

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-80030

(P2009-80030A)

(43) 公開日 平成21年4月16日(2009.4.16)

(51) Int.Cl.
G 0 1 N 23/04 (2006.01)F 1
G 0 1 N 23/04テーマコード (参考)
2 G 0 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2007-249903 (P2007-249903)
(22) 出願日 平成19年9月26日 (2007. 9. 26)(71) 出願人 000147833
株式会社イシダ
京都府京都市左京区聖護院山王町4 4 番地
(74) 代理人 110000202
新樹グローバル・アイビー特許業務法人
(72) 発明者 栖原 一浩
滋賀県栗東市下鉤9 5 9 番地 1 株式会社
イシダ滋賀事業所内
(72) 発明者 杉本 一幸
滋賀県栗東市下鉤9 5 9 番地 1 株式会社
イシダ滋賀事業所内
Fターム(参考) 2G001 AA01 BA11 CA01 DA08 HA07
HA13 JA01 LA01 PA11

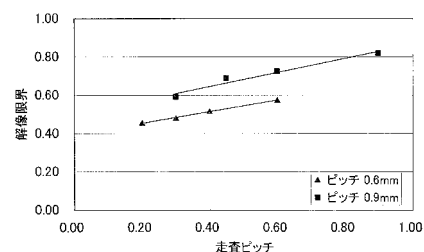
(54) 【発明の名称】 X線検査装置

(57) 【要約】

【課題】同じX線検出素子で検出可能な異物のサイズの範囲を従来よりも拡張する。

【解決手段】X線検査装置10は、コンベア12と、X線照射器13と、X線ラインセンサモジュール14と、制御コンピュータ20とを備える。コンベア12は、商品Gを所定の搬送方向に搬送する。X線照射器13は、搬送中の商品Gに対してX線を照射する。X線ラインセンサモジュール14は、フォトダイオード14aを有する。フォトダイオード14aは、商品Gを透過したX線の強さに応じたX線透視像信号を所定の走査間隔Tsで出力する。制御コンピュータ20は、X線透視像信号に基づいて商品Gへの異物の混入を検査する。第1値は、第2値よりも短縮または延長されている。第1値は、走査間隔Tsを搬送方向の長さに変換した値Psである。第2値は、フォトダイオード14aの搬送方向の長さLを示す値である。

【選択図】図9



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物品を所定の搬送方向に搬送する搬送部と、
搬送中の前記物品に対して X 線を照射する X 線照射部と、
前記物品を透過した X 線の強さに応じた検出信号を所定の走査間隔で出力する素子を有する X 線検出部と、
前記検出信号に基づいて前記物品への異物の混入を検査する信号処理部と、
を備え、
前記走査間隔を前記搬送方向の長さに換算した第 1 値は、前記素子の前記搬送方向の長さを示す第 2 値よりも短縮または延長されている、
X 線検査装置。

10

【請求項 2】

前記第 1 値は、前記第 2 値よりも短縮されている、
請求項 1 に記載の X 線検査装置。

【請求項 3】

前記第 1 値は、前記第 2 値よりも延長されている、
請求項 1 に記載の X 線検査装置。

【請求項 4】

前記走査間隔を変更するための設定変更部、
をさらに備える、
請求項 1 から 3 のいずれかに記載の X 線検査装置。

20

【請求項 5】

前記設定変更部は、設定された前記走査間隔に応じて前記 X 線照射部の照射量を変更する、
請求項 4 に記載の X 線検査装置。

【請求項 6】

前記走査間隔で得られる前記検出信号の示す濃度値を時系列につなぎ合せることにより X 線画像を生成する画像生成部、
をさらに備え、

前記信号処理部は、前記 X 線画像に画像処理を施すことにより前記物品への異物の混入を検査する、
請求項 1 から 5 のいずれかに記載の X 線検査装置。

30

【請求項 7】

前記 X 線画像を前記搬送方向に所定の倍率で変形させて表示する表示部、
をさらに備え、

前記所定の倍率とは、前記第 1 値を前記第 2 値で除した値である、
請求項 6 に記載の X 線検査装置。

【請求項 8】

前記第 1 値は、前記第 2 値の $2/3$ 以下である、
請求項 1 から 7 のいずれかに記載の X 線検査装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、X 線検査装置、特に、X 線検出部の走査間隔に特徴を有する X 線検査装置に関する。

【背景技術】

【0002】

食品などの商品の生産ラインにおいては、異物が混入している商品を出荷しないようにするために、例えば特許文献 1 に示すような X 線検査装置によって検査が為されることがある。このような X 線検査装置では、コンベア（搬送部）によって搬送されてくる物品（

50

商品)に対してX線を照射し、物品を透過したX線の強さを検出し、検出したX線の強さに応じたX線透視像信号を出力し、当該X線透視像信号に基づいて物品中にX線を大きく減衰させる異物が混入していないかどうかを判別している。

【特許文献1】特開平10-318943号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

従来のX線検査装置でよく用いられるX線検出素子としては、例えば、フォトダイオードがある。フォトダイオードを備えるX線検出モジュールは、多くの場合、受光したX線の強さに応じて発光するシンチレータを備えている。フォトダイオードは、シンチレータからの光の量に応じて電流を発生させて蓄積し、蓄積した電荷量を所定の時間間隔(走査間隔)で電気信号(X線透視像信号)に変換して出力する。

10

【0004】

そして、通常、この時間間隔は、フォトダイオードの物品の搬送方向の長さをLとすると、物品が搬送部によって距離L移動させられるのに要する時間に予め設定される。すなわち、フォトダイオードは、物品が距離L移動させられるたびに、その間に蓄積した電荷量に対応するX線透視像信号を出力する。こうすることで漏れなく重複なく、物品のあらゆる部位を撮像することができると考えられるからである。

【0005】

したがって、従来のX線検査装置では、検出可能な異物のサイズの範囲が、X線検出素子のサイズによって決定されてしまう。言い換えると、検出可能な異物のサイズの範囲が、X線検出モジュールをX線検査装置の本体に備え付けた時点で決定されてしまうことになる。これでは、1つのX線検出モジュールで、多種多様な異物に十分に対応することができない。

