(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年7月18日(18.07.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/150737 A1

(51) 国際特許分類:
G01S 13/90 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2024/000171

(22) 国際出願日： 2024年1月9日(09.01.2024)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2023-001674 2023年1月10日(10.01.2023) JP

(71) 出願人: 日本電気株式会社 (**NEC CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目７番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 山口 裕貴 (**YAMAGUCHI Yuki**); 〒1088001 東京都港区芝五丁目７番１号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 田中 大地(**TANAKA Taichi**); 〒1088001 東京都港区芝五丁目７番１号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 戸田 真人 (**TODA Masato**); 〒1088001 東京都港区芝五丁目７番１号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP).

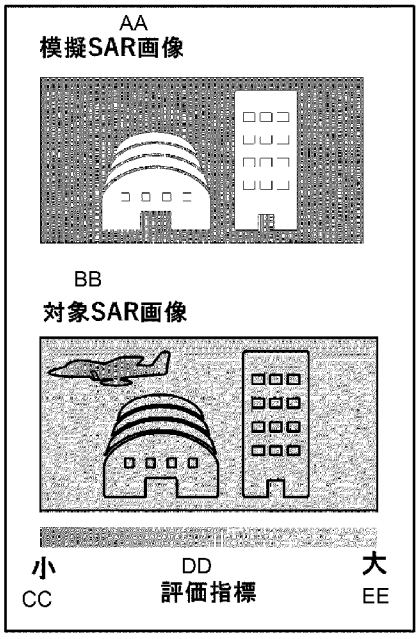
(74) 代理人: 速水 進治(**HAYAMI Shinji**); 〒1410031 東京都品川区西五反田７丁目９番２号 ＫＤＸ五反田ビル９階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,

(54) **Title:** SIGNAL PROCESSING DEVICE, SIGNAL PROCESSING METHOD, AND RECORDING MEDIUM

(54) 発明の名称： 信号処理装置、信号処理方法及び記録媒体

[図8]



AA Simulated SAR image
BB Target SAR image
CC Small
DD Evaluation index
EE Large

(57) **Abstract:** This signal processing device comprises a simulated SAR image generation unit and an evaluation calculation unit. The simulated SAR image generation unit generates simulation information including: a simulated SAR image formed from prediction values of pixels predicted to be obtained when a target region is observed in a steady state; and prediction reliability information indicating the reliability of the prediction values of the pixels. The evaluation calculation unit uses the simulation information to determine the evaluation index whereby a target SAR image, which is an analysis

WO 2024/150737 A1

[続葉有]

EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能):ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一　国際調査報告(条約第21条(3))

target, is evaluated.

(57) 要約:信号処理装置は、模擬ＳＡＲ画像生成部及び評価算出部を備える。模擬ＳＡＲ画像生成部は、定常状態の対象領域を観測した場合に得られると予測される各画素の予測値から構成される模擬ＳＡＲ画像と、当該各画素の予測値の信頼性を示す予測信頼性情報と、を含む模擬情報を生成する。評価算出部は、模擬情報を用いて、解析対象である対象ＳＡＲ画像を評価した評価指標を求める。

明　細　書

発明の名称 ： 信号処理装置、信号処理方法及び記録媒体

技術分野

[0001] 本発明は、信号処理装置、信号処理方法及び記録媒体に関する。

背景技術

[0002] 対象領域のＳＡＲ画像を用いて当該対象領域の変化を検知するための技術が種々提案されている（例えば、特許文献１～５）。ここで、ＳＡＲ画像は、例えば、ＳＡＲ（合成開口レーダ）を用いて観測された後方散乱信号の振幅と位相を表す複素数値を、当該ＳＡＲ画像を構成する各画素値に含む複素画像である。

[0003] 特許文献１には、飛翔体より地上に向かって電波を放射し、地上からの反射波を受信することにより地形変動を抽出する干渉型合成開口レーダ装置が開示されている。この干渉型合成開口レーダ装置は、２つのアンテナと、送受信部と、画像処理部と、干渉処理部と、地形変動解析処理部とを有する。

[0004] 特許文献１において、２つのアンテナは、地上に電波を放射し、また地上からの反射波を同時に受信する。送受信部は、２つアンテナに同時に送信波を出力しかつ同時に受信波を入力する。画像処理部は、送受信部からの受信出力信号をＳＡＲ再生処理する。干渉処理部は、画像処理部からの出力信号を干渉させて３次元画像を出力する。地形変動解析処理部は、干渉処理部でリアルタイムで取得した３次元画像データと、この干渉処理部で以前に取得した同一地域の３次元画像データとを比較することにより、リアルタイムで地形の変動を抽出する。

[0005] 例えば特許文献１には、異なる時期に取得したデータのそれぞれについて位相差画像に基づいて等高線図を得て、当該異なる時期に対応する等高線図に基づいて変化を検出する旨の記載がある。

[0006] 特許文献２に記載には、ＳＡＲ（人工衛星に搭載した合成開口レーダ）が撮影したレーダ画像データをレーダ解析装置で合成開口処理することにより

再生画像を生成し、得られた画像に対して差分処理等を行い地表面の変化を解析する技術が開示されている。

[0007] 特許文献２では、差分演算部が、マイクロ波の後方散乱強度の差分を算出することにより、撮影対象である地表の状態を表す複数の特性値（散乱強度、地盤変化量等）の差分を算出する。

[0008] 特許文献３は、位相及び振幅の成分を有する複合画像（ｃｏｍｐｏｓｉｔｅ　ｉｍａｇｅ）間の可干渉性（ｃｏｈｅｒｅｎｃｙ）を決定することに関して、コンピュータに実装される方法を開示する。特許文献３には、この可干渉性が、画像の振幅成分に基づいて決定され得る旨の記載がある。

[0009] 特許文献４には、ＳＡＲによって得られる画像（Ｉ）内の少なくとも１つのターゲットを検出するための方法が開示されている。この画像（Ｉ）は、各ピクセルに割り当てられた大きさ（ｍａｇｎｉｔｕｄｅ）を有するピクセルのセットを含む。

[0010] 特許文献５には、複数の画像ジオメトリのそれぞれに対する複数のフレームを含む合成開口レーダ（ＳＡＲ）画像データを処理する方法が開示されている。この方法は、画像ジオメトリごとに、その画像ジオメトリに対応するフレームに変更検出（ｃｈａｎｇｅ　ｄｅｔｅｃｔｉｏｎ）を適用して、複数の変更成果物（ｃｈａｎｇｅ　ｐｒｏｄｕｃｔｓ）を生成することを含む。

先行技術文献

特許文献

[0011] 特許文献1：特開平０７－０７２２４４号公報

特許文献2：国際公開第２００８／０１６１５３号

特許文献3：欧州特許出願公開第３５４０４６２号明細書

特許文献4：米国特許第１０５７１５６０号明細書

特許文献5：英国特許出願公開第２５５３２８４号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0012] 一般的に、例えばＳＡＲ画像を生成するための受信信号の信号雑音比（ＳＮＲ）が小さい領域では、当該領域に変化が生じていなくても、当該領域に対応する受信信号が雑音などの影響で大きく変化することがある。

[0013] しかしながら、特許文献１～５には、ＳＡＲ画像を生成するための受信信号に含まれる雑音などに関する記載は見当たらない。そのため、特許文献１～５に記載の技術では、受信信号が雑音などの影響で大きく変化した場合などに、対象領域の変化を検知する精度が低下するおそれがある。

[0014] 本発明の目的の一例は、上述した課題を鑑み、ＳＡＲ画像を用いて対象領域の変化を精度良く検知することを解決する信号処理装置、信号処理方法、プログラムなどを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0015] 本発明の一態様によれば、定常状態の対象領域を観測した場合に得られると予測される各画素の予測値から構成される模擬ＳＡＲ画像と、当該各画素の予測値の信頼性を示す予測信頼性情報と、を含む模擬情報を生成する模擬ＳＡＲ画像生成手段と、

前記模擬情報を用いて、解析対象である対象ＳＡＲ画像を評価した評価指標を求める評価算出手段とを備える

信号処理装置が提供される。

[0016] 本発明の一態様によれば、

１つ以上のコンピュータが、

定常状態の対象領域を観測した場合に得られると予測される各画素の予測値から構成される模擬ＳＡＲ画像と、当該各画素の予測値の信頼性を示す予測信頼性情報と、を含む模擬情報を生成し、

前記模擬情報を用いて、解析対象である対象ＳＡＲ画像を評価した評価指標を求める

信号処理方法が提供される。

[0017] 本発明の一態様によれば、

１つ以上のコンピュータに、

定常状態の対象領域を観測した場合に得られると予測される各画素の予測値から構成される模擬ＳＡＲ画像と、当該各画素の予測値の信頼性を示す予測信頼性情報と、を含む模擬情報を生成し、

前記模擬情報を用いて、解析対象である対象ＳＡＲ画像を評価した評価指標を求めることを実行させるためのプログラムが提供される。

発明の効果

[0018] 本発明の一態様によれば、ＳＡＲ画像を用いて対象領域の変化を精度良く検知することが可能になる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]実施形態１に係る信号処理装置の概要を示す図である。

[図2]実施形態１に係る信号処理方法の概要を示す図である。

[図3]実施形態１に係る信号処理装置の機能的な構成例を示す図である。

[図4]実施形態１に係る模擬情報の第１の例を示す図である。

[図5]実施形態１に係る模擬情報の第２の例を示す図である。

[図6]実施形態１に係る信号処理装置の物理的な構成例を示す図である。

[図7]実施形態１に係る信号処理の一例を示すフローチャートである。

[図8]実施形態１に係る表示画面の一例を示す図である。

[図9]一般的なコヒーレント変化検知技術における反射強度及び位相の相関と、コヒーレンス値との関係を表す図である。

[図10]実施形態２に係る信号処理システムＳＰＳの概要を示す図である。

[図11]実施形態２に係る信号処理システムＳＰＳの構成例を示す図である。

[図12]実施形態２に係る信号処理の例を示すフローチャートである。

[図13]ＳＡＲトモグラフィを用いて、アジマス－レンジ位置の複素反射強度分布を推定する例を説明するための図である。

[図14]実施形態４に係る評価算出部の機能的な構成例を示す図である。

[図15]実施形態４に係る評価指標取得処理の詳細例を示すフローチャートである。

[図16]実施形態５に係る評価算出部の機能的な構成例を示す図である。

[図17]実施形態５に係る評価指標取得処理の詳細例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0020] 以下、本発明の一実施形態について、図面を用いて説明する。なお、すべての図面において、同様な構成要素には同様の符号を付し、適宜説明を省略する。

[0021] ＜実施形態１＞

（概要）

図１は、実施形態１に係る信号処理装置１００の概要を示す図である。信号処理装置１００は、模擬ＳＡＲ画像生成部１０１及び評価算出部１０２を備える。

[0022] 模擬ＳＡＲ画像生成部１０１は、定常状態の対象領域を観測した場合に得られると予測される各画素の予測値から構成される模擬ＳＡＲ画像と、当該各画素の予測値の信頼性を示す予測信頼性情報と、を含む模擬情報を生成する。

[0023] 評価算出部１０２は、模擬情報を用いて、解析対象である対象ＳＡＲ画像を評価した評価指標を求める。

[0024] この信号処理装置１００によれば、ＳＡＲ画像を用いて対象領域の変化を精度良く検知することが可能になる。

[0025] 図２は、実施形態１に係る信号処理方法の概要を示す図である。

[0026] 模擬ＳＡＲ画像生成部１０１は、定常状態の対象領域を観測した場合に得られると予測される各画素の予測値から構成される模擬ＳＡＲ画像と、当該各画素の予測値の信頼性を示す予測信頼性情報と、を含む模擬情報を生成する（ステップＳ１０１）。

[0027] 評価算出部１０２は、模擬情報を用いて、解析対象である対象ＳＡＲ画像を評価した評価指標を求める（ステップＳ１０２）。

[0028] この信号処理方法によれば、ＳＡＲ画像を用いて対象領域の変化を精度良

く検知することが可能になる。

[0029] 以下、実施形態１に係る信号処理装置１００の詳細例について説明する。

[0030] （詳細）

（実施形態１に係る信号処理装置１００の機能的な構成例）

図３は、実施形態１に係る信号処理装置１００の機能的な構成例を示す図である。信号処理装置１００は、解析対象である対象ＳＡＲ画像を用いて、対象領域の変化を検知するための装置である。

[0031] 対象ＳＡＲ画像は、解析対象となるＳＡＲ画像である。ＳＡＲ画像は、反射強度と位相を表す複素数値を、当該ＳＡＲ画像を構成する各画素値に含む複素画像である。

[0032] 対象ＳＡＲ画像は、例えば、観測ＳＡＲ画像の中から適宜選択されるとよい。本実施形態では、対象ＳＡＲ画像が１つである場合を例に説明する。なお、対象ＳＡＲ画像は複数であってもよい。

[0033] 観測ＳＡＲ画像は、人工衛星、航空機などの飛翔体に搭載された飛翔体ＳＡＲ（合成開口レーダ）の受信信号に基づいて生成される２次元の複素画像である。受信信号は、例えば、飛翔体ＳＡＲからの送信信号（例えば、マイクロ波）が対象領域の地表面で反射した信号であり、反射強度成分と位相成分とを含む観測値を示す。すなわち、観測ＳＡＲ画像は、対象領域を実際に観測した各画素の観測値から構成される複素画像である。観測ＳＡＲ画像の観測値は、反射強度成分及び位相成分を含む複素数値である。

[0034] 信号処理装置１００は、模擬ＳＡＲ画像生成部１０１と、評価算出部１０２と、変化検知部１０３と、表示部１０４と、表示制御部１０５とを備える。

[0035] 模擬ＳＡＲ画像生成部１０１は、模擬ＳＡＲ画像と、当該模擬ＳＡＲ画像の信頼性を示す予測信頼性情報とを含む模擬情報を生成する。

[0036] 模擬ＳＡＲ画像は、対象ＳＡＲ画像と同じ観測条件で定常状態の対象領域を観測した場合に得られると予測される各画素の予測値から構成される２次元の複素画像である。

[0037] 観測条件は、対象ＳＡＲ画像に対応する観測値が観測された時の飛翔体ＳＡＲの位置、対象領域の座標位置、解像度などの少なくとも１つを含む。

[0038] 各画素の予測値は、模擬ＳＡＲ画像の画素値に相当し、例えば、予測される受信信号（すなわち、予測信号）の反射強度成分と位相成分を表す複素数値を含む。

[0039] 定常状態とは、対象領域に変化がない状態、或いは、対象領域に変化があったとしても当該変化が検知できない程度の状態である。

[0040] 予測信頼性情報は、模擬ＳＡＲ画像を構成する各画素の予測値の信頼性を示す情報である。

[0041] このような模擬情報の第１～第２の例を図４～図５のそれぞれに示す。図５は、実施形態１に係る模擬情報の第２の例を示す図である。

[0042] 図４は、実施形態１に係る模擬情報の第１の例を示す図である。同図は、模擬ＳＡＲ画像に含まれるある画素に対応付けられる予測値と予測分布を示す。すなわち、同図は、予測信頼性情報が予測分布（予測値の確率的な分布）を含む例である。同図に示す予測分布の平均値Ｐが、予測値に相当する。予測分布の平均値Ｐは、例えば反射強度成分をＲp、位相成分をθｐとすると、$Ｒｐｅ^{ｊθｐ}$で表される。ｅは、ネイピア数である。ｊは、虚数単位である。予測分布は、標準偏差をσとして、１σ、２σ及び３σ点線円で示す分布である。紙面垂直方向は、確率を示す軸である。

[0043] 図５は、実施形態１に係る模擬情報の第２の例を示す図である。図５（ａ）及び（ｂ）のそれぞれは、模擬ＳＡＲ画像に含まれる各画素の予測値及び標準偏差を示す図である。この予測値は、例えば、予測分布の平均値Ｐである。すなわち、同図は、予測信頼性情報が予測分布の統計的指標の例である。

