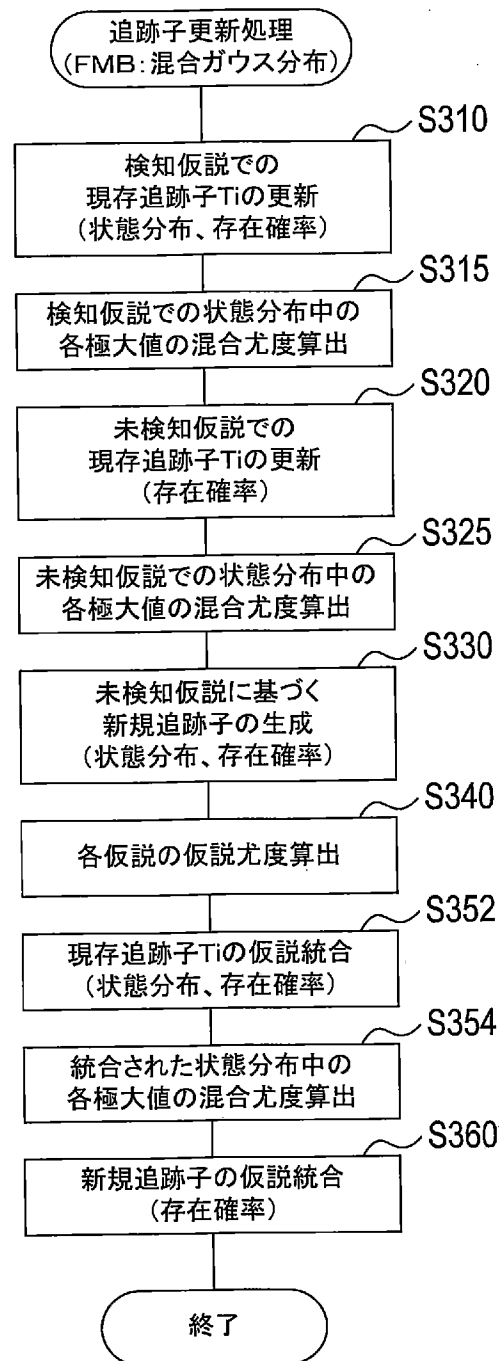


FIG.17

[図18]

