

明 細 書

発明の名称：

学習モデル、信号処理装置、飛翔体、及び教師データ生成方法

技術分野

[0001] 本発明は、学習モデル、信号処理装置、飛翔体、及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 人工衛星、航空機あるいはドローン装置などの飛翔体を使用した地上及び海上を含む地球表面の状態の観測が広く行われている。人工衛星による観測手法には、合成開口レーダ（SAR: Synthetic Aperture Radar）技術を使用して得られるレーダ画像いわゆるSAR画像を取得して行われる観測手法や光学画像とSAR画像とを取得し、両画像を組み合わせて行われる観測手法などがある。特許文献1には、合成開口レーダによって得られた生データ（RAWデータ）を用いて、SAR画像化の処理を経ずに物体の検出を行うことが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2023-000897号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] RAWデータを用いて地物等の対象物の検出をどのように実現するかについては様々な方法が考えられる。そこで、本発明は、RAWデータを用いた地物等の対象物の検出を可能にする、学習モデル、信号処理装置、飛翔体、及び教師データ生成方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0005] 本発明の一態様に係る学習モデルは、学習領域に照射された電磁波が反射

された反射電磁波に基づく第1合成開口レーダ受信信号の特徴量を入力とし、学習領域における対象物の第1対象物情報を出力とする教師データを用いて学習され、検出領域に照射された電磁波が反射された反射電磁波に基づく第2合成開口レーダ受信信号の特徴量の入力に対し、検出領域における対象物の第2対象物情報を出力するよう、コンピュータを機能させる。

[0006] この態様によれば、合成開口レーダ受信信号の特徴量に基づいて対象物情報が出力されるようにできるので、RAWデータを用いた地物等の対象物の検出が可能となる。

[0007] 上記態様において、第1合成開口レーダ受信信号の特徴量は、第1合成開口レーダ受信信号の周波数スペクトルを含み、第2合成開口レーダ受信信号の特徴量は、第2合成開口レーダ受信信号の周波数スペクトルを含んでもよい。

[0008] 上記態様において、第1合成開口レーダ受信信号の特徴量は、第1合成開口レーダ受信信号の信号強度を含み、第2合成開口レーダ受信信号の特徴量は、第2合成開口レーダ受信信号の信号強度を含んでもよい。

[0009] 上記態様において、第1合成開口レーダ受信信号の特徴量は、第1合成開口レーダ受信信号の位相を含み、第2合成開口レーダ受信信号の特徴量は、第2合成開口レーダ受信信号の位相を含んでもよい。

[0010] これらの態様によれば、合成開口レーダ受信信号の特徴量として、周波数スペクトル、信号強度、又は位相に基づく対象物情報が出力されるようにできるので、RAWデータを用いた地物等の対象物の検出が可能となる。

[0011] 上記態様において、第1合成開口レーダ受信信号は、学習領域のうち特徴量が所定の条件を満たす一部の領域に対応する信号であり、第1合成開口レーダ受信信号の特徴量は、学習領域における対象物に基づく特徴量を含んでもよい。

[0012] この態様によれば、学習モデルの教師データとされる受信信号の特徴量の元となる受信信号は、特徴量が所定の条件を満たす領域に対応する信号となるので、学習のために必要とされるデータ量が小さくなる。また、受信信号

の特徴量は、学習領域における対象物に基づく特徴量を含んでいるため、データ量を小さくしつつ、RAWデータを用いた地物等の対象物の検出が可能となる。

[0013] 上記態様において、第2合成開口レーダ受信信号は、検出領域のうち特徴量が所定の条件を満たす一部の領域に対応する信号であり、第2合成開口レーダ受信信号の特徴量は、検出領域における対象物に基づく特徴量を含んでもよい。

[0014] この態様によれば、学習モデルを用いた推論の際に使用される第2合成開口レーダ受信信号の特徴量についても、特徴量が所定の条件を満たす一部の領域に対応する信号に基づくものとできるので、推論のために必要とされるデータ量が小さくなる。また、第2合成開口レーダ受信信号の特徴量は、学習領域における対象物に基づく特徴量を含んでいるため、データ量を小さくしつつ、RAWデータを用いた地物等の対象物の検出が可能となる。

