(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
2021年2月11日(11.02.2021)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2021/024336 A1

(51) 国際特許分類:
G01S 13/90 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2019/030637

(22) 国際出願日： 2019年8月5日(05.08.2019)

(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: 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).

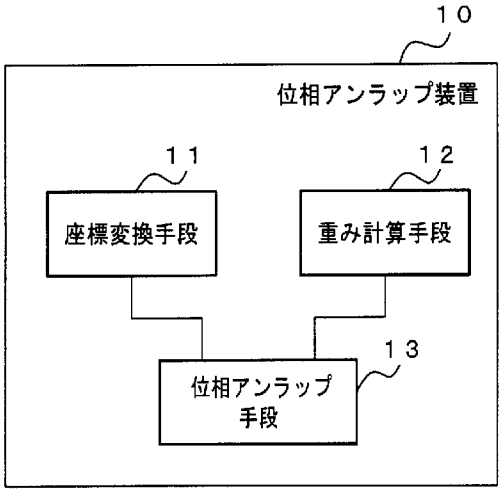
(74) 代理人: 岩壁 冬樹, 外(**IWAKABE Fuyuki** et al.); 〒1040031 東京都中央区京橋二丁目８番７号 読売八重洲ビル６階 サンライズ国際特許事務所 Tokyo (JP).

(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.

WO 2021/024336 A1

(54) **Title:** PHASE UNWRAPPING DEVICE AND PHASE UNWRAPPING METHOD

(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



10 Phase unwrapping device
11 Coordinate conversion means
12 Weighting calculation means
13 Phase unwrapping means

(57) **Abstract:** A phase unwrapping device 10 comprises: a coordinate conversion means 11 for converting coordinates of a map having height information into SAR image coordinates; a weighting calculation means 12 for determining, from a map resulting from the conversion of the coordinates into SAR image coordinates, a portion of a phase difference image generated from two SAR images where phase discontinuity may occur and assigning a weighting to the portion where it has been determined that phase discontinuity may occur; and a phase unwrapping means 13 for using the weighting to subject the phase difference image to phase unwrapping.

[続葉有]

(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, 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))

(57) 要約: 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とを含む。

明　細　書

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

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] 非特許文献1：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 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。

[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

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] 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

