(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9月16日(16.09.2021)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2021/181783 A1

(51) 国際特許分類:
G01N 23/044 (2018.01) *G01N 23/046* (2018.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2020/046688

(22) 国際出願日： 2020年12月15日(15.12.2020)

(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 2020-042088 2020年3月11日(11.03.2020) JP

(71) 出願人: オムロン株式会社 (**OMRON CORPORATION**) [JP/JP]; 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 Kyoto (JP).

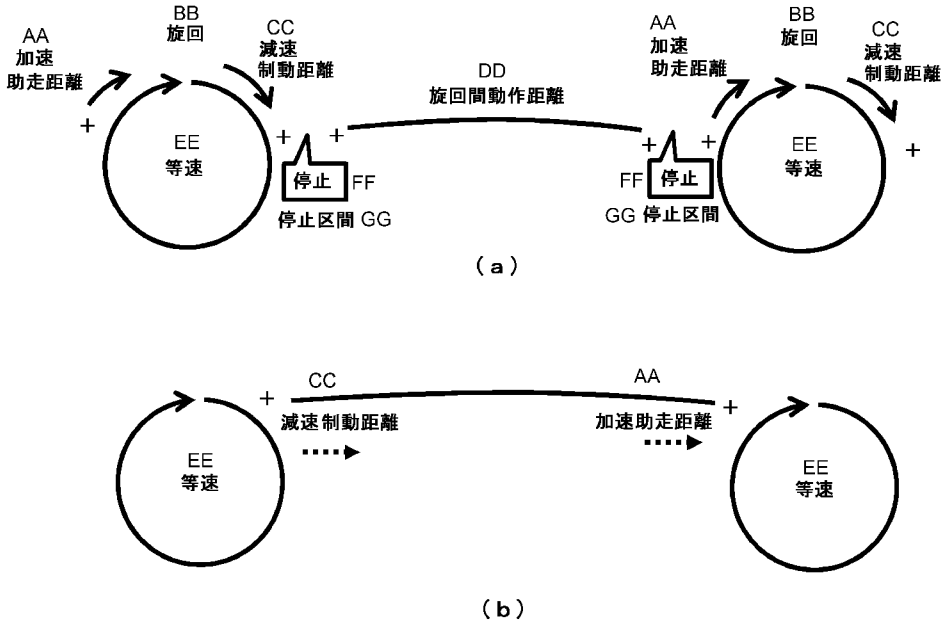
(72) 発明者: 七呂 真 (**SHICHIRO, Makoto**); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP). 恵木 守(**EGI, Mamoru**); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人秀和特許事務所 (**IP FIRM SHUWA**); 〒1030004 東京都中央区東日本橋三丁目４番１０号 アクロポリス２１ビル８階 Tokyo (JP).

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

(54) **Title:** X-RAY INSPECTION DEVICE AND X-RAY INSPECTION METHOD

(54) 発明の名称： Ｘ線検査装置およびＸ線検査方法



(57) **Abstract:** This X-ray inspection device acquires a three-dimensional image of and inspects an object under inspection and comprises an X-ray source for generating X-rays to be emitted onto the object under inspection, an X-ray camera for capturing X-ray images of the X-rays emitted from the X-ray source onto the object under inspection, and a holding part for holding the object under inspection. One from among the X-ray source, X-ray camera, and holding part turns as a turning part such that the X-ray images are captured while the capturing direction changes. The turning part sequentially turns in a plurality of locations and moves so as to shift from the turning end point of one turning motion to the turning

WO 2021/181783 A1

[続葉有]

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, 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))

start point of the next turning motion. There is no stopping period in which the turning part stops in the turning motion or shifting motion.

(57) 要約:検査対象に照射するＸ線を発生するＸ線源と、前記Ｘ線源から前記検査対象に照射されたＸ線によるＸ線画像を撮影するＸ線カメラと、前記検査対象を保持する保持部と、を備え、前記Ｘ線源と、前記Ｘ線カメラと、前記保持部のうちのいずれかが、旋回部として旋回運動することで、撮影方向を変更しつつ前記Ｘ線画像を撮影して、前記検査対象の３次元画像を取得して検査するＸ線検査装置であって、前記旋回部は、複数の場所において順次旋回運動するとともに、一の旋回運動の旋回終了点から次の旋回運動の旋回開始点へ移動するための移動運動を行い、前記旋回部が、前記旋回運動及び前記移動運動の途中で停止する停止区間を有さない。

明　細　書

発明の名称 ： Ｘ線検査装置およびＸ線検査方法

技術分野

[0001] 本発明は、被検査物のＸ線画像を複数取得して３次元データを作成するＸ線検査装置に関する。

背景技術

[0002] 従前より、基板表面等の被検査物のＸ線画像を複数の方向から撮影し、撮影された複数のＸ線画像から３次元データを作成し、検査箇所の内部構造の検査を行う技術がある。この例としては、トモシンセシスやＣＴなどの技術を挙げることができる。この技術においては、被検査物の検査箇所に対して、Ｘ線源からＸ線を照射し、透過したＸ線をＸ線カメラで撮影する。そして、Ｘ線源、被検査物、Ｘ線カメラの位置関係を相対的に変化させつつ複数枚のＸ線画像を撮影する。

[0003] その際、Ｘ線源、被検査物、Ｘ線カメラの少なくともいずれかを旋回運動させることにより互いの相対位置を変化させ、一回の旋回運動が終わり当該検査箇所の撮影が終わると、次の検査箇所を撮影するための撮影位置へ移動運動を行い、さらに旋回運動させる。よって、被検査物の検査時間を短縮するためには、上記した旋回運動と移動運動とを効率的に行う必要がある。

[0004] この問題に対し、放射線透過画像を撮像するための撮像条件に基づいて、複数の放射線透過画像を撮像するために要する時間が短くなる撮像経路を、個々の処理の時間（例えば、放射線発生器が照射する放射線が安定するまでに要する時間、放射線発生器を移動するのに要する時間、基板保持部を基板回転軌道が張る平面上を平行移動するのに要する時間、検出器駆動部が検出器およびそれと連動して基板保持部を移動するのに要する時間等）の組み合わせ・最適化問題を解くことで求める技術が公知である（例えば、特許文献１を参照）。

[0005] しかしながら、従来の技術においては、Ｘ線源、被検査物、Ｘ線カメラを

移動させる際の移動方法や移動軌跡の最適化について充分に検討されていなかった。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開２０１１－２０９０５４号公報

特許文献2：特開２０１３－２４７２２８号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、Ｘ線検査装置における被検査物の検査時間を短縮できる技術を提供することである。

課題を解決するための手段

[0008] 上記の課題を解決するための本発明は、検査対象に照射するＸ線を発生するＸ線源と、

前記Ｘ線源から前記検査対象に照射されたＸ線によるＸ線画像を撮影するＸ線カメラと、

前記検査対象を保持する保持部と、を備え、

前記Ｘ線源と、前記Ｘ線カメラと、前記保持部のうちのいずれかが、旋回部として旋回運動することで、撮影方向を変更しつつ前記Ｘ線画像を撮影して、前記検査対象の３次元画像を取得して検査するＸ線検査装置であって、

前記旋回部は、複数の場所において順次旋回運動するとともに、一の旋回運動の旋回終了点から次の旋回運動の旋回開始点へ移動するための移動運動を行い、

前記旋回部が、前記旋回運動及び前記移動運動の途中で停止する停止区間が無いことを特徴とする、Ｘ線検査装置である。

[0009] すなわち、本発明におけるＸ線検査装置においては、Ｘ線源と、Ｘ線カメラと、保持部のうちのいずれかが、旋回部として旋回運動することで、撮影

方向を変更しつつ検査箇所のＸ線画像を撮影して、該検査箇所の３次元画像を取得して検査する。そして、旋回部は、複数の検査箇所について３次元画像を取得するために、異なる場所において順次旋回運動を行う。

[0010] また、旋回部は、各旋回運動中と、一の旋回運動の旋回終了点から次の旋回運動の旋回開始点へ移動するための移動運動を行う。そして、旋回運動から移動運動に停止することなく移行する。

[0011] ここで、従前の技術においては、旋回運動から移動運動または、移動運動から旋回運動に移行する際に、旋回部は一旦停止する必要があった。そして、旋回運動の途中に加速運動と減速運動をするための助走距離、制動距離が必要となっていた。これに対し本発明では、旋回部は、旋回運動と移動運動の間の停止のための加速運動や減速運動が不要である。その結果、Ｘ線画像の撮影のための旋回運動の前後において加速減速のための追加の旋回運動を行う必要がなくなる。従って、複数の旋回運動と移動運動の合計の運動時間を低減し、検査時間を短縮することが可能となる。

[0012] また、本発明においては、前記旋回部が、一の旋回運動の旋回終了点から次の旋回運動の旋回開始点に移動する際に、該記旋回部である前記Ｘ線源と、前記Ｘ線カメラと、前記保持部のうちのいずれかは、前記一の旋回運動の旋回円と前記次の旋回運動の旋回円とを、前記旋回終了点と前記旋回開始点において滑らかに結ぶ軌道である特定移動軌道に沿って移動し、前記特定移動軌道は、前記旋回終了点および／または前記旋回開始点において前記旋回部の線速度が連続となる軌道としてもよい。

[0013] また、本発明においては、前記特定移動軌道は、前記旋回終了点および／または前記旋回開始点において前記旋回部の線速度及び加速度が連続、または、前記旋回終了点および／または前記旋回開始点において前記旋回部の線速度、加速度及び躍度が連続となる軌道としてもよい。そして、この場合、前記旋回終了点および／または前記旋回開始点において前記旋回部の加速度が０であってもよい。

[0014] すなわち、本発明の特定移動軌道においては、旋回終了点および／または

旋回開始点において旋回部の線速度が連続となることが要求される。そして、線速度及び加速度が連続であることが望ましい。また、線速度、加速度及び躍度が連続であることが理想である。また、加速度が連続の場合には、加速度が０であることが理想である。

[0015] これによれば、旋回運動から移動運動へ、または移動運動から旋回運動へ移行する際に旋回部に作用する加速や衝撃を緩和することができる。その結果、検査時間をより短縮することが可能となる。

[0016] また、本発明においては、前記特定移動軌道は、多項式によって定義されるようにしてもよい。これによれば、特定移動軌道を一般的な数学的解法により取得することが可能である。

[0017] また、本発明においては、前記一の旋回運動の旋回円における旋回開始点および旋回終了点は、前の旋回運動及び前記次の旋回運動の旋回円の中心と前記一の旋回運動の旋回円の中心を結んだ直線と前記一の旋回運動の旋回円との２つ交点の、前記一の旋回運動の旋回円上における短い方の円弧の中点としてもよい。これによれば、容易な演算により、旋回運動の旋回円における旋回開始点及び旋回終了点を特定移動軌道が最短となるように選ぶことが可能となる。

[0018] すなわち、前記一の旋回運動の旋回円と前記次の旋回運動の旋回円とを、旋回終了点と旋回開始点において滑らかに結ぶ軌道は複数考えられるが、その軌道の長さが長い場合には、検査時間の短縮効果は限られたものとなる。それに対し、本発明においては、前記特定移動軌道は、前記一の旋回運動の旋回円と前記次の旋回運動の旋回円とを、前記旋回終了点と前記旋回開始点において滑らかに結ぶ軌道のうち最短の軌道とすることができるので、より確実に、検査時間を短縮することが可能である。

[0019] そして、上記において、前記一の旋回運動の旋回円上における短い方の円弧が特定できない場合には、前記一の旋回運動の旋回終了点と、前記次の旋回運動の旋回開始点とは、各旋回運動の旋回円において所定の角度位置に配置されるようにしてもよい。これによれば、例えば、旋回円が横一列に並ぶ

場合など、上記における短い方の円弧が特定できない場合でも、一の旋回運動の旋回終了点と、次の旋回運動の旋回開始点とを、任意の角度に設定することが可能であり、問題なく特定移動軌道を算出することができる。

[0020] また、本発明においては、前記一の旋回運動の旋回終了点と、前記次の旋回運動の旋回開始点とは、各旋回運動の旋回円において同一の角度位置に配置されるようにしてもよい。例えば、一の旋回運動の旋回終了点と、次の旋回運動の旋回開始点とを、場合によらず、各旋回運動の旋回円における０度位置、あるいは０度以外の任意の角度位置に決めてもよい。

[0021] また、本発明において、前記旋回部は、前記Ｘ線源と、前記Ｘ線カメラと、前記保持部のうちのいずれか２つであり、前記特定移動軌道は、前記Ｘ線源と、前記Ｘ線カメラと、前記保持部のうちのいずれか２つのうち、より大きな半径の旋回運動を行う方の、前記一の旋回運動の旋回円と前記次の旋回運動の旋回円とを、前記旋回終了点と前記旋回開始点において滑らかに結ぶ軌道であることとしてもよい。

[0022] ここで、旋回部を、Ｘ線源と、Ｘ線カメラと、保持部のうちのいずれか２つとした場合には、検査箇所の３次元画像を取得するために、旋回部の一方が描く旋回運動の旋回円と、他方が描く旋回運動の旋回円は異なる場合が多い。そして、本発明においては、旋回部である、Ｘ線源、Ｘ線カメラ、保持部のうちのいずれか２つのうち、より大きな半径の旋回運動を行う方について、特定移動軌道を、一の旋回運動の旋回円と次の旋回運動の旋回円とを、旋回終了点と旋回開始点において滑らかに結ぶ軌道と定めた。さらに、一の旋回運動の旋回円における旋回開始点および旋回終了点は、前の旋回運動及び次の旋回運動の旋回円の中心と一の旋回運動の旋回円の中心を結んだ直線と一の旋回運動の旋回円との２つ交点の、一の旋回運動の旋回円上における短い方の円弧の中点とした。発明者らの鋭意研究によれば、このようにすることで、複数の旋回運動と移動運動の合計時間を減らすことができることが分かった。よって、これによれば、検査時間をより確実に短縮することが可能となる。

[0023] また、本発明においては、前記Ｘ線源と、前記Ｘ線カメラと、前記保持部のうちのいずれか２つのうち、より小さな半径の旋回運動を行う方は、前記Ｘ線源と、前記Ｘ線カメラと、前記保持部のうちのいずれか２つのうち、より大きな半径の旋回運動を行う方と同時に、次の旋回運動の旋回円における前記旋回開始点に到達するようにしてもよい。

[0024] そうすれば、前記Ｘ線源と、前記Ｘ線カメラと、前記保持部のうちのいずれか２つのうち、より小さな半径の旋回運動を行う方を、前記Ｘ線源と、前記Ｘ線カメラと、前記保持部のうちのいずれか２つのうち、より大きな半径の旋回運動を行う方と同時に、次の旋回運動の旋回円における旋回開始点に到達させることができる。その結果、旋回部により早期に次の旋回運動を開始させることが可能である。

[0025] また、本発明においては、前記特定移動軌道は、前記旋回部である前記Ｘ線源と、前記Ｘ線カメラと、前記保持部のうちのいずれかの線線速度、軸速度や加速度が所定の許容値（許容速度や許容加速度）を超えない範囲で決定されるようにしてもよい。これによれば、旋回部が特定移動軌道に沿って移動運動する際に、Ｘ線源、Ｘ線カメラ、保持部等の速度や加速度が過大になることを抑制でき、装置の故障を防止し、信頼性を向上させることが可能である。

[0026] また、本発明においては、前記特定移動軌道は、前記旋回部である前記Ｘ線源と、前記Ｘ線カメラと、前記保持部のうちのいずれかの移動範囲が、所定の移動許容範囲を超えないように決定されるようにしてもよい。あるいは、前記旋回部である前記Ｘ線源と、前記Ｘ線カメラと、前記保持部のうちのいずれかの移動範囲が、所定の許容移動範囲を超えないように、前記特定移動軌道における前記旋回部の移動時間が決定されるようにしてもよい。これによれば、旋回部が特定移動軌道に沿って移動運動する際に、Ｘ線源、Ｘ線カメラ、保持部等が、装置内の構造物に衝突したり、ソフトウェアで定めた制限範囲を超えることでエラーが発生する等の不都合を防止でき、信頼性を向上させることが可能である。

