(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7255690号
(P7255690)

(45)発行日　令和5年4月11日(2023.4.11)

(24)登録日　令和5年4月3日(2023.4.3)

(51)国際特許分類
Ｇ０１Ｓ　13/90　(2006.01)

ＦＩ
Ｇ０１Ｓ　13/90　１９１

請求項の数　10　（全14頁）

(21)出願番号　特願2021-538553(P2021-538553)
(86)(22)出願日　令和1年8月5日(2019.8.5)
(86)国際出願番号　PCT/JP2019/030637
(87)国際公開番号　WO2021/024336
(87)国際公開日　令和3年2月11日(2021.2.11)
審査請求日　令和4年1月24日(2022.1.24)

(73)特許権者　000004237
日本電気株式会社
東京都港区芝五丁目７番１号
(74)代理人　100103090
弁理士　岩壁 冬樹
(74)代理人　100124501
弁理士　塩川 誠人
(72)発明者　田中 大地
東京都港区芝五丁目７番１号 日本電気株式会社内
(72)発明者　宝珠山 治
東京都港区芝五丁目７番１号 日本電気株式会社内
審査官　佐藤 宙子

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　位相アンラップ装置及び位相アンラップ方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

高さ情報を有する地図の座標をＳＡＲ画像の座標に変換する座標変換手段と、

座標がＳＡＲ画像の座標に変換された前記地図から、２枚のＳＡＲ画像から生成される位相差画像において位相不連続が生じうる部分を判定し、位相不連続が生じうると判定された部分に重みを付与する重み計算手段と、

前記重みを使用して前記位相差画像の位相アンラップを行う位相アンラップ手段と

を備えた位相アンラップ装置。

【請求項２】

前記位相アンラップ手段は、前記重みを使用して前記位相差画像における位相不連続境界を算出する不連続部算出手段と、前記位相不連続境界を避けて位相の積分を行うアンラップ処理手段とを含む

請求項１記載の位相アンラップ装置。

【請求項３】

前記重み計算手段は、位相不連続が生じうると判定された部分における画素間に相対的に小さい重みを付与し、

前記不連続部算出手段は、位相差が所定値よりも大きい領域の両端の間の最短経路を、画素間の重みを考慮して算出し、算出した最短経路を前記位相不連続境界とする

請求項２記載の位相アンラップ装置。

【請求項４】

前記位相アンラップ手段は、位相アンラップ前の位相と位相アンラップ後の位相の差を最小化することによって位相アンラップを行う
請求項１記載の位相アンラップ装置。
【請求項５】
ＤＳＭを格納する立体地図記憶手段を備え、
前記座標変換手段は、前記ＤＳＭの座標をＳＡＲ画像の座標に変換する
請求項１から請求項４のうちのいずれか１項に記載の位相アンラップ装置。
【請求項６】
地物ごとに高さ情報が付与されている二次元地図を格納する立体地図記憶手段を備え、
前記座標変換手段は、前記二次元地図の座標をＳＡＲ画像の座標に変換する
請求項１から請求項４のうちのいずれか１項に記載の位相アンラップ装置。
【請求項７】
画素ごとに高さ情報を有する二次元地図を格納する立体地図記憶手段を備え、
前記座標変換手段は、前記二次元地図の座標をＳＡＲ画像の座標に変換する
請求項１から請求項４のうちのいずれか１項に記載の位相アンラップ装置。
【請求項８】
高さ情報を有する地図の座標をＳＡＲ画像の座標に変換し、
座標がＳＡＲ画像の座標に変換された前記地図から、２枚のＳＡＲ画像から生成される位相差画像において位相不連続が生じうる部分を判定し、位相不連続が生じうると判定された部分に重みを付与し、
前記重みを使用して前記位相差画像の位相アンラップを行う
位相アンラップ方法。
【請求項９】
前記重みを使用して前記位相差画像における位相不連続境界を算出し、前記位相不連続境界を避けて位相の積分を行う
請求項８記載の位相アンラップ方法。
【請求項１０】
コンピュータに、
高さ情報を有する地図の座標をＳＡＲ画像の座標に変換する処理と、
座標がＳＡＲ画像の座標に変換された前記地図から、２枚のＳＡＲ画像から生成される位相差画像において位相不連続が生じうる部分を判定し、位相不連続が生じうると判定された部分に重みを付与する処理と、
前記重みを使用して前記位相差画像の位相アンラップを行う処理と
を実行させるための位相アンラッププログラム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、［－π，π］の範囲に折り畳まれている位相を絶対位相値に戻す位相アンラップ装置及び位相アンラップ方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
合成開口レーダ（ＳＡＲ：Synthetic Aperture Radar）技術は、人工衛星や航空機などの飛翔体が移動しながら電磁波を送受信し、大きな開口を持つアンテナと等価な観測画像が得られる技術である。合成開口レーダは、例えば、地表からの反射波を信号処理して、標高や地表変位を解析するために利用される。ＳＡＲ技術が用いられる場合、解析装置は、合成開口レーダによって得られる時系列のＳＡＲ画像（ＳＡＲデータ）を入力とし、入力されたＳＡＲ画像を時系列解析する。
【０００３】
標高や地表変位を解析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、違う時期に撮影された複数（例えば、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、位相差から、撮影時期間で生じた飛翔体と地面間の距離の変化が検出される。

