

(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
2020年6月4日(04.06.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/111052 A1

(51) 国際特許分類:
G01S 13/28 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/046134

(22) 国際出願日: 2019年11月26日(26.11.2019)

(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 2018-222514 2018年11月28日(28.11.2018) 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).

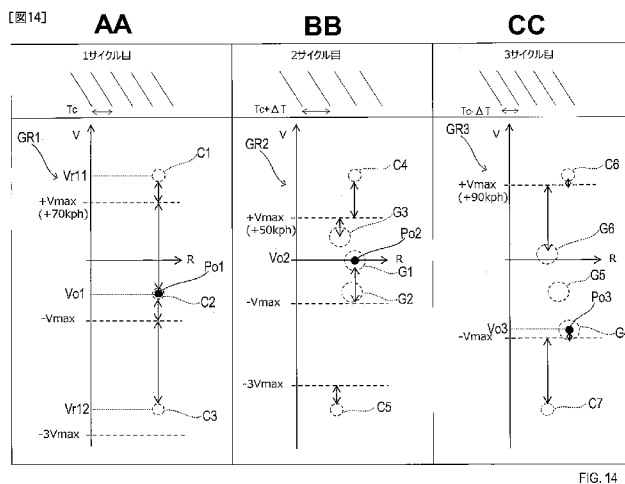
(72) 発明者: 北村 堯之 (KITAMURA, Takayuki); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP).

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

(54) Title: RADAR DEVICE

(54) 発明の名称: レーダ装置



AA First cycle
BB Second cycle
CC Third cycle

(57) Abstract: This radar device (1) is provided with a transmission unit (2), a repetition cycle setting unit (6, S10, S30, S50), an object detection unit (5, 6, S20, S40, S60) and a hypothesis selection unit (6, S80, S110). With a measurement cycle as a single cycle, the transmission unit repeatedly transmits, for every repetition cycle, radar waves with a frequency that changes over time. The repetition cycle setting unit changes the repetition cycle each time a measurement cycle elapses. By receiving radar waves reflected by an object, the object detection unit detects the relative speed of the reflecting

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.

(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)）

object as the observed speed. The hypothesis selection unit selects any one of a first, second and third hypothesis on the basis of a speed accuracy after-distribution for the first, second and third hypotheses, calculated on the basis of a speed accuracy before-distribution and the amount of observed speed detection results corresponding to the number of distribution calculations.

(57) 要約：レーダ装置（1）は、送信部（2）と繰返周期設定部（6，S10，S30，S50）と物体検出部（5，6，S20，S40，S60）と仮説選択部（6，S80，S110）とを備える。送信部は、測定周期を1回のサイクルとして、時間に対して周波数が変化するレーダ波を繰返周期毎に繰り返して送信する。繰返周期設定部は、測定周期が経過する毎に繰返周期を変化させる。物体検出部は、物体で反射したレーダ波を受信することによって、反射物体との相対速度を観測速度として検出する。仮説選択部は、速度精度事前分布と、分布計算回数分の観測速度の検出結果とにより算出される第1，2，3仮説についての速度精度事後分布に基づき、第1，2，3仮説の何れか1つの仮説を選択する。

明 細 書

発明の名称：レーダ装置

関連出願の相互参照

- [0001] 本国際出願は、2018年11月28日に日本国特許庁に出願された日本国特許出願第2018-222514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2018-222514号の全内容を参照により本国際出願に援用する。

技術分野

- [0002] 本開示は、レーダ波を送受信することにより、レーダ波を反射した物体を検出するレーダ装置に関する。

背景技術

- [0003] 特許文献1には、アンテナを介して所定の繰返周期で繰り返し送信されて物体で反射したレーダ波を受信することにより、物体の相対速度（以下、ターゲット速度）を算出するレーダ装置が記載されている。
- [0004] 特許文献1に記載のレーダ装置のように、所定の繰返周期 T_p で繰り返されるレーダ波を送受信する場合には、観測速度の観測可能速度範囲は、 λ をレーダ波の波長として、 $-\lambda/4T_p$ から $+\lambda/4T_p$ までとなる。この観測可能速度範囲を超える相対速度で移動する物体を検出する場合には、速度の折り返しが発生し、正しいターゲット速度を検出することができない。
- [0005] この対策として、サイクル毎に繰返周期を変化させることで、サイクル毎に観測可能速度範囲を変化させるスタガ処理が一般的に用いられる。このスタガ処理を利用する場合には、数サイクルに亘る観測速度の変化を観測し、ターゲット速度の折り返し曖昧性を解く必要がある。従来、数サイクルに亘るターゲット速度の仮定を単純に複数設定し、トラッキングが数サイクルで繋がりが続けた仮定に対応するターゲット速度を真のターゲット速度とすることにより、折り返し曖昧性を解いていた。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2013-167580号公報

発明の概要

[0007] しかし、発明者の詳細な検討の結果、上記の解き方では、間違っている仮説であっても、トラッキングが数サイクルで繋がりが続けた場合には、どの仮説に対応するターゲット速度を真のターゲット速度とするかを決定することができなくなってしまう、物体の速度の検出精度が低下してしまうという課題が見出された。

[0008] 本開示は、物体の速度の検出精度を向上させる。

[0009] 本開示の一態様は、送信部と、繰返周期設定部と、物体検出部と、仮説選択部とを備えるレーダ装置である。

[0010] 送信部は、予め設定された測定周期を1回のサイクルとして、測定周期が経過する毎に、時間に対して周波数が変化するレーダ波を予め設定された繰返周期毎に予め設定された繰返数だけ繰り返して送信するように構成される。

[0011] 繰返周期設定部は、測定周期が経過する毎に繰返周期を変化させるように構成される。

[0012] 物体検出部は、物体で反射したレーダ波を受信することによって、少なくとも、レーダ波を反射した物体である反射物体との相対速度を、観測速度として検出するように構成される。

[0013] 仮説選択部は、速度精度事前分布と、分布計算回数分の観測速度の検出結果とにより算出される第1仮説、第2仮説および第3仮説のそれぞれについての速度精度事後分布に基づき、第1仮説、第2仮説および第3仮説の何れか1つの仮説を選択するように構成される。

[0014] 第1仮説は、観測速度が、繰返周期に基づいて設定される観測可能速度範囲の上限より大きい相対速度の折り返しによる検出結果であると仮定する仮説である。第2仮説は、観測速度が、相対速度の折り返しがない場合の検出結果であると仮定する仮説である。第3仮説は、観測速度が、観測可能速度

範囲の下限より小さい相対速度の折り返しによる検出結果であると仮定する仮説である。

[0015] 速度精度は、相対速度の精度である。速度精度事前分布は、速度精度に関する事前分布である。速度精度事後分布は、予め設定された分布計算回数のサイクルが経過した後における速度精度に関する事後分布である。

[0016] このように構成された本開示のレーダ装置は、第1仮説に基づいて算出される速度精度事後分布と、第2仮説に基づいて算出される速度精度事後分布と、第3仮説に基づいて算出される速度精度事後分布とのうち、速度精度が最も高くなる速度精度事後分布に対応する仮説を選択することができる。従って、本開示のレーダ装置は、第1仮説、第2仮説および第3仮説のうち、少なくとも2つの仮説の速度精度事後分布で同時に速度精度が最高となる事態の発生を抑制できる。このため、本開示のレーダ装置は、第1仮説、第2仮説および第3仮説のうち、どの仮説が正しいかを決定することができなくなってしまうという事態の発生を抑制し、物体の速度の検出精度を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]レーダ装置の構成を示すブロック図である。

[図2]発振部の機能を示す図である。

[図3]チャープ信号の繰返周期を示す図である。

[図4]変調部での位相偏移変調に使用する位相回転量の例を示す図である。

[図5]物体検出処理を示すフローチャートである。

[図6]測定処理を示すフローチャートである。

[図7]選択可および選択不可な位相回転量の組み合わせパターンを示す図である。

[図8]位相回転量の選択例を示す図である。

[図9]速度スペクトラムに出現する同一物体ピーク群の例を示す図である。

[図10]受信スペクトラムを示す図である。

[図11]情報生成処理を示すフローチャートである。

[図12]スタガ変調を説明する図である。

[図13]速度の折り返しを説明する図である。

[図14] 1 ～ 3 サイクル目における観測可能速度範囲と速度折り返しとを示す図である。

[図15]第 1, 2, 3 仮説を採用した場合における速度の精度分布の分岐を示す図である。

[図16]第 1, 2, 3 仮説を採用した場合における距離の精度分布の分岐を示す図である。

[図17]第 1, 2, 3 仮説を採用した場合における方位の精度分布の分岐を示す図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下に本開示の実施形態を図面とともに説明する。

[0019] 本実施形態のレーダ装置 1 は、車両に搭載され、車両の周囲に存在する様々な物体を検出する。

[0020] レーダ装置 1 は、図 1 に示すように、送信部 2 と、送信アンテナ部 3 と、受信アンテナ部 4 と、受信部 5 と、処理部 6 とを備える。

[0021] 送信アンテナ部 3 は、送信に使用される一つ以上のアンテナを有する。受信アンテナ部 4 は、受信に使用される一つ以上のアンテナを有する。但し、送信アンテナ部 3 と受信アンテナ部 4 とのうち、少なくとも一方は複数のアンテナを有する。

[0022] つまり、レーダ装置 1 は、送信アンテナ部 3 に属するアンテナと、受信アンテナ部 4 に属するアンテナとの組み合わせを送受信チャネルとして、複数の送受信チャネルを有するように構成される。本実施形態では、レーダ装置 1 は、送信アンテナ部 3 に属するアンテナを M 個、受信アンテナ部 4 に属するアンテナを N 個備え、 $M \times N$ 個の送受信チャネルを備えとする。 $M \times N$ は 2 以上の整数である。なお、送信アンテナ部 3 に属するアンテナの配置間隔と、受信アンテナ部 4 に属するアンテナの配置間隔とは、等間隔であっても不等間隔であってもよい。

[0023] 送信部2は、FCM方式で変調された送信信号を送信する。FCMは、Fast-Chirp Modulationの略である。送信部2は、発振部21と、変調部22とを備える。発振部21は、連続波の共通信号を生成する。発振部21は、生成した共通信号を、変調部22に供給するとともに、ローカル信号Lとして受信部5にも供給する。また発振部21は、図2に示すように、測定周期 T_f （例えば、50ms）を1フレームとして、各フレームの先頭の測定期間 T_m （例えば、10ms）の間、時間に対して周波数が直線的に変化するチャープ信号を、予め設定された繰返数K（例えば、256個）だけ連続的に送信する。送信部2は、図3に示すように、予め設定された繰返周期 T_p 毎にチャープ信号を繰返し送信する。

[0024] 変調部22は、発振部21が生成した共通信号を分岐させ、送信アンテナ部3に属する送信アンテナと同数であるM個の分岐信号を生成する。変調部22は、M個の分岐信号のそれぞれについて、繰返周期 T_p 毎に分岐信号の位相を変化させる位相偏移変調を行う。これにより、変調部22は、送信アンテナのそれぞれに供給するM個の送信信号を生成する。位相偏移変調では、変調部22は、M個の分岐信号のそれぞれに対して互いに異なる大きさの位相回転量 $\Delta\phi$ を設定し、繰返周期毎に、その位相回転量 $\Delta\phi$ だけ分岐信号の位相を回転させる。

[0025] ここで、位相偏移変調で使用する位相の数をPとする。PはMより大きい整数である。変調部22は、 $p = 0, 1, 2, \dots, P-1$ として、 $\Delta\phi = p \times 360^\circ / P$ で表されるP種類の位相回転量を用いる。例えば、 $P = 4$ の場合、図4に示すように、 $p = 0$ では $\Delta\phi = 0^\circ$ となり、変調前の信号である分岐信号（すなわち、共通信号）に対する変調後の信号である送信信号の位相差は、全ての繰返周期 T_p で 0° となる。 $p = 1$ では $\Delta\phi = 90^\circ$ となり、共通信号に対する送信信号の位相差は繰返周期 T_p 毎に切り替わり、 $0^\circ \rightarrow 90^\circ \rightarrow 180^\circ \rightarrow 270^\circ \rightarrow 0^\circ$ （以下同様）の順に変化する。 $p = 2$ では $\Delta\phi = 180^\circ$ となり、共通信号に対する送信信号の位相差は繰返周期毎に切り替わり、 $0^\circ \rightarrow 180^\circ \rightarrow 0^\circ \rightarrow 180^\circ \rightarrow 0^\circ$ （以下同様）の順

に変化する。 $p = 3$ では $\Delta \phi = 270^\circ$ となり、共通信号に対する送信信号の位相差は繰返周期毎に切り替わり、 $0^\circ \rightarrow 270^\circ \rightarrow 180^\circ \rightarrow 90^\circ \rightarrow 0^\circ$ （以下同様）の順に変化する。

