

(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
2017 年 6 月 1 日(01.06.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/090359 A1

- (51) 国際特許分類:
G01S 19/54 (2010.01) *G01S 19/47* (2010.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/081568
- (22) 国際出願日: 2016 年 10 月 25 日(25.10.2016)
- (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 2015-231194 2015 年 11 月 27 日(27.11.2015) JP
- (71) 出願人: 古野電気株式会社(FURUNO ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町 9 番 5 2 号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 中村 拓(NAKAMURA, Hiraku); 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町 9 番 5 2 号 古野電気株式会社内 Hyogo (JP). 藤澤 奈緒美(FUJISAWA, Naomi); 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町 9 番 5 2 号 古野電気株式会社内 Hyogo (JP). 戸田 裕行(TODA, Hiroyuki); 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町 9 番 5 2 号 古野電気株式会社内 Hyogo (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, JP, KE, KG, 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.

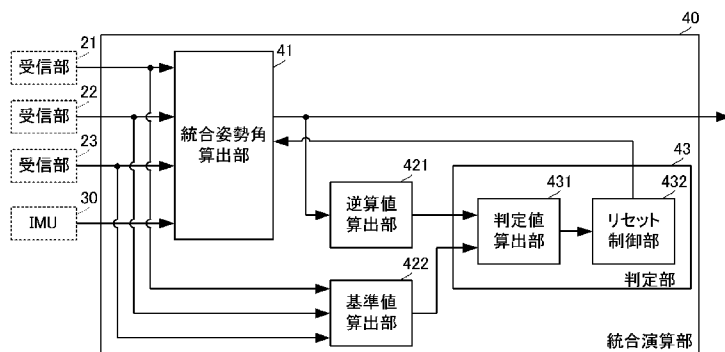
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, 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:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: ATTITUDE ANGLE CALCULATION DEVICE AND ATTITUDE ANGLE CALCULATION METHOD

(54) 発明の名称: 姿勢角算出装置、姿勢角算出方法



- 21, 22, 23 Receiving unit
40 Integrated computation unit
41 Integrated attitude angle calculation unit
43 Determination unit
421 Inverse value calculation unit
422 Reference value calculation unit
431 Determination value calculation unit
432 Reset control unit

(57) Abstract: [Problem] To easily verify and reset an integrated attitude angle based on the output of an inertial sensor. [Solution] An attitude angle calculation device 10 is provided with an integrated attitude angle calculation unit 41, an inverse value calculation unit 421, a reference value calculation unit 422, and a determination unit 43. The integrated attitude angle calculation unit 41 calculates an integrated attitude angle using a position measurement signal and the output of an inertial sensor. Using the integrated attitude angle, the inverse value calculation unit 421 inverse-calculates a physical quantity utilized to calculate an attitude angle using the position measurement signal. From an observed value of the position measurement signal, the reference value calculation unit 422 calculates a reference physical quantity corresponding to the inverse-calculated physical quantity. The determination unit 43 determines resetting of integrated attitude angle calculation processing using the inverse-calculated physical quantity and the reference physical quantity.

(57) 要約:

[続葉有]



【課題】慣性センサの出力に基づく統合姿勢角の検定、リセットを容易に実現する。【解決手段】姿勢角算出装置１０は、統合姿勢角算出部４１、逆算値算出部４２１、基準値算出部４２２、および、判定部４３を備える。統合姿勢角算出部４１は、慣性センサの出力と測位信号とを用いて統合姿勢角を算出する。逆算値算出部４２１は、統合姿勢角を用いて、測位信号を用いた姿勢角の算出に利用する物理量を逆算する。基準値算出部４２２は、測位信号の観測値から、逆算された物理量に対応する基準物理量を算出する。判定部４３は、逆算された物理量と基準物理量とを用いて、統合姿勢角の算出処理のリセットを判定する。

明 細 書

発明の名称： 姿勢角算出装置、姿勢角算出方法

技術分野

[0001] 本発明は、慣性センサの出力と測位信号とを用いて姿勢角を算出する姿勢角算出装置、および姿勢角算出方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、船舶等の移動体の姿勢角を算出する装置が各種考案されている。例えば、特許文献1には、IMU（慣性センサ）の出力データとGPS測位データとを用いて姿勢角を算出する航法計算システムが記載されている。

[0003] 特許文献1に記載の航法計算システムは、IMUの出力に基づく姿勢角に含まれる誤差を、GPS測位データを用いて補正し、統合姿勢角として出力している。特許文献1に記載の航法計算システムは、統合姿勢角と、GPSの搬送波観測値に基づいて算出されたGPS姿勢角とを比較し、略一致する場合に、GPSの搬送波位相観測値が正常であると判断している。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2012-208033号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、IMU、特に、安価なIMUはバイアス誤差が大きく、さらに、姿勢角はIMUの出力値を積算して算出されるため、統合姿勢角は、補正が適正に行われていない場合、時間が経過する程、誤差が大きくなる特性を有する。

[0006] 特に、統合姿勢角を用いてGPS測位データの整数値バイアスを決定する場合、統合姿勢角の誤差によって、整数値バイアスが真値から外れてしまうことがある。このため、この真値から外れた整数値バイアスを用いたGPS測位データを用いてIMUの出力を補正して得られる統合姿勢角は、さらに

誤差を生じてしまう。そして、この誤差の悪循環が繰り返されてしまい、統合姿勢角に大きな誤差が生じてしまうことがある。

[0007] このため、統合姿勢角の検定を行い、適正なリセット処理を行う必要がある。統合姿勢角の検定としては、上述の特許文献 1 と同様に、統合姿勢角と GPS 姿勢角とを比較し、略一致する場合に統合姿勢角が正しいと判定する検定方法が考えられる。