【０００４】

干渉によって得られる位相は、［－π，π］の範囲に折り畳まれている。よって、その位相を絶対位相値、すなわち折り畳みがなくなり飛翔体と地面との間の距離に対して一次関数で変化するような位相値に戻す、位相アンラップが行われる。位相アンラップの一例として、干渉ＳＡＲ画像（位相差画像）における隣接画素間の位相差を積分する方法がある。実際には、隣接画素間の位相差が、積分経路に沿って順次加算される。

【０００５】

隣接画素間の位相が滑らかに変化する場合には正しく位相アンラップが実行される可能性が高いが、隣接画素間の位相差が大きい（例えば、πよりも大きい）領域を積分経路が通過するような場合には、正確な位相アンラップができないおそれがある。

【０００６】

隣接画素間の位相差が大きい領域を避けて位相アンラップを行うという手法がある。図８は、位相差画像の一例を示す説明図である。

【０００７】

図８（Ａ）には、位相アンラップが実行される前の位相差画像が示されている。図８（Ａ）において、経路１は、位相差が大きい領域を避けない積分経路である。経路２は、位相差が大きい領域を避ける積分経路である。図８（Ｂ）には、経路２について位相アンラップが実行された後の位相差画像が例示されている。

【０００８】

位相差が大きい領域を検出するために、位相差が大きい領域とそうでない領域との境界（不連続境界）が検出される。図９は、境界を検出する方法を説明するための説明図である。図９に示すように、境界を検出するために、隣接する４画素の位相差が順次積分（加算）される。積分値（加算値）が０にならないような箇所を、位相差が大きい領域の端とみなす。図９に示す例では、積分値が２πの領域と－２πの領域とが端である。そして、２つの端を接続する最短経路が境界とされる。

【０００９】

なお、非特許文献１にも、位相アンラップ方法が記載されている。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【００１０】

【文献】M. Costantini, "A Novel Phase Unwrapping Method Based on Network Programming", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 36, No. 3, PP.813-821, May 1998

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【００１１】

しかし、ビルのように位相が大きく変わるような対象が撮影されたときなどには（図１０（Ａ）参照）、位相の不連続領域が生ずる。両端を接続する最短経路を、位相差が大きい領域とそうでない領域との境界とするような手法を用いる場合、両端の間に存在する位相の不連続領域に起因して、不連続境界が正しく判定されないことがある（図１０（Ｂ）参照）。なお、図１０（Ｂ）の上図において、コ字型の部分が、位相差が大きい領域とそうでない領域との境界（不連続境界）の部分を示す。図１０（Ｂ）の下図において、白い曲線群が、両端を接続する最短経路を不連続境界とする手法によって、不連続境界と判定された部分を示す。不連続境界が正しく判定されない場合には、アンラップエラーが生ずる（図１０（Ｃ）参照）。図１０（Ｃ）の上図には、位相アンラップによって、［－π，π］の範囲に折り畳まれている位相が、［０，１２π］の範囲にまで伸張されたことが例示されている。図１０（Ｃ）の下図には、位相アンラップによって、［－π，π］の範囲に折り畳まれている位相が、［０，２π］の範囲にまでしか伸張されなかったことが例示