[0015] 上記態様において、第1対象物情報は、学習領域における対象物の属性を示す情報を含み、第2対象物情報は、検出領域における対象物の属性を示す情報を含んでもよい。

[0016] この態様によれば、対象物の属性を示す情報を得ることができるので、対象物についてより詳細な情報を得つつ対象物を検出することが可能となる。

[0017] 本発明の他の一態様に係る情報処理装置は、学習モデルが記憶された記憶部と、第2合成開口レーダ受信信号を取得する信号取得部と、学習モデルに、第2合成開口レーダ受信信号を入力し、第2対象物情報を推論する推定部と、を備える。

[0018] 本発明の他の一態様に係る飛翔体は、学習モデルが記憶された記憶部と、第2合成開口レーダ受信信号を取得する信号取得部と、学習モデルに、第2合成開口レーダ受信信号を入力し、第2対象物情報を推論する推定部と、第2対象物情報に基づく出力信号を外部に出力する信号出力部と、を備える。

[0019] 本発明の他の一態様に係る教師データ生成方法は、コンピュータが、学習領域に照射された電磁波が反射された反射電磁波に基づく第1合成開口レー

ダ受信信号を取得することと、第1合成開口レーダ受信信号から、学習領域のうち学習領域における対象物が存在する領域に対応する学習信号の特徴量を抽出することと、対象物の対象物情報を取得することと、学習信号の特徴量と対象物情報との組を、検出領域に照射された電磁波が反射された反射電磁波に基づく第2合成開口レーダ受信信号の特徴量の入力に対し、第2合成開口レーダ受信信号の特徴量に応じた、検出領域における対象物の第2対象物情報を出力するよう、コンピュータを機能させる学習モデルの学習に用いられる教師データとして記憶することと、を含む。

発明の効果

[0020] 本発明によれば、RAWデータを用いた地物等の対象物の検出が可能となる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]本実施形態に係る観測システムのブロック図である。

[図2]本実施形態に係る学習モデルを説明する図である。

[図3]本実施形態に係る学習モデルの学習を説明する図である。

[図4]本実施形態に係る飛翔体における処理の一例を説明するフローチャートである。

[図5]本実施形態に係る学習モデルを用いた推論の一例を説明する図である。

[図6]本実施形態に係る飛翔体における処理の他の一例を説明するフローチャートである。

[図7]本実施形態に係る学習モデルを用いた推論の他の一例を説明する図である。

[図8]本実施形態に係る飛翔体における処理の他の一例を説明するフローチャートである。

[図9]本実施形態に係る学習モデルの他の一例を説明する図である。

[図10]本実施形態に係る学習モデルの学習に使用される教師データ生成方法の一例を説明する図である。

[図11]本実施形態に係る飛翔体における処理の他の一例を説明するフローチャートである。

ャートである。

[図12]本実施形態に係る学習モデルを用いた推論の他の一例を説明する図である。

[図13]観測システムの他の態様を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0022] 添付図面を参照して、本発明の好適な実施形態について説明する。なお、各図において、同一の符号を付したものは、同一又は同様の構成を有する。

[0023] 図1には、本実施形態に係る観測システム10のブロック図が示される。観測システム10は、飛翔体100及び観測装置200を備える。飛翔体100は地球上空の空間に配置され、観測装置200は地球に配置される。本実施形態では、飛翔体100が地球表面の検出領域Dをレーダによって観測し、飛翔体100において処理された観測信号Oが観測装置200に送信される。観測信号Oとは、例えば後述される、飛翔体100が取得した受信信号又は当該受信信号に対応し、検出領域Dにおける地物や海上の船舶等の対象物の情報である対象物情報を示す信号である。