[0026] 上述したように $P > M$ に設定されるため、位相偏移変調には、 P 種類の位相回転量 $\Delta \phi$ の全種類が使用されることはなく、その一部が使用される。

[0027] 変調部22は、位相数 P の設定、 P 種類の位相回転量 $\Delta \phi$ のうち位相偏移変調に使用する M 種類の位相回転量の選択、選択された M 種類の位相回転量と M 個の送信アンテナとの対応関係の設定を適宜変更できるように構成されている。設定の変更は、処理部6からの指示に従ってもよいし、自動的に行ってもよい。自動的に変更する場合は、予め決められたパターンに従って行ってもよいし、ランダムに行ってもよい。

[0028] 受信部5は、図1に示すように、受信アンテナ部4に属する各受信アンテナから出力される N 個の受信信号のそれぞれについて、ローカル信号 L との差信号であるビート信号を生成し、生成されたビート信号をサンプリングして処理部6に供給する。

[0029] 処理部6は、CPU61およびメモリ62を備えたマイクロコンピュータを中心に構成された電子制御装置である。メモリ62は、例えばROMおよびRAMである。マイクロコンピュータの各種機能は、CPU61が非遷移的実体的記録媒体に格納されたプログラムを実行することにより実現される。この例では、メモリ62が、プログラムを格納した非遷移的実体的記録媒体に該当する。また、このプログラムの実行により、プログラムに対応する方法が実行される。なお、CPU61が実行する機能の一部または全部を、一つあるいは複数のIC等によりハードウェア的に構成してもよい。また、処理部6を構成するマイクロコンピュータの数は1つでも複数でもよい。

[0030] 次に、処理部6が実行する物体検出処理の手順を説明する。物体検出処理は、処理部6が起動した後に繰り返し実行される処理である。

[0031] 物体検出処理が実行されると、処理部6は、図5に示すように、まずS10にて、発振部21に生成させる共通信号に関するパラメータである繰返周

期 T_p を、予め設定された基準時間 T_c （例えば、 $60\ \mu s$ ）に設定する。

[0032] 処理部 6 は、S 2 0 にて、測定処理を実行する。ここで、測定処理の手順を説明する。

[0033] 測定処理が実行されると、処理部 6 は、図 6 に示すように、まず S 2 1 0 にて、変調部 2 2 での位相偏移変調に用いる位相数 P を設定する。位相数 P は、少なくとも送信アンテナ数 M より大きな値が用いられる。例えば、 $P = M + 1$ に設定してもよい。位相数 P は固定値であってもよいし、本処理が実行される毎に予め決められたパターンに従って或いはランダムに複数種類の値の中から選択して位相数 P が設定されるようにしてもよい。

[0034] 処理部 6 は、S 2 2 0 にて、位相数 P によって決まる P 種類の位相回転量のうち、変調部 2 2 での位相偏移変調に用いる M 種類の位相回転量を選択する。 M 種類の位相回転量は、 360° の中で各回転量が均等に配置されることがないように、すなわち、不均一な配置となるように選択される。

[0035] 具体的には、 P と M とが公約数を持たない場合は、任意に位相回転量を選択することができる。 P と M とが公約数を有する場合は、配置間隔が同一パターンの繰り返しとなることがないように注意して選択する必要がある。

[0036] 例えば、図 7 に示すように、 $P = 4$ 且つ $M = 2$ である場合、位相回転量の組み合わせとして、 $(0^\circ, 90^\circ)$ 、 $(90^\circ, 180^\circ)$ 、 $(180^\circ, 270^\circ)$ 、 $(270^\circ, 0^\circ)$ は選択可であるが、 $(0^\circ, 180^\circ)$ 、 $(90^\circ, 270^\circ)$ は選択不可である。また、 $P = 4$ 且つ $M = 3$ である場合、位相回転量の組み合わせとして、 $(0^\circ, 90^\circ, 180^\circ)$ 、 $(90^\circ, 180^\circ, 270^\circ)$ 、 $(180^\circ, 270^\circ, 0^\circ)$ 、 $(270^\circ, 0^\circ, 90^\circ)$ の全てが選択可である。但し、本実施形態では、必ず $\Delta\phi = 0^\circ$ を含んだ組み合わせを選択する。

[0037] なお、位相回転量の実行は、常に一定でもよいし、本処理が実行される毎に、選択可能な組み合わせの中で、予め決められたパターンに従って又はランダムに切り替えられるようにしてもよい。

[0038] S 2 2 0 の処理が終了すると、処理部 6 は、図 6 に示すように、S 2 3 0

にて、S 2 2 0 で選択されたM種類の位相回転量と、各送信アンテナとの対応関係を設定する。この対応づけは、例えば、予め設定された規則に従って割り当てられてもよいし、ランダムに割り当てられてもよい。また、対応付けは、常に一定でもよいし、本処理が実行される毎に、予め決められたパターンに従って或いはランダムに切り替えられてもよい。

[0039] 図8は、 $P = 4$ 且つ $M = 2$ であり、位相回転量の組み合わせとして (0° , 90°) が選択され、送信アンテナ $TX1$ に $\Delta\phi = 0^\circ$ 、送信アンテナ $TX2$ に $\Delta\phi = 90^\circ$ を割り当てた場合に、送信アンテナ $TX1$, $TX2$ のそれぞれに供給される送信信号の位相が変化する様子を表現している。

[0040] S 2 3 0 の処理が終了すると、処理部6は、図6に示すように、S 2 4 0 にて、測定開始タイミングであるか否かを判断する。処理部6は、測定開始タイミングでない場合には、測定開始タイミングになるまで、S 2 4 0 の処理を繰り返すことで待機する。処理部6は、測定開始タイミングである場合には、S 2 5 0 に移行する。測定開始タイミングとは、測定周期 T_f によって長さが決まるフレームが切り替わるタイミングである。

[0041] S 2 5 0 に移行すると、処理部6は、設定結果に従って送信部2を作動させ、レーダ測定を実施する。具体的には、送信部2に、測定期間 T_m の間、繰返周期 T_p 毎にチャープ信号を繰り返し送信させ、その受信信号から生成されるビート信号のサンプリング結果を取得する。

[0042] 処理部6は、S 2 6 0 にて、N個の受信アンテナから得られるビート信号のサンプリング結果を、受信アンテナ毎に、且つ、チャープ信号毎に周波数解析することによって、N個の受信アンテナのそれぞれについてK個ずつの距離スペクトラムを算出する。各距離スペクトラムでは、送信アンテナから送信された放射波を反射した物体を往復するのに要した時間（すなわち、物体までの距離）に応じた周波数にピークが出現する。

[0043] 処理部6は、S 2 7 0 にて、S 2 6 0 にて算出された $N \times K$ 個の距離スペクトラムを用いて、受信アンテナ毎に速度スペクトラムを算出する。具体的には、着目する受信アンテナに関するK個の距離スペクトラムから、同一周

波数ビンの信号を抽出し、抽出した信号に対して時間軸方向への周波数解析処理を実行する。この処理を全ての周波数ビン（すなわち、距離）について実行する。

[0044] 速度スペクトラムでは、送信アンテナ部 3 からの放射波を反射した物体との相対速度がゼロである場合は、各送信アンテナに割り当てられた位相回転量に応じた周波数が、ドップラ周波数として抽出される。つまり、 $\Delta \phi = 0^\circ$ に対応する信号成分の周波数は 0 Hz である。

[0045] なお、ドップラ周波数が観測される範囲（以下、ドップラ観測範囲）は、繰返周期 T_p によって決まる。また、ドップラ周波数は、図 9 に示すように、ドップラ観測範囲を P 分割した地点のうち、 M 個の地点にて検出される。図 9 では、ドップラ観測範囲の上限が 1 に正規化されている。

[0046] また、速度スペクトラムでは、物体との間に相対速度がある場合は、これら M 個のドップラ周波数は、相対速度に応じた大きさだけシフトし、相対速度の大きさによっては、周波数の折り返しが発生する。

[0047] これら S 2 6 0 および S 2 7 0 の算出結果から、レーダ波を反射した物体との距離および相対速度を表す二次元スペクトラム（以下、受信スペクトラム）が、受信アンテナ毎に生成される。図 1 0 は、受信アンテナが 4 個である場合の受信スペクトラムと、受信スペクトラムで検出されるピークとを示す。

[0048] S 2 7 0 の処理が終了すると、処理部 6 は、図 6 に示すように、S 2 8 0 にて、受信アンテナ毎に、受信スペクトラムを用いて、レーダ波を反射した物体との距離および相対速度と、物体が存在する方位とを算出する情報生成処理を実行し、測定処理を終了する。

[0049] 次に、S 2 8 0 で実行される情報生成処理の手順を説明する。

[0050] 情報生成処理が実行されると、処理部 6 は、図 1 1 に示すように、まず S 3 1 0 にて、S 2 7 0 にて受信アンテナ毎に生成された N 個の受信スペクトラムを、インコヒーレント積分して、一つの統合スペクトラム $g(r, v)$ を算出する。受信アンテナ毎の受信スペクトラムを $s(r, v, Rch)$ で

表すものとして、統合スペクトラム $g(r, v)$ は、式 (1) を用いて算出される。 r は距離であり、 v は、ドップラ観測範囲の上限周波数に対応する速度を 1 とする正規化ドップラ速度であり、 Rch は、受信アンテナを識別する番号である。

[0051] [数1]

$$g(r, v) = \sum_{Rch=1}^N |s(r, v, Rch)|^2 \quad (1)$$

[0052] 処理部 6 は、S 3 2 0 にて、統合スペクトラム上で、予め設定された閾値以上の強度を有するピークが M 個以上検出されている距離を候補距離として、候補距離のうち、以下の S 3 3 0 から S 3 8 0 での処理の対象として未だ選択されていない距離を、対象距離 r として選択する。

[0053] 処理部 6 は、S 3 3 0 にて、S 3 2 0 で選択された対象距離 r で検出される複数のピークのうち、以下の S 3 4 0 から S 3 7 0 での処理対象として未だ選択されていないピークに対応する速度を対象速度 v として選択する。ここでは、処理部 6 は、速度が小さいものから順番に選択する。

[0054] 処理部 6 は、S 3 4 0 にて、対象速度 v のピークが、位相回転量 $\Delta\phi = 0^\circ$ に対応したピークであると仮定し、式 (2) に従って、他の位相回転量に対応したピークが存在すると推定される $M-1$ 個の対応点 (r, v_j) 、但し、 $j = 2 \sim M$ を算出する。 $x(j)$ は、S 2 2 0 で選択された $\Delta\phi = 0^\circ$ 以外の位相回転量である。 v, v_j は正規化されたドップラ周波数であり、 $0 \sim 1$ の値をとる。 $\text{mod}(a, m)$ は、 a を m で割った後の余りを示す。

[0055] [数2]

$$v_j = v + \text{mod}(x(j) - x(1)/P, 1) \quad (2)$$

[0056] 処理部6は、S350にて、S340で推定された対応点の全てについて、統合スペクトラム上でピーク（すなわち、二次極大点）が存在するか否かを判断し、肯定判断された場合はS360に移行し、否定判断された場合は、S390に移行する。以下では、対応点に対応するM個のピークを候補ピーク群という。

[0057] S360に移行すると、処理部6は、候補ピーク群が電力条件を満たすか否かを判断し、肯定判断された場合は、S370に移行し、否定判断された場合は、S390に移行する。ここでは、電力条件として、候補ピーク群に属するピークの信号強度差が、予め設定された許容範囲内にあることを用いる。これは、同一物体からの反射波に基づくピークの信号強度は、いずれも類似しているはずであるとの知見に基づく。

[0058] S370に移行すると、処理部6は、候補ピーク群が位相条件を満たすか否かを判断し、肯定判断された場合は、S380に移行し、否定判断された場合は、S390に移行する。ここでは、位相条件として、基準受信チャンネルとそれ以外の受信チャンネル位相差を算出し、候補ピーク間でこの位相差の差異が予め設定された許容範囲にあることを用いる。これは、同一物体からの反射波に基づくピークは、いずれも同じ方向から到来するはずであるとの知見に基づき、同じ方向から到来するピークの受信間位相差は、いずれも似たような大きさになることに基づく。以下では、S370にて肯定判断された候補ピーク群を、同一物体ピーク群という。

