

(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2015-121563

(P2015-121563A)

(43) 公開日 平成27年7月2日(2015.7.2)

(51) Int.Cl.

GO1N 23/18

(2006.01)

F 1

GO1N 23/18

テーマコード(参考)

2 G001

審査請求 有 請求項の数 11 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2015-71479 (P2015-71479)	(71) 出願人	000236436 浜松ホトニクス株式会社 静岡県浜松市東区市野町1126番地の1
(22) 出願日	平成27年3月31日 (2015.3.31)	(74) 代理人	100088155 弁理士 長谷川 芳樹
(62) 分割の表示	特願2013-232222 (P2013-232222) の分割	(74) 代理人	100113435 弁理士 黒木 義樹
原出願日	平成20年11月11日 (2008.11.11)	(74) 代理人	100140442 弁理士 柴山 健一
		(74) 代理人	100136722 弁理士 ▲高▼木 邦夫
		(72) 発明者	須山 敏康 静岡県浜松市東区市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内

最終頁に続く

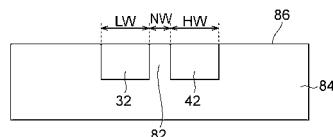
(54) 【発明の名称】放射線検出装置、放射線画像取得システム、放射線検査システム、及び放射線検出方法

(57) 【要約】

【課題】対象物中の異物等の検出精度を向上させる放射線画像取得システムを提供する。

【解決手段】X線画像取得システム1は、対象物SにX線源からX線を照射し、対象物Sを透過したX線を検出する。X線画像取得システム1は、対象物Sを透過するX線を検出して第1放射線画像データを生成する検出器32と、不感帶領域82を挟んで検出器32と並列に配置され対象物Sを透過するX線を検出して第2放射線画像データを生成する検出器42と、検出器32で生成される第1放射線画像データと検出器42で生成される第2放射線画像データとが互いに対応するように、高周波信号を生成する位同期回路を用いて、検出器42の検出タイミングを制御するタイミング制御部50とを備える。

【選択図】図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

対象物に放射線源から放射線を照射して、該対象物を透過した放射線を検出する放射線検出装置であって、

前記対象物を透過する放射線を検出して第1放射線画像データを生成する第1検出器と、

所定領域を挟んで前記第1検出器と並列に配置され、前記対象物を透過する放射線を検出して第2放射線画像データを生成する第2検出器と、

前記第1検出器で生成される第1放射線画像データと前記第2検出器で生成される第2放射線画像データとが互いに対応するように、高周波信号を生成する高周波回路又は高周波発振器を用いて、少なくとも前記第2検出器の検出タイミングを制御するタイミング制御部と、を備え、

前記タイミング制御部は、前記高周波回路又は高周波発振器で生成される前記高周波信号を用いて、第1の制御パルス信号及び第2の制御パルス信号を生成し、前記第1の制御パルス信号を前記第1検出器に出力し且つ前記第2の制御パルス信号を前記第2検出器に出力し、

前記第1検出器は、前記第1の制御パルス信号に基づいて前記放射線を検出して前記第1放射線画像データを生成し、

前記第2検出器は、前記第2の制御パルス信号に基づいて前記放射線を検出して前記第2放射線画像データを生成する、放射線検出装置。

【請求項 2】

前記高周波信号の周波数は、前記第1検出器及び前記第2検出器を駆動させるための駆動クロックの周波数の100倍以上である、請求項1に記載の放射線検出装置。

【請求項 3】

前記高周波回路は、位相同期回路である、請求項1又は2に記載の放射線検出装置。

【請求項 4】

前記第1検出器は第1のエネルギー範囲における放射線を検出し、前記第2検出器は第2のエネルギー範囲における放射線を検出する、請求項1～3の何れか一項に記載の放射線検出装置。

【請求項 5】

前記第1検出器用の前記第1の制御パルス信号と前記第2検出器用の前記第2の制御パルス信号とは同周期である、請求項1～4の何れか一項に記載の放射線検出装置。

【請求項 6】

対象物に放射線源から放射線を照射し、該対象物を透過した放射線を検出して該対象物を検査する放射線検査システムであって、

前記放射線源として放射線を前記対象物に照射する放射線照射器と、

請求項1～5の何れか一項に記載の放射線検出装置と、

前記放射線照射器による前記放射線の照射方向と交差する方向に前記対象物を搬送する搬送部と、

前記第1放射線画像データと前記第2放射線画像データとを合成して合成画像を生成する合成画像生成部と、を備える、放射線検査システム。

【請求項 7】

対象物に放射線を照射する放射線源と、放射線を検出する第1検出器と、所定領域を挟んで前記第1検出器と並列して配置され放射線を検出する第2検出器と、高周波信号を生成する高周波回路又は高周波発振器を用いて前記第1検出器及び前記第2検出器での放射線の検出タイミングを制御するタイミング制御部とを備えた放射線検出装置における放射線検出方法であって、