[0027] また、本発明においては、前記旋回部は、前記Ｘ線源と前記Ｘ線カメラであり、前記保持部はＸ線検査装置内の所定位置に保持されていることとしてもよい。この場合には、検査対象を固定し、検査対象の上下においてＸ線カメラとＸ線源に旋回運動と移動運動を行わせることで検査を行うことができ、Ｘ線検査装置内における非検査物の移動機構、搬入機構等を単純化することが可能である。

[0028] また、本発明は、検査対象に照射するＸ線を発生するＸ線源と、

前記Ｘ線源から前記検査対象に照射されたＸ線によるＸ線画像を撮影するＸ線カメラと、

前記検査対象を保持する保持部と、を備え、

前記Ｘ線源と、前記Ｘ線カメラと、前記保持部のうちのいずれかが、旋回部として旋回運動することで、撮影方向を変更しつつ前記Ｘ線画像を撮影して、前記検査対象の３次元画像を取得して検査するＸ線検査装置を用いたＸ線検査方法であって、

前記旋回部を、複数の場所において順次旋回運動させるとともに、一の旋回運動の旋回終了点から次の旋回運動の旋回開始点へ移動する際の移動運動を行い、

前記旋回部である前記Ｘ線源と、前記Ｘ線カメラと、前記保持部のうちのいずれかを、前記旋回運動から前記移動運動中に停止させずに移行させることを特徴とする、Ｘ線検査方法であってもよい。

[0029] また、その際には、前記旋回部が、一の旋回運動の旋回終了点から次の旋回運動の旋回開始点に移動する際に、該記旋回部である前記Ｘ線源と、前記Ｘ線カメラと、前記保持部のうちのいずれかに、前記一の旋回運動の旋回円と前記次の旋回運動の旋回円とを、前記旋回終了点と前記旋回開始点において滑らかに結ぶ軌道である特定移動軌道に沿って移動させ、

前記特定移動軌道は、前記旋回終了点および／または前記旋回開始点において前記旋回部の線速度が連続となる軌道であるようにしてもよい。

[0030] また、その際、前記特定移動軌道は、前記旋回終了点および／または前記

旋回開始点において前記旋回部の線速度及び加速度が連続、または、前記旋回終了点および／または前記旋回開始点において前記旋回部の線速度、加速度及び躍度が連続となる軌道としてもよい。また、前記旋回終了点および／または前記旋回開始点において前記加速度が連続である場合には、加速度が０となるようにしてもよい。

[0031] また、その際、前記特定移動軌道は、多項式によって定義されるようにしてもよい。

[0032] また、その際、前記一の旋回運動の旋回円における旋回開始点および旋回終了点は、前の旋回運動及び前記次の旋回運動の旋回円の中心と前記一の旋回運動の旋回円の中心を結んだ直線と前記一の旋回運動の旋回円との２つ交点の、前記一の旋回運動の旋回円上における短い方の円弧の中点としてもよい。

[0033] また、本発明は、コンピュータに、前記特定移動軌道を算出させるとともに、前記旋回部である前記Ｘ線源と、前記Ｘ線カメラと、前記保持部のうちのいずれかに、前記特定移動軌道に沿って沿って移動するための駆動信号を出力させる、プログラムであってもよい。

[0034] 以上のように本発明は、上記手段の少なくとも一部を含むＸ線検査装置として捉えることができる。また、本発明は、上記手段が行う処理の少なくとも一部を含むＸ線検査方法として捉えることもできる。また、これらの方法の各ステップをコンピュータに実行させるためのコンピュータプログラムや、当該プログラムを非一時的に記憶したコンピュータ読取可能な記憶媒体として捉えることもできる。上記構成および処理の各々は技術的な矛盾が生じない限り互いに組み合わせて本発明を構成することができる。

発明の効果

[0035] 本発明によれば、Ｘ線検査装置における非検査物の検査時間を短縮することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0036] [図1]本発明の実施例１におけるＸ線検査装置の概要を示す図である。

[図2]本発明の実施例１におけるＸ線源またはＸ線カメラの旋回運動と移動運動の関係を示す図である。

[図3]本発明の実施例１におけるＸ線源またはＸ線カメラの旋回運動と移動運動の軌跡の例を示す図である。

[図4]本発明の実施例１における移動運動の最短の軌跡を導出する方法について説明するための図である。

[図5]本発明の実施例１におけるＸ線源またはＸ線カメラの旋回運動と移動運動の軌跡の第２の例を示す図である。

[図6]本発明の実施例１におけるＸ線源またはＸ線カメラの旋回運動と移動運動の軌跡の第３の例を示す図である。

[図7]本発明の実施例１におけるＸ線源またはＸ線カメラの旋回運動と移動運動の軌跡の第４の例を示す図である。

[図8]本発明の実施例１におけるＸ線源またはＸ線カメラの旋回運動と移動運動の軌跡の第５の例を示す図である。

[図9]本発明の実施例１におけるＸ線源及びＸ線カメラの移動制御ルーチンを示すプログラムである。

[図10]本発明の実施例２におけるＸ線検査装置の概要を示す図である。

[図11]本発明の実施例２におけるＸ線カメラ及び被検査物の旋回運動と移動運動の軌跡の例を示す図である。

[図12]本発明の実施例２におけるＸ線カメラ及び被検査物の旋回運動と移動運動の軌跡の第２の例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0037] 〔適用例〕

以下に本発明の適用例の概要について一部の図面を用いて説明する。本発明は図１に示すようなＸ線検査装置１に適用される。Ｘ線検査装置１では、Ｘ線源１０から被検査物ＳにＸ線を照射し、透過光によるＸ線画像をＸ線カメラ２０によって撮影する。Ｘ線源１０およびＸ線カメラ２０はそれぞれ旋回円１２１，１２２上を旋回運動し、軌道上の複数の位置において被検査物

ＳのＸ線画像の撮影を行う。その後、別の検査箇所を検査するために、Ｘ線源１０、Ｘ線カメラ２０はともに、次の旋回円まで移動運動を行い、さらに旋回円上を移動しつつＸ線画像の撮影を行う。

[0038] ここで、Ｘ線源１０、Ｘ線カメラ２０が旋回運動から移動運動に移行する場合には、図２（ａ）に示すように、一旦停止する停止区間が設けられていた。これに伴い、旋回運動の前後において旋回円上の加速運動及び減速運動が追加されていた。本適用例では、図２（ｂ）に示すように、Ｘ線源１０、Ｘ線カメラ２０が旋回運動から移動運動に移行する場合の停止区間を無くした。余分な停止状態や余分な旋回運動が省略され、Ｘ線源１０、Ｘ線カメラ２０がより迅速に旋回円から次の旋回円に移動することが可能となる。

[0039] また、本適用例では、図３に示すように、旋回円から次の旋回円に移動する際の移動運動の軌道として、旋回円と次の旋回円とを、旋回終了点と旋回開始点において滑らかに結ぶ軌道を用いることとした。これにより、Ｘ線源１０、Ｘ線カメラ２０に過度な加速度や衝撃を与えることなく、より迅速に移動することが可能となる。なお、その際、図４に示すような方法で、旋回円における旋回終了点と次の旋回円における旋回開始点の距離を最短とし、その旋回終了点と旋回開始点を滑らかに結ぶことが可能である。

[0040] なお、本発明は、図１に示すように、被検査物Ｓを固定し、その上下においてＸ線源１０とＸ線カメラ２０を旋回運動させるＸ線検査装置１に適用可能であると同時に、図１０に示すように、Ｘ線源１０を固定し、Ｘ線カメラ２０及び被検査物Ｓを旋回運動させるＸ線検査装置１１に適用することも可能である。

[0041] 以下に各図面（上記の適用例で一旦説明した図も含む）を順次参照して、この発明を実施するための形態を、実施例に基づいて例示的に詳しく説明する。ただし、この実施例に記載されている具体的構成は、特に記載がない限りは、この発明の範囲をそれらのみに限定する趣旨のものではない。

〔実施例１〕

[0042] 本発明の実施例１に係るＸ線検査装置は、例えば、プリント基板にはんだ

付けされた電子部品のはんだ付け状態やボールグリッドアレイ（ＢＧＡ）のバンプ等の良否判定をする装置である。より具体的には、Ｘ線源と被検査物とを相対的に移動させて複数回のＸ線撮影を行い、検査対象場所の内部の状態を取得し、適切な位置での断面画像を生成して、当該断面画像に基づいて良否を検査する。

[0043] ＜装置構成＞

図１には、本発明の実施例１に係るＸ線検査装置１における、Ｘ線源１０、被検査物Ｓを保持する保持部４０、Ｘ線カメラ２０の配置図を示す。Ｘ線検査装置１においては、搬送ローラ（不図示）によって搬送され保持部４０に保持される被検査物Ｓにおける各検査箇所について、複数の撮影位置においてＸ線画像を撮影して３次元データを取得する。具体的には、Ｘ線源１０から被検査物ＳにＸ線を照射し、透過光によるＸ線画像をＸ線カメラ２０によって撮影する。Ｘ線源１０、Ｘ線カメラ２０はともに、ステージ（不図示）によって移動可能である。Ｘ線源１０およびＸ線カメラ２０はこれらのステージによってそれぞれ旋回円１２１，１２２上を移動し、旋回円上の複数の位置において撮影が行われる。

[0044] 基板検査装置１における各部の制御は制御部１００からの制御信号に基づいて行われる。Ｘ線検査装置１は、制御部１００として、カメラ用ＸＹステージ制御部１０１、カメラ制御部１０２、Ｘ線源用ＸＹステージ制御部１０７を備える。加えて、高さ計測部１０３、検査対象位置制御部１０４、Ｘ線源制御部１０５、撮像高さ制御部１０６を備える。さらに、Ｘ線検査装置１は、演算部１１１、主記憶部１１２、補助記憶部１１３、入力部１１４、出力部１１５を備える。

[0045] カメラ用ＸＹステージ制御部１０１は、カメラ用ＸＹステージ（不図示）を駆動しＸ線カメラ２０の水平方向の移動を行うための制御信号を送信する。カメラ制御部１０２は、Ｘ線カメラ２０によるＸ線画像の撮影を行うための制御信号を送信する。高さ計測部１０３は、変位計３０からの信号を受信して被検査物Ｓの被検箇所の高さを計測する。検査対象位置制御部１０４は

、搬送ローラ及び被検査物Ｓの保持部４０に制御信号を送信し被検査物Ｓの水平方向位置及び垂直方向位置を撮影に最適な位置に制御する。

[0046] Ｘ線源制御部１０５は、Ｘ線源１０によるＸ線の照射の開始、終了の他、Ｘ線強度を調整するための信号を送信する。撮像高さ制御部１０６は、Ｘ線源１０及びＸ線カメラ２０の高さ制御用の信号を送信する。Ｘ線源用ＸＹステージ制御部１０７は、Ｘ線源用ＸＹステージ（不図示）を駆動しＸ線源１０の水平方向の移動を行うための信号を送信する。カメラ用ＸＹステージ制御部１０１、カメラ制御部１０２、検査対象位置制御部１０４、Ｘ線源制御部１０５、撮像高さ制御部１０６、Ｘ線源用ＸＹステージ制御部１０７から出力される信号は演算部１１１の演算結果及び、主記憶部１１２、補助記憶部１１３に記憶された情報に基づいて決定される。

[0047] 特に演算部１１１の撮像命令部１１１ａは、カメラ制御部１０２を含む各部に対し、Ｘ線画像取得に必要な情報を送信する。また、軌跡算出部１１１ｂは、後述する手法により、Ｘ線源１０及びＸ線カメラ２０が沿うべき軌跡を算出する。また、ユーザとの間の設定情報、検査結果等の情報の授受は、入力部１１４及び出力部１１５を介して行われる。

[0048] Ｘ線カメラ２０は、Ｘ線源１０から照射され、被検査物Ｓを透過したＸ線を検出する２次元Ｘ線検出器である。Ｘ線カメラ２０としては、Ｉ．Ｉ．（Image Intensifier）管や、ＦＰＤ（フラットパネルディテクタ）を用いることができる。ここでは１つのみのＸ線カメラ２０が採用されているが、複数個のＸ線カメラを用いても構わない。

[0049] 変位計３０は、被検査物Ｓまでの距離を、被検査物Ｓの複数の位置について計測する。したがって、変位計３０によって被検査物Ｓの反りや傾きを計測することが可能である。被検査物Ｓの製造過程においては、反りや傾きが生じることがあり、その量は個体によって異なる。そこで、それぞれの被検査物Ｓの反りや傾きを計測して、保持部４０の高さ位置を調整して適切なＸ線撮影が行えるようにする。

[0050] 以上の構成により、Ｘ線検査装置１は、様々な方向から基板を撮像できる

ように、Ｘ線源１０とＸ線カメラ２０の位置を制御することができる。本実施例では、このように様々な方向からの撮像結果を基に、ＣＴ（Computed Tomography）と呼ばれる３次元データ生成手法を用いて、被検査物Ｓの被検箇所の３次元データを生成する。

[0051] なお、演算部１１１としては、ＣＰＵ（中央演算処理装置）と呼ばれる一般的な汎用演算装置を用いることができる。主記憶部１１２としてはＲＡＭなどのメモリを用いることができる。補助記憶部１１３は、ＲＯＭやＨＤＤなどを用いることができる。入力部１１４は、キーボード、ボタン、スイッチ、マウスなど、ユーザが演算部１１１に対して指示を入力可能な任意の装置である。出力部１１５は、ディスプレイ、スピーカなど、映像や音声等によって演算部１１１からの出力をユーザに提示可能な任意の装置である。すなわち、一般的なコンピュータシステムを用いて、これらの機能部を実現することができる。補助記憶部１１３に格納されたプログラムを演算部１１１が読み込んで実行することにより、以下に示す、Ｘ線源１０およびＸ線カメラ２０の移動制御が行われる。

[0052] ここで、図１に示すように、Ｘ線源１０およびＸ線カメラ２０は、Ｘ線源用ＸＹステージ制御部１０７及びカメラ用ＸＹステージ制御部１０１からの制御信号に基づいて、夫々旋回円１２１，１２２上を移動し、軌道上の複数の位置においてＸ線画像の撮影が行われる。そして、被検査物Ｓ上の各検査箇所に対して旋回円１２１、１２２上を旋回運動することで、当該検査箇所の３次元画像の作成が可能となる。そして、被検査物Ｓの検査を行う場合には、検査箇所の位置が複数あるために、Ｘ線源１０およびＸ線カメラ２０は一回の３６０度に亘る旋回運動（以下、ｎ回目の旋回運動ともいう）を行って当該検査箇所のＸ線画像を取得した後に、次の被検箇所を撮影可能な位置まで移動運動を行い、その位置から次の３６０度に亘る旋回運動（以下、ｎ＋１回目の旋回運動ともいう）を開始する。

[0053] 図２には、Ｘ線源１０またはＸ線カメラ２０が、ｎ回目の旋回運動を行い、移動運動を行い、ｎ＋１回目の旋回運動を行う場合のＸ線源１０またはＸ

線カメラ２０の軌跡を示す。その際、図２（ａ）に示すように、より詳細には、ｎ回目の旋回運動を行う前に加速運動が行われ、ｎ回目の旋回運動は等速で行われ、ｎ回目の旋回運動（３６０度）が完了した後に、減速運動が行われ一旦停止する。そして、その後に、予め決められた軌跡に沿って移動運動が行われる。これは、Ｘ線源１０またはＸ線カメラ２０の旋回運動中は、高速で高画質なＸ線画像の撮影を行うため、高速で等速円運動を行う必要があるからである。

