

(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  
2020年12月3日(03.12.2020)



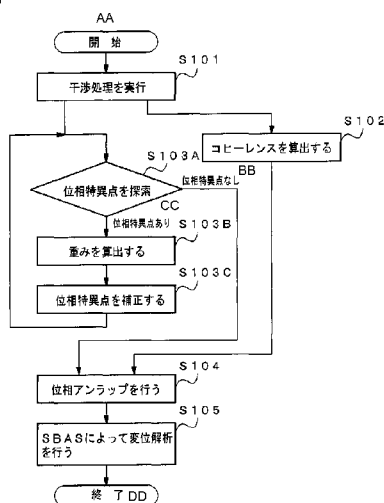
(10) 国際公開番号  
**WO 2020/240720 A1**

- (51) 国際特許分類:  
*G01S 13/90* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/021199
- (22) 国際出願日: 2019年5月29日(29.05.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (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: 生藤 大典 (IKEFUJI Daisuke); 〒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). 宝珠山 治 (HOSHUYAMA Osamu); 〒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: 岩壁 冬樹, 外(IWAKABE Fuyuki et al.); 〒1040031 東京都中央区京橋二丁目8番7号 読売八重洲ビル6階 サンライズ国際特許事務所 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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,

(54) Title: SYNTHETIC APERTURE RADAR SIGNAL PROCESSING DEVICE AND SIGNAL PROCESSING METHOD

(54) 発明の名称: 合成開口レーダの信号処理装置および信号処理方法

[図2]



- S101 Carry out interference processing
- S102 Calculate coherence
- S103A Search for phase singularity
- S103B Calculate weighting
- S103C Correct phase singularity
- S104 Carry out phase unwrapping
- S105 Carry out SBAS displacement analysis
- AA Start
- BB No phase singularity
- CC Phase singularity
- DD End

(57) Abstract: This signal processing device 10 comprises an interference processing means 11 for generating an interference image from a plurality of SAR images, a coherence calculation means 12 for calculating the coherence of the plurality of SAR images, a phase singularity processing means 13 for subjecting the interference image to phase singularity removal processing, a phase unwrapping means 14 for carrying out phase unwrapping processing using the result of the processing by the phase singularity processing means 13, and an SBAS analysis means 15 for using the result of the processing by the phase unwrapping means 14 to carry out SBAS displacement analysis.

(57) 要約: 信号処理装置10は、複数のSAR画像から干渉画像を生成する干渉処理手段11と、複数のSAR画像のコヒーレンスを算出するコヒーレンス算出手段12と、干渉画像における位相特異点を解消するための処理を行う位相特異点処理手段13と、位相特異点処理手段13の処理結果を用いて位相アンラップ処理を行う位相アンラップ手段14と、位相アンラップ手段14の処理結果を用いて、SBASによって変位解析を行うSBAS解析手段15を含む。



WO 2020/240720 A1

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, 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))

## 明 細 書

### 発明の名称：合成開口レーダの信号処理装置および信号処理方法 技術分野

[0001] 本発明は、合成開口レーダにおける観測データに対する信号処理を行う信号処理装置および信号処理方法に関する。

### 背景技術

[0002] 合成開口レーダ（SAR：synthetic Aperture Radar）技術は、飛翔体（人工衛星や飛行機等）が移動しながら電波を送受信し、大きな開口を持ったアンテナの場合と等価な画像が得られるように人工的に開口を合成する技術である。SAR技術は、電磁波が上空から地上へ照射され、地上からの反射強度と位相とがSAR画像として画像化されるリモートセンシング技術である。

[0003] 複数のSAR画像間での位相の変化を測定することによって、SAR画像を構成する各反射点の微小な変動を計測することができる。SARは、例えば、トンネル工事による地面の沈下や、山間部の地滑りのモニタリングなどの分野で活用される。

[0004] 地表変動を検出するための有効な手法として、干渉SAR解析がある。干渉SAR解析では、違う時期に撮像された2枚のSAR画像を構成する電波信号の位相差が計算される。そして、撮像時期間で生じた飛翔体と地面間の距離（レンジ）の変化が検出される。

[0005] 干渉SAR解析の一つとして、SBAS（Small Baseline Subset）がある（例えば、非特許文献1参照）。SBASは、短い垂直基線（短基線）長および短い撮像日間隔の干渉画像を多数生成して、各観測時の変動量を推定する。SBASは、空間および時間干渉度低下の影響を抑制しつつ、時系列的な変動を抽出できる。SBASは、例えば、ノイズが多い植生領域に対して有効な手法である。また、SBASは、時間に対して非線形な変位を解析できる。

[0006] なお、非特許文献2には、複素マルコフランダムフィールド（CMRF：Complex-Valued Markov Random Field）モデルに基づく位相特異点除去手法が記載されている。

### 先行技術文献

### 非特許文献

[0007] 非特許文献1：P. Berardino et al., "A New Algorithm for Surface Deformation Monitoring Based on Small Baseline Differential SAR Interferograms", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 40, No. 11, November 2002

非特許文献2：R. Yamaki et al., "Singular Unit Restoration in Interferograms Based on Complex-Valued Markov Random Field Model for Phase Unwrapping", IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, Vol. 6, No. 1, January 2009

### 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0008] 干渉画像において、位相の値域は $-\pi \sim \pi$ に限定される（ラップされる）。そこで、位相を絶対位相に戻す位相アンラップ処理が実行される。より正確に位相アンラップ処理が実行されて変位解析の精度が上がるようにするために、一般に、ノイズ除去（デノイズ）のためにGoldstein フィルタ等を用いたフィルタリングが行われる。

[0009] しかし、デノイズ処理を実行しても、位相特異点が狭い領域に集中するなど位相特異点の現れ方によって、位相アンラップ処理が正確に実行されないこともある。位相アンラップ処理が正確に実行されないと、SBAS法による変位解析の精度が低下する。

[0010] 本発明は、SBAS法を用いて変位解析を行うときに、位相アンラップ処理に起因する変位解析の精度の低下を抑制できる合成開口レーダの信号処理装置および信号処理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

- [0011] 本発明による合成開口レーダの信号処理装置は、複数のSAR画像から干渉画像を生成する干渉処理手段と、複数のSAR画像のコヒーレンスを算出するコヒーレンス算出手段と、干渉画像における位相特異点を解消するための処理を行う位相特異点処理手段と、位相特異点処理手段の処理結果を用いて位相アンラップ処理を行う位相アンラップ手段と、位相アンラップ手段の処理結果を用いて、SBASによって変位解析を行うSBAS解析手段とを含む。
- [0012] 本発明による合成開口レーダの信号処理方法は、複数のSAR画像から干渉画像を生成し、複数のSAR画像のコヒーレンスを算出し、干渉画像における位相特異点を解消するための処理を行い、位相特異点処理手段の処理結果を用いて位相アンラップ処理を行い、位相アンラップ処理の結果を用いて、SBASによって変位解析を行う。
- [0013] 本発明による合成開口レーダの信号処理プログラムは、コンピュータに、複数のSAR画像から干渉画像を生成する処理と、複数のSAR画像のコヒーレンスを算出する処理と、干渉画像における位相特異点を解消するための処理と、位相特異点処理手段の処理結果を用いる位相アンラップ処理と、位相アンラップ処理の結果を用いて、SBASによって変位解析を行う処理とを実行させる。

## 発明の効果

- [0014] 本発明によれば、SBAS法を用いて変位解析を行うときに、位相アンラップ処理に起因して変位解析の精度が低下することが抑制される。

## 図面の簡単な説明

- [0015] [図1]第1の実施形態の合成開口レーダの信号処理装置の構成例を示すブロック図である。
- [図2]第1の実施形態の信号処理装置の動作を示すフローチャートである。
- [図3]第2の実施形態の合成開口レーダの信号処理装置の構成例を示すブロック図である。

[図4]第2の実施形態の信号処理装置の動作を示すフローチャートである。

[図5]第3の実施形態の合成開口レーダの信号処理装置の構成例を示すブロック図である。

[図6]第3の実施形態の信号処理装置の動作を示すフローチャートである。

[図7]第4の実施形態の合成開口レーダの信号処理装置の構成例を示すブロック図である。

[図8]第4の実施形態の信号処理装置の動作を示すフローチャートである。

[図9]第5の実施形態の合成開口レーダの信号処理装置の構成例を示すブロック図である。

[図10]第5の実施形態の信号処理装置の動作を示すフローチャートである。

[図11]第1の変形例の信号処理装置の構成例を示すブロック図である。

[図12]第2の変形例の信号処理装置の構成例を示すブロック図である。

[図13]第3の変形例の信号処理装置の構成例を示すブロック図である。

[図14]CPUを有するコンピュータの一例を示すブロック図である。

[図15]合成開口レーダの信号処理装置の主要部を示すブロック図である

### 発明を実施するための形態

[0016] 以下、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。

[0017] 実施形態1.

図1は、第1の実施形態の合成開口レーダの信号処理装置の構成例を示すブロック図である。

[0018] 図1に示す信号処理装置1は、SAR画像格納部100、干渉処理部101、コヒーレンス算出部102、位相特異点処理部103A、位相アンラップ部104、およびSBAS解析部105を備える。

[0019] 干渉処理部101は、SAR画像格納部100に格納されている複数（例えば、2枚）のSAR画像間で各画素を干渉させて干渉画像を得る。

[0020] コヒーレンス算出部102は、複数（例えば、2枚）のSAR画像間の相関を示すコヒーレンスを算出する。

[0021] 位相特異点処理部103Aは、干渉画像における位相特異点を補正して、

位相特異点と見なされる画素がない干渉画像（補正された干渉画像）を生成する。位相アンラップ部104は、位相特異点処理部103Aが生成した補正された干渉画像を対象として位相アンラップ処理を実行する。位相アンラップ部104は、位相アンラップされた干渉画像を出力する。

[0022] SBAS解析部105は、SBASに基づく変位解析を行う。

[0023] 次に、図2のフローチャートを参照して信号処理装置1の動作を説明する。

[0024] 干渉処理部101は、SAR画像格納部100から、例えば2枚のSAR画像を読み出し、SAR画像間で各画素を干渉させて干渉画像を生成する（ステップS101）。コヒーレンス算出部102は、SAR画像間の相関を示すコヒーレンスを算出する（ステップS102）。コヒーレンス算出部102は、例えば、各画素のコヒーレンスが表現されたコヒーレンス画像を出力する。

[0025] 位相特異点処理部103Aは、位相特異点と見なされる画素がない干渉画像である補正された干渉画像を生成する。位相特異点処理部103Aは、例えば、非特許文献2に記載された、CMRFモデルに基づく位相特異点除去を実行する。

[0026] CMRFモデルに基づく位相特異点除去手法は、位相特異点の画素の値（補正值）を、位相特異点の周辺画素に基づいて推定する。具体的には、干渉画像において、位相特異点周辺の注目領域の画素と、注目領域に隣接する窓（複数の画素を含む。）中の画素群との相関（CMRFパラメータ）を表す行列 $\Lambda_{mn}$ が計算される。そして、（1）式を用いて、注目領域の相関 $\Lambda'_{mn}$ が推定される。

[0027] [数1]

$$\Lambda'_{mn} = \sum_{p \in P} w(p) \Lambda_{mn}(p) \quad (1)$$

[0028] （1）式において、Pは、注目領域を中心とする、窓のサイズと同サイズの領域を示す。pは、領域P中の位置を示す。w(p)は、重みを示す。重

みは、(2)式で表現される。(2)式において、 $r_p$ は、注目領域の中心から $p$ までの距離を示す。 $N_{st}$ は、窓に含まれる位相特異点の数を示す。

[0029] [数2]

$$w(p) = \frac{1}{r_p^2} \exp(-N_{st}(p)) \left[ \sum_{p \in P} \frac{1}{r_p^2} \exp(-N_{st}(p)) \right]^{-1} \quad (2)$$

[0030] 補正後の位相特異点の値は、(3)式で表される。(3)式において、 $q_s$ は、注目領域を中心とする、所定の領域における画素の値を要素とする行ベクトルである。なお、 $q_s$ は、補正する位相特異点の画素を含んでもよいが、補正する位相特異点の画素を含まないことが好ましい。

