

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4347701号
(P4347701)

(45) 発行日 平成21年10月21日(2009.10.21)

(24) 登録日 平成21年7月24日(2009.7.24)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 S 13/46 (2006.01) GO 1 S 13/46

請求項の数 18 (全 17 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2003-576994 (P2003-576994) (86) (22) 出願日 平成15年3月14日(2003.3.14) (65) 公表番号 特表2005-521040 (P2005-521040A) (43) 公表日 平成17年7月14日(2005.7.14) (86) 国際出願番号 PCT/US2003/007846 (87) 国際公開番号 W02003/079041 (87) 国際公開日 平成15年9月25日(2003.9.25) 審査請求日 平成18年2月6日(2006.2.6) (31) 優先権主張番号 60/364,030 (32) 優先日 平成14年3月15日(2002.3.15) (33) 優先権主張国 米国 (US)</p>	<p>(73) 特許権者 503148122 ロッキード・マーティン・コーポレイション LOCKHEED MARTIN CORPORATION アメリカ合衆国、メリーランド州、ゲイターズバーグ、ノース・フレデリック・アベニュー 700 700 N. Frederick Avenue, Gaithersburg, MD 20879, U. S. A. (74) 代理人 100110423 弁理士 曾我 道治 (74) 代理人 100084010 弁理士 古川 秀利</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 目標シグネチャの計算および認識システムとその方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

1 つまたは複数の独立した送信機により送信された信号を用いて目標物体を検出および識別するシステムであって、

前記送信機からの直接信号と、前記目標物体によって反射された反射信号とを受信するアンテナと、

前記アンテナに接続され、前記アンテナが受信した前記信号を処理する信号処理サブシステムと、

目標物体シグネチャ情報を計算するシグネチャ処理サブシステムであって、前記目標物体シグネチャ情報は、胴体の長さ、翼の長さ、翼の後退角とを含み、当該シグネチャ処理サブシステムは、目標物体の特徴によって反射されたピークローブからピークローブデータを計算することによって、かつ、前記ピークローブデータから前記目標物体の特徴の寸法を計算することによって、前記目標物体シグネチャ情報を計算する、シグネチャ処理サブシステムと、

前記目標物体シグネチャ情報を選択的に表示する表示サブシステムとを備える、1 つまたは複数の独立した送信機により送信された信号を用いて目標物体を検出および識別するシステム。

【請求項 2】

前記アンテナによって受信される前記直接信号および前記反射信号は 30 MHz ~ 300 MHz の周波数範囲にある請求項 1 に記載の 1 つまたは複数の独立した送信機により送

信された信号を用いて目標物体を検出および識別するシステム。

【請求項 3】

前記シグネチャ処理サブシステムは、バイスタティックアスペクト角に応じた反射信号の振幅を用いて前記目標物体シグネチャ情報を計算する請求項 1 に記載の 1 つまたは複数の独立した送信機により送信された信号を用いて目標物体を検出および識別するシステム。

【請求項 4】

前記シグネチャ処理サブシステムは、送信機から前記目標物体への方向である入射方向と、前記目標物体から前記アンテナへの方向である反射方向との間の挟角を計算する、請求項 1 に記載の 1 つまたは複数の独立した送信機により送信された信号を用いて目標物体を検出および識別するシステム。

10

【請求項 5】

前記シグネチャ処理サブシステムはアスペクト角を計算する請求項 1 に記載の 1 つまたは複数の独立した送信機により送信された信号を用いて目標物体を検出および識別するシステム。

【請求項 6】

前記シグネチャ処理サブシステムは、有効波長を用いて前記目標物体シグネチャ情報を計算する請求項 1 に記載の 1 つまたは複数の独立した送信機により送信された信号を用いて目標物体を検出および識別するシステム。

【請求項 7】

前記シグネチャ処理サブシステムは、ミラー効果を考慮することにより反射ビームの幅を近似する請求項 1 に記載の 1 つまたは複数の独立した送信機により送信された信号を用いて目標物体を検出および識別するシステム。

20

【請求項 8】

前記シグネチャ処理サブシステムは、振幅倍加効果を考慮することにより反射ビームの幅を近似する請求項 1 に記載の 1 つまたは複数の独立した送信機により送信された信号を用いて目標物体を検出および識別するシステム。

【請求項 9】

前記目標物体シグネチャ情報と比較するための、既知の航空機についての胴体の長さ、翼の長さ、および翼の後退角のデータを含むデータベースをさらに備える請求項 1 に記載の 1 つまたは複数の独立した送信機により送信された信号を用いて目標物体を検出および識別するシステム。

30

【請求項 10】

1 つまたは複数の独立した送信機により送信された持続波信号を用いて目標物体を識別する方法であって、

前記目標物体を検出および追跡するステップであって、当該ステップは、前記送信機からの直接信号と前記目標物体によって反射された反射信号とを受信するステップを含む、検出および追跡するステップと、

前記目標物体のシグネチャ情報を計算するステップであって、前記シグネチャ情報は、胴体の長さ、翼の長さ、翼の後退角とを含み、シグネチャ情報を計算する当該ステップは、目標物体の特徴によって反射されたピークローブからピークローブデータを計算すること、前記ピークローブデータから前記目標物体の特徴の寸法を計算することを含む、シグネチャ情報を計算するステップと、

40

前記目標を識別するステップとを含む、目標物体を識別する方法。

【請求項 11】

前記目標物体を検出および追跡するステップは、前記直接信号および前記反射信号を用いて前記目標物体の位置を計算するステップと、所定期間にわたって前記目標物体の位置を更新することによって前記目標物体の機首方位を計算するステップと、

50

前記目標物体が移動した距離を時間と比較することによって前記目標物体の速度を計算するステップと

をさらに含む請求項 10 に記載の目標物体を識別する方法。

【請求項 12】

予想されるピークローブの多項式フィット表現を用いて前記ピークローブをフィルタリングするステップをさらに含む請求項 10 に記載の目標物体を識別する方法。

【請求項 13】

前記ピークローブデータを計算するステップは、
送信機から前記目標物体までの信号経路の入射方向を計算するステップと、
前記目標物体から受信機までの反射信号経路の反射方向を計算するステップと、
前記入射方向と前記反射方向の間の挟角の二等分線のベクトルを計算するステップと、
前記目標物体の機首方位と前記二等分線のベクトルの間のバイスタティックアスペクト角を計算するステップと、

10

前記バイスタティックアスペクト角に応じたピークローブを計算するステップと、
前記ピークローブ信号の有効波長を計算するステップと、
前記ピークローブの -3db の電力点間の機首方位の変化を計算するステップと
をさらに含む請求項 10 に記載の目標物体を識別する方法。

【請求項 14】

翼の後退角を計算するステップをさらに含む請求項 13 に記載の目標物体を識別する方法。

20

【請求項 15】

前記翼の後退角を計算するステップは、前記目標物体の翼によって反射された前記ピークローブの前記バイスタティックアスペクト角に 90 度を足すステップをさらに含む請求項 14 に記載の目標物体を識別する方法。

