

明 細 書

発明の名称：

学習モデル、信号処理装置、飛翔体、及びプログラム

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、光学画像を取得して行われる観測手法、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、あるいは光学画像と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、SAR画像等のレーダ画像と光学画像とが、地物の判別が容易になるように合成された合成画像を生成する地物情報判読用画像生成方法が示される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2009-047516号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] SAR画像は、レーダ装置を搭載した人工衛星から観測対象物に照射されたマイクロ波（電磁波）が、観測対象物において反射された電磁波に応じた信号（以降、受信信号と呼ぶ）に基づいて生成される。SAR画像は、受信信号に対して、所定の圧縮処理が行われることによって生成される。

[0005] SAR画像の生成における圧縮処理では、受信信号が周波数領域においてフィルタリングされ、受信信号のデータの一部が除かれる。フィルタリング

によって、圧縮処理の対象となる受信信号のデータ量が減少し、圧縮処理における計算の負担が軽減される。一方で、フィルタリングによる受信信号の除去は、受信信号から検出可能な情報の欠落や情報の誤検出を生じ得る。情報の欠落や誤検出は、観測対象物の状況あるいは観測対象物の周囲の環境の観測における精度又は確度に対して影響を与える。

[0006] そこで、本発明は、観測対象物の状況あるいは観測対象物の周囲の環境を高精度又は高確度に観測することを可能にする、学習モデル、信号処理装置、飛翔体、及びプログラム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

[0007] 本発明の一態様に係る学習モデルは、第1対象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受信信号を入力とし、第1受信信号に対応し、所定の項目を有する第1メタ情報を出力とする教師データを用いて学習され、第2対象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受信信号が入力され、第2受信信号に対応し、所定の項目を有する第2メタ情報を出力する。

[0008] この態様によれば、学習モデルは、受信信号の入力に対して、当該受信信号に対応するメタ情報を出力するように学習され、動作する。この学習モデルを使用することにより、例えば、対象領域における移動体や建造物の個数の合計という項目を有するメタ情報を、受信信号に基づいて取得することが可能となる。受信信号から、例えばSAR画像を介さずに、メタ情報を取得することが可能となるため、受信信号に含まれる情報が欠落しない。よって、観測対象物の状況を示すメタ情報を高精度又は高確度に観測することが可能となる。

[0009] 上記態様において、学習モデルは、第1受信信号及び第1受信信号に基づいて生成された第1生成信号を入力とし、第1メタ情報を出力とする教師データを用いて学習され、第2受信信号及び第2受信信号に基づいて生成された第2生成信号が入力され、第2メタ情報を出力してもよい。

[0010] この態様によれば、学習モデルにおける教師データには、第1受信信号に

基づいて生成された第1生成信号がさらに含まれる。第1生成信号とは、例えば、第1受信信号に基づくSAR画像生成のための信号（SAR信号）である。SAR信号のように、受信信号に基づいて生成されるデータを入力にさらに含み、メタ情報を出力とする学習モデルを用いることで、SAR信号の方が適切に対象物等のメタ情報を観測できる場合において、観測対象物の状況を高精度又は高確度に観測することが可能となる。

[0011] 上記態様において、学習モデルは、第1受信信号及び第1対象領域における環境を示す情報を入力とし、第1メタ情報を出力とする教師データを用いて学習され、第2受信信号及び第2対象領域における環境を示す情報が入力され、第2メタ情報を出力してもよい。

[0012] この態様によれば、学習モデルにおける教師データには、第1対象領域における環境を示す情報がさらに含まれる。第1対象領域における環境を示す情報とは、例えば、第1対象領域における天候等の気象条件、あるいは、煙等の人為的要因によって発生する環境条件である。第2メタ情報の出力の際に、第2対象領域における環境を示す情報を含む入力を用いることで、第2メタ情報を高精度又は高確度に観測することが可能となる。

