

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

F I

G 0 1 S 13/89

G 0 1 S 13/89

B 6 4 D 47/00

B 6 4 D 47/00

// G 0 1 V 3/16

G 0 1 V 3/16

請求項の数4 (全8頁)

(21)出願番号 特願2001-397745(P2001-397745)  
 (22)出願日 平成13年12月27日(2001.12.27)  
 (65)公開番号 特開2003-194931(P2003-194931A)  
 (43)公開日 平成15年7月9日(2003.7.9)  
 審査請求日 平成13年12月27日(2001.12.27)

(73)特許権者 390014306  
 防衛庁技術研究本部長  
 東京都新宿区市谷本村町5番1号  
 (73)特許権者 000004330  
 日本無線株式会社  
 東京都三鷹市下連雀5丁目1番1号  
 (74)代理人 100075258  
 弁理士 吉田 研二  
 (74)代理人 100096976  
 弁理士 石田 純  
 (72)発明者 荒木 完  
 東京都練馬区高松2-6-15  
 (72)発明者 伊藤 秀雄  
 東京都三鷹市下連雀五丁目1番1号 日本無線株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】地表識別装置及び遠隔物識別装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

飛しょう体の高度を逐次計測して出力する高度計と、  
前記飛しょう体から該飛しょう体の下方に広がる地表面に向けて電波を放射するとともに  
前記地表面からの反射波を受信する送受信機と、  
前記高度の変化の乱雑さ及び前記反射波の強度変化の乱雑さに基づいて前記飛しょう体の  
下方に広がる地表面の種類を識別する識別手段と、  
 を含むことを特徴とする地表識別装置。

【請求項2】

請求項1に記載の地表識別装置において、  
 前記高度計は電波高度計であり、前記送受信機は前記高度計に含まれる送受信機であることを特徴とする地表識別装置。

【請求項3】

請求項1又は2に記載の地表識別装置において、  
 前記識別手段は、さらに前記反射波の強度に基づいて前記飛しょう体の下方に広がる地表面の種類を識別することを特徴とする地表識別装置。

【請求項4】

遠隔物への距離を逐次計測して出力する距離計と、  
前記遠隔物表面に向けて電波を放射するとともに、該遠隔物表面からの反射波を受信する  
送受信機と、

を含み、

前記距離の変化の乱雑さ及び前記反射波の強度変化の乱雑さに基づいて前記遠隔物の表面状態を識別することを特徴とする遠隔物識別装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば航空機等の飛しょう体上で地表面の種類を識別する地表識別装置、及び遠隔物の表面状態を識別する遠隔物識別装置に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

航空機等の飛しょう体の直下の地表面がどのような種類の地表面であるかを推測する場合、従来は航空機等に搭載する電波高度計を利用して反射波の強度を測定し、その強度に基づいて地表面の種類を識別していた。この方法は例えば、海面上や湖水面上では反射波が強く、森林地帯では逆に反射波が弱くなる等の性質を利用したものである。

【 0 0 0 3 】

しかしながら、反射波の強度は、電波高度計の出力変動や飛しょう体の高度変動等、種々の条件によって同一の地表に対する場合でも大きく変動する。また、互いに異なる種類の地表が、ほぼ同程度の反射波の強さを持つこともしばしばある。従って、反射波の強さだけからでは地表を正確に識別することが困難であり、さらに何か別の情報（パラメータ）によって、地表識別の識別度を向上させる必要がある。

【 0 0 0 4 】

この点、特開平 8 - 2 7 8 3 6 6 号公報に係る地表識別装置では、地表面からの反射波の強度のゆらぎ（fluctuation）の分散（dispersion）が該地表面の種類によって異なることを利用し、地表識別の精度向上を図っている。かかる技術によれば、反射波の強度を用いたフラクタル次元解析を行うことにより、電波高度計の出力変動や飛しょう体の高度変動に起因する反射波強度の変化の影響を低減して、より確実に地表面の種類を識別することができる。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、反射波の強度を用いて算出されるフラクタル次元といえども、上記種々の条件によって少なからず変動し、また地形の起伏によっても変動する。このため、上記従来の地表識別装置では必ずしも十分に地表面の種類を識別することはできなかった。

【 0 0 0 6 】

本発明は上記課題に鑑みてなされたものであって、第 1 の目的は、新たな情報を利用して地表面の種類を識別精度を向上させることのできる地表識別装置を提供することにある。また、第 2 の目的は、遠隔物の表面状態を高精度で識別することのできる遠隔物識別装置を提供することにある。