[0008] しかしながら、この方法では、GPS 姿勢角が算出できない状態では、統合姿勢角を検定することはできない。一般に、三方向の GPS 姿勢角を算出するには、少なくとも 5 個の GPS 衛星からの GPS 信号を、時間的に連続して受信しなければならない。このため、このような観測条件を維持できる状況でなければ統合姿勢角の検定を行うことができない。

[0009] したがって、本発明の目的は、慣性センサの出力に基づく統合姿勢角の検定を容易に実現できる姿勢角算出装置、姿勢角算出方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0010] この発明の姿勢角算出装置は、統合姿勢角算出部、逆算値算出部、基準値算出部、および、判定部を備える。統合姿勢角算出部は、慣性センサの出力と測位信号とを用いて統合姿勢角を算出する。逆算値算出部は、統合姿勢角を用いて、当該統合姿勢角の算出に利用する物理量を逆算する。基準値算出部は、測位信号の観測値から、逆算された物理量に対応する基準物理量を算出する。判定部は、逆算された物理量と基準物理量とを用いて、統合姿勢角の算出処理のリセットを判定する。

[0011] この構成では、測位信号を用いた姿勢角が算出されていなくても、統合姿勢角から逆算値と、測位信号の観測値からの算出値とで同じ物理量（例えば、幾何距離差）を算出することで、これらを比較して統合姿勢角の検定、リセットが可能になる。

発明の効果

[0012] この発明によれば、慣性センサの出力に基づく統合姿勢角の検定を、容易

に実現することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明の実施形態に係る姿勢角算出装置の統合演算部の機能ブロック図

[図2]本発明の実施形態に係る姿勢角算出装置の機能ブロック図

[図3]本発明の実施形態に係る姿勢角算出方法のフローチャート

[図4]本発明の実施形態に係る姿勢角算出方法の第1具体例を示すフローチャート

[図5]本発明の実施形態に係る姿勢角算出方法の第2具体例を示すフローチャート

[図6]本発明の実施形態に係る姿勢角算出方法の第3具体例を示すフローチャート

発明を実施するための形態

[0014] 本発明の実施形態に係る姿勢角算出装置、姿勢角算出方法について、図を参照して説明する。図1は、本発明の実施形態に係る姿勢角算出装置の統合演算部の機能ブロック図である。図2は、本発明の実施形態に係る姿勢角算出装置の機能ブロック図である。なお、本実施形態では、移動体として船舶を例に示すが、他の水上移動体、陸上移動体、空中移動体等であってもよい。

[0015] 図2に示すように、姿勢角算出装置10は、アンテナANT1、ANT2、ANT3、受信部21、22、23、IMU（慣性センサ）30、および、統合演算部40を備える。アンテナANT1は、受信部21に接続されている。アンテナANT2は、受信部22に接続されている。アンテナANT3は、受信部23に接続されている。受信部21、22、23およびIMU30は、統合演算部40に接続されている。

[0016] アンテナANT1、ANT2、ANT3は、これら3つのアンテナが一直線上に並んでいない配置パターンで配置されている。言い換えれば、アンテナANT1とアンテナANT2を結ぶ直線上にアンテナANT3は配置されていない。なお、アンテナ数は、本実施形態では3つであるが、4つ以上で

もよく、姿勢角の少なくとも一成分だけを算出する仕様であれば2つでもよい。アンテナANT1, ANT2, ANT3の配置間隔は、測位信号の波長未満であることが好ましい。このような配置間隔を用いることによって、アンテナ間一重位相差の整数値バイアスを容易に決定することが可能になる。

[0017] アンテナANT1, ANT2, ANT3は、測位衛星SAT1, SAT2の測位信号を受信して、受信部21, 22, 23に出力する。測位衛星とは、GPS (Global Positioning System) 衛星等のGNSS (Global Navigation Satellite Systems) の衛星である。なお、本実施形態では、測位信号を受信している測位衛星数が2つであるが、これ以外の個数であってもよく、少なくとも1つの測位衛星からの測位信号を受信できていれば、後述のリセット判定は可能である。

[0018] なお、測位信号によって三方向の姿勢角（ロール角、ピッチ角、ヘディング角）を算出するためには、少なくとも5つの測位衛星からの測位信号を受信する必要がある。この際にも、測位信号毎にリセット判定を行うことが可能である。

[0019] 受信部21は、アンテナANT1で受信した測位信号を追尾し、擬似距離および搬送波位相積算値を算出する。受信部21は、擬似距離および搬送波位相積算値を統合演算部40に出力する。受信部22は、アンテナANT2で受信した測位信号を追尾し、擬似距離および搬送波位相を算出する。受信部22は、擬似距離および搬送波位相積算値を統合演算部40に出力する。受信部23は、アンテナANT3で受信した測位信号を追尾し、擬似距離および搬送波位相を算出する。受信部23は、擬似距離および搬送波位相積算値を統合演算部40に出力する。

[0020] IMU30は、角速度センサを少なくとも備える慣性センサであり、さらに加速度センサ等の他のセンサを備えていてもよい。IMU30は、センサの出力値を統合演算部40に出力する。

[0021] 統合演算部40は、IMU30の出力値と、受信部21, 22, 23から

の擬似距離および搬送波位相積算値を用いて、既知の *Tightly Coupled* 方式の姿勢角算出方法によって、統合姿勢角を算出する。概略的には、統合演算部40は、IMU30の出力値を利用して統合姿勢角を算出する。この際、統合演算部40は、擬似距離および搬送波位相積算値を用いて、IMU30の誤差（バイアス誤差等）を推定する。統合演算部40は、推定した誤差を次の統合姿勢角の算出時の補正項として利用する。