請求項９記載の位相アンラップ方法。

[請求項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

請求項８記載の位相アンラップ方法。

[請求項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。

[請求項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

請求項１２記載の位相アンラッププログラム。

[請求項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

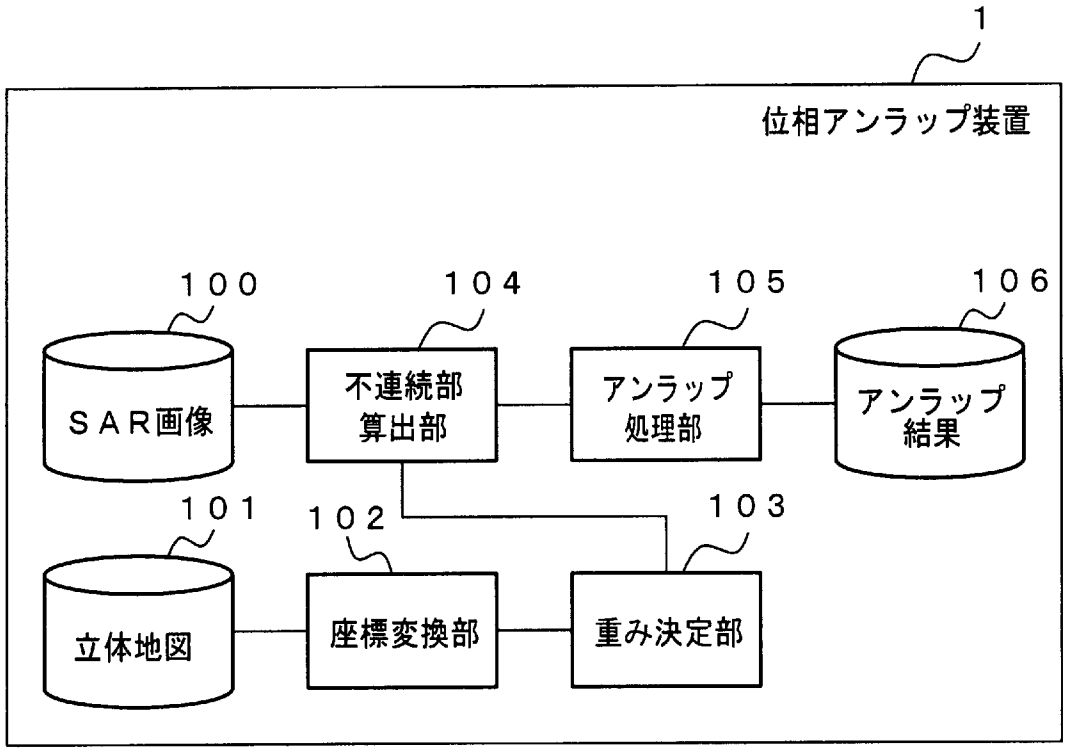
を行わせる請求項１３記載の位相アンラッププログラム。

[請求項15] コンピュータに、

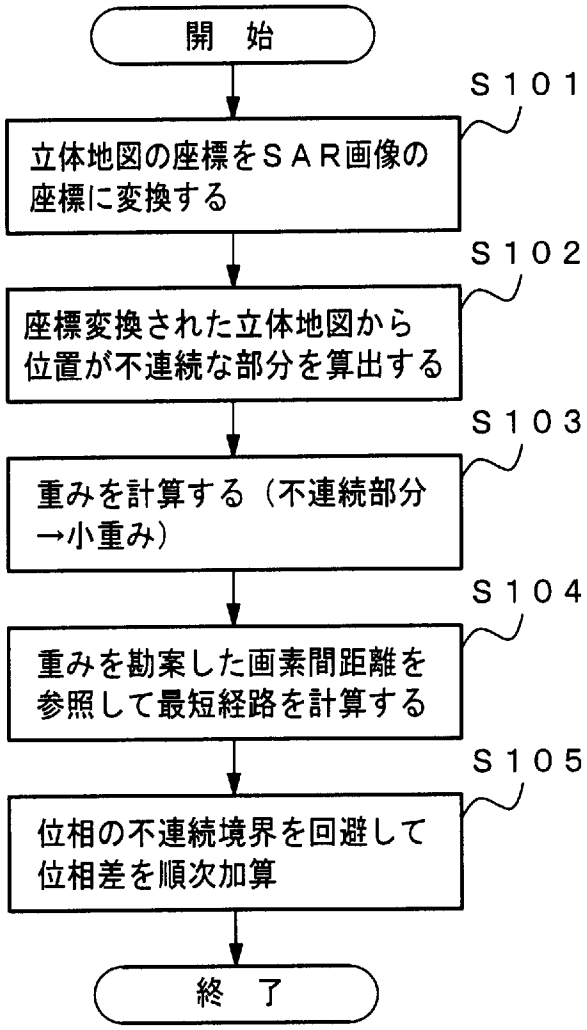
位相アンラップ前の位相と位相アンラップ後の位相の差を最小化することによって位相アンラップを行わせる