[0031] [数3]

$$z_{smn} = A'_{mn} q_s \quad (3)$$

[0032] 位相特異点処理部103Aは、干渉画像における各画素を対象として、ステップS103A～S103Cの処理を実行する。

[0033] すなわち、位相特異点処理部103Aは、位相特異点を検出するために、干渉画像の画素を所定の順でサーチする(ステップS103A)。位相特異点処理部103Aは、位相特異点を発見したら、上記の(2)式を用いて重みを算出する(ステップS103B)。そして、位相特異点処理部103Aは、上記の(3)式の演算を行い、位相特異点周りの画素値を演算結果で置き換える(ステップS103C)。

[0034] 位相特異点処理部103Aは、干渉画像において位相特異点が無くなるまで、ステップS103B、S103Cの処理を繰り返し実行する。干渉画像において位相特異点が無くなったら、位相特異点処理部103Aは、処理を終了する。すなわち、ステップS104に移行する。または、位相特異点処理部103Aは、あらかじめ定められた繰り返し回数 of 処理を実行した時点で、処理を終了し、ステップS104に移行する。

[0035] なお、本実施形態では、CMRFモデルに基づいて位相特異点を除去する

処理が実行されるが、位相特異点処理部103Aは、他の手法を使用して、位相特異点を除去する処理を実行してもよい。一例として、位相特異点処理部103Aは、位相特異点に関する画素値を、位相特異点の周囲の画素の値の平均値に置き換えるようにしてもよい。

[0036] ステップS104で、位相アンラップ部104は、位相特異点処理部103Aの出力、すなわち、位相特異点と見なされる画素がない干渉画像を用いて、コヒーレンスを参照しつつ、位相アンラップ処理を実行する。例えば、位相アンラップ部104は、干渉画像におけるコヒーレンスが低い領域を避けて位相アンラップ処理を行う。そして、位相アンラップ部104は、位相アンラップされた干渉画像を出力する。

[0037] SBAS解析部105は、SBAS法を使用して変位量を推定する変位解析を行う（ステップS105）。すなわち、SBAS解析部105は、非特許文献1に記載されているように、短基線長および短い撮像日間隔の複数の干渉画像を使用する。具体的には、SBAS解析部105は、複数の干渉画像から、垂直基線長および時間間隔が短い干渉ペアを構成する。そして、SBAS解析部105は、干渉性が高い画素を抽出し、抽出した画素に基づいて時系列的な地表の変位を検出する。なお、SBAS解析部105は、位相アンラップエラーの影響を受けないように、コヒーレンスが高い短基線を選択する。

[0038] 本実施形態では、位相アンラップ部104が、位相特異点処理部103Aによって位相特異点が除去された干渉画像を対象として位相アンラップ処理を実行するので、SBAS解析部105は、精度よく、SBAS法を使用した変位解析処理を実行できる。

[0039] 実施形態2.

図3は、第2の実施形態の合成開口レーダの信号処理装置の構成例を示すブロック図である。図3に示す信号処理装置2の構成は、基本的に図1に示された第1の実施形態の信号処理装置1の構成と同じである。ただし、位相特異点処理部103Bの機能は、図1に示された位相特異点処理部103A

の機能とは異なる。

- [0040] 次に、図4のフローチャートを参照して信号処理装置2の動作を説明する。ステップS101, S102, S104, S105の処理は、第1の実施形態の信号処理装置1の処理と同じである。
- [0041] 本実施形態では、位相特異点処理部103Bは、ステップS103Aの処理で位相特異点を発見したら、位相特異点を補正すべきか否か判定する（ステップS103D）。位相特異点処理部103Bは、位相特異点を補正すべきと判断した場合には、ステップS103B, S103Cの処理を実行する。本実施形態では、位相特異点処理部103Bは、補正可能な位相特異点がなくなった時点で、または、あらかじめ定められた回数の処理を実行した時点で、処理を終了する。
- [0042] なお、位相特異点処理部103Bは、ステップS103Dの処理で、例えば、位相特異点の周辺画素が補正に使用できる画素であるか否か判定する。
- [0043] 一例として、位相特異点処理部103Bは、位相特異点の1つ以上の周辺画素においてノイズが所定のしきい値を越える場合に、位相特異点を補正すべきではないと判断する。また、位相特異点処理部103Bは、処理対象の位相特異点に対する複数の周辺画素において位相特異点の数が所定のしきい値を越える場合に、処理対象の位相特異点を補正すべきではないと判断してもよい。
- [0044] また、ステップS103A～S103Cのループ処理が実行される過程において、干渉画像における位相特異点の数が減るので、補正に使用できる周辺画素は増える。その結果、補正可能な位相特異点の数が徐々に増えるはずである。つまり、ステップS103A～S103Cのループ処理の実行回数が増えるほど、補正不能な位相特異点は減る。
- [0045] 本実施形態では、補正に用いられることが適切でない周辺画素に基づいて位相特異点が補正されることが防止される。すなわち、補正によって位相特異点が劣化してしまうことが防止される。
- [0046] 実施形態3.

図5は、第3の実施形態の合成開口レーダの信号処理装置の構成例を示すブロック図である。図5に示す信号処理装置3の構成は、図3に示された第2の実施形態の信号処理装置3に、信頼度算出部106とコヒーレンス補正部107とが追加された構成である。

[0047] 次に、図6のフローチャートを参照して信号処理装置3の動作を説明する。ステップS101, S102, S103A~S103D, S104, S105の処理は、第2の実施形態の信号処理装置2の処理と同じである。

[0048] 本実施形態では、信頼度算出部106は、位相特異点の補正可否判定処理（ステップS104D）における判定の程度に基づいて、位相特異点の補正後の画素の信頼度を算出する。例えば、信頼度算出部106は、ステップS103A~S103Cのループ処理が開始されてから終了する前の間で、比較的早い段階で補正可能と判定された位相特異点に対応する信頼度を高くする。信頼度算出部106は、逆に、遅い段階で補正可能と判定された位相特異点に対応する信頼度を低くする。なお、早い段階で補正可能と判定される状況は、対象とされている位相特異点の周辺の複数の画素のうちの位相特異点の数が少なかったことを意味する。

[0049] コヒーレンス補正部107は、コヒーレンス算出部102が算出したコヒーレンスを、算出された信頼度を用いて補正する（ステップS107A）。例えば、コヒーレンス補正部107は、位相特異点の補正後の画素に対応するコヒーレンスに信頼度の値を乗算することによって、コヒーレンスを補正する。

[0050] 第2の実施形態の信号処理装置2は、位相特異点が補正された干渉画像を用いて位相アンラップを実行するが、コヒーレンスが低い画素が存在すると、アンラップエラーが生ずる可能性がある。

[0051] しかし、本実施形態では、位相アンラップ処理において、位相特異点が補正されたコヒーレンス（信頼度が向上したコヒーレンス）を使用することによって、アンラップエラーが生ずる可能性が低減する。また、SBA S法を使用して変位量を推定する変位解析処理において、信頼度が向上したコヒー

レンズを使用することによって、変位解析の精度が向上する。

[0052] 実施形態4.

図7は、第4の実施形態の合成開口レーダの信号処理装置の構成例を示すブロック図である。図7に示す信号処理装置4の構成は、図3に示された第2の実施形態の信号処理装置3に、信頼度算出部106とコヒーレンス補正部107とが追加された構成である。

[0053] 次に、図8のフローチャートを参照して信号処理装置4の動作を説明する。ステップS101, S102, S103A~S103D, S104, S105の処理は、第2の実施形態の信号処理装置2の処理と同じである。

[0054] 本実施形態では、コヒーレンス補正部107は、ステップS103Bの処理で位相特異点処理部103Bが算出した重みで、コヒーレンス算出部102が算出したコヒーレンスを補正する(ステップS107B)。例えば、コヒーレンス補正部107は、コヒーレンス算出部102が算出したコヒーレンスに重みを乗算する。コヒーレンス補正部107は、補正が可能とされる任意の重みを越えた時点で、補正される画素に任意のコヒーレンス値を代入してもよい。

[0055] (2)式を参照すると、重みの値は、周辺画素における位相特異点の数が多い程、小さい値になる。したがって、コヒーレンス算出部102が算出したコヒーレンスが重みで補正されるときに、周辺画素における位相特異点の数が少ない程、補正の程度が大きくなる。換言すれば、本実施形態でのコヒーレンスの補正の考え方は、第3の実施形態でのコヒーレンスの補正の考え方と同じである。

[0056] よって、本実施形態でも、位相アンラップ処理において、位相特異点が補正されたコヒーレンス(信頼度が向上したコヒーレンス)を使用することによって、アンラップエラーが生ずる可能性が低減する。また、SBA S法を使用して変位量を推定する変位解析処理において、信頼度が向上したコヒーレンスを使用することによって、変位解析の精度が向上する。

[0057] なお、本実施形態の信号処理装置4は、第2の実施形態で用いられる位相

特異点処理部103Bを備えているが、第1の実施形態で用いられる位相特異点処理部103Aを備えるように構成されていてもよい。

[0058] 実施形態5.

図9は、第5の実施形態の合成開口レーダの信号処理装置の構成例を示すブロック図である。図9に示す信号処理装置5の構成は、図3に示された第2の実施形態の信号処理装置3におけるコヒーレンス算出部102に代えてコヒーレンス算出部112が設けられた構成である。コヒーレンス算出部112は、位相特異点処理部103Aが出力する位相特異点と見なされる画素がない干渉画像（具体的には、補正可能な位相特異点がない干渉画像）からコヒーレントを算出する。

[0059] 次に、図10のフローチャートを参照して信号処理装置5の動作を説明する。ステップS101、S103A～S103D、S104、S105の処理は、第2の実施形態の信号処理装置2の処理と同じである。

[0060] 本実施形態では、位相特異点処理部103Bが補正可能な位相特異点がなくなったと判断したときに（ステップS103A）、コヒーレンス算出部112は、位相特異点処理部103Bが補正した干渉画像を用いて、コヒーレントを算出する（ステップS112）。

[0061] 位相特異点処理部103Bが出力する干渉画像は、位相特異点が解消された信頼性が高い干渉画像である。よって、位相アンラップ処理において、アンラップエラーが生ずる可能性が低減する。また、SBA S法を使用して変位量を推定する変位解析処理において、信頼度が向上したコヒーレンスを使用することによって、変位解析の精度が向上する。

[0062] なお、本実施形態の信号処理装置5は、第2の実施形態で用いられる位相特異点処理部103Bを備えているが、第1の実施形態で用いられる位相特異点処理部103Aを備えるように構成されていてもよい。

[0063] (変形例)

第3～第5の実施形態では、位相特異点処理部103Bの処理経過（例えば、算出された重み）または処理結果（位相特異点が解消された干渉画像）

に基づいて作成されたコヒーレンス（補正されたコヒーレンス）を用いて、位相アンラップ処理と変位解析処理とが実行される。

[0064] しかし、信号処理装置は、位相アンラップ処理と変位解析処理とのいずれか一方が補正されたコヒーレンスを用いるように構成されていてもよい。

[0065] 図11は、第1の変形例の合成開口レーダの信号処理装置6Aの構成例を示すブロック図である。図11に示す信号処理装置6Aでは、位相アンラップ部104は補正されたコヒーレンスを用いるが、SBAS解析部105は、コヒーレンス算出部102が算出したコヒーレンスを用いる。

[0066] 図12は、第2の変形例の合成開口レーダの信号処理装置6Bの構成例を示すブロック図である。図11に示す信号処理装置6Bでは、SBAS解析部105は補正されたコヒーレンスを用いるが、位相アンラップ部104は、コヒーレンス算出部102が算出したコヒーレンスを用いる。

[0067] 図11および図12に示された信号処理装置6A、6Bでも、位相アンラップ部104が、位相特異点処理部103Bによって位相特異点が除去された干渉画像を対象として位相アンラップ処理を実行するので、SBAS解析部105は、精度よく、SBAS法を使用した変位解析処理を実行できる。

[0068] なお、図11および図12に示された信号処理装置6A、6Bは、第2の実施形態で用いられる位相特異点処理部103Bを備えているが、第1の実施形態で用いられる位相特異点処理部103Aを備えるように構成されていてもよい。