[0044] なお、予測値は、予測分布の平均値Ｐ以外の値であってもよい。また、予測信頼性情報は、各画素の予測値の確率的な分布を示す予測分布、当該予測分布の統計的指標、各画素に対応付けられる予測値の確率、の少なくとも１つを含めばよい。統計的指標は、例えば、平均値、最頻値、分散、標準偏差

、信頼区間などの少なくとも１つでよい。

[0045] 図３を再び参照する。

評価算出部１０２は、模擬ＳＡＲ画像生成部１０１が生成した模擬情報を用いて、対象ＳＡＲ画像を評価した評価指標を求める。すなわち、評価算出部１０２は、模擬ＳＡＲ画像と予測信頼性情報とを用いて、評価指標を求める。

[0046] 評価指標は、解析対象である対象ＳＡＲ画像を評価した指標である。評価指標は、例えば、対象ＳＡＲ画像を構成する観測値が、模擬ＳＡＲ画像を構成する予測値と矛盾していない程度を確率的に評価した指標である。また例えば、評価指標は、模擬ＳＡＲ画像と対象ＳＡＲ画像との対応する画素ごとに求められ、典型的には複数である。

[0047] 変化検知部１０３は、評価算出部１０２が算出した評価指標を用いて、対象領域の変化を検知する。詳細には例えば、評価指標が数値である場合、変化検知部１０３は、評価指標と予め定められた閾値とを比較した結果に基づいて、対象領域の変化を検知する。

[0048] 表示部１０４は、表示制御部１０５の制御の下で、各種の情報を表示する。表示制御部１０５は、例えば、模擬ＳＡＲ画像、対象ＳＡＲ画像、評価指標、対象領域の変化に関する検知結果などを表示部１０４に表示させる。

[0049] これまで、実施形態１に係る信号処理装置１００の機能的な構成例について説明した。ここから、実施形態１に係る信号処理装置１００の物理的な構成例について説明する。

[0050] （実施形態１に係る信号処理装置１００の物理的な構成例）

図６は、実施形態１に係る信号処理装置１００の物理的な構成例を示す図である。信号処理装置１００は、物理的には例えば、バス１０１０、プロセッサ１０２０、メモリ１０３０、ストレージデバイス１０４０、ネットワークインタフェース１０５０、入力インタフェース１０６０及び出力インタフェース１０７０を有する。

[0051] バス１０１０は、プロセッサ１０２０、メモリ１０３０、ストレージデバ

イス１０４０、ネットワークインタフェース１０５０、入力インタフェース１０６０及び出力インタフェース１０７０が、相互にデータを送受信するためのデータ伝送路である。ただし、プロセッサ１０２０などを互いに接続する方法は、バス接続に限定されない。

[0052] プロセッサ１０２０は、ＣＰＵ（Ｃｅｎｔｒａｌ Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ Ｕｎｉｔ）やＧＰＵ（Ｇｒａｐｈｉｃｓ Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ Ｕｎｉｔ）などで実現されるプロセッサである。

[0053] メモリ１０３０は、ＲＡＭ（Ｒａｎｄｏｍ Ａｃｃｅｓｓ Ｍｅｍｏｒｙ）などで実現される主記憶装置である。

[0054] ストレージデバイス１０４０は、ＨＤＤ（Ｈａｒｄ Ｄｉｓｋ Ｄｒｉｖｅ）、ＳＳＤ（Ｓｏｌｉｄ Ｓｔａｔｅ Ｄｒｉｖｅ）、メモリカード、又はＲＯＭ（Ｒｅａｄ Ｏｎｌｙ Ｍｅｍｏｒｙ）などで実現される補助記憶装置である。ストレージデバイス１０４０は、これを備える装置の機能を実現するためのプログラムモジュールを記憶している。プロセッサ１０２０がこれら各プログラムモジュールをメモリ１０３０に読み込んで実行することで、そのプログラムモジュールに対応する機能が実現される。

[0055] ネットワークインタフェース１０５０は、これを備える装置をネットワークＮＴに接続するためのインタフェースである。

[0056] 入力インタフェース１０６０は、ユーザが情報を入力するためのインタフェースである。入力インタフェース１０６０は、例えば、タッチパネル、キーボード、マウスなどから構成される。

[0057] 出力インタフェース１０７０は、ユーザに情報を提示するためのインタフェースである。出力インタフェース１０７０は、例えば、液晶パネル、有機ＥＬ（Ｅｌｅｃｔｒｏ－Ｌｕｍｉｎｅｓｃｅｎｃｅ）パネルなどから構成される。

[0058] これまで、実施形態１に係る信号処理装置１００の構成例について説明した。ここから、実施形態１に係る信号処理装置１００の動作例について説明する。

[0059] （実施形態１に係る信号処理装置１００の動作例）

図７は、実施形態１に係る信号処理の一例を示すフローチャートである。信号処理は、解析対象である対象ＳＡＲ画像を用いて、対象領域の変化を検知するための処理である。信号処理装置１００は、例えばユーザの指示を受けて信号処理を開始する。この指示は、対象ＳＡＲ画像を特定するための情報を含むとよい。

[0060] なお、信号処理を開始するトリガーは、これに限られない。信号処理は、対象領域を観測した対象ＳＡＲ画像についてリアルタイムで繰り返し実行されてもよい。

[0061] （ステップＳ１０１：模擬情報生成処理の例）

模擬ＳＡＲ画像生成部１０１は、模擬情報を生成する（ステップＳ１０１）。

[0062] 詳細には例えば、模擬ＳＡＲ画像生成部１０１は、信頼性付き３次元情報を取得し、当該取得した信頼性付き３次元情報を用いて、模擬情報を生成する。模擬情報は、上述の通り、模擬ＳＡＲ画像と、当該模擬ＳＡＲ画像を構成する各画素の予測値の信頼性を示す予測信頼性情報と、を含む。

[0063] 信頼性付き３次元情報は、３次元情報と、当該３次元情報の信頼性を示す推定信頼性情報とを含む。

[0064] ３次元情報は、３次元画像を含む情報である。詳細には例えば、３次元情報は、定常状態の観測ＳＡＲ画像を用いて再構成される３次元的な複素画像を含む。このような信頼性付き３次元情報の詳細例は、他の実施形態で説明する。

[0065] なお、模擬情報を生成するための元となる情報（生成元情報）は、信頼性付き３次元情報に限られない。例えば、生成元情報は、他の飛翔体ＳＡＲの観測に基づく定常状態の画像など、対象領域の定常状態を示す情報であればよい。また例えば、生成元情報は、対象領域の温度、変位などの１つ以上を含んでもよい。

[0066] 一般的に、観測ＳＡＲ画像は、上述のように、飛翔体ＳＡＲの観測に基づ

いて得られる。飛翔体ＳＡＲの位置は、時々刻々変化し、飛翔体ＳＡＲが対象領域を観測する方向も変化する。観測ＳＡＲ画像に対応する観測値を観測した時点が異なると、飛翔体ＳＡＲの位置などの観測条件が変化することになる。そのため、観測時点が異なると、定常状態の対象領域を観測したとしても、観測ＳＡＲ画像は、僅かに変化する。

[0067] これから分かるように、対象ＳＡＲ画像に基づいて、対象領域の変化を検知するには、過去に対象領域を観測して得られた観測ＳＡＲ画像と比較しても、対象領域の変化を精度良く検知することは難しい。

[0068] ステップＳ１０１で、模擬ＳＡＲ画像生成部１０１は、定常状態の観測ＳＡＲ画像を用いて生成された３次元情報（３次元画像など）を用いて模擬ＳＡＲ画像を生成する。これにより、対象ＳＡＲ画像と観測条件が同じ模擬ＳＡＲ画像を生成することができる。

[0069] その一方で、３次元画像は、複数の３次元要素（以下、「ボクセル」とも称する。）から構成され、複数のボクセルの各々に対応付けられた値（以下、「ボクセル値」とも称する）を含む。ボクセル値は、一般的に、ＳＮＲ、レイオーバ現象などに起因する不確かさを含む。レイオーバ現象とは、ＳＡＲ画像において、標高の高い場所と低い場所で位置関係が逆転する現象である。レイオーバ現象は、観測ＳＡＲ画像を用いて３次元画像を生成した場合に生じる不確かさの原因となる。

[0070] 信頼性付き３次元情報は、そのようなボクセル値の確からしさを示す信頼性情報を含む。上述の推定信頼性情報は、ボクセル値が他の実施形態で説明する推定値である場合の信頼性情報の例である。

[0071] 信頼性付き３次元情報が信頼性情報を含むことで、模擬ＳＡＲ画像生成部１０１は、生成した模擬ＳＡＲ画像を構成する各画素の予測値の信頼性を示す予測信頼性情報を生成することができる。

[0072] このような信頼性付き３次元情報に含まれる信頼性情報の一例が、上述の推定信頼性情報である。推定信頼性情報の詳細例については、信頼性付き３次元情報の詳細例とともに他の実施形態で説明する。

[0073] なお、対象ＳＡＲ画像が複数の場合、模擬ＳＡＲ画像生成部１０１は、複数の対象ＳＡＲ画像のそれぞれと対象条件が同じ複数の模擬ＳＡＲ画像を生成するとよい。そして、模擬ＳＡＲ画像生成部１０１は、模擬ＳＡＲ画像の各々に対応する予測信頼性情報を生成することで、複数の対象ＳＡＲ画像のそれぞれに対応する複数の模擬情報を生成するとよい。

[0074]（ステップＳ１０２：評価指標取得処理の例）

評価算出部１０２は、ステップＳ１０１にて生成された模擬情報を用いて、対象ＳＡＲ画像を評価した評価指標を求める（ステップＳ１０２）。

[0075] 詳細には例えば、評価算出部１０２は、対象ＳＡＲ画像と模擬ＳＡＲ画像（観測値と予測値）を比較する。評価算出部１０２は、この比較において予測信頼性情報を用いて、模擬ＳＡＲ画像に対する対象ＳＡＲ画像の変化を評価する。そして、比較の結果として、評価算出部１０２は、評価指標を求める。

[0076] 評価指標の詳細例は他の実施形態で説明する。なお、評価指標は、模擬情報を用いて、対象ＳＡＲ画像を評価した指標であればよく、本実施形態、他の実施形態などで例示するものに限られない。

[0077]（ステップＳ１０３：変化検知処理の例）

変化検知部１０３は、ステップＳ１０３にて求められた評価指標を用いて、対象領域の変化を検知する（ステップＳ１０３）。

[0078] 詳細には例えば、変化検知部１０３は、評価指標と閾値とを比較する。例えばステップＳ１０２にて、評価算出部１０２が、対象ＳＡＲ画像と模擬ＳＡＲ画像との対応する画素ごとの画素値（予測値と観測値）を比較した場合、対象ＳＡＲ画像を構成する画素ごとの評価指標を求める。この場合、変化検知部１０３は、対象ＳＡＲ画像を構成する画素ごとに、評価指標の各々と閾値とを比較する。閾値は予め定められればよく、例えばすべての画素に共通であってもよい。

[0079] 例えば、変化検知部１０３は、評価指標が閾値以下である画素に変化があったと判定し、対象領域のうちの当該画素に対応する領域の変化を検知する

。なお、変化を検知する方法は、これに限られない。例えば、変化検知部１０３は、評価指標が閾値以上である画素に変化があったと判定し、対象領域のうちの当該画素に対応する領域の変化を検知してもよい。

[0080] なお、ここで説明した評価指標を求める方法、変化を検知する方法は、一例であって、適宜変更されてもよい。

[0081]（ステップＳ１０４：表示処理の例）

表示制御部１０５は、表示画面を表示部１０４に表示させる（ステップＳ１０４）。表示画面は、例えば、ステップＳ１０１～Ｓ１０３のそれぞれで得られた模擬ＳＡＲ画像、ステップ評価指標及び検知結果、対象ＳＡＲ画像などを含む。

[0082] 図８は、実施形態１に係る表示画面の一例を示す図である。同図に示す表示画面は、模擬ＳＡＲ画像と対象ＳＡＲ画像とを含む。対象ＳＡＲ画像には、ステップＳ１０２で求められた各画素の評価指標が例えば色などで表される。これを参照することで、ユーザは、対象ＳＡＲ画像で飛行機が観測されているという変化を容易に把握することができる。

[0083] なお、図８の例示する模擬ＳＡＲ画像と対象ＳＡＲ画像とでは、ステップＳ１０３では飛行機に対応する領域で変化が検知されるので、当該領域が対象ＳＡＲ画像で強調して表示されてもよい。また例えば、表示画面には、各画素の予測信頼性情報などが含まれてもよい。表示画面は、これらに限られず、適宜変更されてよい。

[0084] この信号処理を実行することで、模擬ＳＡＲ画像と予測信頼性情報とを用いて対象ＳＡＲ画像の評価指標を求めることができる。また、表示をすることで、ユーザは、評価指標などの各種の得られた情報を容易に認識することができる。

[0085]（作用・効果）

以上、本実施形態によれば、信号処理装置１００は、模擬ＳＡＲ画像生成部１０１と、評価算出部１０２とを備える。模擬ＳＡＲ画像生成部１０１は、定常状態の対象領域を観測した場合に得られると予測される各画素の予測

値から構成される模擬ＳＡＲ画像と、当該各画素の予測値の信頼性を示す予測信頼性情報と、を含む模擬情報を生成する。評価算出部１０２は、模擬情報を用いて、解析対象である対象ＳＡＲ画像を評価した評価指標を求める。

[0086] これにより、模擬ＳＡＲ画像と予測信頼性情報とを用いて対象ＳＡＲ画像の評価指標を求めることができる。そのため、模擬ＳＡＲ画像の信頼性を考慮して、対象ＳＡＲ画像を評価することができる。従って、ＳＡＲ画像を用いて対象領域の変化を精度良く検知することが可能になる。

[0087] ここで、一般的に、２つのＳＡＲ画像を比較して変化を検知するための技術として、コヒーレント変化検知技術がある。コヒーレント変化検知技術は、ＳＡＲ画像間の類似度を示す複素相関（コヒーレンス）の値に基づいて、定常状態からの微細な変化を検知する技術である。

[0088] 一般的に、コヒーレンス値が高い場合、ＳＡＲ画像間の強度及び位相の類似性が高く、局所領域に変化はないと判定される。また、コヒーレンス値が低い場合に、ＳＡＲ画像間の強度及び位相の類似性が低く、局所領域に変化が生じたと判定される。このようなコヒーレンス値は、ＳＡＲ画像間で、局所領域における反射強度及び位相の相関を示す指標と言える。

[0089] しかしながら、コヒーレンス値は、反射強度よりも位相の変化に敏感な傾向がある。そのため、図９に示すように、位相の相関が低い場合、反射強度の相関が高くても、コヒーレンス値が低くなる。図９は、一般的なコヒーレント変化検知技術における反射強度及び位相の相関と、コヒーレンス値との関係を表す図である。

[0090] このようなコヒーレンス値を用いると、例えば、信号雑音比（ＳＮＲ）が小さい領域では、雑音の影響でコヒーレンス値が低くなり易い。そのため、たとえ当該領域に変化が生じていない場合であっても、一般的なコヒーレント変化検知技術では、変化ありと誤って判定される可能性がある。

[0091] これに対して、本実施形態では、上述の通り、信号雑音比（ＳＮＲ）が小さい領域など、模擬ＳＡＲ画像の信頼性を考慮して、対象ＳＡＲ画像を評価することができる。例えば、信号雑音比（ＳＮＲ）が小さい領域などでは、

当該領域に対応する模擬ＳＡＲ画像内の予測値の曖昧さを考慮して、対象ＳＡＲ画像を評価することができる。これにより、領域の変化を精度良く検知できる評価指標を得ることができる。従って、ＳＡＲ画像を用いて対象領域の変化を精度良く検知することが可能になる。

[0092] 本実施形態によれば、模擬ＳＡＲ画像及び対象ＳＡＲ画像の各々は、２次元の複素画像である。

[0093] 一般的なＳＡＲ画像は２次元の複素画像である。そのため、この構成を備えることによって、一般的なＳＡＲ画像に適用して、対象領域の変化を精度良く検知することが可能になる。