[0054] そして、同様に、Ｘ線源１０またはＸ線カメラ２０が、移動運動が終了して停止後に、再度加速運動が行われ、Ｘ線源１０またはＸ線カメラ２０は旋回運動の開始点に到達する前に所定の速度まで加速され、その後ｎ＋１回目の旋回運動（３６０度）が開始される。換言すると、Ｘ線源１０またはＸ線カメラ２０は、Ｘ線画像の撮影のための旋回運動の前後に、停止区間において一旦停止していた。そして、その停止前後の加減速のための旋回運動を追加して行っている。このように、従来の制御においては、Ｘ線源１０またはＸ線カメラ２０の停止及び、停止前後の加減速のための旋回運動が必要である為に、検査時間が長くなってしまう不都合があった。

[0055] それに対し、本実施例においては、図２（ｂ）に示すように、ｎ回目の旋回運動からｎ＋１回目の旋回運動への移動運動中において停止区間を無くし、Ｘ線画像の撮影のための旋回運動の他に、停止前後の加減速のための旋回運動を行わないこととした。

[0056] そして、本実施例では、移動運動の軌跡を、ｎ回目の旋回運動の旋回円とｎ＋１回目の旋回運動の旋回円とを、旋回終了点と旋回開始点において滑らかに繋ぐ軌跡のうち、最短の軌跡とすることにした。ここで、ｎ回目の旋回運動の旋回円とｎ＋１回目の旋回運動の旋回円を滑らかに繋ぐ軌跡とは、旋回終了点および／または旋回開始点においてＸ線源１０またはＸ線カメラ２０の線速度が連続となる軌跡であってもよい。または、旋回終了点および／または旋回開始点においてＸ線源１０またはＸ線カメラ２０の線速度及び加速度が連続となる軌跡であることが望ましい。または、旋回終了点および／

または旋回開始点においてＸ線源１０またはＸ線カメラ２０の線速度、加速度及び躍度が連続であることが理想である。また、加速度が連続の場合には、加速度が０であることが理想である。

[0057] 図３には、その場合の移動運動の軌跡の例を示す。図中の矢印と丸１～丸３の番号は、各々ｎ回目の旋回運動、移動運動、ｎ＋１回目の旋回運動に相当する。図３（ａ）は、Ｘ線カメラ２０の移動運動の軌跡の例を示す。図３（ａ）に示すように、Ｘ線カメラ２０の移動運動の軌跡１２３ａは、ｎ回目の旋回運動の旋回円１２２ａと、ｎ＋１回目の旋回運動の旋回円１２２ｂとを、両者の最上の点（以下、この点を０度位置または３６０度位置ともいう）において滑らかに繋ぐ曲線のうち最短の曲線となっている。

[0058] 図３（ｂ）には、同様に、Ｘ線源１０の移動運動の軌跡の例を示す。図３（ｂ）に示すように、Ｘ線源１０の移動運動の軌跡１２３ｂは、ｎ回目の旋回運動の旋回円１２１ａと、ｎ＋１回目の旋回運動の旋回円１２１ｂとを、両者の最下の点（以下、この点を１８０度位置ともいう）において滑らかに繋ぐ曲線のうち最短の曲線となっている。ここで、図３（ａ）と図３（ｂ）とで、移動運動の軌跡と各旋回運動の旋回円とが繋がる場所が１８０度異なっているのは、Ｘ線源１０とＸ線カメラ２０は、被検査物Ｓの検査箇所を挟んで点対称となる位置に配置される必要があり、Ｘ線カメラ２０が０度位置または３６０度位置に配置された場合には、Ｘ線源１０は１８０度位置に配置される必要があるからである。

[0059] なお、図３に示すような、ｎ回目の旋回運動の旋回円と、ｎ＋１回目の旋回運動の旋回円とを、所定の点において滑らかに繋ぐ曲線は、公知の数学的な手法によって多項式として導出可能であるので、ここでは曲線の導出方法については特に説明しない。また、ｎ回目の旋回運動の旋回円と、ｎ＋１回目の旋回運動の旋回円を所定の点において滑らかに繋ぐ曲線のうち、最短の曲線を導出する方法については、公知の方法で求まった多項式の曲線の各項の係数等の数学的パラメータを振り、繰り返し演算により長さが最短のものを選択しても良い。

[0060] なお、図３においては、Ｘ線カメラ２０が図３（ａ）に示す軌跡１２３ａに沿って移動運動した場合の移動時間と、Ｘ線源１０が図３（ｂ）に示す軌跡１２３ｂに沿って移動運動した場合の移動時間が一致するように、両者のうち移動時間が長い方の移動運動における速度を高めて両者が同時に移動完了するようにしても構わない。そうすることで、両者が同時に移動運動を完了し、次の旋回運動に移行することが可能となる。

[0061] 以上のように、本実施例においては、Ｘ線源１０とＸ線カメラ２０が、ｎ回目の旋回運動から移動運動に移行し、移動運動からｎ＋１回目の旋回運動に移行する際の停止区間を無くし、Ｘ線源１０とＸ線カメラ２０が停止しないこととした。これにより、Ｘ線画像の撮影のための旋回運動において、停止区間の前後に加減速のための旋回運動を付加する必要がなくなり、旋回運動の終了後、直ちに次の旋回運動への移動運動に移行することができ、移動運動の終了後、直ちに次の旋回運動に移行することができる。その結果、Ｘ線検査装置１における検査時間を短縮することが可能となる。

[0062] また、本実施例においては、ｎ回目の旋回運動からｎ＋１回目の旋回運動に移行する際の移動運動の軌跡を、ｎ回目の旋回運動の旋回円とｎ＋１回目の旋回運動の旋回円とを、旋回終了点と旋回開始点（図３ではともに０度位置）において滑らかに結ぶ曲線のうち最短の曲線とした。これにより、Ｘ線源１０とＸ線カメラ２０を、旋回運動から移動運動に、または移動運動から旋回運動に、より円滑に（過度な加速度や衝撃がＸ線源１０やＸ線カメラ２０に作用することなく）移行することができ、旋回運動における速度が高い場合でも、より確実に、移動運動の途中で加減速運動を行うことが可能となる。また、Ｘ線源１０とＸ線カメラ２０を、旋回運動から移動運動に、または移動運動から旋回運動に、より迅速に移行することが可能となる。

[0063] 表１には、Ｘ線検査装置におけるｎ回目の旋回運動と、移動運動と、ｎ＋１回目の旋回運動に要する時間を、本発明を適用しない場合と、本発明を適用した場合で比較した結果を示す。

[0064]

[表1]

		移動前円旋回時間（ｓ）			移動時間（ｓ）	移動後円旋回時間（ｓ）			合計時間（ｓ）	倍率
		加速時間	旋回時間	減速時間		加速時間	旋回時間	減速時間		
従来		0.3	2.6	0.3	0.90	0.3	2.6	0.3	7.30	1.00
X線カメラ側最短	撮像開始時間0度	0.1	2.6	0.1	0.83	0.1	2.6	0.1	6.43	1.13

本発明をＸ線検査装置に適用することで、経過時間が１３％程度改善されていることが分かる。ここで、図３におけるＸ線カメラ２０の移動運動の軌跡１２３ａ及びＸ線源１０の移動運動の軌跡１２３ｂは、本実施例において特定移動軌道に相当する。この点は以下の変形例、実施例についても同じである。また、本実施例においては、Ｘ線カメラ２０の移動運動の軌跡１２３ａ及びＸ線源１０の移動運動の軌跡１２３ｂは、旋回円どうしを滑らかに結ぶ曲線のうち最短の曲線としたが、必ずしも最短である必要はなく、旋回円どうしを滑らかに結ぶ曲線のうち充分に検査時間を短縮できる長さのものであれば良い。

[0065] ＜変形例＞

次に、本実施例における変形例について示す。この変形例においては、ｎ回目の旋回運動における旋回終了点とｎ＋１回目の旋回運動における旋回開始点とを最適化する例について説明する。この例では、ｎ回目の旋回運動における旋回終了点とｎ＋１回目の旋回運動における旋回開始点とを、０度位置や１８０度位置に固定するのではなく、ｎ回目の旋回運動からｎ＋１回目の旋回運動に移行する際の移動運動の軌跡がより短くなるように定める。

[0066] 図４に示すように、本変形例では、例えば、ｎ回目の旋回運動の旋回円１２２ｎの旋回終了点を算出する際には、旋回円１２２ｎにおいて、一つ前のｎ－１回目の旋回運動の旋回円１２２ｎ－１と旋回円１２２ｎの中心を結んだ直線と旋回円１２２ｎとの交点を求める。また、旋回円１２２ｎと一つ後の旋回円１２２ｎ＋１の中心を結んだ直線と旋回円１２２ｎとの交点を求める。そして、それらの２つの交点で挟まれる円弧のうちの短い方の円弧の中央の点Ｐｎを、ｎ回目の旋回運動の旋回円１２２ｎの旋回終了点とする。

[0067] また、ｎ＋１回目の旋回運動の旋回円１２２ｎ＋１の旋回開始点を算出する際には、旋回円１２２ｎ＋１において、一つ前のｎ回目の旋回運動の旋回円１２２ｎと旋回円１２２ｎ＋１の中心を結んだ直線と旋回円１２２ｎ＋１との交点を求める。また、旋回円１２２ｎ＋１と一つ後の旋回円１２２ｎ＋２の中心を結んだ直線と旋回円１２２ｎ＋１との交点を求める。そして、それらの２つの交点で挟まれる円弧のうち短い方の円弧の中央の点Ｐｎ＋１を、ｎ＋１回目の旋回運動の旋回円１２２ｎ＋１の旋回開始点とする。そして、ＰｎとＰｎ＋１とを滑らかに結ぶ曲線１２３ｎで結ぶ。これによれば、ｎ回目の旋回運動の旋回円と、ｎ＋１回目の旋回運動の旋回円とを、より短い曲線で滑らかに結ぶことが可能となる。

[0068] 図５には、この手法に沿って決定した移動運動の軌跡の例を示す。図５（ｂ）に示すのは、Ｘ線源１０のｎ回目の旋回運動の旋回円１２１ａとｎ＋１回目の旋回運動の旋回円１２１ｂとの間の移動運動の軌跡１２３ｂである。図５（ａ）に示すのは、Ｘ線カメラ２０のｎ回目の旋回運動の旋回円１２２ａとｎ＋１回目の旋回運動の旋回円１２２ｂとの間の移動運動の軌跡１２３ａである。

[0069] 図５では、図５（ｂ）に示す軌跡１２３ｂが最短となるように、旋回円１２１ａにおける旋回終了点と、旋回円１２１ｂにおける旋回開始点とを図４に示す手法で決定し、さらに、その旋回終了点と旋回開始点において旋回円１２１ａと旋回円１２１ｂとを滑らかに結ぶ曲線のうち最短の曲線を求めている。そして、図５（ａ）においては、Ｘ線カメラ２０のｎ回目の旋回運動の旋回円１２２ａとｎ＋１回目の旋回運動の旋回円１２２ｂとを、旋回終了点と旋回開始点において滑らかに結ぶ曲線のうち最短の曲線として軌跡１２３ａを求めている。図５（ａ）における旋回終了点と旋回開始点は、各々図５（ｂ）における旋回終了点と旋回開始点と１８０度位相の異なる点として求まる点である。

[0070] 表２には、Ｘ線検査装置におけるｎ回目の旋回運動と、移動運動と、ｎ＋１回目の旋回運動に要する時間を、変形例に係る本発明を適用しない場合と

、本発明を適用した場合で比較した結果を示す。

[0071] [表2]

		移動前円旋回時間（ｓ）			移動時間（ｓ）	移動後円旋回時間（ｓ）			合計時間（ｓ）	倍率
		加速時間	旋回時間	減速時間		加速時間	旋回時間	減速時間		
従来		0.3	2.6	0.3	0.90	0.3	2.6	0.3	7.30	1.00
X線源側最短	撮像開始時間最適化	0.1	2.6	0.1	0.69	0.1	2.6	0.1	6.29	1.16

本発明をＸ線検査装置に適用することで、経過時間が１６％程度改善されていることが分かる。なお、例えば旋回円が横一列に並ぶような場合のように、図４に示す手法によって、２つの交点で挟まれる円弧のうちの短い方の円弧が特定できない場合がある。本実施例においては、このような場合には、旋回運動における旋回終了点と旋回開始点とを、所定の角度位置に設定するようにしてもよい。この場合、０度位置や１８０度位置に固定してもよいし、旋回円毎に変えるようにしてもよい。こうすれば、旋回運動における旋回終了点と旋回開始点が算出できないという事態を回避することができる。

[0072] 次に、図６には、ｎ回目の旋回運動の旋回円とｎ＋１回目の旋回運動の旋回円の距離が比較的長い場合（例えば、旋回円の中心同士の距離が旋回円の直径の３倍以上）の移動運動の軌跡の例１２３ａ、１２３ｂを示す。図６（ａ）では、Ｘ線カメラ２０のｎ回目の旋回運動の旋回円１２２ａにおける旋回終了点とｎ＋１回目の旋回運動の旋回円１２２ｂにおける旋回開始点を０度位置に固定し、ｎ回目の旋回運動の旋回円１２２ａとｎ＋１回目の旋回運動の旋回円１２２ｂとを、０度位置において滑らかに結ぶ曲線のうち最短の曲線を軌跡１２３ａとして求めている。

[0073] また、図６（ｂ）では、Ｘ線源１０のｎ回目の旋回運動の旋回円１２１ａにおける旋回終了点とｎ＋１回目の旋回運動の旋回円１２１ｂにおける旋回開始点を１８０度位置に固定し、ｎ回目の旋回運動の旋回円１２１ａとｎ＋１回目の旋回運動の旋回円１２１ｂとを、１８０度位置において滑らかに結ぶ曲線のうち最短の曲線を軌跡１２３ｂとして求めている。

[0074] また、図７には、一回目の旋回運動の旋回円と二回目の旋回運動の旋回円

の距離が比較的長い場合（例えば、旋回円の中心同士の距離が旋回円の直径の３倍以上）の移動運動の軌跡の例１２３ａ、１２３ｂを示す。図７（ｂ）には、Ｘ線源１０のｎ回目の旋回運動の旋回円１２１ａにおける旋回終了点とｎ＋１回目の旋回運動の旋回円１２１ｂにおける旋回開始点を図４の手法によって最適化し、さらに、ｎ回目の旋回運動の旋回円１２１ａとｎ＋１回目の旋回運動の旋回円１２１ｂとを、最適化された旋回終了点と旋回開始点において滑らかに結ぶ曲線のうち最短の曲線を軌跡１２３ｂとして求めている。

[0075] 図７（ａ）には、Ｘ線カメラ２０のｎ回目の旋回運動の旋回円１２２ａにおける旋回終了点とｎ＋１回目の旋回運動の旋回円１２２ｂにおける旋回開始点を、図７（ｂ）における旋回終了点と旋回開始点に対して１８０度移動を変化させた位置として決定している。そして、ｎ回目の旋回運動の旋回円１２２ａとｎ＋１回目の旋回運動の旋回円１２２ｂとを、決定された旋回終了点と旋回開始点おいて滑らかに結ぶ曲線のうち最短の曲線を軌跡１２３ａとして求めている。表３に、図７に示した場合における検査時間の短縮効果について示す。

[0076] [表3]

		移動前円旋回時間（ｓ）			移動時間（ｓ）	移動後円旋回時間（ｓ）			合計時間（ｓ）	倍率
		加速時間	旋回時間	減速時間		加速時間	旋回時間	減速時間		
従来		0.3	2.6	0.3	1.79	0.3	2.6	0.3	8.19	1.00
X線カメラ側最短	撮像開始時間0度	0.1	2.6	0.1	1.70	0.1	2.6	0.1	7.30	1.12
X線源側最短	撮像開始時間最適化	0.1	2.6	0.1	1.34	0.1	2.6	0.1	9.94	1.18