[0069] また、図11および図12に示された信号処理装置6A、6Bは、第3の実施形態で用いられる信頼度算出部106を備えているが、第4の実施形態の信号処理装置4のように、コヒーレンス補正部107が、位相特異点処理部103B（または、位相特異点処理部103A）が算出した重みを用いてコヒーレンスを補正するように構成されていてもよい。

[0070] また、図11および図12に示された信号処理装置6A、6Bでは、コヒーレンス補正部107が補正したコヒーレンスが用いられるが、図9に示されたコヒーレンス算出部112が作成したコヒーレンスが用いられてもよい。

。

[0071] (他の変形例)

図13は、第3の変形例の合成開口レーダの信号処理装置7の構成例を示すブロック図である。図13に示す信号処理装置7は、SAR画像格納部100、干渉処理部101、フィルタ部108、コヒーレンス算出部113、位相アンラップ部104、およびSBAS解析部105を備える。

[0072] フィルタ部108は、干渉処理部101が生成した画像をフィルタリングする。フィルタ部108は、例えば、平滑化フィルタとしてのGoldsteinフィルタである。コヒーレンス算出部113は、フィルタ部108によるフィルタリング後の干渉画像からコヒーレンスを算出する。

[0073] 図13に示されたように構成された信号処理装置7でも、位相アンラップ部104およびSBAS解析部105は、信頼性が向上したコヒーレンスを使用することができるので、位相アンラップ処理および変位解析処理を精度よく実行できる。

[0074] 上記の実施形態における各構成要素は、1つのハードウェアで構成可能であるが、1つのソフトウェアでも構成可能である。また、各構成要素は、複数のハードウェアでも構成可能であり、複数のソフトウェアでも構成可能である。また、各構成要素のうちの一部をハードウェアで構成し、他部をソフトウェアで構成することもできる。

[0075] 上記の実施形態における各機能（各処理）を、CPU（Central Processing Unit）等のプロセッサやメモリ等を有するコンピュータで実現可能である。例えば、記憶装置（記憶媒体）に上記の実施形態における方法（処理）を実施するためのプログラムを格納し、各機能を、記憶装置に格納されたプログラムをCPUで実行することによって実現してもよい。

[0076] 図14は、CPUを有するコンピュータの一例を示すブロック図である。コンピュータは、合成開口レーダの信号処理装置に実装される。CPU1000は、記憶装置1001に格納されたプログラムに従って処理を実行することによって、上記の実施形態における各機能を実現する。すなわち、図1

、図3、図5、図7、図9、図11～図13に示された信号処理装置における、干渉処理部101、コヒーレンス算出部102、112、113、位相特異点処理部103A、103B、位相アンラップ部104、SBAS解析部105、信頼度算出部106、コヒーレンス補正部107、およびフィルタ部108の機能を実現する。

[0077] 記憶装置1001は、例えば、非一時的なコンピュータ可読媒体 (non-transitory computer readable medium) である。非一時的なコンピュータ可読媒体は、様々なタイプの実体のある記録媒体 (tangible storage medium) を含む。非一時的なコンピュータ可読媒体の具体例として、磁気記録媒体 (例えば、フレキシブルディスク、磁気テープ、ハードディスクドライブ)、光磁気記録媒体 (例えば、光磁気ディスク)、CD-ROM (Compact Disc-Read Only Memory)、CD-R (Compact Disc-Recordable)、CD-R/W (Compact Disc-ReWritable)、半導体メモリ (例えば、マスクROM、PROM (Programmable ROM)、EPROM (Erasable PROM)、フラッシュROM) がある。

[0078] また、プログラムは、様々なタイプの一時的なコンピュータ可読媒体 (transitory computer readable medium) に格納されてもよい。一時的なコンピュータ可読媒体には、例えば、有線通信路または無線通信路を介して、すなわち、電気信号、光信号または電磁波を介して、プログラムが供給される。

[0079] メモリ1002は、例えばRAM (Random Access Memory) で実現され、CPU1000が処理を実行するときに一時的にデータを格納する記憶手段である。メモリ1002に、記憶装置1001または一時的なコンピュータ可読媒体が保持するプログラムが転送され、CPU1000がメモリ1002内のプログラムに基づいて処理を実行するような形態も想定しうる。

[0080] 図15は、合成開口レーダの信号処理装置の主要部を示すブロック図である。図15に示す信号処理装置10は、複数のSAR画像から干渉画像を生成する干渉処理手段11 (実施形態では、干渉処理部101で実現される。) と、複数のSAR画像のコヒーレンスを算出するコヒーレンス算出手段1

2（実施形態では、コヒーレンス算出部102，112で実現される。）と、干渉画像における位相特異点を解消する（除去する、または、減少させる。）ための処理を行う位相特異点処理手段13（実施形態では、位相特異点処理部103A，103Bで実現される。）と、位相特異点処理手段13の処理結果を用いて位相アンラップ処理を行う位相アンラップ手段14（実施形態では、位相アンラップ部104で実現される。）と、位相アンラップ手段14の処理結果を用いて、SBASによって変位解析を行うSBAS解析手段15（実施形態では、SBAS解析部105で実現される。）とを備える。

[0081] 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得るが、以下に限定されるわけではない。

[0082]（付記1）複数のSAR画像から干渉画像を生成する干渉処理手段と、  
複数のSAR画像のコヒーレンスを算出するコヒーレンス算出手段と、  
前記干渉画像における位相特異点を解消するための処理を行う位相特異点処理手段と、  
前記位相特異点処理手段の処理結果を用いて位相アンラップ処理を行う位相アンラップ手段と、  
前記位相アンラップ手段の処理結果を用いて、SBASによって変位解析を行うSBAS解析手段と  
を備えた合成開口レーダの信号処理装置。

[0083]（付記2）前記位相特異点処理手段は、CMRFモデルに基づいて重みを算出し、該重みで位相特異点を補正する  
付記1の合成開口レーダの信号処理装置。

[0084]（付記3）前記位相特異点処理手段は、CMRFモデルに基づいて重みを算出し、該重みで位相特異点を補正する  
付記2の合成開口レーダの信号処理装置。

[0085]（付記4）前記位相特異点処理手段が位相特異点を補正したときに、位相特異点の補正の程度に応じた信頼度を決定し、決定結果に応じてコヒーレンス

を補正するコヒーレンス補正手段（例えば、図5に示すコヒーレンス補正部107で実現される。）を備えた

付記2または付記3の合成開口レーダの信号処理装置。

[0086]（付記5）前記位相特異点処理手段が位相特異点を補正したときに、算出された重みに応じてコヒーレンスを補正するコヒーレンス補正手段（例えば、図7に示すコヒーレンス補正部107で実現される。）を備えた

付記2または付記3の合成開口レーダの信号処理装置。

[0087]（付記6）前記コヒーレンス算出手段は、位相特異点が解消された干渉画像を用いてコヒーレンスを算出する

付記1から付記5のうちのいずれかに記載の合成開口レーダの信号処理装置。

[0088]（付記7）前記位相アンラップ手段と前記S B A S解析手段との少なくとも一方は、補正されたコヒーレンスを用いる

付記4または付記5の合成開口レーダの信号処理装置。

[0089]（付記8）前記位相アンラップ手段と前記S B A S解析手段との少なくとも一方は、位相特異点が解消された干渉画像を用いて算出されたコヒーレンスを用いる

付記6の合成開口レーダの信号処理装置。

[0090]（付記9）複数のS A R画像から干渉画像を生成し、

複数のS A R画像のコヒーレンスを算出し、

前記干渉画像における位相特異点を解消するための処理を行い、

前記位相特異点処理手段の処理結果を用いて位相アンラップ処理を行い、

前記位相アンラップ処理の結果を用いて、S B A Sによって変位解析を行う

合成開口レーダの信号処理方法。

[0091]（付記10）CMRFモデルに基づいて重みを算出し、該重みで位相特異点を補正する

付記9の合成開口レーダの信号処理方法。

[0092] (付記 1 1) 位相特異点の周辺画素が補正に使用できる画素であるか否か判定し、周辺画素が補正に使用できる画素であると判断した場合に位相特異点を補正する

付記 1 0 の合成開口レーダの信号処理方法。

[0093] (付記 1 2) 位相特異点が補正されたときに、位相特異点の補正の程度に応じた信頼度を決定し、決定結果に応じてコヒーレンスを補正する

付記 1 0 または付記 1 1 の合成開口レーダの信号処理方法。

[0094] (付記 1 3) 位相特異点が補正されたときに、算出された重みに応じてコヒーレンスを補正する

付記 1 0 または付記 1 1 の合成開口レーダの信号処理方法。

[0095] (付記 1 4) コンピュータに、

複数の SAR 画像から干渉画像を生成する処理と、

複数の SAR 画像のコヒーレンスを算出する処理と、

前記干渉画像における位相特異点を解消するための処理と、

前記位相特異点処理手段の処理結果を用いる位相アンラップ処理と、

前記位相アンラップ処理の結果を用いて、S B A S によって変位解析を行う処理と

を実行させるための合成開口レーダの信号処理プログラム。

[0096] (付記 1 5) コンピュータに、

C M R F モデルに基づいて重みを算出し、該重みで位相特異点を補正する処理

を実行させる付記 1 4 の合成開口レーダの信号処理プログラム。

[0097] (付記 1 6) コンピュータに、

位相特異点の周辺画素が補正に使用できる画素であるか否か判定し、周辺画素が補正に使用できる画素であると判断した場合に位相特異点を補正する処理を実行させる

付記 1 5 の合成開口レーダの信号処理プログラム。

[0098] (付記 1 7) コンピュータに、

位相特異点が補正されたときに、位相特異点の補正の程度に応じた信頼度を決定し、決定結果に応じてコヒーレンスを補正する処理を実行させる

付記 1 5 または付記 1 6 の合成開口レーダの信号処理プログラム。

[0099] (付記 1 8) コンピュータに、

位相特異点が補正されたときに、算出された重みに応じてコヒーレンスを補正する処理を実行させる

付記 1 5 または付記 1 7 の合成開口レーダの信号処理プログラム。

[0100] 以上、実施形態を参照して本願発明を説明したが、本願発明は上記の実施形態に限定されるものではない。本願発明の構成や詳細には、本願発明のスコープ内で当業者が理解し得る様々な変更をすることができる。

## 符号の説明

[0101] 1, 2, 3, 4, 5, 6 A, 6 B, 7, 1 0 信号処理装置

1 1 干渉処理手段

1 2 コヒーレンス算出手段

1 3 位相特異点処理手段

1 4 位相アンラップ手段

1 5 S B A S 解析手段

1 0 0 S A R 画像格納部

1 0 1 干渉処理部

1 0 2, 1 1 2, 1 1 3 コヒーレンス算出部

1 0 3 A, 1 0 3 B 位相特異点処理部

1 0 4 位相アンラップ部

1 0 5 S B A S 解析部

1 0 6 信頼度算出部

1 0 7 コヒーレンス補正部

1 0 8 フィルタ部

1 0 0 0 C P U

1 0 0 1 記憶装置

1002 メモリ

## 請求の範囲

- [請求項1] 複数のSAR画像から干渉画像を生成する干渉処理手段と、  
複数のSAR画像のコヒーレンスを算出するコヒーレンス算出手段と、  
前記干渉画像における位相特異点を解消するための処理を行う位相特異点処理手段と、  
前記位相特異点処理手段の処理結果を用いて位相アンラップ処理を行う位相アンラップ手段と、  
前記位相アンラップ手段の処理結果を用いて、SBASによって変位解析を行うSBAS解析手段と  
を備えた合成開口レーダの信号処理装置。
- [請求項2] 前記位相特異点処理手段は、CMRFモデルに基づいて重みを算出し、該重みで位相特異点を補正する  
請求項1記載の合成開口レーダの信号処理装置。
- [請求項3] 前記位相特異点処理手段は、位相特異点の周辺画素が補正に使用できる画素であるか否か判定し、周辺画素が補正に使用できる画素であると判定した場合に位相特異点を補正する  
請求項2記載の合成開口レーダの信号処理装置。
- [請求項4] 前記位相特異点処理手段が位相特異点を補正したときに、位相特異点の補正の程度に応じた信頼度を決定し、決定結果に応じてコヒーレンスを補正するコヒーレンス補正手段を備えた  
請求項2または請求項3記載の合成開口レーダの信号処理装置。
- [請求項5] 前記位相特異点処理手段が位相特異点を補正したときに、算出された重みに応じてコヒーレンスを補正するコヒーレンス補正手段を備えた  
請求項2または請求項3記載の合成開口レーダの信号処理装置。
- [請求項6] 前記コヒーレンス算出手段は、位相特異点が解消された干渉画像を用いてコヒーレンスを算出する

