

(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
2019年12月5日(05.12.2019)



(10) 国際公開番号

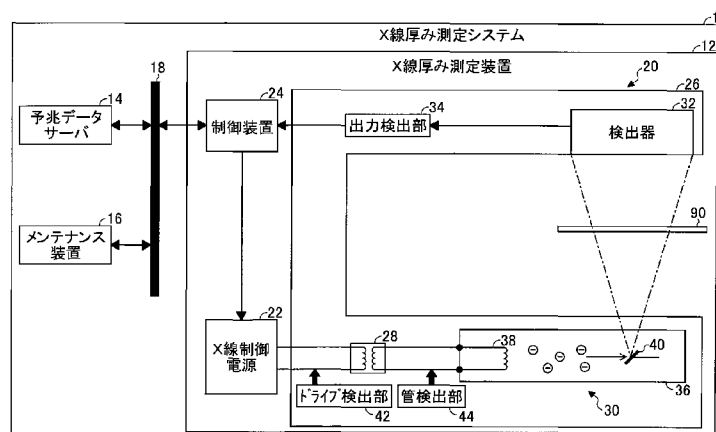
WO 2019/230010 A1

- (51) 国際特許分類:
G01B 15/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/032781
- (22) 国際出願日: 2018年9月4日(04.09.2018)
- (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 2018-105991 2018年6月1日(01.06.2018) JP
- (71) 出願人: 株式会社東芝 (**KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA**) [JP/JP]; 〒1050023 東京都港区芝浦一丁目1番1号 Tokyo (JP). 東芝インフラシステムズ株式会社 (**TOSHIBA INFRASTRUCTURE SYSTEMS & SOLUTIONS CORPORATION**) [JP/JP]; 〒2120013 神奈川県川崎市幸区堀川町7番地34 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 米川 栄 (**YONEKAWA, Sakae**); 〒2120013 神奈川県川崎市幸区堀川町7番地34 東芝インフラシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所 (**SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE**); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 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,

(54) **Title:** PREDICTION DATA SERVER AND X-RAY THICKNESS MEASUREMENT SYSTEM

(54) 発明の名称: 予兆データサーバ及びX線厚み測定システム

[図1]



- | | |
|---------------------------------------|--------------------------|
| 10 X-ray thickness measurement system | 24 Control device |
| 12 X-ray thickness measurement device | 32 Detector |
| 14 Prediction data server | 34 Output detection unit |
| 16 Maintenance device | 42 Driver detection unit |
| 22 X-ray control power supply | 44 Tube detection unit |

(57) **Abstract:** In this invention, an X-ray generator (30) has a filament (38) which is supplied with power from a power supply (22), and emits X-rays. An output detection unit (34) outputs a detection value for calculating the thickness of a subject being measured. A prediction data server (14) comprises: an acquisition unit (62) and a prediction unit (64). The acquisition unit (62) acquires, a plurality of times, measurement information including at least one of the following values: a drive voltage value indicating the voltage supplied by the power supply (22); a drive current value indicating a

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, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, 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))

current value supplied by the power supply (22); a tube voltage value indicating a value for the voltage supplied to the filament (38); a tube current value indicating a value for the current supplied to the filament (38); and a detected value. The prediction unit (64) generates prediction data for diagnosing abnormalities in the X-ray thickness measurement device (12), on the basis of measurement information acquired by the acquisition unit (62), stocks this prediction data in a storage unit (48) and outputs said prediction data upon request.

(57) 要約: X線発生器(30)は、電源(22)からの電力が供給されるフィラメント(38)を有しX線を照射する。出力検出部(34)は、測定対象の厚みを算出するための検出値を出力する。予兆データサーバ(14)は、取得部(62)と、予兆部(64)とを備える。取得部(62)は、電源(22)が供給する電圧の値を示すドライブ電圧値、電源(22)が供給する電流の値を示すドライブ電流値、フィラメント(38)に供給される電圧の値を示す管電圧値、フィラメント(38)に供給される電流の値を示す管電流値、及び、検出値の少なくともいずれかを含む測定情報を複数回取得する。予兆部(64)は、X線厚み測定装置(12)の異常を診断するための予兆データを、取得部(62)が取得した測定情報に基づいて生成して記憶部(48)に蓄積し要求に応じて出力する。

明 細 書

発明の名称： 予兆データサーバ及びX線厚み測定システム

技術分野

[0001] 実施形態は、予兆データサーバ及びX線厚み測定システムに関する。

背景技術

[0002] 例えば鋼板等の板状の製品（以下、測定対象）の製造ライン等において、X線を用いて測定対象の厚みを測定するX線厚み測定装置が用いられている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特公昭58-105008号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、上述のX線厚み測定装置の異常を診断するためのデータを生成する装置が知られていない。

課題を解決するための手段

[0005] 上述した課題を解決し、実施形態の予兆データサーバは、X線厚み測定装置と接続されている。X線厚み測定装置は、電源と、X線発生器と、出力検出部と、を備える。電源は、電力を供給する。X線発生器は、前記電源からの前記電力が供給されるフィラメントを有しX線を照射する。出力検出部は、厚みを測定する対象である測定対象を通過した前記X線の強度に応じた、前記測定対象の厚みを算出するための検出値を出力する。予兆データサーバは、取得部と、予兆部と、を備える。取得部は、前記電源が供給する電圧の値を示すドライブ電圧値、前記電源が供給する電流の値を示すドライブ電流値、前記フィラメントに供給される電圧の値を示す管電圧値、前記フィラメントに供給される電流の値を示す管電流値、及び、前記検出値の少なくともいずれかを含む測定情報を複数回取得する。予兆部は、前記X線厚み測定装

置の異常を診断するための予兆データを、前記取得部が取得した前記測定情報に基づいて生成して記憶部に蓄積し要求に応じて出力する。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]図1は、実施形態のX線厚み測定システムの全体構成を示す概略図である。

[図2]図2は、X線厚み測定システムの制御系の構成を示すブロック図である。

[図3A]図3Aは、測定情報の管電圧値TVの一例を示すグラフである。

[図3B]図3Bは、測定情報の管電流値TCの一例を示すグラフである。

[図3C]図3Cは、測定情報のドライブ電圧値Epの一例を示すグラフである。

[図3D]図3Dは、測定情報のドライブ電流値Ipの一例を示すグラフである。

[図3E]図3Eは、測定情報の検出値Dvの一例を示すグラフである。

[図4]図4は、メンテナンス装置が出力する警告画像の一例を示す図である。

[図5]図5は、厚み測定装置の制御側処理部が実行する測定処理のフローチャートである。

[図6]図6は、予兆データサーバの予兆側処理部が実行する予兆処理のフローチャートである。

[図7]図7は、メンテナンス装置のメンテナンス側処理部が実行するメンテナンス処理のフローチャートである。

[図8A]図8Aは、測定情報の管電圧値TVの標準偏差のグラフである。

[図8B]図8Bは、測定情報の管電流値TCの標準偏差のグラフである。

[図8C]図8Cは、測定情報のドライブ電圧値Epの標準偏差のグラフである。

[図8D]図8Dは、測定情報のドライブ電流値Ipの標準偏差のグラフである。

[図8E]図8Eは、測定情報の検出値Dvの標準偏差のグラフである。

[図9]図9は、測定情報に含まれる検出値の分散と尖度との積のグラフである。

発明を実施するための形態

[0007] 以下の例示的な実施形態や変形例には、同様の構成要素が含まれている。よって、以下では、同様の構成要素には共通の符号が付されるとともに、重複する説明が部分的に省略される。実施形態や変形例に含まれる部分は、他の実施形態や変形例の対応する部分と置き換えて構成されることができる。また、実施形態や変形例に含まれる部分の構成や位置等は、特に言及しない限りは、他の実施形態や変形例と同様である。

[0008] <第1実施形態>

図1は、実施形態のX線厚み測定システム10の全体構成を示す概略図である。X線厚み測定システム10は、X線厚み測定装置12によって測定対象90の厚みを測定するとともに、X線厚み測定装置12の異常の診断に必要な予兆データを生成して蓄積し、X線厚み測定装置12の異常を診断する。