【請求項 16】

前記ピークローブデータから前記目標物体の特徴の寸法を計算するステップは、
次の方程式：

$$L f = C \cdot \frac{\quad}{\sin(2 \quad)}$$

を用いることを含み、ここで、 $L f$ は目標物体の特徴の長さであり、 C は定数であり、
は有効波長であり、 \quad は機首方位の変化である

30

請求項 13 に記載の目標物体を識別する方法。

【請求項 17】

定数 C は 0.638 である、請求項 16 に記載の目標物体を識別する方法。

【請求項 18】

前記目標物体を識別するステップは、
前記目標物体の計算した特徴を既知の特徴のデータベースと比較するステップと、
前記既知の特徴のデータベースとの一致をもって前記目標物体を識別するステップと
をさらに含む請求項 10 に記載の目標物体を識別する方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

[発明の背景]

発明の分野

本発明は、目標物体の検出、追跡および認識に関し、特に、目標物体の認識のためにシグネチャを計算するシステムとその方法に関する。

【0002】

[関連出願の相互参照]

本願は、2002年3月15日付で出願された「SYSTEM AND METHOD FOR TARGET SIGNATURE CALCULATION AND RECOGNITION」と題する米国仮出願第 60 / 364,030 号（本明細書中に参照により援用される）の利点を主張する。

50

【 0 0 0 3 】

関連技術の考察

目標物体の検出および追跡は通常、一般にレーダとして知られる無線の検出および測距によって達成される。レーダシステムは通常、電磁エネルギーを発生し、目標物体によって散乱されたそのエネルギーの反射を検出する。到着の時間差、ドップラーシフト、および様々な他の反射エネルギーの変化を解析することによって、目標物体の位置および動きを計算することができる。

【 0 0 0 4 】

様々な利点により、最新式のレーダシステムでは主にマイクロ波が用いられている。マイクロ波はそのローブサイズから、特にレーダに適している。マイクロ波信号は、ビーム幅が約1度、波長がわずかに数センチメートルである可能性がある。

10

【 0 0 0 5 】

目標の検出および追跡用のレーダシステムは通常モノスタティックである、すなわち、レーダが受信機と送信機の両方を同じ位置に有する。パルススペースのレーダシステムは、視野を走査し、タイミング調整された(timed)エネルギーパルスを送る。したがって各走査とパルスの間には、信号がなく、特定の物体の存在や位置を判定できない窓がある。目標物体を継続的に追跡できないと、追跡システムが各データサンプリングの間で矛盾した情報を生成する可能性が増す。走査機構および高エネルギーRF電力送信を含めることはまた、レーダシステムの構築および運用の費用を増やす傾向がある。

【 0 0 0 6 】

20

目標物体を検出および追跡する能力に加えて、目標物体のシグネチャ(signature)として知られる目標物体の識別番号(identification)、すなわち識別情報等のさらなる情報も様々な環境において有用である可能性がある。例えば軍事活動中、物体が味方であるか敵であるかという判定は非常に重要である。

【 0 0 0 7 】

ジェットエンジンモジュレーション(JEM)および逆合成開口レーダ(ISAR)等の様々な技術が目標物体の有用なシグネチャの作成でいくらかの成功を収めている。JEMは、ジェットエンジンの運動部分によるレーダビームの反射によって生じる信号変調の検出である。この技術は、目標物体がこの現象を検出できるアスペクト角にある場合のみ役立つ。ISARは、大きな帯域幅の送信信号を用いることによって目標物体の2次元マップを作成する。

30

【 0 0 0 8 】

上述のように、マイクロ波のモノスタティックレーダを照射された目標は多数の狭いローブを有する。これらのローブは、目標物体の細かい構造の影響を受けて散乱される。ローブの散乱は、反射されてレーダの受信アンテナに戻るエネルギー量を制限する。

【 0 0 0 9 】

マイクロ波の周波数でJEM、ISAR、または他の何らかのシグネチャ法のいずれを用いても、現在のシグネチャシステムは、目標物体の微細な部分により影響を受ける多数の狭くて弱い電磁エネルギーのローブを計算および処理しなければならない。これらの計算は通常、各計算の間に目標物体が大幅に動くことができる間隔で行われるため、目標物体のアイデンティティの判定に大きな複雑性を加えている。

40

【 0 0 1 0 】

現在の物体認識システムには上記および他の欠点が存在する。したがって、この問題に対して、特に目標物体のシグネチャ特徴をより単純かつ正確に識別するように設計された改良型の物体認識システムを提供する解決策が必要とされている。

【 0 0 1 1 】

本発明のさらなる特徴および利点は以下の説明に記載され、一部は説明から自明となるか、あるいは本発明を実施することによって知ることができる。本発明の目的および他の利点は、特に説明書および本文書の特許請求の範囲、ならびに添付図面の中で示される構造によって実現および達成されるであろう。

50

【 0 0 1 2 】

[発明の概要]

したがって、本発明は、目標物体のシグネチャの計算および認識システムとその方法を対象とする。

【 0 0 1 3 】

PCL (「受動コヒーレントロケーション(passive coherent location)」)技術は、アンテナの範囲内の、大きな角度範囲にわたる全ての物体が視界(purview)にあるバイスタティックまたはマルチスタティックシステムとして動作するため、大きな空間体積にわたって多数の物体を検出して正確に追跡することができる。さらにPCLは、通常30MHz~300MHzの周波数範囲の持続波(CW)のTVまたはFM送信源を用いて動作する。したがって、要求される無線周波数(「RF」)エネルギーが常に目標(複数可)上にあり、目標の位置を非常に高いレートで更新することができる。

10

【 0 0 1 4 】

またPCL技術は本質的に、送信機のCW性質のために高い速度精度および分解能も有する。さらにPCLは、従来のレーダのように測定値を導出するのではなく、速度を直接測定する。この特性は、追跡している複数の物体を分離する際に非常に有用であり、従来のレーダがその仕事を行う方法とは根本的に異なる方法で行われる。

【 0 0 1 5 】

PCLは、航空機、宇宙打上げ機、およびミサイルを含む様々な目標の検出、位置決め、および追跡を完全に受動的かつ秘密裏に行うことができる。機能はレーダに似ているが、PCLは、PCL自体のRFエネルギーの放射も、目標が検出および追跡されるためにRFエネルギーを放射することも必要としない。この理由から、PCLは特に、秘密の属性により敵地でも監視機能を生じることができる場合に適用することができる。

20

【 0 0 1 6 】

秘密性の側面に加えて、PCLの使用は、この概念で使用される信号が非常に高エネルギーであるため、目標の改良された検出可能性を提供することができる。場合によっては、レーダよりも最大2桁大きい固有の感度が可能である。さらに、PCLでは走査機構が必要ない。この理由から、目標の更新は、アンテナの機械的な回転または間欠パルスに従うことなく、全ての目標を所望に応じた速さで更新することができる。システムの視界にある全ての目標の更新レートが1秒間に6回であるリアルタイムシステムが構築されている。PCLシステムの費用はレーダシステムの費用に比べると低い傾向があり、走査や高エネルギーRF電力の送信の必要がないため信頼性は高い。