20

【0006】

本発明の課題は、同じX線検出素子で検出可能な異物のサイズの範囲を従来よりも拡張することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

第1発明にかかるX線検査装置は、搬送部と、X線照射部と、X線検出部と、信号処理部とを備える。搬送部は、物品を所定の搬送方向に搬送する。X線照射部は、搬送中の物品に対してX線を照射する。X線検出部は、素子を有する。素子は、物品を透過したX線の強さに応じた検出信号を所定の走査間隔で出力する。信号処理部は、検出信号に基づいて物品への異物の混入を検査する。第1値は、第2値よりも短縮または延長されている。第1値は、走査間隔を搬送方向の長さに換算した値である。第2値は、素子の搬送方向の長さを示す値である。

30

【0008】

ここでは、X線検出部の走査間隔が、従来よりも短い、または、長い値に設定されている。X線検出部の走査間隔を短くし解像度を上げると、信号処理部による比較的小さな異物(特に、素子の搬送方向の長さLよりも径の小さい異物)の検出精度が向上し、X線検出部の走査間隔を長くし解像度を下げると、信号処理部による比較的大きな異物(特に、素子の搬送方向の長さLよりも径の大きい異物)の検出精度が向上する。すなわち、同じX線検出素子で検出可能な異物のサイズの範囲が従来よりも拡張される。

40

【0009】

第2発明にかかるX線検査装置は、第1発明にかかるX線検査装置であって、第1値は、第2値よりも短縮されている。

【0010】

上述したように、従来のX線検査装置では、物品が搬送部によって距離L(素子の搬送方向の長さに同じ)移動させられるたびに、素子がある間に受光したX線の強さに応じた検出信号を出力するようになっている。これに対し、本願の発明者は、X線検出部の走査

50

間隔を短くすると、小さな異物、特に、素子の搬送方向の長さ L よりも径の小さな異物の検出精度が高くなることを発見し、実験により確認した。実験の結果の詳細については、後述する。「走査間隔を短くする」とは、物品が搬送部によって距離 L よりも短い所定の距離を移動させられるごとに（言い換えると、物品が距離 L を移動するのに要する時間よりも短い所定の時間が経過するごとに）、素子に X 線の検出信号を出力させることである。

【0011】

ここでは、異物の検出精度を上げるための工夫として、素子を小型化するのではなく、素子はそのままで、 X 線検出部の走査間隔を短くするという手法が採用されている。

【0012】

これにより、小さな異物、特に、素子の搬送方向の長さ L よりも径の小さな異物の検出精度を向上させることができる。

【0013】

第3発明にかかる X 線検査装置は、第1発明にかかる X 線検査装置であって、第1値は、第2値よりも延長されている。

【0014】

上述したように、従来の X 線検査装置では、物品が搬送部によって距離 L （素子の搬送方向の長さと同じ）移動させられるたびに、素子がある間に受光した X 線の強さに応じた検出信号を出力するようになっている。これに対し、ここでは、物品が搬送部によって距離 L よりも長い所定の距離を移動させられるごとに（言い換えると、物品が距離 L を移動するのに要する時間よりも長い所定の時間が経過するごとに）、素子が X 線の検出信号を出力する。そして、このように解像度が低くなると、大きな異物、特に、素子の搬送方向の長さ L よりも径の大きな異物の検出精度が向上することになる。

【0015】

なお、解像度が低くなると、比較的大きな異物の検出精度が向上する理由は、以下のとおりであると考えられる。

【0016】

解像度が低くなる、すなわち、画素サイズが大きくなると、1つの画素の中に1つの異物の像が完全に収まり易くなる。そうすると、1つの異物によって減衰された X 線の影響が1つの画素の濃度値に反映されることになる。一方、解像度が高く、画素サイズが小さい場合、1つの異物の影響が多数の画素に分散され、1つの画素の濃度値に現われる異物の影響が相対的に薄れてしまう。したがって、解像度が高くなると、異物を写す画素の濃度値と異物を写さない画素の濃度値との差によって異物の存在を検出しようとする場合などには、異物の存在を安定して検出することができなくなる。

【0017】

従来であれば「解像度が高ければ、小さな異物を検出でき、大きな異物については言うまでもなく検出できる」という技術思想の下、大きな異物に対しても高解像度での検出処理が施されてきた。ところが、本願では、「大きな異物に対しては、異物のサイズよりも1画素のサイズ、すなわち、素子のサイズを大きくなるように解像度を低くするほうが異物検査の精度が向上する」という新たな技術思想に基づいて X 線検査装置を構成している。

【0018】

これにより、大きな異物、特に、素子の搬送方向の長さ L よりも径の大きな異物の検出精度を向上させることができる。

【0019】

第4発明にかかる X 線検査装置は、第1発明から第3発明のいずれかにかかる X 線検査装置であって、設定変更部をさらに備える。設定変更部は、走査間隔を変更するためのものである。

【0020】

ここでは、 X 線検出部の走査間隔の設定変更が可能になっている。なお、この設定変更

10

20

30

40

50

は、例えば、オペレータの手動入力により行われるようになっていてもよいし、所定の条件が満たされる場合に自動的に行われるようになっていてもよい。さらに、手動入力により設定変更が行われる場合において、走査間隔の変更入力を直接的に行うことができるようになっていてもよいし、間接的に走査間隔を特定し得るパラメータの変更入力を行うことができるようになっていてもよい。なお、間接的に走査間隔を特定し得るパラメータとは、例えば、走査ピッチ（走査間隔ごとに物品の進む距離）や露光時間（走査間隔ごとに物品にX線が照射される時間）のことを言う。これにより、1台のX線検査装置を多種多様な異物の検出に用いることができる。

【0021】

第5発明にかかるX線検査装置は、第4発明にかかるX線検査装置であって、設定変更部は、設定された走査間隔に応じてX線照射部の照射量を変更する。

10

【0022】

ここでは、X線検出部の走査間隔が変更されると、それに合わせてX線照射部からのX線の照射量が自動的に変更される。例えば、走査間隔を長くする場合には、素子が飽和してしまわないように照射量を減らしたり、逆に、走査間隔を短くする場合には、照射量を増やしたりする。これにより、白とびや黒つぶれを避け、精度よく異物を検出することができる。