[0009] 図1に示すように、実施形態のX線厚み測定システム10は、X線厚み測定装置12と、予兆データサーバ14と、メンテナンス装置16と、ネットワーク18とを備える。ネットワーク18は、X線厚み測定装置12と、予兆データサーバ14と、メンテナンス装置16とを互いに情報を送受信可能に接続するLAN (Local Area Network) 等であってよい。

[0010] X線厚み測定装置12は、厚み測定の対象である測定対象90にX線を照射して、測定対象90を通過したX線の量によって、測定対象90の厚みを測定する。X線厚み測定装置12は、測定部20と、X線制御電源22と、制御装置24とを備える。

[0011] 測定部20は、測定対象90にX線を照射して、測定対象90の厚みを算出するための検出電圧または検出電流の少なくともいずれかを検出値として、制御装置24へ出力する。測定部20は、保持部26と、変圧器28と、X線発生器30と、検出器32と、出力検出部34と、ドライブ検出部42

と、管検出部４４とを有する。

[0012] 保持部２６は、変圧器２８と、Ｘ線発生器３０と、検出器３２と、出力検出部３４とを保持する。

[0013] 変圧器２８は、Ｘ線制御電源２２が出力した電力を変圧（例えば、昇圧）して、後述するＸ線発生器３０のフィラメント３８に供給する。

[0014] Ｘ線発生器３０は、Ｘ線制御電源２２から供給される電力によって、Ｘ線を発生させて、測定対象９０に照射する。Ｘ線発生器３０は、Ｘ線管３６と、フィラメント３８と、ターゲット４０とを有する。Ｘ線管３６は、例えば、内部を真空状態に維持する密閉された管である。Ｘ線管３６は、フィラメント３８及びターゲット４０を内部に収容して保持する。フィラメント３８は、変圧器２８を介して、Ｘ線制御電源２２から供給された電力によって、電子をターゲット４０へ放出する。ターゲット４０は、フィラメント３８が放出した電子の衝突によって、Ｘ線を測定対象９０へと照射する。

[0015] 検出器３２は、測定対象９０を挟んでＸ線発生器３０と対向する位置に配置されている。検出器３２は、Ｘ線発生器３０が照射し、測定対象９０を通過したＸ線の強度に応じた検出電圧及び検出電流の少なくともいずれかの値を検出信号として出力検出部３４へ出力する。検出器３２は、例えば、入射したＸ線に応じた検出電圧及び検出電流を出力する電離箱であってよい。

[0016] 出力検出部３４は、検出器３２が出力した検出信号を変換処理して制御装置２４へ出力する。例えば、出力検出部３４は、ＡＤ変換器等を有し、アナログ信号の検出信号をデジタル変換した値を、測定対象９０の厚みを算出するための検出値として出力してよい。

[0017] Ｘ線制御電源２２は、電源の一例であって、制御装置２４からの電源制御信号に基づいて、変圧器２８を介してＸ線発生器３０のフィラメント３８に供給される電力を供給する。Ｘ線制御電源２２は、例えば、商用電源等の外部電源に接続されていてよい。

[0018] ドライブ検出部４２は、ドライブ電圧値及びドライブ電流値を検出する。ドライブ電圧値は、変圧器２８の一次側の電圧の値であって、Ｘ線制御電源

２２が供給する電力の電圧の値である。ドライブ電流値は、変圧器２８の一次側に流れる電流の値であって、Ｘ線制御電源２２が供給する電力の電流の値である。ドライブ検出部４２は、検知したドライブ電圧値及びドライブ電流値を制御装置２４へ出力する。

[0019] 管検出部４４は、管電圧値及び管電流値を検出する。管電圧値は、変圧器２８の二次側の電圧の値であって、フィラメント３８に供給される電力の電圧の値である。管電流値は、Ｘ線発生器３０の二次側を流れる電流の値であって、フィラメント３８に供給される電力の電流の値である。管検出部４４は、検知した管電圧値及び管電流値を制御装置２４へ出力する。

[0020] 制御装置２４は、Ｘ線厚み測定装置１２の制御全般を司る。制御装置２４は、Ｘ線厚み測定装置１２によって測定対象９０の厚みを測定するオペレータ等が使用するコンピュータであってよい。制御装置２４は、出力検出部３４から取得した検出値に基づいて、測定対象９０の厚みを算出する。制御装置２４は、Ｘ線発生器３０に供給する電力の管電圧値に応じたドライブ電圧値を指示する電源制御信号をＸ線制御電源２２に出力する。制御装置２４は、管検出部４４から取得した管電圧値に基づいて設定したドライブ電圧値を指示する電源制御信号を生成してよい。制御装置２４は、出力検出部３４、ドライブ検出部４２及び管検出部４４から取得した検出値、ドライブ電圧値、ドライブ電流値、管電圧値及び管電流値を含む測定情報５６をネットワーク１８へ出力する。制御装置２４は、例えば、ブロードキャストによって測定情報５６を出力してよい。

[0021] 予兆データサーバ１４は、制御装置２４から測定情報５６を複数回繰り返し取得して、複数の測定情報５６から生成したＸ線厚み測定装置１２の異常の予兆を示すデータ（以下、予兆データ）を記憶して蓄積する。予兆データサーバ１４は、予兆データをメンテナンス装置１６からの要求に応じて出力する。

[0022] メンテナンス装置１６は、例えば、Ｘ線厚み測定装置１２をメンテナンスするメンテナンス担当者等が使用するコンピュータである。メンテナンス装

置 1 6 は、予兆データサーバ 1 4 から取得した予兆データに基づいて、X線厚み測定装置 1 2 の異常を診断し、診断した結果を画像等によって出力する。

[0023] 図 2 は、X線厚み測定システム 1 0 の制御系の構成を示すブロック図である。図 2 に示すように、制御装置 2 4 は、制御側処理部 4 6 と、制御側記憶部 4 8 とを有する。

[0024] 制御側処理部 4 6 は、X線厚み測定装置 1 2 の制御全般を司る。制御側処理部 4 6 は、演算処理等を実行する CPU (Central Processing Unit) 及び GPU (Graphics Processing Unit) 等のハードウェアプロセッサであってよい。制御側処理部 4 6 は、制御側記憶部 4 8 に格納されたプログラムを読み込み、読み込んだプログラムを制御側記憶部 4 8 に展開することで、種々の演算処理を実行する。制御側処理部 4 6 は、例えば、測定プログラム 5 4 を読み込み、受付部 5 0 及び算出部 5 2 として機能する。尚、受付部 5 0 及び算出部 5 2 の一部または全部は、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) または FPGA (Field-Programmable Gate Array) を含む回路等のハードウェアによって構成されてもよい。

[0025] 受付部 5 0 は、測定情報 5 6 を受け付けて、算出部 5 2 へ出力する。受付部 5 0 は、例えば、出力検出部 3 4 から検出値、ドライブ検出部 4 2 からドライブ電圧値及びドライブ電流値、及び、管検出部 4 4 から管電圧値及び管電流値を測定情報 5 6 として受け付ける。

[0026] 算出部 5 2 は、受付部 5 0 から測定情報 5 6 を取得すると、当該測定情報 5 6 に基づいて、測定対象 9 0 の厚みを算出するとともに、X線厚み測定装置 1 2 を制御する。例えば、算出部 5 2 は、検出値に基づいて、測定対象 9 0 の厚みを算出する。算出部 5 2 は、管電圧値及び管電流値が予め設定された設定電圧値になるように、X線制御電源 2 2 にドライブ電圧値を指示する電源制御信号を生成して出力する。算出部 5 2 は、ブロードキャストで、測定情報 5 6 をネットワーク 1 8 へ出力してよい。

[0027] 制御側記憶部 4 8 は、ROM (Read Only Memory) と、RAM (Random

Access Memory) と、HDD (Hard Disk Drive) 等の主記憶装置及び補助記憶装置を有する。制御側記憶部 48 は、制御側処理部 46 が実行する測定プログラム 54、及び、測定プログラム 54 を実行するために取得した測定情報 56 等を記憶する。測定プログラム 54 は、CD-ROM (Compact Disc Read Only Memory) またはDVD-ROM (Digital Versatile Disc Read Only Memory) 等のコンピュータにより読み取り可能な記憶媒体に記憶されて提供されてもよく、インターネット等のネットワークを介して提供されてもよい。