[0077] 表３に示すように、Ｘ線カメラ２０のｎ回目の旋回運動の旋回円１２２ａにおける旋回終了点とｎ＋１回目の旋回運動の旋回円１２２ｂにおける旋回開始点を０度位置に固定し、Ｘ線源１０のｎ回目の旋回運動の旋回円１２１ａにおける旋回終了点とｎ＋１回目の旋回運動の旋回円１２１ｂにおける旋回開始点を１８０度位置に固定した場合には、１２％程度の改善効果が見られた。

[0078] また、Ｘ線カメラ２０及びＸ線源１０のｎ回目の旋回運動の旋回円１２２ａ、１２１ａにおける旋回終了点とｎ＋１回目の旋回運動の旋回円１２１ａ

、１２１ｂにおける旋回開始点を最適化した場合には、１８％程度の改善効果が見られた。

[0079] 次に、図８にはｎ回目の旋回運動の旋回円とｎ＋１回目の旋回運動の旋回円の距離が比較的長い場合の移動運動の軌跡の例であって、Ｘ線カメラ２０及びＸ線源１０のｎ回目の旋回運動の旋回円における旋回終了点とｎ＋１回目の旋回運動の旋回円における旋回開始点を最適化した場合について示す。

[0080] 図８（ａ）には、Ｘ線源１０のｎ回目の旋回運動の旋回円における旋回終了点とｎ＋１回目の旋回運動の旋回円における旋回開始点を図４の手法で最適化し、Ｘ線カメラ２０のｎ回目の旋回運動の旋回円における旋回終了点とｎ＋１回目の旋回運動の旋回円における旋回開始点はＸ線源１０の旋回終了点と旋回開始点に対し、各々１８０度位相を変化させた場合についての移動運動の軌跡１２３ａ、１２３ｂを示す。この場合、Ｘ線カメラ２０がｎ＋１回目の旋回運動の旋回円１２２ｂにおける旋回開始点に到達するのと同時に、Ｘ線源１０がｎ＋１回目の旋回運動の旋回円１２１ｂにおける旋回開始点に到達するように、Ｘ線源１０の移動運動時の速度が調整される。

[0081] 図８（ｂ）には、Ｘ線カメラ２０のｎ回目の旋回運動の旋回円１２２ａにおける旋回終了点とｎ＋１回目の旋回運動の旋回円１２２ｂにおける旋回開始点を図４の手法で最適化し、Ｘ線源１０のｎ回目の旋回運動の旋回円１２１ａにおける旋回終了点とｎ＋１回目の旋回運動の旋回円１２１ｂにおける旋回開始点はＸ線カメラ２０の旋回終了点と旋回開始点に対し、各々１８０度位相を変化させた場合について示す。図８を見て分かるように、この場合の移動時間は、図８（ａ）の場合には１．６７４ｓ、図９（ｂ）の場合には、１．５５２ｓであった。

[0082] このように、発明者らの鋭意研究によれば、ｎ回目の旋回運動の旋回円とｎ＋１回目の旋回運動の旋回円の距離が比較的長い場合（例えば、旋回円の中心同士の距離が旋回円の直径の３倍以上）の移動運動の軌跡の例であって、Ｘ線カメラ２０及びＸ線源１０のｎ回目の旋回運動における旋回終了点とｎ＋１回目の旋回運動における旋回開始点を最適化した場合には、Ｘ線カメ

ラ２０とＸ線源１０のうち、旋回半径が大きい方に対して、ｎ回目の旋回運動における旋回終了点とｎ＋１回目の旋回運動における旋回開始点を最適化した方が、移動運動における時間短縮効果が大きいことが分かってきた。

[0083] よって、ｎ回目の旋回運動の旋回円とｎ＋１回目の旋回運動の旋回円の距離が比較的長い場合には、Ｘ線カメラ２０とＸ線源１０のうち、旋回半径が大きい方に対して、ｎ回目の旋回運動における旋回終了点とｎ＋１回目の旋回運動における旋回開始点を最適化するとよい。

[0084] 次に、本実施例における演算部１１１及び制御部１００による制御のフローについて説明する。図９には、本実施例におけるＸ線源１０及びＸ線カメラ２０の移動制御ルーチンのフローチャートを示す。本ルーチンは、主記憶部１１２に記憶されたプログラムであり、演算部１１１及び制御部１００により実行される。

[0085] 本ルーチンが実行されると、先ずステップＳ０１において、Ｘ線源１０が描く旋回円とＸ線カメラ２０が描く旋回円のうち、半径の大きい方の旋回円について、旋回終了点と旋回開始点を最適化する。より詳細には、図４に示した演算方法によって両者の距離がより短くなる旋回終了点と旋回開始点が算出される。ここでは、Ｘ線カメラ２０が描く旋回円の方が、Ｘ線源１０が描く旋回円より大きいことを前提として説明を続ける。ステップＳ０１の処理が終了するとステップＳ０２に進む。

[0086] ステップＳ０２においては、上記の２つの旋回円をステップＳ０１において算出された旋回終了点と旋回開始点とにおいて滑らかに結ぶ軌跡を算出する。これは多項式を算出する数学的に公知の手法で実行されるので、ここでは詳細な説明は省略する。ステップＳ０２の処理が終了するとステップＳ０３に進む。

[0087] ステップＳ０３においては、ステップＳ０２で算出された移動運動の軌跡と、Ｘ線カメラ２０の移動速度から、移動時間を算出する。ステップＳ０３の処理が終了するとステップＳ０４に進む。ステップＳ０４においては、ステップＳ０３において算出された移動時間で移動した場合に、Ｘ線カメラ２

０の線速度及び軸速度のいずれかが許容速度を超えるか否かと、Ｘ線カメラ２０に作用する加速度が許容加速度を超えるか否かと、Ｘ線カメラ２０の旋回運動と移動運動における運動範囲が許容移動範囲を超えるか否かが判定される。

[0088] ここで、Ｘ線カメラ２０の線速度及び軸速度のいずれかが許容速度を超えるか、Ｘ線カメラ２０に作用する加速度が許容加速度を超えるか、または、Ｘ線カメラ２０の運動範囲が許容移動範囲を超えると判定された場合には、モータやボールねじの許容回転数を超えるか、Ｘ線カメラ２０が加速度に耐えられず劣化するか、Ｘ線カメラ２０がＸ線検査装置１内の部材に衝突する虞があると判断されるので、Ｘ線カメラ２０に作用する加速度が低くなり、または、Ｘ線カメラ２０の運動範囲が狭くなるように曲線の数学パラメータを変更の後、再度ステップＳ０２の処理に戻る。そして、ステップＳ０２～ステップＳ０５のルーチンを、ステップＳ０４において、Ｘ線カメラ２０の線速度及び軸速度のいずれかが許容速度を超えず、且つＸ線カメラ２０に作用する加速度が許容加速度を超えず、且つＸ線カメラ２０の運動範囲が許容移動範囲を超えないと判定されるまで繰り返し実行する。

[0089] ステップＳ０４において、Ｘ線カメラ２０の線速度及び軸速度のいずれかが許容速度を超えず、且つＸ線カメラ２０に作用する加速度が許容加速度を超えず、且つ、Ｘ線カメラ２０の運動範囲が許容移動範囲を超えないと判定された場合には、ステップＳ０６に進む。ここで、許容速度とは、モータやボールねじの許容回転数を超えない閾値として予め定められた速度値である。許容加速度とは、Ｘ線カメラ２０に作用してもＸ線カメラが劣化しない閾値として予め定められた加速度値である。許容移動範囲とは、Ｘ線カメラ２０が装置内の他部材に衝突等しない運動範囲の閾値として予め定められた運動範囲である。

[0090] ステップＳ０６においては、移動時間の算出が完了する。ステップＳ０６の処理が終了するとステップＳ０７に進む。なお、ステップＳ０１～ステップＳ０６までの処理は演算部１１１において実行される。

[0091] 次に、ステップＳ０７においては、算出された移動時間を制御部１００が受取る。また、ステップＳ０８においては、移動する位置座標、旋回速度、旋回中心、旋回半径など、Ｘ線源１０及びＸ線カメラ２０の移動運動に必要な情報を受取る。ステップＳ０７及びステップＳ０８の処理が終了するとステップＳ０９に進む。

[0092] ステップＳ０９においては、次の移動先である旋回開始点への移動の軌跡を算出する。ここでは、Ｓ０７で受取った移動時間に対応する移動の軌跡を再度算出する。ステップＳ０９の処理が終了するとステップＳ１０に進む。ステップＳ１０においては、Ｘ線源１０及びＸ線カメラ２０が、次の旋回開始点への軌跡に沿って移動するための出力を、Ｘ線源１０及びＸ線カメラ２０の運動を制御するが支持されたＸＹステージの駆動モータ（不図示）に出力する。なお、ステップＳ０７～ステップＳ１０までの処理は制御部１００において実行される。

[0093] 本ルーチンにおいては、Ｓ０４において、速度（線速度及び軸速度のいずれか）、加速度、移動位置の全てが許容値を超えないと判定されるまで、ステップＳ０２とステップＳ０３において、旋回終了点と旋回開始点とを滑らかに結ぶ軌跡と移動時間とが算出された。しかしながら、速度（線速度及び軸速度のいずれか）、加速度、移動位置のうちのいずれかが許容値を超えないと判定されるまで、旋回終了点と旋回開始点とを滑らかに結ぶ軌跡と移動時間とが算出されるようなフローとしても構わない。

＜実施例２＞

[0094] 次に、本発明の実施例２について説明する。実施例１においては、被検査物Ｓの位置を固定し、その上下においてＸ線カメラ２０とＸ線源１０とを旋回運動させる形式のＸ線検査装置１に対して、本発明を適用した例について説明した。実施例２においては、Ｘ線源１０を固定し、被検査物Ｓ及び、Ｘ線カメラ２０を旋回させる形式のＸ線検査装置１１に対して、本発明を適用した例について説明する。

[0095] 図１０には、本実施例におけるＸ線検査装置１１における、Ｘ線カメラ２

０、被被検査物Ｓ、Ｘ線源１０の配置の例を示す。図９（ａ）に示すのは、Ｘ線カメラ２０が被検査物Ｓの上側、Ｘ線源１０が被検査物Ｓの下側に配置される例、図９（ｂ）に示すのは、Ｘ線源１０が被検査物Ｓの上側、Ｘ線カメラ２０が被検査物Ｓの下側に配置される例である。いずれの場合においても、Ｘ線源１０が固定され、Ｘ線カメラ２０及び被検査物Ｓが旋回運動を行う。

[0096] 図１１には、本発明を図１０に示す配置を採用したＸ線検査装置１１に適用した場合であって、Ｘ線カメラ２０及び被検査物Ｓのｎ回目の旋回運動の旋回円における旋回終了点及び、ｎ＋１回目の旋回運動の旋回円における旋回開始点を０度位置とした場合の、Ｘ線カメラ２０と被検査物Ｓの旋回運動及び移動運動の軌跡を示す。実施例１の場合と異なり、Ｘ線カメラ２０と被検査物Ｓとで、ｎ回目の旋回運動の旋回円における旋回終了点及び、ｎ＋１回目の旋回運動の旋回開始点がともに０度位置となっている。図１１（ａ）はＸ線カメラ２０の旋回運動及び移動運動の軌跡である。図１１（ｂ）は被検査物Ｓの旋回運動及び移動運動の軌跡である。

[0097] 図１２には、本発明を図１０（ａ）に示す配置を採用したＸ線検査装置１１に適用した場合であって、Ｘ線カメラ２０及び被検査物Ｓのｎ回目の旋回運動の旋回円における旋回終了点及び、ｎ＋１回目の旋回運動の旋回円における旋回開始点を最適化した場合の、Ｘ線カメラ２０と被検査物Ｓの旋回運動及び移動運動の軌跡を示す。図１２（ａ）はＸ線カメラ２０の旋回運動及び移動運動の軌跡である。図１２（ｂ）は被検査物Ｓの旋回運動及び移動運動の軌跡である。表４には、本実施例における移動時間の短縮効果を示す。

[0098] [表4]

		移動前円旋回時間（ｓ）			移動時間（ｓ）	移動後円旋回時間（ｓ）			合計時間（ｓ）	倍率
		加速時間	旋回時間	減速時間		加速時間	旋回時間	減速時間		
従来		0.3	2.6	0.3	1.79	0.3	2.6	0.3	8.19	1.00
X線カメラ側最短	撮像開始時間0度	0.1	2.6	0.1	1.28	0.1	2.6	0.1	6.88	1.19
被検査物側最短	撮像開始時間最適化	0.1	2.6	0.1	1.08	0.1	2.6	0.1	6.68	1.23

本実施例の配置に係るＸ線検査装置１１に本発明を適用した場合において

も、図１１に示した場合で１９％、図１２に示した場合で２３％の移動時間の短縮効果があることがわかる。

[0099] なお、以下には本発明の構成要件と実施例の構成とを対比可能とするために、本発明の構成要件を図面の符号付きで記載しておく。

＜発明１＞

検査対象に照射するＸ線を発生するＸ線源（１０）と、

前記Ｘ線源（１０）から前記検査対象に照射されたＸ線によるＸ線画像を撮影するＸ線カメラ（２０）と、

前記検査対象を保持する保持部（４０）と、を備え、

前記Ｘ線源（１０）と、前記Ｘ線カメラ（２０）と、前記保持部（４０）のうちのいずれかが、旋回部（１０、２０、４０）として旋回運動することで、撮影方向を変更しつつ前記Ｘ線画像を撮影して、前記検査対象（Ｓ）の３次元画像を取得して検査するＸ線検査装置（１、１１）であって、

前記旋回部（１０、２０、４０）は、複数の場所において順次旋回運動するとともに、一の旋回運動の旋回終了点から次の旋回運動の旋回開始点へ移動するための移動運動を行い、

前記旋回部が、前記旋回運動及び前記移動運動の途中で停止する停止区間が無いことを特徴とする、Ｘ線検査装置。

＜発明１３＞

検査対象に照射するＸ線を発生するＸ線源（１０）と、

前記Ｘ線源から前記検査対象に照射されたＸ線によるＸ線画像を撮影するＸ線カメラ（２０）と、

前記検査対象を保持する保持部（４０）と、を備え、

前記Ｘ線源（１０）と、前記Ｘ線カメラ（２０）と、前記保持部（４０）のうちのいずれかが、旋回部（１０、２０、４０）として旋回運動することで、撮影方向を変更しつつ前記Ｘ線画像を撮影して、前記検査対象の３次元画像を取得して検査するＸ線検査装置（１、１１）を用いたＸ線検査方法であって、

前記旋回部を、複数の場所において順次旋回運動させるとともに、一の旋回運動の旋回終了点から次の旋回運動の旋回開始点へ移動するための移動運動を行い、

前記旋回部である前記Ｘ線源（１０）と、前記Ｘ線カメラ（２０）と、前記保持部（４０）のうちのいずれかを、前記旋回運動から前記移動運動に停止させずに移行させることを特徴とする、Ｘ線検査方法。

符号の説明

[0100] １、１１・・・Ｘ線検査装置

１０・・・Ｘ線源

２０・・・Ｘ線カメラ

４０・・・保持部

１２１・・・Ｘ線源旋回運動旋回円

１２２・・・Ｘ線カメラ旋回運動旋回円

１２３・・・移動運動軌跡

Ｓ・・・被検査物（基板）

請求の範囲

[請求項1] 検査対象に照射するＸ線を発生するＸ線源と、

前記Ｘ線源から前記検査対象に照射されたＸ線によるＸ線画像を撮影するＸ線カメラと、

前記検査対象を保持する保持部と、を備え、

前記Ｘ線源と、前記Ｘ線カメラと、前記保持部のうちのいずれかが、旋回部として旋回運動することで、撮影方向を変更しつつ前記Ｘ線画像を撮影して、前記検査対象の３次元画像を取得して検査するＸ線検査装置であって、