【0023】

第6発明にかかるX線検査装置は、第1発明から第5発明のいずれかにかかるX線検査装置であって、画像生成部をさらに備える。画像生成部は、走査間隔で得られる検出信号の示す濃度値を時系列につなぎ合わせるによりX線画像を生成する。信号処理部は、X線画像に画像処理を施すことにより物品への異物の混入を検査する。

20

【0024】

ここでは、X線画像に対する画像処理によって異物の存在が検出される。

【0025】

第7発明にかかるX線検査装置は、第6発明にかかるX線検査装置であって、表示部をさらに備える。表示部は、X線画像を搬送方向に所定の倍率で変形させて表示する。所定の倍率とは、第1値を第2値で除した値である。

【0026】

X線検査部の走査間隔を短縮または延長すると、得られるX線画像も搬送方向に引き伸ばされたものないし圧縮されたものとなる。ここでは、走査間隔を短縮し、X線画像が引き伸ばされていた場合には、表示画像をその分だけ圧縮し、一方、走査間隔を延長し、X線画像が圧縮されていた場合には、表示画像をその分だけ引き伸ばす。これにより、表示部上のX線画像を視認する人が物品の実際の状態を認識しやすくなる。

30

【0027】

第8発明にかかるX線検査装置は、第1発明から第7発明のいずれかにかかるX線検査装置であって、第1値は、第2値の2/3以下である。

【0028】

ここでは、走査間隔を搬送方向の長さに換算した値と、素子の搬送方向の長さとの比が2:3となっている。

40

【発明の効果】

【0029】

本発明では、X線検出部の走査間隔が、従来よりも短い、または、長い値に設定されている。X線検出部の走査間隔を短くし解像度を上げると、信号処理部による比較的小さな異物（特に、素子の搬送方向の長さLよりも径の小さい異物）の検出精度が向上し、X線検出部の走査間隔を長くし解像度を下げると、信号処理部による比較的大きな異物（特に、素子の搬送方向の長さLよりも径の大きい異物）の検出精度が向上する。すなわち、同じX線検出素子で検出可能な異物のサイズの範囲が従来よりも拡張される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

50

以下、図面を参照して、本発明の一実施形態にかかる X 線検査装置 10 について説明する。

【0031】

< X 線検査装置の構成 >

図 1 に、X 線検査装置 10 の外観を示す。X 線検査装置 10 は、食品などの商品 G の生産ラインに組み込まれており、連続的に搬送されてくる商品 G に対して X 線を照射することにより、商品 G の品質検査を行う装置である。X 線検査装置 10 では、品質検査の 1 つのとして、商品 G への異物混入の有無が検査される。この異物混入検査における検出対象異物は、X 線を大きく減衰させ得る物質であり、主として金属である。

【0032】

検体である商品 G は、図 6 に示すように、前段コンベア 60 によって X 線検査装置 10 のところまで運ばれてくる。商品 G は、X 線検査装置 10 において良品または不良品に分類される。X 線検査装置 10 での検査結果は、X 線検査装置 10 の下流側に配置されている振分機構 70 に送られる。振分機構 70 は、X 線検査装置 10 において良品と判断された商品 G を正規のラインコンベア 80 へと送り、X 線検査装置 10 において不良品と判断された商品 G を不良品貯留コンベア 90 へと送る。

【0033】

図 1、図 2 および図 5 に示すように、X 線検査装置 10 は、シールドボックス 11、コンベア 12、X 線照射器 13、X 線ラインセンサモジュール 14、タッチパネル機能付きの LCD モニタ 30、制御コンピュータ 20 などから構成されている。

【0034】

〔シールドボックス〕

シールドボックス 11 の両側面には、商品 G をシールドボックス 11 の内外に搬入出させるための開口 11a が形成されている。開口 11a は、シールドボックス 11 の外部への X 線の漏洩を防止するために、遮蔽ノレン 16 により塞がれている。遮蔽ノレン 16 は、鉛を含むゴムから成形されており、商品 G が開口 11a を通過する際に商品 G によって押しのけられる。

【0035】

そして、シールドボックス 11 内には、コンベア 12、X 線照射器 13、X 線ラインセンサモジュール 14、制御コンピュータ 20 等が収容されている。また、シールドボックス 11 の正面上部には、LCD モニタ 30 の他、キーの差し込み口および電源スイッチ等が配置されている。

【0036】

〔コンベア〕

コンベア 12 は、シールドボックス 11 内において商品 G を搬送するものであり、図 1 に示すように、シールドボックス 11 の両側面に形成された開口 11a を貫通するように配置されている。そして、コンベア 12 は、コンベアモータ 12a (図 5 参照) によって駆動される駆動ローラによって無端状のベルトを回転させながら、ベルト上に載置された商品 G を搬送する。

【0037】

コンベア 12 による搬送速度は、オペレータが入力した設定速度になるように、制御コンピュータ 20 によるコンベアモータ 12a のインバータ制御によって細かく制御される。また、コンベアモータ 12a には、コンベア 12 による搬送速度を検出して制御コンピュータ 20 に送るエンコーダ 12b (図 5 参照) が装着されている。

【0038】

〔X 線照射器〕

X 線照射器 13 は、図 2 に示すように、コンベア 12 の中央部の上方に配置されている X 線源であり、下方の X 線ラインセンサモジュール 14 に向けて扇状の照射範囲 X に X 線を照射する。