[0028] 予兆データサーバ 14 は、予兆側処理部 58 と、予兆側記憶部 60 とを有する。

[0029] 予兆側処理部 58 は、予兆データサーバ 14 の制御全般を司る。予兆側処理部 58 は、CPU 及び GPU 等のハードウェアプロセッサであってよい。予兆側処理部 58 は、予兆側記憶部 60 に格納されたプログラムを読み込み、読み込んだプログラムを予兆側記憶部 60 に展開することで、種々の演算処理を実行する。予兆側処理部 58 は、例えば、予兆プログラム 66 を読み込み、取得部 62 及び予兆部 64 として機能する。取得部 62 及び予兆部 64 の一部または全部は、ASIC または FPGA を含む回路等のハードウェアによって構成されてもよい。

[0030] 取得部 62 は、ネットワーク 18 上に流れるドライブ電圧値、ドライブ電流値、管電圧値、管電流値及び検出値を含む測定情報 56 を複数回取得して、予兆部 64 へ出力する。

[0031] 予兆部 64 は、ネットワーク 18 から取得した複数の測定情報 56 に基づいて、X線厚み測定装置 12 の異常を診断するための予兆データ 68 を生成して、予兆側記憶部 60 に蓄積する。予兆部 64 は、例えば、複数の測定情報 56 と予め定められた閾値とを比較した結果を統計的に処理した値を予兆データ 68 として生成してよい。予兆部 64 は、生成した予兆データ 68 を予兆側記憶部 60 に蓄積する。予兆部 64 は、蓄積した予兆データ 68 をメンテナンス装置 16 からの要求に応じて出力する。尚、予兆部 64 は、測定

情報 56 に含まれるドライブ電圧値、ドライブ電流値、管電圧値、管電流値及び検出値の少なくともいずれかと閾値とを比較した結果に基づいて、予兆データ 68 を生成してよい。

[0032] 予兆側記憶部 60 は、ROM と、RAM と、HDD 等の主記憶装置及び補助記憶装置を有する。予兆側記憶部 60 は、予兆側処理部 58 が実行する予兆プログラム 66、及び、予兆プログラム 66 の実行によって生成された予兆データ 68 等を記憶する。予兆プログラム 66 は、CD-ROM または DVD-ROM 等のコンピュータにより読み取り可能な記憶媒体に記憶されて提供されてもよく、インターネット等のネットワークを介して提供されてもよい。

[0033] メンテナンス装置 16 は、メンテナンス側処理部 70 と、メンテナンス側記憶部 72 と、表示部 73 とを有する。

[0034] メンテナンス側処理部 70 は、メンテナンス装置 16 の制御全般を司る。メンテナンス側処理部 70 は、CPU 及び GPU 等のハードウェアプロセッサであってよい。メンテナンス側処理部 70 は、メンテナンス側記憶部 72 に格納されたプログラムを読み込み、読み込んだプログラムをメンテナンス側記憶部 72 に展開することで、種々の演算処理を実行する。メンテナンス側処理部 70 は、例えば、メンテナンスプログラム 76 を読み込み、診断部 74 として機能する。診断部 74 の一部または全部は、ASIC または FPGA を含む回路等のハードウェアによって構成されてもよい。

[0035] 診断部 74 は、予兆データサーバ 14 が出力した予兆データ 68 を取得して、予兆データ 68 に基づいて、X線厚み測定装置 12 の異常を診断する。診断部 74 は、X線厚み測定装置 12 の異常の場合、警告を示す情報、例えば、警告を示す画像を生成し、表示部 73 に表示させる。

[0036] メンテナンス側記憶部 72 は、ROM と、RAM と、HDD 等の主記憶装置及び補助記憶装置を有する。メンテナンス側記憶部 72 は、メンテナンス側処理部 70 が実行するメンテナンスプログラム 76 等を記憶する。メンテナンスプログラム 76 は、CD-ROM または DVD-ROM 等のコンピュ

ータにより読み取り可能な記憶媒体に記憶されて提供されてもよく、インターネット等のネットワークを介して提供されてもよい。

[0037] 図3A、図3B、図3C、図3D、図3Eは、各々、測定情報56の各値TV、TC、Ep、Ip、Dvの一例を示すグラフである。図3A、図3B、図3C、図3D、図3Eの各グラフの横軸は、時間を示す。図3Aのグラフは、管電圧値TVを示す。図3Bのグラフは、管電流値TCを示す。図3Cのグラフは、ドライブ電圧値Epを示す。図3Dのグラフは、ドライブ電流値Ipを示す。図3Eのグラフは、検出値Dvを示す。図3A、図3B、図3C、図3D、図3Eの各値TV、TC、Ep、Ip、Dvは、管電圧値TVを100kVに維持するためにドライブ電圧値Epを制御した場合の値である。取得部62は、制御装置24が出力した図3A、図3B、図3C、図3D、図3Eに示す各値TV、TC、Ep、Ip、Dvをネットワーク18から取得して、予兆部64へ出力する。予兆部64は、各値TV、TC、Ep、Ip、Dvを取得すると、各値TV、TC、Ep、Ip、Dvに対応付けて予め設定された閾値と各値TV、TC、Ep、Ip、Dvとを比較して、予兆データ68を生成する。

[0038] 予兆部64は、例えば、管電圧値TVが第1閾値 $Th1 + a$ 以上、または、第2閾値 $Th1 - a$ 以下か否かを判定する。予兆部64は、例えば、管電圧値TVが第1閾値 $Th1 + a$ 以上、または、第2閾値 $Th1 - a$ 以下であれば、管電圧異常値を1インクリメントする。

[0039] 予兆部64は、例えば、管電流値TCが第3閾値 $Th2 + b$ 以上、または、第4閾値 $Th2 - b$ 以下か否かを判定する。予兆部64は、例えば、管電流値TCが第3閾値 $Th2 + b$ 以上、または、第4閾値 $Th2 - b$ 以下であれば、管電流異常値を1インクリメントする。例えば、図3A、図3B、図3C、図3D、図3Eに示す例では、予兆部64は、破線で囲む領域内の管電流値TCが第3閾値 $Th2 + b$ 以上、または、第4閾値 $Th2 - b$ 以下に7回なっているので、管電流異常値を7インクリメントする。

[0040] 予兆部64は、例えば、ドライブ電圧値Epが第5閾値 $Th3 + c$ 以上、

または、第6閾値 T_{h3-c} 以下か否かを判定する。予兆部64は、例えば、ドライブ電圧値 E_p が第5閾値 T_{h3+c} 以上、または、第6閾値 T_{h3-c} 以下であれば、ドライブ電圧異常値を1インクリメントする。

[0041] 予兆部64は、例えば、ドライブ電流値 I_p が第7閾値 T_{h4+d} 以上、または、第8閾値 T_{h4-d} 以下か否かを判定する。予兆部64は、例えば、ドライブ電流値 I_p が第7閾値 T_{h4+d} 以上、または、第8閾値 T_{h4-d} 以下であれば、ドライブ電流異常値を1インクリメントする。

[0042] 予兆部64は、例えば、検出値 D_v が第9閾値 T_{h5+e} 以上、または、第10閾値 T_{h5-e} 以下か否かを判定する。予兆部64は、例えば、検出値 D_v が第9閾値 T_{h5+e} 以上、または、第10閾値 T_{h5-e} 以下であれば、検出異常値を1インクリメントする。

[0043] 予兆部64は、管電圧異常値、管電流異常値、ドライブ電圧異常値、ドライブ電流異常値、及び、検出異常値を含む予兆データ68を生成する。尚、管電圧異常値、管電流異常値、ドライブ電圧異常値、ドライブ電流異常値、及び、検出異常値の各初期値は、0であってよい。従って、値 T_V 、 T_C 、 E_p 、 I_p 、 D_v が対応する閾値範囲内であれば、値 T_V 、 T_C 、 E_p 、 I_p 、 D_v に対応する異常値は0である。上述の閾値は、一例であって、例えば、管電圧値 T_V に応じて、閾値を変化させてもよい。この場合、閾値は管電圧 T_V に対応付けて予兆側記憶部60に格納されていてよい。