前記旋回部は、複数の場所において順次旋回運動するとともに、一の旋回運動の旋回終了点から次の旋回運動の旋回開始点へ移動するための移動運動を行い、

前記旋回部が、前記旋回運動及び前記移動運動の途中で停止する停止区間が無いことを特徴とする、Ｘ線検査装置。

[請求項2] 前記旋回部が、一の旋回運動の旋回終了点から次の旋回運動の旋回開始点に移動する際に、前記旋回部である前記Ｘ線源と、前記Ｘ線カメラと、前記保持部のうちのいずれかは、前記一の旋回運動の旋回円と前記次の旋回運動の旋回円とを、前記旋回終了点と前記旋回開始点において滑らかに結ぶ軌道である特定移動軌道に沿って移動し、

前記特定移動軌道は、前記旋回終了点および／または前記旋回開始点において前記旋回部の線速度が連続となる軌道であることを特徴とする、請求項１に記載のＸ線検査装置。

[請求項3] 前記特定移動軌道は、前記旋回終了点および／または前記旋回開始点において前記旋回部の線速度及び加速度が連続、または、前記旋回終了点および／または前記旋回開始点において前記旋回部の線速度、加速度及び躍度が連続となる軌道であることを特徴とする、請求項２に記載のＸ線検査装置。

[請求項4] 前記旋回終了点および／または前記旋回開始点において前記旋回部

の加速度が０であることを特徴とする、請求項３に記載のＸ線検査装置。

[請求項5] 前記特定移動軌道は、多項式によって定義されることを特徴とする、請求項２から４のいずれか一項に記載のＸ線検査装置。

[請求項6] 前記一の旋回運動の旋回円における旋回開始点および／または旋回終了点は、前の旋回運動及び前記次の旋回運動の旋回円の中心と前記一の旋回運動の旋回円の中心を結んだ直線と前記一の旋回運動の旋回円との２つ交点の、前記一の旋回運動の旋回円上における短い方の円弧の中点であることを特徴とする、請求項２から５のいずれか一項に記載のＸ線検査装置。

[請求項7] 前記一の旋回運動の旋回円上における短い方の円弧が特定できない場合には、前記一の旋回運動の旋回終了点と、前記次の旋回運動の旋回開始点とは、各旋回運動の旋回円において所定の角度位置に配置されることを特徴とする、請求項６に記載のＸ線検査装置。

[請求項8] 前記一の旋回運動の旋回終了点と、前記次の旋回運動の旋回開始点とは、各旋回運動の旋回円において同一の角度位置に配置されることを特徴とする、請求項２から５のいずれか一項に記載のＸ線検査装置。

[請求項9] 前記旋回部は、前記Ｘ線源と、前記Ｘ線カメラと、前記保持部のうちのいずれか２つであり、前記特定移動軌道は、前記Ｘ線源と、前記Ｘ線カメラと、前記保持部のうちのいずれか２つのうち、より大きな半径の旋回運動を行う方の、前記一の旋回運動の旋回円と前記次の旋回運動の旋回円とを、前記旋回終了点と前記旋回開始点において滑らかに結ぶ軌道であることを特徴とする、請求項２から６のいずれか一項に記載のＸ線検査装置。

[請求項10] 前記Ｘ線源と、前記Ｘ線カメラと、前記保持部のうちのいずれか２つのうち、より小さな半径の旋回運動を行う方は、前記Ｘ線源と、前記Ｘ線カメラと、前記保持部のうちのいずれか２つのうち、より大き

な半径の旋回運動を行う方と同時に、次の旋回運動の旋回円における前記旋回開始点に到達することを特徴とする、請求項９に記載のＸ線検査装置。

[請求項11] 前記特定移動軌道は、前記旋回部である前記Ｘ線源と、前記Ｘ線カメラと、前記保持部のうちのいずれかの、線速度及び軸速度のいずれかが所定の許容速度を超えない範囲で決定されることを特徴とする、請求項２から１０のいずれか一項に記載のＸ線検査装置。

[請求項12] 前記特定移動軌道は、前記旋回部である前記Ｘ線源と、前記Ｘ線カメラと、前記保持部のうちのいずれかに作用する加速度が所定の許容加速度を超えない範囲で決定されることを特徴とする、請求項２から１１のいずれか一項に記載のＸ線検査装置。

[請求項13] 前記特定移動軌道は、前記旋回部である前記Ｘ線源と、前記Ｘ線カメラと、前記保持部のうちのいずれかの移動範囲が、所定の許容移動範囲を超えないように決定されることを特徴とする、請求項２から１２のいずれか一項に記載のＸ線検査装置。

[請求項14] 前記旋回部である前記Ｘ線源と、前記Ｘ線カメラと、前記保持部のうちのいずれかの移動範囲が、所定の許容移動範囲を超えないように、前記特定移動軌道における前記旋回部の移動時間が決定されることを特徴とする、請求項２から１２のいずれか一項に記載のＸ線検査装置。

[請求項15] 前記旋回部は、前記Ｘ線源と前記Ｘ線カメラであり、前記保持部はＸ線検査装置内の所定位置に保持されることを特徴とする、請求項１から１４のいずれか一項に記載のＸ線検査装置。

[請求項16] 検査対象に照射するＸ線を発生するＸ線源と、

前記Ｘ線源から前記検査対象に照射されたＸ線によるＸ線画像を撮影するＸ線カメラと、

前記検査対象を保持する保持部と、を備え、

前記Ｘ線源と、前記Ｘ線カメラと、前記保持部のうちのいずれかが

、旋回部として旋回運動することで、撮影方向を変更しつつ前記Ｘ線画像を撮影して、前記検査対象の３次元画像を取得して検査するＸ線検査装置を用いたＸ線検査方法であって、

前記旋回部を、複数の場所において順次旋回運動させるとともに、一の旋回運動の旋回終了点から次の旋回運動の旋回開始点へ移動するための移動運動を行い、

前記旋回部である前記Ｘ線源と、前記Ｘ線カメラと、前記保持部のうちのいずれかを、前記旋回運動から前記移動運動に停止させずに移行させることを特徴とする、Ｘ線検査方法。

[請求項17] 前記旋回部が、一の旋回運動の旋回終了点から次の旋回運動の旋回開始点に移動する際に、前記旋回部である前記Ｘ線源と、前記Ｘ線カメラと、前記保持部のうちのいずれかに、前記一の旋回運動の旋回円と前記次の旋回運動の旋回円とを、前記旋回終了点と前記旋回開始点において滑らかに結ぶ軌道である特定移動軌道に沿って移動させ、

前記特定移動軌道は、前記旋回終了点および／または前記旋回開始点において前記旋回部の線速度が連続となる軌道であることを特徴とする、請求項１６に記載のＸ線検査方法。

[請求項18] 前記特定移動軌道は、前記旋回終了点および／または前記旋回開始点において前記旋回部の線速度及び加速度が連続、または、前記旋回終了点および／または前記旋回開始点において前記旋回部の線速度、加速度及び躍度が連続となる軌道であることを特徴とする、請求項１７に記載のＸ線検査方法。

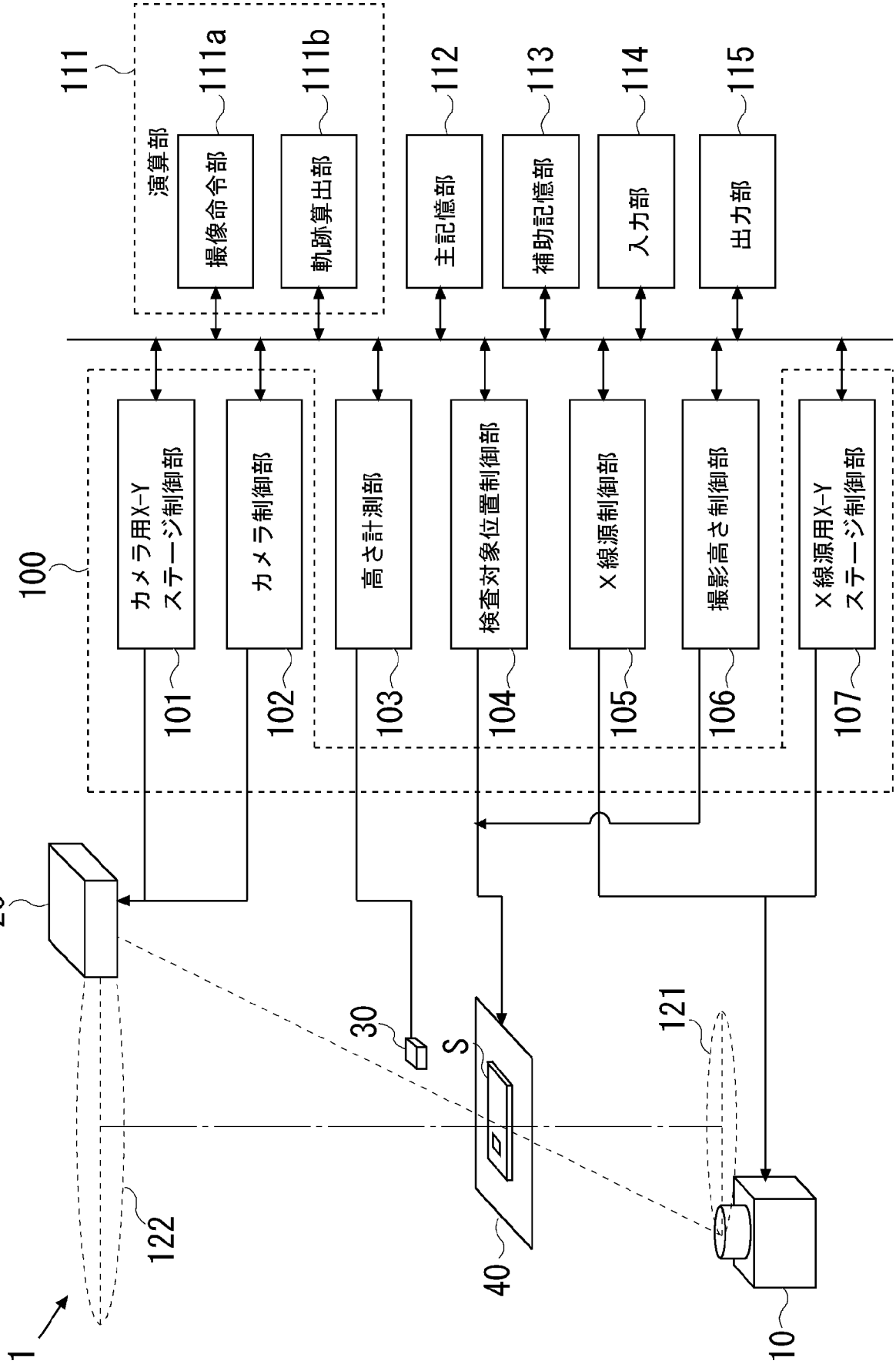
[請求項19] 前記旋回終了点および／または前記旋回開始点において前記旋回部の加速度が０であることを特徴とする、請求項１８に記載のＸ線検査方法。

[請求項20] 前記特定移動軌道は、多項式によって定義されることを特徴とする、請求項１７から１９のいずれか一項に記載のＸ線検査方法。

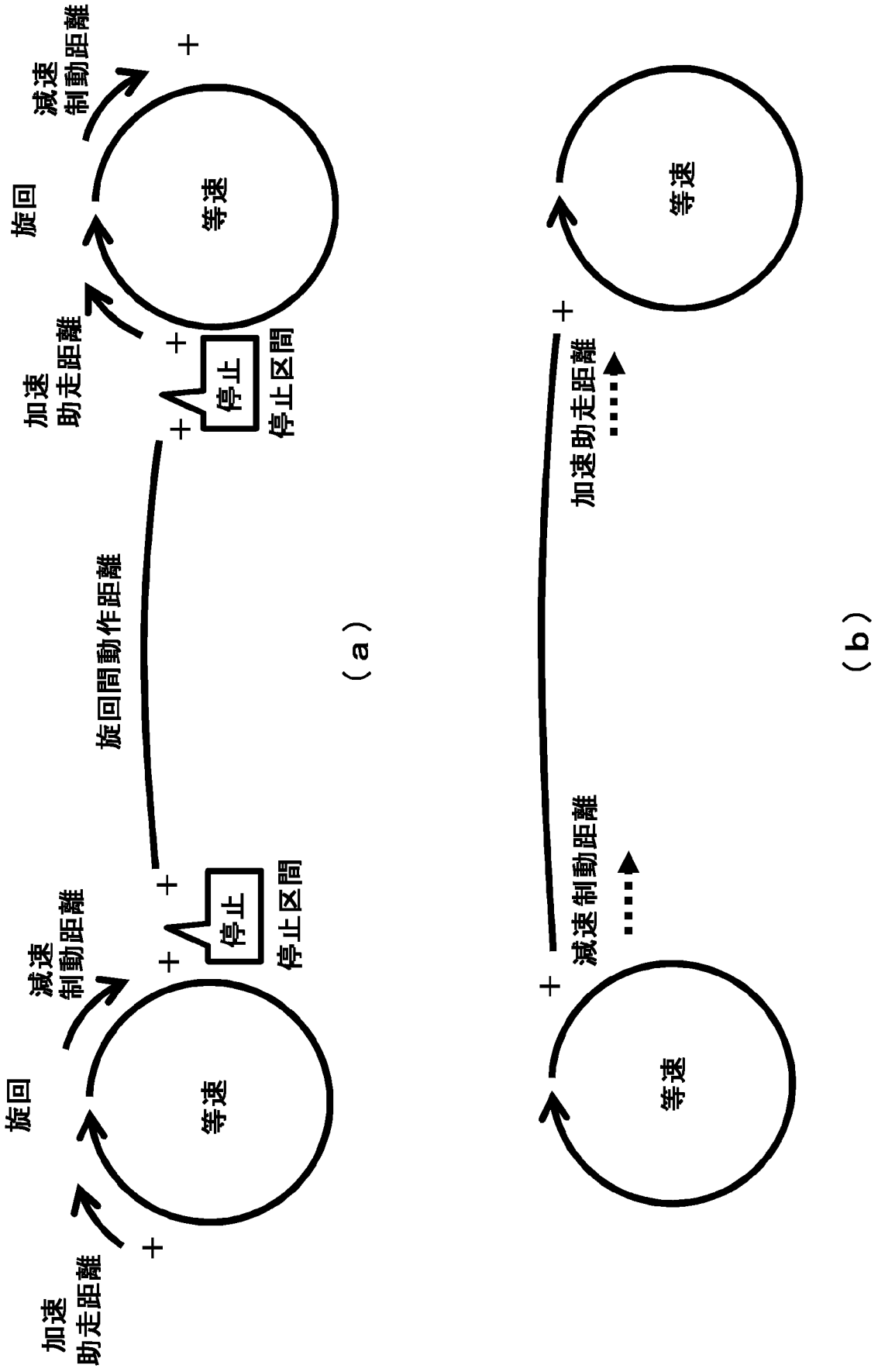
[請求項21] 前記一の旋回運動の旋回円における旋回開始点および旋回終了点は

、前の旋回運動及び前記次の旋回運動の旋回円の中心と前記一の旋回運動の旋回円の中心を結んだ直線と前記一の旋回運動の旋回円との２つ交点の、前記一の旋回運動の旋回円上における短い方の円弧の中点であることを特徴とする、請求項１６から２０のいずれか一項に記載のＸ線検査方法。