[0022] このような構成において、統合演算部40は、さらに統合姿勢角の検定を行い、統合姿勢角の誤差を大きいと判断すると、統合姿勢角の算出をリセットする。

[0023] 図1に示すように、統合演算部40は、統合姿勢角算出部41、逆算値算出部421、基準値算出部422、判定部43を備える。判定部43は、判定値算出部431、リセット制御部432を備える。

[0024] 統合姿勢角算出部41は、受信部21, 22, 23、および、IMU30に接続されている。統合姿勢角算出部41は、逆算値算出部421に接続されている。逆算値算出部421は、判定値算出部431に接続されている。基準値算出部422は、受信部21, 22, 23、および、判定値算出部431に接続されている。判定値算出部431は、リセット制御部432に接続されている。リセット制御部432は、統合姿勢角算出部41に接続されている。

[0025] 統合姿勢角算出部41は、IMU30の出力値と、受信部21, 22, 23からの擬似距離および搬送波位相積算値とを用いて、上述の統合姿勢角の算出処理を行う。統合姿勢角算出部41は、統合姿勢角を外部に出力するとともに、逆算値算出部421に出力する。

[0026] 逆算値算出部421は、測位信号から姿勢角を算出する場合に利用する物理量を、統合姿勢角から逆算する。逆算値算出部421は、逆算した物理量を判定値算出部431に出力する。

[0027] 例えば、逆算値算出部421は、統合姿勢角からアンテナANT1, ANT2, ANT3のうちの2つアンテナ（例えば、アンテナANT1とアンテナ

ナANT2)間の基線ベクトルを逆算する。逆算値算出部421は、測位信号に含まれる航法メッセージから測位衛星SAT1, SAT2の位置を取得する。逆算値算出部421は、測位信号の追尾による計測値からアンテナANT1, ANT2の位置を算出する。逆算値算出部421は、アンテナANT1, ANT2の位置と基線ベクトルと測位衛星SAT1の位置とを用いて、アンテナANT1と測位衛星SAT1との間の幾何距離と、アンテナANT2と測位衛星SAT1との間の幾何距離との差、すなわち測位衛星SAT1に対するアンテナANT1とアンテナANT2との幾何距離差を算出する。この算出処理は、測位衛星SAT2で行ってもよい。逆算値算出部421は、この幾何距離差を逆算値(逆算された物理量)として、判定値算出部431に出力する。

[0028] 基準値算出部422は、逆算値算出部421で算出された逆算値に対応する物理量(基準物理量)を、測位信号を用いて算出する。基準値算出部422は、基準物理量を判定値算出部431に出力する。

[0029] 例えば、基準値算出部422は、アンテナANT1, ANT2, ANT3のうちの2つアンテナ(例えば、アンテナANT1とアンテナANT2)の搬送波位相積算値から既知の方法を用いて幾何距離差を算出する。具体的な一例としては、基準値算出部422は、アンテナANT1とアンテナANT2で受信した測位衛星SAT1からの測位信号の搬送波位相積算値から、測位衛星SAT1に対するアンテナANT1とアンテナANT2との幾何距離差を算出する。なお、上述の逆算の際に測位衛星SAT2を用いた場合は、この処理は測位衛星SAT2に対して行う。この際、判定値算出部43は、整数値バイアスを決定する必要があるが、上述のようにアンテナ間の距離が測位信号の搬送波の1波長(より好ましくは1/2波長)未満であれば、整数値バイアスを容易に決定することが可能である。したがって、このようなアンテナの配置の場合、幾何距離差を容易に算出することができる。

[0030] 判定値算出部431は、逆算値と基準物理量から、リセット判定を行う判定値を算出する。判定値算出部431は、判定値をリセット制御部432に

出力する。

- [0031] 例えば、判定値算出部431は、統合姿勢角からの幾何距離差（逆算値）と、搬送波位相積算値からの幾何距離差（基準物理量）との差を判定値として算出し、リセット制御部432に出力する。
- [0032] リセット制御部432には、リセット判定用の閾値が設定されている。リセット判定用の閾値は、姿勢角算出装置10の最大誤差に基づいて決定されている。リセット制御部432は、判定値と閾値を比較し、統合姿勢角に含まれる誤差が最大誤差を超える比較結果となった場合に、リセット条件を満たすと判定する。リセット制御部432は、リセット条件を満たしていれば、統合姿勢角算出部41に対してリセット制御を実行する。
- [0033] 例えば、リセット制御部432は、幾何距離差の差（判定値）がリセット判定用の閾値よりも大きければ、リセット条件を満たしたと判定して、統合姿勢角算出部41に対してリセット制御を実行する。一方、リセット制御部432は、幾何距離差の差（判定値）がリセット判定用の閾値以下であれば、リセット条件を満たしていないと判定して、統合姿勢角算出部41に対するリセット制御を実行しない。
- [0034] 統合姿勢角算出部41は、このリセット制御を受け、統合姿勢角の算出の再初期化を行う。統合姿勢角算出部41は、リセット制御を受けていない期間は、上述のIMU30に起因する誤差の補正を行いながら統合姿勢角の算出を継続する。
- [0035] このように、本実施形態の構成からなる姿勢角算出装置10は、少なくとも1つの測位衛星からの測位信号を受信できていれば、IMU30の出力に基づく統合姿勢角の検定を行うことができる。これにより、測位信号を用いた姿勢角の算出を行えない状況であっても、統合姿勢角を検定することができる。したがって、統合姿勢角の検定をより容易に実現することができる。
- [0036] また、誤差が大きな場合に統合姿勢角の算出をリセットすることができる。これにより、誤差の大きな姿勢角の出力を抑制し、精度の高い姿勢角をより安定して出力することができる。