[0044] 図4は、メンテナンス装置16が出力する警告画像92の一例を示す図である。メンテナンス装置16の診断部74は、予兆データサーバ14から取得した予兆データ68に基づいて、表示部73に警告画像92を表示させてよい。診断部74は、予兆データ68に含まれる管電圧異常値、管電流異常値、ドライブ電圧異常値、ドライブ電流異常値、及び、検出異常値に基づいて、異常レベルを診断する。例えば、診断部74は、管電圧異常値、管電流異常値、ドライブ電圧異常値、ドライブ電流異常値、及び、検出異常値のうち、0でない異常値の個数を異常レベルとしてよい。この場合、診断部74は、0レベルから5レベルまでの範囲で異常レベルを設定する。尚、診断部

74は、予め定められた異常判定用閾値に基づいて、異常レベルを設定してもよい。この場合、診断部74は、管電圧異常値、管電流異常値、ドライブ電圧異常値、ドライブ電流異常値、及び、検出異常値のうち、異常判定用閾値以上の異常値の個数を異常レベルとして設定してよい。

[0045] 診断部74は、異常レベルに応じて、警告画像92を生成してよい。例えば、異常レベルが1の場合、診断部74は、図4の左側に示すように、配列された5個の四角のうち、1番下の四角を着色した警告画像92を生成してよい。また、異常レベルが4の場合、診断部74は、配列された5個の四角のうち、1番下から4個の四角を着色した警告画像92を生成してよい。尚、診断部74は、四角毎に色を変化させてよい。診断部74は、異常レベルに応じて生成した警告画像92を表示部73に表示させてよい。

[0046] 図5は、X線厚み測定装置12の制御側処理部46が実行する測定処理のフローチャートである。制御側処理部46は、測定プログラム54を読み込むことによって、測定処理を実行する。

[0047] 図5に示すように、測定処理では、制御側処理部46の受付部50は、管電圧値TV及び管電流値TCを管検出部44から取得して、算出部52へ出力する(S102)。受付部50は、ドライブ電圧値Ep及びドライブ電流値Ipをドライブ検出部42から取得して、算出部52へ出力する(S104)。受付部50は、管電圧値TVと設定電圧値とを比較して、ドライブ電圧値Epを制御する(S106)。受付部50は、例えば、管電圧値TVが設定電圧値よりも低ければ、取得したドライブ電圧値Epより高い電圧値を指示する電源制御信号をX線制御電源22に出力し、管電圧値TVが設定電圧値よりも高ければ、取得したドライブ電圧値Epより低い電圧値を指示する電源制御信号をX線制御電源22に出力する。X線制御電源22は、取得した電源制御信号が示す電圧値にドライブ電圧値Epを変化させて、X線発生器30に電力を供給する。

[0048] 受付部50は、検出値Dvを出力検出部34から取得して、算出部52へ出力する(S108)。算出部52は、検出値Dvに基づいて、測定対象9

0の厚みを算出する（S 1 1 0）。算出部5 2は、ドライブ電圧値E p、ドライブ電流値I p、管電圧値T V、管電流値T C及び検出値D vを含む測定情報5 6をネットワーク1 8に出力する（S 1 1 2）。この後、制御側処理部4 6は、ステップS 1 0 2以降を繰り返す。

[0049] 図6は、予兆データサーバ1 4の予兆側処理部5 8が実行する予兆処理のフローチャートである。予兆側処理部5 8は、予兆プログラム6 6を読み込むことによって、予兆処理を実行する。

[0050] 図6に示すように、予兆処理では、取得部6 2が、測定情報5 6をネットワーク1 8から取得して、予兆部6 4へ出力する（S 1 3 2）。予兆部6 4は、予兆データ6 8を生成する（S 1 3 4）。予兆部6 4は、例えば、測定情報5 6に含まれる各値T V、T C、E p、I p、D vと閾値とを比較して、各値T V、T C、E p、I p、D vが異常値か否かを判定し、異常値の個数を含む予兆データ6 8を生成する。予兆部6 4は、生成した予兆データ6 8を予兆側記憶部6 0に格納する（S 1 3 6）。予兆部6 4は、予兆データ6 8の要求を取得したか否かを判定する（S 1 3 8）。予兆部6 4は、予兆データ6 8の要求を取得していないと判定すると（S 1 3 8 : N o）、予兆側処理部5 8は、ステップS 1 3 2以降を繰り返す。予兆部6 4は、予兆データ6 8の要求を取得したと判定すると（S 1 3 8 : Y e s）、予兆データ6 8をネットワーク1 8へ出力する（S 1 4 0）。この後、予兆側処理部5 8は、ステップS 1 3 2以降を繰り返す。

[0051] 図7は、メンテナンス装置1 6のメンテナンス側処理部7 0が実行するメンテナンス処理のフローチャートである。メンテナンス側処理部7 0は、メンテナンスプログラム7 6を読み込むことによって、メンテナンス処理を実行する。

[0052] 図7に示すように、メンテナンス処理では、診断部7 4が、予兆データ6 8の要求をネットワーク1 8へ出力する（S 1 5 2）。診断部7 4は、予兆データ6 8を取得したか否かを判定する（S 1 5 4）。診断部7 4は、予兆データ6 8を取得するまで待機状態となる（S 1 5 4 : N o）。診断部7 4

は、予兆データ 68 を取得すると (S 1 5 4 : Y e s)、予兆データ 68 に含まれる異常値の個数に基づいて、X線厚み測定装置 1 2 の異常を診断して、異常レベルを算出する (S 1 5 6)。診断部 7 4 は、算出した異常レベルに対応する警告、例えば、警告画像 9 2 を表示部 7 3 に出力する (S 1 5 8)。この後、メンテナンス側処理部 7 0 は、ステップ S 1 5 2 以降を繰り返す。

[0053] 上述したように第 1 実施形態の予兆データサーバ 1 4 は、X線厚み測定装置 1 2 の故障等の異常を診断するための予兆データ 68 を生成して蓄積することができる。これにより、予兆データサーバ 1 4 は、X線厚み測定装置 1 2 の異常の診断を可能にするとともに、X線厚み測定装置 1 2 の制御装置 2 4 の処理負担及び診断に必要な記憶容量を低減できる。

[0054] 予兆データサーバ 1 4 は、メンテナンス装置 1 6 からの要求に応じて、蓄積した予兆データ 68 をメンテナンス装置 1 6 に提供している。これにより、予兆データサーバ 1 4 は、メンテナンス装置 1 6 における X線厚み測定装置 1 2 の異常の診断を実現できる。

[0055] <第 2 実施形態>

次に、第 1 実施形態の予兆データ 68 の生成方法を変更した第 2 実施形態について説明する。

[0056] 第 2 実施形態の予兆部 6 4 は、各値 T V、T C、E p、I p、D v の標準偏差と閾値とを比較した結果に基づいて、予兆データ 68 を生成する。図 8 A、図 8 B、図 8 C、図 8 D、図 8 E は、各々、測定情報 5 6 に含まれる各値 T V、T C、E p、I p、D v の標準偏差のグラフである。図 8 A、図 8 B、図 8 C、図 8 D、図 8 E の横軸は時間を示す。図 8 A のグラフは、管電圧値 T V の標準偏差を示す。図 8 B のグラフは、管電流値 T C の標準偏差を示す。図 8 C のグラフは、ドライブ電圧値 E p の標準偏差を示す。図 8 D のグラフは、ドライブ電流値 I p の標準偏差を示す。図 8 E のグラフは、検出値 D v の標準偏差を示す。図 8 A、図 8 B、図 8 C、図 8 D、図 8 E の各値 T V、T C、E p、I p、D v の標準偏差は、管電圧値 T V を 1 0 0

k Vに維持するためにドライブ電圧値 E_p を制御した場合の値である。

[0057] 取得部62は、制御装置24が出力した図8A、図8B、図8C、図8D、図8Eに示す各値TV、TC、 E_p 、 I_p 、Dvをネットワーク18から取得して、予兆部64へ出力する。予兆部64は、各値TV、TC、 E_p 、 I_p 、Dvを取得すると、各値TV、TC、 E_p 、 I_p 、Dvの標準偏差を算出する。予兆部64は、当該標準偏差に対応付けて予め設定された閾値と標準偏差とを比較した結果に基づいて、予兆データ68を生成する。尚、予兆部64は、測定情報56に含まれるドライブ電圧値 E_p 、ドライブ電流値 I_p 、管電圧値TV、管電流値TC及び検出値Dvの少なくともいずれかの標準偏差と閾値とを比較した結果に基づいて、予兆データ68を生成してよい。