されている。すなわち、アンラップエラーが発生したことが示されている。
【００１２】
本発明は、アンラップエラーの発生を低減できる位相アンラップ装置及び位相アンラップ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】
【００１３】
本発明による位相アンラップ装置は、高さ情報を有する地図の座標をＳＡＲ画像の座標に変換する座標変換手段と、座標がＳＡＲ画像の座標に変換された地図から、２枚のＳＡＲ画像から生成される位相差画像において位相不連続が生じうる部分を判定し、位相不連続が生じうると判定された部分に重みを付与する重み計算手段と、重みを使用して位相差画像の位相アンラップを行う位相アンラップ手段とを含む。
【００１４】
本発明による位相アンラップ方法は、高さ情報を有する地図の座標をＳＡＲ画像の座標に変換し、座標がＳＡＲ画像の座標に変換された地図から、２枚のＳＡＲ画像から生成される位相差画像において位相不連続が生じうる部分を判定し、位相不連続が生じうると判定された部分に重みを付与し、重みを使用して位相差画像の位相アンラップを行う。
【００１５】
本発明による位相アンラッププログラムは、コンピュータに、高さ情報を有する地図の座標をＳＡＲ画像の座標に変換する処理と、座標がＳＡＲ画像の座標に変換された地図から、２枚のＳＡＲ画像から生成される位相差画像において位相不連続が生じうる部分を判定し、位相不連続が生じうると判定された部分に重みを付与する処理と、重みを使用して位相差画像の位相アンラップを行う処理とを実行させる。
【発明の効果】
【００１６】
本発明によれば、アンラップエラーの発生が低減する。
【図面の簡単な説明】
【００１７】
【図１】第１の実施形態の位相アンラップ装置の構成例を示すブロック図である。
【図２】位相アンラップ装置の動作を示すフローチャートである。
【図３】座標変換部、重み決定部及び不連続部算出部の動作を説明するための説明図である。
【図４】第２の実施形態の位相アンラップ装置の構成例を示すブロック図である。
【図５】位相アンラップ装置の応用例を示す説明図である。
【図６】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７】位相アンラップ装置の主要部を示すブロック図である。
【図８】位相差画像の一例を示す説明図である。
【図９】境界を検出する方法を説明するための説明図である。
【図１０】位相の不連続領域を説明するための説明図である。
【発明を実施するための形態】
【００１８】
以下、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。
【００１９】
実施形態１．
図１は、第１の実施形態の位相アンラップ装置の構成例を示すブロック図である。図１に示す位相アンラップ装置１は、ＳＡＲ画像格納部１００、立体地図格納部１０１、座標変換部１０２、重み決定部１０３、不連続部算出部１０４、アンラップ処理部１０５及びアンラップ結果格納部１０６を含む。
【００２０】
ＳＡＲ画像格納部１００には、複数枚のＳＡＲ画像が格納されている。立体地図格納部１０１には、建物や樹木の高さ情報も含むＤＳＭ（Digital Surface Model ）と呼ばれる

立体地図が格納されている。

【００２１】

次に、図２のフローチャート及び図３の説明図を参照して位相アンラップ装置１の動作を説明する。図２は、位相アンラップ装置１の動作を示すフローチャートである。図３は、座標変換部１０２、重み決定部１０３及び不連続部算出部１０４の動作を説明するための説明図である。

【００２２】

座標変換部１０２は、ＳＡＲ画像の撮影領域に対応する地図領域を、立体地図格納部１０１に格納されている立体地図から抽出し、地図領域の座標をＳＡＲ画像の座標に変換する（ステップＳ１０１）。

【００２３】

重み決定部１０３は、座標がＳＡＲ画像の座標に変換された地図領域のデータから、位相差画像において位相不連続が生ずる可能性が高い領域を検出する。重み決定部１０３は、例えば、位相不連続が生ずる可能性が高い領域として、位置が不連続な領域（例えば、高さ方向の座標が大きく変化する箇所）を抽出する（ステップＳ１０２）。

【００２４】

図３に示す例では、立体地図において、建物などの構造物のデータが存在していた場合に（図３における枠Ａ参照）、不連続部算出部１０４が、構造物の輪郭部分を抽出したことが例示されている。

【００２５】

そして、重み決定部１０３は、抽出した領域の画素または画素間に、抽出されない領域に比べて、小さな重みを付与する（ステップＳ１０３）。図３に示す例では、重み決定部１０３が、構造物の輪郭部分に小さな重みを付与したことが例示されている（図３における枠Ａ参照）。小さな重みは、相対的に小さい重みである。一例として、重み決定部１０３は、位相不連続が生じないと判定された部分に１を付与し、位相不連続が生じうると判定された部分に０を付与する。

【００２６】

不連続部算出部１０４は、上述したような方法、すなわち、位相差が大きい領域の端と見なすことができる端を結ぶ最短経路を不連続境界とする（ステップＳ１０４）。本実施形態では、不連続部算出部１０４は、最短経路を決定するときに、画素間の重み、または重みを積や和として付加した画素間距離を参照する。すなわち、最短経路とは、経路上の重みが最小になるような経路、または重み付けして評価した画素間距離の合計値が最小化される経路である。小さな重みが付与された画素間の距離が参照されるときには、その画素間は、最短経路に含まれる可能性が高くなる。換言すれば、画素または画素間に小さな重みが付与されるということは、位相不連続が生ずる可能性が高い領域が最短経路に含まれる可能性が高くなる。なお、重みは、重み決定部１０３で算出された重みである。