[0094] 本実施形態によれば、各画素の予測値は、対象ＳＡＲ画像と同じ観測条件で定常状態の対象領域を観測した場合に得られると予測される反射強度成分及び位相成分を含む複素数値である。

[0095] これにより、模擬ＳＡＲ画像で想定される観測条件を、対象ＳＡＲ画像の観測条件と同じものにすることができるので、より精度の良い評価指標を得ることができる。従って、ＳＡＲ画像を用いて対象領域の変化を精度良く検知することが可能になる。

[0096] 本実施形態によれば、予測信頼性情報は、予測値の確率的な分布を示す予測分布、当該予測分布の統計的指標、予測値である確率、の少なくとも１つを含む。

[0097] このような予測信頼性情報を用いることで、模擬ＳＡＲ画像の信頼性を考慮して、対象ＳＡＲ画像を評価することができる。従って、ＳＡＲ画像を用いて対象領域の変化を精度良く検知することが可能になる。

[0098] 本実施形態によれば、対象ＳＡＲ画像は、対象領域を実際に観測した各画素の観測値から構成される。評価指標は、複数である。評価指標は、対象ＳＡＲ画像を構成する観測値が、模擬ＳＡＲ画像を構成する予測値と矛盾していない程度を確率的に評価した指標である。

[0099] これにより、模擬ＳＡＲ画像の信頼性を考慮して、対象ＳＡＲ画像を評価することができる。従って、ＳＡＲ画像を用いて対象領域の変化を精度良く

検知することが可能になる。

[0100] 本実施形態によれば、信号処理装置１００は、評価指標を用いて、対象領域の変化を検知する変化検知部１０３をさらに備える。

[0101] これにより、評価指標を用いて、自動的に対象領域の変化を検知することができる。従って、対象領域の変化を容易に知ることが可能になる。

[0102] ＜実施形態２＞

本実施形態では、信頼性付き３次元情報の詳細例について説明する。本実施形態では、信頼性付き３次元情報が、定常状態の対象領域を観測して得られた複数の観測ＳＡＲ画像を用いて生成される例を説明する。

[0103] 本実施形態では、説明を簡明にするため、実施形態１と重複する説明は、適宜省略する。

[0104] （概要）

図１０は、実施形態２に係る信号処理システムＳＰＳの概要を示す図である。信号処理システムＳＰＳは、模擬ＳＡＲ画像生成部１０１と、評価算出部１０２と、ＳＡＲ画像記憶部２１１と、再構成部２０６とを備える。

[0105] 模擬ＳＡＲ画像生成部１０１は、定常状態の対象領域を観測した場合に得られると予測される各画素の予測値から構成される模擬ＳＡＲ画像と、当該各画素の予測値の信頼性を示す予測信頼性情報と、を含む模擬情報を生成する。模擬ＳＡＲ画像生成部１０１は、信頼性付き３次元情報と、実測値を観測した場合の観測条件とを用いて、模擬情報を生成する。

[0106] 評価算出部１０２は、模擬情報を用いて、解析対象である対象ＳＡＲ画像を評価した評価指標を求める。

[0107] ＳＡＲ画像記憶部２１１は、合成開口レーダを用いて対象領域を観測した観測値から構成される対象領域の観測ＳＡＲ画像を記憶するための記憶部である。

[0108] 再構成部２０６は、複数の観測ＳＡＲ画像を用いて、３次元情報と推定信頼性情報とを含む信頼性付き３次元情報を生成する。

[0109] ３次元情報は、対象領域を構成する３次元要素の各々についての反射強度

及び位相それぞれの推定値を含む。推定信頼性情報は、当該各３次元要素の推定値の信頼性を示す。

[0110] この信号処理システムＳＰＳによれば、ＳＡＲ画像を用いて対象領域の変化を精度良く検知することが可能になる。

[0111] 以下、実施形態２に係る信号処理システムＳＰＳの詳細例について説明する。

[0112]（詳細）

（実施形態２に係る信号処理システムＳＰＳの構成例）

図１１は、実施形態２に係る信号処理システムＳＰＳの構成例を示す図である。信号処理システムＳＰＳは、解析対象である対象ＳＡＲ画像を用いて、対象領域の変化を検知するためのシステムである。信号処理システムＳＰＳは、信号処理装置２００と、情報処理装置２１０とを備える。

[0113] 信号処理装置２００と情報処理装置２１０とは、有線、無線又はこれらを組み合わせて構成されるネットワークＮＴを介して互いに接続されている。信号処理装置２００と情報処理装置２１０とは、ネットワークＮＴを介して互いに情報を送受信する。

[0114]（実施形態２に係る情報処理装置２１０の機能的な構成例）

情報処理装置２１０は、ＳＡＲ画像記憶部２１１を備える。ＳＡＲ画像記憶部２１１は、上述の通り、対象領域の観測ＳＡＲ画像を記憶するための記憶部である。ＳＡＲ画像記憶部２１１は、定常状態の対象領域を観測した観測ＳＡＲ画像を記憶する。

[0115] ＳＡＲ画像記憶部２１１は、さらに、観測ＳＡＲ画像が観測された時の観測条件を、当該観測ＳＡＲ画像に関連付けて記憶していてもよい。ＳＡＲ画像記憶部２１１は、さらに、定常状態ではない状態（すなわち、定常状態からの変化がある状態）の対象領域を観測した観測ＳＡＲ画像を記憶してもよい。

[0116] ＳＡＲ画像記憶部２１１に記憶される情報は、情報処理装置２１０が生成してもよく、図示しない外部の装置で生成されてもよい。

[0117] （実施形態２に係る信号処理装置２００の機能的な構成例）

信号処理装置２００は、機能的に、実施形態１に係る模擬ＳＡＲ画像生成部１０１に変わる模擬ＳＡＲ画像生成部１０１と、実施形態１と同様の評価算出部１０２、変化検知部１０３、表示部１０４及び表示制御部１０５と、再構成部２０６とを備える。

[0118] なお、信号処理装置２００がＳＡＲ画像記憶部２１１をさらに備えられてもよい。この場合、信号処理システムＳＰＳは、情報処理装置２１０を備えなくてもよい。

[0119] 模擬ＳＡＲ画像生成部１０１は、再構成部２０６が生成した信頼性付き３次元情報と、実測値を観測した場合の観測条件とを用いて、模擬情報を生成する。このように、模擬ＳＡＲ画像生成部１０１は、模擬情報を生成するための信頼性付き３次元情報を再構成部２０６から取得する点を除いて、実施形態１に係る模擬ＳＡＲ画像生成部１０１と同様に構成されてよい。

[0120] 再構成部２０６は、定常状態の複数の観測ＳＡＲ画像を用いて、上述の信頼性付き３次元情報を生成する。なお、再構成部２０６は、定常状態の複数の観測ＳＡＲ画像に限らず、定常状態ではない状態の１つ又は複数の観測ＳＡＲ画像を用いて、上述の信頼性付き３次元情報を生成してもよい。

[0121] これまで、実施形態２に係る信号処理システムＳＰＳの機能的な構成例について説明した。ここから、実施形態２に係る信号処理システムＳＰＳの物理的な構成例について説明する。

[0122] （実施形態２に係る信号処理システムＳＰＳの物理的な構成例）

本実施形態に係る信号処理システムＳＰＳは、物理的に、ネットワークＮＴを介して接続された信号処理装置２００及び情報処理装置２１０から構成される。信号処理装置２００及び情報処理装置２１０の各々は、物理的に異なる単一の装置から構成される。信号処理装置２００及び情報処理装置２１０の各々は、物理的には、実施形態１に係る信号処理装置１００と同様に構成されるとよい。

[0123] なお、信号処理装置２００及び情報処理装置２１０が物理的に単一の装置

から構成されてもよく、この場合、信号処理装置２００及び情報処理装置２１０はネットワークＮＴの代わりに、内部のバス１０１０を用いて接続されるとよい。また、信号処理装置２００及び情報処理装置２１０の一方又は両方は、物理的に、ネットワークＮＴなどの適宜の通信回線を介して接続された複数の装置から構成されてもよい。

[0124] これまで、実施形態２に係る信号処理システムＳＰＳの構成例について説明した。ここから、実施形態２に係る信号処理システムＳＰＳの動作例について説明する。

[0125] （実施形態２に係る信号処理システムＳＰＳの動作例）

図１２は、実施形態２に係る信号処理の例を示すフローチャートである。本実施形態に係る信号処理は、実施形態１に係る信号処理に含まれる処理に加えて、３次元情報生成処理（ステップＳ２０１）を含む。

[0126] （ステップＳ２０１：３次元情報生成処理の例）

再構成部２０６は、複数の観測ＳＡＲ画像を用いて、３次元情報と推定信頼性情報とを含む信頼性付き３次元情報を生成する（ステップＳ２０１）。

[0127] 詳細には例えば、再構成部２０６は、ＳＡＲ画像記憶部２１１に記憶された定常状態の観測ＳＡＲ画像と、それに関連付けられた観測条件との複数の組み合わせを取得する。なお、再構成部２０６は、定常状態ではない状態の観測ＳＡＲ画像と、それに関連付けられた観測条件との１つ以上の組み合わせを取得してもよい。

[0128] 再構成部２０６は、取得した観測ＳＡＲ画像及び観測条件を用いて、信頼性付き３次元情報を生成する。

[0129] 信頼性付き３次元情報は、上述のように、３次元情報と、当該３次元情報の信頼性を示す推定信頼性情報とを含む。３次元情報は、３次元画像を含む。３次元画像は、これを構成する複数のボクセルの各々に対応するボクセル値を含む。ボクセル値は、例えば、反射強度と位相とを含む複素数値である。また例えば、ボクセル値は、３次元の複素反射強度分布であってもよい。

[0130] なお、３次元情報は、温度、変位などをさらに含んでもよい。３次元画像

は、各点の反射強度と位相とを含む情報とを含む３次元点群データであらわあされてもよい。

[0131]（３次元画像の生成方法の例）

３次元画像を生成するための技術の１つに、ＳＡＲトモグラフィがある。ＳＡＲトモグラフィは、複数の観測ＳＡＲ画像を用いて、画素ごとにエレベーション方向の複素反射強度分布を推定する手法である。なお、３次元画像を生成するための技術には、一般的な技術が用いられればよく、ここで説明するＳＡＲトモグラフィに限られない。

[0132] エレベーション方向は、例えば、アジマス－レンジ平面（ＳＡＲを搭載した飛翔体の進行方向と視線方向がなす平面）に垂直な方向である。すなわち、３次元画像は、アジマス方向、レンジ方向およびエレベーション方向を有する３次元空間における複数のボクセル値を含む。各ボクセル値は、反射強度（反射強度の推定値）と位相（位相の推定値）とを含む。

[0133] 図１３は、ＳＡＲトモグラフィを用いて、アジマス－レンジ位置ｘに位置するボクセルの複素反射強度分布を推定する例を説明するための図である。ここで、ｘは、ベクトル量であり、以下においても同様である。

[0134] 同図において、ｓは、エレベーション方向を表す。方向ｓに垂直な平面は、アジマス－レンジ平面である。また、アジマス－レンジ位置ｘは、図１３においてエレベーション方向を示す軸と、飛翔体である衛星ＳＴの視線方向を示す軸との交点である。なお、同図における衛星ＳＴ＿１・・・ＳＴ＿ｎ，ＳＴ＿Ｎは、異なる時点の衛星ＳＴを示す。Ｎは、１より大きい整数である。ｎは、１以上Ｎ以下の整数である。

[0135] 再構成部２０６は、複数の観測ＳＡＲ画像を用いて、観測期間に亘って恒常的に存在する建造物の高さ、反射強度、位相をそれぞれ示す複素反射強度分布を画素ごとに推定する。再構成部２０６は、画素ごとに得られた複素反射強度を組み合わせることで、対象領域における３次元の複素反射強度分布を含む３次元画像を生成する。

[0136] なお、再構成部２０６は、３次元の定常状態の３次元画像を生成するため

に、僅かに異なる軌道からの観測に基づく複数の観測ＳＡＲ画像が用る。そのため、再構成部２０６は、複数の観測ＳＡＲ画像を取得する。

[0137] 図１３の上段には、１回目からＮ回目までのＳＡＲ衛星による観測が示されている。Ｎは、総観測回数に相当する。図１３に示す１回目からＮ回目までの観測は、エレベーション方向に対する合成開口に相当する。ｎ回目の観測において、アジマス－レンジ位置ｘに相当する画素に記録された受信信号（複素信号）と、その画素における複素反射強度分布の関係式は、例えば、次の式（１）で表される。

[0138] [数1]

$$g_{\mathrm{obs}}(x,n) = \boldsymbol{r}(x,n) \cdot \boldsymbol{\alpha}\,(x,n) \quad \cdots \text{式}(1)$$

[0139] 式（１）におけるg_{obs}（ｘ，ｎ）は、アジマス－レンジ位置ｘに相当する画素に記録された受信信号（複素信号）を表す。式（１）におけるｒ（ｘ，ｎ）は、アジマス－レンジ位置ｘに相当する画素におけるステアリングベクトルを表す。式（１）におけるα（ｘ，ｎ）は、アジマス－レンジ位置ｘに相当する画素における複素反射強度分布を表すベクトルである。

[0140] ステアリングベクトルｒ（ｘ，ｎ）は、例えば、撮影条件から得ることができ、次の式（２）で表される。

[0141] [数2]

$$\boldsymbol{r}(x,n) = [\exp(-4\mathrm{j}\pi k_{\mathrm{n}} s_1), \ldots, \exp(-4\mathrm{j}\pi k_{\mathrm{n}} s_{\mathrm{L}})] \in \mathbb{C}^{1\times L} \quad \cdots \text{式}(2)$$

[0142] 式（２）におけるk_nは、高度－位相変換係数（位相と高度との間を変換する係数）を表す。s_l（ｌ＝１，・・・，Ｌ）は、エレベーション方向の位置を表す。

[0143] なお、ステアリングベクトルは、式（２）以外の式で表現されてもよい。例えば、気温や変位の影響が考慮されたステアリングベクトルが用いられてもよい。ｊは、虚数単位である。πは、円周率である。Expは、ネイピア数を底とする指数関数を表す。Ｃは、複素数を表す。

[0144] 再構成部２０６は、１～Ｎ回目の観測値に基づいて定まる式（１）（２）

を用いて、最適化問題を解くことによって、アジマス－レンジ位置ｘに相当する画素における恒常的に存在する建造物の複素反射強度分布αを求める。

[0145] 言い換えると、再構成部２０６は、建造物等を含む対象領域が撮影されたＮ回分の観測データと、Ｎ回分のステアリングベクトルとが適合するように複素反射強度分布を決めることによって、建造物の複素反射強度分布αを求める。

[0146] 図１３の下段には、再構成部２０６が求めた建造物の複素反射強度分布αの絶対値｜αbg｜の例が示されている。これらの建造物は、アジマス－レンジ位置ｘに相当する画素における恒常的に存在する建造物である。図１３の下段に示すグラフの縦軸は、反射強度であり、絶対値｜αbg｜に相当する。当該グラフの横軸は、エレベーション位置を示す。

[0147] 図１３に示す複素反射強度分布αは、エレベーション位置ｓｌ１（地面）、ｓｌ２（家）、ｓｌ３（ビル）において大きい値を示す。すなわち、位置ｘにおける受信信号は、エレベーション位置ｓｌ１、ｓｌ２、ｓｌ３における複素反射強度が重なり合った信号である。より正確には、位置ｘにおける受信信号は、エレベーション方向の複素反射強度分布のフーリエ変換の結果に相当する。

[0148] ＳＡＲトモグラフィを用いる場合、このようにして画素ごとに求めた複素反射強度を組み合わせることで、対象領域における３次元の複素反射強度分布を含む３次元画像を生成することができる。