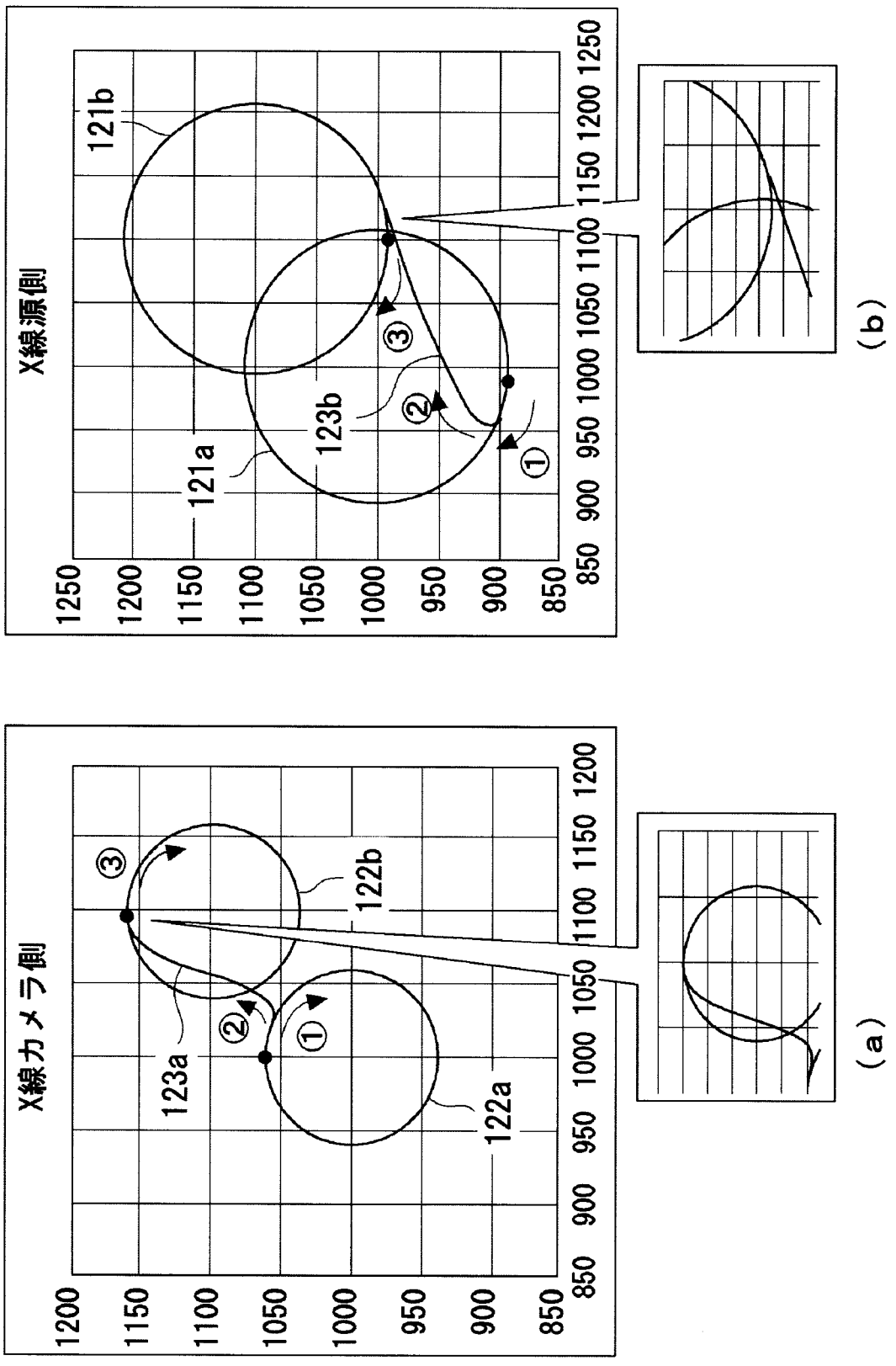
[図1]


111
演算部
111a
撮像命令部
111b
軌跡算出部
112
主記憶部
113
補助記憶部
114
入力部
115
出力部
100
カメラ用X-Y
ステージ制御部
101
カメラ制御部
102
高さ計測部
103
検査対象位置制御部
104
X線源制御部
105
撮影高さ制御部
106
X線源用X-Y
ステージ制御部
107
20
30
S
121
122
40
10
1

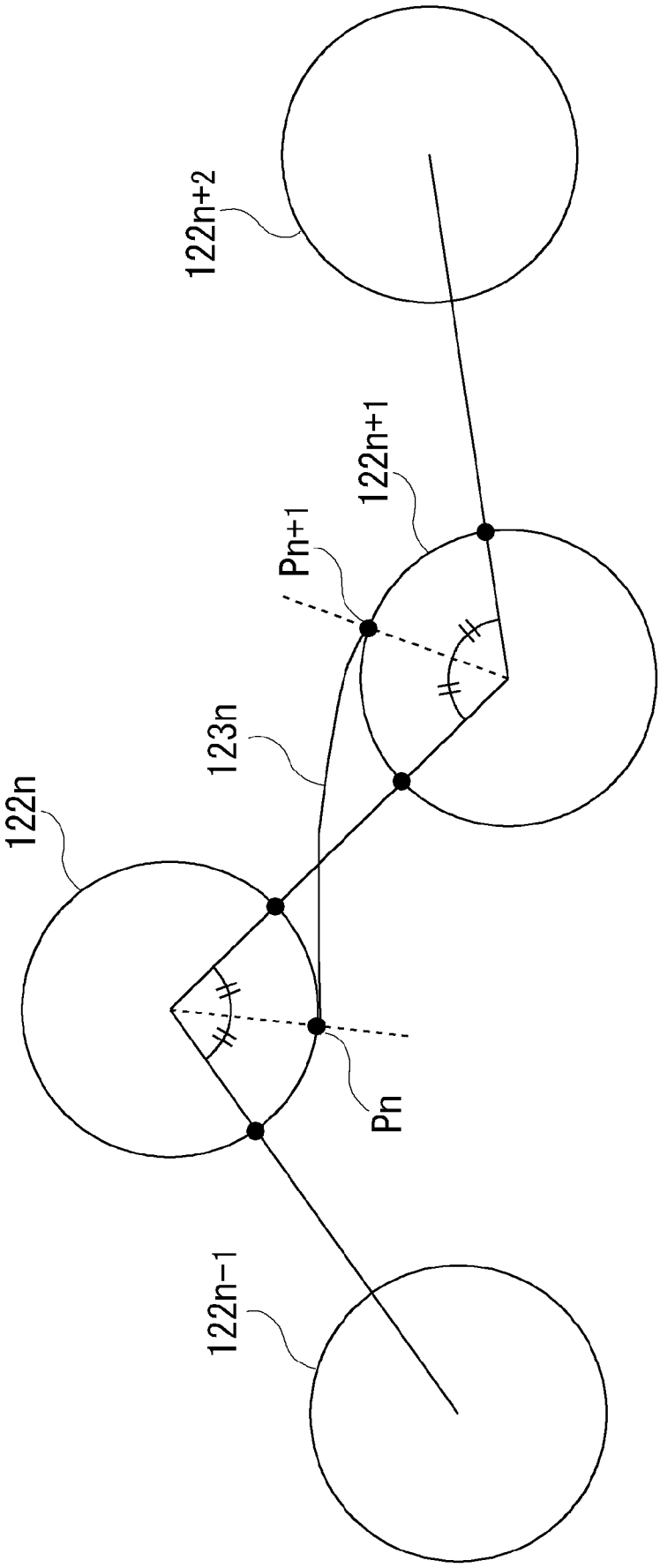
[図2]


加速
助走距離
旋回
等速
減速
制動距離
停止区間
停止
旋回間動作距離
加速
助走距離
旋回
等速
減速
制動距離
停止区間
停止
（a）
減速制動距離
等速
加速助走距離
等速
（b）

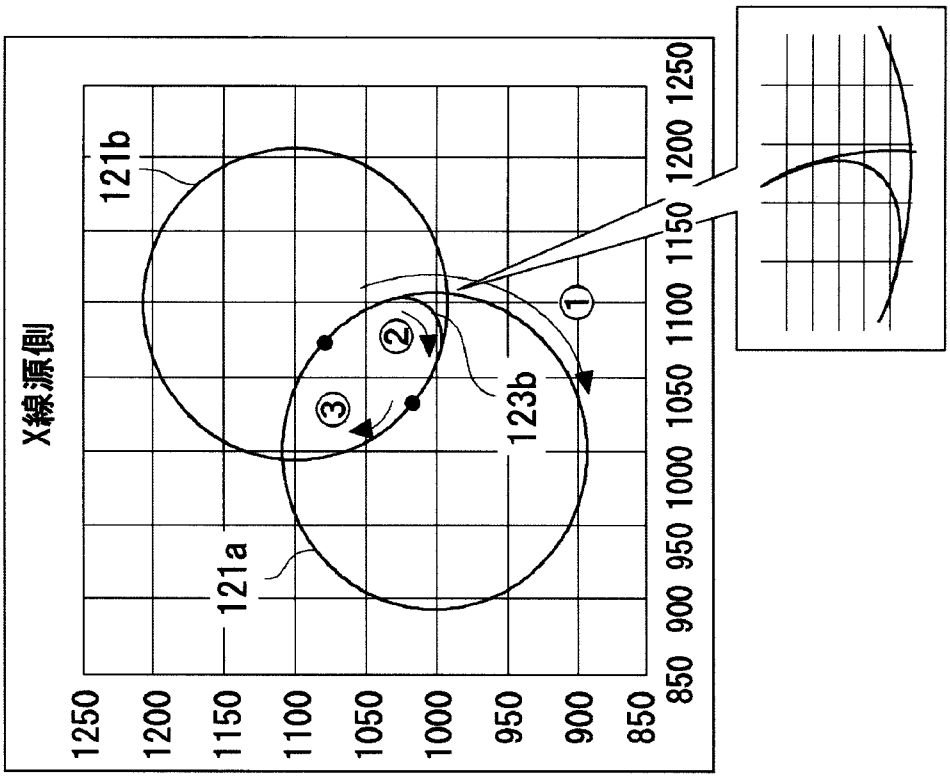
[図 3]


X線源側
121b
121a
123b
①
②
③
1250
1200
1150
1100
1050
1000
950
900
850
(b)
X線カメラ側
123a
122b
122a
①
②
③
1200
1150
1100
1050
1000
950
900
850
(a)

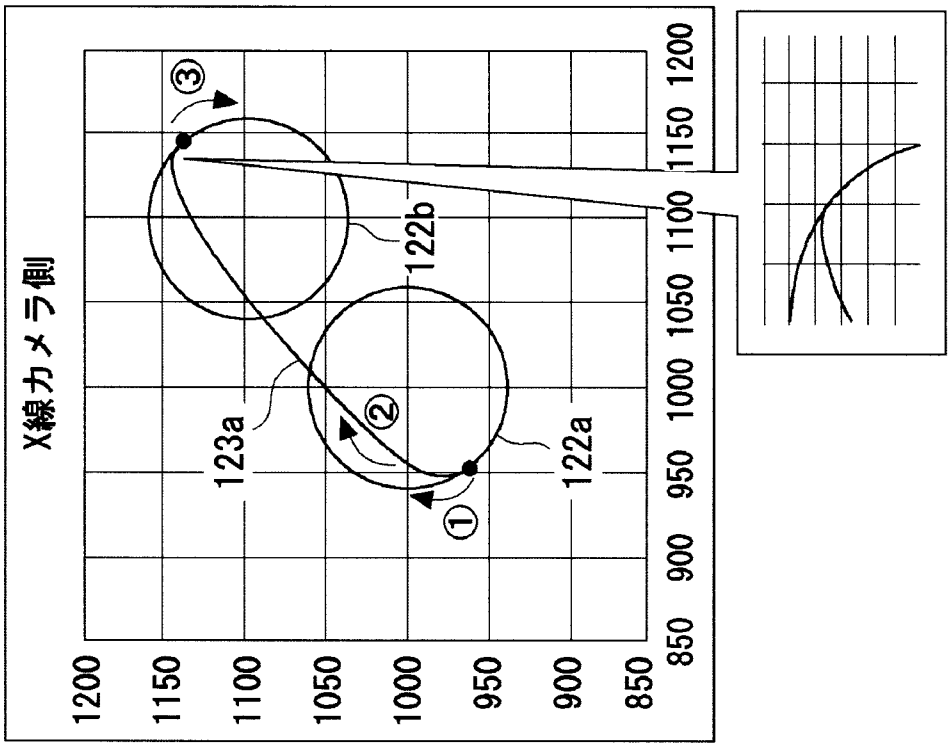
[図4]



[図 5]

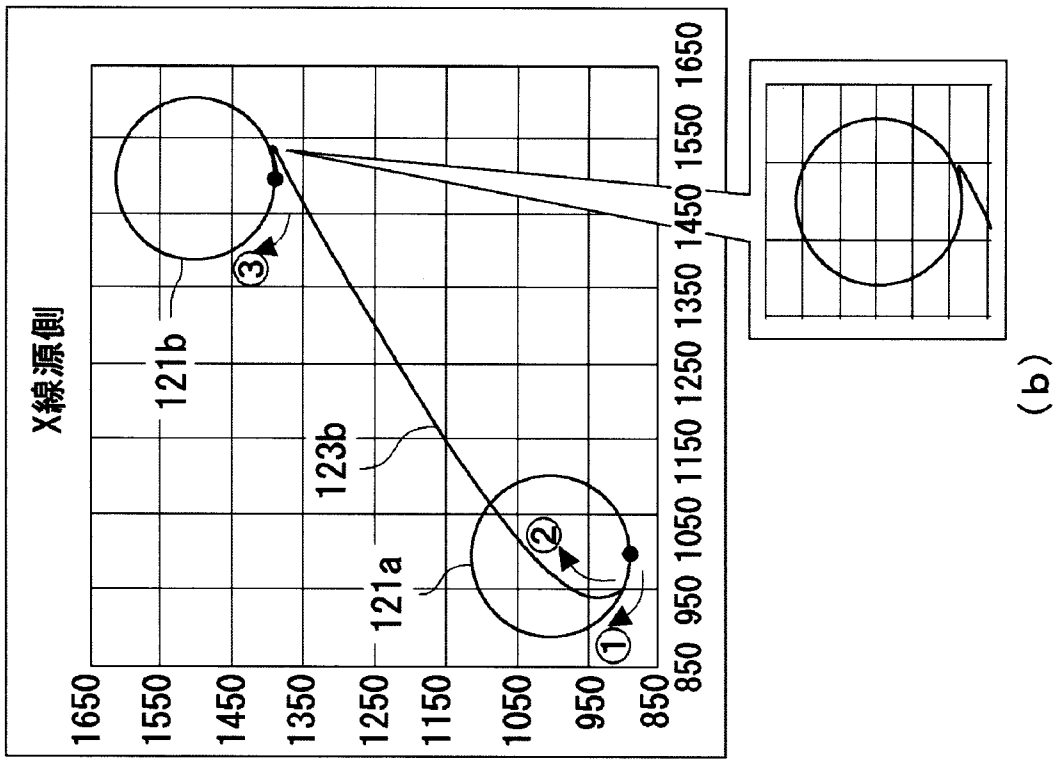

X線源側
121b
121a
123b
①
②
③
1250
1200
1150
1100
1050
1000
950
900
850

(b)