請求項 1 から請求項 5 記載のうちのいずれか 1 項に記載の合成開口レーダの信号処理装置。

[請求項7] 前記位相アンラップ手段と前記 S B A S 解析手段との少なくとも一方は、補正されたコヒーレンスを用いる

請求項 4 または請求項 5 記載の合成開口レーダの信号処理装置。

[請求項8] 前記位相アンラップ手段と前記 S B A S 解析手段との少なくとも一方は、位相特異点が解消された干渉画像を用いて算出されたコヒーレンスを用いる

請求項 6 記載の合成開口レーダの信号処理装置。

[請求項9] 複数の S A R 画像から干渉画像を生成し、  
複数の S A R 画像のコヒーレンスを算出し、  
前記干渉画像における位相特異点を解消するための処理を行い、  
前記位相特異点処理手段の処理結果を用いて位相アンラップ処理を行い、

前記位相アンラップ処理の結果を用いて、S B A S によって変位解析を行う

合成開口レーダの信号処理方法。

[請求項10] C M R F モデルに基づいて重みを算出し、該重みで位相特異点を補正する

請求項 9 記載の合成開口レーダの信号処理方法。

[請求項11] 位相特異点の周辺画素が補正に使用できる画素であるか否か判定し、  
周辺画素が補正に使用できる画素であると判断した場合に位相特異点を補正する

請求項 1 0 記載の合成開口レーダの信号処理方法。

[請求項12] 位相特異点が補正されたときに、位相特異点の補正の程度に応じた信頼度を決定し、決定結果に応じてコヒーレンスを補正する

請求項 1 0 または請求項 1 1 記載の合成開口レーダの信号処理方法

。

- [請求項13] 位相特異点が補正されたときに、算出された重みに応じてコヒーレンスを補正する
- 請求項10または請求項11記載の合成開口レーダの信号処理方法。
- [請求項14] コンピュータに、
- 複数のSAR画像から干渉画像を生成する処理と、
- 複数のSAR画像のコヒーレンスを算出する処理と、
- 前記干渉画像における位相特異点を解消するための処理と、
- 前記位相特異点処理手段の処理結果を用いる位相アンラップ処理と、
- 、
- 前記位相アンラップ処理の結果を用いて、SBASによって変位解析を行う処理と
- を実行させるための合成開口レーダの信号処理プログラム。
- [請求項15] コンピュータに、
- CMRFモデルに基づいて重みを算出し、該重みで位相特異点を補正する処理
- を実行させる請求項14記載の合成開口レーダの信号処理プログラム。
- [請求項16] コンピュータに、
- 位相特異点の周辺画素が補正に使用できる画素であるか否か判定し、周辺画素が補正に使用できる画素であると判断した場合に位相特異点を補正する処理を実行させる
- 請求項15記載の合成開口レーダの信号処理プログラム。
- [請求項17] コンピュータに、
- 位相特異点が補正されたときに、位相特異点の補正の程度に応じた信頼度を決定し、決定結果に応じてコヒーレンスを補正する処理を実行させる
- 請求項15または請求項16記載の合成開口レーダの信号処理プロ

グラム。

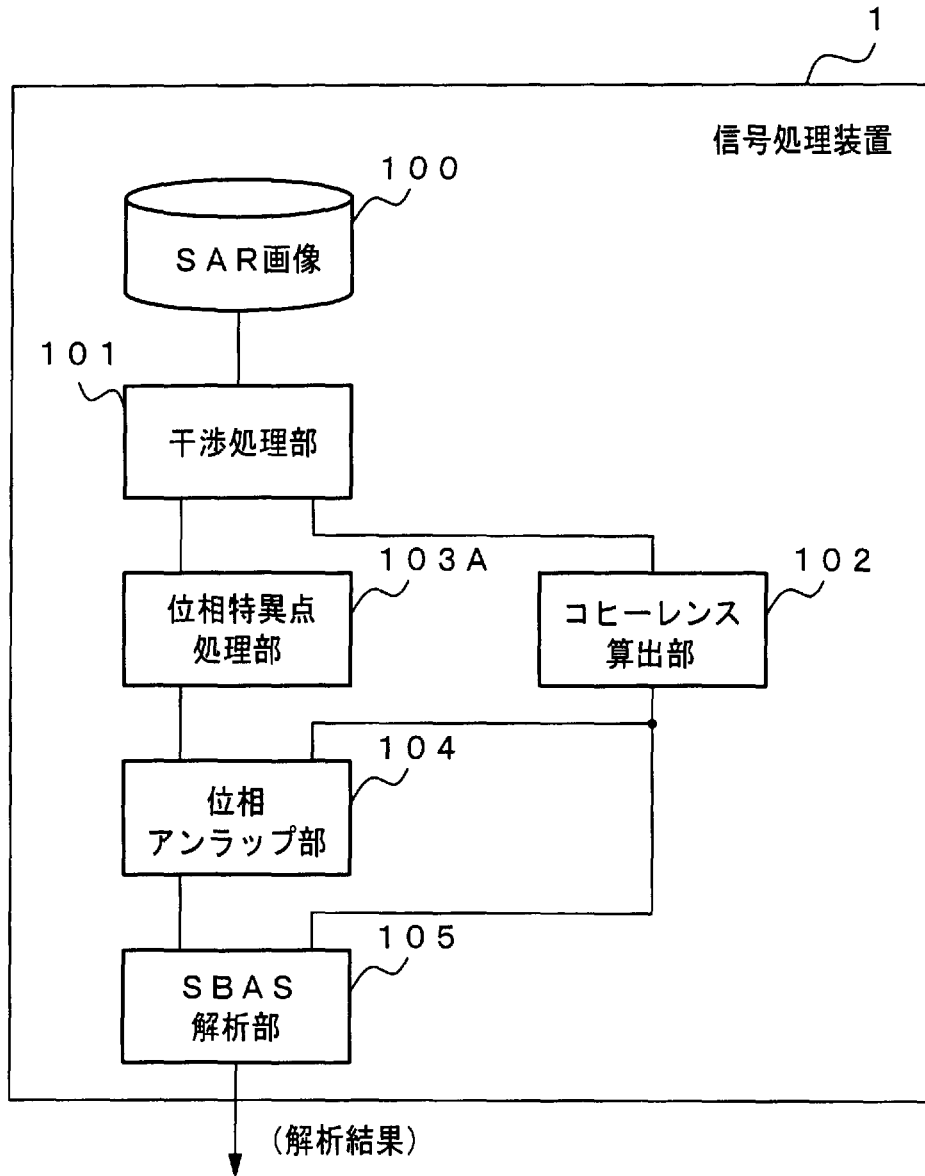
[請求項18]

コンピュータに、

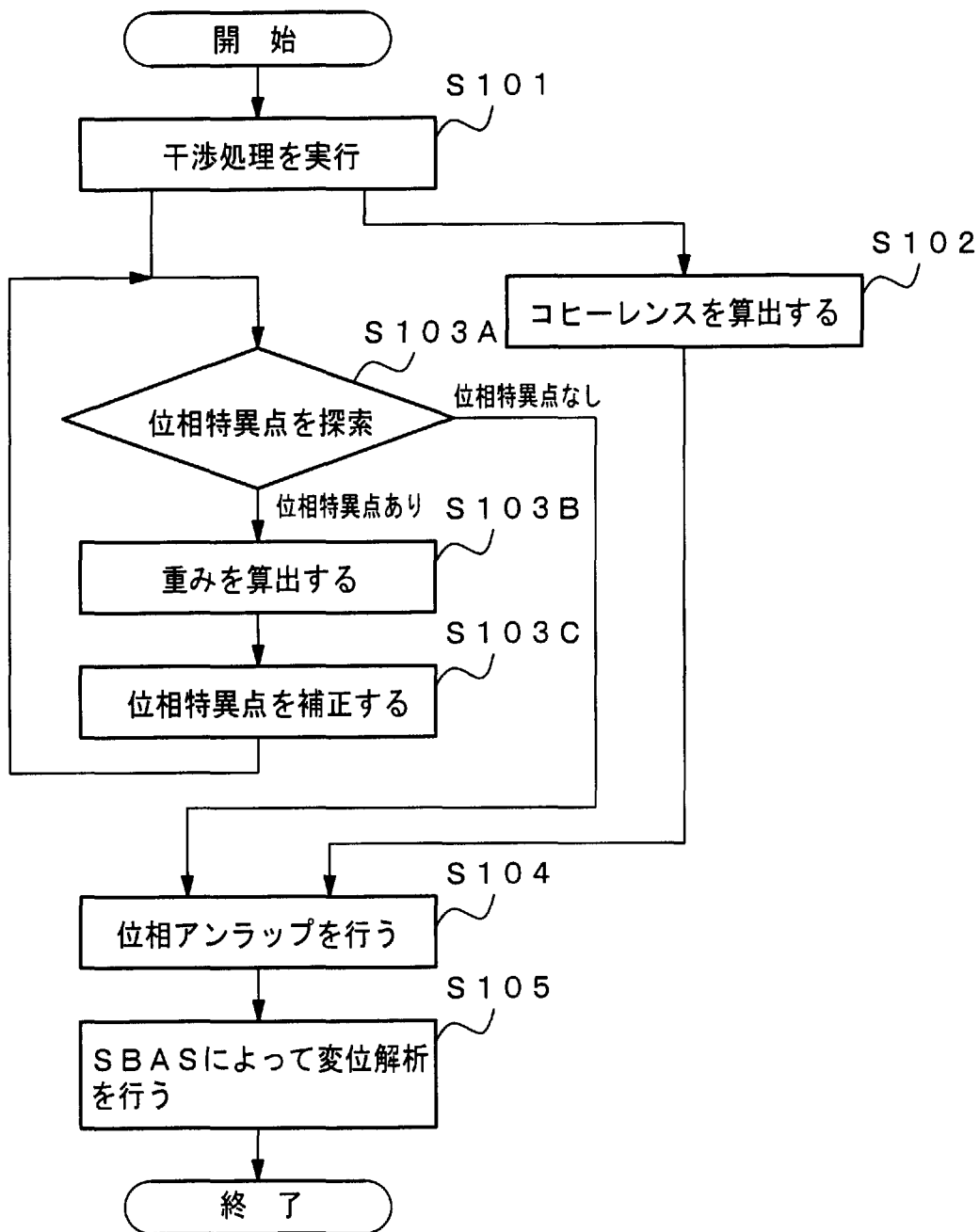
位相特異点が補正されたときに、算出された重みに応じてコヒーレンスを補正する処理を実行させる