【００２７】

図３における枠Ｂには、入力画像（位相差画像）を対象として最短経路が決定された様子の例が示されている。不連続部算出部１０４が重み付けされた画素間距離を参照しなかった場合の例が下段に示され、不連続部算出部１０４が重み付けされた画素間距離を参照した場合の例が下段に示されている。つまり、不連続部算出部１０４が重み付けされた画素間距離を参照した場合には、位相不連続が生ずる可能性が高い領域としての構造物の輪郭が最短経路に含まれる。

【００２８】

なお、構造物の輪郭は位相不連続が生ずる可能性が高い領域の一例であって、立体画像に基づいて判定される位相不連続が生ずる可能性が高い領域は、構造物の輪郭に限られない。

【００２９】

アンラップ処理部１０５は、上述したような方法で位相アンラップを実行する。すなわち、アンラップ処理部１０５は、不連続境界を避ける積分経路に沿って位相差を順次加算

する（ステップＳ１０５）。なお、図１に示す構成例では、アンラップ処理部１０５は、位相アンラップ後の位相差画像をアンラップ結果格納部１０６に格納する。

【００３０】

本実施形態では、重み決定部１０３は、あらかじめ、不連続な位相が発生する可能性が高い部分を推定する。そして、重み決定部１０３は、不連続な位相が発生する可能性が高い部分に小さな重みを付与して、その部分が最短経路（不連続境界）に含まれやすくする。不連続部算出部１０４が、最短経路を決定するときに、付与された重みを考慮に入れることによって、単に最短経路を算出する場合に比べて、より正確に不連続境界を推定できる。その結果、アンラップエラーの発生が抑制される。

【００３１】

なお、本実施形態では、不連続境界を避けて位相を積分する（位相を順次加算する）位相アンラップが用いられたが、位相アンラップの処理中に不連続境界を使用する方法であれば、位相を順次加算する手法以外の手法を用いる位相アンラップに対して、本実施形態における考え方を適用することができる。

【００３２】

実施形態２．

図４は、第２の実施形態の位相アンラップ装置の構成例を示すブロック図である。図４に示す位相アンラップ装置１は、ＳＡＲ画像格納部１００、立体地図格納部１０１、座標変換部１０２、重み決定部１０３、不連続部算出部１０４、アンラップ処理部１０８及びアンラップ結果格納部１０６を含む。

【００３３】

本実施形態におけるアンラップ処理部１０８は、第１の実施形態におけるアンラップ処理部１０５が実施する方法と異なる方法で位相アンラップを行う。その他の構成要素の動作は、第１の実施形態の場合と同様である。

【００３４】

位相差画像において、理想的な位相アンラップがなされた後の位相は、位相アンラップがなされる前の位相と等しいか、または２πの整数倍でずれるという性質があることが知られている。より正確に表現すると、位相アンラップ前の位相の近接画素間での差分の値は、位相アンラップ前の差分の値と等しいか、または２πの整数倍ずれた値になる。また、多くの場合に２πの整数倍ずれる場所は少ないという仮定が成立することが知られている。

【００３５】

そこで、位相アンラップ前の位相と位相アンラップ後の位相との差（位相アンラップ前の位相の差分の値と位相アンラップ後の位相の差分の値と差）の大きさの合計値を最小化することによって、ノイズの影響が低減した位相アンラップ結果を得ることができる。差の大きさの合計値は、例えば、差の絶対値の１乗の合計値であってもよいし、その他の差の絶対値のべき乗の合計値であってもよい。また、その他の差の絶対値に対して単調増加するような関数を掛けたものの合計値であってもよい。

【００３６】

アンラップ処理部１０８は、そのような位相アンラップ手法（以下、第２の手法という。）を用いる。アンラップ処理部１０８は、第２の手法を用いるときに、不連続部算出部１０４の処理結果を用いることができる。

【００３７】

一例として、アンラップ処理部１０８は、位相アンラップを実行するときに、不連続部算出部１０４が不連続境界であると判定した部分の画素の重みを０または０に近い値にし、画素間の位相差に重みを乗算する。さらに、位相不連続が生ずる可能性が高いと重み決定部１０３が判定した領域の画素に小さな重みが付与されるが、アンラップ処理部１０８は、重み決定部１０３が付与した重みも使用する。すなわち、アンラップ処理部１０８は、位相不連続が生ずる可能性が高い画素に重み決定部１０３が付与した重みを乗算する。その後に、アンラップ処理部１０８は、第２の手法で位相アンラップを実行する。