前記放射線源が前記対象物に放射線を照射する照射工程と、

前記照射工程で照射されて前記対象物を透過した放射線を前記第1検出器が検出して第1放射線画像データを生成する第1検出工程と、

10

20

30

40

50

前記照射工程で照射されて前記対象物を透過した放射線を前記第2検出器が検出して第2放射線画像データを生成する第2検出工程と、

前記第1検出工程で生成される第1放射線画像データと前記第2検出工程で生成される第2放射線画像データとが互いに対応するように、少なくとも前記第2検出工程での検出タイミングを前記タイミング制御部が制御するタイミング制御工程と、を含み、

前記タイミング制御工程では、前記高周波回路又は高周波発振器で生成される前記高周波信号を用いて、第1の制御パルス信号及び第2の制御パルス信号を生成し、前記第1の制御パルス信号を前記第1検出器に出力し且つ前記第2の制御パルス信号を前記第2検出器に出力し、

前記第1検出工程では、前記第1の制御パルス信号に基づいて前記放射線を検出して前記第1放射線画像データを生成し、

前記第2検出工程では、前記第2の制御パルス信号に基づいて前記放射線を検出して前記第2放射線画像データを生成する、放射線検出方法。

【請求項8】

前記高周波回路又は高周波発振器で生成される前記高周波信号の周波数は、前記第1検出器及び前記第2検出器を駆動させるための駆動クロックの周波数の100倍以上である、請求項7に記載の放射線検出方法。

【請求項9】

前記高周波回路が位相同期回路である、請求項7又は8に記載の放射線検出方法。

【請求項10】

前記第1検出工程において前記第1検出器は第1のエネルギー範囲における放射線を検出し、前記第2検出工程において前記第2検出器は第2のエネルギー範囲における放射線を検出する、請求項7～9の何れか一項に記載の放射線検出方法。

【請求項11】

前記第1検出器用の前記第1の制御パルス信号と前記第2検出器用の前記第2の制御パルス信号とは同周期である、請求項7～10の何れか一項に記載の放射線検出方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、放射線検出装置、放射線画像取得システム、放射線検査システム、及び放射線検出方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、食品や医薬品等の被検査物である対象物にX線を透過させて、その透過X線画像から対象物中の異物の有無を検査することが広く行われている。このような検査には、X線を対象物に照射するX線源と、このX線源から対象物に照射されたX線の透過画像を検出する直線状のラインセンサとを備えたX線画像の取得装置が用いられている。

【0003】

ところで、エネルギー弁別機能を有しない1つのラインセンサで透過X線を検出する場合、エネルギー弁別機能を有しないことから、対象物中に含まれる異物の組成の相違（例えば、食肉検査において骨なのか肉なのか、又は軟骨、異物なのかといった違い）や厚さの相違により、検出精度が低下することがある。そこで、異なるエネルギー範囲のX線を検出する2つのラインセンサを並列に配置して、これら2つのラインセンサで検出されたX線画像から差分データ像であるサブトラクション像を取得して、対象物中に含まれる異物の組成や厚さに関係なく検出精度を向上させることが提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

10

20

30

40

50

【特許文献1】特開平10-318943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、本発明者らの検討によれば、並列に配置された2つのラインセンサで検出生成された対象物のX線画像からサブトラクション像を得ようとするとき、サブトラクション像において異物等を示す画像部分のエッジが不明瞭になる場合があることがわかった。そのため、2つのラインセンサを用いるだけでは、対象物中に含まれる異物の検出を精度良く行うことができない場合があった。