請求項１２記載の位相アンラッププログラム。

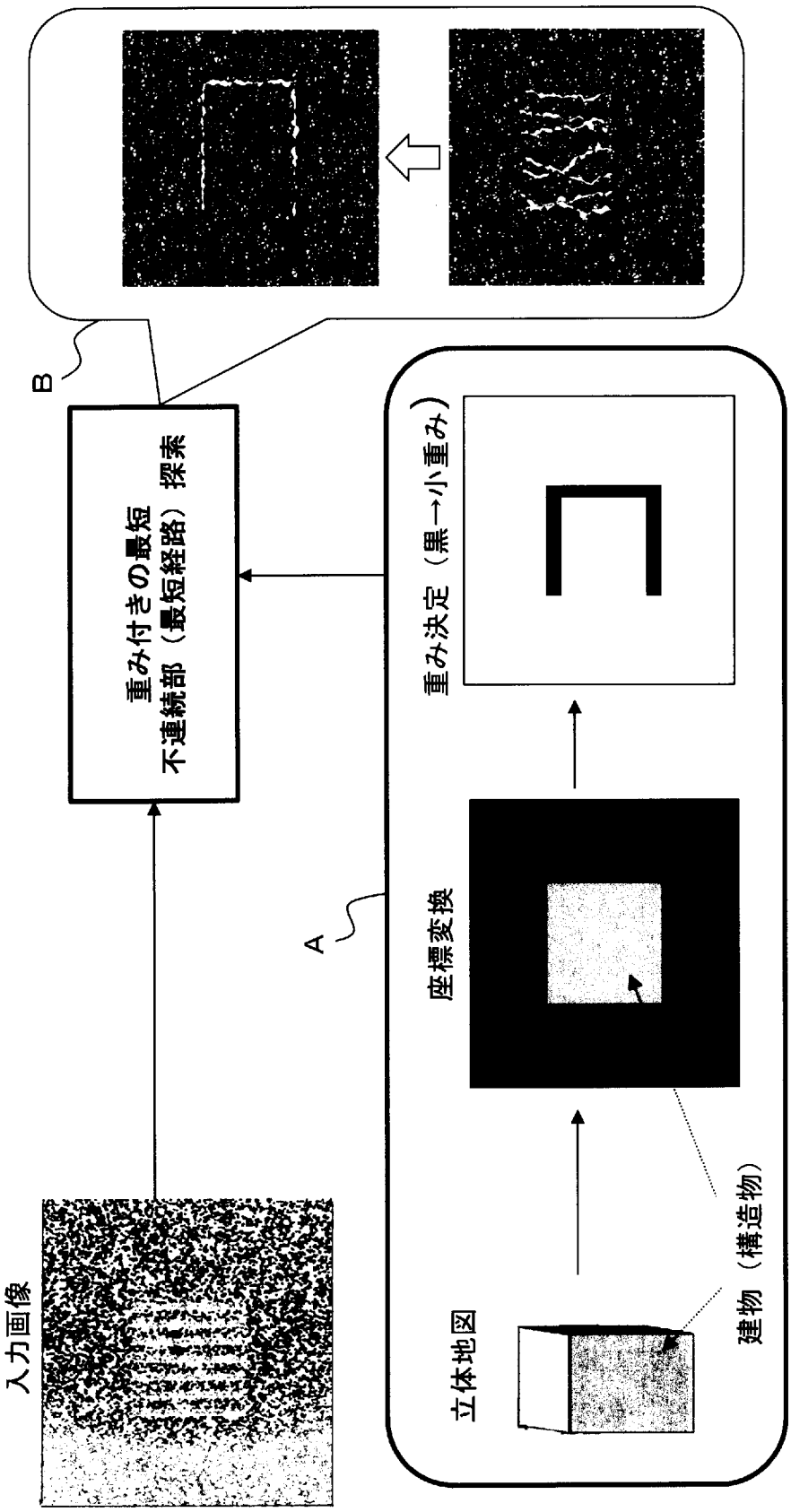
[図1]