【００３８】
本実施形態では、第２の手法で位相アンラップを実行するときに、位相不連続が生ずる可能性が高い画素が除外されるか（重みが０場合）、または、位相アンラップが実行されるときに、位相不連続が生ずる可能性が高い画素の影響度が低下するので、第１の実施形態の場合と同様に、アンラップエラーの発生が抑制される。
【００３９】
上記の各実施形態では、立体地図格納部１０１に、立体地図としてＤＳＭが格納されたが、使用可能な立体地図はＤＳＭに限られない。例えば、立体地図格納部１０１に、立体地図として、地物ごとに高さ情報が付与されている二次元地図が格納されていてもよい。その場合には、座標変換部１０２は、地物ごとに高さ情報が付与されている二次元地図の座標をＳＡＲ画像の座標に変換する。また、立体地図格納部１０１に、立体地図として、画素ごとに高さ情報を有する二次元地図を用いることができる。その場合には、座標変換部１０２は、画素ごとに高さ情報を有する二次元地図の座標をＳＡＲ画像の座標に変換する。
【００４０】
図５は、上記の各実施形態の応用例を示す説明図である。図５には、異なる時刻に撮影された複数（例えば、２つ）のＳＡＲ画像を用いる変位解析に、第１の実施形態または第２の実施形態の位相アンラップ装置及び位相アンラップ方法が適用される例が示されている。本発明では、立体地図における構造物などを考慮した位相アンラップが実行されるので、市街地や都市部における変位解析も正確に行うことが可能になる。
【００４１】
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。
【００４２】
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。
【００４３】
図６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、位相アンラップ装置に実装される。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及び図４に示された位相アンラップ装置１，２における立体地図格納部１０１、座標変換部１０２、重み決定部１０３、不連続部算出部１０４、及びアンラップ処理部１０５，１０８の機能を実現する。
【００４４】
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。
【００４５】
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 com

puter 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。

【００４６】

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。

【００４７】

図７は、位相アンラップ装置の主要部を示すブロック図である。図７に示す位相アンラップ装置１０は、高さ情報を有する地図の座標をＳＡＲ画像の座標に変換する座標変換手段１１（実施形態では、座標変換部１０２で実現される。）と、座標がＳＡＲ画像の座標に変換された地図から、２枚のＳＡＲ画像から生成される位相差画像において位相不連続が生じうる部分を判定し、位相不連続が生じうると判定された部分に重みを付与する重み計算手段１２（実施形態では、重み決定部１０３で実現される。）と、重みを使用して位相差画像の位相アンラップを行う位相アンラップ手段１３（実施形態では、不連続部算出部１０４及びアンラップ処理部１０５，１０８で実現される。）とを備える。

【００４８】

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。

【００４９】

（付記１）高さ情報を有する地図の座標をＳＡＲ画像の座標に変換する座標変換手段と、

座標がＳＡＲ画像の座標に変換された前記地図から、２枚のＳＡＲ画像から生成される位相差画像において位相不連続が生じうる部分を判定し、位相不連続が生じうると判定された部分に重みを付与する重み計算手段と、

前記重みを使用して前記位相差画像の位相アンラップを行う位相アンラップ手段と

を備えた位相アンラップ装置。

【００５０】

（付記２）前記位相アンラップ手段は、前記重みを使用して前記位相差画像における位相不連続境界を算出する不連続部算出手段（実施形態では、不連続部算出部１０４で実現される。）と、前記位相不連続境界を避けて位相の積分を行うアンラップ処理手段（実施形態では、アンラップ処理部１０５で実現される。）とを含む

付記１の位相アンラップ装置。

【００５１】

（付記３）前記重み計算手段は、位相不連続が生じうると判定された部分における画素間に相対的に小さい重みを付与し、

前記不連続部算出手段は、位相差が所定値よりも大きい領域の両端の間の最短経路を、画素間の重みを考慮して算出し、算出した最短経路を前記位相不連続境界とする

付記２の位相アンラップ装置。

【００５２】

（付記４）前記位相アンラップ手段（実施形態では、アンラップ処理部１０８で実現される。）は、位相アンラップ前の位相と位相アンラップ後の位相の差を最小化することによって位相アンラップを行う