- [0037] なお、上述の実施形態では、アンテナ間一重位相差に対応する幾何距離差を逆算値および基準物理量に用いる態様を示した。しかしながら、複数の測位衛星からの測位信号を受信していれば、二重位相差に対応する幾何距離差の差を逆算値および基準物理量に用いることもできる。
- [0038] また、上述の実施形態では、判定値と閾値との比較結果が、統合姿勢角に含まれる誤差が最大誤差を超える結果となった場合にリセット条件を満たすと判定する態様を示した。しかしながら、この判定を複数回行い、リセット条件を満たすと判定した回数が許容回数を超えた場合に、リセット制御を行うようにしてもよい。なお、この判定は、1つの測位衛星に対して行った回数を用いてもよく、複数の測位衛星に対して行った回数を用いてもよい。
- [0039] また、上述の実施形態に示すように、幾何距離差をリセットの判定に用いることによって、測位システム間での単位変換を行う必要が無い。すなわち、複数の測位システムのうちのどの測位システムの測位信号であっても、上述の処理を用いて、リセットの判定をより容易にすることができる。特に、測位信号の周波数が異なる複数の測位システムを用いる場合に、より有効である。
- [0040] 上述の説明では、統合姿勢角の算出、検定、およびリセット処理を、それぞれ個別の機能部で実現する態様を示した。しかしながら、図2に示す統合演算部40をコンピュータ等の情報処理装置で構成し、統合姿勢角の算出、検定、およびリセット処理をプログラム化して記憶しておき、情報処理装置で読み出して実行してもよい。この場合、図3に示すフローを実行すればよい。図3は、本発明の実施形態に係る姿勢角算出方法のフローチャートである。なお、図3は、本実施形態に係る姿勢角算出方法の概略的な処理を示すフローチャートであり、図3のフローをより具体化したフローの例は、図4、図5、図6にそれぞれ示されている。
- [0041] 図3に示すように、統合演算部40は、IMU30の出力と、受信部21、22、23からの擬似距離および搬送波位相積算値を用いて、統合姿勢角を算出する(S101)。統合演算部40は、算出された統合姿勢角から、

測位信号を用いた姿勢角の算出に利用する物理量を逆算する（S102）。

統合演算部40は、統合姿勢角から逆算された物理量に対応する基準物理量を、測位信号の観測値から算出する（S103）。

[0042] 統合演算部40は、逆算された物理量（逆算値）と基準物理量とから、統合姿勢角のリセット判定に用いる判定値を算出する（S104）。

[0043] 統合演算部40は、判定値がリセット条件を満たすか否かを判定する。統合演算部40は、判定値がリセット条件を満たしていれば（S105：YES）、統合姿勢角の算出を再初期化（リセット）する（S106）。統合演算部40は、判定値がリセット条件を満たしていなければ（S105：NO）、統合姿勢角の算出を継続する。

[0044] このように、本実施形態の姿勢角算出方法を用いることによって、測位信号を用いた姿勢角の算出を行えない状況であっても、統合姿勢角を検定することができる。

[0045] 次に、統合姿勢角の検定方法の具体的な態様について説明する。

[0046] （1）幾何距離差を用いる場合

図4は、本発明の実施形態に係る姿勢角算出方法の第1具体例を示すフローチャートである。

[0047] 統合演算部40は、IMU30の出力と、受信部21、22、23からの擬似距離および搬送波位相積算値を用いて、統合姿勢角を算出する（S201）。統合演算部40は、統合姿勢角から、1つの測位衛星に対する2つのアンテナの幾何距離差を逆算する（S202）。この幾何距離差が逆算値（統合姿勢角から逆算された物理量）に対応する。統合演算部40は、2つのアンテナにおける測位信号からの搬送波位相積算値の差から、幾何距離差を算出する（S203）。この幾何距離差が基準幾何距離差であり、基準物理量に対応する。

[0048] 統合演算部40は、統合姿勢角から逆算された幾何距離差と、測位信号から算出された幾何距離差（基準幾何距離差）とから判定値を算出する（S204）。具体的には、統合演算部40は、統合姿勢角から逆算された幾何距

離差と測位信号から算出された幾何距離差との差分値を判定値として算出する。

[0049] 統合演算部40は、判定値をリセット判定用の閾値と比較して、判定値が閾値よりも大きければ（S205：YES）、統合姿勢角の算出を再初期化（リセット）する（S206）。統合演算部40は、判定値が閾値以下であれば（S205：NO）、統合姿勢角の算出を継続する。

[0050] （2）整数値バイアスを用いる場合

図5は、本発明の実施形態に係る姿勢角算出方法の第2具体例を示すフローチャートである。

[0051] 統合演算部40は、IMU30の出力と、受信部21、22、23からの擬似距離および搬送波位相積算値を用いて、統合姿勢角を算出する（S301）。統合演算部40は、1つの測位衛星に対する2つのアンテナ（受信部）間の信号伝搬遅延差を含んだ小数部の推定値（小数部推定値）と統合姿勢角とから、1つの測位衛星に対する2つのアンテナの一重位相差（アンテナ間一重位相差）の整数値バイアスを逆算する（S302）。この整数値バイアスが逆算値（統合姿勢角から逆算された物理量）に対応する。

[0052] なお、小数部推定値は、いわゆるアナログ遅延差であり、アンテナと受信部の組毎の測位信号の伝搬遅延の差である。小数部推定値は、次に、示すような各方法で取得することができる。アンテナと受信部との間のアナログ遅延（伝搬遅延）および受信部内のアナログ遅延（伝搬遅延）をアンテナと受信部の組毎に測定し、これら遅延の差から算出することができる。また、遅延差を状態量としてカルマンフィルタ等によって推定し、この推定値を小数部推定値に用いることができる。また、統合姿勢角から逆算された基線ベクトル、一重位相差、および整数値バイアスから小数部推定値を逆算してもよい。