[0013] 上記態様において、学習モデルは、第1対象領域における環境を示す情報を含む第1メタ情報を出力とする教師データを用いて学習され、第2対象領域における環境を示す情報を含む第2メタ情報を出力するようにしてもよい。

[0014] この態様による学習モデルを用いることで、観測対象物の周囲の環境である第2対象領域における環境を示す情報の取得が可能となる。よって、観測対象物の周囲の環境を高精度又は高確度に観測することが可能となる。

[0015] また、他の態様において、信号処理装置は、上記態様の学習モデルが記憶された記憶部と、第2受信信号を取得する信号取得部と、学習モデルに、前記第2受信信号を入力し、前記第2メタ情報を推定する推定部と、を備える。

[0016] この態様によれば、信号処理装置単体で、信号の取得及び学習モデルを用

いた第2メタ情報の推定を行うことが可能となる。これにより、例えば、地球上空の空間のように外部との通信に一定の制約がある環境であったとしても、学習モデルを用いたメタ情報の推定が可能となり、信号処理装置は、観測対象物の状況を高精度又は高確度に観測することが可能となる。

[0017] 上記態様において、信号処理装置は、推定部は、第1時刻における第2受信信号及び第2時刻における第2受信信号を、上記態様の学習モデルに対して入力し、第1時刻における第2受信信号に対応する第1時刻における第2メタ情報及び前記第2時刻における前記第2受信信号に対応する前記第2時刻における前記第2メタ情報を推定し、第1時刻における第2メタ情報と第2時刻における第2メタ情報とに基づいて、第2対象領域における変化を判定する変化判定部、をさらに備えてもよい。

[0018] この態様によれば、第1時刻における第2対象領域の第2メタ情報が第2時刻において変化した場合に、当該変化の有無が検出可能となる。メタ情報に基づくことにより、信号処理装置は、観測対象物の状況又は観測対象物の周囲の環境を高精度又は高確度に観測しつつ、第2対象領域における変化を判定することができる。

[0019] 上記態様において、信号処理装置は、判定された変化が、所定の条件を満たす場合に、変化を示す変化情報を出力する変化情報出力部、をさらに備えてもよい。

[0020] この態様によれば、信号処理装置は、変化が所定の条件を満たす場合に、変化の有無に加えて、変化の内容を変化情報として出力する。これにより、変化の詳細を外部の装置によって取得することが可能となる。信号処理装置が、条件に基づき、必要に応じて変化情報を出力することで、信号処理装置と外部との通信量及び信号処理装置における通信に必要な電力消費を抑制することが可能となる。

[0021] また、他の態様において、飛翔体は、上記態様の学習モデルが記憶された記憶部と、第2受信信号を取得する信号取得部と、学習モデルに、第2受信信号を入力し、第2メタ情報を推定する推定部と、第2メタ情報に基づく出

力信号を外部に出力する信号出力部と、を備える。

[0022] この態様によれば、飛翔体が単体で学習モデルを使用した第2メタ情報の推定を行うことが可能となる。これにより、外部との通信に一定の制約がある環境に置かれる飛翔体が、外部との通信を伴わずに第2メタ情報の推定が可能となる。これにより、飛翔体の通信量及び通信に必要な電力消費を抑制することができる。また、飛翔体は、第2メタ情報に基いて、例えば、第2メタ情報そのものや、第2メタ情報の変化を示す情報を含む出力情報を外部に出力できる。これにより、SARデータのように容量が大きいデータを外部に送信せず、SARデータに基づいて観測されるメタ情報と同等の第2メタ情報を外部に送信することが可能となる。これにより、飛翔体と外部との通信量及び飛翔体による通信に必要な電力消費を抑制することができる。

[0023] また、他の態様において、プログラムは、コンピュータに、上記態様の学習モデルが記憶された記憶部に入力される第2受信信号を取得する信号取得処理と、学習モデルに、第2受信信号を入力し、第2メタ情報を推定する推定処理と、を実行させる。これにより、コンピュータに、観測対象物の状況を示すメタ情報を高精度又は高確度に観測させることが可能となる。