付記１の位相アンラップ装置。

【００５３】

（付記５）ＤＳＭを格納する立体地図記憶手段を備え、

前記座標変換手段は、前記ＤＳＭの座標をＳＡＲ画像の座標に変換する

付記１から付記４のうちのいずれかの位相アンラップ装置。

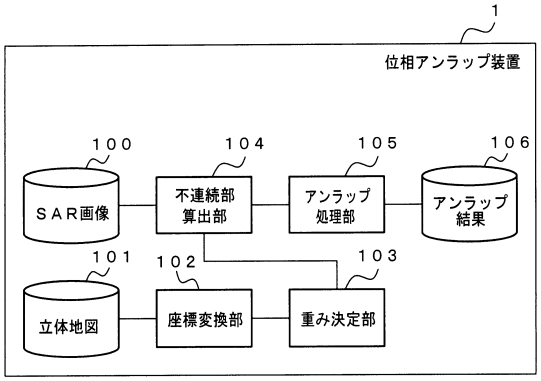
【００５４】

（付記６）地物ごとに高さ情報が付与されている二次元地図を格納する立体地図記憶手段を備え、
前記座標変換手段は、前記二次元地図の座標をＳＡＲ画像の座標に変換する
付記１から付記４のうちのいずれかの位相アンラップ装置。
【００５５】
（付記７）画素ごとに高さ情報を有する二次元地図を格納する立体地図記憶手段を備え、
前記座標変換手段は、前記二次元地図の座標をＳＡＲ画像の座標に変換する
付記１から付記４のうちのいずれかの位相アンラップ装置。
【００５６】
（付記８）高さ情報を有する地図の座標をＳＡＲ画像の座標に変換し、
座標がＳＡＲ画像の座標に変換された前記地図から、２枚のＳＡＲ画像から生成される位相差画像において位相不連続が生じうる部分を判定し、位相不連続が生じうると判定された部分に重みを付与し、
前記重みを使用して前記位相差画像の位相アンラップを行う
位相アンラップ方法。
【００５７】
（付記９）前記重みを使用して前記位相差画像における位相不連続境界を算出し、前記位相不連続境界を避けて位相の積分を行う
付記８の位相アンラップ方法。
【００５８】
（付記１０）位相不連続が生じうると判定された部分における画素間に相対的に小さい重みを付与し、
位相差が所定値よりも大きい領域の両端の間の最短経路を、画素間の重みを考慮して算出し、算出した最短経路を前記位相不連続境界とする
付記９の位相アンラップ方法。
【００５９】
（付記１１）位相アンラップ前の位相と位相アンラップ後の位相の差を最小化することによって位相アンラップを行う
付記８の位相アンラップ方法。
【００６０】
（付記１２）コンピュータに、
高さ情報を有する地図の座標をＳＡＲ画像の座標に変換する処理と、
座標がＳＡＲ画像の座標に変換された前記地図から、２枚のＳＡＲ画像から生成される位相差画像において位相不連続が生じうる部分を判定し、位相不連続が生じうると判定された部分に重みを付与する処理と、
前記重みを使用して前記位相差画像の位相アンラップを行う処理と
を実行させるための位相アンラッププログラム。
【００６１】
（付記１３）コンピュータに、
前記重みを使用して前記位相差画像における位相不連続境界を算出し、前記位相不連続境界を避けて位相の積分を行わせる
付記１２の位相アンラッププログラム。
【００６２】
（付記１４）コンピュータに、
位相不連続が生じうると判定された部分における画素間に相対的に小さい重みを付与する処理と、
位相差が所定値よりも大きい領域の両端の間の最短経路を、画素間の重みを考慮して算出し、算出した最短経路を前記位相不連続境界とする処理と
を行わせる付記１３の位相アンラッププログラム。
【００６３】

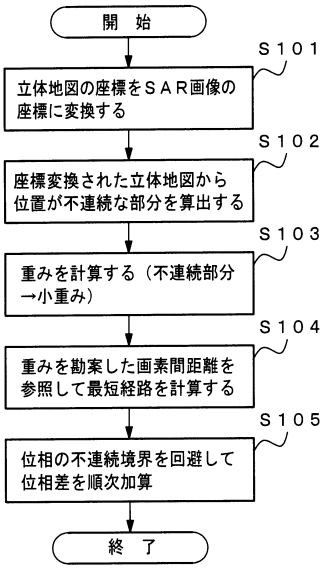
（付記１５）コンピュータに、
位相アンラップ前の位相と位相アンラップ後の位相の差を最小化することによって位相アンラップを行わせる
付記１２の位相アンラッププログラム。
【００６４】
以上、実施形態を参照して本願発明を説明したが、本願発明は上記の実施形態に限定されるものではない。本願発明の構成や詳細には、本願発明のスコープ内で当業者が理解し得る様々な変更をすることができる。
【符号の説明】
【００６５】
１，２，１０　位相アンラップ装置
１１　　座標変換手段
１２　　重み計算手段
１３　　位相アンラップ手段
１００　　ＳＡＲ画像格納部
１０１　　立体地図格納部
１０２　　座標変換部
１０３　　重み決定部
１０４　　不連続部算出部
１０５，１０８　アンラップ処理部
１０６　　アンラップ結果格納部
１０００　ＣＰＵ
１００１　記憶装置
１００２　メモリ