[0149]（信頼性付き３次元情報の詳細例）

再構成部２０６は、ＳＡＲトモグラフィなどを用いて、信頼性付き３次元情報を生成する。信頼性付き３次元情報は、以下に例示する、第１の信頼性付き３次元情報、第２の信頼性付き３次元情報のいずれでもよい。なお、信頼性付き３次元情報は、これらに限られない。

[0150]（第１の信頼性付き３次元情報について）

第１の信頼性付き３次元情報は、各アジマス・レンジ・エレベーション位置における反射強度と位相の推定値を含む３次元情報と、各推定値の信頼性

を示す指標値を含む推定信頼性情報とを含む。第１の信頼性付き３次元情報は、さらに、温度、変位などの少なくとも１つ以上を含んでもよい。

[0151] （１）例えば、再構成部２０６は、反射強度と位相とのそれぞれについて、受信信号と３次元情報から予測される予測信号との差異を評価することによって、推定信頼性情報を求めてもよい。

[0152] 差異を評価する手法は、種々である。

[0153] 例えば、受信信号と予測信号との差異は、受信信号と予測信号との差（例えば、差分２乗誤差、絶対値差分など）を用いて評価されてもよい。この場合、推定信頼性情報は、受信信号と予測信号との差を含むとよい。

[0154] 例えば、受信信号と予測信号との差異は、受信信号と予測信号の差に再構成された３次元情報の複雑性を表現する項を加えた関数を用いて評価されてもよい。この場合、推定信頼性情報は、受信信号と予測信号の差に再構成された３次元情報の複雑性を表現する項を加えた関数を用いた値（例えば、ＬＡＳＳＯ回帰やＲｉｄｇｅ回帰などにおける損失関数の値）を含むとよい。

[0155] 損失関数の例として、以下の式（３）を挙げることができる。

[0156] $||g_{obs}(x, n) - r(x, n) \cdot \alpha(x)||_2^2 + \lambda||\alpha(x)||_p$ ・・・式（３）

[0157] 式（３）において、$||\cdot||_p$はＬ$_p$ノルムを表し、λは正則化定数を表す。式（３）において、ｐ＝１の場合がＬＡＳＳＯ回帰における損失関数の例である。式（３）において、ｐ＝２の場合がＲｉｄｇｅ回帰における損失関数の例である。なお、損失関数はこれに限られない。

[0158] 例えば、受信信号と予測信号との差異は、交差検証を用いて評価されてもよい。交差検証は、予測値との差を評価するために用いる受信信号を、３次元情報の生成に用いた受信信号と異なる受信信号とすることで、再構成された３次元情報の汎化性能を評価する手法である。この場合、推定信頼性情報は、予測値との差を評価するために用いる受信信号を、３次元情報の生成に用いた受信信号と異なる受信信号とすることで、再構成された３次元情報の汎化性能を示す値を含むとよい。

[0159] 詳細には例えば、３次元情報の生成に用いた受信信号と異なる受信信号は、３次元情報の再構成に用いられていない受信信号である。この場合、交差検証で得られる値は、３次元情報の再構成に用いられていない受信信号に対して、例えば予測信号と受信信号の差を評価した値である。

[0160] より詳細には例えば、再構成部２０６は、１からＮ回目の観測のうち、ｍ回目の観測を除いたＮ－１回分の観測で得られる受信信号（観測値）を用いて３次元情報を再構成する。この場合、再構成部２０６は、以下の式（４）を用いて信頼性を評価する値を求め、この値を含む推定信頼性情報を生成するとよい。なお、交差検証の方法はこれに限られない。

[0161] $||g_{obs}(x, m) - r(x, m) \cdot \alpha(x)||_2^2$ ・・・式（４）

[0162] 式（４）において、$||\cdot||_2$はＬ$_2$ノルムを表す。また、$g_{obs}(x, m)$は、ｍ回目の観測で得られる受信信号、すなわち、３次元情報の再構成に用いられていない受信信号を表す。$r(x, m) \cdot \alpha(x)$は、ｍ回目の観測値を除くＮ－１回分の観測から再構成された３次元情報に基づいて予測される予測信号を表す。

[0163] （２）例えば、再構成部２０６は、３次元情報における各推定値が、取り得る値の中でどの程度確からしいかを評価することによって、推定信頼性情報を求めてもよい。この評価は、例えば、ベイズ推定によって得られた各推定値の事後分布のパラメータ（分散値、信頼区間など）、後分布の形状などを用いて表されるとよい。この場合、推定信頼性情報は、３次元情報における各推定値が、取り得る値の中でどの程度確からしいかを示す値を含むとよい。

[0164] （第２の信頼性付き３次元情報について）

第２の信頼性付き３次元情報は、３次元要素の各々についての反射強度及び位相とそれぞれの確からしさとの関係を表す関数を含んでもよい。すなわち、再構成部２０６は、信頼性付き３次元情報として、３次元要素の各々についての反射強度及び位相とそれぞれの確からしさとの関係を表す関数を求めてもよい。

[0165] 反射強度及び位相とそれぞれの確からしさとの関係を表す関数は、例えば、事後分布、

事後分布の統計的指標、事後サンプリングされた３次元情報(反射強度と位相の推定値)の候補群の少なくとも１つを含むとよい。統計的指標は、平均値、最頻値、分散、標準偏差、信頼区間の少なくとも１つでよい。

[0166] (実施形態２に係るステップＳ１０１：模擬情報生成処理の例)

図１２を再び参照する。

模擬ＳＡＲ画像生成部１０１は、模擬情報を生成する（ステップＳ１０１）。

[0167] 本実施形態に係るステップＳ１０１では、模擬ＳＡＲ画像生成部１０１は、ステップＳ２０１にて生成された信頼性付き３次元情報を用いて、模擬情報を生成する。例えば、模擬ＳＡＲ画像生成部１０１は、対象ＳＡＲ画像の測定条件からステアリングベクトルを求めて、信頼性付き３次元情報から模擬情報を生成する

[0168] 詳細には例えば、ステップＳ２０１にて第１の信頼性付き３次元情報が生成された場合、模擬ＳＡＲ画像生成部１０１は、模擬ＳＡＲ画像と推定信頼性情報とを用いた統計処理によって、予測信頼性情報を求めるとよい。

[0169] ステップＳ２０１にて第２の信頼性付き３次元情報が生成された場合、模擬ＳＡＲ画像生成部１０１は、信頼性付き３次元情報から推定される複数の模擬複素信号候補と当該複数の模擬複素信号候補それぞれの確からしさとを推定するとよい。

[0170] そして、模擬ＳＡＲ画像生成部１０１は、信頼性情報として、尤もらしい模擬複素信号を選定または生成するとよい。例えば、３次元要素の各々についての反射強度及び位相とそれぞれの確からしさとの関係を表す関数が、模擬ＳＡＲ画像生成部１０１入力されたとする。この場合の尤もらしい模擬複素信号は、例えば、当該入力された関数の条件下で模擬ＳＡＲ画像における予測信号を推定した場合に最も確率が高くなる模擬複素信号である。

[0171] ステップＳ１０２～Ｓ１０４は、実施形態１で説明したそれぞれと同様で

よい。

[0172] この信号処理を実行することで、複数の観測ＳＡＲ画像を用いて信頼性付き３次元情報を生成することができる。そして、当該信頼性付き３次元情報を用いて模擬情報を生成し、当該模擬情報を用いて対象ＳＡＲ画像の評価指標を求めることができる。

[0173] （作用・効果）

以上、本実施形態によれば、信号処理装置２００は、再構成部２０６を備える。

[0174] 再構成部２０６は、複数の観測ＳＡＲ画像を用いて、３次元情報と推定信頼性情報とを含む信頼性付き３次元情報を生成する。３次元情報は、対象領域を構成する３次元要素の各々についての反射強度及び位相それぞれの推定値を含む。推定信頼性情報は、当該各３次元要素の推定値の信頼性を示す。

[0175] また、模擬ＳＡＲ画像生成部１０１は、信頼性付き３次元情報と、実測値を観測した場合（対象ＳＡＲ画像）の観測条件とを用いて、模擬情報を生成する。なお、対象ＳＡＲ画像は、１つであってもよく、複数であってもよい。また、対象ＳＡＲ画像は、ＳＡＲ画像記憶部２１１に記憶された観測ＳＡＲ画像の中から、例えば適宜指定される１つ又は複数を含んでもよく、ＳＡＲ画像記憶部２１１に記憶されていない新たな観測ＳＡＲ画像などを含んでもよい。

[0176] これにより、複数の観測ＳＡＲ画像を用いて信頼性付き３次元情報を生成することができる。そして、当該信頼性付き３次元情報を用いて模擬情報を生成し、当該模擬情報を用いて対象ＳＡＲ画像の評価指標を求めることができる。そのため、模擬ＳＡＲ画像の信頼性を考慮して、対象ＳＡＲ画像を評価することができる。従って、ＳＡＲ画像を用いて対象領域の変化を精度良く検知することが可能になる。

[0177] 本実施形態によれば、再構成部２０６は、反射強度と位相とのそれぞれについて、受信信号と３次元情報から予測される予測信号との差異を評価することによって、推定信頼性情報を求める。

[0178] これにより、複数の観測ＳＡＲ画像を用いて信頼性付き３次元情報を生成することができる。そのため、上述のように、模擬ＳＡＲ画像の信頼性を考慮して、対象ＳＡＲ画像を評価することができる。従って、ＳＡＲ画像を用いて対象領域の変化を精度良く検知することが可能になる。

[0179] 本実施形態によれば、再構成部２０６は、３次元情報における各推定値が、取り得る値の中でどの程度確からしいかを評価することによって、推定信頼性情報を求める。

[0180] これにより、複数の観測ＳＡＲ画像を用いて信頼性付き３次元情報を生成することができる。そのため、上述のように、模擬ＳＡＲ画像の信頼性を考慮して、対象ＳＡＲ画像を評価することができる。従って、ＳＡＲ画像を用いて対象領域の変化を精度良く検知することが可能になる。

[0181] 本実施形態によれば、模擬ＳＡＲ画像生成部１０１は、模擬ＳＡＲ画像と推定信頼性情報とを用いた統計処理によって、予測信頼性情報を求める。

[0182] これにより、信頼性付き３次元情報を用いて、予測信頼性情報を含む模擬情報を生成し、当該模擬情報を用いて対象ＳＡＲ画像の評価指標を求めることができる。そのため、模擬ＳＡＲ画像の信頼性を考慮して、対象ＳＡＲ画像を評価することができる。従って、ＳＡＲ画像を用いて対象領域の変化を精度良く検知することが可能になる。

[0183] 本実施形態によれば、再構成部２０６は、信頼性付き３次元情報として、３次元要素の各々についての反射強度及び位相とそれぞれの確からしさとの関係を表す関数を求める。

[0184] これにより、複数の観測ＳＡＲ画像を用いて信頼性付き３次元情報を生成することができる。そのため、上述のように、模擬ＳＡＲ画像の信頼性を考慮して、対象ＳＡＲ画像を評価することができる。従って、ＳＡＲ画像を用いて対象領域の変化を精度良く検知することが可能になる。

[0185] 本実施形態によれば、模擬ＳＡＲ画像生成部１０１は、信頼性付き３次元情報から推定される複数の模擬複素信号候補と当該複数の模擬複素信号候補それぞれの確からしさとを推定し、信頼性情報として、尤もらしい模擬複素

信号を選定または生成する。

[0186] これにより、信頼性付き３次元情報を用いて、予測信頼性情報を含む模擬情報を生成し、当該模擬情報を用いて対象ＳＡＲ画像の評価指標を求めることができる。そのため、模擬ＳＡＲ画像の信頼性を考慮して、対象ＳＡＲ画像を評価することができる。従って、ＳＡＲ画像を用いて対象領域の変化を精度良く検知することが可能になる。

[0187] ＜実施形態３＞

本実施形態では、評価指標が、模擬ＳＡＲ画像と対象ＳＡＲ画像との対応する画素ごとに観測値が観測される事後確率である例を説明する。

[0188] 本実施形態では、説明を簡明にするため、実施形態１と重複する説明は、適宜省略する。

[0189] 本実施形態に係る評価算出部１０２（例えば、図３参照）は、模擬情報と対象ＳＡＲ画像とを用いて、対応する画素ごとの評価指標を求める。評価指標の各々は、模擬ＳＡＲ画像と対象ＳＡＲ画像との対応する画素ごとに観測値が観測される事後確率である。

[0190] （実施形態３に係るステップＳ１０２：評価指標取得処理の例）

実施形態３に係るステップＳ１０２（例えば、図７参照）では、評価算出部１０２は、模擬情報と対象ＳＡＲ画像とを用いて、対応する画素ごとの評価指標（事後確率）を求める（ステップＳ１０２）。

[0191] 詳細には例えば、評価算出部１０２は、模擬情報が予測分布を含む場合、予測分布に対応する測定条件の下で、対象ＳＡＲ画像に含まれる観測値が観測される条件付確率を事後確率として求めるとよい。

[0192] また例えば、評価算出部１０２は、模擬情報が模擬ＳＡＲ画像と予測分布の統計的指標（予測信頼性情報）とを含む場合、複素平面上における観測値と予測値との距離を予測分布の標準偏差で規格化した値を、事後確率として求めてもよい。観測値は、対象ＳＡＲ画像の各画素における画素値に相当する。予測値は、模擬ＳＡＲ画像の各画素における画素値に相当する。このとき、予測分布は、円対称複素正規分布と仮定されてもよい。

[0193] なお、事後確率を求める方法は、これらに限られない。また、本実施形態では、図３，７を参照して説明したが、本実施形態に係る評価算出部１０２及び評価指標取得処理（ステップＳ１０２）は、例えば実施形態２に適用されてもよい。

[0194] （作用・効果）

以上、本実施形態によれば、評価指標の各々は、模擬ＳＡＲ画像と対象ＳＡＲ画像との対応する画素ごとに前記観測値が観測される事後確率である。評価算出部１０２は、模擬情報と対象ＳＡＲ画像とを用いて、対応する画素ごとの評価指標を求める。

[0195] これにより、模擬ＳＡＲ画像と予測信頼性情報とを用いて、対象ＳＡＲ画像の評価指標としての事後確率を求めることができる。そのため、模擬ＳＡＲ画像の信頼性を考慮して、対象ＳＡＲ画像を評価することができる。従って、ＳＡＲ画像を用いて対象領域の変化を精度良く検知することが可能になる。

[0196] ＜実施形態４＞

本実施形態では、評価指標が、模擬ＳＡＲ画像と複数の対象ＳＡＲ画像との対応する画素ごとに観測値が観測される同時確率である例を説明する。本実施形態では、対象ＳＡＲ画像は、複数である。

[0197] 本実施形態では、説明を簡明にするため、実施形態１と重複する説明は、適宜省略する。

[0198] 本実施形態に係る評価算出部１０２（例えば、図３参照）は、複数の評価指標を求める。複数の評価指標の各々は、模擬ＳＡＲ画像と複数の対象ＳＡＲ画像との対応する画素ごとに観測値が観測される同時確率である。

[0199] 図１４は、実施形態４に係る評価算出部１０２の機能的な構成例を示す図である。本実施形態に係る評価算出部１０２は、事後確率算出部１０２ａと、同時確率算出部１０２ｂとを含む。

[0200] 事後確率算出部１０２ａは、模擬情報と複数の対象ＳＡＲ画像の各々とを用いて、対応する画素ごとに、観測値が観測される事後確率を求める。

[0201] 同時確率算出部１０２ｂは、複数の対象ＳＡＲ画像の各々を用いて求められた事後確率を、対応する画素ごとに結合することで、対応する画素ごとの評価指標を求める。

[0202] （実施形態４に係るステップＳ１０２：評価指標取得処理の例）

実施形態４に係るステップＳ１０２（例えば、図７参照）では、評価算出部１０２は、模擬ＳＡＲ画像と複数の対象ＳＡＲ画像との対応する画素ごとに観測値が観測される同時確率を、評価指標として求める（ステップＳ１０２）。