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

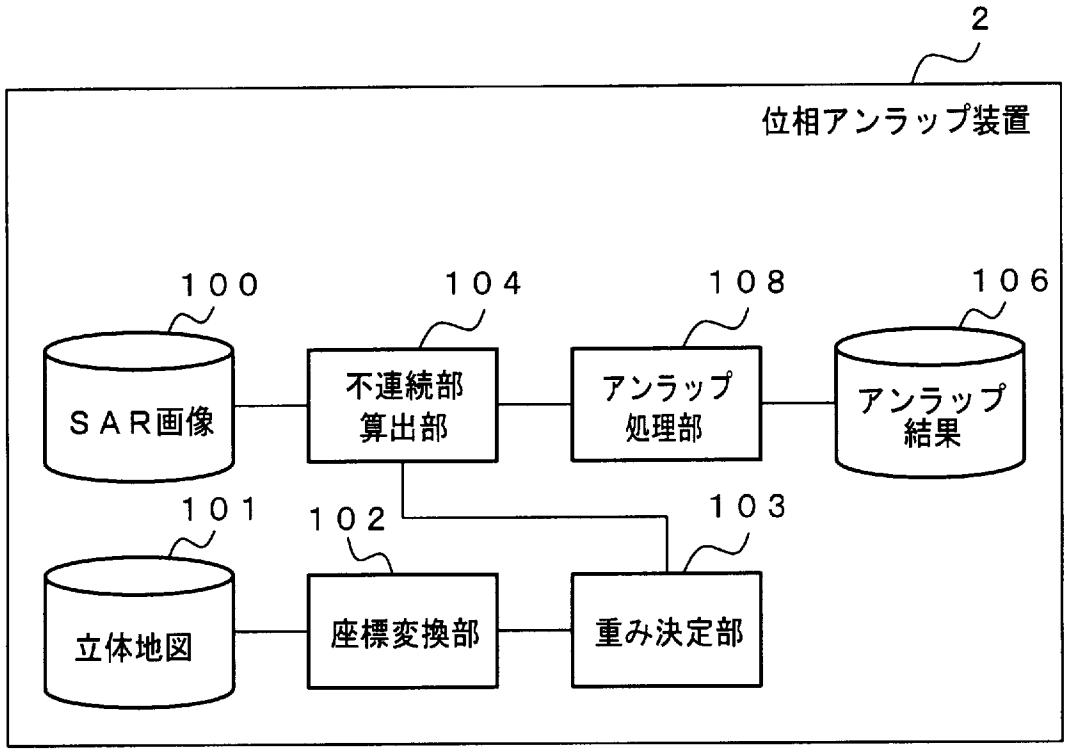
[図2]


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

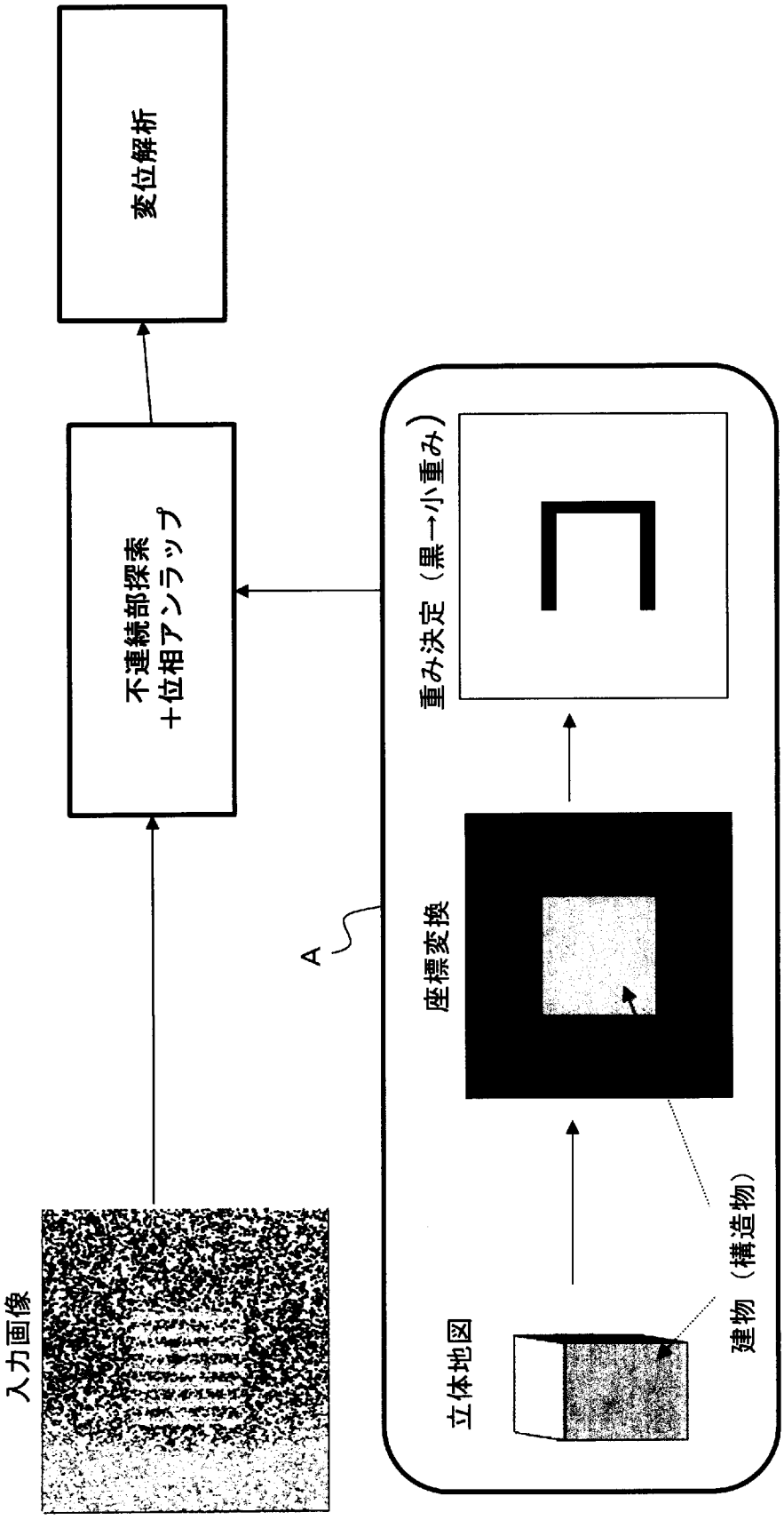
[図3]