[0024] 上記態様において、プログラムは、コンピュータに、第2メタ情報に基づく出力信号を外部に出力する信号出力処理、をさらに実行させてもよい。これにより、例えば、当該プログラムが記録されたコンピュータを備える飛翔体において、飛翔体と外部との通信量及び飛翔体による通信に必要な電力消費を抑制することができる。

発明の効果

[0025] 本発明によれば、観測対象物の状況あるいは観測対象物の周囲の環境の適切な観測を可能にする、学習モデル、信号処理装置、飛翔体、及びプログラムを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0026] [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]本実施形態に係る学習モデルの学習に用いられる情報の一例を説明する図である。

[図5]本実施形態に係る学習モデルの学習に用いられる情報の一例を説明する図である。

[図6]本実施形態に係る学習モデルの学習に用いられる教師データの対応を説明する図である。

[図7]本実施形態に係る飛翔体における処理を説明するフローチャートである。

[図8]本実施形態に係る信号処理装置によるメタ情報の推定を説明する図である。

[図9]本実施形態に係る信号処理装置によって推定されたメタ情報の一例を説明する図である。

[図10]本実施形態に係る信号処理装置によるメタ情報の変化の判定を説明する図である。

[図11]本実施形態に係る信号処理装置による変化の判定処理を説明するフローチャートである。

[図12]学習モデルの学習及び推定の他の態様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

[0027] 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。

[0028] 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が地球表面の対象領域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するメタ情報である。

[0029] 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。

[0030] 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。

[0031] レーダ装置102は、例えばマイクロ波である電磁波EM1を、地球表面の対象領域Dに対して照射し、対象領域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、対象領域Dの所定の座標ごとの信号強度として記録される。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。

[0032] 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。

[0033] 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。

[0034] 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。

- [0035] 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、受信信号に対応するメタ情報を出力するよう学習されたプログラムである。メタ情報及び学習モデル 1041 の詳細については後述する。
- [0036] 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、信号出力部 1053、変化判定部 1054、及び変化情報出力部 1055 を有する。
- [0037] 信号取得部 1051 は、レーダ装置 102 から受信信号を取得する。
- [0038] 推定部 1052 は、信号取得部 1051 によって取得された受信信号を学習モデル 1041 に入力し、受信信号に対応するメタ情報を取得する。
- [0039] 信号出力部 1053 は、通信アンテナ 101 を通じて、推定部 1052 が取得したメタ情報を観測信号 O として観測装置 200 に出力する。また、信号出力部 1053 は、メタ情報と共に、当該メタ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。
- [0040] 変化判定部 1054 は、異なる時刻において対象領域 D から取得された受信信号に対応する複数のメタ情報に基づいて、対象領域 D における観測対象物の状況あるいは観測対象物の周囲の環境の変化を判定する。
- [0041] 変化情報出力部 1055 は、変化判定部 1054 によって判定された変化が、所定の条件を満たす場合に、変化を示す変化情報を出力する。変化情報とは、例えば、メタ情報のうち、変化したメタ情報が抽出された情報や、対象領域 D のうち変化が生じている領域の範囲を示す情報である。変化判定部 1054 及び変化情報出力部 1055 による処理については後述する。
- [0042] 観測装置 200 は、飛翔体 100 による対象領域 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。