[0059] S380に移行すると、処理部6は、対象距離 r と対象速度 v との組を、物体情報として登録する。更に、処理部6は、以下のようにして算出した方位 θ も物体情報に追加する。すなわち、受信アンテナ毎に算出されたN個の受信スペクトラムのそれぞれから、M個の同一物体ピーク群に対応する各ピークを抽出する。抽出された $M \times N$ 個のピークを、 $M \times N$ 個の送受信チャンネルからの受信信号とみなして、MUSICまたはビームフォーミング等の方位検出処理を実行することで、物体の方位 θ を算出する。MUSICは、Mul

tuple signal classificationの略である。

- [0060] S 3 9 0に移行すると、処理部6は、対象距離 r で検出される全てのピーク（すなわち、速度）が、対象速度 v として選択された否かを判断し、肯定判断された場合はS 4 0 0に移行し、否定判断された場合は、S 3 3 0に移行する。
- [0061] S 4 0 0に移行すると、処理部6は、全ての候補距離が対象距離 r として選択されたか否かを判断し、肯定判断された場合は、情報生成処理を終了し、否定判断された場合は、S 3 2 0に移行する。
- [0062] 以下、S 2 0の測定処理で算出された相対速度、距離および方位をそれぞれ、 v_1 , r_1 , θ_1 と表記する。
- [0063] S 2 0の処理が終了すると、処理部6は、図5に示すように、S 3 0にて、繰返周期 T_p を、基準時間 T_c と、予め設定された変動時間 ΔT とを加算した値に設定する。
- [0064] そして処理部6は、S 4 0にて、S 2 0と同様にして、測定処理を実行する。以下、S 4 0の測定処理で算出された相対速度、距離および方位をそれぞれ、 v_2 , r_2 , θ_2 と表記する。
- [0065] S 4 0の処理が終了すると、処理部6は、S 5 0にて、繰返周期 T_p を、基準時間 T_c から変動時間 ΔT を減算した値に設定する。
- [0066] そして処理部6は、S 6 0にて、S 2 0と同様にして、測定処理を実行する。以下、S 6 0の測定処理で算出された相対速度、距離および方位をそれぞれ、 v_3 , r_3 , θ_3 と表記する。
- [0067] 次に処理部6は、S 8 0にて、速度に関する事後分布計算を実行する。
- [0068] ここで、スタガ変調について説明する。スタガ変調は、測定周期 T_f 毎に繰返周期 T_p を変化させることにより、速度折り返しゴーストの観測速度をランダムに変化させて、履歴接続され難くする手法である。
- [0069] 例えば、図12に示すように、測定周期 T_f 毎に、繰返周期 T_p を、基準時間 T_c と、基準時間 T_c と変動時間 ΔT とを加算した時間とで交互に変化させるとする。FCM方式では、観測速度 v_{obs} の観測可能速度範囲は、 λ を

チャープ信号の波長として、「 $-\lambda/4T_p < v_{obs} \leq +\lambda/4T_p$ 」で表される。

[0070] この観測可能速度範囲から外れる相対速度を有するターゲット物標は、速度が折り返されて観測されてしまう。

[0071] 図13は、繰返周期 T_p が基準時間 T_c である場合と、繰返周期 T_p が基準時間 T_c と変動時間 ΔT とを加算した時間である場合とにおける実際の相対速度と観測速度との対応関係を示す図である。図13の説明において、繰返周期 T_p が基準時間 T_c である場合における繰返周期 T_p を第1繰返周期 T_{p1} 、繰返周期 T_p が基準時間 T_c と変動時間 ΔT とを加算した時間である場合における繰返周期 T_p を第2繰返周期 T_{p2} という。図13において、直線 L_1 、 L_2 、 L_3 は第1繰返周期 T_{p1} における対応関係を示し、直線 L_4 、 L_5 、 L_6 は第2繰返周期 T_{p2} における対応関係を示す。

[0072] 図13に示すように、繰返周期 T_p が第1繰返周期 T_{p1} であるときにおいて観測速度 v_{obs} が速度 V_o であったとすると、実際の相対速度は、速度 V_{r1} 、速度 V_{r2} および速度 V_{r3} が想定される。なお、 $V_o = V_{r1}$ である。速度 V_{r2} は、正側で1回折り返した速度に相当する。速度 V_{r3} は、負側で1回折り返した速度に相当する。

[0073] また、繰返周期 T_p が第2繰返周期 T_{p2} であるときにおいて観測速度 v_{obs} が速度 V_o であったとすると、実際の相対速度は、速度 V_{r1} 、速度 V_{r4} および速度 V_{r5} が想定される。速度 V_{r4} は、正側で1回折り返した速度に相当する。速度 V_{r5} は、負側で1回折り返した速度に相当する。

[0074] 本実施形態では、図14に示すように、1サイクル目に、繰返周期 T_p を基準時間 T_c とし、2サイクル目に、繰返周期 T_p を基準時間 T_c と変動時間 ΔT とを加算した時間とし、3サイクル目に、繰返周期 T_p を基準時間 T_c から変動時間 ΔT を減算した時間としている。

[0075] グラフ GR_1 、 GR_2 、 GR_3 は、縦軸を速度とし、横軸を距離として、レーダ装置1が観測した速度および距離を示す。グラフ GR_1 、 GR_2 、 GR_3 はそれぞれ、1、2、3サイクル目における観測結果である。

[0076] 図14では、1サイクル目における観測可能速度範囲は $-70\text{ km/h} \sim +70\text{ km/h}$ 、2サイクル目における観測可能速度範囲は $-50\text{ km/h} \sim +50\text{ km/h}$ 、3サイクル目における観測可能速度範囲は $-90\text{ km/h} \sim +90\text{ km/h}$ である。

[0077] グラフGR1の点P○1で示すように1サイクル目の観測速度 v_{obs} が速度 V_{o1} であった場合に、第1仮説、第2仮説および第3仮説を設定する。第1仮説は、実際の相対速度が正側で1回折り返した速度であると仮定する。第2仮説は、実際の相対速度が折り返していない速度であると仮定する。第3仮説は、実際の相対速度が負側で1回折り返した速度であると仮定する。

[0078] 具体的には、1サイクル目において、第1仮説は、円C1で示すように、実際の速度が正側で1回折り返した速度 V_{r11} であると仮定する。第2仮説は、実際の速度折り返していない速度 V_{o1} であると仮定する。第3仮説は、実際の速度が負側で1回折り返した速度 V_{r12} であると仮定する。

[0079] グラフGR2の点P○2で示すように、2サイクル目の観測速度 v_{obs} が速度 V_{o2} であったとする。予測ゲートG1、G2、G3はそれぞれ、1サイクル目の第1、2、3仮説に基づいて2サイクル目の速度および距離を予測した範囲を示す。グラフGR2は、2サイクル目の観測結果が、第1仮説の予測ゲートG1内に含まれることを示している。円C4は、正側で1回折り返した速度を示す。円C5は、負側で1回折り返した速度を示す。

[0080] グラフGR3の点P○3で示すように、3サイクル目の観測速度 v_{obs} が速度 V_{o3} であったとする。予測ゲートG4、G5、G6はそれぞれ、1サイクル目の第1、2、3仮説に基づいて3サイクル目の速度および距離を予測した範囲を示す。グラフGR3は、3サイクル目の観測結果が、第1仮説の予測ゲートG4内に含まれることを示している。円C6は、正側で1回折り返した速度を示す。円C7は、負側で1回折り返した速度を示す。

[0081] 上述のように、2サイクル目および3サイクル目の観測結果がそれぞれ、第1仮説の予測ゲートG1および予測ゲートG4内に含まれているため、レーダ装置1は、実際の速度が、正側で1回折り返した速度であると判断する

ことができる。

[0082] このように、スタガ変調を用いて、上記の第1, 2, 3仮説を設定することにより、実際の速度が、折り返していない速度であるか、正側で1回折り返した速度であるか、負側で1回折り返した速度であるかを判断することが可能である。

[0083] S80では、処理部6は、ターゲットの速度の推定値 $\mu_{v,i}$ ($i = -1, 0, +1$)を既知として、速度の精度 $\lambda_{v,i}$ (以下、速度精度 $\lambda_{v,i}$)を推定する。

[0084] $\mu_{v,0}$ は、1サイクル目の観測速度である。 $\mu_{v,+1}$ は、正側での1回の折り返しを仮定した第1仮説を採用した場合における1サイクル目の速度である。 $\mu_{v,-1}$ は、負側での1回の折り返しを仮定した第3仮説を採用した場合における1サイクル目の速度である。

[0085] また、 $\lambda_{v,0}$ は、折り返しを仮定していない第2仮説を採用した場合における精度である。 $\lambda_{v,+1}$ は、第1仮説を採用した場合における精度である。 $\lambda_{v,-1}$ は、第3仮説を採用した場合における精度である。

[0086] そして、図15に示すように、1サイクル目で観測速度 v_1 が得られて、2サイクル目で観測速度 v_2 が得られた場合において、第1, 2, 3仮説を採用した場合における2サイクル目の速度の精度分布が算出される。さらに、3サイクル目で観測速度 v_3 が得られた場合において、第1, 2, 3仮説を採用した場合における3サイクル目の速度の精度分布が算出される。

[0087] $p(\lambda_{v,+1} | \mu_{v,+1}, v_1, v_2)$ は、第1仮説を採用した場合における2サイクル目の速度の精度分布である。 $p(\lambda_{v,0} | \mu_{v,0}, v_1, v_2)$ は、第2仮説を採用した場合における2サイクル目の速度の精度分布である。 $p(\lambda_{v,-1} | \mu_{v,-1}, v_1, v_2)$ は、第3仮説を採用した場合における2サイクル目の速度の精度分布である。

[0088] $p(\lambda_{v,+1} | \mu_{v,+1}, v_1, v_2, v_3)$ は、第1仮説を採用した場合における3サイクル目の速度の精度分布である。 $p(\lambda_{v,0} | \mu_{v,0}, v_1, v_2, v_3)$ は、第2仮説を採用した場合における3サイクル目の速度の精度分布で

ある。 $p(\lambda_{v,-1} | \mu_{v,-1}, v_1, v_2, v_3)$ は、第3仮説を採用した場合における3サイクル目の速度の精度分布である。

[0089] ベイズの定理より、式(3)が成立する。なお、式(3)における $p(\lambda_{v,i} | \mu_{v,i}, v)$ は事後分布であり、 $p(\lambda_{v,i} | \mu_{v,i})$ は事前分布である。

[0090] [数3]

$$p(\lambda_{v,i} | \mu_{v,i}, v) \propto p(v | \mu_{v,i}, \lambda_{v,i}) p(\lambda_{v,i} | \mu_{v,i}) \quad (3)$$

[0091] このため、第1, 2, 3仮説を採用した場合における3サイクル目の速度の精度分布は、式(4)で計算することができる。

[0092] [数4]

$$\begin{aligned} p(\lambda_{v,i} | \mu_{v,i}, v_1, v_2, v_3) &\propto p(v_3 | \mu_{v,i}, \lambda_{v,i}) p(\lambda_{v,i} | \mu_{v,i}, v_1, v_2) \\ &\propto p(v_3 | \mu_{v,i}, \lambda_{v,i}) p(v_2 | \mu_{v,i}, \lambda_{v,i}) p(\lambda_{v,i} | \mu_{v,i}, v_1) \end{aligned} \quad (4)$$

[0093] 式(4)において、事前分布 $p(\lambda_{v,i} | \mu_{v,i}, v_1)$ に、式(5)に示すガンマ分布を仮定すると、2サイクル目以降の事後分布は、式(6)に示すように、全てガンマ分布となる。式(6)におけるハイパーパラメータ a_n およびハイパーパラメータ b_n はそれぞれ、式(7)および式(8)で算出される。式(8)における $v_{n,i}$ は、 n サイクル目の観測速度の i 回折り返し速度である。そして、速度精度 $\lambda_{v,i}$ の期待値は、式(9)で簡易に算出される。

[0094]

[数5]

$$p(\lambda_{v,i} | \mu_{v,i}, v_1) = \text{Gam}(\lambda_{v,i} | a_1, b_1) = \frac{1}{\Gamma(a_1)} b_1^{a_1} \lambda_{v,i}^{a_1-1} e^{-b_1 \lambda_{v,i}} \quad (5)$$

$$p(\lambda_{v,i} | \mu_{v,i}, v_1, \dots, v_N) = \text{Gam}(\lambda_{v,i} | a_N, b_N) \quad (6)$$

$$a_N = a_1 + \frac{N}{2} \quad (7)$$

$$b_N = b_1 + \frac{1}{2} \sum_{n=2}^N (v_{n,i} - \mu_{n,i})^2 \quad (8)$$

$$E[\lambda_{v,i}] = \frac{a_N}{b_N} \quad (9)$$

[0095] S80では、処理部6は、S20、S40、S60の測定処理で算出された相対速度 v_1 、 v_2 、 v_3 を用いて、式(7)、(8)、(9)により、精度 $\lambda_{v,+1}$ 、 $\lambda_{v,0}$ 、 $\lambda_{v,-1}$ の期待値 $E[\lambda_{v,+1}]$ 、 $E[\lambda_{v,0}]$ 、 $E[\lambda_{v,-1}]$ を算出する。