【0039】

〔 X 線ラインセンサモジュール 〕

X 線ラインセンサモジュール 1 4 は、図 4 に示すように、コンベア 1 2 の下方に配置されており、商品 G やコンベア 1 2 を透過してくる X 線を検出する。X 線ラインセンサモジュール 1 4 は、図 2 および図 4 に示すように、コンベア 1 2 による搬送方向に直交し、かつ、コンベア 1 2 の搬送面に平行な方向に一直線に配置された多数のフォトダイオード 1 4 a (画素センサ) を有している。フォトダイオード 1 4 a は、基板に実装されている。また、X 線ラインセンサモジュール 1 4 は、図 3 に示すように、シンチレータ 1 4 b を有している。シンチレータ 1 4 b は、フォトダイオード 1 4 a 上に配置されている。本実施形態では、シンチレータ 1 4 b として蛍光紙が用いられている。シンチレータ 1 4 b は、上方から入射してくる X 線を光に変換し、その光を下方のフォトダイオード 1 4 a に入射させる。フォトダイオード 1 4 a は、シンチレータ 1 4 b からの光の量に応じて電流を発生させて蓄積し、蓄積した電荷量を電気信号に変換して X 線透視像信号として制御コンピュータ 2 0 に出力する。X 線ラインセンサモジュール 1 4 は、かかる走査処理を予め設定されている走査間隔 T s で繰り返す。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 0 】

そして、図 3 に示すように、本実施形態では、各フォトダイオード 1 4 a の長さ L は、0 . 6 mm となっており、幅 W は、0 . 3 mm となっている。なお、長さ L は、コンベア 1 2 による搬送方向を基準としており、幅 W は、多数のフォトダイオード 1 4 a の整列する方向を基準としている。また、一列に並ぶ多数のフォトダイオード 1 4 a 間のピッチ P は、0 . 4 mm となっている。

【 0 0 4 1 】

〔 L C D モニタ 〕

L C D モニタ 3 0 は、フルドット表示の液晶ディスプレイであり、X 線画像や異物有無の判断結果を表示する。また、L C D モニタ 3 0 は、タッチパネル機能も有しており、検査時に必要となる検査パラメータの入力をオペレータに促す画面を表示し、オペレータからの検査パラメータの入力を受け付ける。

【 0 0 4 2 】

〔 制御コンピュータ 〕

制御コンピュータ 2 0 は、図 5 に示すように、C P U (中央演算処理装置) 2 1、R O M (リードオンリーメモリ) 2 2、R A M (ランダムアクセスメモリ) 2 3、H D D (ハードディスク) 2 5 および記憶メディア等を挿入するためのドライブ 2 4 を搭載している。

【 0 0 4 3 】

C P U 2 1 では、R O M 2 2 や H D D 2 5 に格納されている各種プログラムが実行される。H D D 2 5 には、検査パラメータや検査結果が保存蓄積される。検査パラメータについては、L C D モニタ 3 0 のタッチパネル機能を使ったオペレータからの入力によって変更が可能である。オペレータは、これらのデータが H D D 2 5 だけでなくドライブ 2 4 に挿入された記憶メディアにも保存蓄積されるように設定することができる。

【 0 0 4 4 】

さらに、制御コンピュータ 2 0 は、L C D モニタ 3 0 でのデータ表示を制御する表示制御回路 (図示せず)、L C D モニタ 3 0 を介してオペレータにより入力されたキー入力データを取り込むキー入力回路 (図示せず)、プリンタ等の外部機器や L A N (ローカルエリアネットワーク) 等のネットワークとの接続を可能にする通信ポート (図示せず) なども備えている。

【 0 0 4 5 】

そして、制御コンピュータ 2 0 の各部 2 1 ~ 2 5 は、アドレスバスやデータバス等のバスラインを介して相互に接続されている。

【 0 0 4 6 】

また、制御コンピュータ 2 0 は、コンベアモータ 1 2 a、エンコーダ 1 2 b、光電センサ 1 5、X 線照射器 1 3、X 線ラインセンサモジュール 1 4、L C D モニタ 3 0 等に接続

されている。

【 0 0 4 7 】

光電センサ 1 5 は、検体である商品 G が扇状の X 線の照射範囲 X (図 2 参照) を通過するタイミングを検知するための同期センサであり、主として、コンベア 1 2 を挟んで配置される一対の投光器および受光器から構成されている。

【 0 0 4 8 】

< X 線検査装置の動作 >

〔オペレータによる走査間隔 T s の設定変更〕

オペレータは、実際の検査処理に先立つキャリブレーション時に、LCD モニタ 3 0 のタッチパネル機能を使って X 線ラインセンサモジュール 1 4 の走査ピッチ P s (第 1 値) の設定変更が可能である。走査ピッチ P s とは、フォトダイオード 1 4 a が X 線透視像信号を一度出力してから次に出力するまでの間の、コンベア 1 2 による商品 G の移動距離である。すなわち、商品 G がコンベア 1 2 によって走査ピッチ P s に等しい距離だけ移動させられるたびに、フォトダイオード 1 4 a はその間に蓄積した電荷量に応じた X 線透視像信号を出力する。

【 0 0 4 9 】

走査ピッチ P s のデフォルト値は、フォトダイオード 1 4 a の長さ L (第 2 値) (本実施形態では、0 . 6 mm) と等しい値に設定されている。そして、オペレータは、検出対象異物のサイズに応じて、走査ピッチ P s をデフォルト値よりも短くなるように、または、長くなるように変更することができる。より具体的には、走査ピッチ P s を、デフォルト値の 1 / 4 倍、1 / 3 倍、1 / 2 倍、2 / 3 倍、3 / 2 倍、2 倍、3 倍、4 倍と変更することができる。

【 0 0 5 0 】

走査ピッチ P s をデフォルト値の 1 / 4 倍、1 / 3 倍、1 / 2 倍、2 / 3 倍のいずれかに変更した場合、すなわち、X 線ラインセンサモジュール 1 4 の走査間隔 T s を短くし、商品 G の X 線画像の解像度を上げた場合には、制御コンピュータ 2 0 による異物検出処理における比較的小さな異物 (特に、フォトダイオード 1 4 a の長さ L よりもコンベア 1 2 による搬送方向に径の小さい異物) の検出精度が向上することになる。一方、走査ピッチ P s をデフォルト値の 3 / 2 倍、2 倍、3 倍、4 倍のいずれかに変更した場合、すなわち、X 線ラインセンサモジュール 1 4 の走査間隔 T s を長くし、商品 G の X 線画像の解像度を下げた場合には、制御コンピュータ 2 0 による異物検出処理における比較的大きな異物 (特に、フォトダイオード 1 4 a の長さ L よりもコンベア 1 2 による搬送方向に径の大きい異物) の検出精度が向上することになる。