[0058] 予兆部64は、例えば、管電圧値TVの標準偏差が第1閾値 $Th1 + a$ 以上、または、第2閾値 $Th1 - a$ 以下か否かを判定する。予兆部64は、例えば、管電圧値TVの標準偏差が第1閾値 $Th1 + a$ 以上、または、第2閾値 $Th1 - a$ 以下であれば、管電圧異常値を1インクリメントする。

[0059] 予兆部64は、例えば、管電流値TCの標準偏差が第3閾値 $Th2 + b$ 以上、または、第4閾値 $Th2 - b$ 以下か否かを判定する。予兆部64は、例えば、管電流値TCの標準偏差が第3閾値 $Th2 + b$ 以上、または、第4閾値 $Th2 - b$ 以下であれば、管電流異常値を1インクリメントする。例えば、図8A、図8B、図8C、図8D、図8Eに示す例では、予兆部64は、破線で囲む領域内の管電流値TCの標準偏差が第3閾値 $Th2 + b$ 以上、または、第4閾値 $Th2 - b$ 以下に2回なっているので、管電流異常値を2インクリメントする。

[0060] 予兆部64は、例えば、ドライブ電圧値 E_p の標準偏差が第5閾値 $Th3 + c$ 以上、または、第6閾値 $Th3 - c$ 以下か否かを判定する。予兆部64は、例えば、ドライブ電圧値 E_p の標準偏差が第5閾値 $Th3 + c$ 以上、または、第6閾値 $Th3 - c$ 以下であれば、ドライブ電圧異常値を1インクリメントする。

[0061] 予兆部64は、例えば、ドライブ電流値 I_p の標準偏差が第7閾値 $Th4 + d$ 以上、または、第8閾値 $Th4 - d$ 以下か否かを判定する。予兆部64は、例えば、ドライブ電流値 I_p の標準偏差が第7閾値 $Th4 + d$ 以上、または、第8閾値 $Th4 - d$ 以下であれば、ドライブ電流異常値を1インクリメントする。

[0062] 予兆部64は、例えば、検出値 D_v の標準偏差が第9閾値 $Th5 + e$ 以上、または、第10閾値 $Th5 - e$ 以下か否かを判定する。予兆部64は、例えば、検出値 D_v の標準偏差が第9閾値 $Th5 + e$ 以上、または、第10閾値 $Th5 - e$ 以下であれば、検出異常値を1インクリメントする。

[0063] 予兆部64は、管電圧異常値、管電流異常値、ドライブ電圧異常値、ドライブ電流異常値、及び、検出異常値を含む予兆データ68を生成する。尚、管電圧異常値、管電流異常値、ドライブ電圧異常値、ドライブ電流異常値、及び、検出異常値の各初期値は、0であってよい。従って、値 TV 、 TC 、 Ep 、 I_p 、 D_v の標準偏差が対応する閾値範囲内であれば、値 TV 、 TC 、 Ep 、 I_p 、 D_v の標準偏差に対応する異常値は0である。

[0064] 上述したように、第2実施形態の予兆データサーバ14は、測定情報56に含まれる値 TV 、 TC 、 Ep 、 I_p 、 D_v の標準偏差によって予兆データ68を生成している。これにより、予兆データサーバ14は、測定情報56の短時間の誤差に基づく、X線厚み測定装置12の異常の誤診を低減可能な予兆データ68を生成できるとともに、予兆データ68の記憶に必要な記憶容量を低減できる。

[0065] <第3実施形態>

次に、上述の実施形態の予兆データ68の生成方法を変更した第3実施形態について説明する。

[0066] 第3実施形態の予兆部64は、検出値 D_v の分散と尖度との積と閾値との比較の結果に基づいて、予兆データ68を生成する。予兆部64は、測定情報56に含まれる検出値 D_v の分散と尖度との積を算出する。予兆部64は、算出した分散と尖度との積と閾値とを比較した結果に基づいて、予兆デー

タ 6 8 を生成してよい。図 9 は、測定情報 5 6 に含まれる検出値 D_v の分散と尖度との積のグラフである。

[0067] 測定対象 9 0 の厚みに対する統計誤差は、ポアソン分布になる。この統計的な誤差を利用して、雑音の性質を検出する。統計誤差がポアソン分布に従う場合、分散及び尖度は、平均値 m を用いて次の式で表すことができる。

$$\text{分散} = m$$

$$\text{尖度} = 1 / m$$

[0068] 従って、ポアソン分布に従う検出値 D_v の分散と尖度の積は、平均値 m に依存せず一定の値（即ち、1）となる。従って、検出値 D_v の分散と尖度の積は、フィラメント 3 8 等に異常がなければ、ほぼ 1 となる。一方、フィラメント 3 8 が切れる直前であれば、検出値 D_v の分散と尖度の積は、図 9 に破線の四角で囲む領域で示すように、高い値を示す。従って、予兆部 6 4 は、検出値 D_v の分散と尖度の積と予め定められた閾値 $T_h 6$ とを比較することにより、フィラメント 3 8 等の異常を検出することができる。予兆部 6 4 は、検出値 D_v の分散と尖度の積が閾値 $T_h 6$ 以上となった場合、検出異常値を 1 インクリメントして予兆データ 6 8 を生成してよい。

[0069] 上述したように、第 3 実施形態の予兆データサーバ 1 4 は、測定情報 5 6 に含まれる検出値 D_v の分散と尖度との積によって予兆データ 6 8 を生成している。これにより、予兆データサーバ 1 4 は、測定情報 5 6 の短時間の誤差に基づく、X 線厚み測定装置 1 2 の異常の誤診を低減可能な予兆データ 6 8 を生成できるとともに、予兆データ 6 8 の記憶に必要な記憶容量を低減できる。

[0070] 本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

[0071] 上述の実施形態では、予兆データサーバ１４とは別のメンテナンス装置１６に診断部７４を設ける例を挙げて説明したが、診断部７４は予兆データサーバ１４に設けられていてもよい。

請求の範囲

[請求項1]

電力を供給する電源と、前記電源からの前記電力が供給されるフィラメントを有しX線を照射するX線発生器と、厚みを測定する対象である測定対象を通過した前記X線の強度に応じた、前記測定対象の厚みを算出するための検出値を出力する出力検出部と、を備えるX線厚み測定装置と接続された予兆データサーバであって、

前記電源が供給する電圧の値を示すドライブ電圧値、前記電源が供給する電流の値を示すドライブ電流値、前記フィラメントに供給される電圧の値を示す管電圧値、前記フィラメントに供給される電流の値を示す管電流値、及び、前記検出値の少なくともいずれかを含む測定情報を複数回取得する取得部と、

前記X線厚み測定装置の異常を診断するための予兆データを、前記取得部が取得した前記測定情報に基づいて生成して記憶部に蓄積し要求に応じて出力する予兆部と、

を備える予兆データサーバ。

[請求項2]

前記予兆部は、前記測定情報の少なくともいずれか、前記測定情報の少なくともいずれかの標準偏差、及び、前記測定情報の前記検出値の分散と尖度との積と、予め定められた閾値とを比較した結果を含む前記予兆データを前記記憶部に蓄積する

請求項1に記載の予兆データサーバ。

[請求項3]