30

【 0 0 1 7 】

大きな空間体積において複数の物体の同時で高品質な追跡を提供するPCLの固有の能力は、レーダを用いて物体を追跡する方法からの大きな飛躍である。レーダを用いた場合、通常のレーダシステムは、物体を追跡し続けるために、多数の物体を順次再訪問する。PCLでは、広い角度をカバーするために、複数の受信機ビームが同時に生成および処理される。

【 0 0 1 8 】

目標物体を検出および追跡するPCLの能力に加えて、PCLシステムで用いられる周波数は、シグネチャ情報として用いる目標物体のかなりの構造的な表面を計算することを可能にする。例えば、100MHzの周波数において、長寸法(principal dimension)が1/3波長(1メートル)よりも小さい特徴はレーザ領域にあるため、信号を効率的に散乱できない可能性がある。1/16波長(18cm)よりも小さい表面の構造的な特徴は知覚されない。このような条件において、航空機は、円筒形の胴体ならびに平坦な(flat planar)金属板の翼として近似することができる。これらの近似を考えると、航空機のヨ一面(yaw plane)の、またはその付近の散乱の大きさは、比較的単純な閉じた(closed form)数式によって表すことができる。これらの単純な数学関数を逆にする(invert)ことにより、航空機によって反射されたVHF信号からのデータを解析して、航空機の大きな(significant)構造の寸法を推定することができる。

40

50

【0019】

通常のPCLの使用では、多くの送信機を同時に利用する。複数の送信機を使用することにより、送信機全体で測定値を比較し相関させることができるため、シグネチャデータの精度が上がる。データと、計算される波長に関して予想される戻り信号(signal return)の最良の数学的な表現との比較を用いて、目標物体の戻り信号のフィルタリング精度を上げてよい。

【0020】

目標物体を識別するために、PCLシステムは、目標物体の1つまたは複数の特徴を既知の航空機の特徴のデータベースと比較する。この比較で用いる目標物体の特徴は、目標物体の計算された寸法、目標物体の速度、目標物体の高度、またはPCLシステムによって識別することができる任意の他の特徴のうちの1つまたは複数であってよい。既知の航空機の特徴のデータベースは、PCLシステムを用いて計算される特徴の、目標物体を正確に識別することを可能にする、密度の低い(loosely populated)決定空間を提供する。これらの理由から、PCLは、目標物体の検出および識別に適している。

【0021】

したがって、本発明の1実施形態によれば、1つまたは複数の独立した送信機により送信された信号を用いて目標物体を検出および識別するシステムが開示される。このシステムは、上記送信機からの直接信号と、上記目標物体によって反射された反射信号とを受信するアンテナを備える。このシステムはまた、上記アンテナに接続され、上記アンテナが受信した上記信号を処理する信号処理サブシステムも備える。このシステムはまた、目標物体シグネチャ情報を計算するシグネチャ処理サブシステムも備える。このシステムはまた、上記目標物体シグネチャ情報を選択的に表示する表示サブシステムも備える。

【0022】

本発明の別の実施形態によれば、目標物体を検出および識別するシステムが開示される。このシステムは、信号を送信する1つまたは複数の送信機を備える。このシステムはまた、上記送信機からの直接信号と、上記目標物体によって反射された反射信号とを受信するアンテナも備える。このシステムはまた、上記アンテナに接続され、上記アンテナが受信した上記信号を処理する信号処理サブシステムも備える。このシステムはまた、パイスタティックアスペクト角(aspect angle)に応じた反射信号の振幅を用いて目標物体シグネチャ情報を計算するシグネチャ処理サブシステムも備える。このシステムはまた、上記目標物体シグネチャ情報を選択的に表示する表示サブシステムも備える。

【0023】

本発明の別の実施形態によれば、1つまたは複数の送信機により送信された信号を用いて目標物体を検出および識別する方法が開示される。この方法は、上記1つまたは複数の独立した送信機からの送信信号を検出することを含む。この方法はまた、目標物体によって反射された上記送信信号を検出することを含む。この方法はまた、上記反射信号の波長を計算することを含む。この方法はまた、挟角(included angle)を計算することを含む。この方法はまた、二等分線のアスペクト角(bisector aspect angle)を計算することを含む。この方法はまた、上記二等分線のアスペクト角に応じた上記波長に基づいて目標物体の特徴の長さを計算することを含む。

【0024】

本発明のさらなる実施形態によれば、1つまたは複数の送信機により送信された信号を用いて目標物体を検出および識別する方法が開示される。この方法は、上記1つまたは複数の独立した送信機からの送信信号を検出することを含む。この方法はまた、目標物体によって反射された上記送信信号を検出することを含む。この方法はまた、上記反射信号の波長を計算することを含む。この方法はまた、機首方位の変化角度(heading change angle)を計算することを含む。この方法はまた、上記波長および上記機首方位の変化角度に基づいて目標物体の特徴の長さを計算することを含む。

【0025】

別の実施形態によれば、1つまたは複数の送信機からの信号を用いて目標物体を識別す

10

20

30

40

50

るシステムが開示される。このシステムは、目標物体の特定の特徴を表すデータを計算する信号処理ユニットであって、バイスタティックアスペクト角に応じた受信したピークローブおよび上記受信したピークローブの - 3 d B の点間の機首方位の変化を用いて上記目標物体の特徴の寸法を計算することを含む信号処理ユニットを備える。このシステムはまた、上記目標物体に関連する識別番号データを表示する表示要素も備える。

【 0 0 2 6 】

さらなる実施形態によれば、目標物体を識別する方法が開示される。この方法は、上記目標物体を検出および追跡すること、上記目標物体のシグネチャデータを計算すること、および上記目標を識別することを含む。

【 0 0 2 7 】

本発明のさらなる特徴および利点は以下の説明に記載され、一部は説明から自明となるか、あるいは本発明を実施することによって知ることができる。本発明の目的および他の利点は、特に説明書および本文書の特許請求の範囲、ならびに添付図面の中で示される構造によって実現および達成されるであろう。

【 0 0 2 8 】

上記の概説および以下の詳細な説明はいずれも例示的かつ説明的であり、特許請求される本発明のさらなる説明を与えるように意図されることが理解される。

【 0 0 2 9 】

本発明のさらなる理解をもたらすように含まれ、本明細書に組み込まれてその一部を構成する添付図面は、本発明の実施形態を例示し、説明とともに、本発明の原理を説明する役割を果たす。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 3 0 】

次に、本発明の様々な実施形態を詳細に参照し、その例を添付図面に示す。

【 0 0 3 1 】

図 1 は、従来の P C L 目標追跡構成 1 0 を示す。この構成 1 0 は、P C L 信号処理ユニット 2 0、目標物体 1 1 0、および複数の送信機 1 2 0、1 3 0、および 1 4 0 を含む。したがって、P C L 信号処理ユニット 2 0 は、送信機 1 2 0、1 3 0、および 1 4 0 によってブロードキャストされた直接 R F 信号 1 2 2、1 3 2、および 1 4 2、ならびに反射 R F 信号 1 2 6、1 3 6、および 1 4 6 を受信する。反射 R F 信号 1 2 6、1 3 6、および 1 4 6 もまた、送信機 1 2 0、1 3 0、および 1 4 0 によってブロードキャストされ、目標物体 1 1 0 により反射される。