[0024] 飛翔体100は、通信アンテナ101、レーダ装置102、及び信号処理装置103を備える。飛翔体100は、受信信号の取得及び処理が可能な人工衛星であり、宇宙空間に配置されて地球の周囲を周回する。なお、飛翔体100は静止衛星であってもよい。また、飛翔体100は、航空機、ヘリコプターもしくはドローン装置などの、地球上空に位置することが可能な装置であればよい。

[0025] 通信アンテナ101は、飛翔体100が地球上又は宇宙空間に設けられる外部装置との通信を行うためのアンテナである。

[0026] レーダ装置102は、例えばマイクロ波である電磁波EM1を、地球表面の検出領域Dに対して照射し、検出領域Dにおける観測対象物によって電磁波EM1が反射された反射電磁波EM2を取得する装置である。レーダ装置102は、例えば、合成開口レーダ（SAR）である。反射電磁波EM2は、レーダ装置102により、飛翔体100で取り扱いが可能な、電磁波の変

動に基づく受信信号（RAWデータ）として処理及び記録される。受信信号は、例えば、検出領域Dの各座標に対応する複素数の信号として記録される。レーダ装置102は、通信アンテナ101を通じて、観測信号Oを観測装置200に送信する。

[0027] レーダ装置102には、受信信号の取得処理を制御するためのプロセッサ及び当該制御に必要なプログラムが記憶される記憶装置が含まれる。

[0028] 信号処理装置103は、レーダ装置102によって取得された受信信号の処理を行う情報処理装置である。信号処理装置103は、メモリ等の記憶領域を有し、記憶領域に格納されたプログラムをプロセッサが実行することによって所定の処理を行うコンピュータである。

[0029] 信号処理装置103は、記憶部104及び制御部105を有する。記憶部104は、例えば、RAM等の半導体メモリや、光ディスクである。記憶部104は、信号処理装置103での処理に用いられる各種の情報を記憶する。

[0030] 記憶部104には、学習モデル1041が記憶される。学習モデル1041は、受信信号を入力とし、受信信号の特徴量に応じた対象物情報を出力するよう学習されたプログラムである。本実施形態における特徴量及び学習モデル1041の詳細については後述する。

[0031] 制御部105は、信号処理装置103における信号処理を行う。また、制御部105は、飛翔体100を通じた受信信号の処理結果の送信を制御する。制御部105は、信号取得部1051、推定部1052、及び信号出力部1053を有する。

[0032] 信号取得部1051は、レーダ装置102から受信信号を取得する。

[0033] 推定部1052は、信号取得部1051によって取得された受信信号の特徴量を学習モデル1041に入力し、学習モデル1041から対象物情報を取得する。

[0034] 信号出力部1053は、通信アンテナ101を通じて、推定部1052が取得した対象物情報を観測信号Oとして観測装置200に出力する。また、

信号出力部 1053 は、対象物情報と共に、当該対象物情報に対応する受信信号を観測信号 O として出力してもよい。

[0035] 観測装置 200 は、飛翔体 100 による検出領域 D の観測を制御する制御信号を飛翔体 100 に対して送信し、飛翔体 100 から観測信号 O を取得する装置である。観測装置 200 は、アンテナ及びアンテナによる通信を制御する制御部を含む通信部 201 を有する。飛翔体 100 との情報の送受信は、通信部 201 を通じて行われる。

[0036] 信号処理部 202 は、飛翔体 100 からの観測信号 O の処理を行う。信号処理部 202 は、飛翔体 100 から取得した観測信号 O に基づいて、例えば検出領域 D における観測結果を画像によって可視化する処理を行う。

[0037] 図 2 及び図 3 を参照して、本実施形態に係る学習モデル 1041 の学習について説明する。

[0038] 図 2 は、学習モデル 1041 の学習及び推論を模式的に説明する図である。学習モデル 1041 は学習用データ LD1 を教師データとして学習される。学習用データ LD1 には、ある領域（学習領域）への電磁波の照射によって取得された受信信号 RO（第 1 合成開口レーダ受信信号）の特徴量と受信信号 RO の特徴量に対応する対象物情報 TIO（第 1 対象物情報）の組が含まれる。学習モデル 1041 は、受信信号 RO の特徴量を入力、対象物情報 TIO を出力として学習される。ここで、本実施形態における特徴量とは、受信信号 RO の周波数スペクトル、信号強度、又は位相を含む情報である。