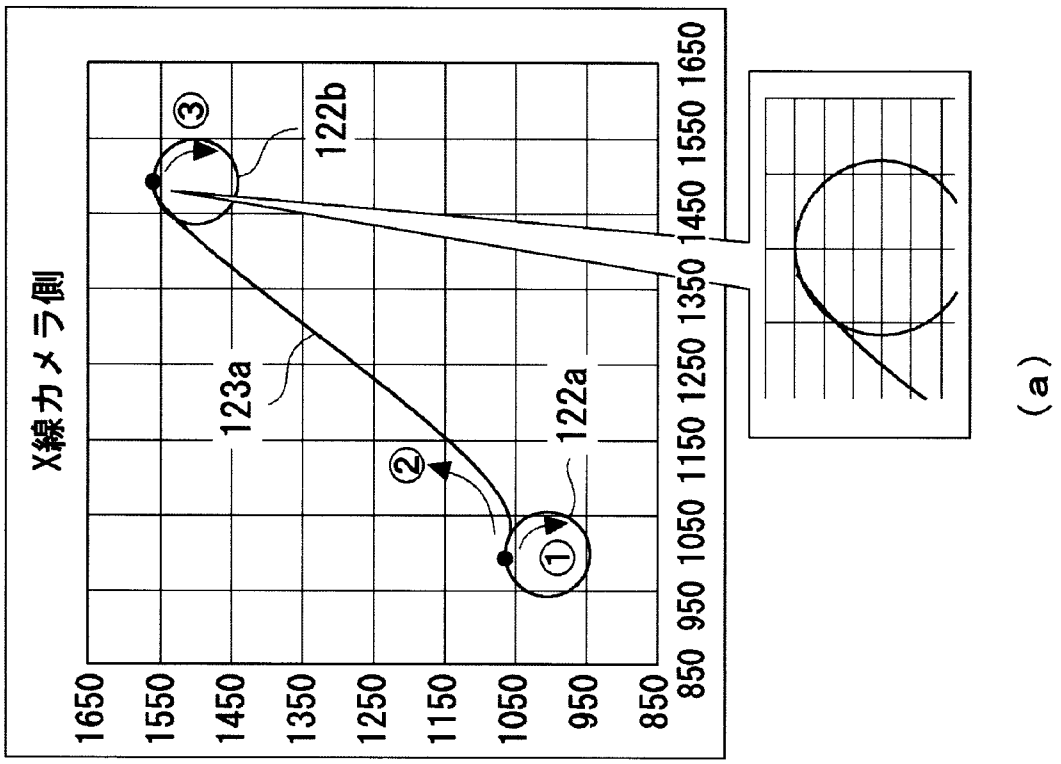

X線カメラ側
123a
122b
122a
①
②
③
1200
1150
1100
1050
1000
950
900
850

(a)

[図 6]

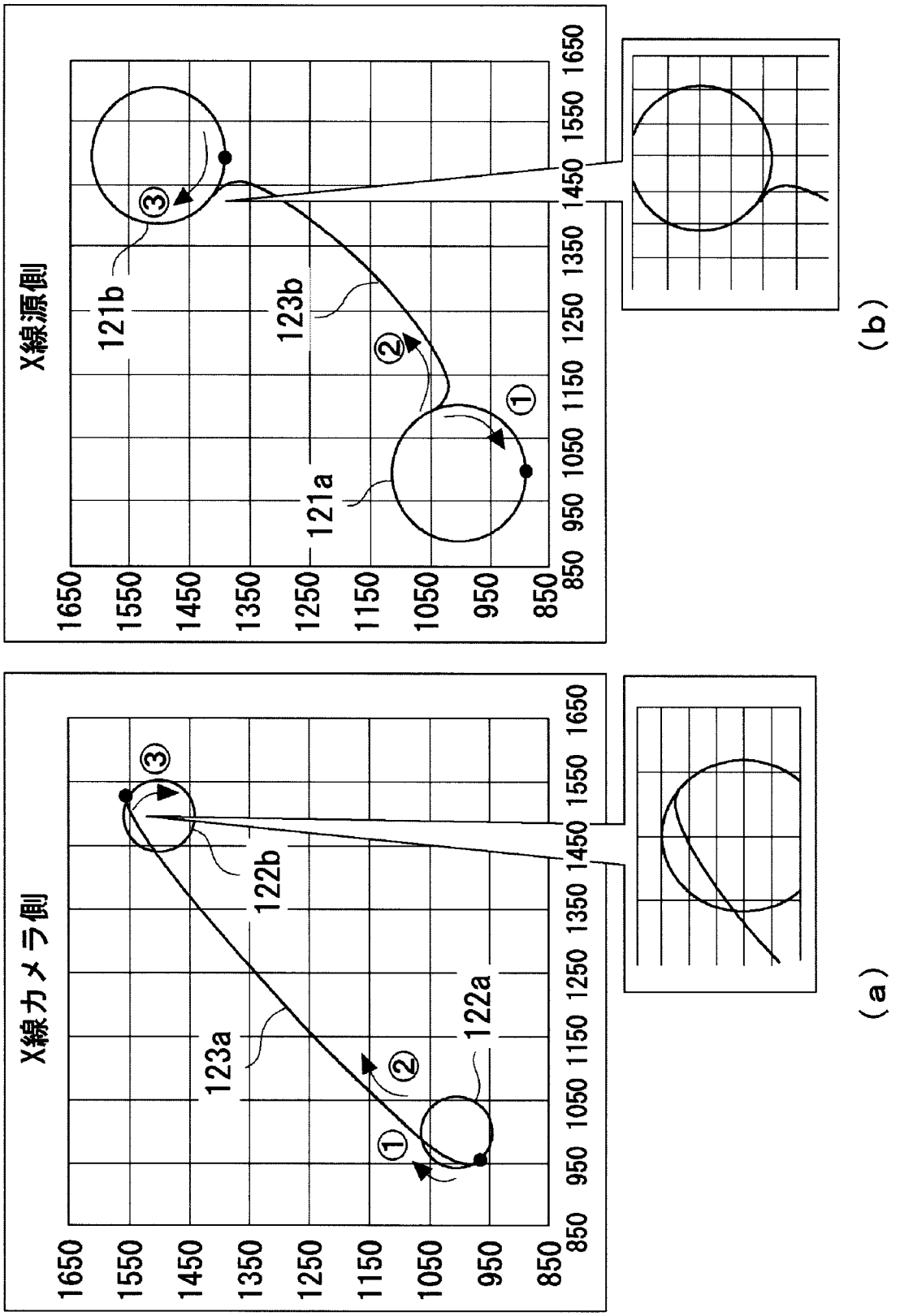

X線源側
121b
123b
121a
①
②
③
1650
1550
1450
1350
1250
1150
1050
950
850

(b)

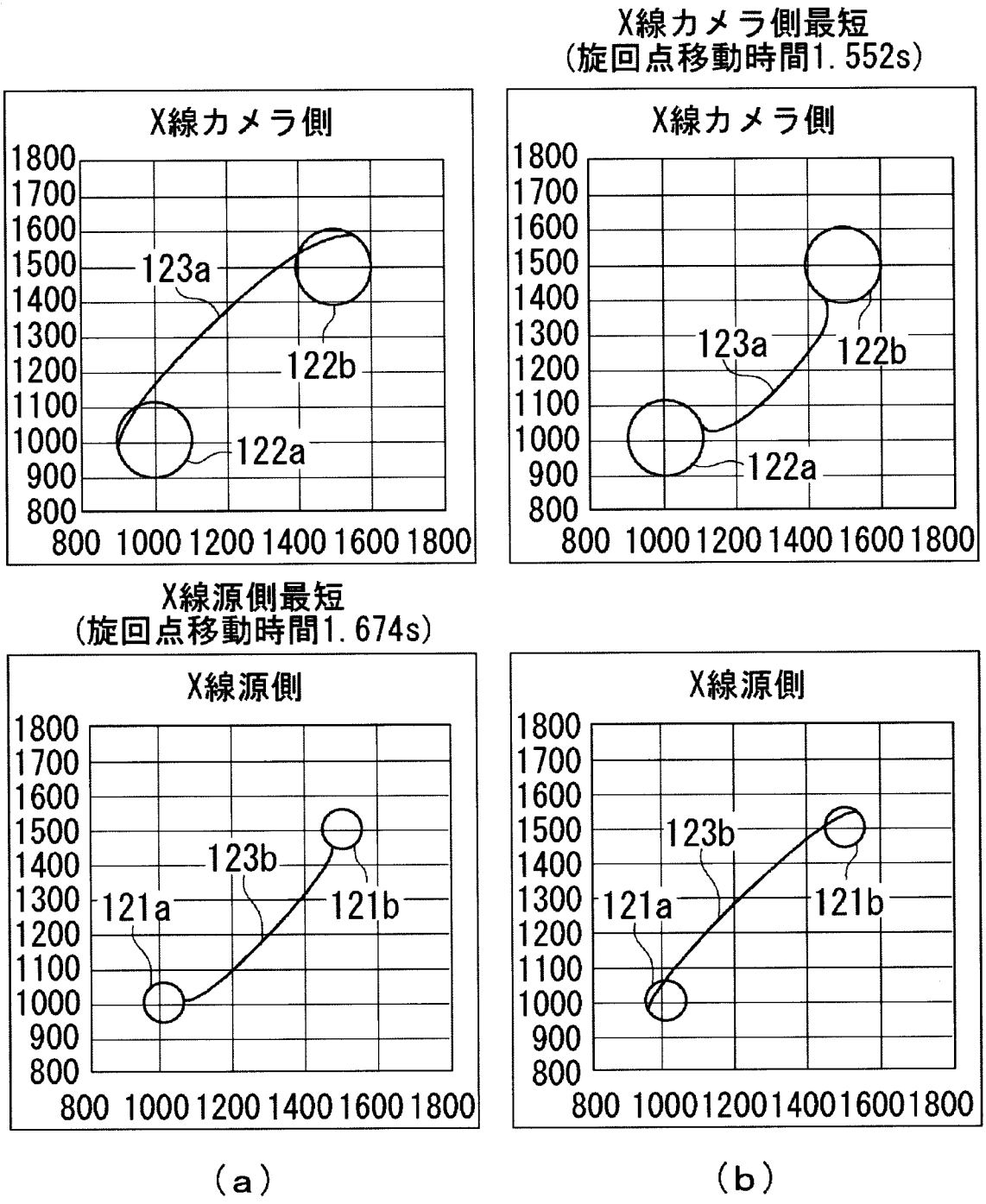

X線カメラ側
123a
122b
122a
①
②
③
1650
1550
1450
1350
1250
1150
1050
950
850

(a)

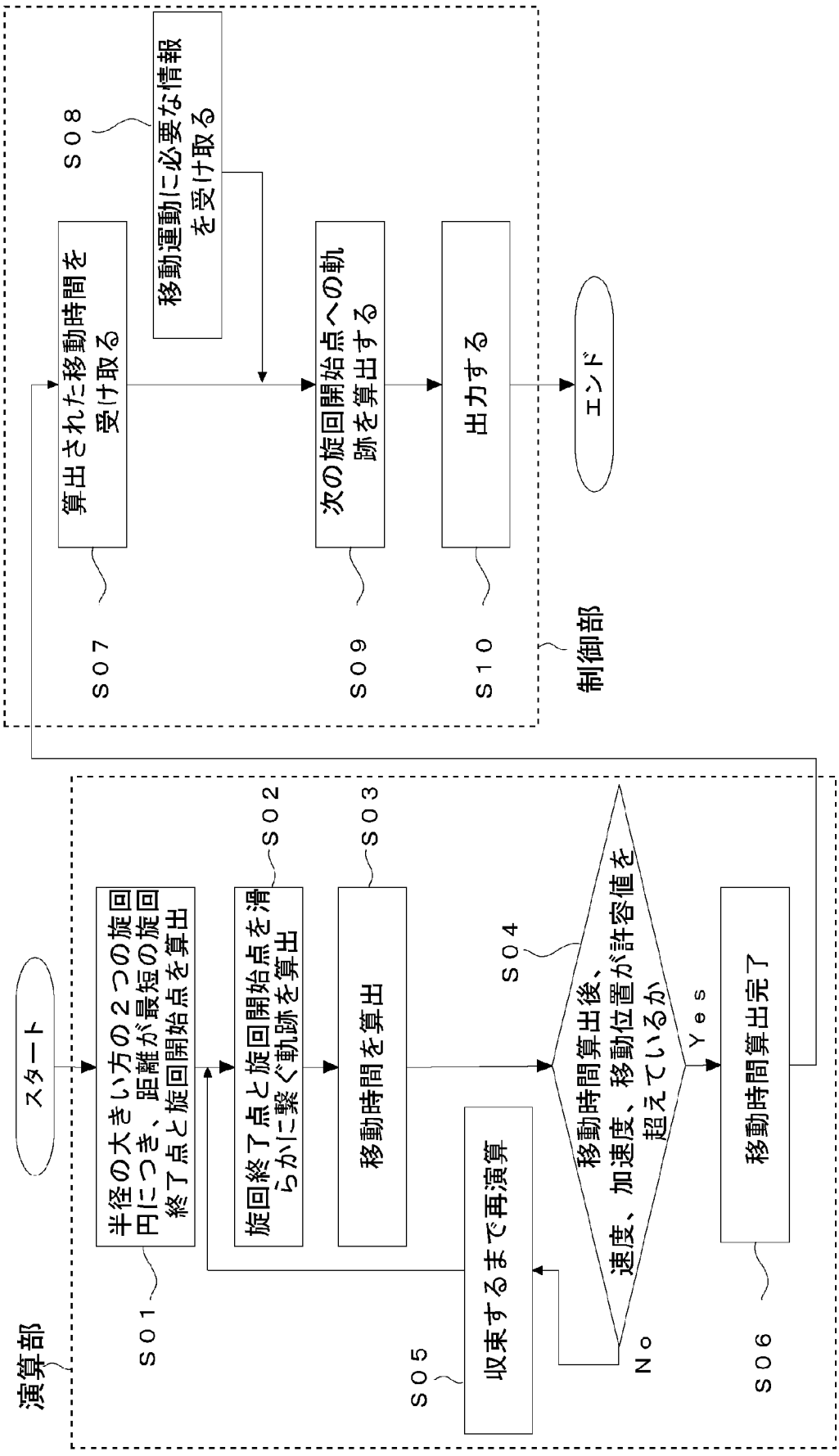
[図 7]


X線源側
121b
123b
121a
①
②
③
1650
1550
1450
1350
1250
1150
1050
950
850
(b)
X線カメラ側
122b
123a
122a
①
②
③
1650
1550
1450
1350
1250
1150
1050
950
850
(a)

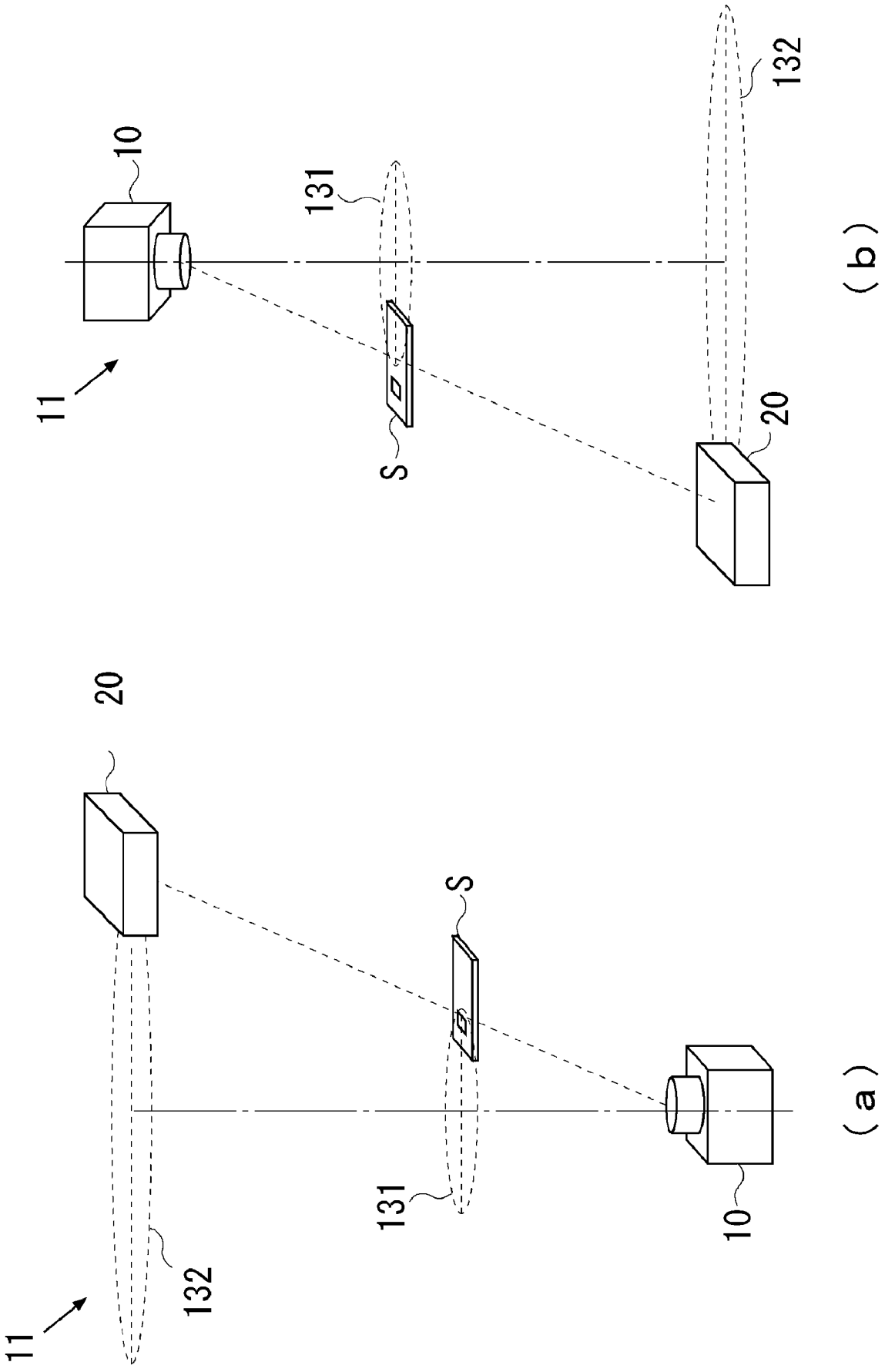
[図 8]