[0203] 図１５は、実施形態４に係る評価指標取得処理（ステップＳ１０２）の詳細例を示すフローチャートである。

[0204] 事後確率算出部１０２ａは、すべての対象ＳＡＲ画像の各々について、ステップＳ４０２～Ｓ４０３を繰り返す（ステップＳ４０１；ループＡ）。事後確率算出部１０２ａは、処理対象である対象ＳＡＲ画像と模擬ＳＡＲ画像との対応する画素の各々について、ステップＳ４０３を繰り返す（ステップＳ４０２；ループＢ）。

[0205] 事後確率算出部１０２ａは、模擬情報と、ループＡにおける処理対象である対象ＳＡＲ画像と、を用いて、ループＢにおける処理対象である画素について、当該画素に対応する観測値が観測される事後確率を求める（ステップＳ４０３）。

[0206] この観測値は、処理対象である対象ＳＡＲ画像に含まれる画素値に相当する。ステップＳ４０３にて事後確率を求める方法には、例えば、実施形態３のステップＳ１０２にて用いられる方法のいずれかが用いられるとよい。なお、事後確率を求める方法は、実施形態３で説明した方法に限られない。

[0207] ステップＳ４０１～Ｓ４０３を実行することで、事後確率算出部１０２ａは、模擬情報と複数の対象ＳＡＲ画像の各々とを用いて、対応する画素ごとに、観測値が観測される事後確率を求めることができる。

[0208] 同時確率算出部１０２ｂは、複数の対象ＳＡＲ画像の各々を用いて求められた事後確率を、対応する画素ごとに結合する。これにより、同時確率算出

部１０２ｂは、複数の対象ＳＡＲ画像にて対応する画素ごとの同時確率を、評価指標として求める（ステップＳ４０４）。

[0209] この同時確率は、対象領域の模擬ＳＡＲ画像が得られる条件下で、複数の対象ＳＡＲ画像で対応する画素ごとの観測値が同時に観測される確率である。

[0210] なお、本実施形態では、図３，７を参照して説明したが、本実施形態に係る評価算出部１０２及び評価指標取得処理（ステップＳ１０２）は、例えば実施形態２に適用されてもよい。

[0211]（作用・効果）

以上、本実施形態によれば、評価指標の各々は、模擬ＳＡＲ画像と複数の対象ＳＡＲ画像との対応する画素ごとに観測値が観測される同時確率である。

[0212] 評価算出部１０２は、事後確率算出部１０２ａと、同時確率算出部１０２ｂとを含む。事後確率算出部１０２ａは、模擬情報と複数の対象ＳＡＲ画像の各々とを用いて、対応する画素ごとに、観測値が観測される事後確率を求める。同時確率算出部１０２ｂは、複数の対象ＳＡＲ画像の各々を用いて求められた事後確率を対応する画素ごとに結合することで、対応する画素ごとの評価指標を求める。

[0213] これにより、模擬ＳＡＲ画像と予測信頼性情報とを用いて、複数の対象ＳＡＲ画像の評価指標としての同時確率を求めることができる。そのため、模擬ＳＡＲ画像の信頼性を考慮して、複数の対象ＳＡＲ画像をより精度良く評価することができる。従って、ＳＡＲ画像を用いて対象領域の変化を精度良く検知することが可能になる。

[0214]＜実施形態５＞

本実施形態では、評価指標が、模擬ＳＡＲ画像と対象ＳＡＲ画像との対応する画素群ごとに観測値が観測される同時確率である例を説明する。

[0215] 本実施形態では、説明を簡明にするため、実施形態１と重複する説明は、適宜省略する。

[0216] 本実施形態に係る評価算出部１０２（例えば、図３参照）は、複数の評価指標を求める。複数の評価指標の各々は、模擬ＳＡＲ画像と対象ＳＡＲ画像との対応する画素群ごとに観測値が観測される同時確率である。

[0217] 図１６は、実施形態５に係る評価算出部１０２の機能的な構成例を示す図である。本実施形態に係る評価算出部１０２は、事後確率算出部１０２ｃと、同時確率算出部１０２ｄとを含む。

[0218] 事後確率算出部１０２ｃは、模擬情報と対象ＳＡＲ画像とを用いて、模擬ＳＡＲ画像と対象ＳＡＲ画像との対応する画素ごとに、観測値が観測される事後確率を求める。

[0219] 同時確率算出部１０２ｄは、模擬ＳＡＲ画像と対象ＳＡＲ画像との対応する画素群ごとに、当該画素群を構成する各画素について求められた事後確率を結合することで、当該対応する画素群ごとの評価指標を求める。

[0220] 模擬ＳＡＲ画像と対象ＳＡＲ画像との対応する画素群は、例えば、予め定められる１つ又は複数の範囲内の複数の画素から構成されるとよい。予め定められる複数の範囲は、例えば、模擬ＳＡＲ画像と対象ＳＡＲ画像との全体を、互いに重複することなく含むように定められるとよい。

[0221] なお、予め定められる複数の範囲は、一部が互いに重複してもよく、すべてが互いに重複しなくておもよい。また、予め定められる１つ又は複数の範囲は、模擬ＳＡＲ画像と対象ＳＡＲ画像との対応する一部の領域について定められてもよい。

[0222] （実施形態５に係るステップＳ１０２：評価指標取得処理の例）

実施形態５に係るステップＳ１０２（例えば、図７参照）では、評価算出部１０２は、模擬ＳＡＲ画像と対象ＳＡＲ画像との対応する画素群ごとに観測値が観測される同時確率を、評価指標として求める（ステップＳ１０２）。

[0223] 図１７は、実施形態５に係る評価指標取得処理（ステップＳ１０２）の詳細例を示すフローチャートである。

[0224] 事後確率算出部１０２ｃは、模擬情報に含まれる模擬ＳＡＲ画像と対象Ｓ

ＡＲ画像との対応する画素の各々について、ステップＳ５０２を繰り返す（ステップＳ５０１；ループＣ）。

[0225] 事後確率算出部１０２ｃは、模擬情報と対象ＳＡＲ画像とを用いて、ループＣにおける処理対象である画素について、当該画素に対応する観測値が観測される事後確率を求める（ステップＳ５０２）。

[0226] この観測値は、対象ＳＡＲ画像に含まれる画素値に相当する。ステップＳ５０２にて事後確率を求める方法には、例えば、実施形態３のステップＳ１０２にて用いられる方法のいずれかが用いられるとよい。なお、事後確率を求める方法は、実施形態３で説明した方法に限られない。

[0227] ステップＳ５０１～Ｓ５０２を実行することで、事後確率算出部１０２ｃは、模擬情報と対象ＳＡＲ画像とを用いて、模擬ＳＡＲ画像と対象ＳＡＲ画像との対応する画素ごとに、観測値が観測される事後確率を求めることができる。

[0228] 同時確率算出部１０２ｄは、模擬ＳＡＲ画像と対象ＳＡＲ画像との対応する画素群の各々について、ステップＳ５０４を繰り返す（ステップＳ５０３；ループＤ）。

[0229] 同時確率算出部１０２ｄは、処理対象である画素群について、当該画素群を構成する各画素についてステップＳ５０２にて求められた事後確率を結合する。これにより、同時確率算出部１０２ｄは、ことで、処理対象である画素群の評価指標を求める（ステップＳ５０４）。

[0230] ステップＳ５０１～Ｓ５０２を実行することで、同時確率算出部１０２ｄは、模擬ＳＡＲ画像と対象ＳＡＲ画像との対応する画素群ごとに観測値が観測される同時確率を求めることができる。

[0231] この同時確率は、対象領域の模擬ＳＡＲ画像が得られる条件下で、対象ＳＡＲ画像に含まれる画素群の観測値が同時に観測される確率である。

[0232] なお、本実施形態では、図３，７を参照して説明したが、本実施形態に係る評価算出部１０２及び評価指標取得処理（ステップＳ１０２）は、例えば実施形態２に適用されてもよい。

[0233] （作用・効果）

以上、本実施形態によれば、評価指標の各々は、模擬ＳＡＲ画像と対象ＳＡＲ画像との対応する画素群ごとに前記観測値が観測される同時確率である。

[0234] 評価算出部１０２は、事後確率算出部１０２ｃと、同時確率算出部１０２ｄとを含む。事後確率算出部１０２ｃ模擬情報と対象ＳＡＲ画像とを用いて、対応する画素ごとに、観測値が得られる事後確率を求める。同時確率算出部１０２ｄは、対応する画素群ごとに、当該画素群を構成する各画素について求められた事後確率を結合することで、対応する画素群ごとの評価指標を求める。

[0235] これにより、模擬ＳＡＲ画像と予測信頼性情報とを用いて、対象ＳＡＲ画像に含まれる画素群の評価指標としての同時確率を求めることができる。そのため、模擬ＳＡＲ画像の信頼性を考慮して、複数の対象ＳＡＲ画像をより精度良く評価することができる。従って、ＳＡＲ画像を用いて対象領域の変化を精度良く検知することが可能になる。

[0236] 以上、図面を参照して本発明の実施形態及び変形例について述べたが、これらは本発明の例示であり、上記以外の様々な構成を採用することもできる。

[0237] また、上述の説明で用いた複数のフローチャートでは、複数の工程（処理）が順番に記載されているが、実施の形態の各々で実行される工程の実行順序は、その記載の順番に制限されない。実施形態の各々では、図示される工程の順番を内容的に支障のない範囲で変更することができる。また、上述の実施形態及び変形例は、内容が相反しない範囲で組み合わせることができる。

[0238] 上記の実施形態の一部または全部は、以下の付記のようにも記載されうるが、以下に限られない。

[0239] １． 定常状態の対象領域を観測した場合に得られると予測される各画素の予測値から構成される模擬ＳＡＲ画像と、当該各画素の予測値の信頼性を示

す予測信頼性情報と、を含む模擬情報を生成する模擬ＳＡＲ画像生成手段と、

前記模擬情報を用いて、解析対象である対象ＳＡＲ画像を評価した評価指標を求める評価算出手段とを備える

信号処理装置。

２．　前記模擬ＳＡＲ画像及び前記対象ＳＡＲ画像の各々は、２次元の複素画像である

１．に記載の信号処理装置。

３．　前記各画素の予測値は、前記対象ＳＡＲ画像と同じ観測条件で前記定常状態の前記対象領域を観測した場合に得られると予測される反射強度成分及び位相成分を含む複素数値である

１．又は２．に記載の信号処理装置。

４．　前記予測信頼性情報は、前記予測値の確率的な分布を示す予測分布、当該予測分布の統計的指標、前記予測値である確率、の少なくとも１つを含む

１．から３．のいずれか１つに記載の信号処理装置。

５．　前記対象ＳＡＲ画像は、前記対象領域を実際に観測した各画素の観測値から構成され、

前記評価指標は、複数であり、

前記評価指標は、前記対象ＳＡＲ画像を構成する前記観測値が、前記模擬ＳＡＲ画像を構成する前記予測値と矛盾していない程度を確率的に評価した指標である

１．から４．のいずれか１つに記載の信号処理装置。

６．　前記評価指標の各々は、前記模擬ＳＡＲ画像と前記対象ＳＡＲ画像との対応する画素ごとに前記観測値が観測される事後確率であり、

前記評価算出手段は、前記模擬情報と前記対象ＳＡＲ画像とを用いて、前記対応する画素ごとの前記評価指標を求める

５．に記載の信号処理装置。

７．　前記評価指標の各々は、前記模擬ＳＡＲ画像と複数の前記対象ＳＡＲ画像との対応する画素ごとに前記観測値が観測される同時確率であり、

前記評価算出手段は、

前記模擬情報と前記複数の対象ＳＡＲ画像の各々とを用いて、前記対応する画素ごとに、前記観測値が観測される事後確率を求める事後確率算出手段と、

前記複数の対象ＳＡＲ画像の各々を用いて求められた事後確率を前記対応する画素ごとに結合することで、前記対応する画素ごとの前記評価指標を求める同時確率算出手段とを含む

５．に記載の信号処理装置。

８．　前記評価指標の各々は、前記模擬ＳＡＲ画像と前記対象ＳＡＲ画像との対応する画素群ごとに前記観測値が観測される同時確率であり、

前記評価算出手段は、

前記模擬情報と前記対象ＳＡＲ画像とを用いて、前記対応する画素ごとに、前記観測値が得られる事後確率を求める事後確率算出手段と、

前記対応する画素群ごとに、当該画素群を構成する各画素について求められた事後確率を結合することで、前記対応する画素群ごとの前記評価指標を求める同時確率算出手段とを含む

５．に記載の信号処理装置。

９．　前記評価指標を用いて、前記対象領域の変化を検知する変化検知手段をさらに備える

１．から８．のいずれか１つに記載の信号処理装置。

１０．　複数の観測ＳＡＲ画像を用いて、前記対象領域を構成する３次元要素の各々についての反射強度及び位相それぞれの推定値を含む３次元情報と、当該各３次元要素の推定値の信頼性を示す推定信頼性情報と、を含む信頼性付き３次元情報を生成する再構成手段をさらに備え、

前記模擬ＳＡＲ画像生成手段は、前記信頼性付き３次元情報と、前記実測値を観測した場合の観測条件とを用いて、前記模擬情報を生成する

１．から９．のいずれか１つに記載の信号処理装置。

１１．　前記再構成手段は、反射強度と位相とのそれぞれについて、受信信号と前記３次元情報から予測される予測信号との差異を評価することによって、前記推定信頼性情報を求める

１０．に記載の信号処理装置。

１２．　前記再構成手段は、前記３次元情報における各推定値が、取り得る値の中でどの程度確からしいかを評価することによって、前記推定信頼性情報を求める

１０．に記載の信号処理装置。

１３．　前記模擬ＳＡＲ画像生成手段は、前記模擬ＳＡＲ画像と前記推定信頼性情報とを用いた統計処理によって、前記予測信頼性情報を求める

１１．又は１２．に記載の信号処理装置。

１４．　前記再構成手段は、前記信頼性付き３次元情報として、前記３次元要素の各々についての反射強度及び位相とそれぞれの確からしさとの関係を表す関数を求める

１０．記載の信号処理装置。

１５．　前記模擬ＳＡＲ画像生成手段は、前記信頼性付き３次元情報から推定される複数の模擬複素信号候補と当該複数の模擬複素信号候補それぞれの確からしさとを推定し、前記信頼性情報として、尤もらしい模擬複素信号を選定または生成する

１４．記載の信号処理装置。

１６．　定常状態の対象領域を観測した場合に得られると予測される各画素の予測値から構成される模擬ＳＡＲ画像と、当該各画素の予測値の信頼性を示す予測信頼性情報と、を含む模擬情報を生成する模擬ＳＡＲ画像生成手段と、

前記模擬情報を用いて、解析対象である対象ＳＡＲ画像を評価した評価指標を求める評価算出手段と

合成開口レーダを用いて前記対象領域を観測した観測値から構成される前

記対象領域の前記観測ＳＡＲ画像を記憶するためのＳＡＲ画像記憶手段と、

複数の前記観測ＳＡＲ画像を用いて、前記対象領域を構成する３次元要素の各々についての反射強度及び位相それぞれの推定値を含む３次元情報と、当該各３次元要素の推定値の信頼性を示す推定信頼性情報と、を含む信頼性付き３次元情報を生成する再構成手段をさらに備え、

前記模擬ＳＡＲ画像生成手段は、前記信頼性付き３次元情報と、前記実測値を観測した場合の観測条件とを用いて、前記模擬情報を生成する

信号処理システム。

１７．　１つ以上のコンピュータが、

定常状態の対象領域を観測した場合に得られると予測される各画素の予測値から構成される模擬ＳＡＲ画像と、当該各画素の予測値の信頼性を示す予測信頼性情報と、を含む模擬情報を生成し、