【0006】

そこで、本発明は、かかる課題に鑑みて為されたものであり、対象物に含まれる異物等の検出精度を向上させることができる放射線検出装置、放射線画像取得システム、放射線検査システム、及び放射線検出方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明に係る放射線検出装置は、対象物に放射線源から放射線を照射して、該対象物を透過した放射線を検出する放射線検出装置であって、対象物を透過する放射線を検出して第1放射線画像データを生成する第1検出器と、所定領域を挟んで第1検出器と並列に配置され、対象物を透過する放射線を検出して第2放射線画像データを生成する第2検出器と、第1検出器で生成される第1放射線画像データと第2検出器で生成される第2放射線画像データとが互いに対応するように、高周波信号を生成する高周波回路又は高周波発振器を用いて、少なくとも第2検出器の検出タイミングを制御するタイミング制御部と、を備え、タイミング制御部は、高周波回路又は高周波発振器で生成される高周波信号を用いて、第1の制御パルス信号及び第2の制御パルス信号を生成し、第1の制御パルス信号を第1検出器に出力し且つ第2の制御パルス信号を第2検出器に出力し、第1検出器は、第1の制御パルス信号に基づいて放射線を検出して第1放射線画像データを生成し、第2検出器は、第2の制御パルス信号に基づいて放射線を検出して第2放射線画像データを生成する。

【0008】

また、本発明に係る放射線検出方法は、対象物に放射線を照射する放射線源と、放射線を検出する第1検出器と、所定領域を挟んで第1検出器と並列して配置され放射線を検出する第2検出器と、高周波信号を生成する高周波回路又は高周波発振器を用いて第1検出器及び第2検出器での放射線の検出タイミングを制御するタイミング制御部とを備えた放射線検出装置における放射線検出方法であって、放射線源が対象物に放射線を照射する照射工程と、照射工程で照射されて対象物を透過した放射線を第1検出器が検出して第1放射線画像データを生成する第1検出工程と、照射工程で照射されて対象物を透過した放射線を第2検出器が検出して第2放射線画像データを生成する第2検出工程と、第1検出工程で生成される第1放射線画像データと第2検出工程で生成される第2放射線画像データとが互いに対応するように、少なくとも第2検出工程での検出タイミングをタイミング制御部が制御するタイミング制御工程と、を含み、タイミング制御工程では、高周波回路又は高周波発振器で生成される高周波信号を用いて、第1の制御パルス信号及び第2の制御パルス信号を生成し、第1の制御パルス信号を第1検出器に出力し且つ第2の制御パルス信号を第2検出器に出力し、第1検出工程では、第1の制御パルス信号に基づいて放射線を検出して第1放射線画像データを生成し、第2検出工程では、第2の制御パルス信号に基づいて放射線を検出して第2放射線画像データを生成する。

【0009】

この放射線検出装置及び放射線検出方法では、タイミング制御部が、第1検出器で生成される放射線画像データと第2検出器で生成される放射線画像データとが互いに対応するように、高周波信号を生成する高周波回路又は高周波発振器を用いて、少なくとも第2検出器の検出タイミングを制御するようになっている。タイミング制御部は、高周波回路又

10

20

30

40

50

は高周波発振器で生成される高周波信号を用いて、制御用の信号である第1の制御パルス信号及び第2の制御パルス信号を生成するため、きめ細やかな制御を行うことができる。その結果、対象物に含まれる異物等の検出精度を向上させることができる。

【0010】

高周波信号の周波数は、第1検出器及び第2検出器を駆動させるための駆動クロックの周波数の100倍以上であってもよい。

【0011】

高周波回路は、位相同期回路であってもよい。

【0012】

第1検出器は第1のエネルギー範囲における放射線を検出し、第2検出器は第2のエネルギー範囲における放射線を検出してよい。10

【0013】

第1検出器用の第1の制御パルス信号と第2検出器用の第2の制御パルス信号とは同周期であってもよい。

【0014】

本発明に係る放射線検査システムは、対象物に放射線源から放射線を照射し、該対象物を透過した放射線を検出して該対象物を検査する放射線検査システムであって、放射線源として放射線を対象物に照射する放射線照射器と、上記した放射線検出装置と、放射線照射器による放射線の照射方向と交差する方向に対象物を搬送する搬送部と、第1放射線画像データと第2放射線画像データとを合成して合成画像を生成する合成画像生成部と、を備える。このような放射線検査システムによれば、対象物に含まれる異物の検査や手荷物検査等を精度よく行うことができる。20

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、対象物に含まれる異物等の検出精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本実施形態に係るX線画像取得システムの斜視図である。

【図2】本実施形態に係るX線画像取得システムの概略構成図である。

【図3】本実施形態に係るデュアルエナジセンサの側面図である。30

【図4】異物が含まれる対象物を示す図である。

【図5】比較例に係るX線画像取得システムの各検出器の制御パルス信号を示す図である。

【図6】比較例に係るX線画像取得システムで生成される各エネルギーセンサ画像と各エネルギー出力を示す図である。

【図7】(a)は、本実施形態に係るX線画像取得システムの各検出器の制御パルス信号を示す図であり、(b)は、制御パルス信号を生成するための高周波信号を示す図である。