[0039] 図 3 には、2 つの対象物、対象物 O1 及び対象物 O2 が存在する学習領域 DO が観測された場合の受信信号 RO 及び受信信号の特徴量が示される。

[0040] 学習領域 DO が観測されると、受信信号 RO が得られる。受信信号 RO に基づいて、受信信号 RO の特徴量（周波数スペクトル、信号強度、又は位相）が算出される。受信信号 RO の特徴量に対する対象物情報 TIO の対応付けのために、受信信号 RO に対応する対象物情報 TIO をユーザが把握可能とするための情報処理が行われる。

[0041] 例えば、受信信号 RO に基づいて受信信号 RO の特徴量がグラフとして生

成され、ユーザがグラフに基づいて対象物情報 TIO を対応付けてもよい。
また、受信信号 RO と対象物情報 TIO とを対応づける学習モデルを用いて、コンピュータによって、受信信号 RO の特徴量に対して対象物情報を関連付けてもよい。また、受信信号 RO は、 SAR 画像化のための所定の変換処理を経てユーザが理解可能な情報とされてもよい。あるいは、特徴量に対応付けられる対象物情報 TIO は、上述の画像化を経ずに、学習領域 DO を観測する他の装置から取得された情報であってもよい。例えば、船舶検知を行う場合、対象物情報 TIO は、受信信号 RO に対する処理から得られる情報の他に、船舶自動識別装置(AIS)を用いて取得された情報とされてもよい。

[0042] 対象物情報 TIO は、受信信号 RO の特徴量(周波数スペクトル、信号強度、又は位相)に対応付けられた情報となる。受信信号 RO は、例えば、 $I(t) + jQ(t)$ (j は虚数単位、 t は時刻)として、複素数の形式で得られる信号である。受信信号 RO を極形式で記載する場合、受信信号 RO は、 $A(t)e^{j\theta(t)}$ と表すことができる。このとき、受信信号 RO の信号強度は $A(t)$ であり、受信信号 RO の位相は $\theta(t)$ であり、検出領域 DO に対する各座標に対して、信号強度及び位相が得られる。また、時間領域における受信信号 RO に対して、周波数変換を行うことによって、受信信号 RO の周波数スペクトル $X(\omega)$ を得ることができる。

[0043] 学習モデル 1041 は、受信信号 RO から算出されるこれらの特徴量の入力に対して対象物情報を出力するように学習される。例えば、学習モデル 1041 は、受信信号 RO に基づく特徴量が制御部 105 において演算され、特徴量を入力として、対象物情報を出力するように学習される。なお、学習モデル 1041 は、受信信号 RO そのものが入力され、対象物情報を出力するように学習されてもよく、この場合学習モデル 1041 において受信信号 RO に基づく特徴量の演算が行われるようにしてもよい。

[0044] 対象物情報 TIO は、学習領域の各ピクセルにおいて対象物が存在する確率の確率分布の情報を含む。また、対象物情報 TIO は、例えば、学習領域

に存在する対象物の数や対象物の属性の情報を含む。対象物の属性とは、例えば、対象物の種類（建築物、移動体、地形、自然物等）、対象物の大きさ、対象物の移動速度等、対象物に関する種々の情報である。対象物の属性の情報は、対象物がある属性の項目に分類される確率であってもよい。

[0045] 学習モデル1041は、上述のように用意された学習用データLD1を用いて、例えば、ニューラルネットワークを使用する方法等の一般的な機械学習の方法によって学習される。なお、学習モデル1041は、単一の学習モデルとして構成されてもよく、複数の学習モデルを組み合わせた学習モデルとして構成されてもよい。

[0046] 飛翔体100によって検出領域に照射された電磁波に基づき、飛翔体100が取得した受信信号R1（第2合成開口レーダ受信信号）の特徴量が、学習済みの学習モデル1041に対して入力されると、学習モデル1041は対象物情報T11（第2対象物情報）を出力する。