[0096] 次に処理部6は、S90にて、距離に関する事後分布計算を実行する。S90では、処理部6は、ターゲットの速度の推定値 $\mu_{v,i}$ ($i = -1, 0, +1$)を既知として、距離の精度 $\lambda_{r,i}$ を推定する。

[0097] また、 $\lambda_{r,0}$ は、第2仮説を採用した場合における距離の精度である。 $\lambda_{r,+1}$ は、第1仮説を採用した場合における距離の精度である。 $\lambda_{r,-1}$ は、第3仮説を採用した場合における距離の精度である。

[0098] そして、図16に示すように、1サイクル目で観測速度 v_1 および距離 r_1 が得られて、2サイクル目で距離 r_2 が得られた場合において、第1、2、3仮説を採用した場合における2サイクル目の距離の精度分布が算出される。さらに、3サイクル目で距離 r_3 が得られた場合において、第1、2、3仮説を採用した場合における3サイクル目の距離の精度分布が算出される。距離 r_n は、 n サイクル目での観測距離である ($n = 1, 2, 3$)。

[0099] $p(\lambda_{r,+1} | \mu_{v,+1}, v_1, r_1, r_2)$ は、第1仮説を採用した場合にお

ける2サイクル目の距離の精度分布である。 $p(\lambda_{r,0} | \mu_{v,0}, v_1, r_1, r_2)$ は、第2仮説を採用した場合における2サイクル目の距離の精度分布である。 $p(\lambda_{r,-1} | \mu_{v,-1}, v_1, r_1, r_2)$ は、第3仮説を採用した場合における2サイクル目の距離の精度分布である。

[0100] $p(\lambda_{r,+1} | \mu_{v,+1}, v_1, r_1, r_2, r_3)$ は、第1仮説を採用した場合における3サイクル目の距離の精度分布である。 $p(\lambda_{r,0} | \mu_{v,0}, v_1, r_1, r_2, r_3)$ は、第2仮説を採用した場合における3サイクル目の距離の精度分布である。 $p(\lambda_{r,-1} | \mu_{v,-1}, v_1, r_1, r_2, r_3)$ は、第3仮説を採用した場合における3サイクル目の距離の精度分布である。

[0101] 式(4)と同様にして、第1, 2, 3仮説を採用した場合における3サイクル目の距離の精度分布は、式(10)で計算することができる。

[0102] [数6]

$$\begin{aligned} p(\lambda_{r,i} | \mu_{v,i}, v_1, r_1, r_2, r_3) &\propto p(r_3 | \mu_{v,i}, v_1, r_1, r_2, \lambda_{r,i}) p(\lambda_{r,i} | \mu_{v,i}, v_1, r_1, r) \\ &\propto p(r_3 | \mu_{v,i}, v_1, r_1, r_2, \lambda_{r,i}) p(r_2 | \mu_{v,i}, v_1, r_1, \lambda_{r,i}) p(\lambda_{r,i} | \mu_{v,i}, v_1, r_1) \end{aligned} \quad (10)$$

[0103] 式(10)において、事前分布 $p(\lambda_{r,i} | \mu_{v,i}, v_1, r_1)$ に、式(11)に示すガンマ分布を仮定すると、2サイクル目以降の事後分布は、式(12)に示すように、全てガンマ分布となる。式(12)におけるハイパーパラメータ a_N およびハイパーパラメータ b_N はそれぞれ、式(13)および式(14)で算出される。式(14)における T は、サイクル間隔時間である。そして、距離の精度 $\lambda_{r,i}$ (以下、距離精度 $\lambda_{r,i}$)の期待値は、式(15)で簡易に算出される。

[0104]

[数7]

$$p(\lambda_{r,i} | \mu_{v,i}, v_1, r_1) = \text{Gam}(\lambda_{r,i} | a_1, b_1) = \frac{1}{\Gamma(a_1)} b_1^{a_1} \lambda_{r,i}^{a_1-1} e^{-b_1 \lambda_{r,i}} \quad (11)$$

$$p(\lambda_{r,i} | \mu_{v,i}, v_1, r_1, \dots, r_N) = \text{Gam}(\lambda_{r,i} | a_N, b_N) \quad (12)$$

$$a_N = a_1 + \frac{N}{2} \quad (13)$$

$$b_N = b_1 + \frac{1}{2} \sum_{n=2}^N (r_n - (r_1 + (n-1)\mu_{v,i}))^2 \quad (14)$$

$$E[\lambda_{r,i}] = \frac{a_N}{b_N} \quad (15)$$

[0105] S 9 0 では、処理部 6 は、S 2 0, S 4 0, S 6 0 の測定処理で算出された相対速度 v_1 と距離 r_1, r_2, r_3 を用いて、式 (13), (14), (15) により、精度 $\lambda_{r,+1}, \lambda_{r,0}, \lambda_{r,-1}$ の期待値 $E[\lambda_{r,+1}], E[\lambda_{r,0}], E[\lambda_{r,-1}]$ を算出する。

[0106] 次に処理部 6 は、S 1 0 0 にて、方位に関する事後分布計算を実行する。
S 1 0 0 では、処理部 6 は、ターゲットの方位の推定値 $\mu_{\theta,i}$ および精度 $\lambda_{\theta,i}$ ($i = -1, 0, +1$) を未知として、方位の推定値 $\mu_{\theta,i}$ および方位の精度 $\lambda_{\theta,i}$ (以下、方位精度 $\lambda_{\theta,i}$) の両方を同時推定する。

[0107] 図 1 7 に示すように、1 サイクル目で観測速度 v_1 および方位 θ_1 が得られて、2 サイクル目で方位 θ_2 が得られた場合において、第 1, 2, 3 仮説を採用した場合における 2 サイクル目の方位の精度分布が算出される。さらに、3 サイクル目で方位 θ_3 が得られた場合において、第 1, 2, 3 仮説を採用した場合における 3 サイクル目の方位の精度分布が算出される。方位 θ_n は、 n サイクル目での観測方位である ($n = 1, 2, 3$)。

[0108] $p(\mu_{\theta,+1}, \lambda_{\theta,+1} | v_1, \theta_1, \theta_2)$ は、第 1 仮説を採用した場合における 2 サイクル目の方位の精度分布である。 $p(\mu_{\theta,0}, \lambda_{\theta,0} | v_1, \theta_1, \theta_2)$ は、第 2 仮説を採用した場合における 2 サイクル目の方位の精度分布である。 $p(\mu_{\theta,-1}, \lambda_{\theta,-1} | v_1, \theta_1, \theta_2)$ は、第 3 仮説を採用した場合

における2サイクル目の方位の精度分布である。

[0109] $p(\mu_{\theta, +1}, \lambda_{\theta, +1} | v_1, \theta_1, \theta_2, \theta_3)$ は、第1仮説を採用した場合における3サイクル目の方位の精度分布である。 $p(\mu_{\theta, 0}, \lambda_{\theta, 0} | v_1, \theta_1, \theta_2, \theta_3)$ は、第2仮説を採用した場合における3サイクル目の方位の精度分布である。 $p(\mu_{\theta, -1}, \lambda_{\theta, -1} | v_1, \theta_1, \theta_2, \theta_3)$ は、第3仮説を採用した場合における3サイクル目の方位の精度分布である。

[0110] 第1, 2, 3仮説を採用した場合における3サイクル目の方位の精度分布 $p(\mu_{\theta, i}, \lambda_{\theta, i} | v_1, \theta_1, \theta_2, \theta_3)$ の共役事前分布は、ガウスーガンマ分布となる。式(16)に示すように、事前分布 $p(\mu_{\theta, i}, \lambda_{\theta, i} | v_1, \theta_1)$ にガウスーガンマ分布を仮定すると、2サイクル目以降の事後分布は、式(17)に示すように、全てガンマ分布となる。式(17)における μ_N , λ_N , a_N , b_N はそれぞれ、式(18), (19), (20), (21)で表される。そして、方位精度 $\lambda_{\theta, i}$ の期待値は、式(22)で簡易に算出される。

[0111] [数8]

$$p(\mu_{\theta, i}, \lambda_{\theta, i} | v_1, \theta_1) = N(\mu_{\theta, i} | \mu_1, (\beta_1 \lambda_{\theta, i})^{-1}) \text{Gam}(\lambda_{\theta, i} | a_1, b_1) \quad (16)$$

$$p(\mu_{\theta, i}, \lambda_{\theta, i} | v_1, \theta_1, \dots, \theta_N) = N(\mu_{\theta, i} | \mu_N, (\beta_N \lambda_{\theta, i})^{-1}) \text{Gam}(\lambda_{\theta, i} | a_N, b_N) \quad (17)$$

$$\mu_N = \frac{\sum_{n=2}^N \theta_n + \lambda_1 \mu_1}{(N-1) + \lambda_1} \quad (18)$$

$$\lambda_N = \lambda_1 + (N-1) \quad (19)$$

$$a_N = a_1 + \frac{N-1}{2} \quad (20)$$

$$b_N = b_1 + \frac{1}{2} \left(\sum_{n=2}^N (\theta_n - \mu_1)^2 + \frac{\lambda_1 (N-1) \left(\frac{1}{N-1} \sum_{n=2}^N \theta_n - \mu_1 \right)^2}{\lambda_N} \right) \quad (21)$$

$$E[\lambda_{\theta, i}] = \frac{a_N}{b_N} \quad (22)$$

[0112] S100では、処理部6は、S20、S40、S60の測定処理で算出された相対速度 v_1 と方位 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ を用いて、式(18)～(22)により、方位精度 $\lambda_{\theta,+1}, \lambda_{\theta,0}, \lambda_{\theta,-1}$ の期待値 $E[\lambda_{\theta,+1}], E[\lambda_{\theta,0}], E[\lambda_{\theta,-1}]$ を算出する。

[0113] 次に処理部6は、S110にて、S80、S90、S100で算出された期待値を用いて、ターゲット速度を決定し、物体検出処理を一旦終了する。具体的には、処理部6は、まず、第1仮説の全期待値 E_{t1} と、第2仮説の全期待値 E_{t2} と、第3仮説の全期待値 E_{t3} とをそれぞれ、式(23)、(24)、(25)により算出する。そして処理部6は、全期待値 E_{t1}, E_{t2}, E_{t3} のうち、最も値が大きい全期待値に対応する仮説に基づく速度を、ターゲット速度として決定する。

[0114] [数9]

$$Et1 = E[\lambda_{v,+1}] + E[\lambda_{r,+1}] + E[\lambda_{\theta,+1}] \quad (23)$$

$$Et2 = E[\lambda_{v,0}] + E[\lambda_{r,0}] + E[\lambda_{\theta,0}] \quad (24)$$

$$Et3 = E[\lambda_{v,-1}] + E[\lambda_{r,-1}] + E[\lambda_{\theta,-1}] \quad (25)$$

[0115] なお、第1、2、3仮説における3サイクル目の状態確率分布 $p_{i|x_1, x_2, x_3}$ ($i = +1, 0, -1$)を、式(26)に示すように簡易化して、ナィーブベイズ的に考えると、最終的なトータルな精度は、式(27)で表される。

[0116] [数10]

$$p_{i|x_1, x_2, x_3} = p(\lambda_{v,i} | \mu_{v,i}, v_1, v_2, v_3) p(\lambda_{r,i} | \mu_{r,i}, v_1, r_1, r_2, r_3) p(\mu_{\theta,i}, \lambda_{\theta,i} | v_1, \theta_1, \theta_2, \theta_3) \quad (26)$$

(状態を $x_i = [r_i \ v_i \ \theta_i]$ とおいた)

$$E[\lambda_{v,i}] + E[\lambda_{r,i}] + E[\lambda_{\theta,i}] \quad (27)$$

[0117] このように構成されたレーダ装置 1 は、送信部 2 と、受信部 5 と、処理部 6 とを備える。

[0118] 送信部 2 は、予め設定された測定周期 T_f を 1 回のサイクルとして、測定周期 T_f が経過する毎に、時間に対して周波数が変化するレーダ波を予め設定された繰返周期 T_p 毎に予め設定された繰返数 K だけ繰り返して送信する。

[0119] 処理部 6 は、測定周期 T_f が経過する毎に繰返周期 T_p を変化させる。

[0120] 受信部 5 および処理部 6 は、物体で反射したレーダ波を受信することによって、少なくとも、レーダ波を反射した物体（以下、反射物体）との相対速度を、観測速度として検出する。