- [0043] 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、例えば対象領域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。
- [0044] 図2から図6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。
- [0045] 図2は、学習モデル1041の学習及び推定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LDを教師データとして学習される。学習用データLDには、ある対象領域（第1対象領域）への電磁波の照射によって取得された受信信号R0（第1受信信号）と受信信号R0に対応するメタ情報MD0（第1メタ情報）の組が含まれる。学習モデル1041は、受信信号R0を入力、メタ情報MD0を出力として学習される。
- [0046] 受信信号R0に対するメタ情報MD0の対応付けのために、受信信号R0はSARデータに変換される。受信信号R0は、所定の変換処理を経なければ、観測装置200のユーザが理解可能な情報とはならない。SARデータの変換処理は、例えば、観測装置200によって行われる。SARデータに基づいて解析処理や可視化処理が行われることで、受信信号R0に基づく観測結果をユーザが理解可能となる。
- [0047] SARデータは、受信信号R0に対する変換の内容に応じた複数のレベルを有する。SARデータとしては、例えば、受信信号R0に対してレンジ圧縮及びシングルルックアジマス圧縮が行われた第1レベルのSARデータがある。第1レベルのSARデータは、複素数の情報であり、対象領域Dにおける反射電磁波EM2の振幅の情報及び位相の情報が含まれる。第1レベルのSARデータをSAR画像として可視化することによって、ユーザによる受信信号R0の内容の把握が可能となる。
- [0048] 他のSARデータとして、受信信号R0に対して、レンジ圧縮及びマルチルックアジマス圧縮が行われた第2レベルのSARデータもある。第2レベルのSARデータによって、受信信号R0のSAR画像による可視化が幾何学的に補正された状態で可能となる。

- [0049] 他のSARデータとして、受信信号R0に対して、レンジ圧縮、シングルルックアジマス圧縮及びオルソ補正を行った第3レベルのSARデータもある。オルソ補正を加えることによって、光学画像と重ねることが可能なSAR画像を得ることができる。
- [0050] 上述のように、受信信号R0をSARデータに変換し、SAR画像として可視化することによって、ユーザが対象領域Dにおける観測結果を理解することが可能となる。ユーザは、観測結果の意味を示す情報としてメタ情報MD0を受信信号R0に対応付けることができる。あるいは、SAR画像とメタ情報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、SAR画像に対してメタ情報を関連付けた後に受信信号とメタ情報とを対応付けてもよい。
- [0051] メタ情報MOは、例えば、海上の船舶に対する観測においては、船舶及び海象に関する情報である。具体的には、船舶の情報として、位置、全長、種類の項目に対応する情報がSAR画像から取得される。また、複素数成分を有するSARデータに基づく位相の情報を用いて、船舶の速度を取得することが可能となる。また、海象に関する情報として、海上の風向及び風速をSARデータに基づいて取得することができる。海上の風向及び風速は、SARデータの後方散乱係数及び実際に計測された風向及び風速のデータに基づいて算出された相関関係に基づいて推定される。後方散乱係数とは、対象領域の表面で散乱する照射された電磁波のうち、照射方向に戻る電磁波の強度に基づく係数である。
- [0052] 受信信号R0に対するメタ情報MD0の対応付けには、SARデータ以外の付加情報を用いることができる。例えば、船舶に関するメタ情報MD0には、AIS (Automatic Identification System : 自動識別システム) というシステムから取得された、位置、船名、船籍、及び全長等の情報であるAIS情報が含まれてもよい。受信信号R0が取得された際のAISの情報に基づいて、メタ情報MD0が生成されてもよい。また、海象に関しては、洋上に設けられたブイから取得された風向、

