

## 明 細 書

発明の名称：レーダ装置及びレーダシステム

### 技術分野

[0001] 本発明は、送信波に対する反射波の受信結果に基づいて所定範囲内に存在する物体を検出するレーダ装置に関する。

### 背景技術

[0002] 従来より、空港の滑走路に落ちている異物を検知して速やかに取り除くために、送信波に対する反射波の受信結果に基づいて所定範囲内に存在する物体を検出するレーダ装置が活用されている。マイクロ波やミリ波帯などを用いたレーダ装置としては、図1のような構造のFMCW (Frequency Modulated Continuous-Wave) レーダ装置がある。

[0003] 図1のレーダ装置100は、FMCW送信源101からの周波数変調されたレーダ信号を、送信電力増幅器103で増幅し、送信アンテナ104から送信する。レーダ装置100の検出範囲内に物体T（反射物）が存在する場合には、レーダ装置100からの送信波が物体Tで反射される。物体Tからの反射波は、受信アンテナ105で受信され、電力分配器102からの送信レーダ信号成分と混合器107によってミキシングされ、IF信号に変換される。混合器107から出力されたIF信号は、信号処理部108でA/D変換及び信号処理され、その結果として、物体Tの反射受信電力（反射波電力）、物体Tまでの距離、また、物体Tが移動している場合の速度（レーダ装置100に対する相対速度）等のレーダ検出結果が得られる。

[0004] このようなレーダ装置に関し、従来より種々の発明が提案されている。

例えば、特許文献1には、移動体にミリ波レーダを設置し、第1の反射体と第2の反射体との間の距離と、これら反射体からの反射波の受信結果に基づいて、目標位置までの距離を測定する発明が開示されている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0005] 特許文献1：国際公開2017/018021

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0006] 反射受信電力は、レーダ信号を反射した物体のレーダ反射断面積（RCS ; Radar Cross-Section）と距離によって決まる。そのため、レーダ装置のアンテナ近傍にRCSの大きな物体（例えば、飛行機）が存在した場合には、過大な反射受信電力がレーダ装置の受信アンテナに入力し、受信回路を破損してしまうことがある。

[0007] 受信回路への過大入力を防ぐためには、例えば図2のように、受信機前段に電力減衰器109を配置し、過大入力時には電力減衰器109を動作させて後段の受信電力増幅器106を保護する手法がある。しかしながら、電力減衰器の持つ挿入損失分、受信機雑音指数が増加してしまい、受信システム全体の検出感度を劣化させてしまう。特に、ミリ波帯などの高周波帯域では電力減衰器の持つ挿入損失が大きくなる傾向があり、受信機雑音指数の増加は避けられない。また、送信電力、反射物と受信アンテナとの距離、反射物の大きさなどの要因によっては、電力減衰器を配置しても受信回路を保護できないおそれもある。

[0008] 本発明は、上記のような従来の事情に鑑みて為されたものであり、過大な反射受信電力の入力からレーダ装置の受信回路を保護することが可能な技術を提案することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0009] 上記の目的を達成するために、本発明では、レーダ装置を以下のように構成した。

すなわち、本発明に係るレーダ装置は、送信波に対する反射波の受信結果に基づいて所定範囲内に存在する物体を検出するレーダ装置において、前記受信結果に基づいて、前記物体が移動体であるか否かを判定する判定部と、前記判定部により前記物体が移動体であると判定された場合に、前記レーダ

装置のレーダ動作を一時的に停止させる制御を行う制御部と、を備える。

[0010] このような構成により、レーダ装置が単独で、移動体の接近に伴って自動的にレーダ動作の一時的な停止を行うことができるため、過大な反射受信電力の入力からレーダ装置の受信回路を保護することができる。

[0011] ここで、一構成例として、前記制御部は、前記判定部により前記物体が移動体であると判定された時点で、前記レーダ装置のレーダ動作を停止させる構成としてもよいし、前記反射波の受信電力が予め設定された閾値を超えた時点で、前記レーダ装置のレーダ動作を停止させる構成としてもよい。

[0012] また、前記制御部は、前記レーダ装置のレーダ動作の停止後は、予め設定された時間が経過した時点で、前記レーダ装置のレーダ動作を再開させる構成としてもよいし、前記物体の移動速度に基づいて算出された時間が経過した時点で、前記レーダ装置のレーダ動作を再開させる構成としてもよい。