X線カメラ側
1800
1700
1600
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
800 1000 1200 1400 1600 1800
123a
122b
122a
X線カメラ側最短
(旋回点移動時間1.552s)
X線カメラ側
123a
122b
122a
X線源側最短
(旋回点移動時間1.674s)
X線源側
123b
121a
121b
(a)
X線源側
123b
121a
121b
(b)

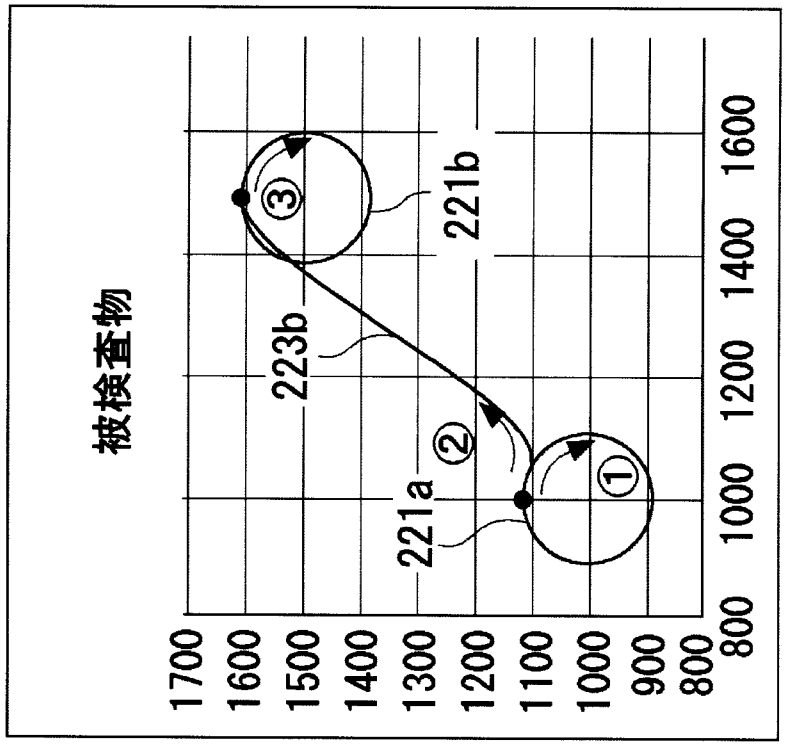
[図9]


スタート
半径の大きい方の２つの旋回円につき、距離が最短の旋回終了点と旋回開始点を算出
旋回終了点と旋回開始点を滑らかに繋ぐ軌跡を算出
移動時間を算出
移動時間算出後、速度、加速度、移動位置が許容値を超えているか
Ｙｅｓ
移動時間算出完了
Ｎｏ
収束するまで再演算
演算部
Ｓ０１
Ｓ０２
Ｓ０３
Ｓ０４
Ｓ０５
Ｓ０６
算出された移動時間を受け取る
移動運動に必要な情報を受け取る
次の旋回開始点への軌跡を算出する
出力する
エンド
Ｓ０７
Ｓ０８
Ｓ０９
Ｓ１０
制御部

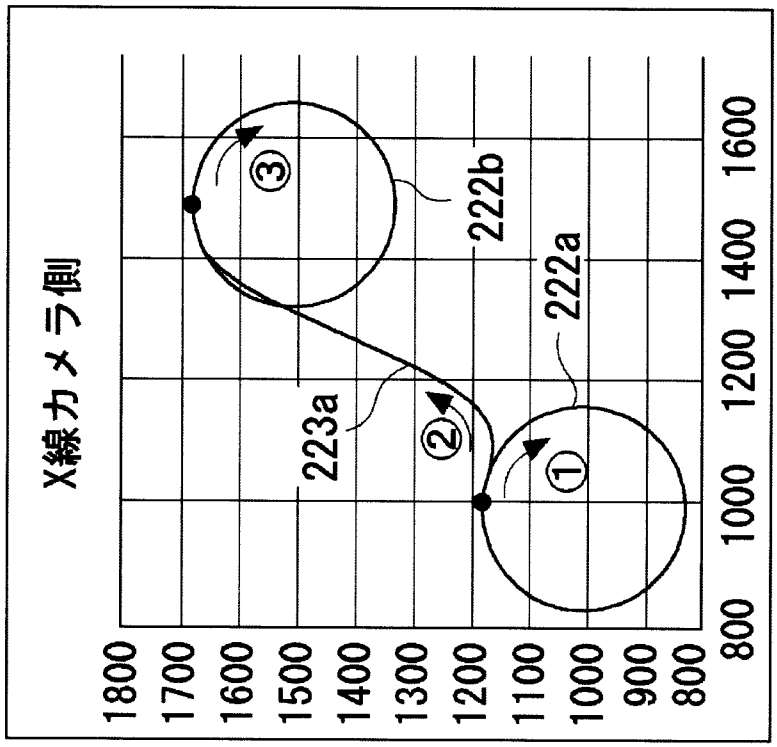
[図10]



[図 11]

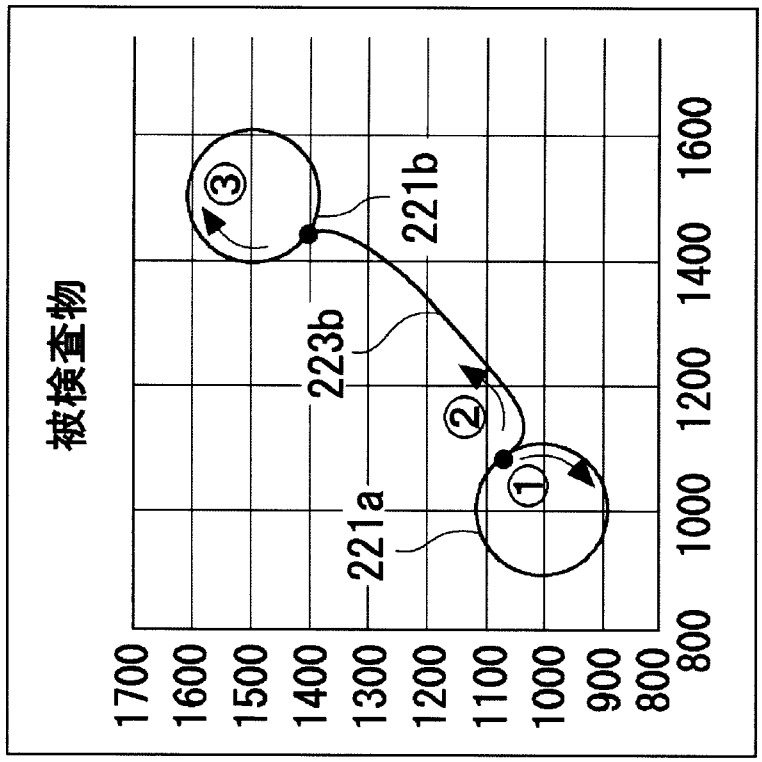

被検査物
1700
1600
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
800
1000
1200
1400
1600
221a
221b
223b
①
②
③

(b)

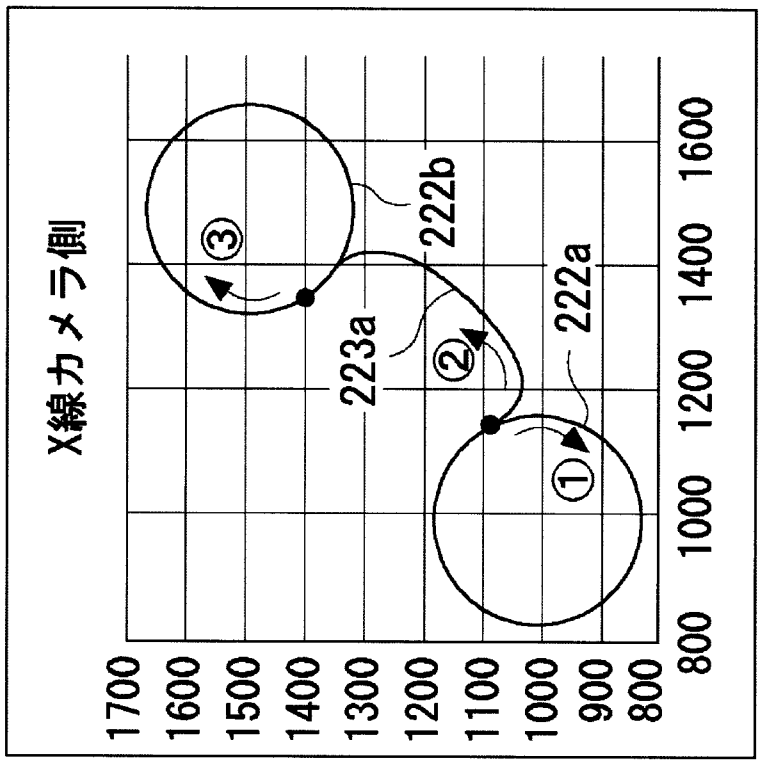

X線カメラ側
1800
1700
1600
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
800
1000
1200
1400
1600
222a
222b
223a
①
②
③

(a)

[図 12]


被検査物
1700
1600
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
800
1000
1200
1400
1600
①
②
③
221a
221b
223b

(b)


X線カメラ側
1700
1600
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
800
1000
1200
1400
1600
①
②
③
222a
222b
223a

(a)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/046688

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. G01N23/044(2018.01)i, G01N23/046(2018.01)i
FI: G01N23/044, G01N23/046

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. G01N23/00-23/2276

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	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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.
X	JP 2009-515152 A (COMET GMBH) 09 April 2009 (2009-04-09), paragraphs [0060]-[0068], [0090], [0091], fig. 4, 16, 17	1-4, 6-8, 11-14, 16-19, 21
A	JP 2011-209054 A (SAKI CORP.) 20 October 2011 (2011-10-20)	1-21
A	JP 2009-156788 A (OMRON CORPORATION) 16 July 2009 (2009-07-16)	1-21
A	WO 2010/029862 A1 (OMRON CORPORATION) 18 March 2010 (2010-03-18)	1-21
A	JP 2013-61257 A (OMRON CORPORATION) 04 April 2013 (2013-04-04)	1-21

☒ 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 24 February 2021	Date of mailing of the international search report 09 March 2021
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/JP2020/046688

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 2011-89974 A (TOSHIBA IT AND CONTROL SYS CORPORATION) 06 May 2011 (2011-05-06)	1-21
A	JP 2008-298762 A (TEST RESEARCH INC.) 11 December 2008 (2008-12-11)	1-21
A	US 2017/0168171 A1 (INTEGRATED-X, INC.) 15 June 2017 (2017-06-15)	1-21

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/046688

JP 2009-515152 A	09 April 2009	US 2008/0240344 A1 paragraphs [0083]-[0091], [0113], [0114], fig. 4, 16, 17 WO 2007/051587 A2 EP 1946088 A1 KR 10-2008-0068787 A CN 101283269 A TW 200732656 A
JP 2011-209054 A	20 October 2011	(Family: none)
JP 2009-156788 A	16 July 2009	US 2010/0329532 A1 WO 2009/084581 A1 EP 2239560 A1 KR 10-2010-0101642 A CN 101960296 B
WO 2010/029862 A1	18 March 2010	US 2011/0243299 A1 EP 2325627 A1 CN 102150036 A TW 201012303 A
JP 2013-61257 A	04 April 2013	WO 2013/039032 A1 TW 201312102 A
JP 2011-89974 A	06 May 2011	(Family: none)
JP 2008-298762 A	11 December 2008	US 2008/0298538 A1 CN 101315341 A TW 200846655 A
US 2017/0168171 A1	15 June 2017	WO 2017/100475 A1

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2020/046688

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01N 23/044(2018.01)i; G01N 23/046(2018.01)i
FI: G01N23/044; G01N23/046

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））

G01N23/00-23/2276

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	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１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
X	JP 2009-515152 A（コメット・ゲゼルシャフト・ミト・ベシュレンクテル・ハフツング）09.04.2009（2009-04-09） 段落［００６０］－［００６８］、［００９０］－［００９１］、図４、図１６－１７	1-4,6-8,11-14,16-19,21
A	JP 2011-209054 A（株式会社サキコーポレーション）20.10.2011（2011-10-20）	1-21
A	JP 2009-156788 A（オムロン株式会社）16.07.2009（2009-07-16）	1-21
A	WO 2010/029862 A1（オムロン株式会社）18.03.2010（2010-03-18）	1-21
A	JP 2013-61257 A（オムロン株式会社）04.04.2013（2013-04-04）	1-21
A	JP 2011-89974 A（東芝ＩＴコントロールシステム株式会社）06.05.2011（2011-05-06）	1-21
A	JP 2008-298762 A（德律科技股▲分▼有限公司）11.12.2008（2008-12-11）	1-21
A	US 2017/0168171 A1（INTEGRATED-X, Inc.）15.06.2017（2017-06-15）	1-21

☐ 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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
24.02.2021	09.03.2021

名称及びあて先

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

権限のある職員（特許庁審査官）

越柴　洋哉 2W 4462

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2020/046688

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2009-515152 A	09.04.2009	US 2008/0240344 A1 段落［００８３］－［００９１］、［０１１３］－［０１１４］、図４、図１６－１７ WO 2007/051587 A2 EP 1946088 A1 KR 10-2008-0068787 A CN 101283269 A TW 200732656 A	
JP 2011-209054 A	20.10.2011	（ファミリーなし）	
JP 2009-156788 A	16.07.2009	US 2010/0329532 A1 WO 2009/084581 A1 EP 2239560 A1 KR 10-2010-0101642 A CN 101960296 B	
WO 2010/029862 A1	18.03.2010	US 2011/0243299 A1 EP 2325627 A1 CN 102150036 A TW 201012303 A	
JP 2013-61257 A	04.04.2013	WO 2013/039032 A1 TW 201312102 A	
JP 2011-89974 A	06.05.2011	（ファミリーなし）	
JP 2008-298762 A	11.12.2008	US 2008/0298538 A1 CN 101315341 A TW 200846655 A	
US 2017/0168171 A1	15.06.2017	WO 2017/100475 A1	