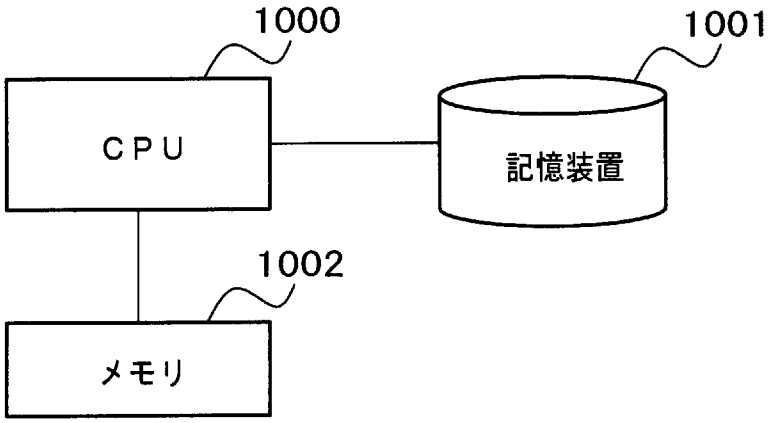
[図4]


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

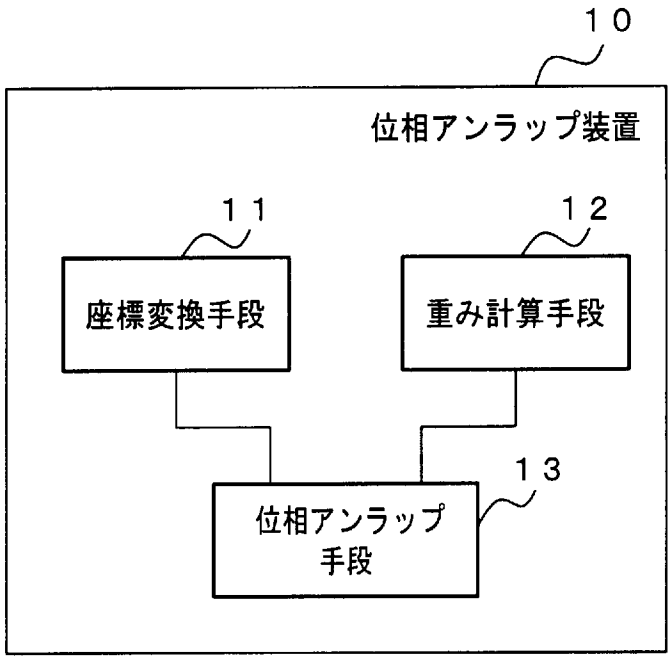
[図5]