風速、及び天候をメタ情報MDOとしてもよい。

- [0053] メタ情報MDOは、観測対象に応じて様々な項目を有する。自動車や動物など、陸上の移動体に対するメタ情報には、移動体の移動軌跡の情報が含まれる。当該情報は、移動体によって生じる反射電磁波の干渉の変化によるSARデータの変化から取得される。この場合、メタ情報には、当該移動体に取り付けられたGPS装置に基づく移動軌跡が含まれてもよい。
- [0054] 災害時の浸水域が観測対象である場合、メタ情報として浸水域の範囲を、SAR画像における明度の低い領域として取得してもよい。この場合、メタ情報には、航空機や人工衛星によって取得された光学画像に基づく浸水域の範囲が含まれてもよい。
- [0055] 農作物の管理に用いるメタ情報として、作物の成長度合いをメタ情報としてもよい。作物の成長度合いは、SARデータの後方散乱係数及び実際に観測された作物の成長度合いに基づいて算出された相関関係に基づいて推定される。この場合、メタ情報には、光学計測による分光反射特性や、実際に測定された作物の背丈の情報が含まれてもよい。
- [0056] 建築物に関する検出においては、新規の建築物に関する情報をメタ情報としてもよい。新規の建築物に関する情報は、SARデータの後方散乱係数及び実際に観測された新規の建築物に関する情報に基づいて算出された相関関係に基づいて推定される。この場合、光学画像から検出した建物情報や、地図情報から新規の建築物に関する情報を取得してもよい。また、建物の種類に関する情報が地図等に基づいて取得されて、メタ情報とされてもよい。
- [0057] メタ情報と受信信号との対応付けにあたっては、電磁波のシミュレーションを用いることもできる。シミュレーションモデルにおいて、電磁波の照射及び反射をシミュレートし、受信信号及びSARデータを生成することができる。この場合、シミュレーションモデルにおける条件、例えば、船舶数や船舶の形状、移動体の位置の軌跡等のメタ情報が、生成された受信信号及びSARデータに対応付けられるメタ情報となる。
- [0058] 飛翔体100によって他の対象領域（第2対象領域）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受信信号）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、受信信号R1に対応したメタ情報MD1（第2メタ情報）を出力する。

[0059] 学習モデル1041は、受信信号R1に加えて、受信信号R1が取得された際の付加情報が入力され、メタ情報MD1を出力してもよい。例えば、上述の船舶の例においては、AIS情報及び洋上に設けられたブイからの情報が付加情報であり得る。ここでは、学習モデル1041は、SARデータと、AIS情報及び洋上に設けられたブイからの情報を含む付加情報とに基づくメタ情報MD0を用いて学習されたとする。この場合、学習モデル1041を用いたメタ情報MD1の推定の際に、AIS情報又は洋上に設けられたブイからの情報のいずれかが付加情報として、学習モデル1041に入力される。学習モデル1041の入力に、SARデータに加えて付加情報を含めることによって、メタ情報がより高精度又は高確度に観測されるようにしてもよい。

[0060] 図3から図6を参照して受信信号R0とメタ情報MD0の関係について説明する。本実施形態においては、海上における船舶及び船舶の周囲の環境である海象の推測を可能とする学習モデルを例として説明する。

[0061] 図3の例では、対象領域Dに対応する受信信号R0に基づいて、対象領域DにおけるSAR画像IG1が生成される。SAR画像IG1においては、船舶S31、S32、S33が検出されている。この場合、図4に示されるように、船舶に関する第1船舶情報及び海象に関する第1海象情報を含むメタ情報MD01が、SAR画像IG1から取得される。メタ情報MD01は、受信信号R0に対応付けられる。なお、第1船舶情報及び後述の第2船舶情報における「船舶ID」の項目は、メタ情報MD01において船舶を識別するために用いられる任意の情報である。

[0062] また、対象領域Dに対応する受信信号R0が取得された際の対象領域DにおけるAIS情報に基づいて、図5に示されるようなメタ情報MD02が取得される。メタ情報MD02には、船舶に関する第2船舶情報及び海象に関

する第2海象情報が含まれる。第2船舶情報及び第2海象情報は第1船舶情報及び第2海象情報とは異なる項目を有している。メタ情報MD02は、受信信号R0に対応付けられる。

[0063] AIS情報に基づいた場合、図3の正解イメージIG2に示されるように、船舶S31からS33に加えて、船舶S34が対象領域Dに存在していることがメタ情報MD02によって示される。