【図面】

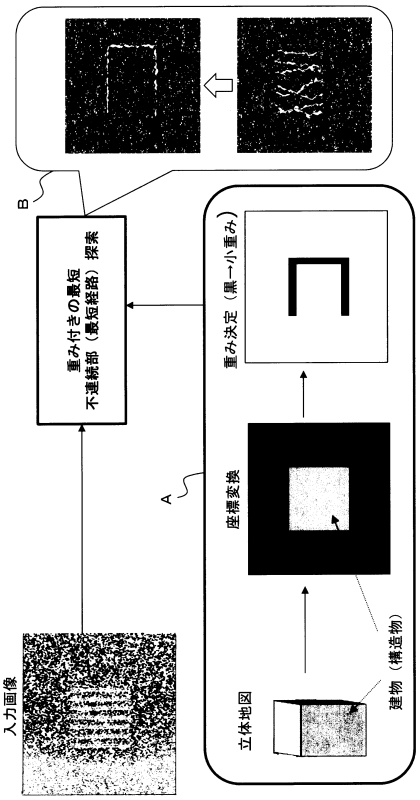
【図１】


1
位相アンラップ装置
100
104
105
106
ＳＡＲ画像
不連続部
算出部
アンラップ
処理部
アンラップ
結果
101
102
103
立体地図
座標変換部
重み決定部

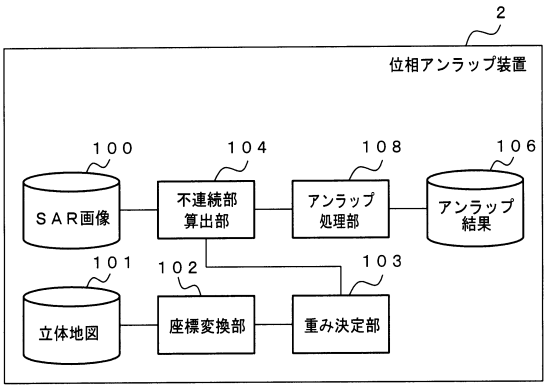
【図２】


開　始
S101
立体地図の座標をＳＡＲ画像の
座標に変換する
S102
座標変換された立体地図から
位置が不連続な部分を算出する
S103
重みを計算する（不連続部分
→小重み）
S104
重みを勘案した画素間距離を
参照して最短経路を計算する
S105
位相の不連続境界を回避して
位相差を順次加算
終　了

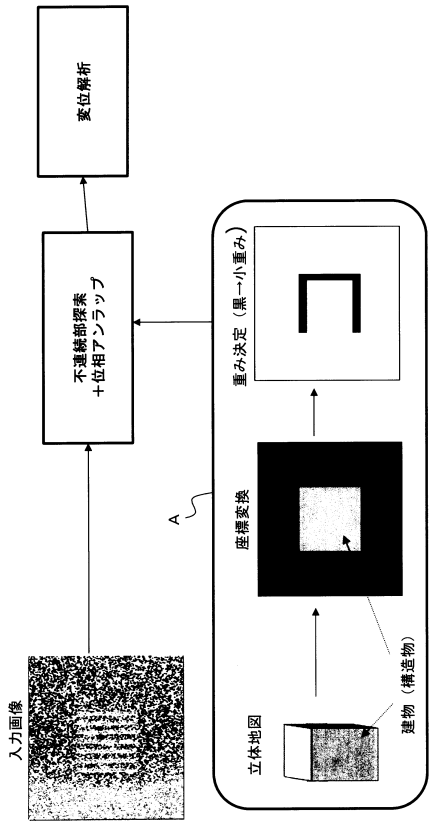
【図３】


B
重み付きの最短
不連続部（最短経路）探索
重み決定（黒→小重み）
A
座標変換
入力画像
立体地図
建物（構造物）

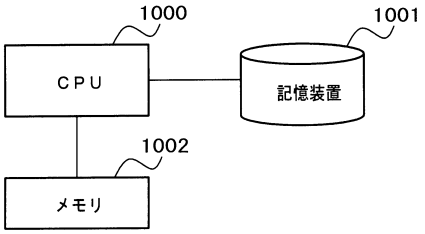
【図４】


2
位相アンラップ装置
100
104
108
106
ＳＡＲ画像
不連続部
算出部
アンラップ
処理部
アンラップ
結果
101
102
103
立体地図
座標変換部
重み決定部