[0047] 図4及び図5を参照して、飛翔体100による処理について説明する。図4及び図5における処理では、学習モデル1041が出力する対象物情報は、受信信号R1の周波数スペクトルに応じた情報であるとする。

[0048] 図4のステップS401において、レーダ装置102は、検出領域D1に対して電磁波EM1を照射する。照射のタイミングは、観測装置200によって制御されたタイミングでもよく、飛翔体100において予め指定されたタイミングであってもよい。図5に示されるように、検出領域D1には対象物O3、O4、O5が存在する。

[0049] ステップS402において、信号取得部1051は、レーダ装置102が検出した反射電磁波EM2に基づく受信信号R1をレーダ装置102から取得する。

[0050] ステップS403において、推定部1052は、受信信号R1の特徴量を学習モデル1041に入力する。このとき、推定部1052は受信信号R1の特徴量（例えば、周波数スペクトル）を算出する演算を行う。

[0051] ステップS404において、推定部1052は、受信信号R1の特徴量に

応じた対象物情報MD 1を学習モデル1041から取得する。対象物情報は、一例として、図5に示される対象物情報T11a及び対象物情報T11bを含む。対象物情報T11aは、検出領域における対象物が存在する確率の確率分布である。対象物情報T11aでは、対象物が存在する確率が高い領域として、領域A1, A2, A3が示されている。対象物情報T11bは、検出領域における対象物の数や対象物の属性である。この例では、3つの対象物が検出されている。

[0052] ステップS405において、信号出力部1053は、対象物情報T11に基づく出力信号を観測装置200に出力する。対象物情報T11に基づく出力信号は、対象物情報T11の全部や、対象物情報T11の一部を伝達する信号である。あるいは、出力信号は、対象物情報に対して情報処理がなされた結果の情報を伝達する信号であってもよい。

[0053] 図6及び図7を参照して、学習モデル1041が出力する対象物情報が、受信信号R1の信号強度に基づく情報である場合について説明する。図7に示されるように、検出領域D1には対象物O3, O4, O5が図5の場合と同様に存在するものとする。

[0054] 図6のステップS601において、レーダ装置102は、検出領域D1に対して電磁波EM1を照射する。ステップS602において、信号取得部1051は、レーダ装置102が検出した反射電磁波EM2に基づく受信信号R1をレーダ装置102から取得する。

[0055] ステップS603において、推定部1052は、受信信号R1の特徴量として、受信信号R1の信号強度を学習モデル1041に入力する。受信信号R1は、例えば、図7に示される画像IG1を生成可能な信号である。画像IG1は、信号に応じて様々な形態をとり得る。一例として、画像IG1では、各対象物が検出されて得られる信号強度がプロットされ、信号強度の変化が模様のように示されてもよい。推定部1052は、受信信号R1の信号強度に応じた対象物情報MD1を学習モデル1041から取得する。対象物情報は、一例として、図7に示されるように、図5で示された場合と同様に

、対象物情報 T I 1 a 及び対象物情報 T I 1 b を含む。

[0056] ステップ S 6 0 5 において、信号出力部 1 0 5 3 は、対象物情報 T I 1 に基づく出力信号を観測装置 2 0 0 に出力する。

[0057] 図 8 を参照して、学習モデル 1 0 4 1 が出力する対象物情報が、受信信号 R 1 の位相に基づく情報である場合について説明する。図 8 のステップ S 8 0 1 において、レーダ装置 1 0 2 は、検出領域 D 1 に対して電磁波 E M 1 を照射する。ステップ S 6 0 2 において、信号取得部 1 0 5 1 は、レーダ装置 1 0 2 が検出した反射電磁波 E M 2 に基づく受信信号 R 1 をレーダ装置 1 0 2 から取得する。ステップ S 8 0 3 において、推定部 1 0 5 2 は、受信信号 R 1 の位相を学習モデル 1 0 4 1 に入力する。ステップ S 8 0 4 において、推定部 1 0 5 2 は、受信信号 R 1 の信号強度に応じた対象物情報 M D 1 を学習モデル 1 0 4 1 から取得する。ステップ S 6 0 5 において、信号出力部 1 0 5 3 は、対象物情報 T I 1 に基づく出力信号を観測装置 2 0 0 に出力する。