[0013] また、本発明は、複数のレーダ装置で構成されたレーダシステムとして把握することもできる。

すなわち、本発明に係るレーダシステムは、送信波に対する反射波の受信結果に基づいて所定範囲内に存在する物体を検出する複数のレーダ装置を有するレーダシステムにおいて、少なくともいずれかのレーダ装置による前記受信結果に基づいて、前記物体が移動体であるか否かを判定する判定部と、前記判定部により前記物体が移動体であると判定された場合に、前記物体の移動先となる方向に設置されたレーダ装置を対象にして、レーダ動作を一時的に停止させる制御を行う制御部と、を備える。

[0014] このような構成により、複数のレーダ装置が協働して、移動体の接近に伴って自動的にレーダ動作の一時的な停止を行うことができるため、過大な反射受信電力の入力からレーダ装置の受信回路を保護することができる。

[0015] ここで、一構成例として、前記制御部は、前記物体と前記対象のレーダ装置との位置関係に基づいて、前記対象のレーダ装置のレーダ動作の一時的な停止を制御する構成としてもよい。

[0016] また、前記複数のレーダ装置と通信可能に接続された制御装置が、前記判

定部及び前記制御部を備えた構成としてもよいし、前記複数のレーダ装置は互いに通信可能に接続され、各々が前記判定部及び前記制御部を備えており、前記複数のレーダ装置の各々が、他のレーダ装置による前記受信結果に基づいて、自装置のレーダ動作の一時的な停止を制御する構成としてもよい。

[0017] また、前記複数のレーダ装置には、他のレーダ装置よりも耐電力性に優れた移動体検出レーダ装置が含まれ、前記判定部及び前記制御部は、前記移動体検出レーダ装置による前記受信結果を用いて処理を行う構成としてもよい。この場合、前記移動体検出レーダ装置は、前記物体の移動が想定される経路に対して前記他のレーダ装置より上流側に設置されることが好ましい。

### 発明の効果

[0018] 本発明によれば、過大な反射受信電力の入力からレーダ装置の受信回路を保護することが可能になる。

### 図面の簡単な説明

[0019] [図1]従来技術に係るレーダ装置の構成例を示す図である。

[図2]従来技術に係るレーダ装置の別の構成例を示す図である。

[図3]本発明の一実施形態に係るレーダ装置の構成例を示す図である。

[図4]第1実施例に係るレーダ停止制御について説明する図である。

[図5A]第1実施例に係る反射受信電力の時間変化をグラフで示す図である。

[図5B]第1実施例に係る物体までの距離の時間変化をグラフで示す図である。

[図6]第2実施例に係るレーダ停止制御について説明する図である。

[図7A]第2実施例に係る反射受信電力の時間変化をグラフで示す図である。

[図7B]第2実施例に係る物体までの距離の時間変化をグラフで示す図である。

[図8]第2実施例に係る物体座標の算出について説明する図である。

[図9]第2実施例に係るレーダ回転後の物体位置について説明する図である。

[図10]第3実施例に係るレーダ装置の配置について説明する図である。

[図11]第3実施例に係るレーダ装置による物体検出について説明する図であ

る。

[図12]第3実施例に係るレーダシステムの構成例を示す図である。

[図13]第3実施例に係るレーダ停止制御について説明する図である。

[図14]第3実施例に係るレーダ停止制御について説明する図である。

[図15]第3実施例に係るレーダ停止制御について説明する図である。

[図16]第3実施例に係るレーダ停止制御について説明する図である。

[図17]第3実施例に係るレーダ停止制御について説明する図である。

[図18]第4実施例に係るレーダシステムのレーダ配置を斜め上空方向から見た図である。

[図19]第4実施例に係るレーダシステムのレーダ配置を水平方向から見た図である。

### 発明を実施するための形態

[0020] 本発明の一実施形態に係るレーダ装置及びレーダシステムについて、図面を参照して説明する。ここでは、空港の滑走路に対して、送信波に対する反射波の受信結果に基づいて所定範囲内に存在する物体を検出するレーダ装置を設置することを想定している。