[0053] 統合演算部40は、2つのアンテナにおける測位信号からの搬送波位相積算値の差から、整数値バイアスを算出する（S303）。この際、上述のように、アンテナ間の距離が測位信号の波長未満であれば、整数値バイアスを

容易に決定し易い。この整数値バイアスが基準整数値バイアスであり、基準物理量に対応する。

[0054] 統合演算部40は、統合姿勢角と小数部推定から逆算された整数値バイアスと、測位信号と小数部推定値から算出された整数値バイアス（基準整数値バイアス）とから判定値を算出する（S304）。具体的には、統合演算部40は、統合姿勢角から逆算された整数値バイアスと、測位信号から算出された整数値バイアスとの差分値を判定値として算出する。

[0055] 統合演算部40は、判定値をリセット判定用の基準値と比較する。この場合、「基準値＝0」である。整数値バイアスは、整数であるので、統合姿勢角が精度良く算出されていれば、統合姿勢角から逆算された整数値バイアスと、測位信号から算出された整数値バイアス（基準整数値バイアス）は一致する。一方、統合姿勢角の精度が劣化すると、統合姿勢角と小数部推定値から逆算された整数値バイアスと、測位信号と小数部推定値から算出された整数値バイアス（基準整数値バイアス）は一致しない。したがって、整数値バイアスを用いる場合は、統合姿勢角と小数部推定値から逆算した整数値バイアスと、測位信号と小数部推定値から算出した整数値バイアスとが一致していないことが、リセット条件を満たしていることに対応する。すなわち、「基準値≠0」がリセット条件を満たすことに対応する。

[0056] 統合演算部40は、判定値と基準値が一致していなければ（S305：YES）、統合姿勢角の算出を再初期化（リセット）する（S306）。統合演算部40は、判定値と基準値が一致していれば（S305：NO）、統合姿勢角の算出を継続する。

[0057] このように、整数値バイアスを用いても、統合姿勢角の検定およびリセット処理を実現することができる。また、整数値バイアスを用いた場合、一致しているか否かで判定されるので、統合姿勢角の検定をより簡素な処理にすることができる。

[0058] なお、図5の処理では、一重位相差を用いる態様を示したが、二重位相差を用いてもよい。二重位相差にはアナログ遅延差が含まれないので、二重位

相差を用いる場合には、小数部推定値を用いなくてもよい。これにより、小数部推定値を求める処理を省略することができる。

[0059] (3) 測位衛星の方位を用いる場合

図6は、本発明の実施形態に係る姿勢角算出方法の第3具体例を示すフローチャートである。

[0060] 統合演算部40は、IMU30の出力と、受信部21, 22, 23からの擬似距離および搬送波位相を用いて、統合姿勢角を算出する(S401)。統合演算部40は、統合姿勢角から、2つのアンテナの基線ベクトルの方位(絶対方位)を逆算する(S302)。この基線ベクトルの方位は、上述の基線ベクトルの逆算処理と、擬似距離から算出される2つのアンテナの位置とを用いることで算出できる。この基線ベクトルの方位が逆算値(統合姿勢角から逆算された物理量)に対応する。

[0061] 統合演算部40は、航法メッセージから測位衛星の位置を取得する(S403)。統合演算部40は、測位衛星の位置(測位信号を用いた姿勢角の算出に利用する基準物理量に対応する。)、基線ベクトルの方位、および2つのアンテナの位置から、基線ベクトルに対する測位衛星の方位(相対方位)を算出する(S404)。なお、この方位には仰角も含まれている。この基線ベクトルに対する測位衛星の方位が判定値に対応する。

[0062] 統合演算部40は、測位衛星の方位(相対方位)が除外範囲内にあれば(S405: YES)、統合姿勢角の算出を再初期化(リセット)する(S406)。除外範囲とは、整数値バイアスの算出精度が劣化し、正確な整数値バイアスを算出できなくなる方位の範囲である。例えば、2つのアンテナの並ぶ直線上およびその付近の上空に測位衛星が存在する場合等の範囲である。また、アンテナと測位信号を結ぶ方向余弦ベクトルと、2つのアンテナを結ぶ基線ベクトルとの成す角(アンテナが配置された平面上に投影された角)が、小さい範囲である。

[0063] 統合演算部40は、測位衛星の方位(相対方位)が除外範囲内になければ(S405: NO)、統合姿勢角の算出を継続する。

[0064] このように、測位衛星の方位を用いても、統合姿勢角の検定およびリセット処理を実現することができる。

[0065] なお、上述の３種の具体例に限らず、測位信号を用いて算出または取得でき、且つ、統合姿勢角から逆算できる物理量であれば、本実施形態の姿勢角算出装置および姿勢角算出方法に用いることができる。

[0066] また、上述の説明では、統合姿勢角の算出処理のリセットを行う構成まで含んでいるが、統合姿勢角の検定を行うまでの構成を１つの構成としてもよい。

符号の説明

- [0067] １０：姿勢角算出装置
２１，２２，２３：受信部
３０：ＩＭＵ
４０：統合演算部
４１：統合姿勢角算出部
４２１：逆算値算出部
４２２：基準値算出部
４３：判定部
４３１：判定値算出部
４３２：リセット制御部
ＡＮＴ１，ＡＮＴ２，ＡＮＴ３：アンテナ
ＳＡＴ１，ＳＡＴ２：測位衛星