請求項15または請求項16記載の合成開口レーダの信号処理プログラム。

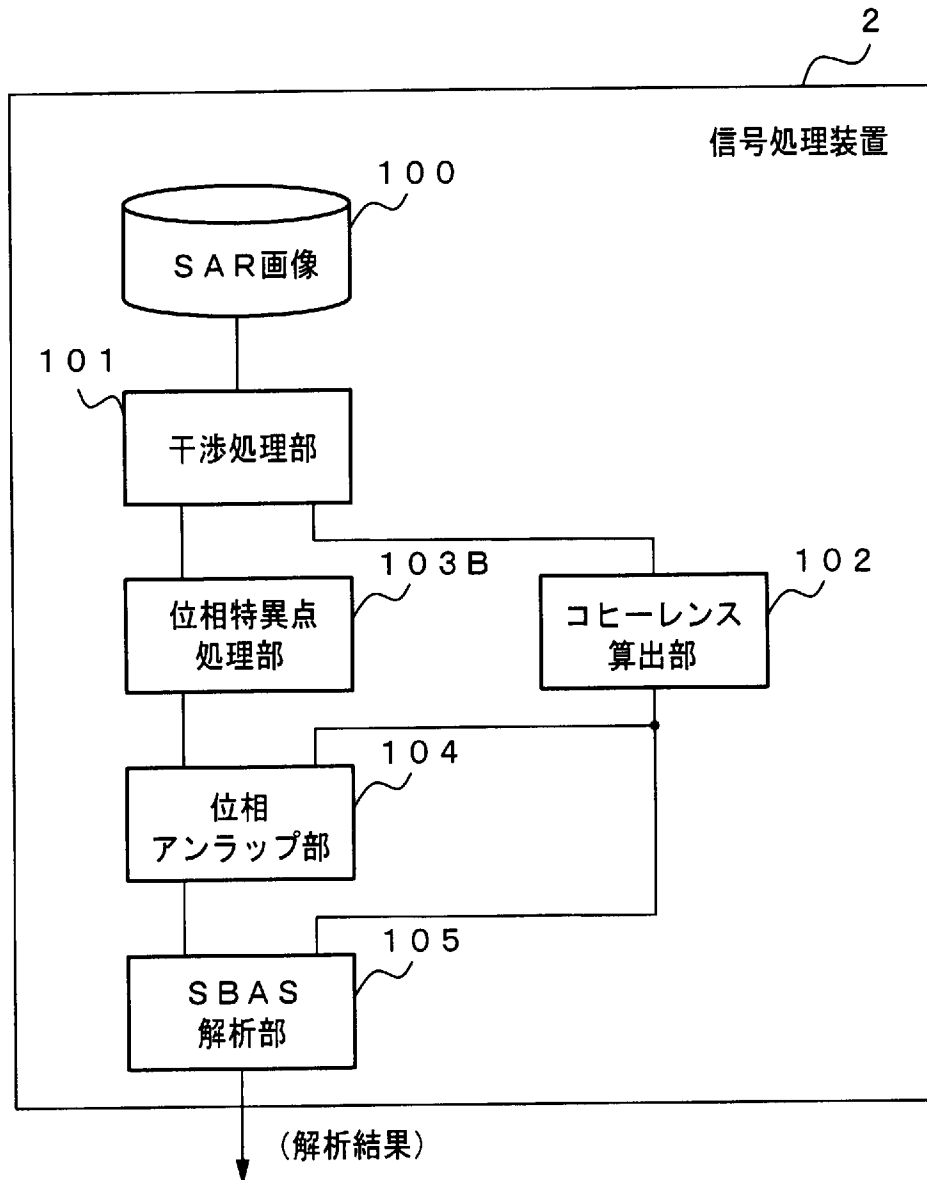
[図1]



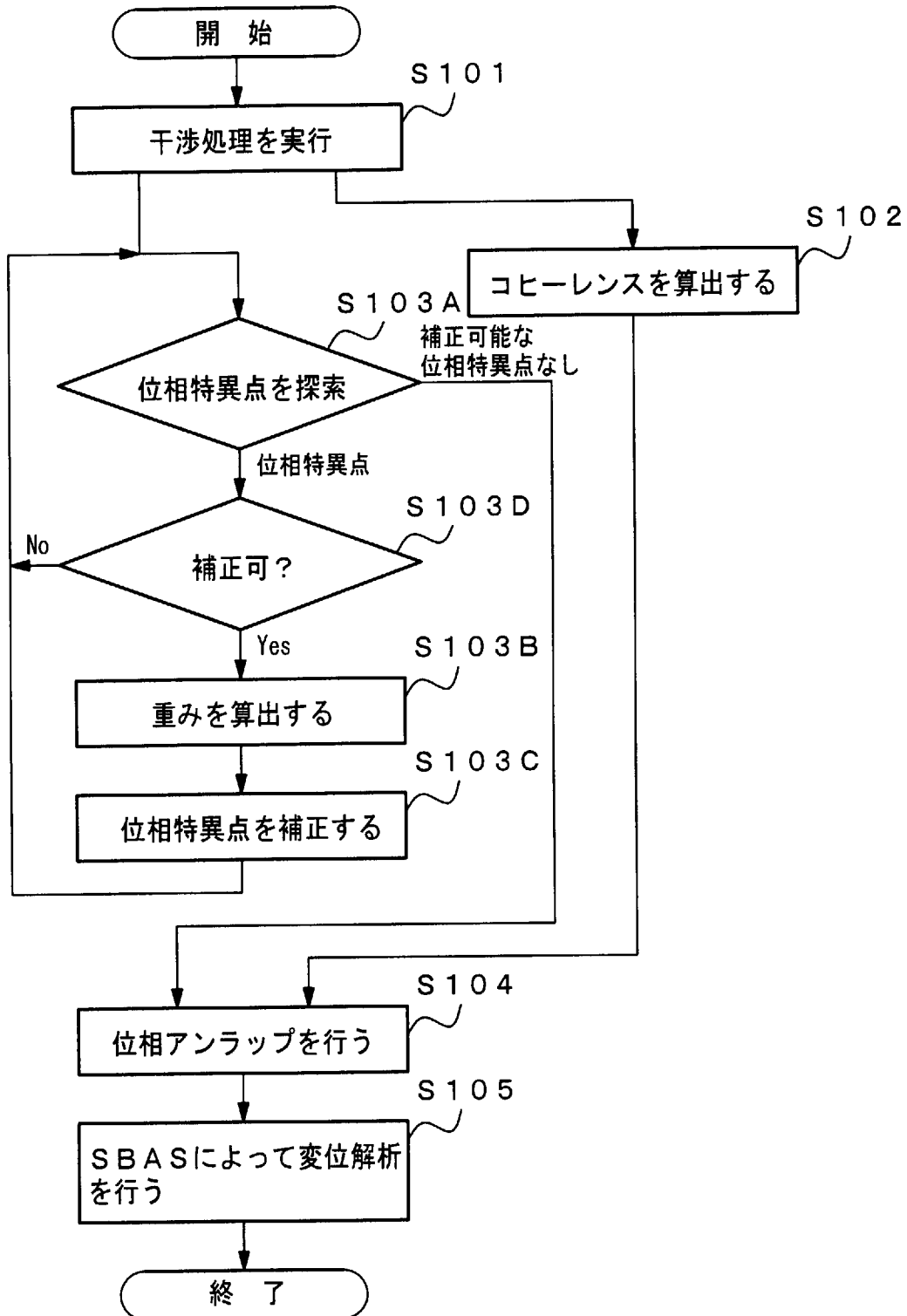
[図2]



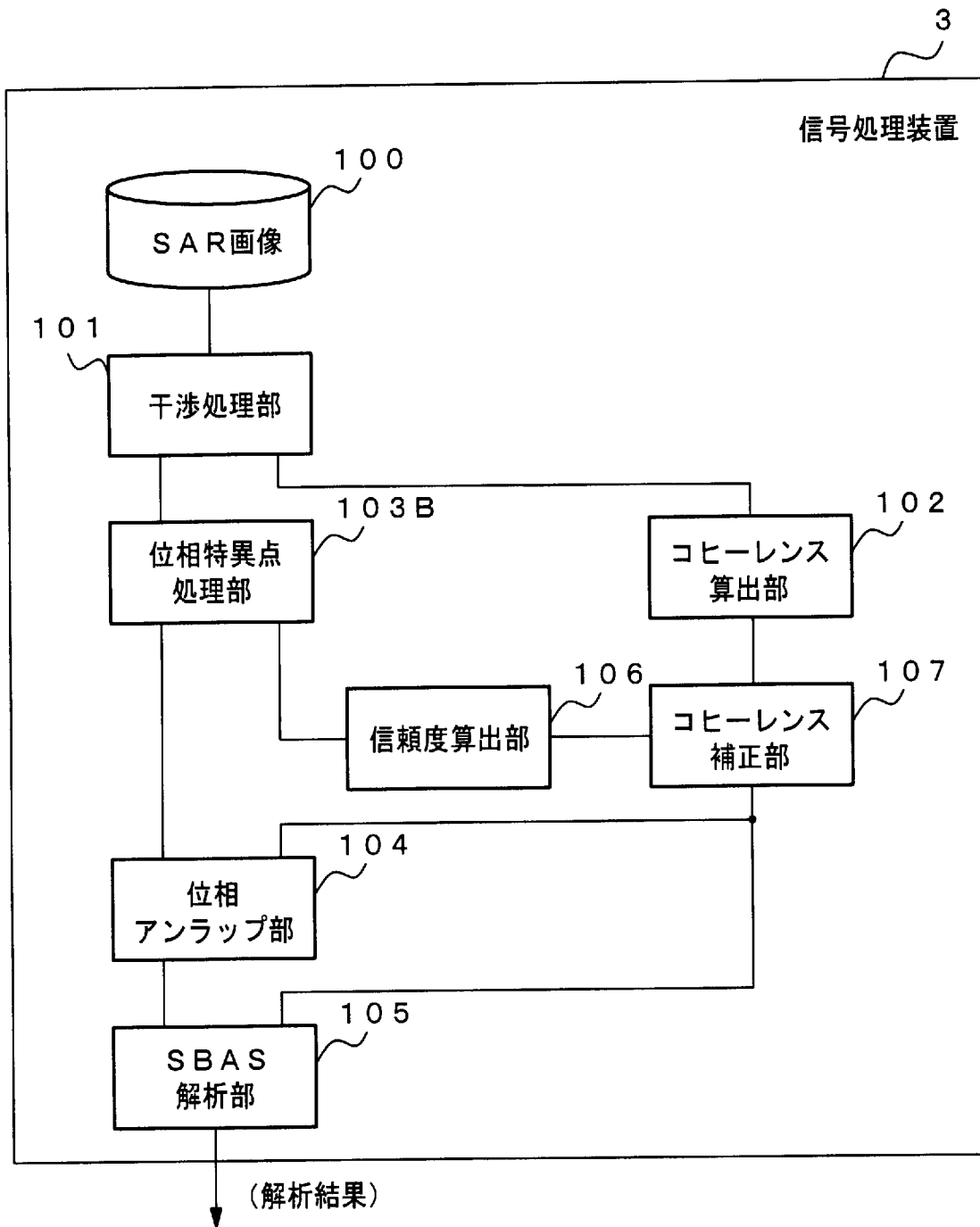
[図3]