[0121] 処理部 6 は、 $p(\lambda_{v,i} | \mu_{v,i}, v_1)$ と、3 サイクル分の観測速度の検出結果とにより算出される第 1 仮説、第 2 仮説および第 3 仮説のそれぞれについての $p(\lambda_{v,i} | \mu_{v,i}, v_1, v_2, v_3)$ に基づき、第 1 仮説、第 2 仮説および第 3 仮説の何れか 1 つの仮説を選択する。

[0122] このようにレーダ装置 1 は、 $p(\lambda_{v,+1} | \mu_{v,+1}, v_1, v_2, v_3)$ と、 $p(\lambda_{v,0} | \mu_{v,0}, v_1, v_2, v_3)$ と、 $p(\lambda_{v,-1} | \mu_{v,-1}, v_1, v_2, v_3)$ とのうち、速度精度 $\lambda_{v,i}$ が最も高くなる事後分布に対応する仮説を選択することができる。従って、レーダ装置 1 は、第 1 仮説、第 2 仮説および第 3 仮説のうち、少なくとも 2 つの仮説の事後分布で同時に速度精度 $\lambda_{v,i}$ が最高となる事態の発生を抑制できる。このため、レーダ装置 1 は、第 1 仮説、第 2 仮説および第 3 仮説のうち、どの仮説が正しいかを決定することができなくなってしまうという事態の発生を抑制し、物体の速度の検出精度を向上させることができる。

[0123] また処理部 6 は、更に、反射物体との間の距離を、観測距離として検出する。そして処理部 6 は、 $p(\lambda_{v,i} | \mu_{v,i}, v_1, v_2, v_3)$ に加えて、少なくとも、 $p(\lambda_{r,i} | \mu_{v,i}, v_1, r_1)$ と、3 サイクル分の観測距離の検出結果とにより算出される第 1 仮説、第 2 仮説および第 3 仮説のそれぞれについての $p(\lambda_{r,i} | \mu_{v,i}, v_1, r_1, r_2, r_3)$ に基づき、第 1 仮説、第

2 仮説および第3 仮説の何れか 1 つの仮説を選択する。

[0124] これにより、レーダ装置 1 は、速度精度 $\lambda_{v,i}$ に加えて、距離精度 $\lambda_{r,i}$ を用いて、仮説を選択することができる。このため、レーダ装置 1 は、第 1 仮説、第 2 仮説および第 3 仮説のうち、どの仮説が正しいかを決定することができなくなってしまうという事態の発生を更に抑制し、物体の速度の検出精度を更に向上させることができる。

[0125] また処理部 6 は、更に、反射物体が存在する方位を、観測方位として検出する。そして処理部 6 は、 $p(\lambda_{v,i} | \mu_{v,i}, v_1, v_2, v_3)$ に加えて、少なくとも、 $p(\mu_{\theta,i}, \lambda_{\theta,i} | v_1, \theta_1)$ と、3 サイクル分の観測方位の検出結果とにより算出される第 1 仮説、第 2 仮説および第 3 仮説のそれぞれについての $p(\mu_{\theta,i}, \lambda_{\theta,i} | v_1, \theta_1, \theta_2, \theta_3)$ に基づき、第 1 仮説、第 2 仮説および第 3 仮説の何れか 1 つの仮説を選択する。

[0126] これにより、レーダ装置 1 は、速度精度 $\lambda_{v,i}$ に加えて、方位精度 $\lambda_{\theta,i}$ を用いて、仮説を選択することができる。このため、レーダ装置 1 は、第 1 仮説、第 2 仮説および第 3 仮説のうち、どの仮説が正しいかを決定することができなくなってしまうという事態の発生を更に抑制し、物体の速度の検出精度を更に向上させることができる。

[0127] また、 $p(\lambda_{v,i} | \mu_{v,i}, v_1)$ および $p(\lambda_{r,i} | \mu_{v,i}, v_1, r_1)$ は、ガンマ分布である。これにより、レーダ装置 1 は、 $p(\lambda_{v,i} | \mu_{v,i}, v_1, v_2, v_3)$ および $p(\lambda_{r,i} | \mu_{v,i}, v_1, r_1, r_2, r_3)$ を算出するための演算量を低減することができる。

[0128] また、 $p(\mu_{\theta,i}, \lambda_{\theta,i} | v_1, \theta_1)$ は、ガウスガンマ分布である。これにより、レーダ装置 1 は、 $p(\mu_{\theta,i}, \lambda_{\theta,i} | v_1, \theta_1, \theta_2, \theta_3)$ を算出するための演算量を低減することができる。

[0129] 以上説明した実施形態において、チャープ信号はレーダ波に相当し、S 10, S 30, S 50 は繰返周期設定部としての処理に相当し、S 20, S 40, S 60 は物体検出部としての処理に相当し、S 80 ~ S 110 は仮説選択部としての処理に相当する。

[0130] また、 $p(\lambda_{v,i} | \mu_{v,i}, v_1)$ は速度精度事前分布に相当し、3 サイクルは分布計算回数に相当し、 $p(\lambda_{v,i} | \mu_{v,i}, v_1, v_2, v_3)$ は速度精度事後分布に相当する。

[0131] また、 $p(\lambda_{r,i} | \mu_{v,i}, v_1, r_1)$ は距離精度事前分布に相当し、 $p(\lambda_{r,i} | \mu_{v,i}, v_1, r_1, r_2, r_3)$ は距離精度事後分布に相当する。

[0132] また、 $p(\mu_{\theta,i}, \lambda_{\theta,i} | v_1, \theta_1)$ は方位精度事前分布に相当し、 $p(\mu_{\theta,i}, \lambda_{\theta,i} | v_1, \theta_1, \theta_2, \theta_3)$ は方位精度事後分布に相当する。

[0133] 以上、本開示の一実施形態について説明したが、本開示は上記実施形態に限定されるものではなく、種々変形して実施することができる。

[0134] [変形例 1]

例えば上記実施形態では、速度、距離および方位に関する事後分布計算を実行する形態を示した。しかし、速度に関する事後分布計算のみを実行するようにしてもよいし、速度および距離に関する事後分布計算を実行するようにしてもよいし、速度および方位に関する事後分布計算を実行するようにしてもよい。

[0135] また、上記実施形態における 1 つの構成要素が有する機能を複数の構成要素に分担させたり、複数の構成要素が有する機能を 1 つの構成要素に発揮させたりしてもよい。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、置換等してもよい。

[0136] 上述したレーダ装置 1 の他、当該レーダ装置 1 を構成要素とするシステム、当該レーダ装置 1 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媒体、速度検出方法など、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]

予め設定された測定周期を1回のサイクルとして、前記測定周期が経過する毎に、時間に対して周波数が変化するレーダ波を予め設定された繰返周期毎に繰り返して送信するように構成された送信部（2）と、

前記測定周期が経過する毎に前記繰返周期を変化させるように構成された繰返周期設定部（6，S10，S30，S50）と、

物体で反射した前記レーダ波を受信することによって、少なくとも、前記レーダ波を反射した前記物体である反射物体との相対速度を、観測速度として検出するように構成された物体検出部（5，6，S20，S40，S60）と、

前記観測速度が、前記繰返周期に基づいて設定される観測可能速度範囲の上限より大きい前記相対速度の折り返しによる検出結果であると仮定する仮説を第1仮説とし、前記観測速度が、前記相対速度の前記折り返しがない場合の検出結果であると仮定する仮説を第2仮説とし、前記観測速度が、前記観測可能速度範囲の下限より小さい前記相対速度の前記折り返しによる検出結果であると仮定する仮説を第3仮説とし、前記相対速度の精度を速度精度とし、前記速度精度に関する事前分布を速度精度事前分布とし、予め設定された分布計算回数の前記サイクルが経過した後における前記速度精度に関する事後分布を速度精度事後分布として、前記速度精度事前分布と、前記分布計算回数分の前記観測速度の検出結果とにより算出される前記第1仮説、前記第2仮説および前記第3仮説のそれぞれについての前記速度精度事後分布に基づき、前記第1仮説、前記第2仮説および前記第3仮説の何れか1つの仮説を選択するように構成された仮説選択部（6，S80，S110）と

を備えるレーダ装置（1）。

[請求項2]

請求項1に記載のレーダ装置であって、

前記物体検出部は、更に、前記反射物体との間の距離を、観測距離として検出するように構成され、

前記仮説選択部（6，S 90，S 110）は、前記距離の精度を距離精度とし、前記距離精度に関する事前分布を距離精度事前分布とし、前記分布計算回数の前記サイクルが経過した後における前記距離精度に関する事後分布を距離精度事後分布として、前記速度精度事後分布に加えて、少なくとも、前記距離精度事前分布と、前記分布計算回数分の前記観測距離の検出結果とにより算出される前記第1仮説、前記第2仮説および前記第3仮説のそれぞれについての前記距離精度事後分布に基づき、前記第1仮説、前記第2仮説および前記第3仮説の何れか1つの仮説を選択するように構成されるレーダ装置。

[請求項3]

請求項1または請求項2に記載のレーダ装置であって、

前記物体検出部は、更に、前記反射物体が存在する方位を、観測方位として検出するように構成され、

前記仮説選択部（6，S 100，S 110）は、前記方位の精度を方位精度とし、前記方位精度に関する事前分布を方位精度事前分布とし、前記分布計算回数の前記サイクルが経過した後における前記方位精度に関する事後分布を方位精度事後分布として、前記速度精度事後分布に加えて、少なくとも、前記方位精度事前分布と、前記分布計算回数分の前記観測方位の検出結果とにより算出される前記第1仮説、前記第2仮説および前記第3仮説のそれぞれについての前記方位精度事後分布に基づき、前記第1仮説、前記第2仮説および前記第3仮説の何れか1つの仮説を選択するように構成されるレーダ装置。

[請求項4]

請求項1に記載のレーダ装置であって、

前記速度精度事前分布は、ガンマ分布であるレーダ装置。

[請求項5]

請求項2に記載のレーダ装置であって、

前記距離精度事前分布は、ガンマ分布であるレーダ装置。

[請求項6]

請求項3に記載のレーダ装置であって、

前記方位精度事前分布は、ガウスーガンマ分布であるレーダ装置。

[図1]

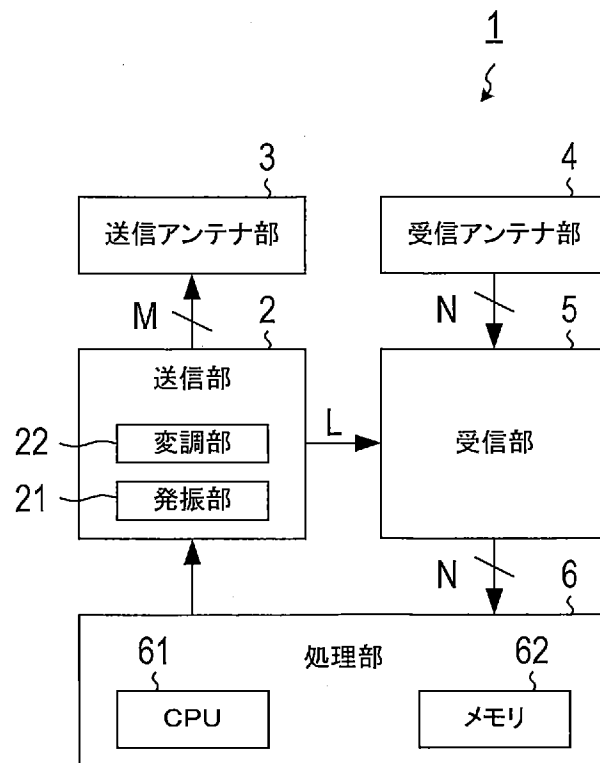


FIG. 1

[図2]

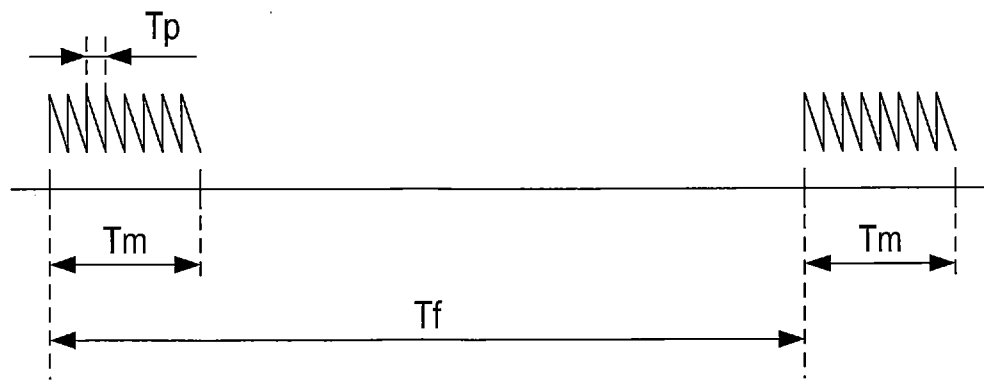


FIG. 2

[図3]