請求の範囲

- [請求項1] 慣性センサの出力と測位信号とを用いて統合姿勢角を算出する統合姿勢角算出部と、
前記統合姿勢角を用いて、当該統合姿勢角の算出に利用する前記測位信号から得られる物理量を逆算する逆算値算出部と、
前記測位信号の観測値から、前記逆算された物理量に対応する基準物理量を算出する基準値算出部と、
前記逆算された物理量と前記基準物理量とを用いて、前記統合姿勢角の算出処理のリセットを判定する判定部と、
を備える、姿勢角算出装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の姿勢角算出装置であって、
前記逆算値算出部は、
1つの測位衛星に対する2つのアンテナ間のアンテナ間一重位相差に対応する幾何距離差を、前記統合姿勢角から逆算し、
前記基準値算出部は、
前記アンテナ間一重位相差に対応する幾何距離差を、前記測位信号の搬送波位相から前記基準物理量として算出し、
前記判定部は、
逆算された幾何距離差と、前記基準物理量として算出された幾何距離差とを用いて、リセットの判定を行う、
姿勢角算出装置。
- [請求項3] 請求項1に記載の姿勢角算出装置であって、
前記逆算値算出部は、
2つの測位衛星に対する2つのアンテナ間の二重位相差に対応する幾何距離差の差を、前記統合姿勢角から逆算し、
前記基準値算出部は、
前記二重位相差に対応する幾何距離差の差を、前記測位信号の搬送波位相から、前記基準物理量として算出し、

前記判定部は、

逆算された幾何距離差の差と、前記基準物理量として算出された幾何距離差の差とを用いて、リセットの判定を行う、

姿勢角算出装置。

[請求項4]

請求項1に記載の姿勢角算出装置であって、

前記逆算値算出部は、

前記統合姿勢角から整数値バイアスを逆算し、

前記基準値算出部は、

前記測位信号の搬送波位相から算出した整数値バイアスを、前記基準物理量として算出し、

前記判定値算出部は、

前記基準物理量として算出された整数値バイアスと前記統合姿勢角から逆算された整数値バイアスとの差を用いて、前記統合姿勢角の算出処理のリセットを判定する、

姿勢角算出装置。

[請求項5]

請求項4に記載の姿勢角算出装置であって、

前記整数値バイアスは、1つの測位衛星に対する2つのアンテナ間の一重位相差の整数値バイアスである、

姿勢角算出装置。

[請求項6]

請求項4に記載の姿勢角算出装置であって、

前記整数値バイアスは、2つの測位衛星に対する2つのアンテナ間の二重位相差の整数値バイアスである、

姿勢角算出装置。

[請求項7]