【 0 0 3 2 】

通常目標追跡構成において、P C L 処理ユニット 2 0 は、到達時間差 (T D O A)、到達周波数差 (F D O A) (ドップラーシフトとしても知られる)、および / または直接 R F 信号 1 2 2、1 3 2、および 1 4 2 および反射 R F 信号 1 2 6、1 3 6、および 1 4 6 からの他の情報を計算して、目標物体 1 1 0 の位置を検出および追跡する。

【 0 0 3 3 】

本発明の実施形態は、P C L 技術の使用により得られたデータを用いて、P C L 技術が検出および追跡する目標物体のシグネチャ情報を作成するのに十分な情報を計算する。例えば、P C L 信号処理ユニット 2 0 によって計算された正確な位置および機首方位 (heading) 情報により、目標物体における入射角、反射角、および二等分線の (bisector) 角度を計算することができる。本発明の実施形態はこれらの角度を用いて、ピーク信号を見つけ、航空機の様々な特徴の寸法を計算する。したがって、本発明の様々な実施形態は、P C L 技術を用いて、目標物体を正確かつタイミングよく計算および認識することを可能にする。

【 0 0 3 4 】

本発明の 1 実施形態によれば、超短波 (V H F) 信号を用いた受動持続波 (Passive Continuous Wave : C W) マルチスタティックレーダシステム 2 0 を用いて、目標物体 1 1 0 により反射された信号を受信および処理する。処理された信号から得られた情報により

10

20

30

40

50

、識別情報を計算することができる。VHF信号は通常30MHz~300MHzの周波数範囲である。この周波数の波長は一般に、高分解能の目標解析を行うには長すぎると考えられてきた。これらの信号は固有帯域幅も小さい可能性があり、通常は50kHz~75kHzである。

【0035】

100MHzの周波数において、長寸法が1/3波長(1メートル)よりも小さい特徴はレーリ領域にあるため、信号を効率的に散乱できない可能性がある。1/16波長(18cm)よりも小さい表面の構造的特徴は知覚されない。このような条件において、航空機は、円筒形の胴体ならびに平坦な金属板の翼として近似することができる。これらの近似を考えると、航空機の一面の、またはその付近の散乱の大きさは、比較的単純な閉じた数式によって表すことができる。これらの単純な数学関数を逆にすることにより、航空機によって反射されたVHF信号からのデータを解析して、航空機の大きな構造の寸法を推定することができる。

【0036】

図2は、本発明の1実施形態によるPCL信号処理ユニットを示す。PCL信号処理ユニット20は、単一の、または複数の受信および処理システムであってよく、シグネチャ計算機能を行う際に用いられるRF信号を受信する外部アンテナ要素210を含む。PCL信号処理ユニット20はまた、信号処理セグメント220、および表示サブシステム260も含む。

【0037】

本発明の様々な実施形態によるアンテナ要素210は、単一のアンテナまたは複数のアンテナを含むことができる。アンテナ要素210はまた、目標アンテナおよび基準アンテナも含む。1実施形態によれば、基準アンテナは、利用される送信機によって送信された直接信号を受信するために用いられる。さらなる実施形態によれば、目標アンテナは、PCL信号処理ユニット20により追跡している目標物体からの反射エネルギーを受信するために用いられる。

【0038】

PCL信号処理ユニット20の信号処理セグメント220は、信号を受信および処理して、目標物体の位置およびアイデンティティを判定する。信号処理セグメント220のさらなる実施形態は、受信機サブシステム230、信号処理サブシステム240、およびデータ記憶装置250を含む。

【0039】

受信機サブシステム230は、1つまたは複数の送信機により送信されアンテナ要素210によって検出された信号を受信する。本発明の1実施形態によれば、受信機サブシステム230は、信号処理サブシステム240により用いられる受信信号の帯域制限、周波数シフト、および増幅に用いられる。さらなる実施形態によれば、受信機サブシステム230は、送信機によってブロードキャストされた直接信号を受信する基準受信機と、目標物体により反射された信号を受信する目標受信機とを含んでもよい。

【0040】

信号処理サブシステム240は、受信機サブシステム230から信号データを受け取る。信号処理サブシステム240は、PCL処理ユニット20により検出および追跡している目標物体の検出成分、追跡成分、およびシグネチャ成分を抽出するための信号処理を行う。信号処理サブシステム240は、1つまたは複数の信号プロセッサ242、検出および追跡処理要素244、およびシグネチャ処理要素246を含む。

【0041】

本発明の様々な実施形態は、狭帯域信号プロセッサ、広帯域信号プロセッサ、またはその両方を含んでよい信号プロセッサ242を提供する。本発明の1実施形態において、狭帯域信号はTV信号であり、広帯域信号はFM信号である。信号プロセッサ242は、受信機サブシステム230から受信した信号情報を処理し、検出および追跡処理要素244と協働して検出および追跡情報を計算する。検出および追跡情報は、TDOA、FDOA

10

20

30

40

50

、および/またはPCL信号処理ユニット20により受信および利用される直接信号および反射信号から導出された他の情報から計算される。本発明の様々な実施形態によれば、検出および追跡処理要素244は、ハードウェア、ソフトウェア、またはハードウェアとソフトウェアの組み合わせを含んでよい。

【0042】

信号プロセッサ242は、シグネチャ処理要素246と協働してシグネチャデータも計算する。検出および追跡要素244によって計算される位置および機首方位データは、シグネチャ処理要素246が送信機/目標物体の組み合わせに関する入射角、反射角、および二等分線の角度を計算するために用いる情報を提供する。二等分線のアスペクト角に関するピークローブ (peak lobe) の - 3 dB の電力点を通過するために必要な機首方位の変化を用いて、シグネチャ処理要素246は、そのピークローブに関連する目標物体の構造的特徴の長さを計算する。本発明の1実施形態によれば、シグネチャ処理要素246は、目標物体の胴体の長さ、翼の長さ、および翼の後退角を計算することができる。本発明の様々な実施形態によれば、シグネチャ処理要素246は、ハードウェア、ソフトウェア、またはハードウェアとソフトウェアの組み合わせを含んでよい。

10

【0043】

本発明のさらなる実施形態において、シグネチャ処理要素246と協働する信号プロセッサ242はまた、二等分線のアスペクト角に応じた予想される信号振幅の多項式表現を計算して実際の受信ピークローブデータに適用することによって、胴体または翼幅のピークローブ信号に関するデータをフィルタリングすることができる。多項式表現は、直線の表面エッジにより反射された信号の数学的表現から計算される。