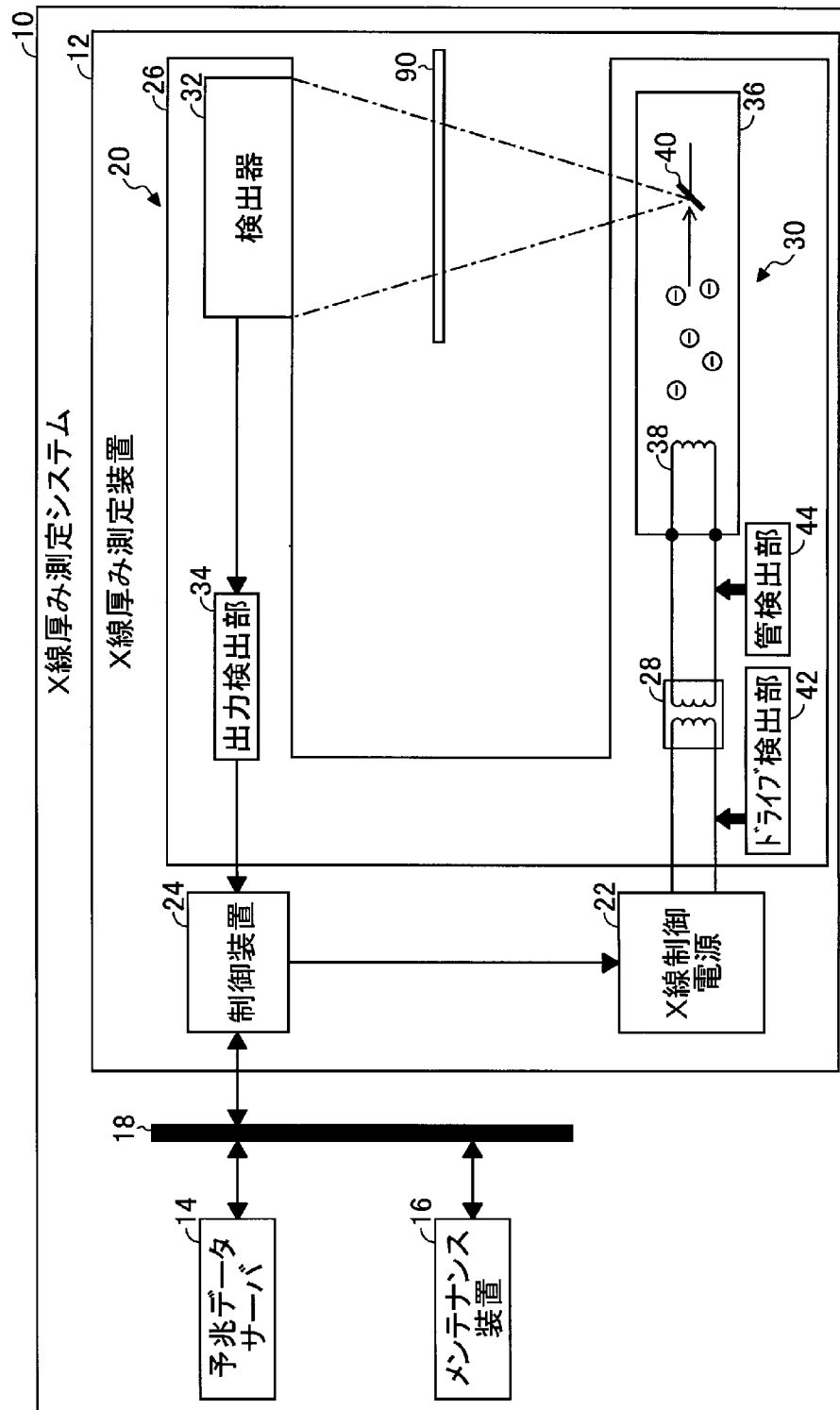
請求項1または2に記載の予兆データサーバと、前記X線厚み測定装置と、メンテナンス装置とを備える厚み測定システムであって、

前記予兆部は、前記メンテナンス装置からの要求に応じて前記予兆データを出力し、

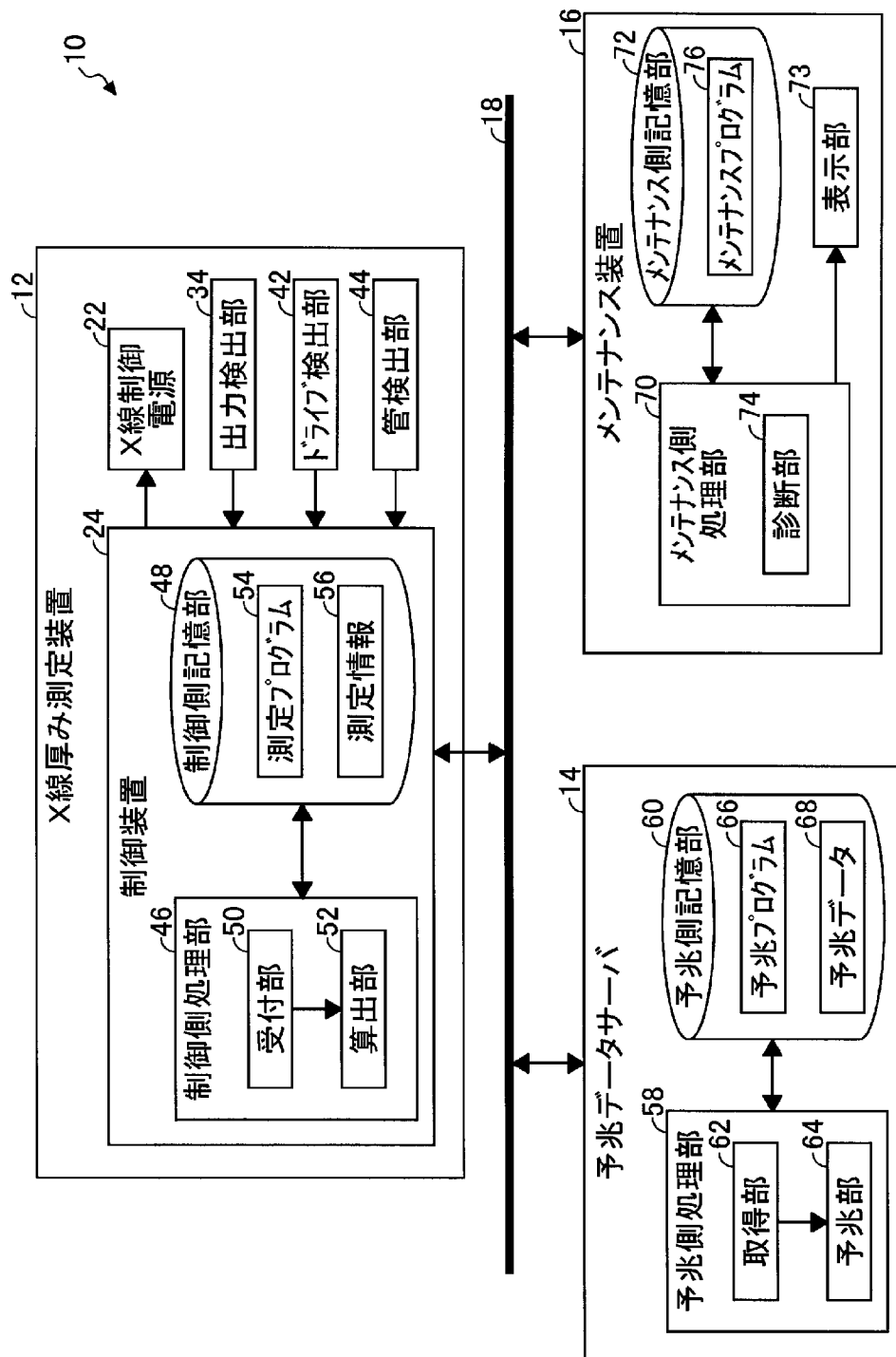
前記メンテナンス装置は、前記予兆データに基づいて前記X線厚み測定装置の異常を診断して、診断した結果を出力する

X線厚み測定システム。

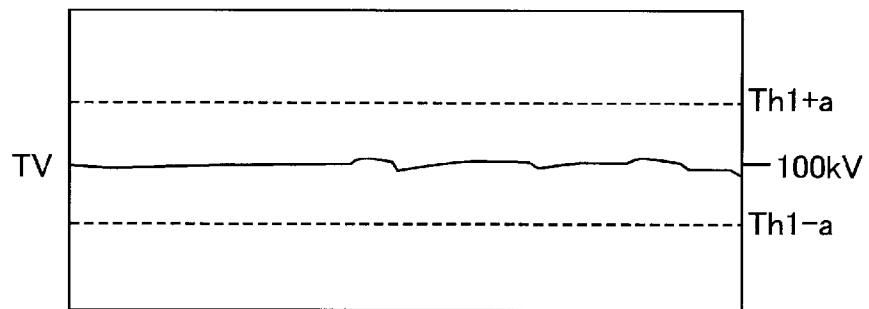
[図1]