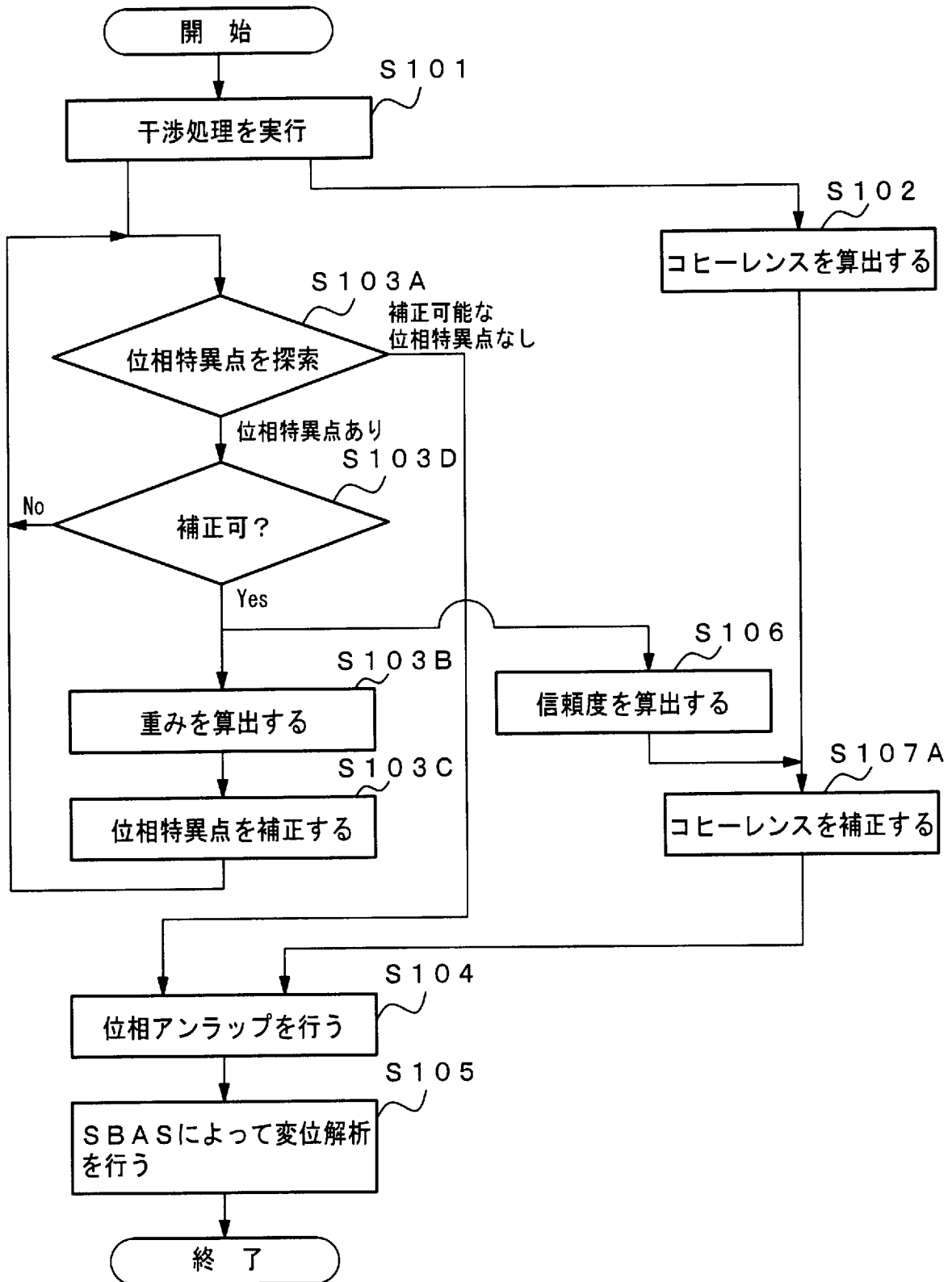
[図4]



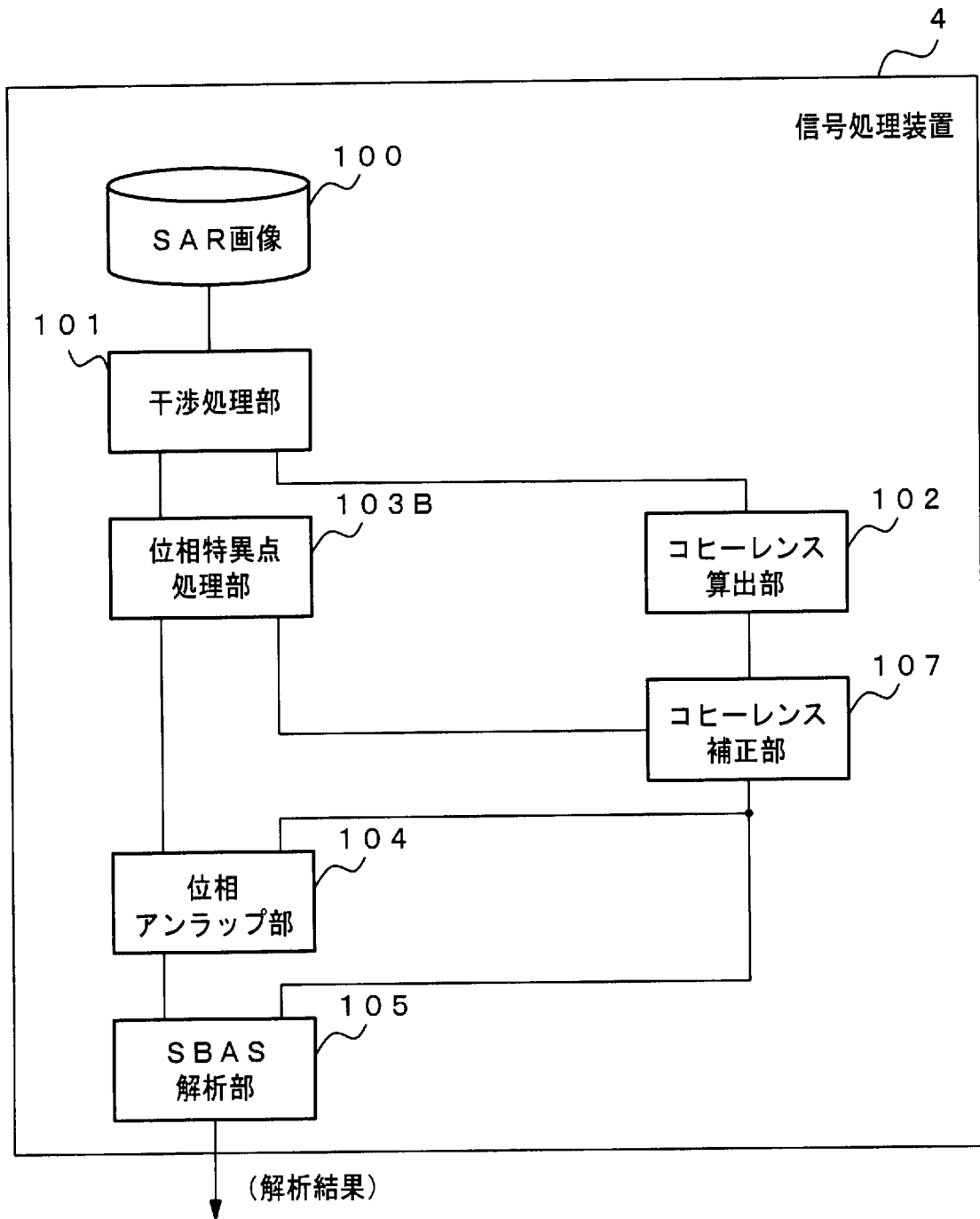
[図5]



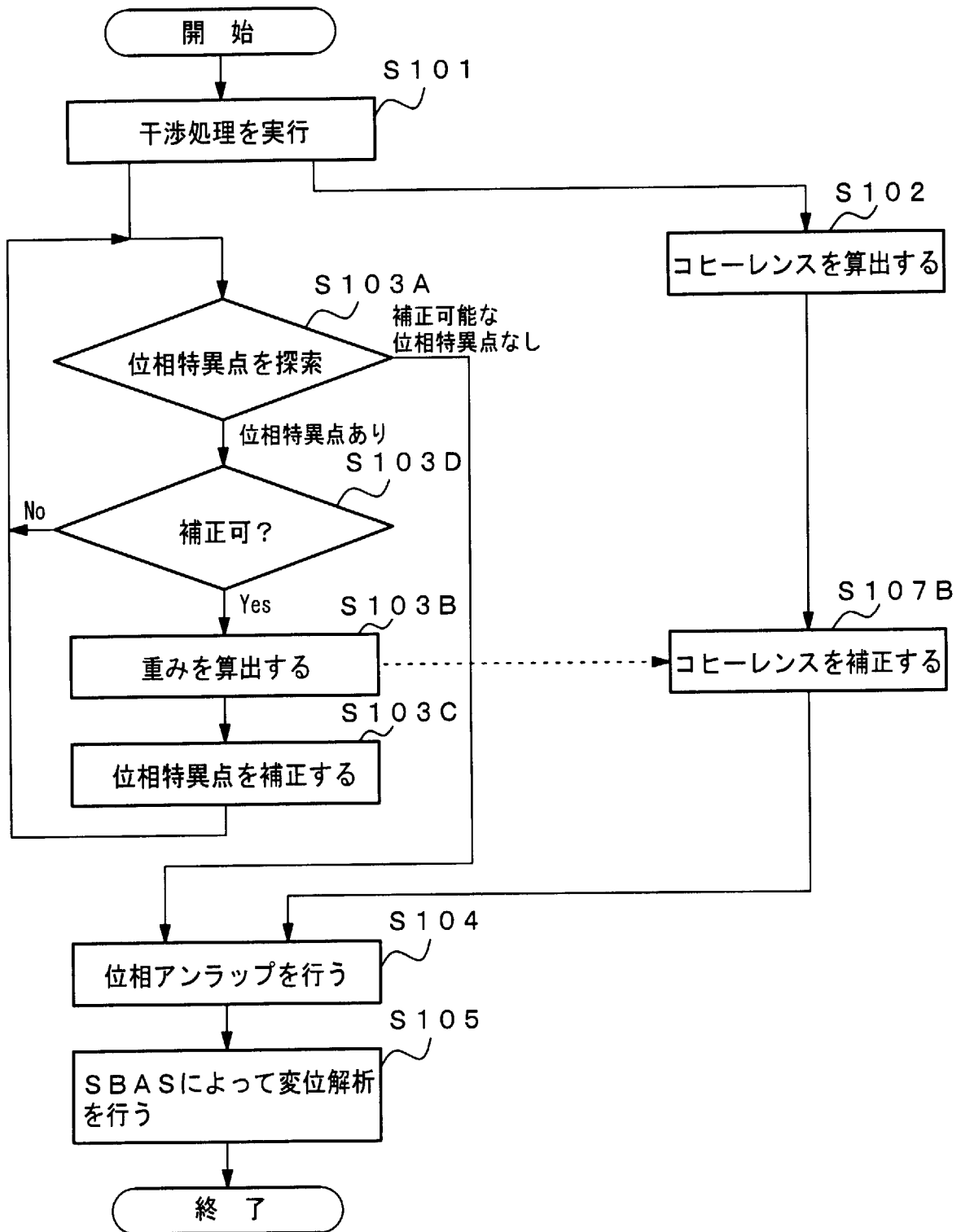
[図6]



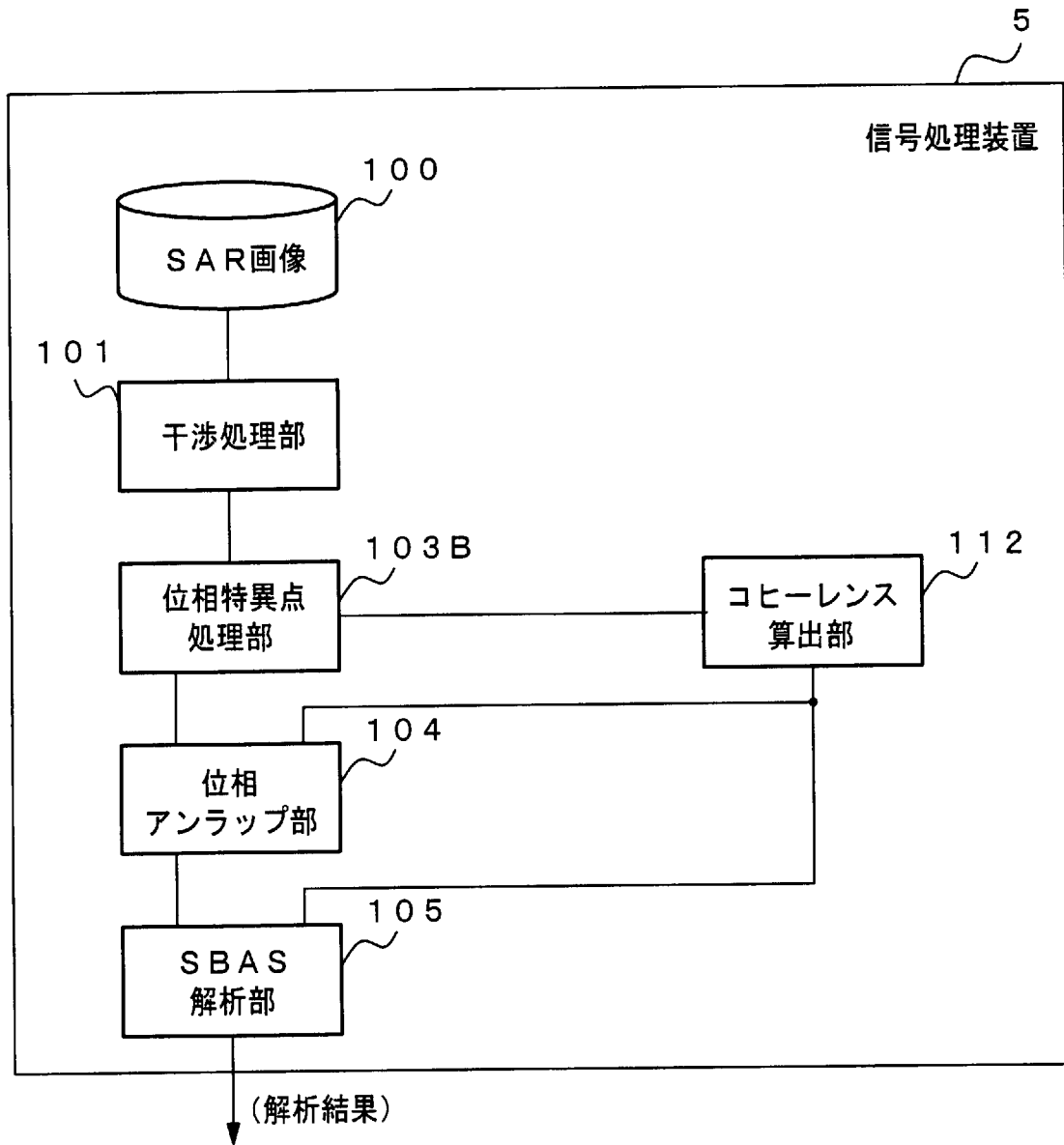
[図7]