20

【0044】

本発明の実施形態によれば、検出および追跡処理要素244および/またはシグネチャ処理要素246によって計算されたデータから、航空機の特徴を表すデータを選択することができる。選択されたデータは、データ記憶デバイス250内に位置する既知の航空機の特徴のライブラリまたはデータベースと比較される。信号処理サブシステムは、選択されたデータをデータベース内の特定の航空機に関するデータとマッチングすることによって目標物体のアイデンティティを判定する。

【0045】

データ記憶デバイス250は、航空機データのデータベースを記憶しており、目標物体のデータをこのデータベースと比較する用意ができるとアクセスされる。図2に示す実施形態によれば、データ記憶デバイス250は信号プロセッサ242に接続される。さらなる実施形態では、データ記憶デバイス250を任意の他の都合の良い位置、例えば信号処理サブシステム、シグネチャ処理要素246内に配置するか、あるいは信号処理セグメント220に外部接続してもよい。

30

【0046】

データ記憶デバイス250は揮発性または不揮発性メモリであってよい。揮発性メモリは、信号処理ユニットのメインメモリを含むランダムアクセスメモリである可能性がある。不揮発性メモリは、ハードディスクドライブ、リムーバブルディスクドライブ、読み出し専用メモリ、フラッシュメモリ、またはデータを永続的に記憶することができる任意の他の記憶デバイスである可能性がある。

40

【0047】

表示要素260は、本発明により判定される目標物体の識別番号 (identification) を含む、目標物体に関する履歴情報および現在の情報を表示する手段を提供する。さらなる実施形態は、システム状態情報、地理情報、PCL信号処理ユニットの位置、および送信機の位置の表示も提供する。

【0048】

動作時に、本発明の実施形態は、目標物体を検出および追跡し、構造の寸法を計算するとともに、計算した特徴を既知の情報のデータベースと比較することによって目標物体を識別する。本発明は、目標物体により反射された信号を受信することによって目標物体を

50

検出する。本発明は、TDOA、FDOA、および/または直接信号および反射信号から導出される他の情報を解析することにより、目標物体の位置を求める。

【0049】

上述したように、本発明は、持続波送信源を用いるため、要求される無線周波数(「RF」)エネルギーが常に目標物体上にあり、目標物体の位置を非常に高いレートで更新することができる。位置の更新を用いて、信号処理サブシステム240、特に検出および追跡処理要素は、目標物体の機首方位および速度を計算することができる。

【0050】

本発明の実施形態によれば、信号処理サブシステム240、特にシグネチャ処理要素246は、目標物体の構造的特徴を計算する。目標物体110の大きな構造の推定される寸法は、バイスタティックアスペクト角に応じた測定された反射信号振幅を計算することによって求められる。バイスタティックアスペクト角は、目標物体の縦軸ならびに照射器(Illuminator)、目標物体、およびPCL処理ユニットに関する入射角度と反射角度の二等分線から計算される。

【0051】

図3は、本発明の実施形態による、目標物体110と、信号処理サブシステム240(図2に示す)およびシグネチャ処理要素246がバイスタティックアスペクト角およびシグネチャ測定値を計算する際に用いる様々な軸および角度とを示す。上述のように、PCL信号処理ユニットは、送信機により生成される直接信号とその目標物体110からの反射を利用する。直接信号および反射信号を用いて、信号処理ユニットは、情報のなかでもとりわけ目標物体の位置および機首方位を計算し、目標物体の縦軸310ならびに速度ベクトル312の計算を可能にする。

【0052】

PCL構成において、送信機322およびPCL受信機332の位置は既知である。明らかに、目標物体110がいったん検出され追跡されれば、目標物体の現在位置も分かり、継続的に更新される。送信機322、PCL受信機332、および目標物体110の既知の位置から、送信機から目標物体に向かう方向(入射方向320として知られる)と、目標物体からPCLシステムに向かう方向(反射方向330として知られる)とを求めることができる。入射方向320と反射方向330の間の角度は挟角325として知られる。入射方向320および反射方向330から、挟角325の二等分線ベクトル340も計算することができる。

【0053】

図3に示すように、バイスタティックアスペクト角は、挟角325の二等分線340と目標物体110の縦軸310との間の角度345である。いったんバイスタティックアスペクト角345が計算されると、このバイスタティックアスペクト角345に応じた反射信号振幅が測定される。この測定は、測定される胴体や翼等の、位相コヒーレントな航空機の特徴の成分反射が加わることににより約90度の高い信号反射を示す局所領域の予想のために重要である。

【0054】

さらに、バイスタティックアスペクト角345はモノスタティックアスペクト角に略等しい。さらなる実施形態では、モノスタティックの等価波長を利用することができ、等価な角度は、自由空間の波数を二等分線ベクトルに投射することによって計算される。

【0055】

図4は目標物体110を、胴体112から反射されたピーク信号ローブ410および翼114の前縁116から反射されたピーク信号ローブ430とともに示す。ピーク信号ローブ410および430はそれぞれ、胴体および翼により反射される極大値を表す。一例として、振幅-バイスタティックアスペクト角のプロットの、胴体112のバイスタティックアスペクト角が約90度になる領域では、同相(in-phase)コヒーレントな胴体112の成分反射が加わることににより生じる高い信号反射すなわち極大値を示す局所領域を予想する。この場合の極大値は、通常は胴体112から反射されて戻ってくる他の信号と識別

10

20

30

40

50

できるため大きい。

【0056】

例えば、100MHzでの通常の小型航空機（平均レーダ断面（RCS）が30平方メートルであると仮定する）の平均反射信号強度は次の通りである。

$$P_{scatav} = 4 \cdot \dots / \dots^2 = 41.9 = 16.2 \text{ dBIS}$$

【0057】

約90度の領域におけるピーク反射信号強度も次式によって計算することができる。

$$P_{scatpk} = (4 \cdot L_f \cdot D_f / \dots^2) \cdot (2 \cdot L_f / \dots) = 8 \dots^2 \cdot L_f \dots \cdot D_f / \dots^3$$

L_f は胴体の長さであり、

D_f は胴体の直径であり、

dBIS は等方散乱体に応じたデシベルである。

10

【0058】

100MHzの周波数における長さ20メートル、直径2メートルの円筒形の胴体を有する目標のピーク反射信号強度は次の通りである。

$$P_{scatpk} = 8 \dots^2 \cdot 20^2 \cdot 2 / 3^3 = 2330 = 33.7 \text{ dBIS}$$

【0059】

上記の例において、ピークの大きさは、平均反射信号強度を約18dB超える。したがって、目標物体から戻ってきた信号においてピーク信号は容易に識別可能である。

【0060】

図5は、目標物体と単一の照射器のバイスタティックアスペクト角に応じた信号電力を示す未処理の測定値のサンプルを提供する。提示データは、98度におけるピーク機種方位(peak heading)を、波長が3.26メートルの信号に対する4.8度のデルタ機種方位(delta heading)とともに示す。