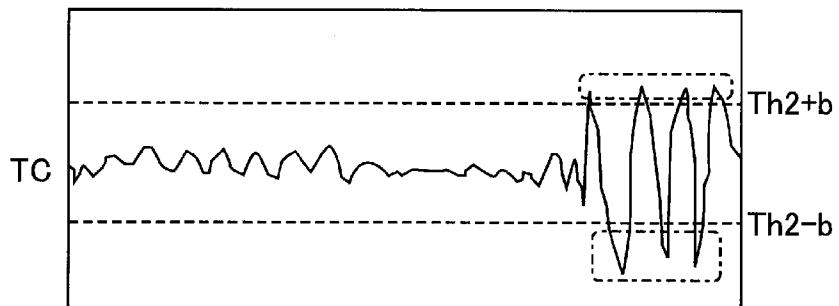
[図2]



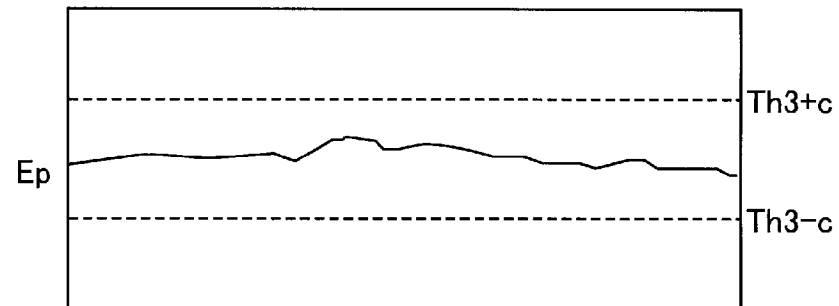
[図3A]



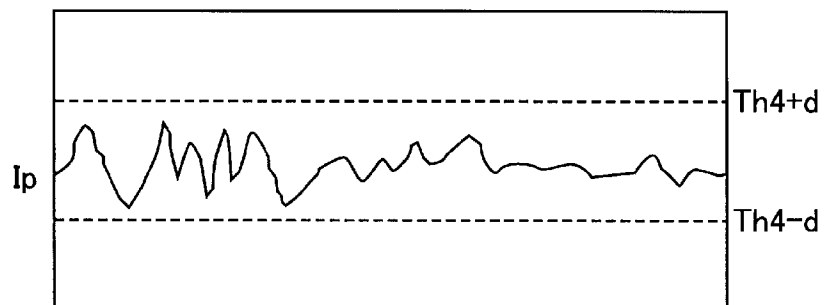
[図3B]



[図3C]



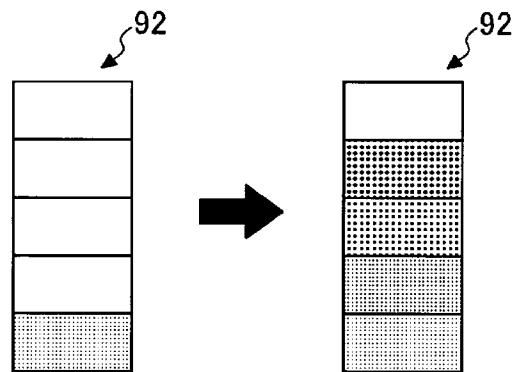
[図3D]



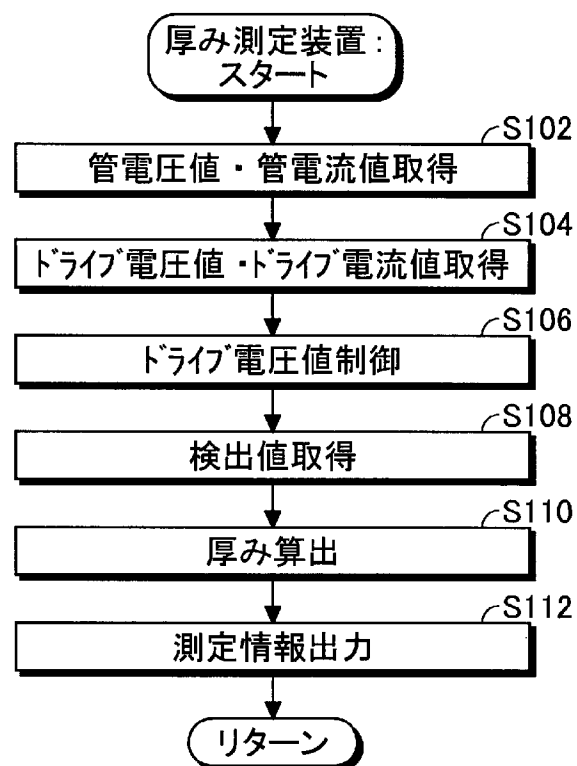
[図3E]



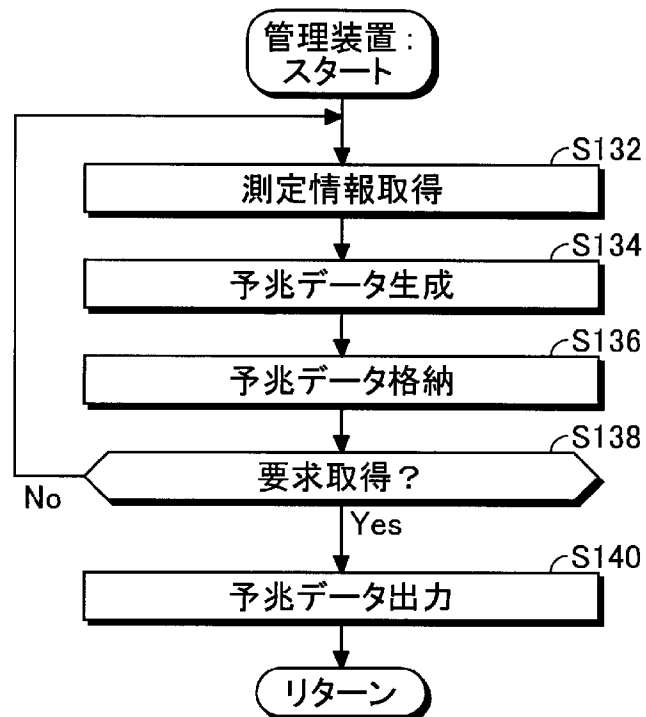
[図4]



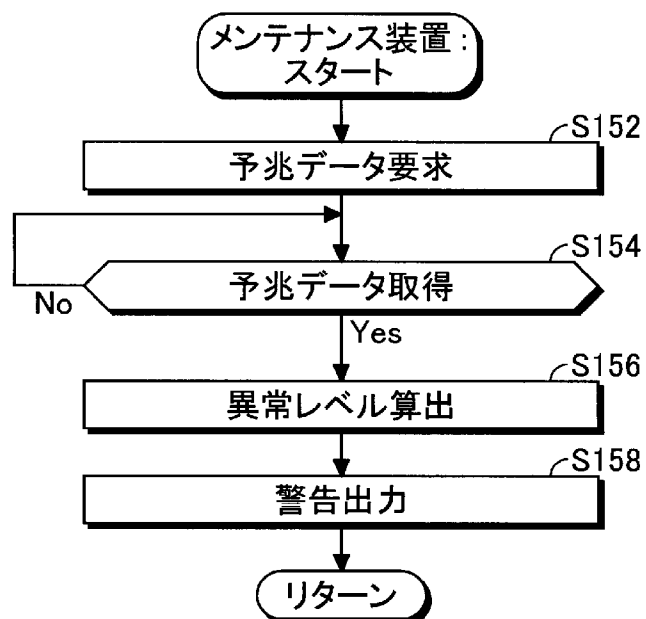
[図5]