前記模擬情報を用いて、解析対象である対象ＳＡＲ画像を評価した評価指標を求める

信号処理方法。

１８．　前記模擬ＳＡＲ画像及び前記対象ＳＡＲ画像の各々は、２次元の複素画像である

１７．に記載の信号処理方法。

１９．　前記各画素の予測値は、前記対象ＳＡＲ画像と同じ観測条件で前記定常状態の前記対象領域を観測した場合に得られると予測される反射強度成分及び位相成分を含む複素数値である

１７．又は１８．に記載の信号処理方法。

２０．　前記予測信頼性情報は、前記予測値の確率的な分布を示す予測分布、当該予測分布の統計的指標、前記予測値である確率、の少なくとも１つを含む

１７．から１９．のいずれか１つに記載の信号処理方法。

２１．　前記対象ＳＡＲ画像は、前記対象領域を実際に観測した各画素の観測値から構成され、

前記評価指標は、複数であり、

前記評価指標は、前記対象ＳＡＲ画像を構成する前記観測値が、前記模擬ＳＡＲ画像を構成する前記予測値と矛盾していない程度を確率的に評価した指標である

１７．から２０．のいずれか１つに記載の信号処理方法。

２２．　前記評価指標の各々は、前記模擬ＳＡＲ画像と前記対象ＳＡＲ画像との対応する画素ごとに前記観測値が観測される事後確率であり、

前記評価指標を求めることでは、前記模擬情報と前記対象ＳＡＲ画像とを用いて、前記対応する画素ごとの前記評価指標を求める

２１．に記載の信号処理方法。

２３．　前記評価指標の各々は、前記模擬ＳＡＲ画像と複数の前記対象ＳＡＲ画像との対応する画素ごとに前記観測値が観測される同時確率であり、

前記評価指標を求めることでは、

前記模擬情報と前記複数の対象ＳＡＲ画像の各々とを用いて、前記対応する画素ごとに、前記観測値が観測される事後確率を求め、

前記複数の対象ＳＡＲ画像の各々を用いて求められた事後確率を前記対応する画素ごとに結合することで、前記対応する画素ごとの前記評価指標を求める

２１．に記載の信号処理方法。

２４．　前記評価指標の各々は、前記模擬ＳＡＲ画像と前記対象ＳＡＲ画像との対応する画素群ごとに前記観測値が観測される同時確率であり、

前記評価指標を求めることでは、

前記模擬情報と前記対象ＳＡＲ画像とを用いて、前記対応する画素ごとに、前記観測値が得られる事後確率を求め、

前記対応する画素群ごとに、当該画素群を構成する各画素について求められた事後確率を結合することで、前記対応する画素群ごとの前記評価指標を求める

２１．に記載の信号処理方法。

２５．　さらに、前記評価指標を用いて、前記対象領域の変化を検知する１７．から２４．のいずれか１つに記載の信号処理方法。

２６．　さらに、複数の観測ＳＡＲ画像を用いて、前記対象領域を構成する３次元要素の各々についての反射強度及び位相それぞれの推定値を含む３次元情報と、当該各３次元要素の推定値の信頼性を示す推定信頼性情報と、を含む信頼性付き３次元情報を生成し、

前記模擬情報を生成することでは、前記信頼性付き３次元情報と、前記実測値を観測した場合の観測条件とを用いて、前記模擬情報を生成する１７．から２５．のいずれか１つに記載の信号処理方法。

２７．　前記信頼性付き３次元情報を生成することでは、反射強度と位相とのそれぞれについて、受信信号と前記３次元情報から予測される予測信号との差異を評価することによって、前記推定信頼性情報を求める２６．に記載の信号処理方法。

２８．　前記信頼性付き３次元情報を生成することでは、前記３次元情報における各推定値が、取り得る値の中でどの程度確からしいかを評価することによって、前記推定信頼性情報を求める２６．に記載の信号処理方法。

２９．　前記模擬情報を生成することでは、前記模擬ＳＡＲ画像と前記推定信頼性情報とを用いた統計処理によって、前記予測信頼性情報を求める２７．又は２８．に記載の信号処理方法。

３０．　前記信頼性付き３次元情報を生成することでは、前記信頼性付き３次元情報として、前記３次元要素の各々についての反射強度及び位相とそれぞれの確からしさとの関係を表す関数を求める２６．記載の信号処理方法。

３１．　前記模擬情報を生成することでは、前記信頼性付き３次元情報から推定される複数の模擬複素信号候補と当該複数の模擬複素信号候補それぞれの確からしさとを推定し、前記信頼性情報として、尤もらしい模擬複素信号を選定または生成する

３０．記載の信号処理方法。

３２．　１つ以上のコンピュータに、

定常状態の対象領域を観測した場合に得られると予測される各画素の予測値から構成される模擬ＳＡＲ画像と、当該各画素の予測値の信頼性を示す予測信頼性情報と、を含む模擬情報を生成し、

前記模擬情報を用いて、解析対象である対象ＳＡＲ画像を評価した評価指標を求めることを実行させるためのプログラム。

３３．　前記模擬ＳＡＲ画像及び前記対象ＳＡＲ画像の各々は、２次元の複素画像である

３２．に記載のプログラム。

３４．　前記各画素の予測値は、前記対象ＳＡＲ画像と同じ観測条件で前記定常状態の前記対象領域を観測した場合に得られると予測される反射強度成分及び位相成分を含む複素数値である

３２．又は３３．に記載のプログラム。

３５．　前記予測信頼性情報は、前記予測値の確率的な分布を示す予測分布、当該予測分布の統計的指標、前記予測値である確率、の少なくとも１つを含む

３２．から３４．のいずれか１つに記載のプログラム。

３６．　前記対象ＳＡＲ画像は、前記対象領域を実際に観測した各画素の観測値から構成され、

前記評価指標は、複数であり、

前記評価指標は、前記対象ＳＡＲ画像を構成する前記観測値が、前記模擬ＳＡＲ画像を構成する前記予測値と矛盾していない程度を確率的に評価した指標である

３２．から３５．のいずれか１つに記載のプログラム。

３７．　前記評価指標の各々は、前記模擬ＳＡＲ画像と前記対象ＳＡＲ画像との対応する画素ごとに前記観測値が観測される事後確率であり、

前記評価指標を求めることでは、前記模擬情報と前記対象ＳＡＲ画像とを

用いて、前記対応する画素ごとの前記評価指標を求める

３６．に記載のプログラム。

３８．　前記評価指標の各々は、前記模擬ＳＡＲ画像と複数の前記対象ＳＡＲ画像との対応する画素ごとに前記観測値が観測される同時確率であり、

前記評価指標を求めることでは、

前記模擬情報と前記複数の対象ＳＡＲ画像の各々とを用いて、前記対応する画素ごとに、前記観測値が観測される事後確率を求め、

前記複数の対象ＳＡＲ画像の各々を用いて求められた事後確率を前記対応する画素ごとに結合することで、前記対応する画素ごとの前記評価指標を求める

３６．に記載のプログラム。

３９．　前記評価指標の各々は、前記模擬ＳＡＲ画像と前記対象ＳＡＲ画像との対応する画素群ごとに前記観測値が観測される同時確率であり、

前記評価指標を求めることでは、

前記模擬情報と前記対象ＳＡＲ画像とを用いて、前記対応する画素ごとに、前記観測値が得られる事後確率を求め、

前記対応する画素群ごとに、当該画素群を構成する各画素について求められた事後確率を結合することで、前記対応する画素群ごとの前記評価指標を求める

３６．に記載のプログラム。

４０．　さらに、前記評価指標を用いて、前記対象領域の変化を検知することを実行させるための

３２．から３９．のいずれか１つに記載のプログラム。

４１．　さらに、複数の観測ＳＡＲ画像を用いて、前記対象領域を構成する３次元要素の各々についての反射強度及び位相それぞれの推定値を含む３次元情報と、当該各３次元要素の推定値の信頼性を示す推定信頼性情報と、を含む信頼性付き３次元情報を生成することを実行させるためのものであり、

前記模擬情報を生成することでは、前記信頼性付き３次元情報と、前記実

測値を観測した場合の観測条件とを用いて、前記模擬情報を生成する

３２．から４０．のいずれか１つに記載のプログラム。

４２．　前記信頼性付き３次元情報を生成することでは、反射強度と位相とのそれぞれについて、受信信号と前記３次元情報から予測される予測信号との差異を評価することによって、前記推定信頼性情報を求める

４１．に記載のプログラム。

４３．　前記信頼性付き３次元情報を生成することでは、前記３次元情報における各推定値が、取り得る値の中でどの程度確からしいかを評価することによって、前記推定信頼性情報を求める

４１．に記載のプログラム。

４４．　前記模擬情報を生成することでは、前記模擬ＳＡＲ画像と前記推定信頼性情報とを用いた統計処理によって、前記予測信頼性情報を求める

４２．又は４３．に記載のプログラム。

４５．　前記信頼性付き３次元情報を生成することでは、前記信頼性付き３次元情報として、前記３次元要素の各々についての反射強度及び位相とそれぞれの確からしさとの関係を表す関数を求める

４１．記載のプログラム。

４６．　前記模擬情報を生成することでは、前記信頼性付き３次元情報から推定される複数の模擬複素信号候補と当該複数の模擬複素信号候補それぞれの確からしさとを推定し、前記信頼性情報として、尤もらしい模擬複素信号を選定または生成する

４５．記載のプログラム。

４７．３２から４６のいずれか１つに記載のプログラムが記録された記録媒体。

[0240]　この出願は、２０２３年１月１０日に出願された日本出願特願２０２３－００１６７４号を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

符号の説明

[0241] １００，２００　信号処理装置

１０１　模擬ＳＡＲ画像生成部

１０２　評価算出部

１０２ａ，１０２ｃ　事後確率算出部

１０２ｂ，１０２ｄ　同時確率算出部

１０３　変化検知部

１０４　表示部

１０５　表示制御部

２０６　再構成部

２１０　情報処理装置

２１１　ＳＡＲ画像記憶部

請求の範囲

[請求項1] 定常状態の対象領域を観測した場合に得られると予測される各画素の予測値から構成される模擬ＳＡＲ画像と、当該各画素の予測値の信頼性を示す予測信頼性情報と、を含む模擬情報を生成する模擬ＳＡＲ画像生成手段と、

前記模擬情報を用いて、解析対象である対象ＳＡＲ画像を評価した評価指標を求める評価算出手段とを備える

信号処理装置。

[請求項2] 前記各画素の予測値は、前記対象ＳＡＲ画像と同じ観測条件で前記定常状態の前記対象領域を観測した場合に得られると予測される反射強度成分及び位相成分を含む複素数値であり、

前記予測信頼性情報は、前記予測値の確率的な分布を示す予測分布、当該予測分布の統計的指標、前記予測値である確率、の少なくとも１つを含む

請求項１に記載の信号処理装置。

[請求項3] 前記対象ＳＡＲ画像は、前記対象領域を実際に観測した各画素の観測値から構成され、

前記評価指標は、複数であり、

前記評価指標は、前記対象ＳＡＲ画像を構成する前記観測値が、前記模擬ＳＡＲ画像を構成する前記予測値と矛盾していない程度を確率的に評価した指標である

請求項１又は２に記載の信号処理装置。

[請求項4] 前記評価指標の各々は、前記模擬ＳＡＲ画像と前記対象ＳＡＲ画像との対応する画素ごとに前記観測値が観測される事後確率であり、

前記評価算出手段は、前記模擬情報と前記対象ＳＡＲ画像とを用いて、前記対応する画素ごとの前記評価指標を求める

請求項３に記載の信号処理装置。

[請求項5] 前記評価指標の各々は、前記模擬ＳＡＲ画像と複数の前記対象ＳＡ

Ｒ画像との対応する画素ごとに前記観測値が観測される同時確率であり、

前記評価算出手段は、

前記模擬情報と前記複数の対象ＳＡＲ画像の各々とを用いて、前記対応する画素ごとに、前記観測値が観測される事後確率を求める事後確率算出手段と、

前記複数の対象ＳＡＲ画像の各々を用いて求められた事後確率を前記対応する画素ごとに結合することで、前記対応する画素ごとの前記評価指標を求める同時確率算出手段とを含む

請求項３に記載の信号処理装置。

[請求項6] 前記評価指標の各々は、前記模擬ＳＡＲ画像と前記対象ＳＡＲ画像との対応する画素群ごとに前記観測値が観測される同時確率であり、

前記評価算出手段は、

前記模擬情報と前記対象ＳＡＲ画像とを用いて、前記対応する画素ごとに、前記観測値が得られる事後確率を求める事後確率算出手段と、

前記対応する画素群ごとに、当該画素群を構成する各画素について求められた事後確率を結合することで、前記対応する画素群ごとの前記評価指標を求める同時確率算出手段とを含む

請求項３に記載の信号処理装置。

[請求項7] 前記評価指標を用いて、前記対象領域の変化を検知する変化検知手段をさらに備える

請求項１又は２に記載の信号処理装置。

[請求項8] 複数の観測ＳＡＲ画像を用いて、前記対象領域を構成する３次元要素の各々についての反射強度及び位相それぞれの推定値を含む３次元情報と、当該各３次元要素の推定値の信頼性を示す推定信頼性情報と、を含む信頼性付き３次元情報を生成する再構成手段をさらに備え、

前記模擬ＳＡＲ画像生成手段は、前記信頼性付き３次元情報と、前

記実測値を観測した場合の観測条件とを用いて、前記模擬情報を生成する

請求項１又は２に記載の信号処理装置。

[請求項9] １つ以上のコンピュータが、

定常状態の対象領域を観測した場合に得られると予測される各画素の予測値から構成される模擬ＳＡＲ画像と、当該各画素の予測値の信頼性を示す予測信頼性情報と、を含む模擬情報を生成し、

前記模擬情報を用いて、解析対象である対象ＳＡＲ画像を評価した評価指標を求める

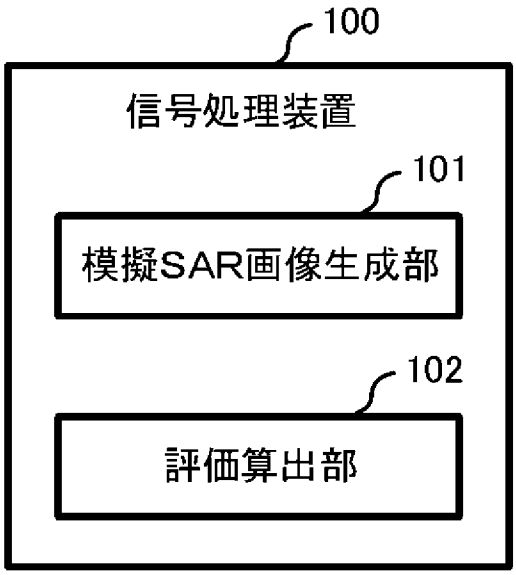
信号処理方法。

[請求項10] １つ以上のコンピュータに、

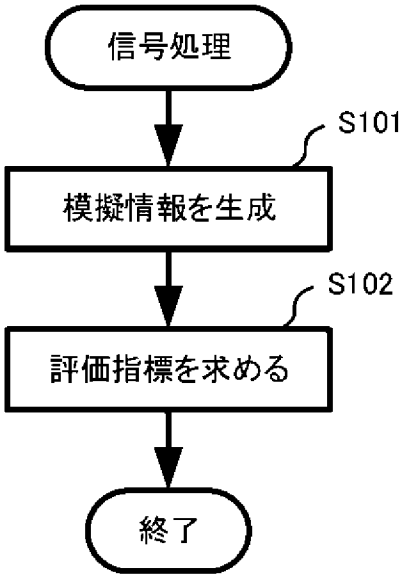
定常状態の対象領域を観測した場合に得られると予測される各画素の予測値から構成される模擬ＳＡＲ画像と、当該各画素の予測値の信頼性を示す予測信頼性情報と、を含む模擬情報を生成し、