【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明に係る地表識別装置は、飛しょう体の高度を逐次計測して出力する高度計と、前記飛しょう体から該飛しょう体の下方に広がる地表面に向けて電波を放射するとともに、前記地表面からの反射波を受信する送受信機と、前記高度の変化の乱雑さ及び前記反射波の強度変化の乱雑さに基づいて前記飛しょう体の下方に広がる地表面の種類を識別する識別手段と、を含むことを特徴とする。こうすれば、例えばフラクタル次元等の前記高度の変化の乱雑さを表すパラメータを用いることにより、反射波の強度やそのゆらぎの分散とは異なる、新たな情報を利用して、地表面の種類を識別精度を向上させることができる。さらに、本発明者らによれば、例えば冬季の雑木林では前記反射波の強度変化の乱雑さと前記高度の変化の乱雑さとが共に比較的小さい等、前記反射波の強度変化の乱雑さと前記高度の変化の乱雑さとが一定の相関関係を有することが確認されているため、本態様によれば、地表面の種類を識別精度をさらに向上させることができ

10

20

30

40

50

る。

【 0 0 1 0 】

なお、前記高度計は電波高度計であり、前記送受信機は前記高度計に含まれる送受信機であってもよい。こうすれば、装置を安価なものとすることができるとともに、小型化することができる。

【 0 0 1 1 】

また、本発明に係る地表識別装置では、前記識別手段は、さらに前記反射波の強度に基づいて前記飛しょう体の下方に広がる地表面の種類を識別してもよい。こうすれば、さらに地表面の種類を識別精度を向上させることができる。

【 0 0 1 2 】

一方、本発明に係る遠隔物識別装置は、遠隔物への距離を逐次計測して出力する距離計と、前記遠隔物表面に向けて電波を放射するとともに、該遠隔物表面からの反射波を受信する送受信機と、を含み、前記距離の変化の乱雑さ及び前記反射波の強度変化の乱雑さに基づいて前記遠隔物の表面状態を識別することを特徴とする。こうすれば、従来に無い新たな情報を用い、遠隔物の表面状態を高精度で識別することができる。

【 0 0 1 3 】

【 発明の実施の形態 】

以下、本発明の好適な実施の形態について図面に基づき詳細に説明する。

【 0 0 1 4 】

図 1 は、本発明の実施の形態に係る地表識別装置の構成を示す図である。同図に示すように、この地表識別装置 1 0 は航空機等の飛しょう体に搭載されるものであって、電波高度計 1 を含んで構成されている。電波高度計 1 は、飛しょう体の底部にて地表に向けて取り付けられた送受信アンテナを備えており、例えば、地表面に向けてパルス電波を放射するとともに、地表面からの反射波を受信し、放射時刻と受信時刻との差に基づいて飛しょう体の高度を算出する。この高度は高度出力端子 2 2 にて取り出されるようになっている。

【 0 0 1 5 】

さらに、電波高度計 1 は、上記送受信アンテナにより、地表面に向けて所定強度の電波を放射するとともに、地表面からの反射波を受信し、該反射波の信号強度を地表面の散乱係数として出力する。この散乱係数は散乱係数出力端子 2 1 にて取り出されるようになっている。

【 0 0 1 6 】

図 2 は、散乱係数出力端子 2 1 で得られる散乱係数の経時変化を示す図である。同図に示すように散乱係数の値はある程度の乱雑さを持って推移している。この乱雑さは、送受信される電波自体が有するゆらぎと、地表面における反射の不均一性と、に基づくものと考えられる。A / D 変換回路 3 1 は、散乱係数出力端子 2 1 から出力される散乱係数を所定時間  $t$  毎にサンプリングし、それをデジタル値として出力する。同図において黒点はサンプリング値を表している。以下では、時刻  $t_j$  における A / D 変換回路 3 1 の出力値を  $j$  と記す。

【 0 0 1 7 】

一方、図 3 は、高度出力端子 2 2 で得られる高度 H の経時変化を示す図である。同図に示すように高度 H の値もある程度の乱雑さを持って推移している。この乱雑さは、主として地表面の不均一性に基づくものと考えられる。A / D 変換回路 3 2 は、高度出力端子 2 2 から出力される高度 H を所定時間  $t_H$  毎にサンプリングし、それをデジタル値として出力する。同図において黒点はサンプリング値を表している。以下では、時刻  $t_j$  における A / D 変換回路 3 2 の出力値を  $H_j$  と記す。

【 0 0 1 8 】

演算回路 4 1 では、A / D 変換回路 3 1 からの出力を次式 ( 1 ) に代入して、変化量  $Z_j$  を算出し、それをメモリ 5 1 に順次一時記憶させる。