20

【0061】

いったんピーク信号が認識されると、胴体の寸法を次のように計算することができる。航空機の胴体の特徴により散乱されるビーム幅の予想される極大値は、従来の回折限界の(diffraction limited)ビーム幅の式により計算される。均一に照射され散乱を行う直円柱を仮定すると、スタティックなビーム幅はラジアンを単位として次式により得られる。

$$fBW = 0.886 \cdot \dots / L_f$$

ここで fBW は全ビーム幅である。

30

【0062】

移動する目標のスタティックな胴体散乱ビーム幅の精密測定は明らかに困難である。しかしながら、様々な効果および変数を考慮することによって近似を行うことができる。本発明の1実施形態は、地球の基準空間(earth reference space)において散乱されたビームが航空機の二倍の回転レートで回転するミラー効果と、入射ベクトルからの散乱ローブ上の-1.5dBの点と、受信機に戻る-1.5dBの散乱信号とから-3dBの最終的な散乱信号が生じる振幅倍加効果(amplitude doubling effect)とを組み込んで、ビーム幅の効果的な計算方法を提供する。結果として得られる式を以下に示す。

$$\text{ビーム幅} = \sin(2 \dots) = 0.638 \cdot \dots / L_f$$

この式を逆にすることにより、ピーク信号の有効波長と、散乱ピークローブ上の-3dBの電力点間を通過するために必要な測定された航空機の機首方位の変化とから、おおよその胴体の長さを次のように計算することができる。

$$L_f = 0.638 \cdot \dots / \sin(2 \dots)$$

したがって、有効波長および機首方位の変化角度の測定値により、ピークローブを反射した目標物体の特徴の構造の寸法を計算できるようになる。

40

【0063】

図5の測定値から導出したデータ、すなわち有効波長が3.26メートルの信号に対する4.8度のデルタ機種方位を例として用いると、12.47メートルの胴体の長さは次のように計算される。

50

$$12.47 = 0.638 \cdot 3.26 / \sin(2.48)$$

【0064】

図4に戻ると、翼の前縁116の比較的長い平坦な表面のために、翼114もまた、胴体と同様に翼ピークローブ430を与える。したがって翼の長さも、胴体の長さと同様に計算することができる。さらに、翼のバイスタティックアスペクト角440を求めることにより、翼の後退角450を計算することができる。場合によっては、本発明の実施形態により、翼幅全体を求めて測定することもできることも理解される。

【0065】

本発明では、目標物体の識別に用いられるシグネチャデータを収集および処理する際に1つまたは複数の照射器を用いてもよいことが理解される。複数の照射器により、複数の測定値を補正し、明らかに誤ったデータを除外することにより、測定値の標準偏差を小さくするとともに、目標物体がピークローブの-3dBの点を通過するために必要な時間を少なくすることができる。さらに、予想される信号の数学的表現または多項式フィットに基づくフィルタリングも行うことができる。

【0066】

図6は、ローブ最大値およびピークローブに対する計算された多項式フィットに関する、バイスタティックアスペクト角に応じたサンプル電力のグラフを示す。多項式の計算により、バイスタティックアスペクト角に応じた予想される信号振幅に基づくフィルタリング機構が与えられる。多項式の計算は、任意の直線エッジの反射エネルギーの等式に基づき、次式で表される。

$$E(x) = \sin(x) / x$$

【0067】

本発明の実施形態によれば、目標物体の検出および追跡中に決定される目標物体の様々な特徴の選択、ならびに構造の寸法の計算は、既知の航空機の特徴のデータベースと比較されてもよい。目標物体は、選択された特徴が標準偏差内でデータベース項目と一致すると、識別される。例えば、本発明の1実施形態によれば、胴体の長さ、翼の長さ、および翼の後退角を含む3つの次元の特徴データベースを用いる。本実施形態の3つの次元は、密度の低い決定空間を提供する。多くの次元からなる特徴データベースは、多くの公開された参考文献(reference sources)に詳しく述べられている航空機データから作成されることが理解される。

【0068】

本発明の実施形態は、50cmまでの翼幅および胴体の長さ、および1度以内の後退角を測定することができる。この3次元の決定空間において、世界の航空機のうち、同一の決定点またはその点からの標準偏差内に位置するものは、たとえあっても少ないことが理解される。

【0069】

目標物体は測定値が3つ未満でも識別されることも理解される。観察下の領域に対する目標物体の到来角(angle of arrival)のために、翼の長さおよび後退角の測定は、胴体の測定を行う前に行われる傾向がある。ほとんどの場合において、本発明の実施形態は、これら2つの測定値のみを用いて航空機を正確に識別することができる。いくつかの場合において、目標物体は単一の特徴測定値を用いて識別できることが理解される。特に、独特な特徴を有する航空機である。

【0070】

さらに、「全翼機」タイプの航空機の構成の場合、胴体の測定値は通常どの角度からも得られない。しかしながら、これらの航空機は、その限られた数ならびに独特な翼の長さおよび後退角により、これら2つの測定値のみを用いて識別することができる。単一の測定値のみを用いてこれらおよび他の航空機を識別できる場合もある。

【0071】

本発明のさらなる実施形態の選択基準は、速度、機動性、高度、位置、または本発明により計算されるかまたは本発明のオペレータにより入力される様々な他のデータ等の情報

10

20

30

40

50

も含む。4次元以上のデータベースにより、本発明の精度を上げることができることも理解される。多次元データベースはまた、本発明が複数の送信機からのデータを使用し、送信機間で相互に関連する特徴の測定値のみを適用して、矛盾しているかまたは明らかに除外可能なデータを無視することを可能にする。

【0072】

本発明のさらなる実施形態は、シグネチャデータを計算して目標物体を識別する方法を提供する。

【0073】

図7は、本発明の1実施形態による、シグネチャ情報を計算するステップと目標物体を識別するステップとを示す信号処理流れ図700を示す。本発明の様々な実施形態によるデータ処理は、目標物体の継続的な監視、ならびに目標物体のシグネチャデータおよび識別番号の収集を可能にする。したがって、データ処理は、検出および追跡ステップ710、シグネチャデータの計算ステップ720、および目標物体の識別ステップ750を含む様々な処理セグメントに分割することができる。

10

【0074】

本発明の実施形態による信号処理は検出および追跡ステップ710で始まる。検出および追跡ステップ710は、1つまたは複数の照射器からの直接信号および反射信号を監視することによって達成され、目標物体から反射信号を検出した時に、目標物体を検出するステップ712で開始する。

【0075】

いったん目標物体が検出されると、目標物体の位置を計算するステップ714において目標物体の位置を計算する。目標物体の位置は、1秒間に数回更新することができる。ステップ714における位置データの継続的な更新から、目標物体の機首方位を計算するステップ716において、所定期間にわたる目標物体の方向の変化を比較することによって目標物体の機首方位情報を計算し、目標物体の速度を計算するステップ718において、時間に応じて目標物体が移動した距離を比較することによって目標物体の速度を計算する。

20

【0076】

目標物体を追跡する間、シグネチャデータを計算するステップ720において、さらなるシグネチャ情報を計算することができる。シグネチャデータを計算するステップ720は、ピークローブデータを計算するステップ722、任意選択のピークローブ測定値をフィルタリングするステップ724、および寸法情報を計算するステップ726を含む。