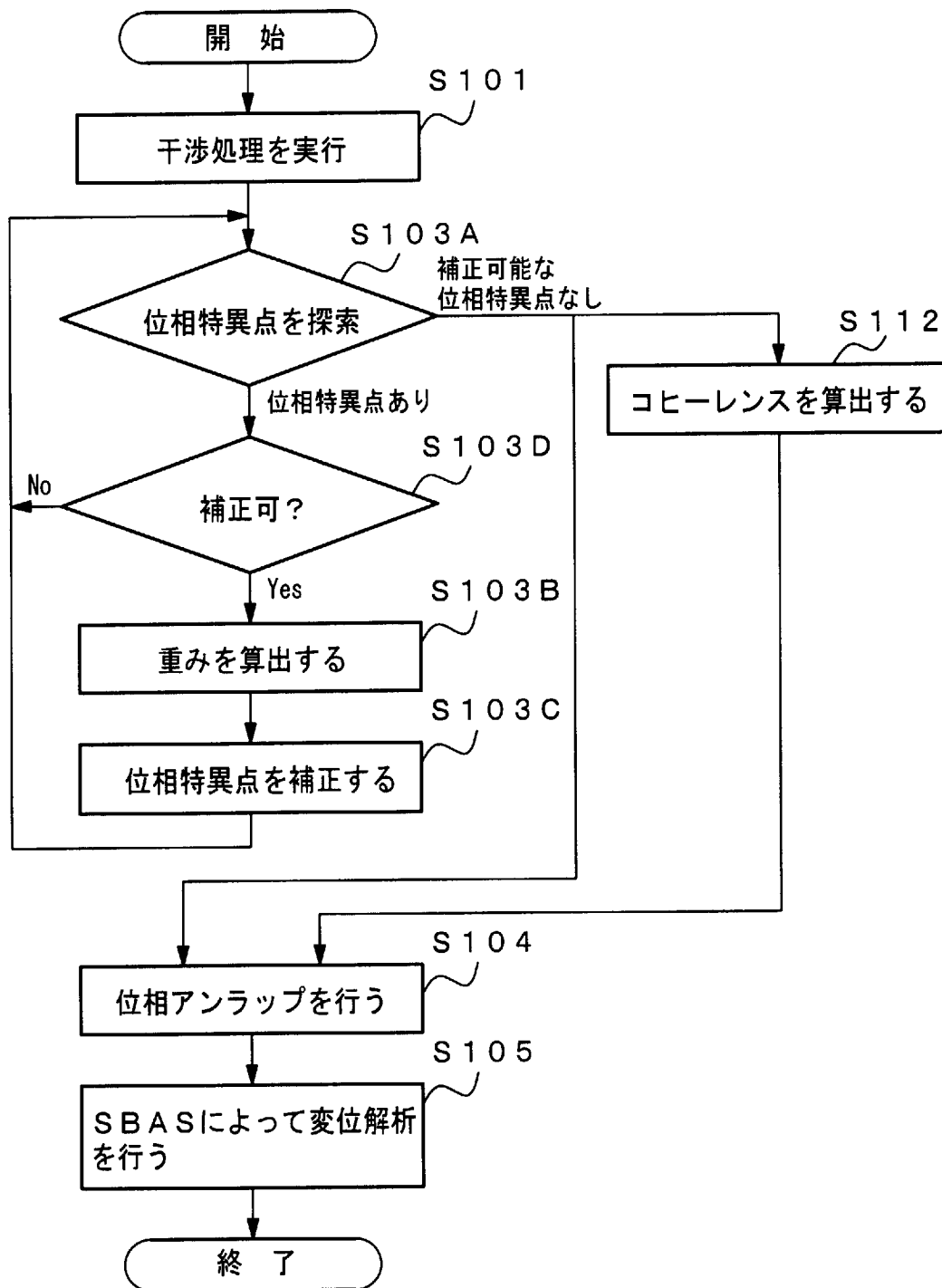
[図8]



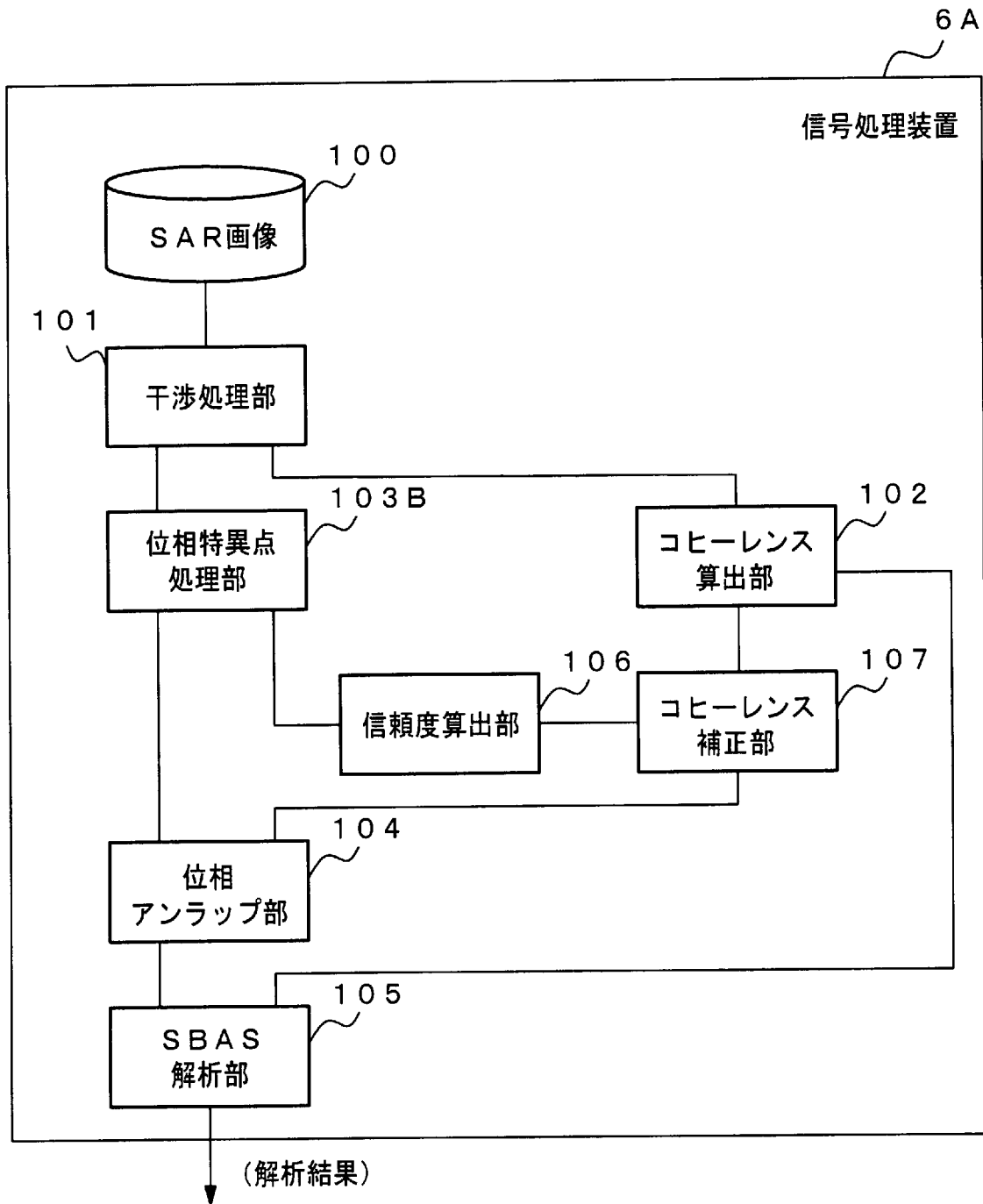
[図9]



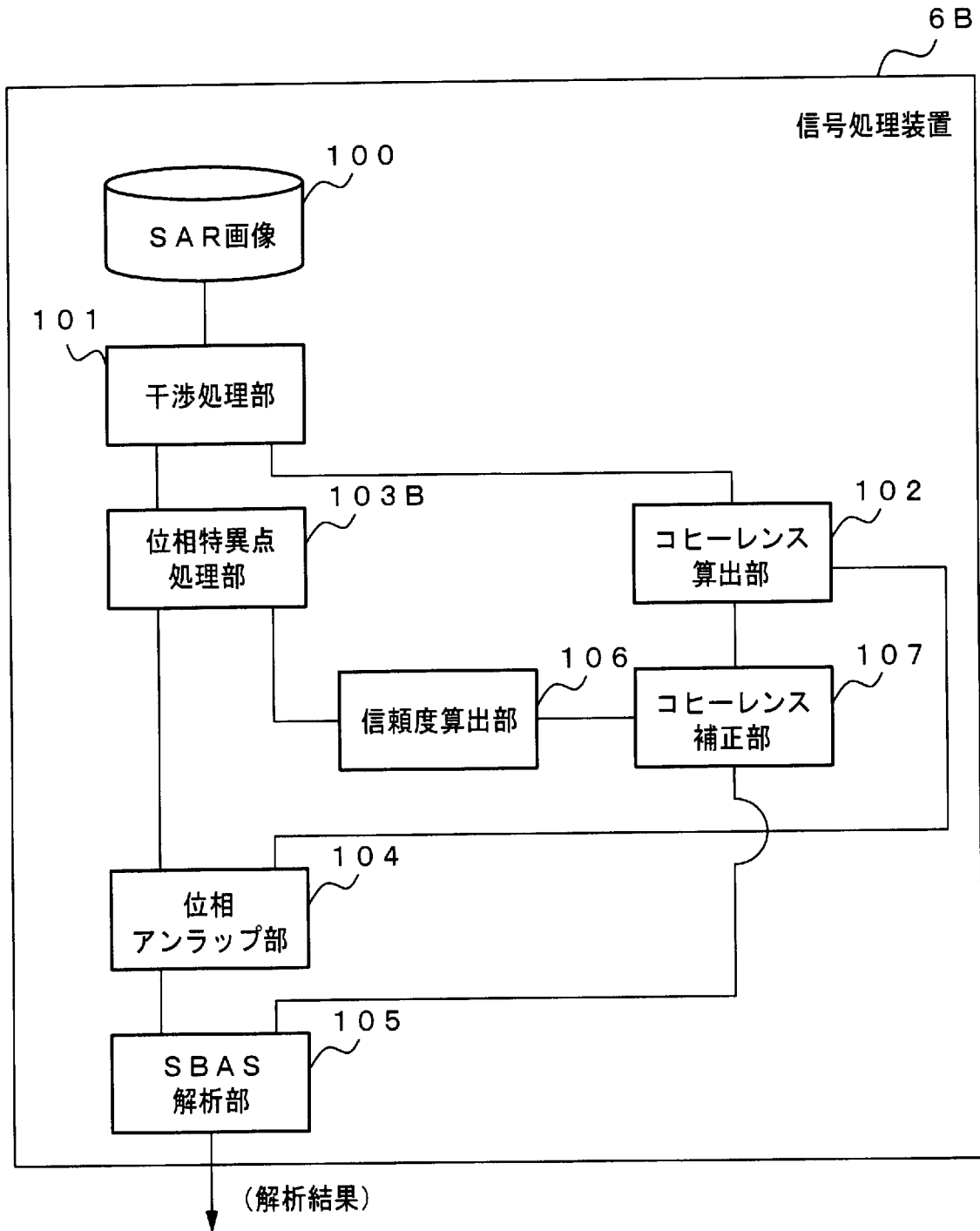
[図10]