請求項1に記載の姿勢角算出装置であって、

前記逆算値算出部は、

前記統合姿勢角から2つのアンテナを結ぶ基線ベクトルの方位を逆算し、

前記基準値算出部は、

前記測位信号から測位衛星の方位を算出し、

前記判定値算出部は、

逆算した基線ベクトルの方位と前記測位衛星の方位から得られる前記基線ベクトルに対する前記測位衛星の相対方位を用いて、前記統合姿勢角の算出処理のリセットを判定する、

姿勢角算出装置。

[請求項8] 請求項1乃至請求項7のいずれか1項に記載の姿勢角算出装置であって、

前記判定部は、リセット条件と満たしていると、前記統合姿勢角算出部に対してリセット制御を行うリセット制御部を備える、姿勢角算出装置。

[請求項9] 請求項1乃至請求項8のいずれか1項に記載の姿勢角算出装置であって、

前記統合姿勢角算出部は、

Tightly Coupled方式によって前記統合姿勢角を算出する、

姿勢角算出装置。

[請求項10] 請求項1乃至請求項9のいずれか1項に記載の姿勢角算出装置であって、

前記測位信号を受信する複数のアンテナを備え、

複数のアンテナの間隔は、前記測位信号の波長未満である、

姿勢角算出装置。

[請求項11] 慣性センサの出力と測位信号とを用いて統合姿勢角を算出する統合姿勢角算出工程と、

前記統合姿勢角を用いて、当該統合姿勢角の算出に利用する前記測位信号から得られる物理量を逆算する逆算値算出工程と、

前記測位信号の観測値から、前記逆算された物理量に対応する基準物理量を算出する基準値算出工程と、

前記逆算された物理量と前記基準物理量とを用いて、前記統合姿勢角の算出処理のリセットを判定する判定工程と、

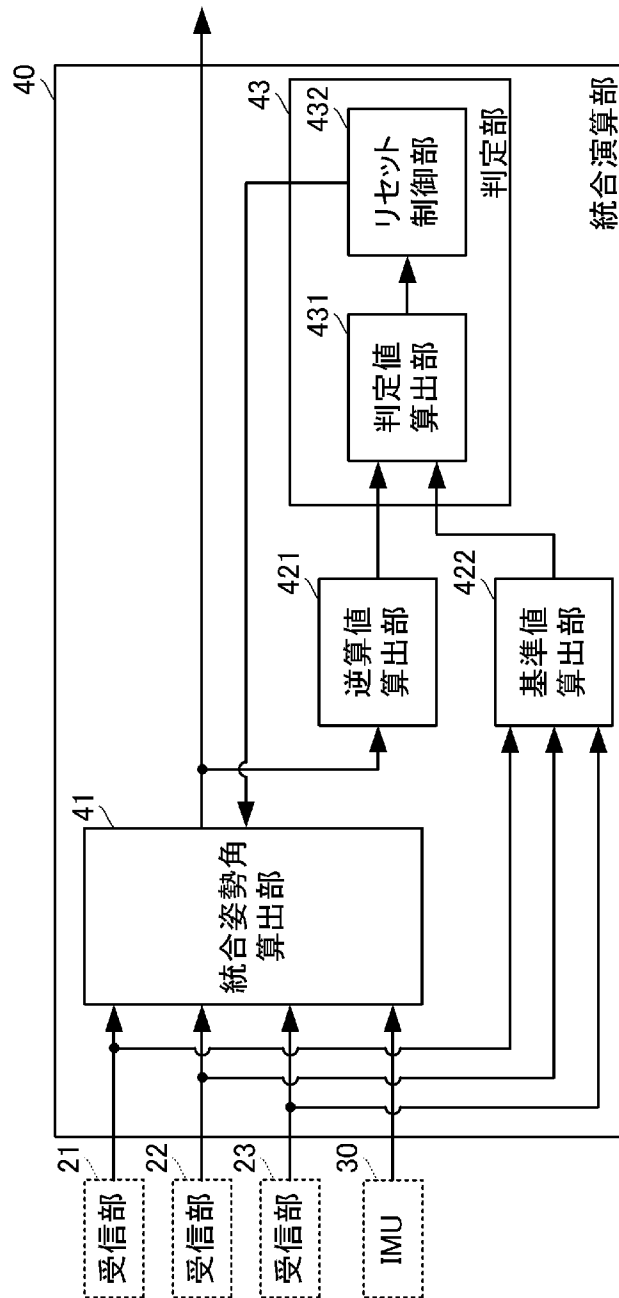
を有する、姿勢角算出方法。

[請求項12]

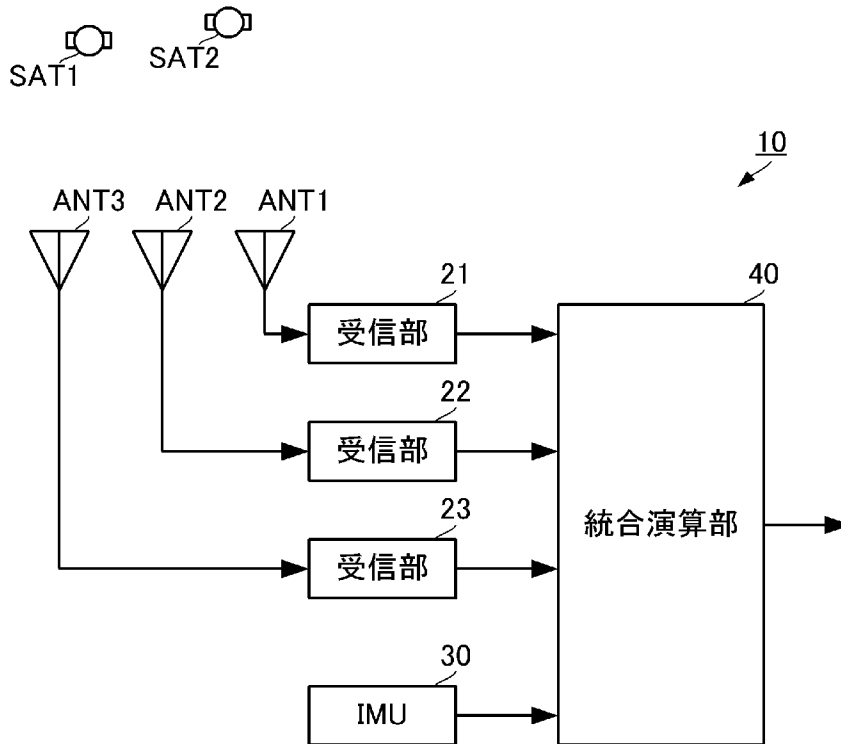
請求項11に記載の姿勢角算出方法であって、

前記判定工程において、リセット条件と満たしていると判定されると、前記統合姿勢角の算出処理に対してリセット制御を行うリセット制御工程を有する、姿勢角算出方法。

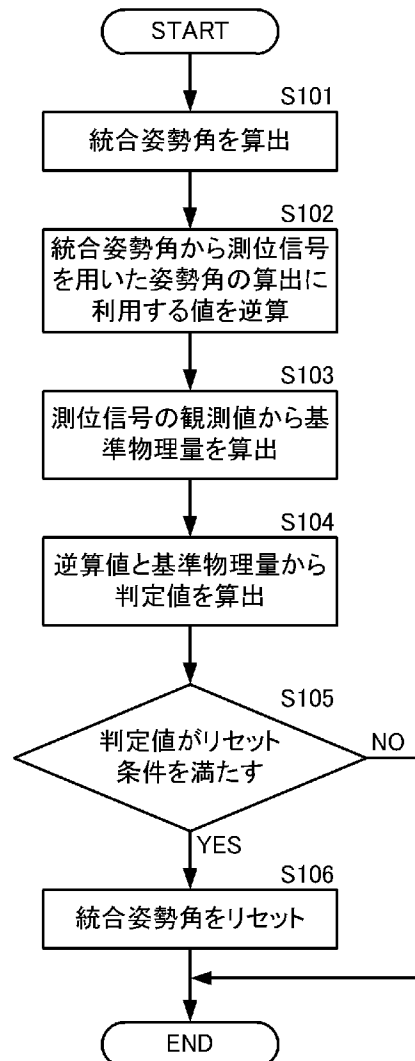
[図1]