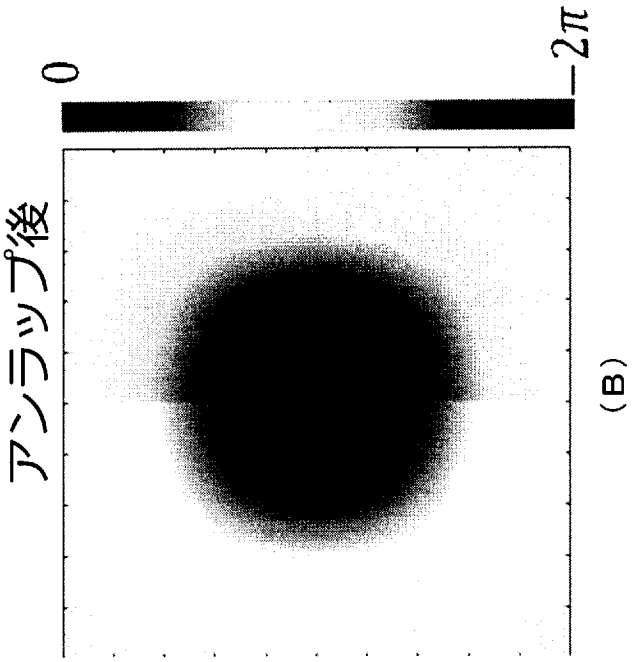
[図6]

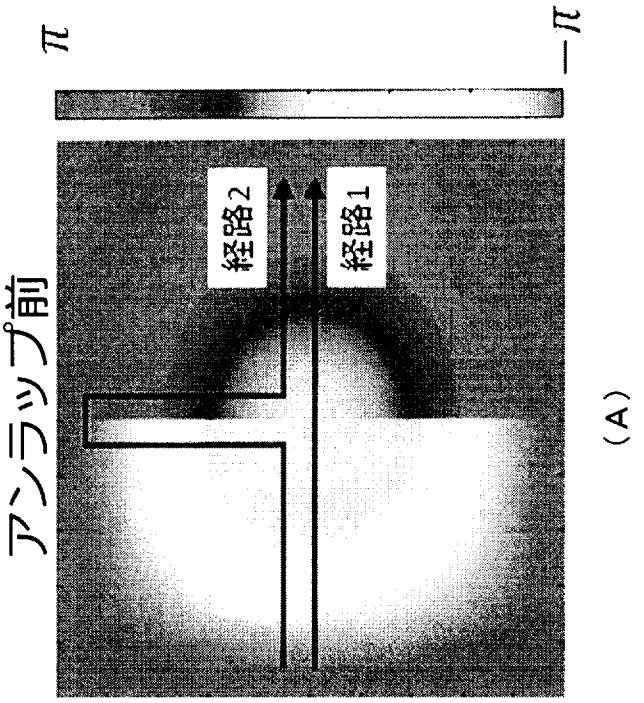

1000
1001
CPU
記憶装置
1002
メモリ

[図7]