30

【0077】

ピークローブを計算するステップ722は、目標物体の翼および胴体等の構造的特徴の寸法の計算に必要なピークローブに関連するデータを計算し、また、翼の後退角の計算も含んでよい。ピークローブを計算するステップ722は、入射方向を計算するステップ730、反射方向を計算するステップ732、二等分線ベクトルを計算するステップ734、バイスタティックアスペクト角を計算するステップ736、バイスタティックアスペクト角に応じたピークローブの信号振幅を計算するステップ738、有効波長を計算するステップ740、および機首方位の変化を計算するステップ742を含む。さらなる実施形態は、翼の後退角を計算するステップ744も含む。

40

【0078】

入射方向を計算するステップ730は、信号送信機から目標物体までの信号経路の方向を与える。反射方向を計算するステップ732は、目標物体から受信機までの反射信号経路の方向を与える。二等分線ベクトルを計算するステップ734は、入射方向と反射方向の間の挟角の二等分線を与える。バイスタティックアスペクト角はステップ736において、目標物体の機首方位と二等分線ベクトルの間の角度を測定することによって計算される。次にバイスタティックアスペクト角に応じたピークローブを計算するステップ738において、バイスタティックアスペクト角に関連するピークローブが計算される。

【0079】

50

ピークローブの - 3 d B の電力点間の機首方位の変化は、機首方位の変化を計算するステップ 7 4 2 において計算される。有効波長を測定するステップ 7 4 0 では、ピークローブを生じる信号の有効波長も測定される。上述のアルゴリズムによれば、目標物体の特徴の長さは、特徴の寸法を計算するステップ 7 2 6 において、波長を測定するステップ 7 4 0 において行った有効波長の測定に一定の値を掛け、その結果を、機首方位の変化を計算するステップ 7 4 2 において行った機首方位の変化の計算の二倍の正弦で割ることによって計算することができる。上述の一定の値は、従来の回折限界のビーム幅の式から導出され、ミラー効果、振幅倍加効果、または他の関連する現象を明らかにすることができる。

【 0 0 8 0 】

本発明のさらなる実施形態は、ピークローブをフィルタリングするステップ 7 2 4 において多項式フィットを用いてピークローブデータをフィルタリングすることを含む。多項式フィットを用いたフィルタリングは、ピークローブデータと、予想されるピークローブの数学的な表現との比較を行う。この比較により、受信したピーク信号データ中の雑音を除去することができる。

【 0 0 8 1 】

本発明のさらなる実施形態は、翼の後退角を計算するステップ 7 4 4 において翼の後退角も計算する。例えば、翼の二等分線ベクトルは翼の前縁に対して約 9 0 度であるため、1 実施形態では、バイスタティックアスペクト角に 9 0 度を足すことにより、翼の後退角の簡単な推定値を計算することができる。翼の後退角は、目標物体を識別するために特徴データベースと比較するためのさらなる特徴を与える。ほとんどの場合に、後退角および翼の長さは、目標物体のアイデンティティを与えるのに十分である。

【 0 0 8 2 】

検出および追跡ステップ 7 1 0 およびシグネチャデータを計算するステップ 7 2 0 中に計算したデータから、目標物体を識別するステップ 7 5 0 において目標物体のアイデンティティを判定することができる。ステップ 7 5 0 では、目標物体から計算された特徴を比較ステップ 7 5 2 において既知の航空機データのデータベースと比較する。目標物体を識別するステップ 7 5 4 において一致が見つかり目標物体が識別される。目標物体データは、データベースで用いられる測定値の所定の標準偏差内に入ると一致であるとみなされる。

【 0 0 8 3 】

目標物体を識別したら、目標物体のアイデンティティは、使用のために他の処理またはシステムに表示または供給されてもよい。

【 0 0 8 4 】

当業者には、本発明の精神または範囲を逸脱することなく本発明に様々な変更および変形を行うことができることが明らかであろう。したがって、本発明は、本発明の変更および変形がいずれかの特許請求項とその等価物の範囲に入る限り、それらの変更および変形を包含することが意図される。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 8 5 】