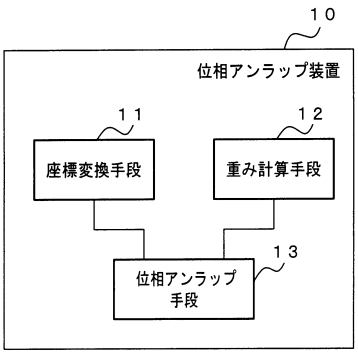
【図５】


変位解析
不連続部探索
＋位相アンラップ
入力画像
A
座標変換
重み決定（黒→小重み）
立体地図
建物（構造物）

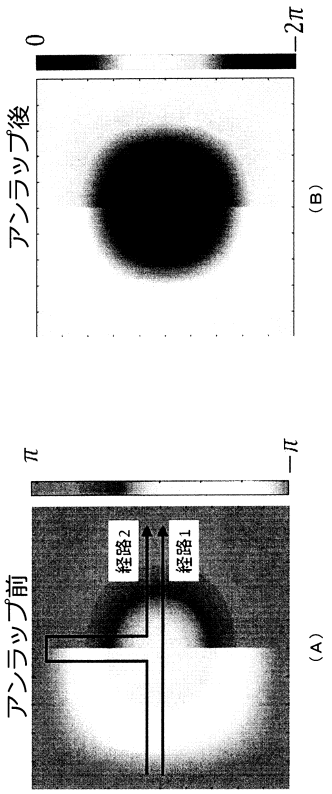
【図６】


1000
CPU
1001
記憶装置
1002
メモリ

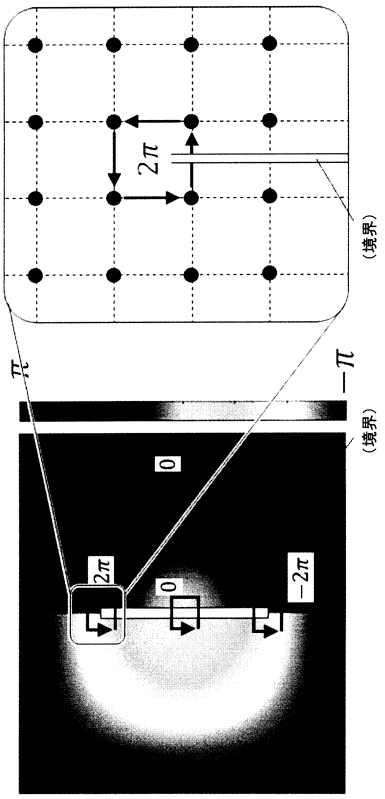
【図７】


10
位相アンラップ装置
11
座標変換手段
12
重み計算手段
13
位相アンラップ
手段

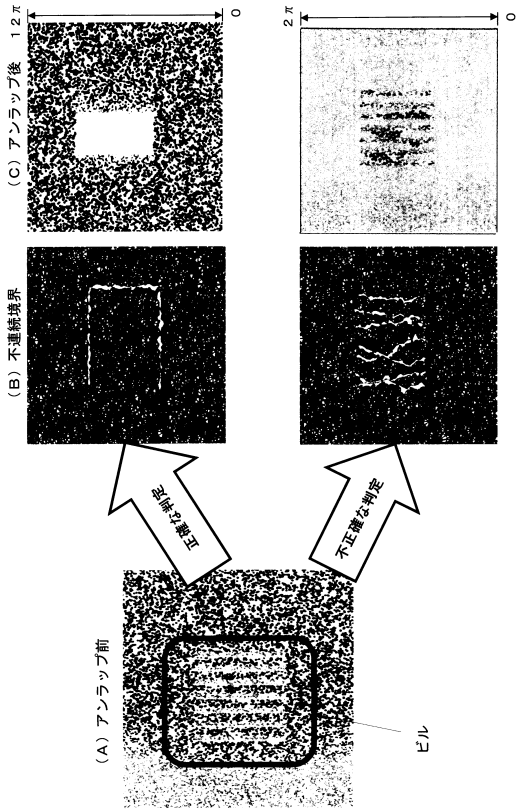
【図８】


0
2π
アンラップ後
(B)
π
−π
アンラップ前
経路2
経路1
(A)

【図９】


2π
（境界）
π
−π
（境界）
0
2π
0
−2π

【図１０】


（C）アンラップ後
2π
0
2π
0
（B）不連続境界
正常と判定
不正確な判定
（A）アンラップ前
ビル

フロントページの続き

(56)参考文献 特開２０００－１０５２７５（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－１３９５４３（ＪＰ，Ａ）
特開２０１６－０９０３６１（ＪＰ，Ａ）
特表２０１０－５２２３４３（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－０８３２４３（ＪＰ，Ａ）
特開平９－２３００３９（ＪＰ，Ａ）
特表２０１０－５２２３４１（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２００５／００５７３９１（ＵＳ，Ａ１）
韓国公開特許第１０－２０１１－００４８９２５（ＫＲ，Ａ）

(58)調査した分野 (Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０１Ｓ 7／００－ 7／４２
Ｇ０１Ｓ １３／００－１３／９５
Ｇ０６Ｔ １／００－１９／２０