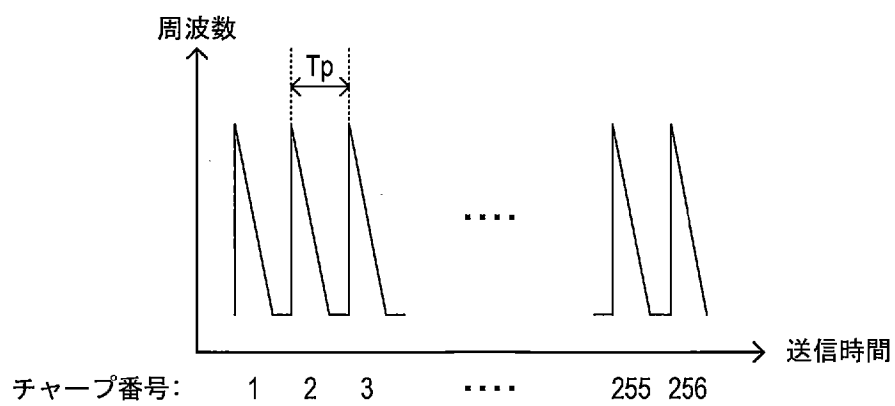


FIG. 3

[図4]

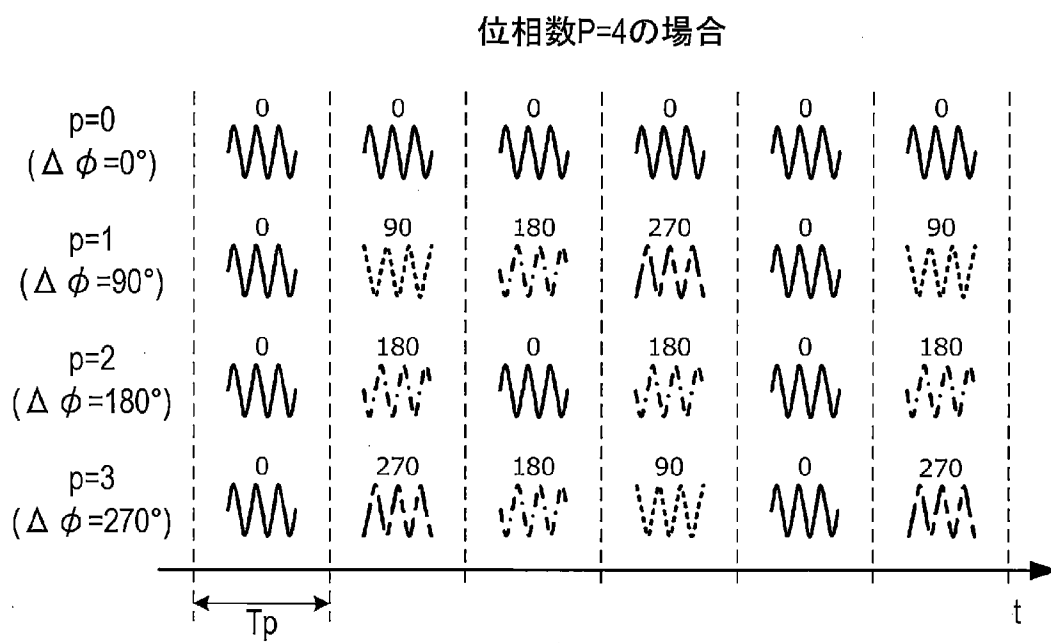


FIG. 4

[図5]

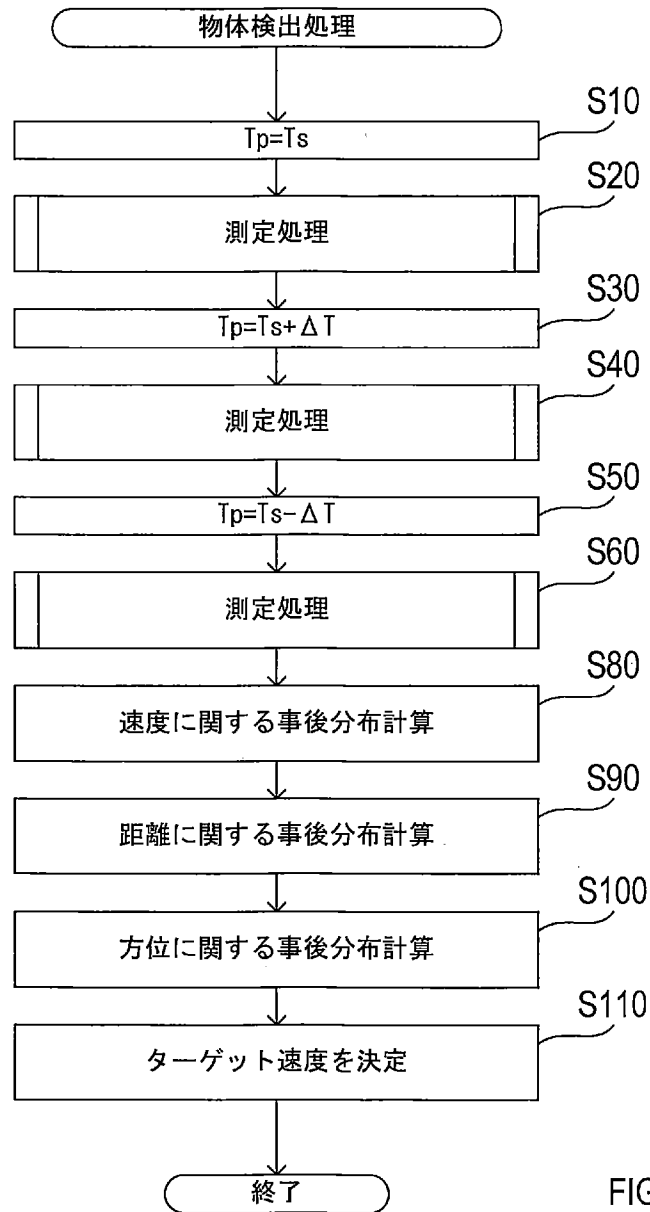


FIG. 5

[図6]

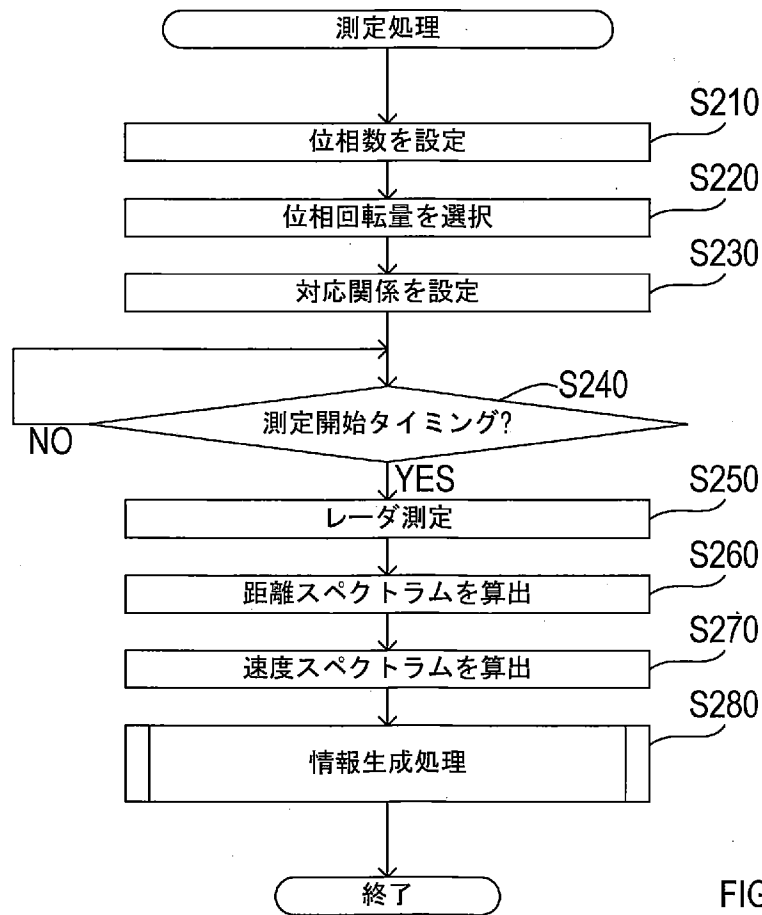


FIG. 6

[図7]

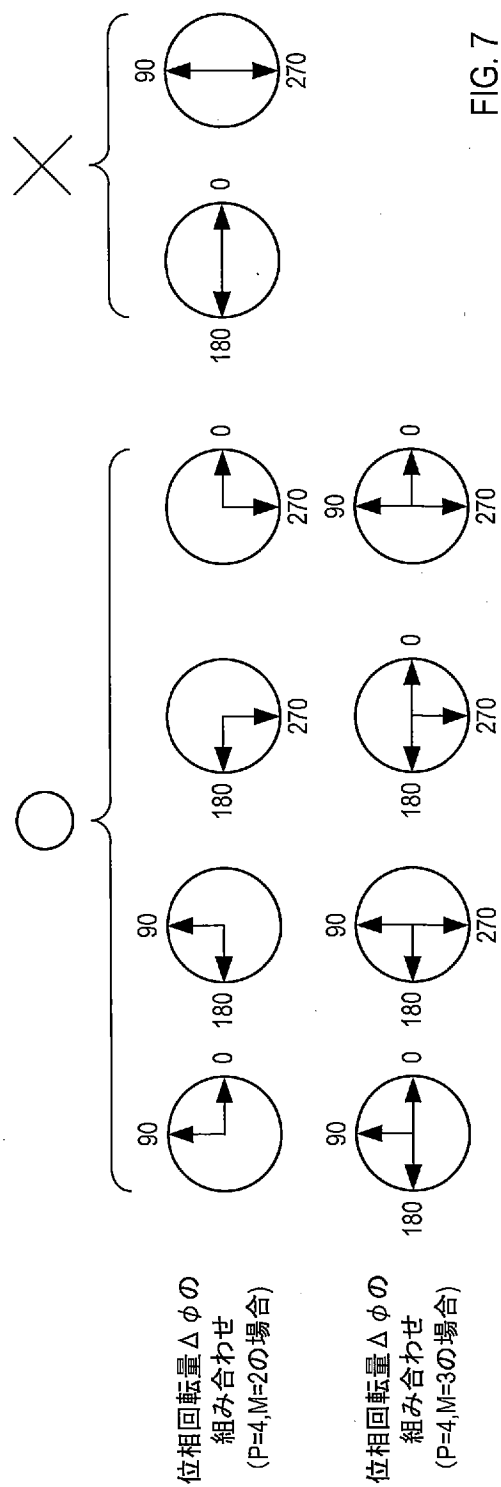


FIG. 7

[図8]

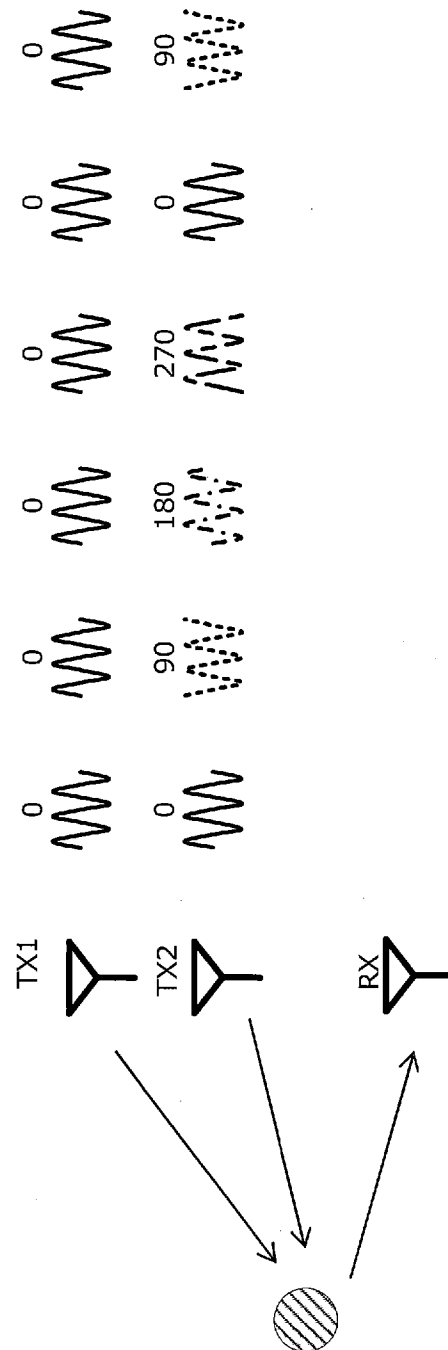


FIG. 8

[図9]