[0064] 学習用データLDとして、受信信号R0に対応付けられるメタ情報MD0は、メタ情報MD1及びメタ情報MD2に基づいて用意される。メタ情報MD0には、船舶に関して、第1船舶情報と同様の項目を有するように、第1船舶情報に基づいて第3船舶情報が含まれる。また、メタ情報MD0には、海象に関して、第2海象情報と同様の項目を有するように、第2海象情報に基づいて第3海象情報が含まれる。このように、モデルの生成に用いるメタ情報MD0は、SAR画像に基づくメタ情報MD01や他の装置からの情報に基づくメタ情報MD02が組み合わされるようにして生成することができる。また、メタ情報MD01又はメタ情報MD02のいずれかのメタ情報をそのままメタ情報MD0としてもよい。

[0065] 学習モデル1041は、上述のように用意された学習用データLD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。

[0066] 図7から図9を参照して、飛翔体100による処理について説明する。

[0067] 図7のステップS701において、レーダ装置102が、対象領域D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。

[0068] ステップS702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。

- [0069] ステップS 7 0 3において、推定部1 0 5 2は、受信信号R 1を学習モデル1 0 4 1に入力する。なお、このとき、推定部1 0 5 2は、受信信号R 1に加えて、受信信号R 1が取得された際の付加情報を、あわせて学習モデル1 0 4 1に入力してもよい。
- [0070] ステップS 7 0 4において、推定部1 0 5 2は、受信信号R 1に対応するメタ情報MD 1を学習モデル1 0 4 1から取得する。
- [0071] ステップS 7 0 5において、信号出力部1 0 5 3は、メタ情報MD 1に基づく出力信号を観測装置2 0 0に出力する。メタ情報MD 1に基づく出力信号は、メタ情報MD 1の全部や、メタ情報MD 1の一部を伝達する信号である。あるいは、出力信号は、メタ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。
- [0072] 図8を参照して、学習モデル1 0 4 1によるメタ情報の推定を説明する。ここでは、図6に示されるような対応を有する学習用データLDを用いて学習された学習モデル1 0 4 1を使用する場合を説明する。
- [0073] 受信信号R 1は、SAR画像IG 3に示される状態を示すSARデータに変換され得る情報である。SAR画像IG 3に基づいて生成されるメタ情報では、船舶S 8 1からS 8 3に関する情報が含まれる。一方で、実際の状況は、正解イメージIG 4に示される状況であるとする。つまり、船舶S 8 4に関する情報が、受信信号R 1のSARデータ化によって欠落している。
- [0074] この場合、信号処理装置1 0 3は、受信信号R 1を学習モデル1 0 4 1に入力し、図9に示すようなメタ情報MD 1を取得することができる。メタ情報MD 1には4隻の船舶を示す情報が含まれている。つまり、信号処理装置1 0 3によって、SARデータから検出できないようなメタ情報を検出することが可能になる。
- [0075] 受信信号及び学習モデル1 0 4 1を用いることで、SARデータの変換による影響を受けずにメタ情報の推定を行うことができる。これにより、図示はされないが、例えばSAR画像において検出すべきでない対象が偽像とし

て検出されるような誤検出が生じる場合であっても、適切にメタ情報を推定することができる。

[0076] 図10及び図11を参照して、飛翔体100によるメタ情報の変化検出について説明する。

[0077] 図10では、建築物に関するメタ情報の変化の検出について説明する。ある時刻T1（第1時刻）では建築物が配置イメージIG5に示されるように配置されている。別の時刻T2（第2時刻）では、同じ領域に、建築物が配置イメージIG6に示されるように配置されている。配置イメージIG5、IG6は、例えば、空中あるいは宇宙から建築物を上から観測した光学画像あるいはSAR画像である。配置イメージIG5、IG6は、所定の領域A01からA04までを有する。配置イメージIG6に示されるように、時刻T2では新規建築物NBが領域A03に建築されている。

[0078] 上記変化が学習モデル1041を用いて検出される例を説明する。ここでは、学習モデル1041は、受信信号の入力に対して、建築物の領域ごとの個数である建築物情報をメタ情報として出力するように学習されているとする。