【 0 0 5 1 】

そして、オペレータが LCD モニタ 3 0 を介して走査ピッチ P s の変更入力を行うと、その入力情報は LCD モニタ 3 0 から制御コンピュータ 2 0 に送られる。一方、制御コンピュータ 2 0 は、コンベア 1 2 の搬送速度に基づいて走査ピッチ P s を X 線ラインセンサモジュール 1 4 の走査間隔 T s に換算し、当該走査間隔 T s で走査処理を行うように X 線ラインセンサモジュール 1 4 の走査処理に関する制御パラメータを変更する。なお、コンベア 1 2 の搬送速度についても、オペレータによる LCD モニタ 3 0 のタッチパネル機能を用いた設定変更が可能となっている。

【 0 0 5 2 】

また、制御コンピュータ 2 0 は、算出した走査間隔 T s に合わせて X 線照射器 1 3 による照射量を決定し、当該照射量で照射を行うように X 線照射器 1 3 の制御パラメータを変更する。なお、制御コンピュータ 2 0 は、走査間隔 T s に基づいて照射量を算出可能な算出式を予め保持しているものとする。そして、この算出式によると、走査ピッチ P s が長くなれば長くなるほど、X 線画像の画素が白とびしないように照射量が少なくなり、走査ピッチ P s が短くなれば短くなるほど、X 線画像の画素が黒つぶれしないように照射量が多くなる。

【 0 0 5 3 】

〔 X 線画像の作成処理および表示処理 〕

制御コンピュータ 20 は、商品 G が扇状の X 線の照射範囲 X (図 2 参照) を通過するときに X 線ラインセンサモジュール 14 の各フォトダイオード 14 a から出力される X 線透視像信号を細かい時間間隔 (走査間隔 T_s) で取得し、取得した X 線透視像信号に基づいて商品 G の X 線画像を作成する。なお、商品 G が扇状の X 線の照射範囲 X を通過するタイミングは、光電センサ 15 からの信号により判断される。すなわち、制御コンピュータ 20 は、X 線ラインセンサモジュール 14 の各フォトダイオード 14 a から得られる X 線の濃度値に関する走査間隔 T_s 毎のデータをマトリクス状に時系列につなぎ合わせることで、商品 G を写す X 線画像を作成する。

【 0054 】

10

なお、X 線画像の作成処理に用いられる制御パラメータは、走査ピッチ P_s の設定変更によっては変更されないようになっている。したがって、得られる X 線画像は、走査ピッチ P_s をデフォルト値 ($L = 0.6 \text{ mm}$) よりも短くなるように設定している場合には、商品 G の搬送方向に $L / P_s (> 1)$ の割合で引き伸ばされることになり、走査ピッチ P_s をデフォルト値 ($L = 0.6 \text{ mm}$) よりも長くなるように設定している場合には、商品 G の搬送方向に $L / P_s (< 1)$ の割合で圧縮されることになる。

【 0055 】

そこで、制御コンピュータ 20 は、LCD モニタ 30 に商品 G の X 線画像を表示する際には、表示する X 線画像を商品 G の搬送方向に引き伸ばし、または、圧縮する。より具体的には、走査ピッチ P_s がデフォルト値 ($L = 0.6 \text{ mm}$) よりも短くなるように設定されていた場合には、X 線画像を商品 G の搬送方向に $P_s / L (< 1)$ の割合で圧縮し、走査ピッチ P_s がデフォルト値 ($L = 0.6 \text{ mm}$) よりも長くなるように設定されていた場合には、X 線画像を商品 G の搬送方向に $P_s / L (> 1)$ の割合で引き伸ばす。これにより、LCD モニタ 30 に表示される X 線画像を視認するオペレータが商品 G の実際の状態をより正確に捉えることができる。

20

【 0056 】

〔 異物検出処理 〕

制御コンピュータ 20 は、画像作成処理により得られた X 線画像に画像処理を施すことにより、商品 G への異物混入の有無を判断する。当該異物検査で採用される画像処理の方式には、2 つの判断方式 (トレース検出方式および 2 値化検出方式) がある。これらの判断方式による判断の結果、少なくとも 1 つの方式に基づく処理において異物が検出された場合には、その商品 G は不良品として取り扱われることになる。この場合、制御コンピュータ 20 は、LCD モニタ 30 に不良品表示を行うとともに、振分機構 70 にその商品 G を不良品貯留コンベア 90 に振り分けるよう指示を送る。

30

【 0057 】

トレース検出方式は、商品 G の大まかな厚さに沿って予め閾値を設定しておき、商品 G の X 線画像上に当該閾値よりも暗く現れる領域が存在した場合に商品 G に異物が混入していると判断する方式である。この方式では、比較的小さな異物を検出することが可能である。

【 0058 】

40

2 値化検出方式は、商品 G の X 線画像上に予め設定した閾値よりも暗く現れる領域が存在した場合に商品 G に異物が混入していると判断する方式である。この方式では、比較的大きな異物を検出することが可能である。

【 0059 】

また、X 線画像にマスクを設定することも可能となっている。マスクは、例えば、商品 G の容器部分などに対して設定される。マスクが設定されると、X 線画像のマスクの施されていない領域に対して上記方式と同様の処理が行われる。

【 0060 】

なお、各方式における閾値やマスクについても、オペレータによる LCD モニタ 30 のタッチパネル機能を用いた設定変更が可能となっている。

50

【 0 0 6 1 】

< X線検査装置の特徴 >

従来の方式では、X線ラインセンサモジュール14の走査間隔 T_s は、コンベア12が商品Gをフォトダイオード14aの長さ L に等しい距離移動させるのに要する時間に予め設定されることになる。商品Gが距離 L 移動するたびに、当該移動方向に長さ L のフォトダイオード14aによってX線（より詳細には、当該移動方向に長さ L の商品Gの微小部位を透過したX線）を検出するのであれば、漏れなく重複なく物品のあらゆる部位を撮像することになると考えられるからである。