[0058] ここまでに説明したように、学習モデル 1 0 4 1 を用いて対象物情報を推論する場合、学習モデル 1 0 4 1 は受信信号の特徴量としての周波数スペクトル、強度、又は位相を入力として対象物情報を出力するように学習され、学習モデル 1 0 4 1 を用いた推論が行われる。このとき、受信信号の特徴量として、周波数スペクトル、強度、又は位相を組み合わせることが可能である。

[0059] 図 9 及び図 1 0 を参照して、本実施形態に係る学習モデル 1 0 4 1 の他の学習方法について説明する。

[0060] 図 9 は、学習モデル 1 0 4 1 の学習及び推論を模式的に説明する図である。学習モデル 1 0 4 1 は学習用データ L D 2 を教師データとして学習される。学習用データ L D 2 には、ある領域（学習領域）への電磁波の照射によって取得された受信信号 R 0 （第 1 合成開口レーダ受信信号）のうち、特徴量が所定の条件を満たす受信信号 R 0 a と、受信信号 R 0 a の特徴量に応じた対象物情報 T I 0 （第 1 対象物情報）との組が含まれる。

- [0061] 特徴量に対する所定の条件は、学習領域における対象物に基づく特徴量を含む受信信号を抽出することが可能な条件であり、観測の目的等に応じて変更することが可能である。例えば、受信信号R 0から受信信号R 0 aを抽出する場合、信号強度が所定の条件を満たす受信信号を抽出することができる。例えば、信号強度に対する所定の条件とは信号強度が所定の閾値より大きいことである。また、例えば、周波数スペクトルに対する所定の条件とは、周波数が所定の周波数帯域にあることである。また、例えば、位相に対する所定の条件とは、位相が所定の範囲内にあることである。
- [0062] 学習モデル1 0 4 1は、受信信号R 0 aの特徴量を入力、対象物情報T 1 0を出力として学習される。
- [0063] 図1 0を参照して、学習用データL D 2の生成について説明する。図1 0の例では、2つの対象物、対象物O 1及び対象物O 2が存在する学習領域D 0の観測結果を用いた学習用データL D 2の生成の場合が示される。
- [0064] 学習領域D 0が観測されると、受信信号R 0が得られる。受信信号R 0がグラフとしてプロットされる、あるいはS A R画像に変換される等して画像化された場合、画像I G 0が得られる。画像I G 0は、受信信号R 0の信号強度に対応付けることができる。受信信号R 0のうち、信号強度が所定の閾値より大きくなるような受信信号が受信信号R 0から抽出される。例えば、画像I G 0における一部の領域に対応する受信信号R 0 a 1、画像I G 0において他の一部の領域に対応する受信信号R 0 a 2を含む受信信号R 0 aが抽出される。受信信号R 0 a 1を画像化した場合、画像I G 2が得られ、受信信号R 0 a 2を画像化した場合、画像I G 3が得られる。画像I G 2及びI G 3は、受信信号R 0 a 1及びR 0 a 2のそれぞれの信号強度に対応付けることができる。
- [0065] 受信信号R 0 a 1及び受信信号R 0 a 2を含む受信信号R 0 aの各受信信号の特徴量には、画像I G 0に基づく対象物情報T 1 0がそれぞれ関連付けられる。対象物情報は、一例として、対象物情報T 1 0 a及び対象物情報T 1 0 bを含む。対象物情報T 1 0 aは、検出領域における対象物が存在する

確率の確率分布である。対象物情報 T I O a では、対象物が存在する確率が高い領域として、領域 A 4, A 5 が示されている。対象物情報 T I O b は、検出領域における対象物の数や対象物の属性である。この例では、2つの対象物が検出されている。学習用データ L D 2 は、受信信号 R O a と対象物情報 T I O の組として生成される。