図3には、本発明の一実施形態に係るレーダ装置の構成例を示してある。本例のレーダ装置200は、FMCW送信源201、電力分配器202、送信電力増幅器203、送信アンテナ204、受信アンテナ205、受信電力増幅器206、混合器207、信号処理部210を備えたFMCWレーダ装置である。

[0021] レーダ装置200は、FMCW送信源201からの周波数変調されたレーダ信号を、送信電力増幅器203で増幅し、送信アンテナ204から送信する。レーダ装置200の検出範囲内に物体T（反射物）が存在する場合には、レーダ装置200からの送信波が物体Tで反射される。物体Tからの反射波は、受信アンテナ205で受信され、電力分配器202からの送信レーダ信号成分と混合器207によってミキシングされ、IF信号に変換される。混合器207から出力されたIF信号は、信号処理部210でA/D変換及

び信号処理され、その結果として、物体Ｔの反射受信電力（反射波の受信電力）、物体Ｔまでの距離、また、物体Ｔが移動している場合の速度（レーダ装置２００に対する相対速度）等のレーダ検出結果が得られる。

[0022] また、レーダ装置２００は、過大な反射受信電力の入力から受信回路を保護するための機能を有している。すなわち、レーダ装置２００は、レーダ検出結果の時間的な変化状態に基づいて、移動体であると判定した場合には一時的にレーダ動作を停止させる。より好ましくは、レーダ装置２００は、反射受信電力の大きな物体（本例では飛行機を想定）が受信回路の定格受信電力値を超える恐れのある距離まで近づきつつあることを事前類推し、反射受信電力の大きな物体とレーダ装置との間の距離が近くなることが予想された場合に、一時的にレーダ動作を停止させる。

このような機能を実現するために、レーダ装置２００の信号処理部２１０は、移動判定部２１１及び停止制御部２１２を備えている。

[0023] 移動判定部２１１は、受信した反射波を信号処理することで得られたレーダ検出結果に基づいて、レーダ装置２００の検出範囲内で検出された物体Ｔが移動体であるか判定する。例えば、物体Ｔが移動していると判断すれば移動体であると判定し、あるいは、物体Ｔの移動速度を予め設定した基準速度と比較し、物体Ｔの移動速度が基準速度以上であれば移動体であると判定し、そうでなければ移動体ではないと判定する。

[0024] 停止制御部２１２は、物体Ｔが移動体であると判定された場合に、レーダ装置２００のレーダ動作を一時的に停止させる制御を行う。例えば、物体Ｔが移動体であると判定された時点、又は、反射受信電力が予め設定された閾値を超えた時点で、レーダ装置２００のレーダ動作を停止させる。また、レーダ動作の停止後、例えば、予め設定された時間が経過した時点、又は、物体Ｔの移動速度に基づいて算出された時間が経過した時点で、レーダ装置２００のレーダ動作を再開させる。

[0025] レーダ動作の停止は、信号処理部２１０からレーダ動作停止信号を発報することで制御できる。レーダ動作停止信号としては、ＦＭＣＷ送信源２０１

からの出力の停止を指示する送信源停止信号、送信電力増幅器 203 の動作電源の遮断を指示する送信回路電源遮断信号、受信電力増幅器 206 の動作電源の遮断を指示する受信回路電源遮断信号が挙げられ、これらの 1 つ以上を発報することで、レーダ装置 200 のレーダ動作の一時的な停止を制御することができる。また、レーダ動作の再開は、発報したレーダ動作停止信号に対応するレーダ動作再開信号（すなわち、送信源再開信号、送信回路電源再投入信号、受信回路電源再投入信号）を発報することで制御できる。

[0026] 本例のレーダ装置 200 は、上記のような移動判定部 211 及び停止制御部 212 を備えることで、受信機雑音指数を劣化させる要因となる電力減衰器を用いずに、過大な反射受信電力の入力からレーダ装置 200 の受信回路を保護できるようにしてある。