【 0 0 1 9 】

【 数 1 】

10

20

30

40

50

$$Z_j = |j + 1 - j| \dots (1)$$

そして、メモリ 5 1 に対して予め定める  $N$  個の変化量  $Z_j$  が格納されると、演算回路 4 1 では、その  $N$  個の変化量  $Z_j$  の中で  $Z$  以上のデータの個数  $n$  を求める。この  $Z$  は零から十分に大きな所定値までの所定間隔をおいた値であり、各値に対して次式 ( 2 ) によって確率  $P$  が算出される。この確率  $P$  は  $Z = 0$  のときに 1 となり、 $Z$  が十分に大きな所定値のときに 0 となる。

【 0 0 2 0 】

【数 2】

$$P = n / N \dots (2)$$

こうして各変化量  $Z$  に対して確率  $P$  を算出すると、それらの値は次式 ( 3 ) の関係を満足する。ここで、 $D$  は本発明者らの研究により地表面の種類によって定まることが明らかにされている定数であり、散乱係数  $D$  のフラクタル次元を表す。

【 0 0 2 1 】

【数 3】

$$P = (Z)^{-D} \dots (3)$$

図 4 は、上式 ( 3 ) の両辺の対数をとったものを両対数グラフ上に表したものである。同図において、直線 5 0 a 上に表された 6 個の黒点は変化量  $Z$  と確率  $P$  との組を表しており、その傾きがフラクタル次元  $D$  となる。そして、本発明者らにより地表面の種類に応じてフラクタル次元は異なることが明らかになっており、例えば地表面 A と地表面 B とが種類が異なると、それらから得られる変化量  $Z$  と確率  $P$  の組は、同図に示すように、互いに異なる直線 5 0 a , 5 0 b 上に表されることになる。演算回路 4 1 では、図 4 における傾きを算出することによりフラクタル次元  $D$  を求め、それを出力する。

【 0 0 2 2 】

高度  $H$  についても同様の処理が施される。すなわち演算回路 4 2 では、 $A / D$  変換回路 3 2 からの出力を次式 ( 4 ) に代入して、変化量  $Z_H j$  を算出し、それをメモリ 5 2 に順次一時記憶させる。

【 0 0 2 3 】

【数 4】

$$Z_H j = |H j + 1 - H j| \dots (4)$$

そして、メモリ 5 2 に対して予め定める  $N_H$  個の変化量  $Z_H j$  が格納されると、演算回路 4 2 では、その  $N_H$  個の変化量  $Z_H j$  の中で  $Z_H$  以上のデータの個数  $n_H$  を求める。この  $Z_H$  は零から十分に大きな所定値までの所定間隔をおいた値であり、各値に対して次式 ( 5 ) によって確率  $P_H$  が算出される。この確率  $P_H$  は  $Z_H = 0$  のときに 1 となり、 $Z_H$  が十分に大きな所定値のときに 0 となる。

【 0 0 2 4 】

【数 5】

$$P_H = n_H / N_H \dots (5)$$

こうして各変化量  $Z_H$  に対して確率  $P_H$  を算出すると、それらの値は次式 ( 6 ) の関係を満足する。ここでも、 $D_H$  は、フラクタル次元  $D$  と同様、本発明者らの研究により地表面の種類によって定まることが明らかにされている定数であり、高度  $H$  のフラクタル次元を表す。

【 0 0 2 5 】

【数 6】

$$P_H = (Z_H)^{-D_H} \dots (6)$$

図 5 は、上式 ( 6 ) の両辺の対数をとったものを両対数グラフ上に表したものである。同図において、直線 5 4 a 上に表された 6 個の黒点は変化量  $Z_H$  と確率  $P_H$  との組を表しており、その傾きがフラクタル次元  $D_H$  となる。そして、本発明者らにより地表面の種類に応じてフラクタル次元は異なることが明らかになっており、例えば地表面 A と地表面 B とが種類が異なると、それらから得られる変化量  $Z_H$  と確率  $P_H$  の組は、同図に示すように、互いに異なる直線 5 4 a , 5 4 b 上に表されることになる。演算回路 4 2 では、図 5 に