[0066] 学習モデル 1 0 4 1 は、上述のように用意された学習用データ L D 2 を用いて、例えば、ニューラルネットワークを使用する方法等の一般的な機械学習の方法によって学習される。

[0067] 図 1 1 及び図 1 2 を参照して、飛翔体 1 0 0 による処理について説明する。

[0068] 図 1 1 のステップ S 1 1 0 1 において、レーダ装置 1 0 2 は、検出領域 D 1 に対して電磁波 E M 1 を照射する。図 1 2 に示されるように、検出領域 D 1 には対象物 O 3, O 4, O 5 が存在する。

[0069] ステップ S 1 1 0 2 において、信号取得部 1 0 5 1 は、レーダ装置 1 0 2 が検出した反射電磁波 E M 2 に基づく受信信号 R 1 をレーダ装置 1 0 2 から取得する。

[0070] ステップ S 1 1 0 3 において、推定部 1 0 5 2 は、受信信号 R 1 のうち、所定の信号強度の条件を満たす受信信号 R 1 a を抽出する。抽出された受信信号 R 1 a の特徴量は、例えば、図 1 2 に示されるように、受信信号 R 1 に基づく画像 I G 1 の一部が切り取られた画像 I G 4 に対応する。

[0071] ステップ S 1 1 0 4 において、推定部 1 0 5 2 は、受信信号 R 1 a を学習モデル 1 0 4 1 に入力する。

[0072] ステップ S 1 1 0 5 において、推定部 1 0 5 2 は、受信信号 R 1 a の特徴量に基づく対象物情報 M D 1 を学習モデル 1 0 4 1 から取得する。対象物情報は、一例として、図 1 2 に示される対象物情報 T I 1 a 及び対象物情報 T I 1 b を含む。対象物情報 T I 1 a では、図 5 の場合と同様に、対象物が存在する確率が高い領域として、領域 A 1, A 2, A 3 が示されている。対象物情報 T I 1 b は、検出領域における対象物の数や対象物の属性である。こ

の例では、3つの対象物が検出されている。

[0073] ステップS 1 1 0 6において、信号出力部 1 0 5 3は、対象物情報 T 1 1に基づく出力信号を観測装置 2 0 0に出力する。

[0074] このように、部分的な受信信号の特徴量から、全体の受信信号の特徴量に基づく対象物情報を出力可能とすることで、学習モデル 1 0 4 1が推論に用いる入力となるデータのデータ量を小さくすることができる。さらに、学習モデル 1 0 4 1を用いた演算時間を短くすることができるので、観測のリアルタイム性が向上する。また、学習モデル 1 0 4 1による演算負荷を小さくすることが可能となるため、より軽量の処理装置を用いた対象物情報の取得が可能となる。

[0075] 図 1 3には、他の態様として観測システム 1 0 Aを示すブロック図が示される。図 1 3に示されるように、信号処理装置 1 0 3は、観測装置 2 0 0 Aに含まれるように設けることもできる。飛翔体 1 0 0 Aの制御部 1 3 0 1によって、レーダ装置 1 0 2が取得した受信信号が、観測装置 2 0 0 Aに送信される。観測装置 2 0 0 Aの信号処理装置 1 0 3によって上述の処理を行うようにすることもできる。

[0076] 以上説明した実施形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定して解釈するためのものではない。実施形態が備える各要素並びにその条件等は、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。また、異なる構成同士を部分的に置換し又は組み合わせることが可能である。

符号の説明

[0077] 1 0…観測システム、1 0 0…飛翔体、1 0 1…通信アンテナ、1 0 2…レーダ装置、1 0 3…信号処理装置、1 0 4…記憶部、1 0 4 1…学習モデル、1 0 5…制御部、1 0 5 1…信号取得部、1 0 5 2…推定部、1 0 5 3…信号出力部、2 0 0…観測装置、2 0 1…通信部、2 0 2…信号処理部