[0027] ここで、検出した物体 T がレーダ装置 200 の間近に接近しても問題ない物体（鳥などの反射受信電力の小さい物体）である場合は、レーダ動作を一時的に停止する必要がない。また、物体 T の移動方向から見て、物体 T がレーダ装置 200 にあまり接近しないことが分かる場合にも、レーダ動作を一時的に停止する必要がない。そこで、上記のような条件に該当するかを判定し、該当する場合にはレーダ動作の一時的な停止を行わないようにすることが好ましい。前者の条件に該当するか否かは、例えば、物体間距離（受信アンテナと物体 T との距離）と反射受信電力（受信電界強度）の関係に基づいて判定できる。また、後者の条件に該当するか否かは、例えば、物体 T とレーダ装置 200 の位置関係及び物体 T の移動方向に基づいて判定できる。

[0028] 以下、本発明に係るレーダ停止制御について、実施例を参照しつつ、より具体的に説明する。

### 実施例 1

[0029] 図 4 は、第 1 実施例に係るレーダ停止制御について説明する図である。

第 1 実施例では、レーダ装置 200 は回転せず、レーダ装置 200 による検出範囲 S は固定されている。レーダ装置 200 は、予め定められた経路 R を監視しており、図 4 は直線状に移動する物体 T を検出する場合を示してい

る。物体 T は、位置 A → 位置 B → 位置 C → 位置 D → 位置 E の順番に移動しており、徐々にレーダ装置 200 へと近づいている。このとき、反射受信電力の時間変化は図 5 A のようになり、物体間距離（物体 T までの距離）の時間変化は図 5 B のようになる。図 5 A は、横軸が時間を表し、縦軸が反射受信電力を表すグラフである。図 5 B には、横軸が時間を表し、縦軸が物体間距離を表すグラフである。このように、時間の経過に伴って、反射受信電力は増大する一方で、物体間距離は減少している。

[0030] 物体 T がほぼ決められた定速で直線状（一定方向）に動くものであれば、ある時間が経過した後の物体 T の位置は、レーダ検出結果（物体 T までの距離及び物体 T の速度）に基づいて類推することができる。ここで、例えば図 5 A に示すように、受信電力限界を L とした場合には、反射受信電力が受信電力限界 L を超える位置 E に物体 T が到達すると、そのままでは、過大な反射受信電力によって受信回路を破損してしまう恐れがある。そこで、例えば図 5 A に示すように、レーダ装置 200 は、受信電力限界 L より小さい閾値  $T_h$  を設定しておき、反射受信電力が閾値  $T_h$  を超えた時点でレーダ動作停止信号を対象機器に発報して、レーダ動作を一時的に停止する。その後、レーダ装置 200 は、物体 T が一定方向に等速移動する前提で物体 T の移動を類推し、物体 T がレーダ装置 200 を通り過ぎて反射受信電力が問題ない距離まで離れる時間に、レーダ動作を再開する。これにより、過大な反射受信電力が受信回路に流入する恐れがある期間 d において、レーダ動作が停止される。

[0031] このように、第 1 実施例では、回転しないレーダ装置において、検出範囲内で物体を検知した場合に、物体が移動体であるか否かを判定し、移動体であると判定された場合に、物体による反射受信電力が予め設定された閾値を超えた時点から、物体の移動速度に基づいて算出された時間が経過するまで、レーダ装置のレーダ動作を停止する構成となっている。

[0032] なお、移動体として想定される速度の下限值（移動体判定に用いる基準値）に基づいてレーダ動作の最大停止時間を予め算出しておき、実際の移動速

度に関わらずに、最大停止時間が経過するまでレーダ動作を停止するようにしてもよい。また、反射受信電力が予め設定された閾値を超えた時点でレーダ動作を停止するのではなく、物体が移動体であると判定された時点でレーダ動作を停止してもよい。

## 実施例 2

[0033] 図6は、第2実施例に係るレーダ停止制御について説明する図である。

第2実施例では、レーダ装置200は回転し、レーダ装置200による検出範囲は、S1→S2→S3の順に反時計回りに変化している。レーダ装置200は、予め定められた経路Rを監視しており、図6は直線状（一定方向）に移動する物体Tを検出する場合を示している。物体Tは、位置F→位置G→位置H→位置I→位置Jの順番に移動しており、徐々にレーダ装置200へと近づいた後に離れている。このとき、反射受信電力の時間変化は図7Aのようになり、物体間距離（物体Tまでの距離）の時間変化は図7Bのようになる。図7Aは、横軸が時間を表し、縦軸が反射受信電力を表すグラフである。図7Bには、横軸が時間を表し、縦軸が物体間距離を表すグラフである。このように、時間の経過に伴って、反射受信電力は徐々に増大してピークに達した後に減少し、物体間距離は徐々に近づいて最短距離に達した後に離れている。