前記模擬情報を用いて、解析対象である対象ＳＡＲ画像を評価した評価指標を求めることを実行させるためのプログラムが記録された記録媒体。

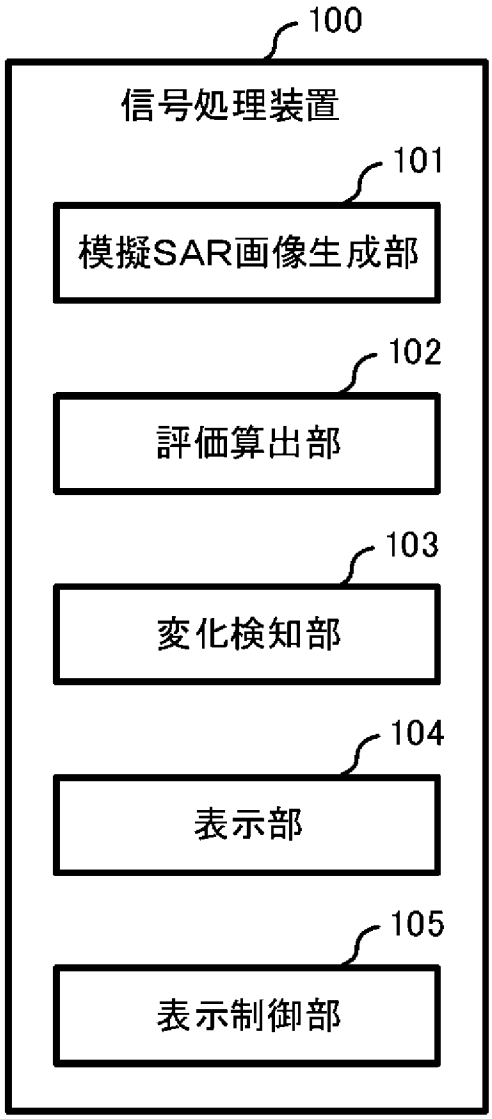
[図1]



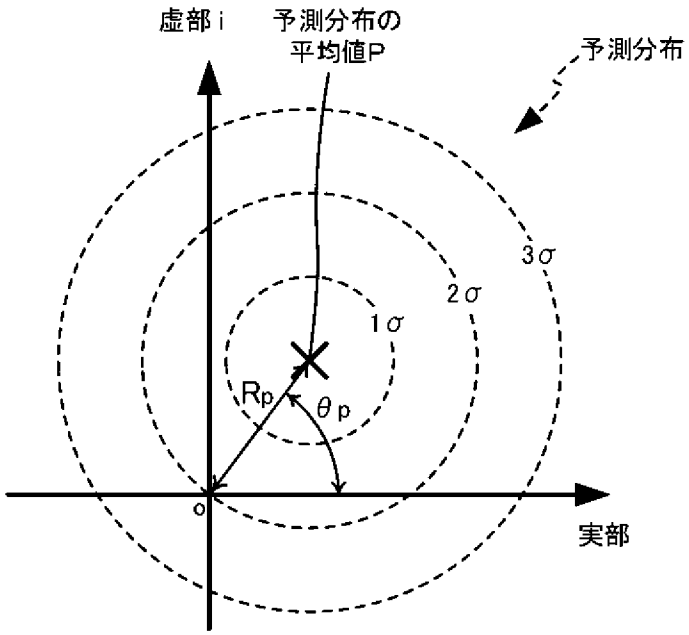
[図2]



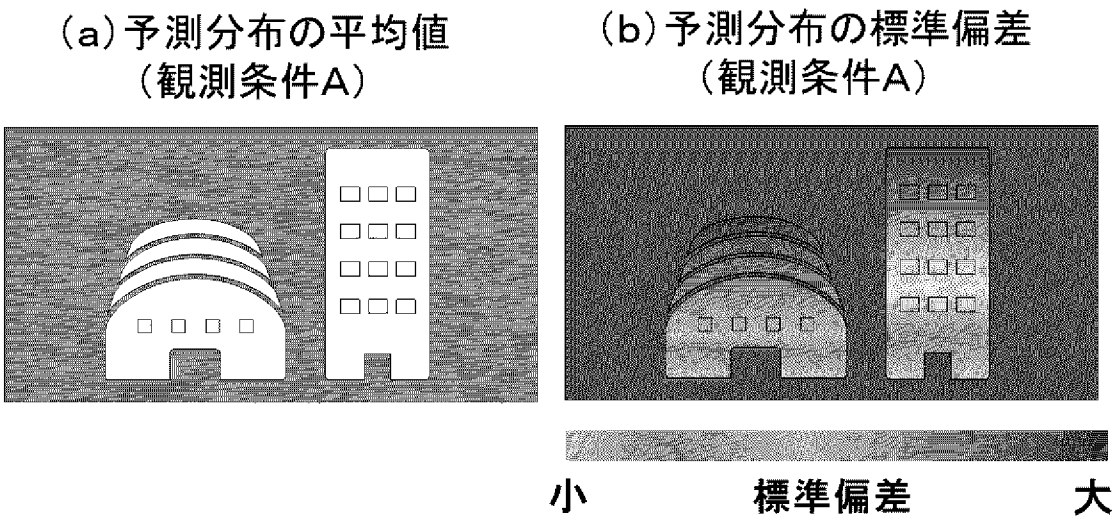
[図3]


100
信号処理装置
101
模擬SAR画像生成部
102
評価算出部
103
変化検知部
104
表示部
105
表示制御部

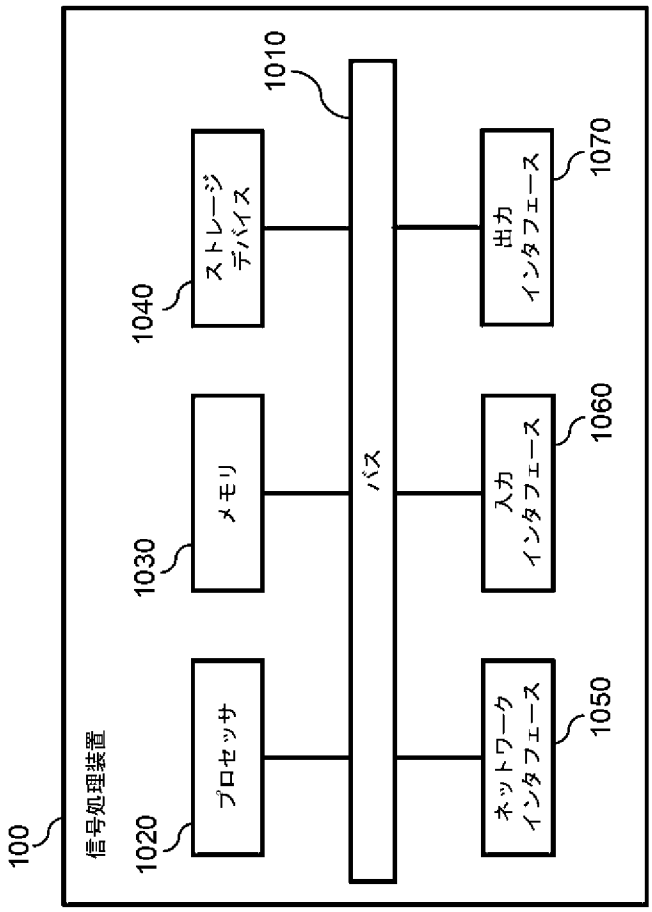
[図4]



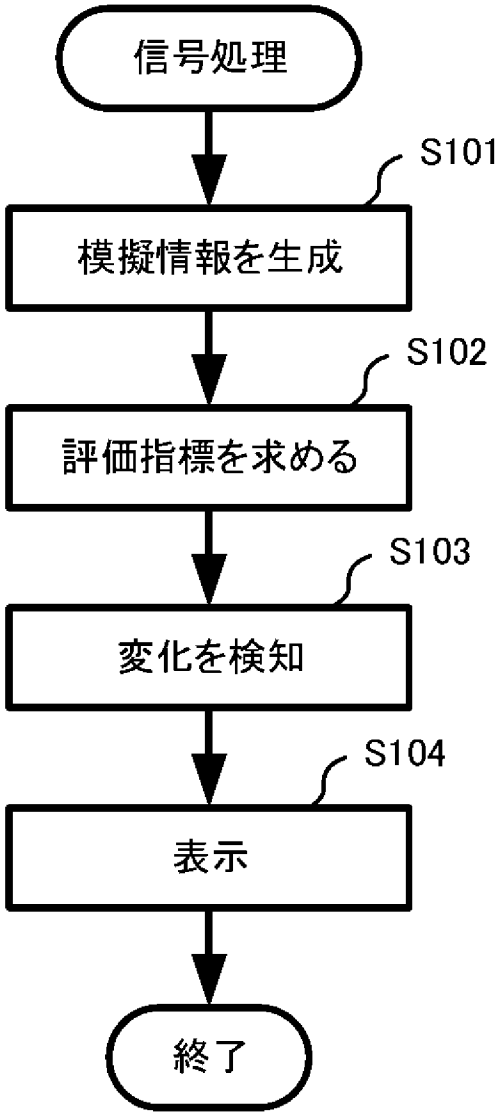
[図5]



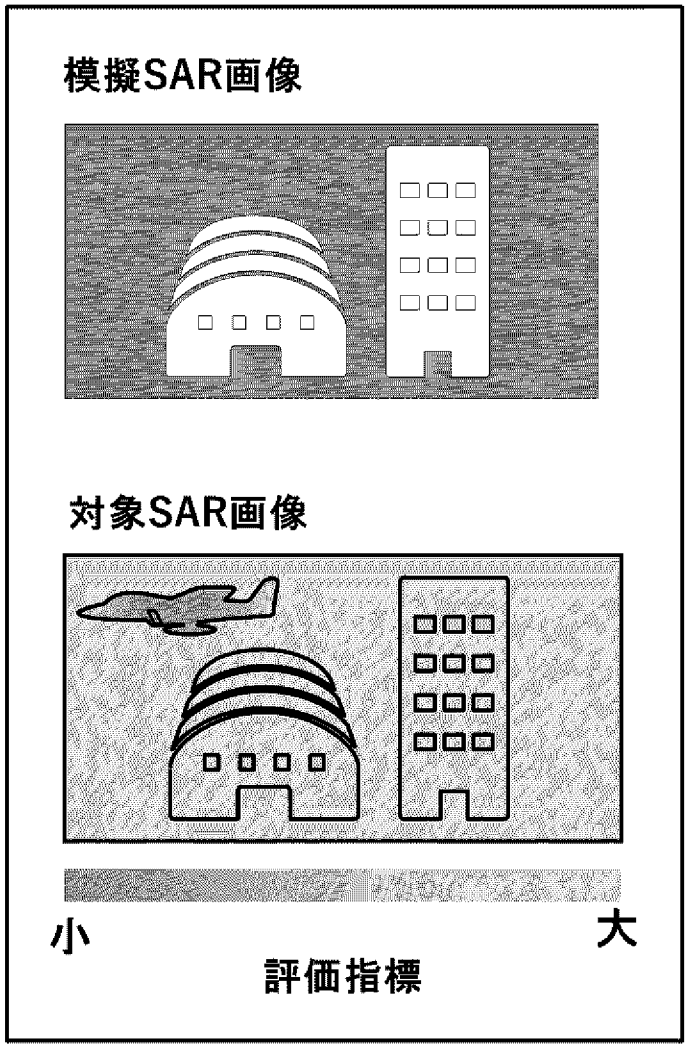
[図6]


100
信号処理装置
1010
バス
1020
プロセッサ
1030
メモリ
1040
ストレージデバイス
1050
ネットワークインタフェース
1060
入力インタフェース
1070
出力インタフェース

[図7]



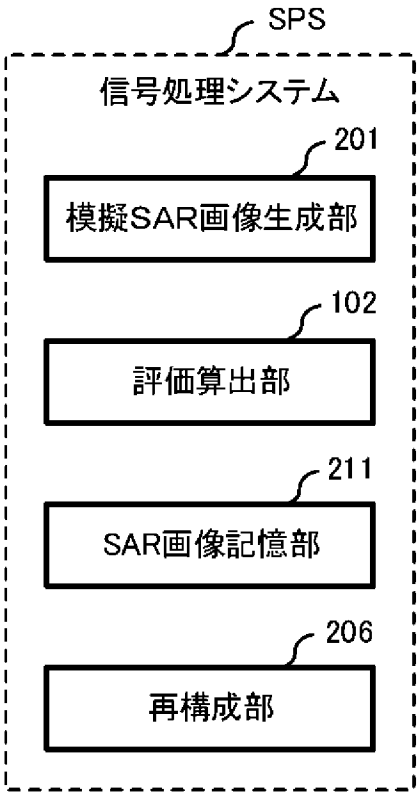
[図8]



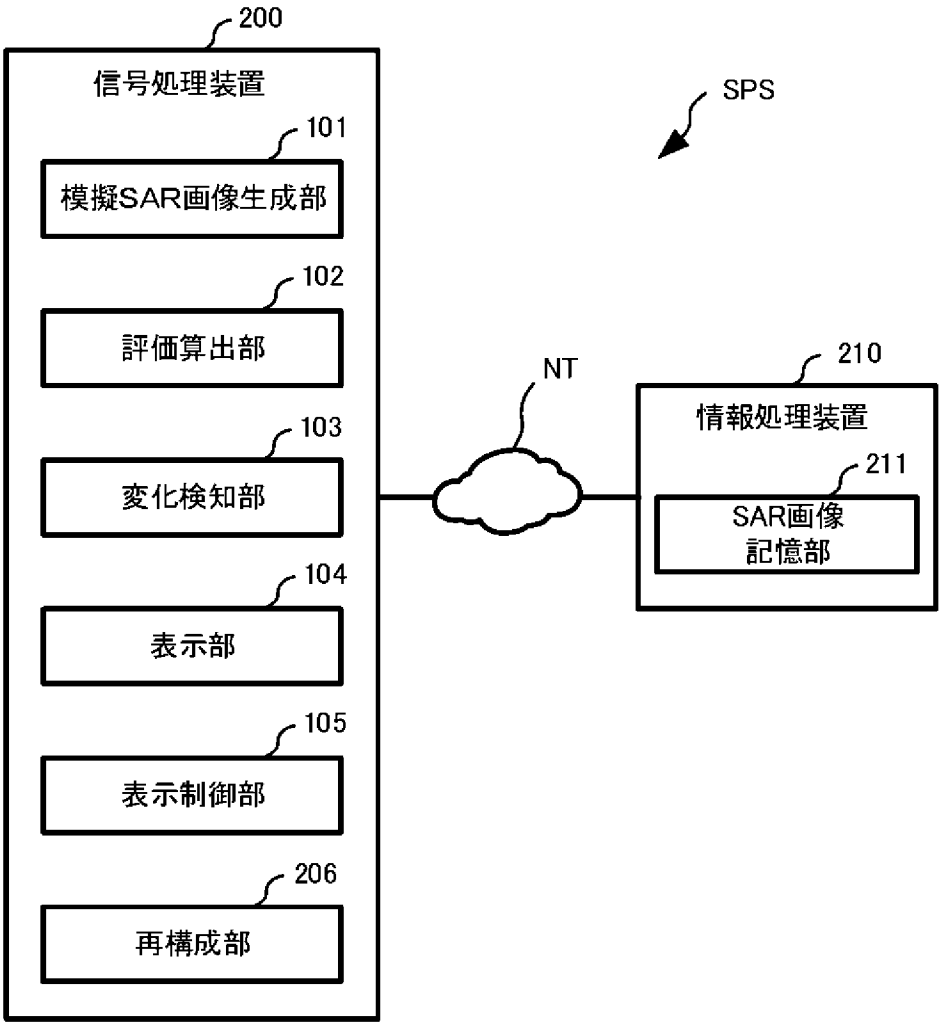
[図9]