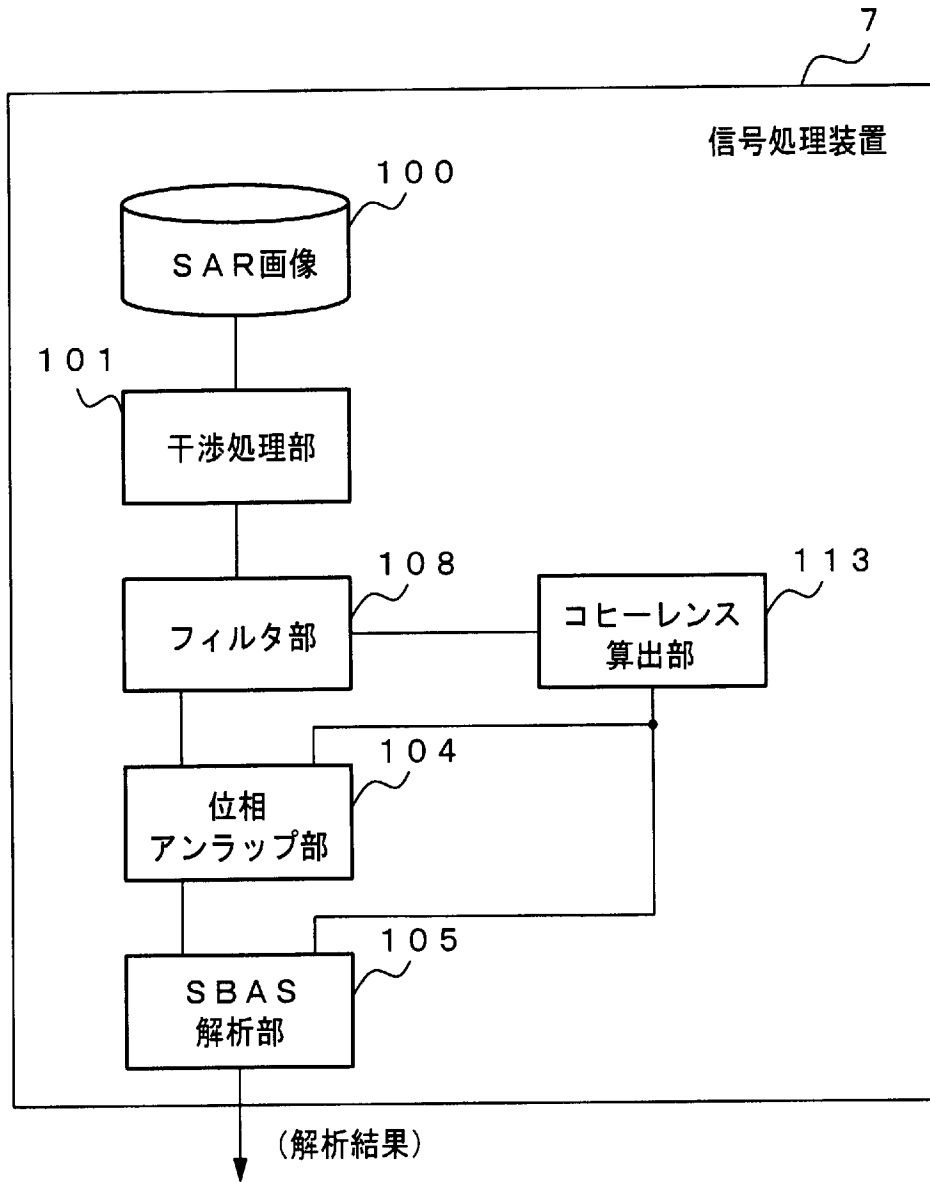
[図11]



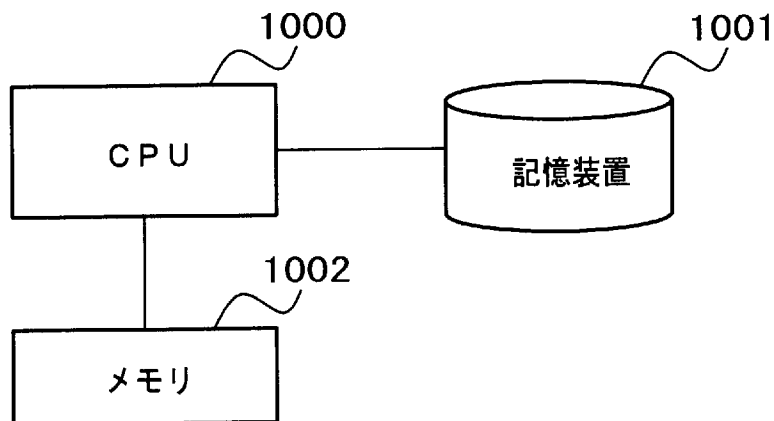
[図12]



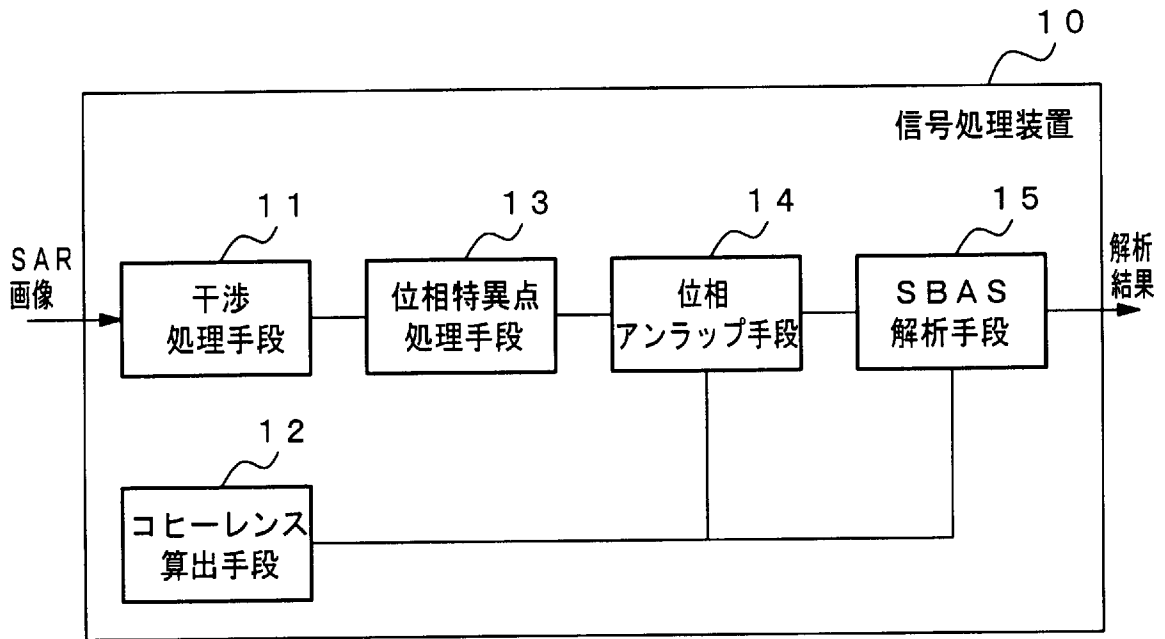
[図13]



[図14]



[図15]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2019/021199

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

Int.Cl. G01S13/90 (2006.01) i

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)

Int.Cl. G01S7/00-7/42, G01S13/00-13/95

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	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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

IEEE Xplore

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y  A	BERARDINO, Paolo et al., "A New Algorithm for Surface Deformation Monitoring Based on Small Baseline Differential SAR Interferograms", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, November 2002, vol. 40, no. 11, pp. 2375-2383, DOI:10.1109/TGRS.2002.803792	1-2, 6, 8-10, 14-15 3-5, 7, 11-13, 16-18

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" 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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search  
13 June 2019 (13.06.2019)

Date of mailing of the international search report  
02 July 2019 (02.07.2019)

Name and mailing address of the ISA/  
Japan Patent Office  
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,  
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer  
  
Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/021199

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	YAMAKI, Ryo et al., "Singular Unit Restoration in Interferograms Based on Complex-Valued Markov Random Field Model for Phase Unwrapping", IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, January 2009, vol. 6, no. 1, pp. 18-22, DOI:10.1109/LGRS.2008.2005588	1-2, 6, 8-10, 14-15 3-5, 7, 11-13, 16-18
Y A	LI, Hongyu et al., "A Modification to the Complex-Valued MRF Modeling Filter of Interferometric SAR Phase", IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, March 2015, vol. 12, no. 3, pp. 681-685, DOI:10.1109/LGRS.2014.2357449	1-2, 6, 8-10, 14-15 3-5, 7, 11-13, 16-18
Y	SUKSMONO, Andriyan Bayu et al., "Adaptive Noise Reduction of InSAR Images Based on a Complex-Valued MRF Model and Its Application to Phase Unwrapping Problem", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, March 2002, vol. 40, no. 3, pp. 699-709, DOI:10.1109/TGRS.2002.1000329	1, 6, 8-9, 14
Y	JP 2001-083243 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 30 March 2001, paragraphs [0020]-[0034], [0037]-[0039], [0051], fig. 1-8, 11-12 (Family: none)	1, 6, 8-9, 14
A	US 5835055 A (ATLANTIS SCIENTIFIC INC.) 10 November 1998, entire text, all drawings & CA 2200377 A	1-18

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01S13/90(2006.01)i

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))

Int.Cl. G01S7/00-7/42, G01S13/00-13/95

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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)

IEEE Xplore

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	BERARDINO, Paolo et al., A New Algorithm for Surface Deformation Monitoring Based on Small Baseline Differential SAR	1-2, 6, 8-10, 14-15
A	Interferograms, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2002.11, Vol.40, No.11, pp.2375-2383, DOI:10.1109/TGRS.2002.803792	3-5, 7, 11-13, 16-18

☑ 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
- 「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矛盾するものではなく、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

13.06.2019

国際調査報告の発送日

02.07.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)  
郵便番号 100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

東 治企

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

2S

9708

C (続き) . 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	YAMAKI, Ryo et al., Singular Unit Restoration in Interferograms Based on Complex-Valued Markov Random Field Model for Phase Unwrapping, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2009. 01, Vol. 6, No. 1, pp. 18-22, DOI:10.1109/LGRS.2008.2005588	1-2, 6, 8-10, 14-15
A		3-5, 7, 11-13, 16-18
Y	LI, Hongyu et al., A Modification to the Complex-Valued MRF Modeling Filter of Interferometric SAR Phase, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2015. 03, Vol. 12, No. 3, pp. 681-685, DOI:10.1109/LGRS.2014.2357449	1-2, 6, 8-10, 14-15
A		3-5, 7, 11-13, 16-18
Y	SUKSMONO, Andriyan Bayu et al., Adaptive Noise Reduction of InSAR Images Based on a Complex-Valued MRF Model and Its Application to Phase Unwrapping Problem, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2002. 03, Vol. 40, No. 3, pp. 699-709, DOI:10.1109/TGRS.2002.1000329	1, 6, 8-9, 14
Y	JP 2001-083243 A (三菱電機株式会社) 2001. 03. 30, [0020]-[0034], [0037]-[0039], [0051], 図 1-8, 11-12 (ファミリーなし)	1, 6, 8-9, 14
A	US 5835055 A (ATLANTIS SCIENTIFIC INC.) 1998. 11. 10, 全文, 全図 & CA 2200377 A	1-18