[0034] ここで、例えば図7Aに示すように、受信電力限界をLとした場合には、反射受信電力が受信電力限界Lを超える位置Hに物体Tが到達すると、そのままでは、過大な反射受信電力によって受信回路を破損してしまう恐れがある。そこで、例えば図7Aに示すように、レーダ装置200は、受信電力限界Lより小さい閾値Thを設定しておき、反射受信電力が閾値Thを超えた時点でレーダ動作停止信号を対象機器に発報して、レーダ動作を一時的に停止する。その後、レーダ装置200は、物体Tが一定方向に等速移動する前提で物体Tの移動を類推し、物体Tがレーダ装置200を通り過ぎて反射受信電力が問題ない距離まで離れる時間に、レーダ動作を再開する。これにより、過大な反射受信電力が受信回路に流入する恐れがある期間dにおいて、

レーダ動作が停止される。

- [0035] なお、上記のようにレーダ装置200が回転している場合、物体Tの位置を類推するためには、レーダ装置200の回転角度と回転周期とを考慮する必要がある。回転するレーダ装置200は、移動する物体Tを検出した瞬間の回転角度及び物体間距離（物体Tまでの距離）を特定することができる。このとき、例えば図8のように、物体Tの検出時の回転角度を $\theta_0$ 、物体間距離を $L_0$ とすると、物体Tの座標（ $X_1$ ， $Y_1$ ）は以下の式により算出することができる。

$$(X_1, Y_1) = (X_0 + L_0 \times \cos(\theta_0), Y_0 + L_0 \times \sin(\theta_0))$$

ここで、（ $X_0$ ， $Y_0$ ）はレーダ装置200の座標である。

- [0036] 図9に示すように、レーダ装置200の回転周期が $\Delta t$ である場合において、ある時刻に座標（ $X_1$ ， $Y_1$ ）で検出した物体が、レーダ装置200が1回転した $\Delta t$ 後に座標（ $X_2$ ， $Y_2$ ）に移動したとする。このとき、物体の移動速度 $\Delta V$ は下記の式（2）より算出することができる。

$$\Delta V = \sqrt{(\text{abs}(X_2 - X_1))^2 + (\text{abs}(Y_2 - Y_1))^2} \div \Delta t \quad \cdot \cdot \cdot (2)$$

ここで、「sqrt（）」は平方根を演算する関数であり、「abs（）」は絶対値を演算する関数である。上記のようにして移動速度 $\Delta V$ を知ること、更にある時間が経過した後の物体Tの位置を類推することができる。これにより、レーダ装置200は、物体Tがレーダ装置200を通り過ぎて反射受信電力が問題ない距離まで離れる時間を算出して、その時間までレーダ動作を停止させることができる。

- [0037] このように、第2実施例では、一定の回転周期で回転するレーダ装置において、検出範囲内で物体を検知した場合に、物体が移動体であるか否かを判定し、移動体であると判定された場合に、物体による反射受信電力が予め設定された閾値を超えた時点から、物体の移動速度に基づいて算出された時間が経過するまで、レーダ装置のレーダ動作を停止する構成となっている。

- [0038] なお、移動体として想定される速度の下限值（移動体判定に用いる基準値）に基づいてレーダ動作の最大停止時間を予め算出しておき、実際の移動速度に関わらずに、最大停止時間が経過するまでレーダ動作を停止するようにしてもよい。また、反射受信電力が予め設定された閾値を超えた時点でレーダ動作を停止するのではなく、物体が移動体であると判定された時点でレーダ動作を停止してもよい。

### 実施例 3

- [0039] 第1実施例及び第2実施例では、レーダ装置が単独でレーダ停止制御を行っているが、複数のレーダ装置が互いに連携してレーダ停止制御を行うこともできる。すなわち、複数のレーダ装置を備えたレーダシステムを構築し、各々のレーダ検出結果をシステム全体で共有できるようにする。これにより、移動する物体の移動先となる方向に設置されたレーダ装置を特定して、そのレーダ動作を一時的に停止させることができるようになる。