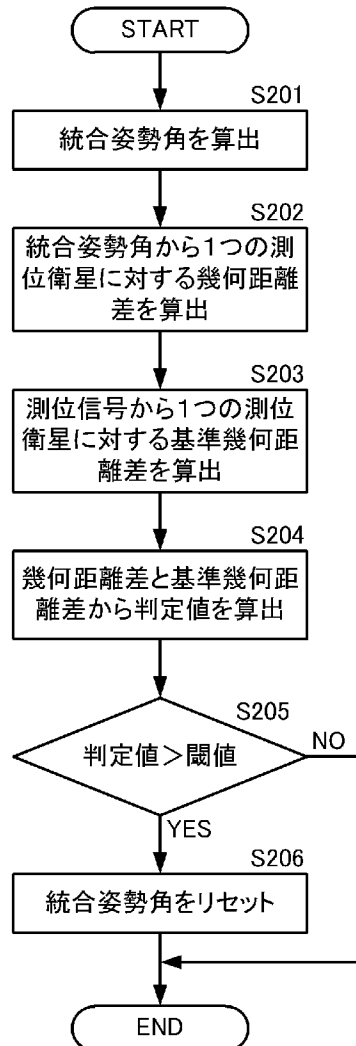
[図2]



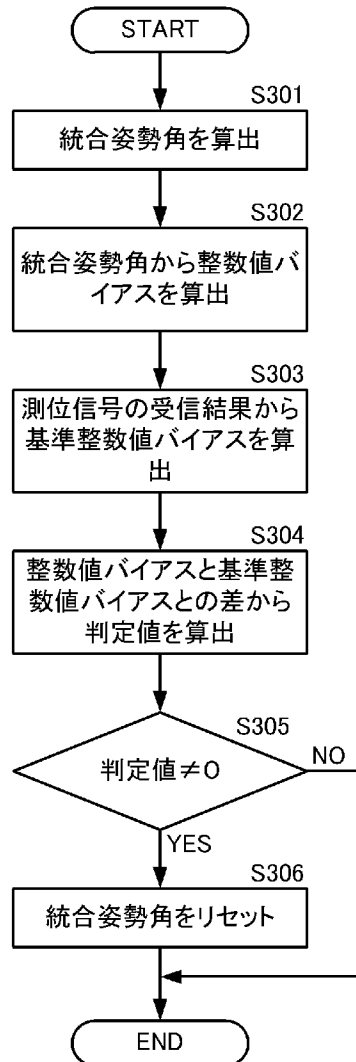
[図3]



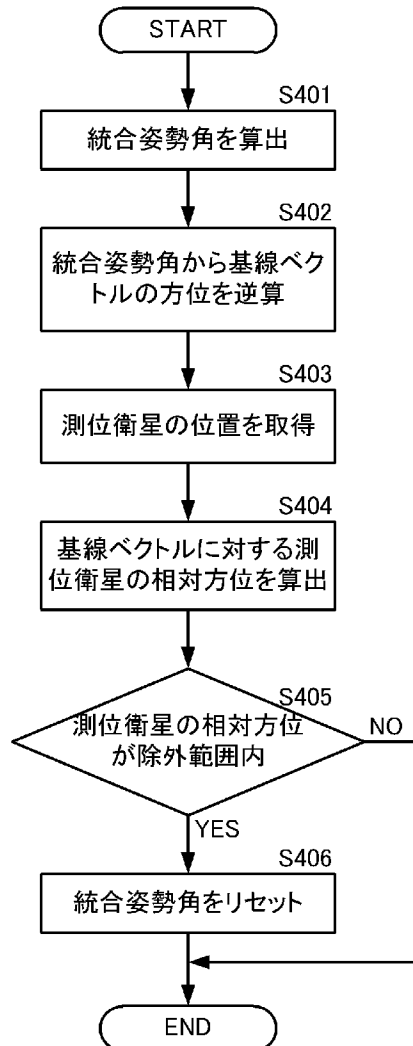
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/081568

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S19/54(2010.01)i, G01S19/47(2010.01)n

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)

G01S19/54, G01S19/47

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
Y	JP 2012-208033 A (Mitsubishi Electric Corp.), 25 October 2012 (25.10.2012), paragraphs [0008], [0014] to [0034]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-12
Y	US 6408245 B1 (AMERICAN GNC CORP.), 18 June 2002 (18.06.2002), column 2, line 46 to column 16, line 10 & TW 240086 B	1-12
Y	JP 2008-298443 A (Mitsubishi Electric Corp.), 11 December 2008 (11.12.2008), paragraphs [0026] to [0033], [0089] to [0107]; fig. 9 to 12 (Family: none)	1-12

☒ 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
10 January 2017 (10.01.17)

Date of mailing of the international search report
17 January 2017 (17.01.17)

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/JP2016/081568

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6088653 A (SHEIKH, Suneel I.), 11 July 2000 (11.07.2000), entire text; all drawings & WO 98/29757 A1 & EP 948750 A1 & EP 1154281 A1 & CA 2273158 A1	1-12

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01S19/54(2010.01)i, G01S19/47(2010.01)n

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. G01S19/54, G01S19/47

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
Y	JP 2012-208033 A (三菱電機株式会社) 2012.10.25, 段落 0008, 0014-0034, 図 1-2 (ファミリーなし)	1-12
Y	US 6408245 B1 (AMERICAN GNC CORP.) 2002.06.18, 第 2 欄第 46 行-第 16 欄第 10 行 & TW 240086 B	1-12
Y	JP 2008-298443 A (三菱電機株式会社) 2008.12.11, 段落 0026-0033, 0089-0107, 図 9-12 (ファミリーなし)	1-12

☒ 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	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

10.01.2017

国際調査報告の発送日

17.01.2017

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)

中村 説志

2 S

3206

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	US 6088653 A (SHEIKH, Suneel I.) 2000.07.11, 全文、全図 & WO 98/29757 A1 & EP 948750 A1 & EP 1154281 A1 & CA 2273158 A1	1-12