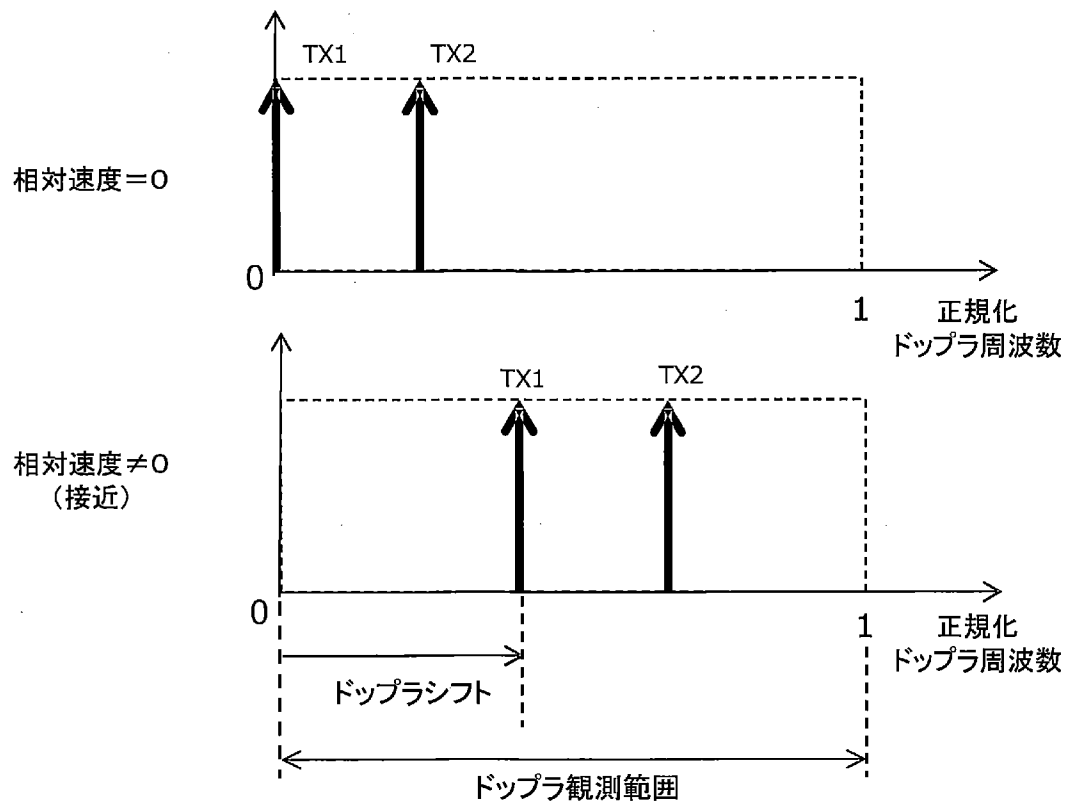


FIG. 9

[図10]

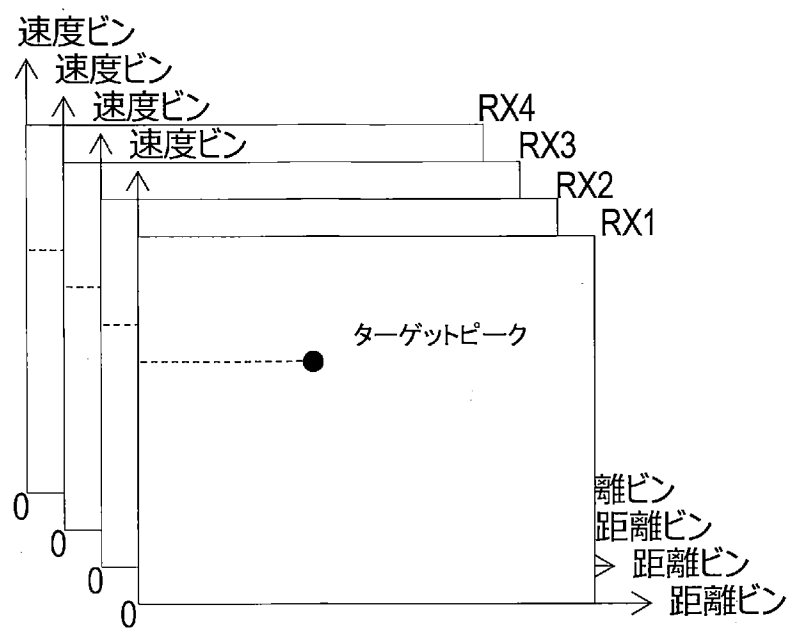


FIG. 10

[図11]

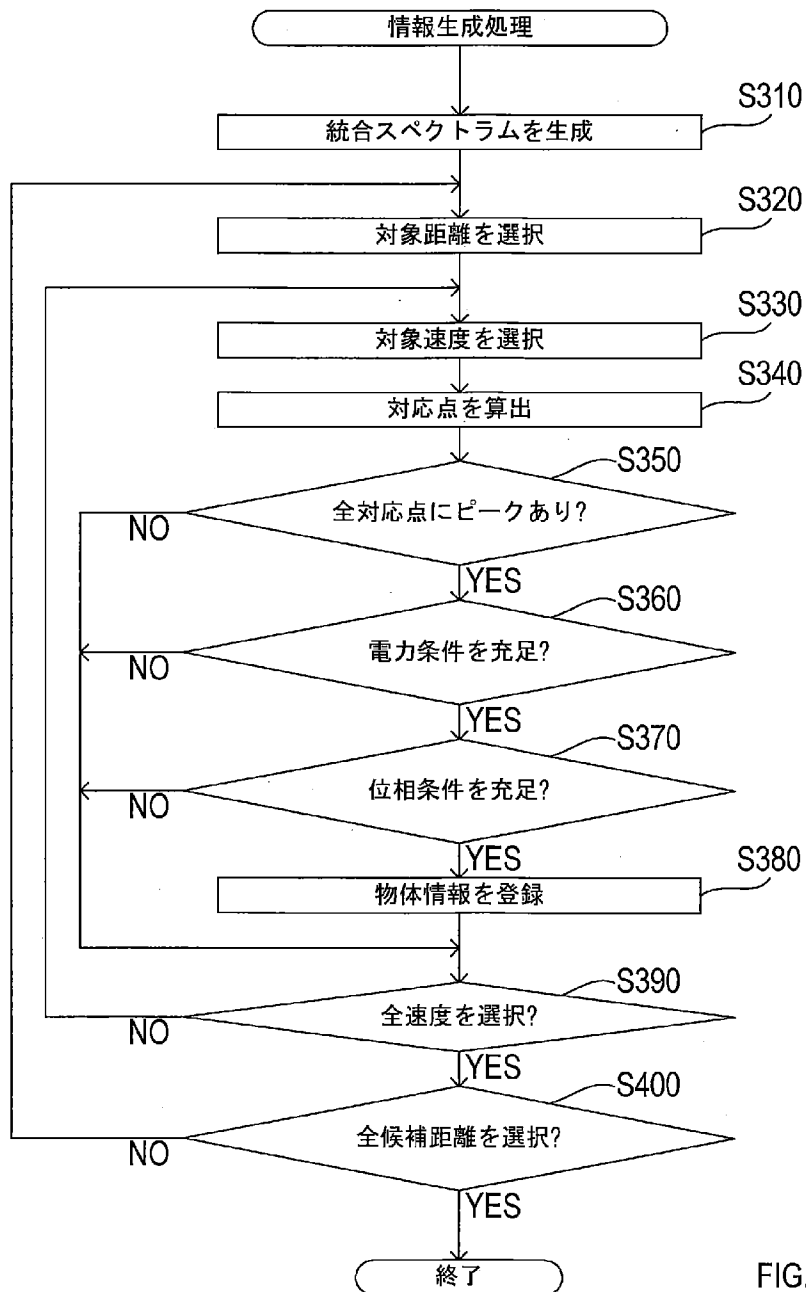


FIG. 11

[図12]

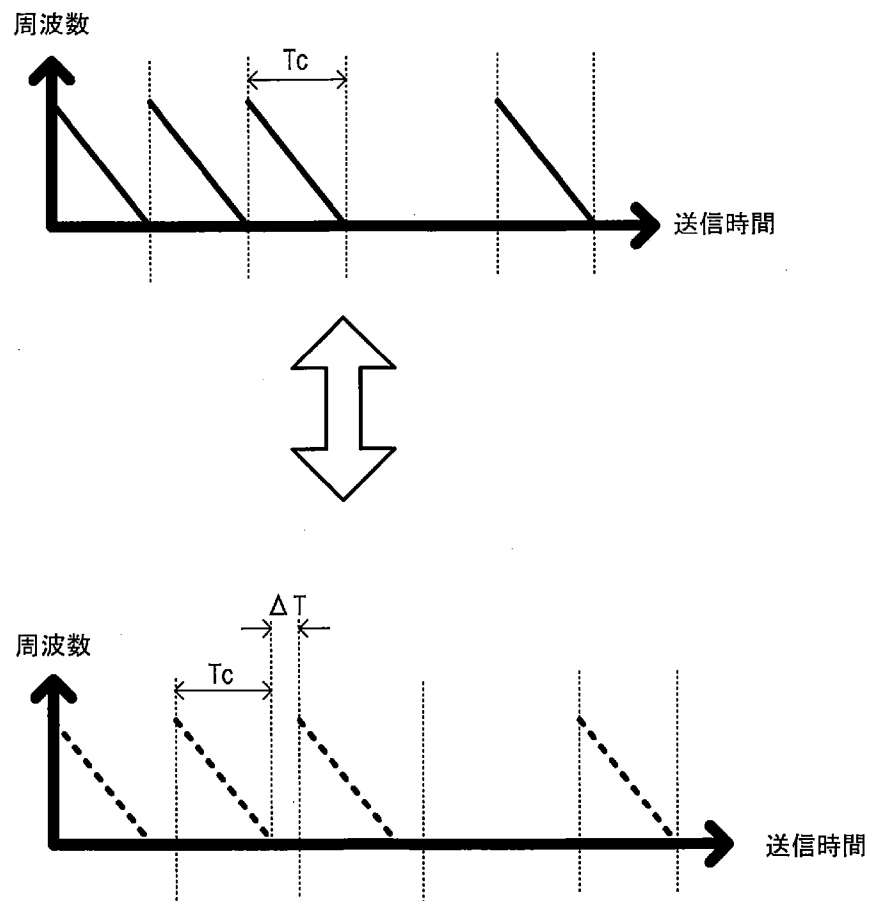


FIG. 12

[図13]

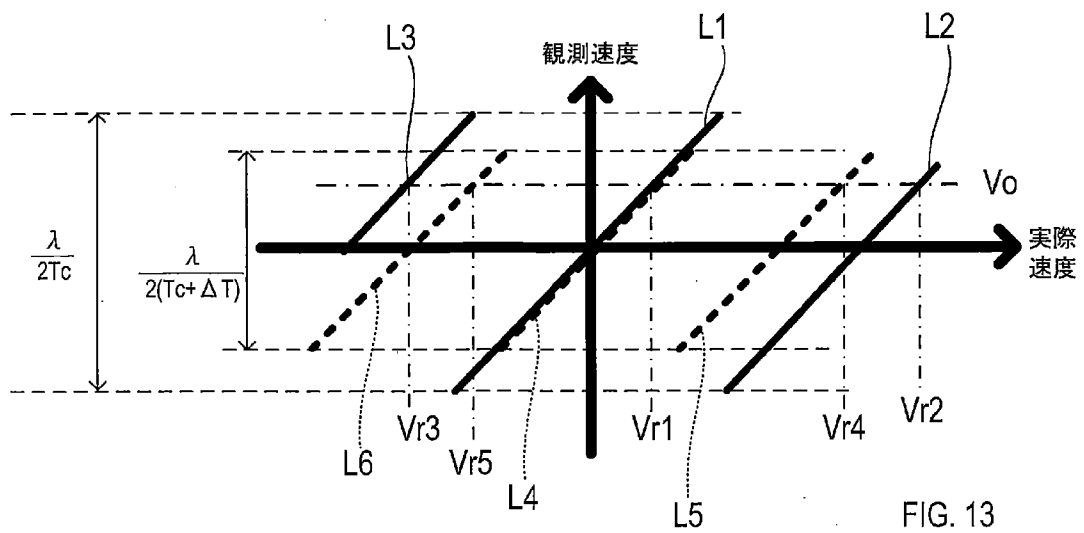


FIG. 13

[図14]