- [0040] 第3実施例では、図10に示すように、物体Tが通過する経路Rを挟んで、片側2台ずつ、合計4台のレーダ装置200(a)～200(d)を配置してあることとする。レーダ装置200(a)～200(d)の座標は、以下の通りである。

レーダ装置200(a) : ( $X_a$ ,  $Y_a$ )

レーダ装置200(b) : ( $X_b$ ,  $Y_b$ )

レーダ装置200(c) : ( $X_c$ ,  $Y_c$ )

レーダ装置200(d) : ( $X_d$ ,  $Y_d$ )

- [0041] この場合、互いのレーダ装置間の配置間隔 $\Delta x$ 及び $\Delta y$ が分かっているならば、各レーダ装置200の座標は以下のように算出できる。例えば、レーダ装置200(a)の座標( $X_a$ ,  $Y_a$ )が分かれば、他のレーダ装置の座標は一意に決定される。

レーダ装置200(a) : ( $X_a$ ,  $Y_a$ )

レーダ装置200(b) : ( $X_a + \Delta x$ ,  $Y_a$ )

レーダ装置200(c) : ( $X_a + \Delta x$ ,  $Y_a + \Delta y$ )

レーダ装置200(d) : ( $X_a$ ,  $Y_a + \Delta y$ )

[0042] 図11のように、経路Rを移動する物体Tがある場合、レーダ装置200(a)～200(d)のそれぞれで、物体Tの検出時の回転角度 $\theta_a \sim \theta_d$ 及び物体間距離 $L_a \sim L_d$ が特定される。このとき、レーダ装置200(a)～200(d)の各々から見た物体Tの座標は、以下のように表すことができる。

レーダ装置200(a)から見た物体Tの座標：

$$(X, Y) = (X_a + L_a \times \cos(\theta_a), Y_a + L_a \times \sin(\theta_a))$$

レーダ装置200(b)から見た物体Tの座標：

$$\begin{aligned} (X, Y) &= (X_b + L_b \times \cos(\theta_b), Y_b + L_b \times \sin(\theta_b)) \\ &= (X_a + \Delta x + L_b \times \cos(\theta_b), Y_a + L_b \times \sin(\theta_b)) \end{aligned}$$

レーダ装置200(c)から見た物体Tの座標：

$$\begin{aligned} (X, Y) &= (X_c + L_c \times \cos(\theta_c), Y_c + L_c \times \sin(\theta_c)) \\ &= (X_a + \Delta x + L_c \times \cos(\theta_c), Y_a + \Delta y + L_c \times \sin(\theta_c)) \end{aligned}$$

レーダ装置200(d)から見た物体Tの座標：

$$\begin{aligned} (X, Y) &= (X_d + L_d \times \cos(\theta_d), Y_d + L_d \times \sin(\theta_d)) \\ &= (X_a + L_d \times \cos(\theta_d), Y_a + \Delta y + L_d \times \sin(\theta_d)) \end{aligned}$$

[0043] 以上のように、一つの原点( $X_a$ ,  $Y_a$ )とレーダ装置間の配置間隔 $\Delta x$ 及び $\Delta y$ とが分かれば、レーダ装置200(a)～200(d)のそれぞれのレーダ検出結果から、移動する物体Tの座標をレーダシステム全体で共有することが可能となる。

[0044] 図12には、第3実施例に係るレーダシステムの構成例を示してある。

第3実施例では、物体Tが通過する経路Rを挟んで配置された合計4台のレーダ装置200(a)～200(d)が、中央制御装置400と接続されている。レーダ装置200(a)～200(d)は、それぞれ検出範囲S<sub>a</sub>

～S dを有している。検出範囲S a～S dは、一部が重なり合うように設けられる。レーダ装置200(a)～200(d)によるレーダ検出結果は、中央制御装置400を介して互いに共有されることになる。

[0045] このような構成のレーダシステムによるレーダ停止制御について、図13～図17を参照して説明する。

図13は、座標(X1, Y1)の位置に物体Tがある場合であり、中央制御装置400により、物体Tの座標(X1, Y1)は全てのレーダ装置200(a)～200(d)が共有している。この場合は、物体Tの位置が、全てのレーダ装置200(a)～200(d)に対して過大な反射受信電力を生じる位置でないと判断され、全てのレーダ装置200(a)～200(d)のレーダ動作はONとなる。