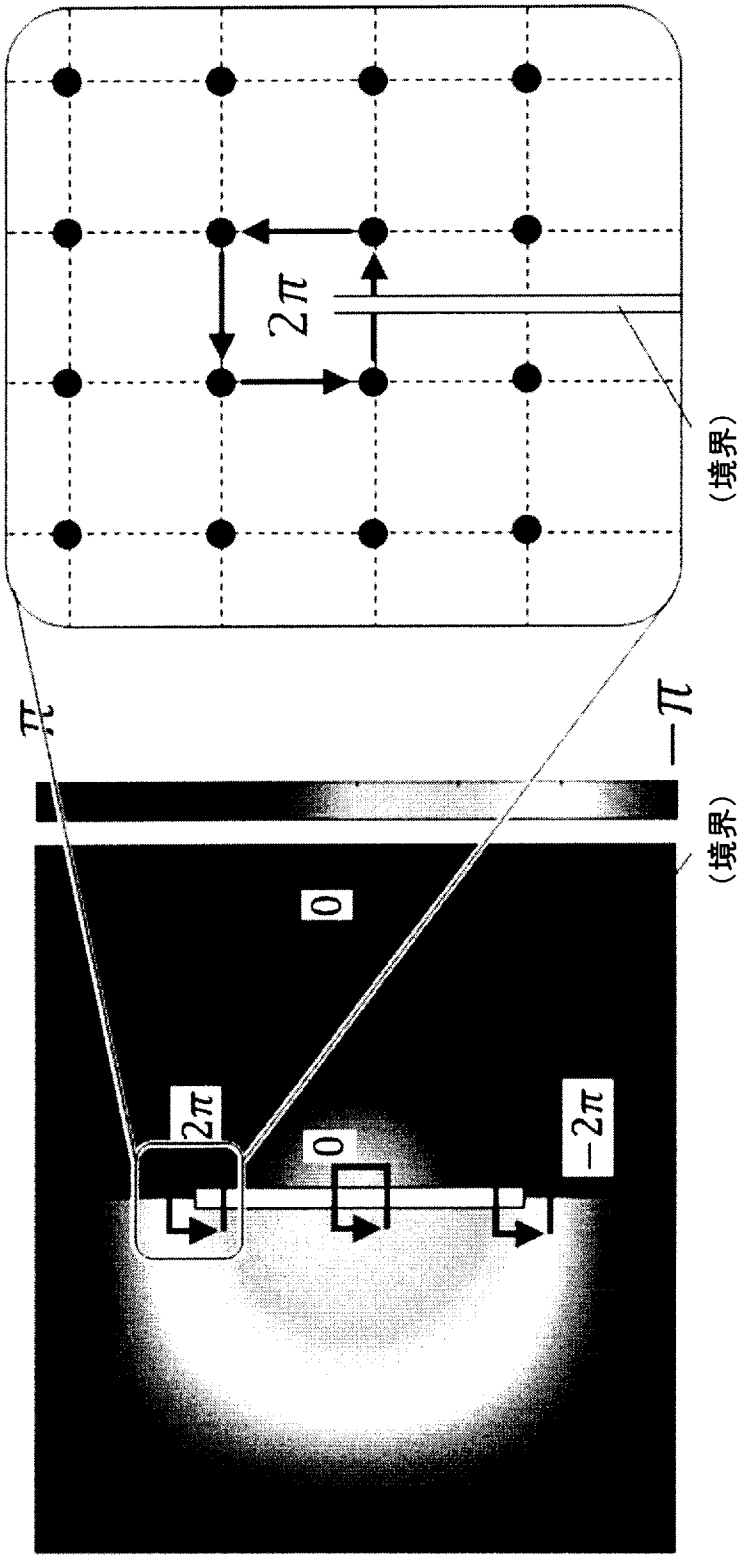

10
位相アンラップ装置
11
12
座標変換手段
重み計算手段
13
位相アンラップ
手段

[図8]