請求の範囲

- [請求項1] 学習領域に照射された電磁波が反射された反射電磁波に基づく第1合成開口レーダ受信信号の特徴量を入力とし、前記学習領域における対象物の第1対象物情報を出力とする教師データを用いて学習され、
- 検出領域に照射された電磁波が反射された反射電磁波に基づく第2合成開口レーダ受信信号の特徴量の入力に対し、前記検出領域における対象物の第2対象物情報を出力するよう、コンピュータを機能させる学習モデル。
- [請求項2] 請求項1に記載の学習モデルであって、
- 前記第1合成開口レーダ受信信号の特徴量は、前記第1合成開口レーダ受信信号の周波数スペクトルを含み、
- 前記第2合成開口レーダ受信信号の特徴量は、前記第2合成開口レーダ受信信号の周波数スペクトルを含む、学習モデル。
- [請求項3] 請求項1に記載の学習モデルであって、
- 前記第1合成開口レーダ受信信号の特徴量は、前記第1合成開口レーダ受信信号の信号強度を含み、
- 前記第2合成開口レーダ受信信号の特徴量は、前記第2合成開口レーダ受信信号の信号強度を含む、学習モデル。
- [請求項4] 請求項1に記載の学習モデルであって、
- 前記第1合成開口レーダ受信信号の特徴量は、前記第1合成開口レーダ受信信号の位相を含み、
- 前記第2合成開口レーダ受信信号の特徴量は、前記第2合成開口レーダ受信信号の位相を含む、学習モデル。
- [請求項5] 請求項1に記載の学習モデルであって、
- 前記第1合成開口レーダ受信信号は、前記学習領域のうち前記特徴量が所定の条件を満たす一部の領域に対応する信号であり、
- 前記第1合成開口レーダ受信信号の特徴量は、前記学習領域における対象物に基づく特徴量を含む、学習モデル。

- [請求項6] 請求項5に記載の学習モデルであって、
 前記第2合成開口レーダ受信信号は、前記検出領域のうち前記特徴量が前記所定の条件を満たす一部の領域に対応する信号であり、
 前記第2合成開口レーダ受信信号の特徴量は、前記検出領域における対象物に基づく特徴量を含む、学習モデル。
- [請求項7] 請求項1に記載の学習モデルであって、
 前記第1対象物情報は、前記学習領域における対象物の属性を示す情報を含み、
 前記第2対象物情報は、前記検出領域における対象物の属性を示す情報を含む、学習モデル。
- [請求項8] 請求項1から7のいずれか一項に記載の学習モデルが記憶された記憶部と、
 前記第2合成開口レーダ受信信号を取得する信号取得部と、
 前記学習モデルに、前記第2合成開口レーダ受信信号を入力し、前記第2対象物情報を推論する推定部と、を備える信号処理装置。
- [請求項9] 請求項1から7のいずれか一項に記載の学習モデルが記憶された記憶部と、
 前記第2合成開口レーダ受信信号を取得する信号取得部と、
 前記学習モデルに、前記第2合成開口レーダ受信信号を入力し、前記第2対象物情報を推論する推定部と、
 前記第2対象物情報に基づく出力信号を外部に出力する信号出力部と、を備える飛翔体。
- [請求項10] コンピュータが、
 学習領域に照射された電磁波が反射された反射電磁波に基づく第1合成開口レーダ受信信号を取得することと、
 前記第1合成開口レーダ受信信号から、前記学習領域のうち前記学習領域における対象物が存在する領域に対応する学習信号を抽出することと、

前記対象物の対象物情報を取得することと、

前記学習信号の特徴量と前記対象物情報との組を、検出領域に照射された電磁波が反射された反射電磁波に基づく第2合成開口レーダ受信信号の特徴量の入力に対し、前記第2合成開口レーダ受信信号の特徴量に応じた、前記検出領域における対象物の第2対象物情報を出力するよう、コンピュータを機能させる学習モデルの学習に用いられる教師データとして記憶することと、

を含む、教師データ生成方法。