[0046] 図14は、座標(X2, Y2)の位置に物体Tがある場合であり、中央制御装置400により、物体Tの座標(X2, Y2)は全てのレーダ装置200(a)～200(d)が共有している。この場合も、物体Tの位置が、全てのレーダ装置200(a)～200(d)に対して過大な反射受信電力を生じる位置でないと判断され、全てのレーダ装置200(a)～200(d)のレーダ動作はONとなる。

[0047] 図15は、座標(X3, Y3)の位置に物体Tがある場合であり、中央制御装置400により、物体Tの座標(X3, Y3)は全てのレーダ装置200(a)～200(d)が共有している。ここで、物体Tの位置がレーダ装置200(c)に対して過大な反射受信電力を生じる位置であると判断されたとする。この場合、レーダ装置200(c)のレーダ動作はOFFとなり、他のレーダ装置200(a), 200(b), 200(d)のレーダ動作はONとなる。

[0048] 図16は、座標(X4, Y4)の位置に物体Tがある場合であり、中央制御装置400により、物体Tの座標(X4, Y4)は全てのレーダ装置200(a)～200(d)が共有している。ここで、物体Tの位置がレーダ装置200(c)に対して過大な反射受信電力を生じる位置であり、また、レ

ーダ装置200(d)の方向側に移動していると判断されたとする。この場合、レーダ装置200(c), 200(d)のレーダ動作はOFFとなり、他のレーダ装置200(a), 200(b)のレーダ動作はONとなる。

[0049] 図17は、座標(X5, Y5)の位置に物体Tがある場合であり、中央制御装置400により、物体Tの座標(X5, Y5)は全てのレーダ装置200(a)~200(d)が共有している。ここで、物体Tの位置がレーダ装置200(d)に対して過大な反射受信電力を生じる位置であり、また、レーダ装置200(c)に対しては過大な反射受信電力を生じる位置ではないと判断されたとする。この場合、レーダ装置200(d)のレーダ動作はOFFとなり、他のレーダ装置200(a), 200(b), 200(c)のレーダ動作はONとなる。

[0050] 以上のように、第3実施例では、複数のレーダ装置によるレーダ検出結果を共有することで、過大な受信反射電力を生じる可能性がある物体の位置を全てのレーダ装置が共有し、その物体が近づく恐れのあるレーダ装置を事前に類推して、該当するレーダ装置のレーダ動作を一時的に停止することが可能となる。

[0051] レーダ装置のレーダ動作の停止及び再開は、その対象となるレーダ装置と物体との位置関係に基づいて制御することができる。例えば、対象のレーダ装置が設置された位置を中心にして設定した停止範囲内に物体が入った時点でレーダ動作を停止し、停止範囲外へ物体が出た時点でレーダ動作を再開することができる。停止範囲は、レーダ装置毎に予め設定した範囲でもよく、各レーダ装置によるレーダ検出結果に基づいて物体毎に算出してもよい。後者の場合には、例えば、対象のレーダ装置の位置で測定される反射受信電力が予め設定された閾値(例えば、第1実施例や第2実施例の閾値Th)を超える範囲を停止範囲として算出すればよい。

[0052] このようなレーダ停止制御は、他のレーダ装置によるレーダ検出結果に基づいて、レーダ動作を停止する対象となるレーダ装置自身が行うことができる。第1実施例や第2実施例では、レーダ装置が単独で動作していたため、

レーダ動作の停止中は移動体の位置を特定できなかったが、第3実施例では、レーダ動作の停止中も他のレーダ装置によるレーダ検出結果に基づいて移動体の位置を特定できるためである。

[0053] なお、第3実施例では、レーダ装置の各々が、他のレーダ装置によるレーダ検出結果に基づいて、自装置のレーダ動作の一時的な停止を制御しているが、レーダ動作の一時的な停止の制御を行う主体は、これに限定されない。

例えば、レーダ動作を停止する必要がないことが判明しているレーダ装置（例えば、移動体から遠くにあるレーダ装置）が、物体の移動先となる方向に設置されたレーダ装置を特定し、そのレーダ装置を対象にしてレーダ動作の一時的な制御を遠隔的に行うようにしてもよい。