10

20

30

40

50

おける傾きを算出することによりフラクタル次元  $D_H$  を求め、それを出力する。

【 0 0 2 6 】

演算判定回路 6 では、演算回路 4 1 から出力される散乱係数 のフラクタル次元  $D$  と、演算回路 4 2 から出力される高度  $H$  のフラクタル次元  $D_H$  と、メモリ 7 の記憶内容と、に基づいて電波高度計 1 の直下に広がる地表面の種類を識別する。図 6 は、メモリ 7 に記憶されるマップを示す図である。同図において、縦軸は散乱係数 のフラクタル次元  $D$  であり、横軸は高度  $H$  のフラクタル次元  $D_H$  である。同図に示すように、例えば田、森、市街地等の異なる種類の地表面に対して電波を放射することにより、高度  $H$  を測定し、また散乱係数 を測定した場合、フラクタル次元  $D_H$  及び  $D$  のペアは、同グラフ上、それぞれ領域 5 6 , 5 8 , 6 0 のようにある程度の互いに近接する。このため、演算判定回路 6 10  
では、演算回路 4 1 から出力される散乱係数 のフラクタル次元  $D$  と、演算回路 4 2 から出力される高度  $H$  のフラクタル次元  $D_H$  と、により定められる点を図 6 のグラフ上にプロットし、それが領域 5 6 , 5 8 , 6 0 のいずれに属するかによって、飛しょう体の直下に広がる地表面の種類が田、森、市街地のいずれであるかを識別する。そして、その識別結果を表す信号を判定結果出力端子 8 に出力する。

【 0 0 2 7 】

以上説明した地表識別装置 1 0 によれば、特に高度  $H$  のフラクタル次元  $D_H$  を用いることにより、電波高度計 1 に含まれる送信機の出力変動や飛しょう体の高度変動等に起因する反射波強度の変動の影響を低減して、地表面の種類を識別精度を向上させることができる。 20

【 0 0 2 8 】

また、高度  $H$  のフラクタル次元  $D_H$  と散乱係数 のフラクタル次元  $D$  とは一定の相関を有するため、これらを組み合わせて地表識別の判定材料とすることで、さらに地表面の種類を識別精度を向上させることができる。

【 0 0 2 9 】

なお、以上説明した地表識別装置 1 0 は種々の変形実施が可能である。たとえば、上記地表識別装置 1 0 では、電波高度計 1 が、散乱係数 のフラクタル次元  $D$  と高度  $H$  のフラクタル次元  $D_H$  とに基づいて、地表面の種類を識別するようにしたが、その他、地表面の反射係数も地表面の種類を識別にあたって判断材料としてもよい。こうすれば、例えば図 6 において領域 5 6 , 5 8 , 6 0 等のオーバーラップ部分に散乱係数 のフラクタル次元  $D$  及び高度  $H$  のフラクタル次元  $D_H$  が位置する場合等に、さらに正確に地表面の種類を識別することができる。 30

【 0 0 3 0 】

また、以上の説明では、本発明の基本思想を地表識別装置に应用する例を中心として説明したが、遠隔物の表面状態を高精度で識別することのできる遠隔物識別装置も同様にして実現できる。すなわち、この場合、電波高度計 1 から遠隔物の表面に向けて電波を放射し、該遠隔物までの距離及び該遠隔物表面での散乱係数を、それぞれ高度  $H$  及び散乱係数の代わりに出力すればよい。こうすれば、金属や布などの材質に応じた、距離のフラクタル次元と散乱係数のフラクタル次元との相関を表すマップをメモリ 7 に記憶しておくことにより、演算判定回路 6 にて遠隔物の表面状態を識別することができる。 40

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明の実施の形態に係る地表識別装置の構成を示す図である。

【 図 2 】 散乱係数の経時変動を示す図である。

【 図 3 】 高度の経時変動を示す図である。

【 図 4 】 散乱係数のフラクタル次元を算出する方法を説明する図である。

【 図 5 】 高度のフラクタル次元を算出する方法を説明する図である。

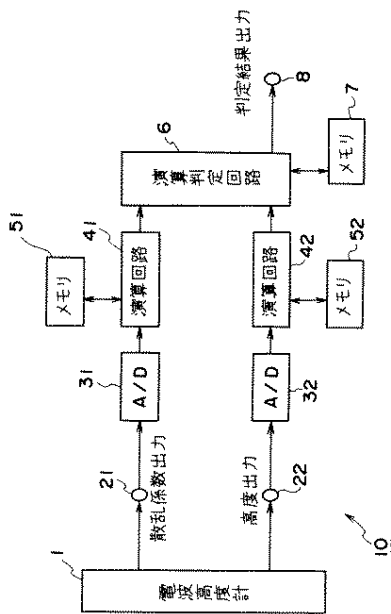
【 図 6 】 地表面の種類毎の散乱係数のフラクタル次元と高度のフラクタル次元との間の相関関係を示す図である。