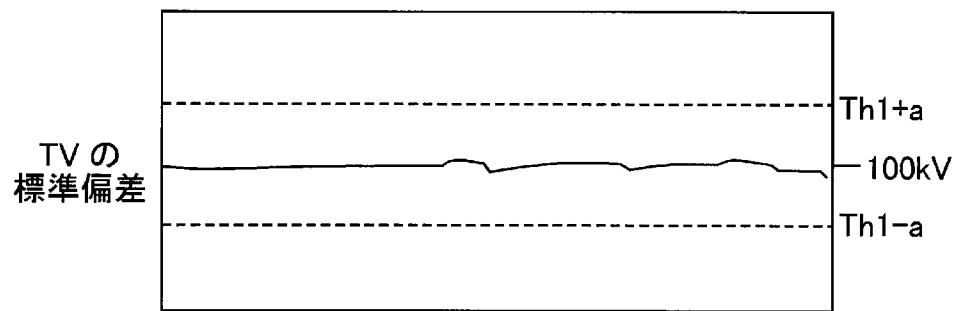
[図6]



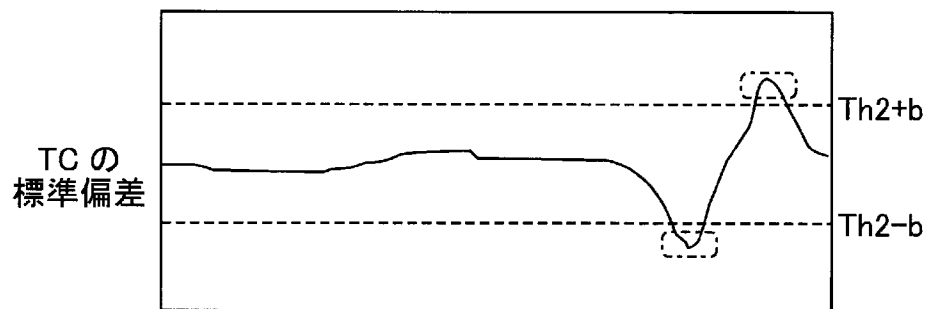
[図7]



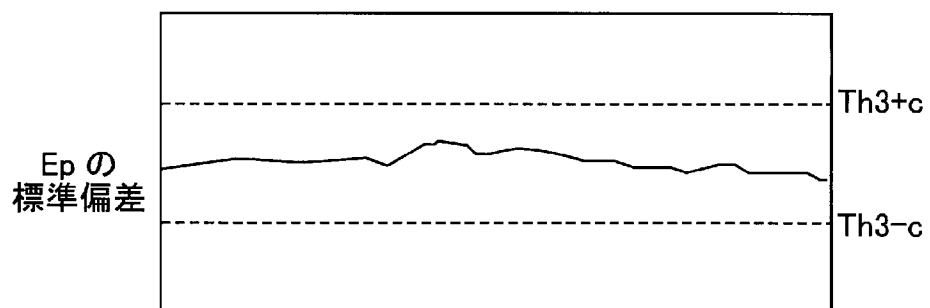
[図8A]



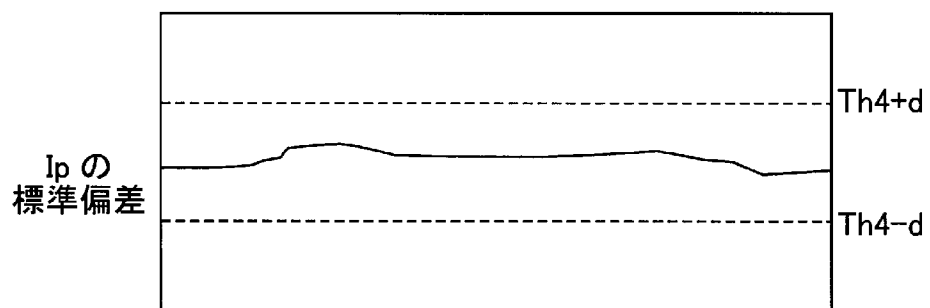
[図8B]



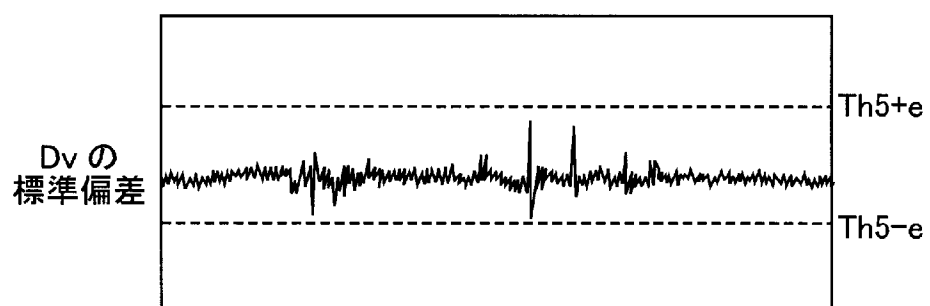
[図8C]



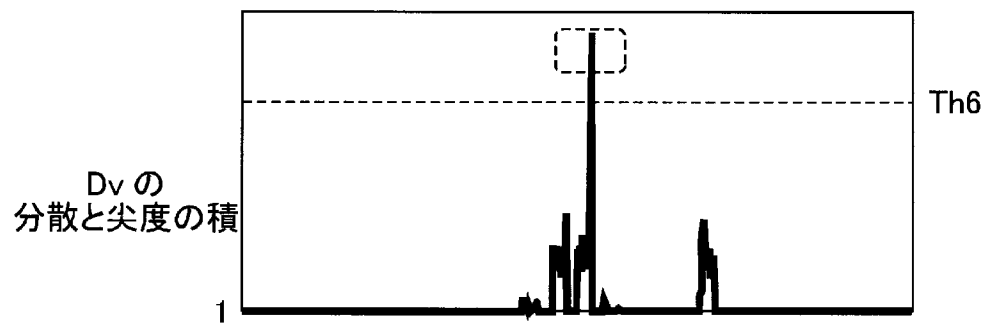
[図8D]



[図8E]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/032781

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G01B15/02 (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. G01B15/02

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 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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 2018-32561 A (JOB CORPORATION) 01 March 2018, paragraphs [0002]-[0072], fig. 1-6 & US 2018/0063934 A1, paragraphs [0002]-[0077], fig. 1-6	1-3
Y	JP 49-29666 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO., LTD.) 16 March 1974, page 1, lower left column, line 15 to page 2, lower left column, line 7, fig. 1, 2 (Family: none)	1-3
Y	JP 2002-100498 A (SHIMADZU CORP.) 05 April 2002, paragraphs [0011]-[0026], [0044], fig. 1-4 (Family: none)	1-3



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
16.11.2018

Date of mailing of the international search report
27.11.2018

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 REPORTInternational application No.
PCT/JP2018/032781

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 4-201963 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 22 July 1992, page 2, upper left column, last line to page 4, upper left column, page 8, fig. 1, 2 & KR 10-1995-0009214 B	1-3
Y	JP 8-64388 A (TOSHIBA CORP.) 08 March 1996, paragraphs [0001], [0014]-[0042], fig. 1-10 (Family: none)	1-3
A	US 5418830 A (SCAN-TECH S. A.) 23 May 1995, entire text, all drawings & GB 2266952 A	1-3

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01B15/02(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. G01B15/02

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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 2018-32561 A (株式会社ジョブ) 2018.03.01, [0002] - [0072]、図1-6 & US 2018/0063934 A1, [0002] - [0077]、図1-6	1-3
Y	JP 49-29666 A (東京芝浦電気株式会社) 1974.03.16, 第1頁左下欄第15行-第2頁左下欄第7行、第1-2図 (ファミリーなし)	1-3

☒ 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

16.11.2018

国際調査報告の発送日

27.11.2018

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)

眞岩 久恵

2S

4067

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
Y	JP 2002-100498 A (株式会社島津製作所) 2002. 04. 05, [0011] - [0026]、[0044]、図1-4 (ファミリーなし)	1-3
Y	JP 4-201963 A (三菱電機株式会社) 1992. 07. 22, 第2頁左上末行-第4頁左上第8頁、第1-2図 & KR 10-1995-0009214 B	1-3
Y	JP 8-64388 A (株式会社東芝) 1996. 03. 08, [0001]、[0014] - [0042]、図1-10 (ファミリーなし)	1-3
A	US 5418830 A (SCAN-TECH S. A.) 1995. 05. 23, 全文、全図 & GB 2266952 A	1-3