		反射強度の相関	
		高い	低い
位相の相関	高い	コヒーレンス値 高い	コヒーレンス値 中
	低い	コヒーレンス値 低い	コヒーレンス値 更に低い

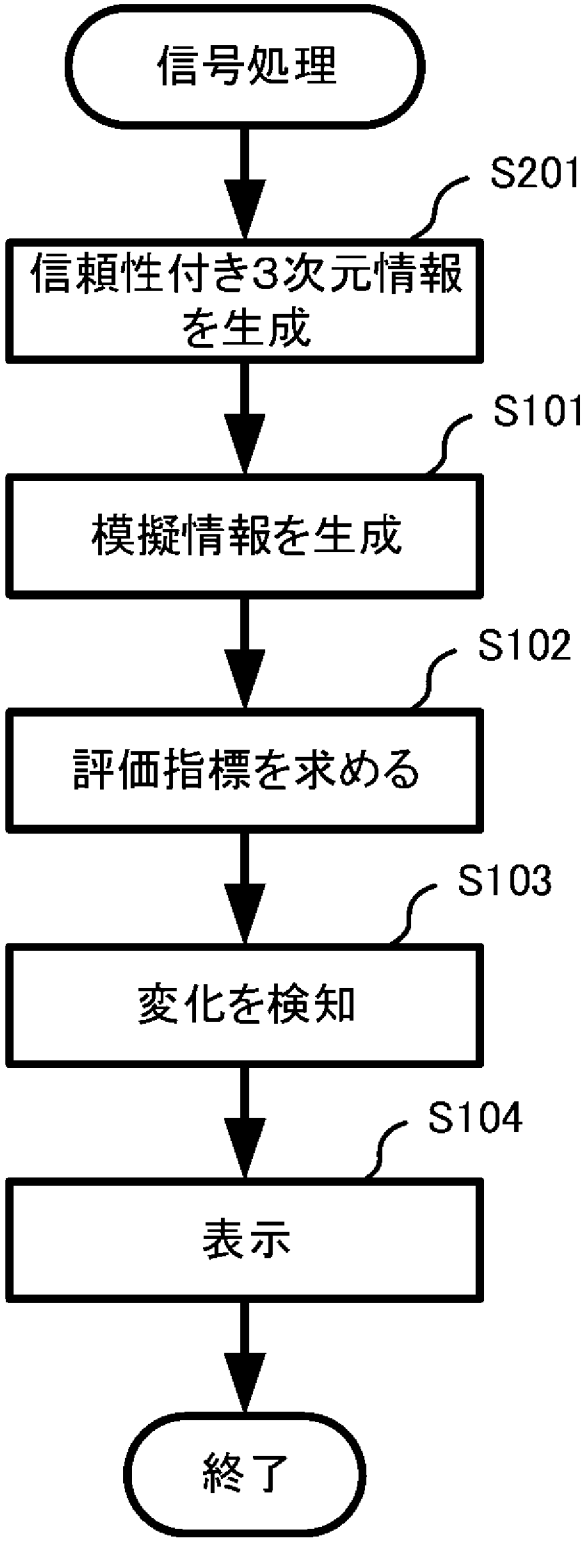
[図10]


SPS
信号処理システム
201
模擬SAR画像生成部
102
評価算出部
211
SAR画像記憶部
206
再構成部

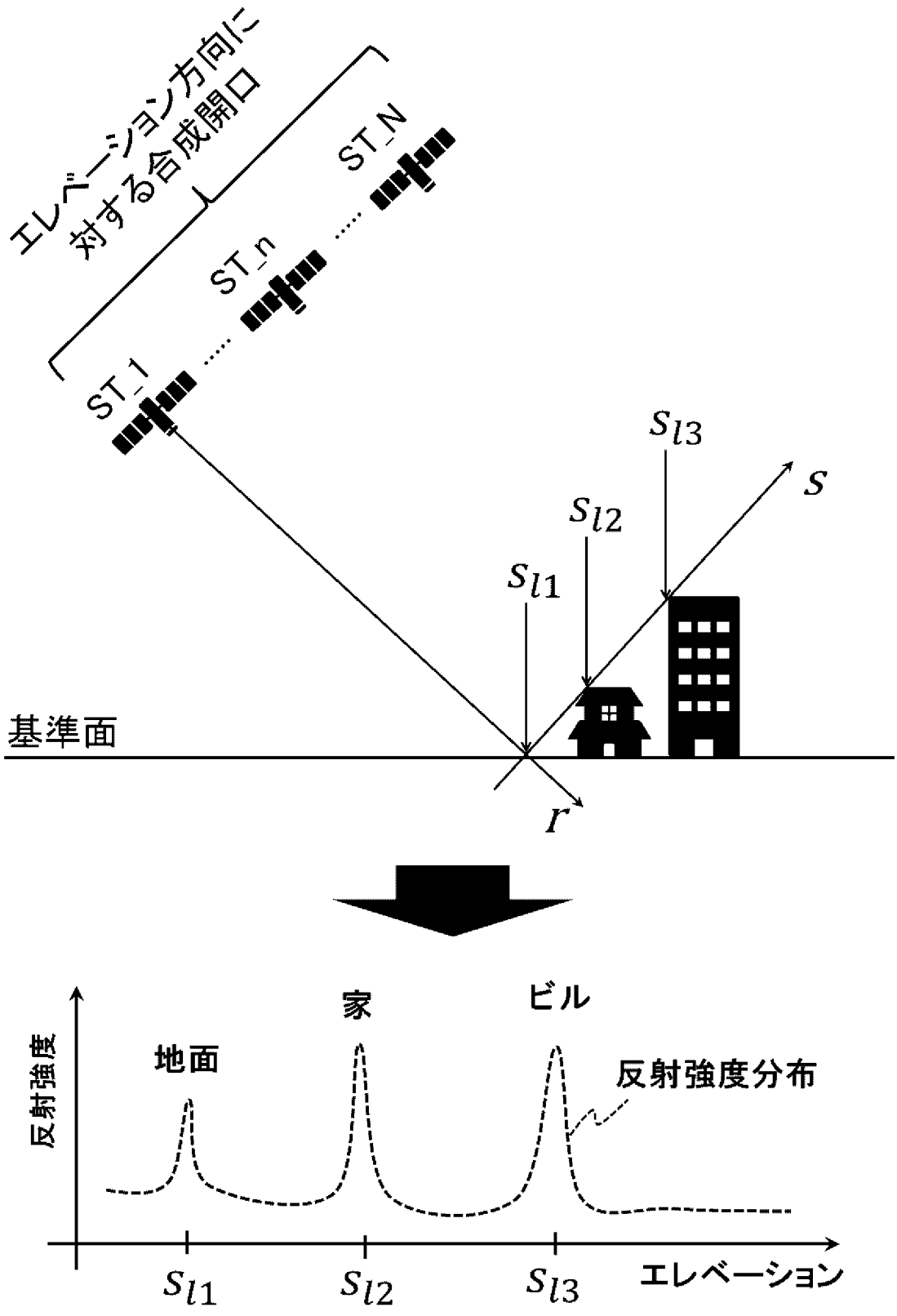
[図11]


200
信号処理装置
101
模擬SAR画像生成部
102
評価算出部
103
変化検知部
104
表示部
105
表示制御部
206
再構成部
SPS
NT
210
情報処理装置
211
SAR画像
記憶部

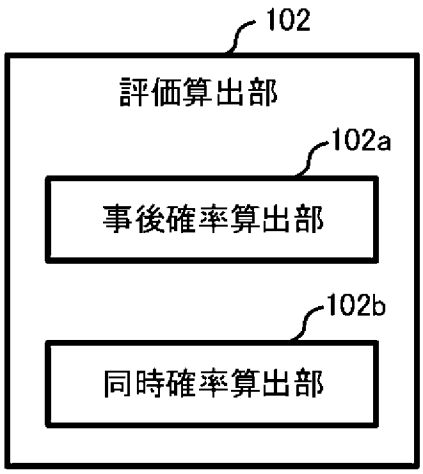
[図12]


信号処理
S201
信頼性付き3次元情報を生成
S101
模擬情報を生成
S102
評価指標を求める
S103
変化を検知
S104
表示
終了

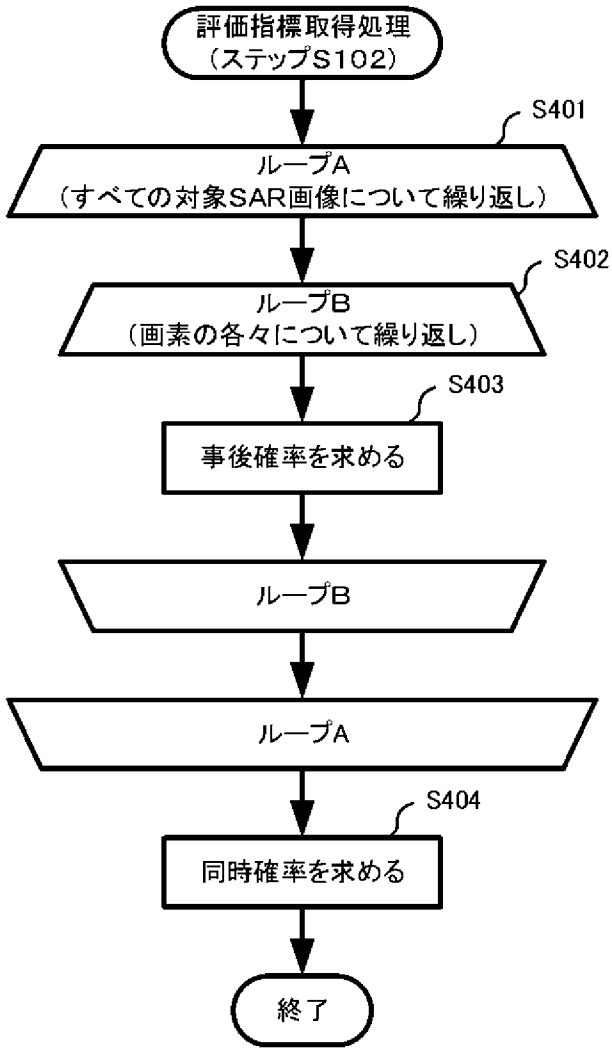
[図13]


エレベーション方向に対する合成開口
ST_1
ST_n
ST_N
s_{l1}
s_{l2}
s_{l3}
s
r
基準面
反射強度
地面
家
ビル
反射強度分布
s_{l1}
s_{l2}
s_{l3}
エレベーション

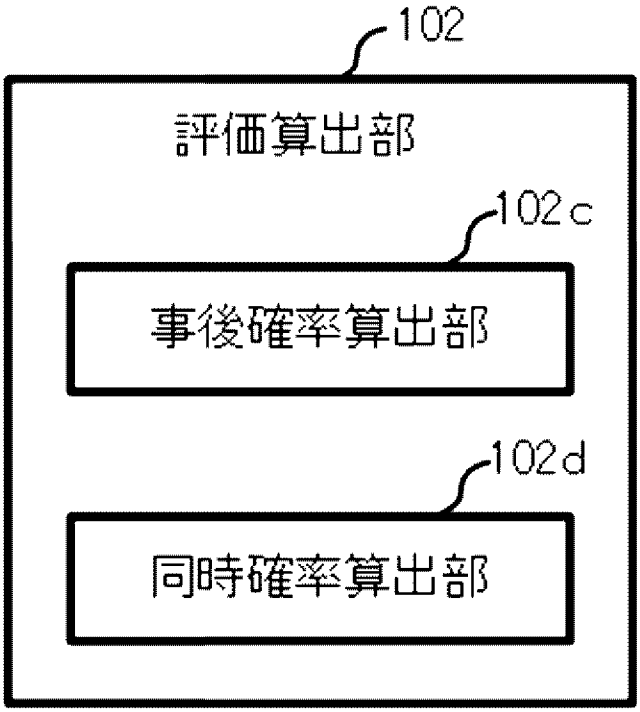
[図14]



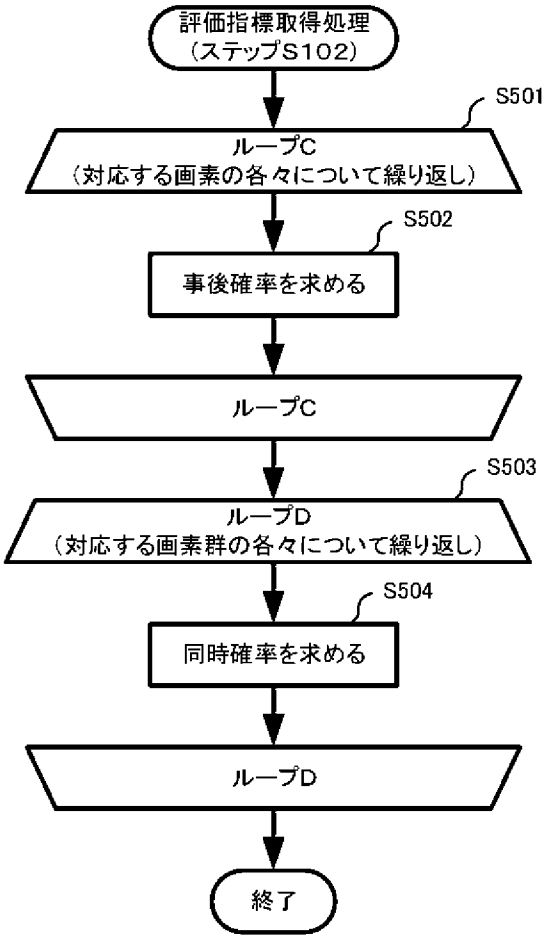
[図15]


評価指標取得処理
（ステップS102）
S401
ループA
（すべての対象SAR画像について繰り返し）
S402
ループB
（画素の各々について繰り返し）
S403
事後確率を求める
ループB
ループA
S404
同時確率を求める
終了

[図16]



[図17]


評価指標取得処理
（ステップS102）
S501
ループC
（対応する画素の各々について繰り返し）
S502
事後確率を求める
ループC
S503
ループD
（対応する画素群の各々について繰り返し）
S504
同時確率を求める
ループD
終了

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2024/000171

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S 13/90(2006.01)i
FI: G01S13/90 127

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01S 7/00 - G01S 7/42, G01S 13/00 - G01S 13/95

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024
Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2012/0319893 A1 (YUN, Sang-Ho) 20 December 2012 (2012-12-20) paragraphs [0051]-[0063], claim 8	1-2, 7-10
A		3-6
Y	WO 2008/016153 A1 (PASCO CORP.) 07 February 2008 (2008-02-07) paragraphs [0018]-[0029], [0063]-[0065]	1-2, 7-10
A	WO 2022/269754 A1 (NEC CORPORATION) 29 December 2022 (2022-12-29) paragraphs [0024]-[0049], fig. 1	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
01 February 2024	**20 February 2024**

Name and mailing address of the ISA/JP	Authorized officer
Japan Patent Office (ISA/JP) **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/000171

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US 2012/0319893 A1	20 December 2012	US 9207318 B2	
WO 2008/016153 A1	07 February 2008	US 2009/0256741 A1 paragraphs [0024]-[0035], [0071]-[0073] EP 2053423 A1 CN 101501524 A	
WO 2022/269754 A1	29 December 2022	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2024/000171

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01S 13/90(2006.01)i
FI: G01S13/90 127

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01S 7/00 - G01S 7/42, G01S 13/00 - G01S 13/95

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２４年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

JSTPlus (JDreamIII)

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	US 2012/0319893 A1 (YUN, Sang-Ho) 20.12.2012 (2012-12-20) * [0051]-[0063], [Claim 8] *	1-2, 7-10
A		3-6
Y	WO 2008/016153 A1 (株式会社パスコ) 07.02.2008 (2008-02-07) * [0018]-[0029], [0063]-[0065] *	1-2, 7-10
A	WO 2022/269754 A1 (日本電気株式会社) 29.12.2022 (2022-12-29) * [0024]-[0049], 図1 *	1-10

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
01.02.2024	20.02.2024

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
高場　正光 2M 2910
電話番号 03-3581-1101 内線 3216

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2024/000171

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
US 2012/0319893 A1	20.12.2012	US 9207318 B2	
WO 2008/016153 A1	07.02.2008	US 2009/0256741 A1 * [0024]-[0035], [0071]-[0073] * EP 2053423 A1 CN 101501524 A	
WO 2022/269754 A1	29.12.2022	（ファミリーなし）	