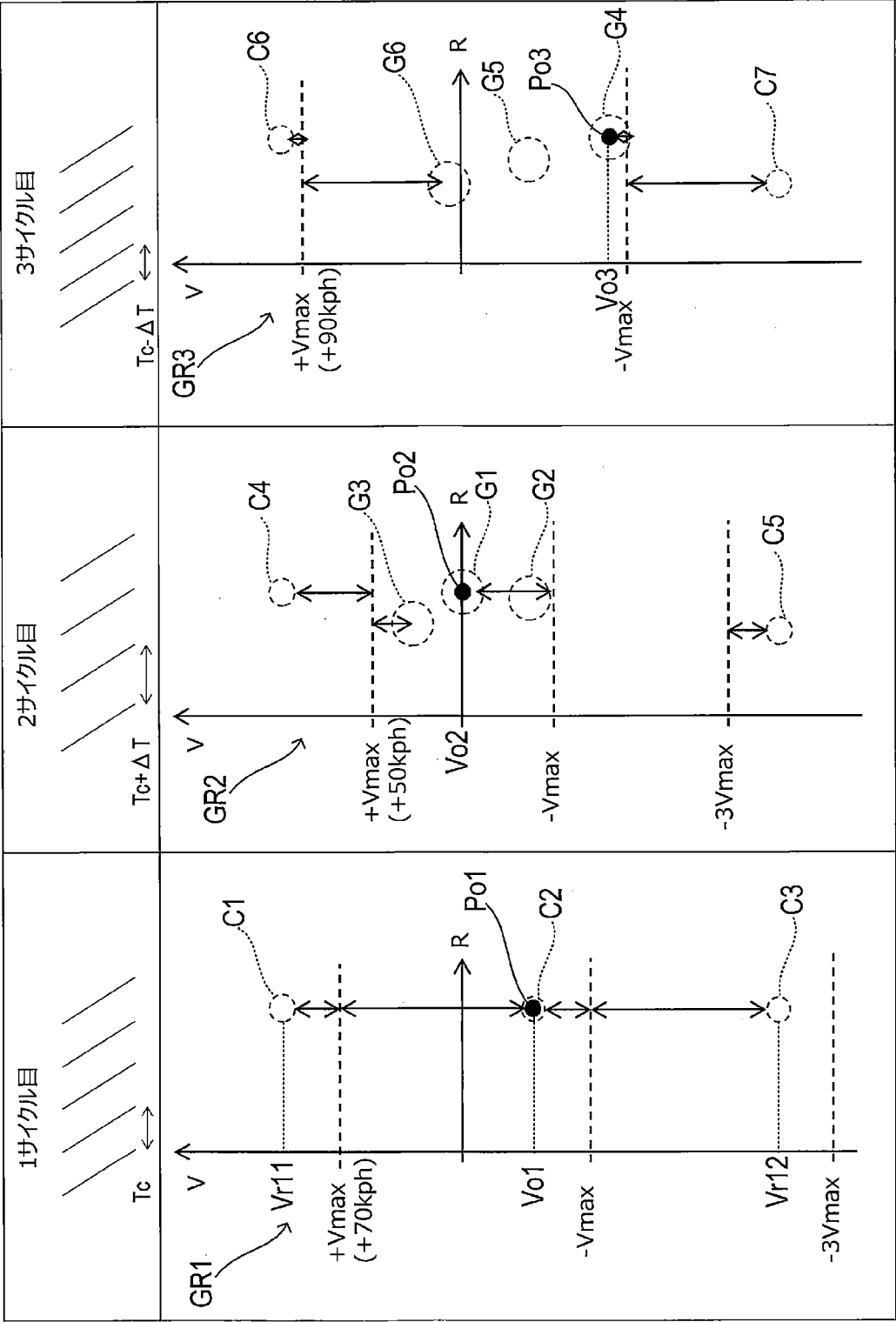


FIG. 14

[図15]

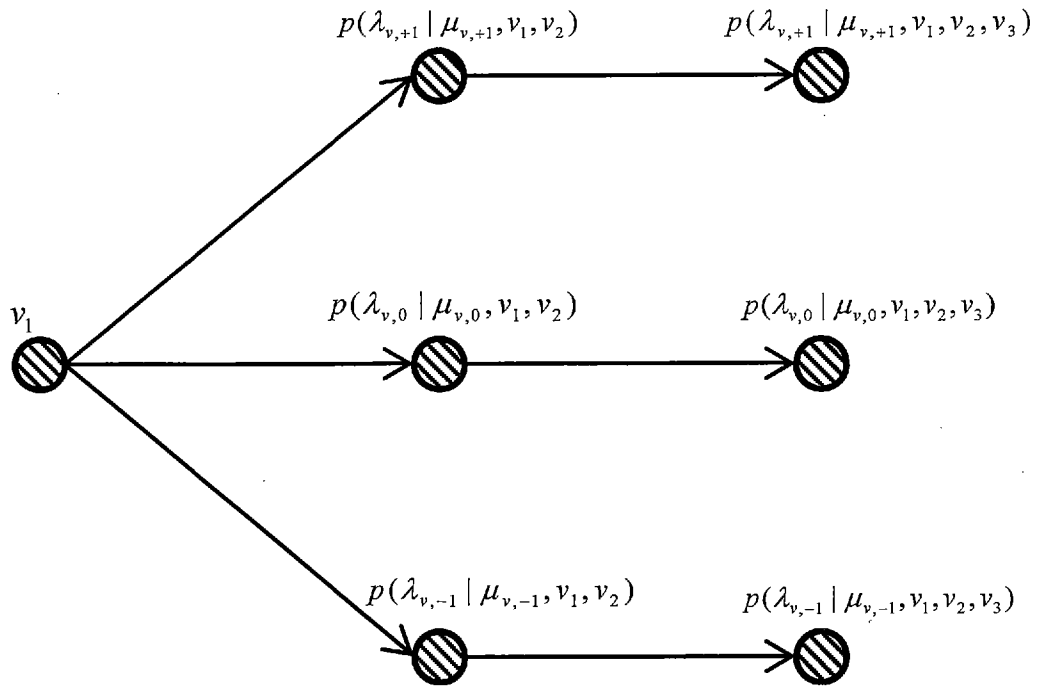


FIG. 15

[図16]

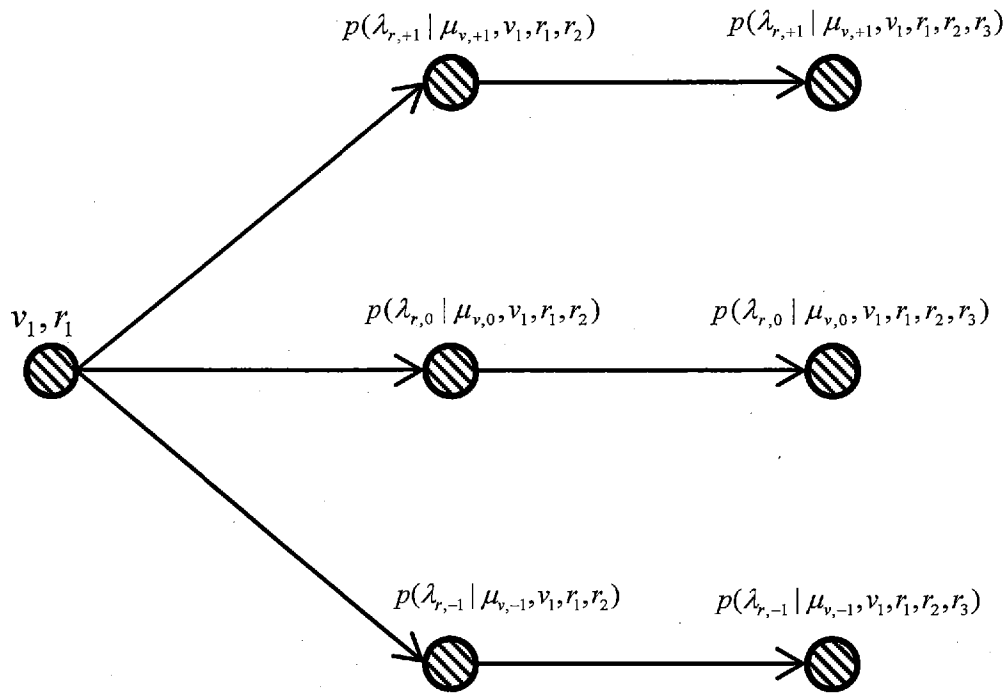


FIG. 16

[図17]

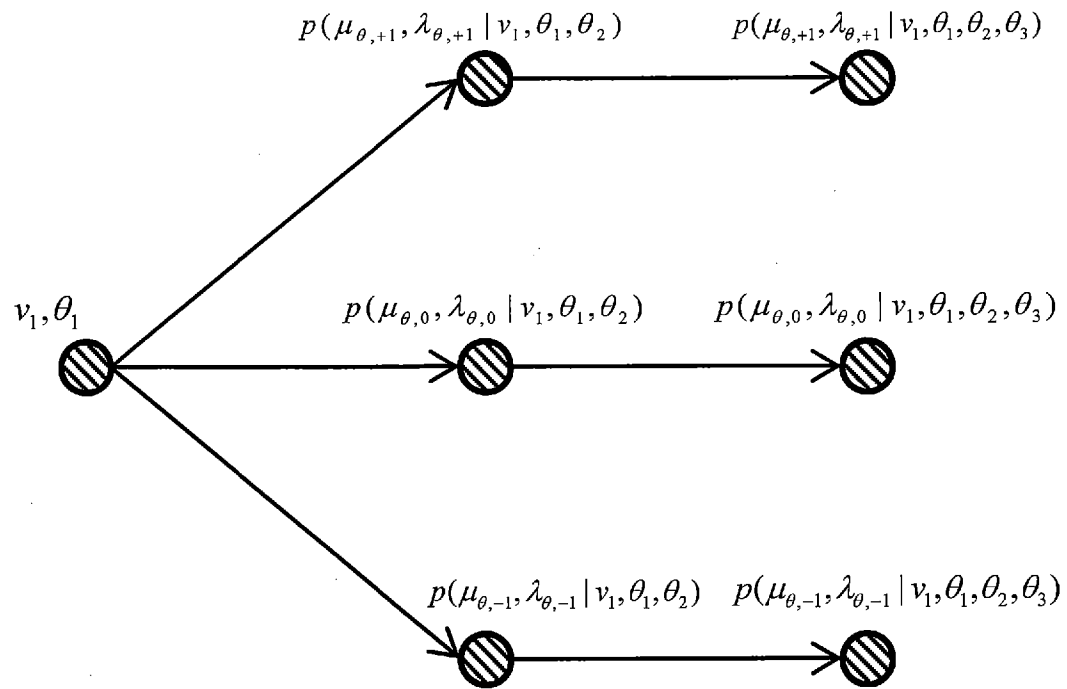


FIG. 17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/046134

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01S13/28 (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)

Int.Cl. G01S7/00-G01S7/42, G01S13/00-G01S13/95

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 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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 2017-090220 A (TOYOTA MOTOR CORPORATION) 25.05.2017 (2017-05-25), paragraphs [0016]-[0021], fig. 1, 2	1-6
A	US 2008/0238762 A1 (GUMAS, D. S.) 02.10.2008 (2008-10-02), paragraphs [0089]-[0101], [0111], fig. 8, 22	1-6
A	JP 2017-058291 A (FUJITSU TEN LTD.) 23.03.2017 (2017-03-23), paragraphs [0029]-[0077], fig. 5-19	1-6



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
27.01.2020

Date of mailing of the international search report
04.02.2020

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
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/JP2019/046134

JP 2017-090220 A 25.05.2017 (Family: none)

US 2008/0238762 A1 02.10.2008 WO 2008/094701 A1

JP 2017-058291 A 23.03.2017 US 2017/0082744 A1
paragraphs [0056]-[0110], fig. 5-19
DE 102016117254 A1

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01S 13/28(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（IPC）） G01S 7/00 - G01S 7/42, G01S 13/00 - G01S 13/95 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 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020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 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020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 - 2020年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020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 2017-090220 A（トヨタ自動車株式会社）25.05.2017（2017 - 05 - 25） * [0016]-[0021], 図1-2 *	1-6												
A	US 2008/0238762 A1（GUMAS, D.S.）02.10.2008（2008 - 10 - 02） * [0089]-[0101], [0111], 図8, 22 *	1-6												
A	JP 2017-058291 A（富士通テン株式会社）23.03.2017（2017 - 03 - 23） * [0029]-[0077], 図5-19 *	1-6												
☐ 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 27.01.2020	国際調査報告の発送日 04.02.2020													
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） 高場 正光 2S 2910 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/JP2019/046134

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2017-090220	A	25.05.2017	(ファミリーなし)	
US	2008/0238762	A1	02.10.2008	WO	2008/094701 A1
JP	2017-058291	A	23.03.2017	US	2017/0082744 A1
				* [0056]-[0110], 図5-19 *	
				DE	102016117254 A1