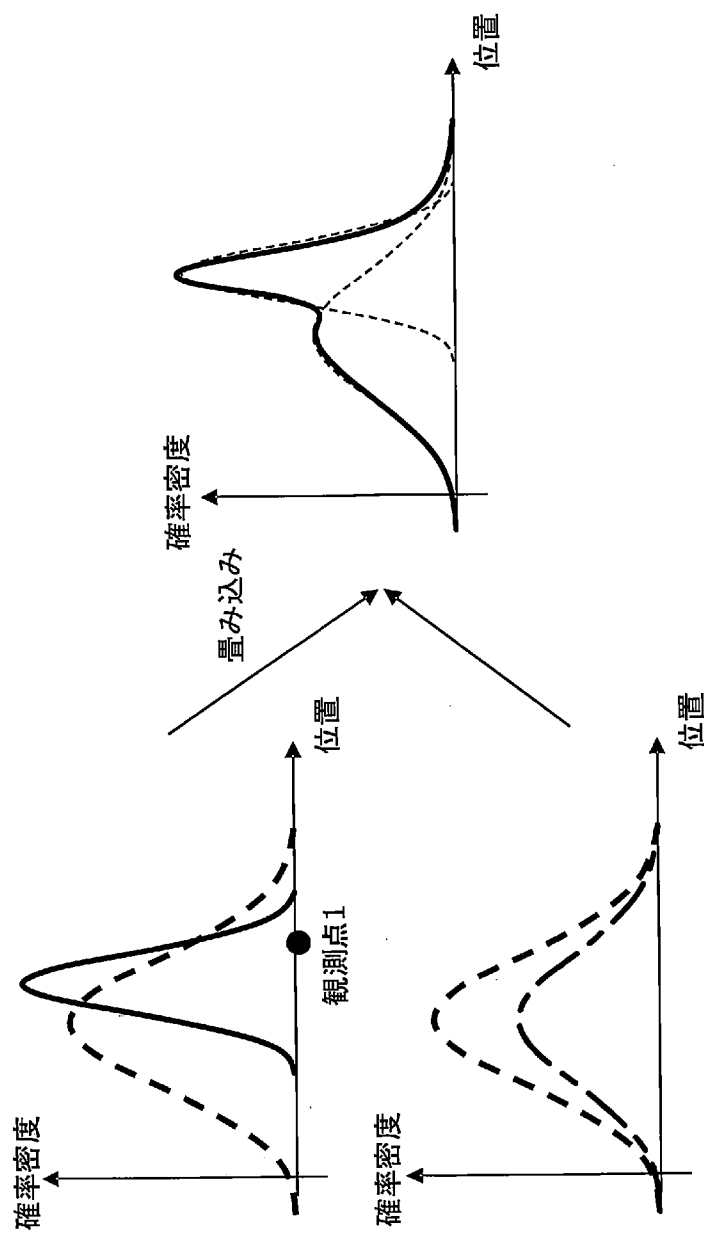


FIG.18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/018928

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01S 13/66**(2006.01)i; **G01S 17/66**(2006.01)i

FI: G01S17/66; G01S13/66

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)

G01S1/72-1/82, 3/80-3/86, 5/18-7/64, 13/00-17/95

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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 2013-72858 A (PANASONIC CORP.) 22 April 2013 (2013-04-22) entire text, all drawings	1-8
A	WO 2011/101945 A1 (PANASONIC CORP.) 25 August 2011 (2011-08-25) entire text, all drawings	1-8
A	JP 2011-123551 A (TOYOTA CENTRAL R&D LABS., INC.) 23 June 2011 (2011-06-23) entire text, all drawings	1-8
A	WO 2009/113265 A1 (PANASONIC CORP.) 17 September 2009 (2009-09-17) entire text, all drawings	1-8
A	JP 2016-114988 A (MEGA CHIPS CORP.) 23 June 2016 (2016-06-23) entire text, all drawings	1-8
A	US 2019/0035088 A1 (NATIONAL TECHNOLOGY & ENGINEERING SOLUTIONS OF SANDIA LLC) 31 January 2019 (2019-01-31) entire text, all drawings	1-8

☐ 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

26 May 2022

Date of mailing of the international search report

28 June 2022

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/018928

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2013-72858	A	22 April 2013	(Family: none)	
WO	2011/101945	A1	25 August 2011	US 2012/0008831 A1 entire text, all drawings CN 102449427 A	
JP	2011-123551	A	23 June 2011	(Family: none)	
WO	2009/113265	A1	17 September 2009	US 2011/0205358 A1 entire text, all drawings EP 2264679 A1 CN 101681549 A	
JP	2016-114988	A	23 June 2016	US 2016/0171717 A1 entire text, all drawings EP 3032496 A1 CN 105701839 A	
US	2019/0035088	A1	31 January 2019	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01S 13/66(2006.01)i; G01S 17/66(2006.01)i FI: G01S17/66; G01S13/66														
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（IPC）） G01S1/72-1/82, 3/80-3/86, 5/18-7/64, 13/00-17/95 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2022年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2022年	日本国実用新案登録公報	1996-2022年	日本国登録実用新案公報	1994-2022年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2022年													
日本国実用新案登録公報	1996-2022年													
日本国登録実用新案公報	1994-2022年													
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 2013-72858 A（パナソニック株式会社）22.04.2013（2013-04-22） 全文全文	1-8												
A	WO 2011/101945 A1（パナソニック株式会社）25.08.2011（2011-08-25） 全文全文	1-8												
A	JP 2011-123551 A（株式会社豊田中央研究所）23.06.2011（2011-06-23） 全文全文	1-8												
A	WO 2009/113265 A1（パナソニック株式会社）17.09.2009（2009-09-17） 全文全文	1-8												
A	JP 2016-114988 A（株式会社メガチップス）23.06.2016（2016-06-23） 全文全文	1-8												
A	US 2019/0035088 A1（NATIONAL TECHNOLOGY & ENGINEERING SOLUTIONS OF SANDIA LLC）31.01.2019（2019-01-31） 全文全文	1-8												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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の日の後に公表された文献	
* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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の日の後に公表された文献														
国際調査を完了した日 26.05.2022	国際調査報告の発送日 28.06.2022													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 梶田 真也 2M 3303 電話番号 03-3581-1101 内線 3216													

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/018928

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2013-72858	A	22.04.2013	(ファミリーなし)	
WO	2011/101945	A1	25.08.2011	US 2012/0008831	A1
				全文全図	
				CN 102449427	A
JP	2011-123551	A	23.06.2011	(ファミリーなし)	
WO	2009/113265	A1	17.09.2009	US 2011/0205358	A1
				全文全図	
				EP 2264679	A1
				CN 101681549	A
JP	2016-114988	A	23.06.2016	US 2016/0171717	A1
				全文全図	
				EP 3032496	A1
				CN 105701839	A
US	2019/0035088	A1	31.01.2019	(ファミリーなし)	