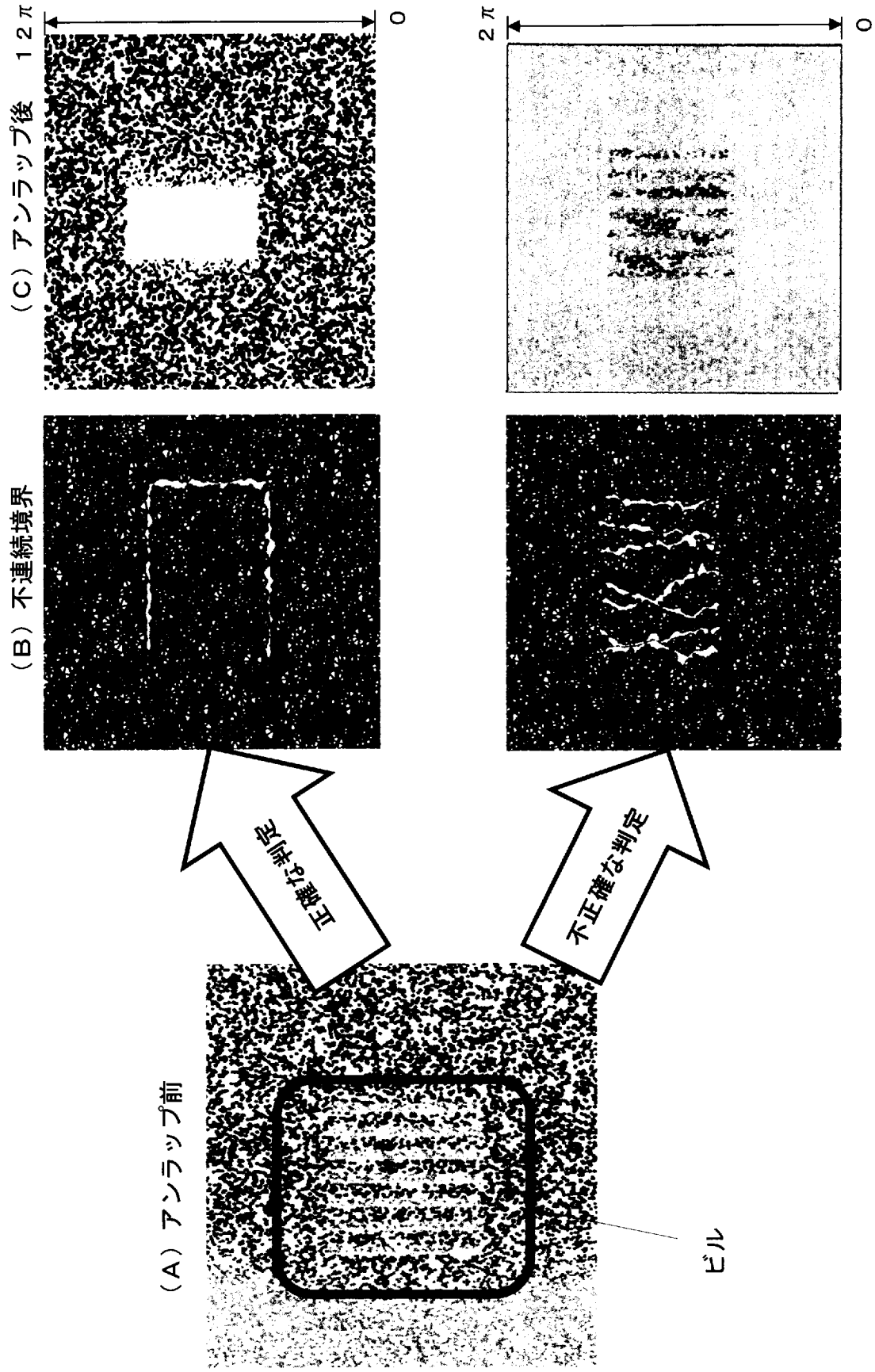




[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/030637

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-G01S7/42, G01S13/00-G01S13/95, G06T1/00-G06T19/20

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)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-105275 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 11 April 2000, entire document (Family: none)	1-15
A	JP 2007-139543 A (FUJITSU LTD.) 07 June 2007, entire document & US 2007/0110334 A1	1-15
A	JP 2016-090361 A (NATIONAL INSTITUTE OF INFORMATION AND COMMUNICATIONS TECHNOLOGY) 23 May 2016, entire document (Family: none)	1-15
A	JP 2010-522343 A (HARRIS CORPORATION) 01 July 2010, entire document & US 2008/0231504 A1 & EP 2143070 A1	1-15

☒ 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
"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
25.09.2019	08.10.2019
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/JP2019/030606

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-083243 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 30 March 2001, entire document (Family: none)	1-15

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１９／０３０６３７

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01S 13/90(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.　G01S 7/00 - G01S 7/42, G01S 13/00 - G01S 13/95, G06T 1/00 - G06T 19/20

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）

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
A	JP 2000-105275 A (三菱電機株式会社) 2000.04.11 *Whole Document* (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2007-139543 A (富士通株式会社) 2007.06.07 *Whole Document* & US 2007/0110334 A1	1-15
A	JP 2016-090361 A (国立研究開発法人情報通信研究機構) 2016.05.23 *Whole Document* (ファミリーなし)	1-15

☑　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	国際調査報告の発送日
２５．０９．２０１９	０８．１０．２０１９

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　２Ｓ　７８５７
田中　純
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２１６

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
A	JP 2010-522343 A (ハリス　コーポレイション) 2010.07.01 *Whole Document* & US 2008/0231504 A1 & EP 2143070 A1	1-15
A	JP 2001-083243 A (三菱電機株式会社) 2001.03.30 *Whole Document* (ファミリーなし)	1-15