【 0 0 6 2 】

ところが、本願の発明者は、走査間隔 T_s をこのような従来の思想の下に設定される値よりも短くすると、異物検出処理において検出可能な異物のサイズが小さくなることを発見した。X線検査装置10は、このような発見に基づいて設計されたものであり、走査間隔 T_s の設定変更が可能になっている。

10

【 0 0 6 3 】

従来、小さな異物の検出精度を上げるべくX線画像の鮮鋭度を上げるための工夫としては、フォトダイオードを小型化するという方法が採用されてきた。しかしながら、こうした方法では、処理負荷が増し、検査速度が低下するとともに、より高価なX線ラインセンサモジュールを必要とすることになる。また、X線ラインセンサモジュールの交換なく検出可能な異物のサイズの範囲も狭い。

【 0 0 6 4 】

これに対し、本願では、走査間隔 T_s を短くするようにソフトウェア的な設定変更を行うことにより、X線ラインセンサモジュールを交換することなく、小さな異物、特に、フォトダイオード14aの長さ L よりも径の小さな異物の検出精度を向上させることができる。なお、本発明は、特に、うどんやピラフのような背景変化の大きな検体に含まれる微小異物の検出精度を向上させる。

20

【 0 0 6 5 】

また、逆に、走査間隔 T_s を長くするようにソフトウェア的な設定変更を行い、解像度を低くすると、X線ラインセンサモジュールを交換することなく、大きな異物、特に、フォトダイオード14aの長さ L よりも径の大きな異物の検出精度を向上させることができる。

30

【 0 0 6 6 】

なお、解像度が低くなると、比較的大きな異物の検出精度が向上する理由は、以下のとおりであると考えられる。

【 0 0 6 7 】

解像度が低くなる、すなわち、画素サイズが大きくなると、1つの画素の中に1つの異物の像が完全に収まり易くなる。そうすると、1つの異物によって減衰されたX線の影響が1つの画素の濃度値に反映されることになる。一方、解像度が高く、画素サイズが小さい場合、1つの異物の影響が多数の画素に分散され、1つの画素の濃度値に現われる異物の影響が相対的に薄れてしまう。したがって、解像度が高くなると、異物を写す画素の濃度値と異物を写さない画素の濃度値との差によって異物の存在を検出しようとする場合などには、異物の存在を安定して検出することができなくなる。

40

【 0 0 6 8 】

従来であれば「解像度が高ければ、小さな異物を検出でき、大きな異物については言うまでもなく検出できる」という技術思想の下、大きな異物に対しても高解像度での検出処理が施されてきた。ところが、本願では、「大きな異物に対しては、異物のサイズよりも1画素のサイズ、すなわち、X線検出素子のサイズを大きくなるように解像度を低くするほうが異物検査の精度が向上する」という新たな技術思想に基づいてX線検査装置10を構成している。

【 0 0 6 9 】

< 変形例 >

50

〔 1 〕

上記実施形態では、LCDモニタ30がX線ラインセンサモジュール14の走査ピッチPsの変更入力を受け付けており、制御コンピュータ20が入力された走査ピッチPsに基づいて走査間隔Tsを自動的に算出している。しかしながら、LCDモニタ30が走査間隔Tsの変更入力を直接的に受け付けるようになっていてもよいし、あるいは、間接的に走査間隔Tsを特定し得るその他のパラメータの変更入力を受け付けるようになっていてもよい。その他のパラメータとしては、例えば、1回の走査中の露光時間や検出対象異物のサイズなどが考えられる。

【 0 0 7 0 】

〔 2 〕

フォトダイオード14aの長さL、幅WおよびピッチPは、上述した値に限定されず、他のサイズであってもよい。

【 0 0 7 1 】

〔 3 〕

X線検査装置10では、走査ピッチPsをデフォルト値の1/4倍、1/3倍、1/2倍、2/3倍、3/2倍、2倍、3倍、4倍に変更可能になっているが、他の倍率での設定変更が可能になっていてもよい。すなわち、例えば、走査ピッチPsをデフォルト値の1/4倍以下に設定可能になっていてもよいし、デフォルト値の4倍以上に設定可能になっていてもよい。また、倍率ではなく、走査ピッチPsの具体的な値を直接設定できるようになっていてもよい。

【 0 0 7 2 】

さらに、走査ピッチPsのデフォルト値も、上述したものに限定されない。すなわち、走査ピッチPsのデフォルト値が、フォトダイオード14aの長さLと等しくなくてもよい。

【 0 0 7 3 】

〔 4 〕

異物検出処理においては、上述した方式以外の方式を採用することも可能である。

【 0 0 7 4 】

〔 5 〕

制御コンピュータ20にかかる処理は、X線検査装置10の本体と別に設けられた装置において実行されるようになっていてもよい。例えば、制御コンピュータ20から各種データがネットワークを介して別体のコンピュータに送られ、上記処理の全部または一部が当該コンピュータにおいて実行されるようになっていてもよい。

【 0 0 7 5 】

< 実験結果 >

以下、図7～図10を参照しつつ、X線ラインセンサモジュールの走査ピッチPsと異物の検出精度との関係性を調べるために行った2つの実験の結果について説明する。

【 0 0 7 6 】

〔 実験 1 〕

実験1では、長さLのフォトダイオードを有する2種類のX線ラインセンサモジュールを使用し、走査ピッチPsをそれぞれ4段階に変更させながら、変調伝達関数と空間周波数との関係性を調べた。なお、長さLは、検体の搬送方向を基準としている。より具体的には、 $(L, Ps) = (0.60\text{ mm}, 0.60\text{ mm}), (0.60\text{ mm}, 0.40\text{ mm}), (0.60\text{ mm}, 0.30\text{ mm}), (0.60\text{ mm}, 0.20\text{ mm}), (0.90\text{ mm}, 0.90\text{ mm}), (0.90\text{ mm}, 0.60\text{ mm}), (0.90\text{ mm}, 0.45\text{ mm}), (0.90\text{ mm}, 0.30\text{ mm})$ とした計8つの場合についてのデータを収集し、変調伝達関数と空間周波数との関係性をプロットしたところ、図7のようになった。なお、図7に示すグラフの横軸、すなわち、空間周波数 $[LP/mm]$ は、黒白のラインペアが単位長さ (1.00 mm) あたりに何ペア含まれているのかを表している。すなわち、 1.00 LP/mm は、 1.00 mm の中に 0.50 mm の黒ラインと 0.50 mm の白のライ