[0079] 図11には、飛翔体100による処理のフローチャートが示される。

[0080] ステップS1101において、レーダ装置102は、時刻T1において対象領域に電磁波を照射する。

[0081] ステップS1102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に基づく受信信号R3をレーダ装置102から取得する。受信信号R3は記憶部104に記憶されてもよい。

[0082] ステップS1103において、推定部1052は、受信信号R3を学習モデル1041に入力する。

[0083] ステップS1104において、推定部1052は、受信信号R3に対応するメタ情報MD3を学習モデル1041から取得する。メタ情報MD3は、記憶部104に記憶されてもよい。

[0084] ステップS1105において、レーダ装置102は、時刻T2において対

象領域に電磁波を照射する。

- [0085] ステップS 1 1 0 6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に基づく受信信号 R 4をレーダ装置 1 0 2から取得する。
- [0086] ステップS 1 1 0 7において、推定部 1 0 5 2は、受信信号 R 4を学習モデル 1 0 4 1に入力する。
- [0087] ステップS 1 1 0 8において、推定部 1 0 5 2は、受信信号 R 4に対応するメタ情報MD 4を学習モデル 1 0 4 1から取得する。
- [0088] ステップS 1 1 0 9において、変化判定部 1 0 5 4は、メタ情報MD 3とメタ情報MD 4に基づいて、対象領域における変化を判定する。図 1 0の場合、メタ情報MD 0 4では、領域 A 0 3において建築物の個数は4つに増えている。よって、変化判定部 1 0 5 4はこの建築物数の変化があると判定する。
- [0089] ステップS 1 1 1 0において、変化情報出力部 1 0 5 5は、変化が所定の条件を満たすかを判定する。ここで所定の条件とは、変化があるか否かの判定結果や、変化の具体的内容に関する条件である。例えば、図 1 0の例では、変化の具体的内容として、ある領域で変化があること又は建築物数が増加や減少する変化がいずれかの領域であること等が条件となり得る。
- [0090] ここでは、建築物数が増加する変化がいずれかの領域で生じることが条件であるとする。このとき変化情報出力部 1 0 5 5は、変化が所定の条件を満たすと判定する。
- [0091] 変化が所定の条件を満たすと判定された場合、ステップS 1 1 1 1において、変化情報出力部 1 0 5 5は変化を示す情報を出力信号として観測装置 2 0 0に出力する。なお、所定の条件が満たされない場合、処理は終了する。出力信号は例えば、メタ情報MD 3及びMD 4を伝達する信号である。あるいは、出力信号は、変化があった領域 A 0 3に関するメタ情報を抽出し、抽出されたメタ情報を伝達する信号である。あるいは、変化があると判定された領域 A 0 3の中でも、変化が生じた部分をより詳細に示す座標に関する情

報を伝達する信号であってもよい。

[0092] 飛翔体100は、受信信号に基づく精度又は確度の良いメタ情報に基づいて、対象領域における変化を検出することができる。よって、変化の検出精度又は確度も向上する。

[0093] 飛翔体100は、変化を判定し、変化があった部分についてのみ、メタ情報そのものや、変化があった範囲を示す情報を観測装置200へと送信することで、観測装置200への通信量を削減することができる。これにより、飛翔体100は、電力消費を抑制することができる。これは、地球上空の空間という環境によって、利用可能な電力に制限がある飛翔体100にとって利点となる。

[0094] 図12は、学習モデル1041Aの学習及び推定を模式的に説明する図である。学習モデル1041Aは、学習用データLDとして、受信信号R0、メタ情報MD0に加えて、受信信号R0に基づいて生成されたSARデータ（第1生成信号）及び付加情報を含む。

このように学習用データLDを用意することで、学習モデル1041Aに、受信信号R1、受信信号R1に基づいて生成されたSARデータ（第2生成信号）及び受信信号R1に対応する付加情報を入力としたメタ情報MD1の推定が可能となる。