また例えば、各レーダ装置と通信可能に接続された制御装置が、物体の移動先となる方向に設置されたレーダ装置を特定し、そのレーダ装置を対象にしてレーダ動作の一時的な制御を遠隔的に行うようにしてもよい。このような制御装置としては、例えば、中央制御装置400を用いることができる。この場合には、中央制御装置400に、移動判定部211及び停止制御部212に相当する機能部を持たせればよい。

#### 実施例 4

[0054] 上記のようなレーダシステムでは、過大な反射受信電力を生じる物体を一番最初に発見するレーダ装置が損傷してしまうと、移動する物体の位置を共有するシステム全体で共有することが困難になる。

そこで、第4実施例では、過大な反射受信電力を生じる物体を最初に発見する位置に、他のレーダ装置よりも耐電力性に優れたレーダ装置（以下、移動体検出用レーダ装置という）を配置する。図18及び図19には、第4実施例に係るレーダシステムのレーダ配置を斜め上空方向から見た図及び水平方向から見た図を示してある。

[0055] 第4実施例では、図18に示すように、レーダ装置200よりも耐電力性に優れた移動体検出用レーダ装置300を、物体Tの移動が想定される経路Rに対してレーダ装置200より上流側に配置してある。図18では、レー

ダシステムの監視エリア（各レーダ装置の検出範囲を重ね合せて形成されるエリア）に4つの方向から物体Tが進入してくることを想定しているため、これに対応して4台の移動体検出用レーダ装置300を追加で設置してある。なお、移動体検出用レーダ装置300は1台でもよく、台数は本発明で限定されるものではない。

[0056] 移動体検出用レーダ装置300によるレーダ検出結果は、レーダ装置200によるレーダ検出結果と同様に、中央制御装置400を介してシステム全体で共有される。すなわち、レーダ装置200のレーダ動作の一時的な停止の制御は、レーダ装置200によるレーダ検出結果だけでなく、移動体検出用レーダ装置300によるレーダ検出結果も考慮して行われてもよい。

[0057] レーダシステムの監視エリアに進入してくる物体を最初に発見する位置には、耐電力性に優れた移動体検出用レーダ装置300を設置したので、反射受信電力の大きな物体が進入してきても移動体検出用レーダ装置300の受信回路が破損する可能性が低く、レーダ停止制御に不具合が生じる懸念が少なくなる。

なお、過大な反射受信電力を生じる物体が斜め上空から侵入してくる環境では、図19に示すように、移動体検出用レーダ装置300を斜め上空に向けて設置することが好ましく、これにより、物体の進入を早期に発見できるようになる。

[0058] ここで、上記の説明では、レーダ動作の停止によって受信回路の保護を図っているが、別の解決方法として、送信電力増幅器や受信電力増幅器による増幅量を調整可能なレーダ装置であれば、レーダ装置の近くを過大な反射受信電力を生じる物体が通過する場合に、一時的に増幅量を低下させる調整を行うようにしてもよい。

[0059] なお、本発明に係るシステムや装置などの構成としては、必ずしも以上に示したものに限られず、種々な構成が用いられてもよい。例えば、上記の説明では、空港の滑走路に対してレーダ装置を設置した構成を例にしたが、本発明は、鉄道軌道や高速道路などに対してレーダ装置する場合にも適用する

ことができる。

また、本発明は、例えば、本発明に係る処理を実行する方法や方式、そのような方法や方式を実現するためのプログラム、そのプログラムを記憶する記憶媒体などとして提供することも可能である。

### 産業上の利用可能性

[0060] 本発明は、送信波に対する反射波の受信結果に基づいて所定範囲内に存在する物体を検出するレーダ装置に利用することができる。

### 符号の説明

[0061] 100：レーダ装置、 101：FMCW送信源、 102：電力分配器、 103：送信電力増幅器、 104：送信アンテナ、 105：受信アンテナ、 106：受信電力増幅器、 107：混合器、 108：信号処理部、 209：電力減衰器、  
200：レーダ装置、 201：FMCW送信源、 202：電力分配器、 203：送信電力増幅器、 204：送信アンテナ、 205：受信アンテナ、 206：受信電力増幅器、 207：混合器、 210：信号処理部、 211：移動判定部、 212：停止制御部 212、  
300：レーダ装置、 400：中央制御装置