10

20

30

40

50

ンとが 1 本ずつ含まれていることを意味する。

【 0 0 7 7 】

図 8 は、上記 8 つそれぞれの場合についての、変調伝達関数の値が 0 . 0 5 となるときの空間周波数の値をまとめたものである。図 8 中の解像限界〔mm〕は、空間周波数の逆数（1 ラインペアの合計幅）を 2（1 ラインペア中のライン数）で除した値である。なお、一般に、変調伝達関数の値が 0 . 0 5 となるところが、人間の目の識別限界であると言われている。したがって、図 8 に示す解像限界は、人間の目で識別可能な異物の幅の限界値を表していると言える。

【 0 0 7 8 】

さらに、図 9 は、図 8 に示す解像限界と走査ピッチ P_s との関係をプロットしたグラフである。

10

【 0 0 7 9 】

実験 1 からは、走査ピッチ P_s を短縮すると、解像限界も引き下げられ、より小さいサイズの異物の検出が可能となることが分かる。

【 0 0 8 0 】

〔実験 2〕

実験 2 では、直径 $M = 0 . 3 0 \text{ mm}$, $0 . 4 0 \text{ mm}$, $0 . 5 0 \text{ mm}$, $0 . 6 0 \text{ mm}$, $0 . 7 0 \text{ mm}$, $0 . 8 0 \text{ mm}$ の 6 種類の SUS（ステンレス）球を混入させた冷凍うどんのパックを検体として、長さ $L = 0 . 6 0 \text{ mm}$ のフォトダイオードを有する X 線ラインセンサモジュールを使用し、走査ピッチ $P_s = 0 . 3 0 \text{ mm}$, $0 . 6 0 \text{ mm}$ の 2 種類に設定した上で、実際に異物が検出されるか否かを測定した。なお、長さ L は、検体の搬送方向を基準としている。

20

【 0 0 8 1 】

図 10 は、当該測定を、それぞれの条件につき 20 回ずつ行ったときの、異物が検出された回数を示している。

【 0 0 8 2 】

実験 1 と同様に、実験 2 から、走査ピッチ P_s を短縮すると、より小さなサイズの異物の検出が可能となることが分かる。特に、フォトダイオードの長さ L よりも径の小さな異物の検出精度が高くなることが分かる。

【産業上の利用可能性】

30

【 0 0 8 3 】

本発明は、同じ X 線検出素子で検出可能な異物のサイズの範囲が従来よりも拡張されるという効果を有し、X 線検査装置、特に、X 線検出部の走査間隔に特徴を有する X 線検査装置として有用である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 8 4 】

【図 1】X 線検査装置の外観斜視図。

【図 2】X 線検査装置のシールドボックス内部の概略構成図。

【図 3】（A）X 線ラインセンサモジュールの概略平面図。（B）X 線ラインセンサモジュールの概略側面図。

40

【図 4】X 線検査の原理を示す模式図。

【図 5】X 線検査装置の制御ブロック図。

【図 6】X 線検査装置の前後の様子を示す図。

【図 7】実験 1 における空間周波数と変調伝達関数との関係をプロットしたグラフを示す図。

【図 8】実験 1 における走査ピッチと空間周波数と解像限界との関係を示す表を示す図。

【図 9】実験 1 における走査ピッチと解像限界との関係をプロットしたグラフを示す図。

【図 10】実験 2 の結果を示す図。

【符号の説明】

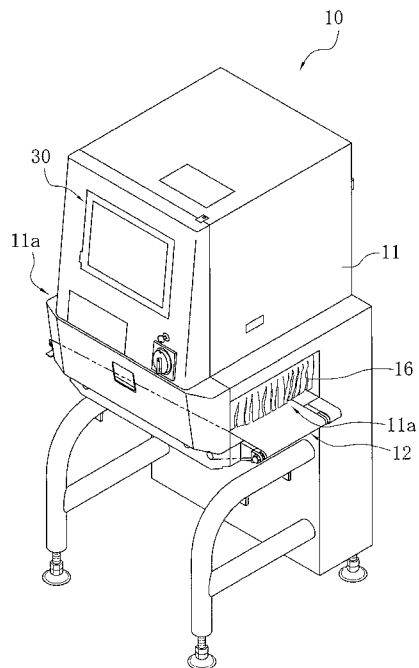
【 0 0 8 5 】

50

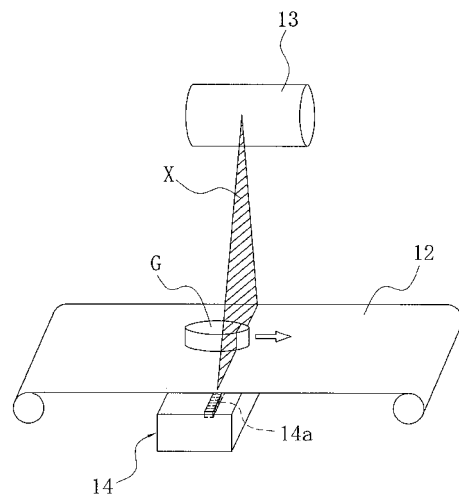
- 1 0 X線検査装置
- 1 2 コンベア（搬送部）
- 1 3 X線照射器（X線照射部）
- 1 4 X線ラインセンサモジュール（X線検出部）
- 1 4 a フォトダイオード（素子）
- 1 4 b シンチレータ
- 2 0 制御コンピュータ（信号処理部、設定変更部）
- 3 0 L C D モニタ（表示部、設定変更部）
- G 商品（物品）
- L フォトダイオードの長さ
- W フォトダイオードの幅
- P フォトダイオード間のピッチ
- P s 走査ピッチ
- T s 走査間隔