[0095] 例えば、付加情報として、受信信号R0が取得された際の対象領域における環境を示す情報として、当該対象領域の天候を用いることができる。学習モデル1041Aを用いたメタ情報MD1の推定の際に、受信信号R1が取得された際の対象領域における環境を示す情報を他の装置から取得し、学習モデル1041Aの入力に含めることができる。これにより、メタ情報MD1の推定をより高精度又は高確度に行うことができる。

[0096] 図13には、他の態様として観測システム10Aを示すブロック図が示される。図13に示されるように、信号処理装置103は、観測装置200Aに含まれるように設けることもできる。飛翔体100Aの制御部1301によって、レーダ装置102が取得した受信信号が、観測装置200Aに送信

される。観測装置 200A の信号処理装置 103 によって上述の処理を行うようにすることもできる。

[0097] 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

[0098] 10…観測システム、100…飛翔体、101…通信アンテナ、102…レーダ装置、103…信号処理装置、104…記憶部、1041…学習モデル、105…制御部、1051…信号取得部、1052…推定部、1053…信号出力部、1054…変化判定部、1055…変化情報出力部、200…観測装置、201…通信部、202…信号処理部

請求の範囲

- [請求項1] 第1対象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受信信号を入力とし、前記第1受信信号に対応し、所定の項目を有する第1メタ情報を出力とする教師データを用いて学習され、
- 第2対象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受信信号が入力され、前記第2受信信号に対応し、前記所定の項目を有する第2メタ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、
- 前記学習モデルは、前記第1受信信号及び前記第1受信信号に基づいて生成された第1生成信号を入力とし、前記第1メタ情報を出力とする教師データを用いて学習され、
- 前記第2受信信号及び前記第2受信信号に基づいて生成された第2生成信号が入力され、前記第2メタ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3] 請求項1又は2に記載の学習モデルであって、
- 前記学習モデルは、前記第1受信信号及び前記第1対象領域における環境を示す情報を入力とし、前記第1メタ情報を出力とする教師データを用いて学習され、
- 前記第2受信信号及び前記第2対象領域における環境を示す情報が入力され、前記第2メタ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4] 請求項1から3のいずれか一項に記載の学習モデルであって、
- 前記学習モデルは、前記第1対象領域における環境を示す情報を含む前記第1メタ情報を出力とする前記教師データを用いて学習され、
- 前記第2対象領域における環境を示す情報を含む前記第2メタ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5] 請求項1から4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受信信号を入力し、前記第2メタ情報を推定する推定部と、を備える信号処理装置。

[請求項6]

請求項5に記載の信号処理装置であって、

前記推定部は、第1時刻における前記第2受信信号及び第2時刻における前記第2受信信号を、前記学習モデルに対して入力し、前記第1時刻における前記第2受信信号に対応する前記第1時刻における前記第2メタ情報及び前記第2時刻における前記第2受信信号に対応する前記第2時刻における前記第2メタ情報を推定し、

前記第1時刻における前記第2メタ情報と前記第2時刻における前記第2メタ情報とに基づいて、前記第2対象領域における変化を判定する変化判定部、をさらに備える信号処理装置。

[請求項7]

請求項6に記載の信号処理装置であって、

前記判定された前記変化が、所定の条件を満たす場合に、前記変化を示す変化情報を出力する変化情報出力部、をさらに備える、信号処理装置。

[請求項8]

請求項1から4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受信信号を入力し、前記第2メタ情報を推定する推定部と、

前記第2メタ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9]

コンピュータに、

請求項1から4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に入力される前記第2受信信号を取得する信号取得処理と、

前記学習モデルに、前記第2受信信号を入力し、前記第2メタ情報

を推定する推定処理と、を実行させるプログラム。

[請求項10] 請求項9に記載のプログラムであって、
前記コンピュータに、
前記第2メタ情報に基づく出力信号を外部に出力する信号出力処理
、をさらに実行させる、プログラム。