【 図 1 】 目標を追跡する従来の P C L 構成を示す図である。

【 図 2 】 本発明の 1 実施形態による P C L 信号処理ユニットを示す図である。

【 図 3 】 本発明の 1 実施形態による、シグネチャ測定値の計算において議論される目標物体および様々な軸および角度を示す図である。

【 図 4 】 目標物体を胴体から反射されたピーク信号ローブおよび翼の前縁から反射されたピーク信号ローブとともに示す図である。

【 図 5 】 バイスタティックアスペクト角に応じたサンプル電力のグラフを示す図である。

【 図 6 】 ローブ最大値およびローブに対する計算された多項式フィットに関する、バイスタティックアスペクト角に応じたサンプル電力のグラフを示す図である。

【 図 7 】 本発明の 1 実施形態による、シグネチャ情報を計算するステップと、目標物体を識別するステップとを提供するフロー図である。

10

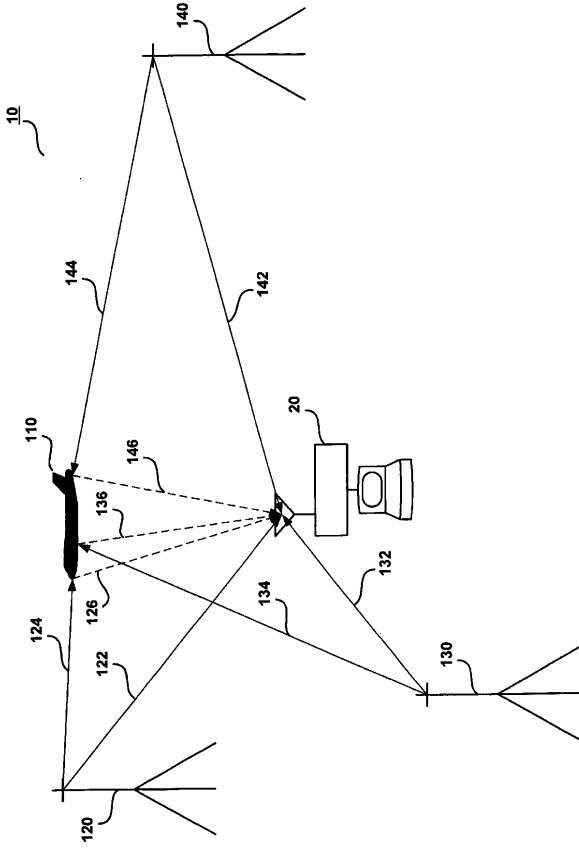
20

30

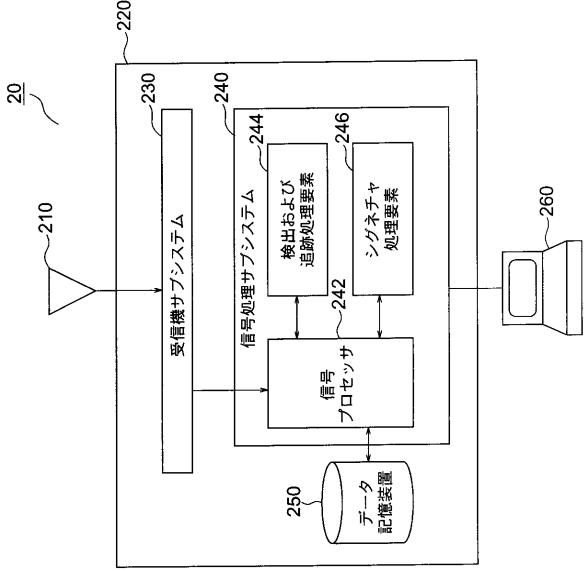
40

50

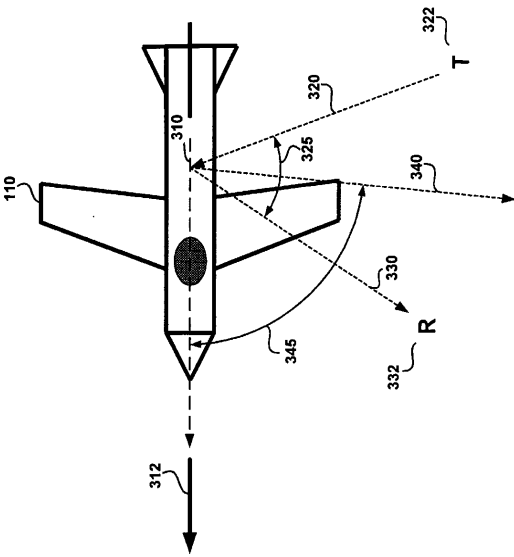
【図1】



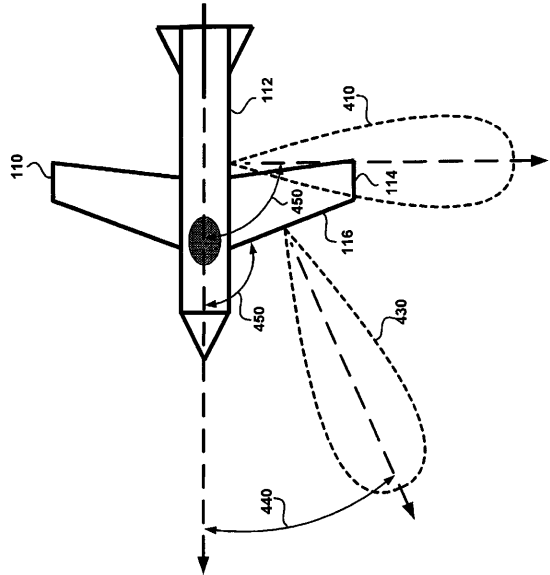
【図2】



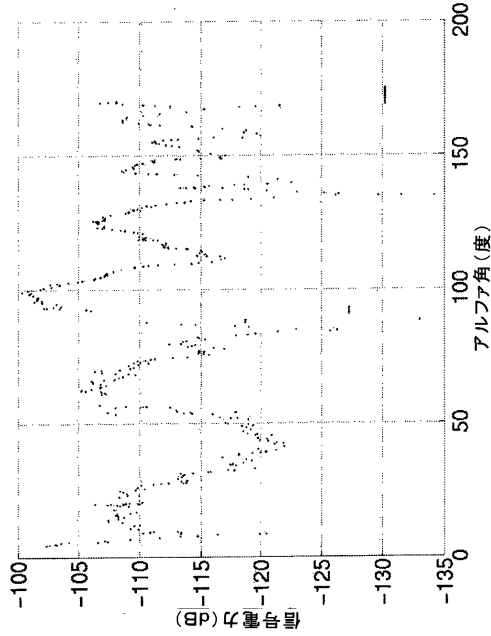
【図3】



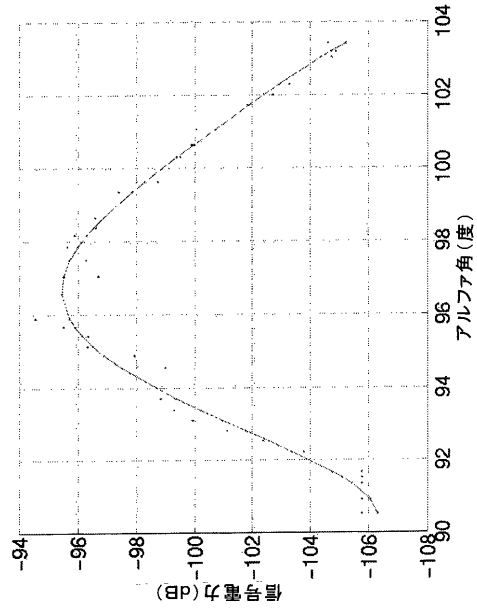
【図4】



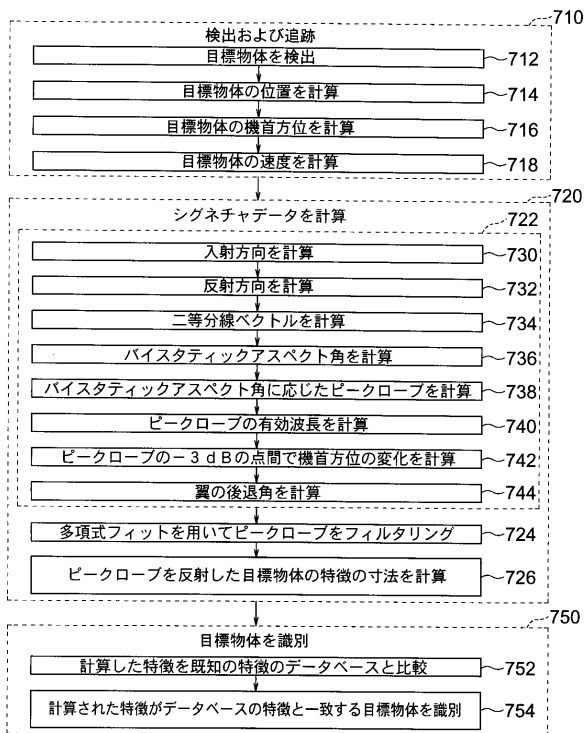
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

- (74)代理人 100094695
弁理士 鈴木 憲七
- (74)代理人 100111648
弁理士 梶並 順
- (72)発明者 ロドウィグ、リチャード・エイ
アメリカ合衆国、メリーランド州、ゲイターズバーグ、ノース・フレデリック・アベニュー 70
0、ケアオブ・ロッキード・マーティン・コーポレーション
- (72)発明者 アダムス、ボニー・エル
アメリカ合衆国、メリーランド州、ゲイターズバーグ、ノース・フレデリック・アベニュー 70
0、ケアオブ・ロッキード・マーティン・コーポレーション

審査官 川瀬 徹也

- (56)参考文献 特開2002-277542(JP,A)
特開平06-174838(JP,A)
特開平09-189761(JP,A)
米国特許出願公開第2002/0005803(US,A1)
特表2003-532121(JP,A)
特開昭62-170865(JP,A)
特開平09-243740(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 7/00-7/42

G01S 13/00-13/95