【 符号の説明 】

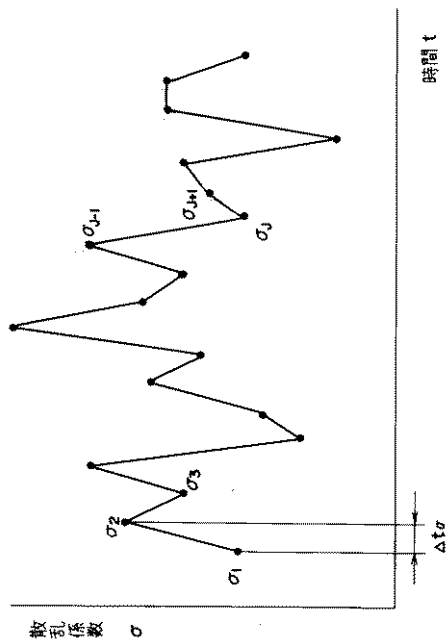
1 電波高度計、 7 , 5 1 , 5 2 メモリ、 6 演算判定回路、 8 判定結果出力端子、 50

2 1 散乱係数出力端子、2 2 高度出力端子、3 1 , 3 2 A / D 変換回路、4 1 , 4 2 演算回路、5 0 , 5 4 直線、5 6 , 5 8 , 6 0 領域。

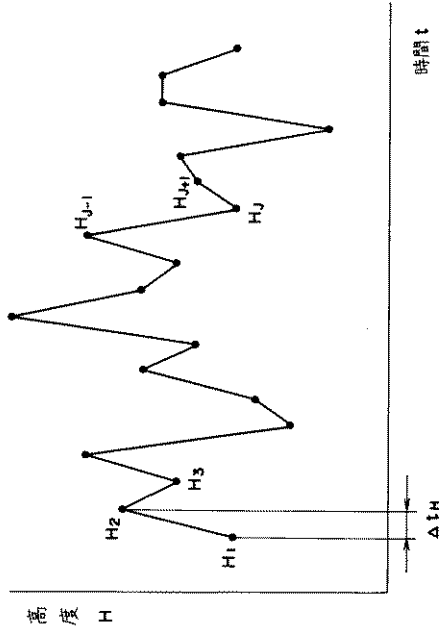
【 図 1 】



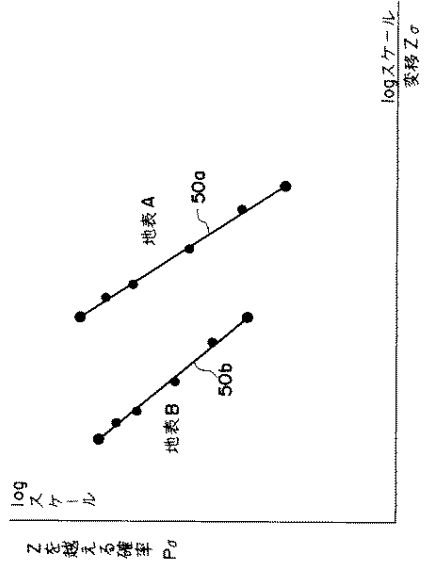
【 図 2 】



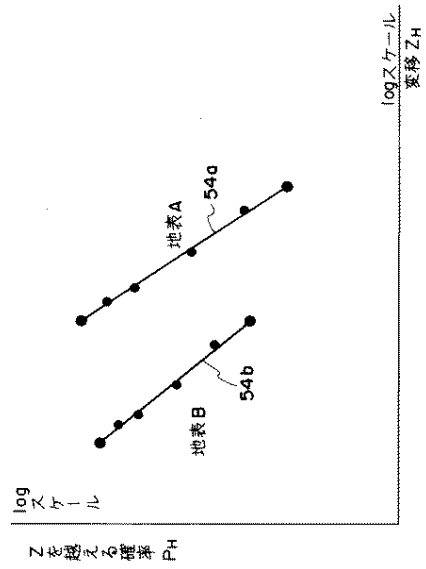
【 図 3 】



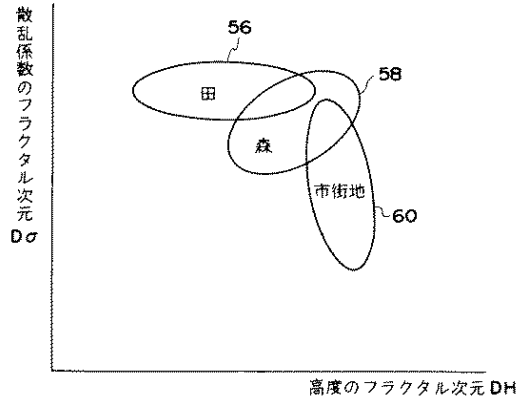
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

審査官 中村 直行

(56)参考文献 特開平08-278366(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)

G01S 7/00-7/42

G01S 13/00-13/95

G01V 3/16