10

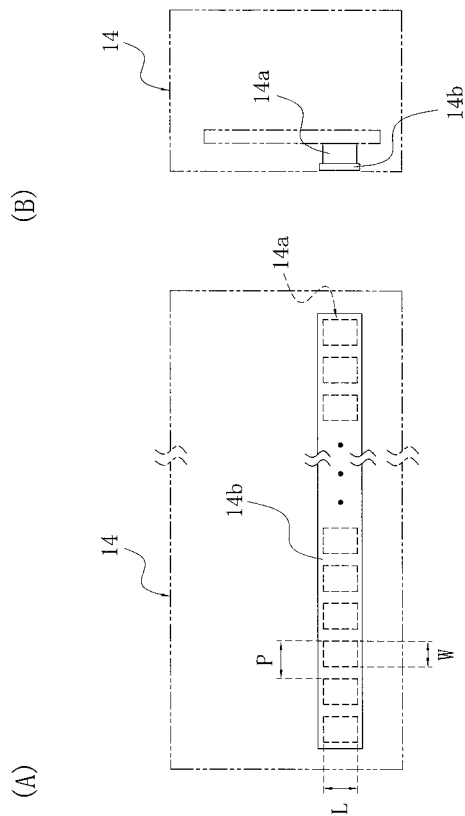
【図 1】



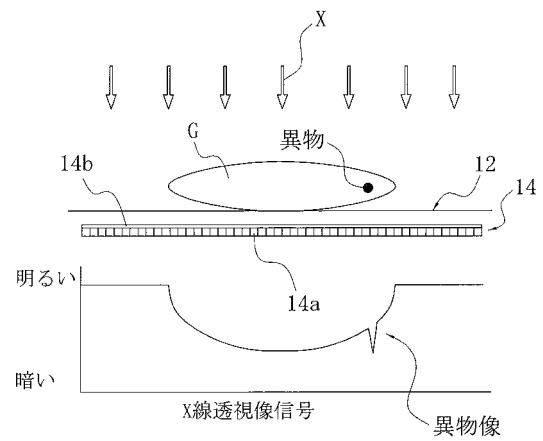
【図 2】



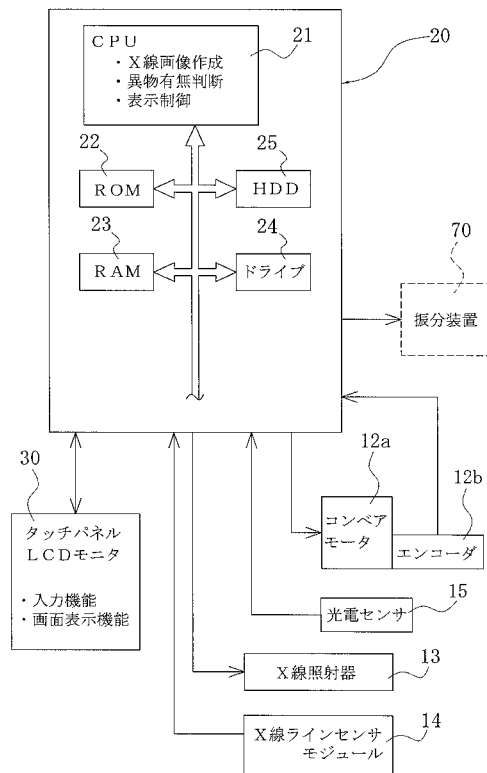
【図 3】



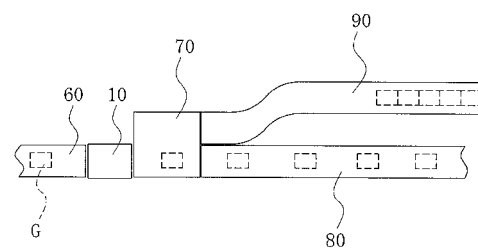
【図 4】



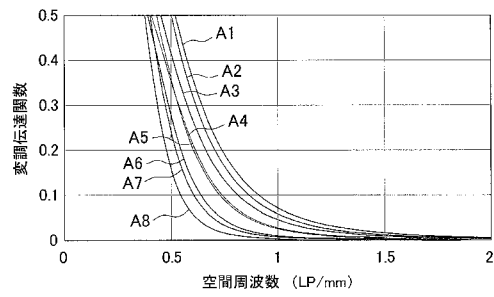
【図 5】



【図 6】



【図 7】



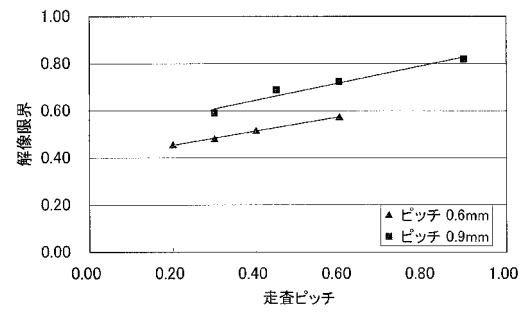
A1 (0.60, 0.20)	A2 (0.60, 0.30)	A3 (0.60, 0.40)	A4 (0.60, 0.60)
A5 (0.90, 0.30)	A6 (0.90, 0.45)	A7 (0.90, 0.60)	A8 (0.90, 0.90)

【図 8】

素子長さL(mm)	走査ピッチPs(mm)	空間周波数(LP/mm)	解像限界(mm)
0.60	0.60	0.87	0.57
	0.40	0.97	0.52
	0.30	1.04	0.48
	0.20	1.10	0.45
0.90	0.90	0.61	0.82
	0.60	0.69	0.72
	0.45	0.73	0.68
	0.30	0.85	0.59

*変調伝達関数の値=0.05の場合

【図 9】



【図 10】

SUS球の直径M(mm)	Ps=0.30mm	Ps=0.60mm
0.80	20/20	20/20
0.70	20/20	18/20
0.60	17/20	6/20
0.50	12/20	0/20
0.40	1/20	0/20
0.30	0/20	0/20