【図8】本実施形態に係るX線画像取得システムで生成される各エネルギーセンサ画像と各エネルギー出力を示す図である。

【図9】対象物Sが厚みを有する場合の照射領域を示す図であり、(a)は、低エネルギー検出器で検出される領域を示す図であり、(b)は、高エネルギー検出器で検出される領域を示す図である。

【図10】図9で示す検出領域が一致した場合を示す図である。

【図11】図9で示す検出領域が一致していない場合を示す図である。

【図12】エネルギー画像補正部の別の実施形態を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、図面を参照しつつ本発明に係るX線画像取得システムの好適な実施形態について説明する。なお、図面の説明においては同一又は相当部分には同一符号を付し、重複する

10

20

30

40

50

説明を省略する。

【0018】

図1は、本実施形態に係るX線画像取得システムの斜視図である。また、図2は、本実施形態に係るX線画像取得システムの概略構成図である。図1及び図2に示されるように、X線画像取得システム（放射線画像取得システム、放射線検査システム）1は、対象物SにX線源（放射線源）からX線（放射線）を照射し、照射されたX線のうち対象物Sを透過した透過X線を複数のエネルギー範囲で検出する装置である。X線画像取得システム1は、透過X線画像を用いて対象物Sに含まれる異物検出や手荷物検査等を行う。このようなX線画像取得システム1は、ベルトコンベア（搬送部）10、X線照射器（放射線照射器）20、低エネルギー画像取得部30、高エネルギー画像取得部40、タイミング制御部50、タイミング算出部60及び画像処理装置（合成画像生成部、合成画像出力部）70を備えている。低エネルギー画像取得部30、高エネルギー画像取得部40及びタイミング制御部50からデュアル画像取得装置（放射線検出装置）80が構成される。

10

【0019】

ベルトコンベア10は、図1に示すように、対象物Sが載置されるベルト部12を備える。ベルトコンベア10は、ベルト部12を搬送方向A（図1の左側の上流側から図1の右側の下流側）に移動させることで、対象物Sを所定の搬送速度で搬送方向Aに搬送する。対象物Sの搬送速度は、例えば4.8m／分である。ベルトコンベア10は、必要に応じて、ベルトコンベア制御部14により、例えば2.4m／分や9.6m／分といった搬送速度に速度を変更することができる。また、ベルトコンベア制御部14は、ベルト部12の高さ位置を変更することができる。ベルト部12の高さ位置を変更することで、X線照射器20と対象物Sとの距離（後述する「FOD」に相当）を変更させることができる。この変更により、低エネルギー画像取得部30及び高エネルギー画像取得部40で取得されるX線透過像の解像度を変更させることができるとなる。なお、ベルトコンベア10で搬送される対象物Sとしては、例えば、食肉等の食品やタイヤなどのゴム製品、セキュリティ・安全のための手荷物検査や貨物検査、その他に樹脂製品や金属製品、鉱物など資源材料、分別や資源回収（リサイクル）のための廃棄物、電子部品等など広くあげることができる。

20

【0020】

X線照射器20は、X線源としてX線を対象物Sに照射する装置である。X線照射器20は、点光源であり、一定の照射方向に所定の角度範囲でX線を拡散させて照射する。X線照射器20は、X線の照射方向がベルト部12に向けられると共に拡散するX線が対象物Sの幅方向（搬送方向Aと交差する方向）全体に及ぶように、ベルト部12から所定の距離を離れてベルト部12の上方に配置される。また、X線照射器20は、対象物Sの長さ方向（搬送方向Aと平行な方向）においては、長さ方向における所定の分割範囲が照射範囲とされ、対象物Sがベルトコンベア10で搬送方向Aへ搬送されることにより、対象物Sの長さ方向全体に対してX線が照射されるようになっている。

30

【0021】

低エネルギー画像取得部30は、低エネルギー検出器（第1検出器）32と低エネルギー画像補正部34と備えている。

40

【0022】

低エネルギー検出器32は、X線照射器20から照射されたX線のうち対象物Sを透過した低エネルギー範囲（第1のエネルギー範囲）のX線を検出して、低エネルギー画像データ（第1放射線画像データ）を生成する。低エネルギー検出器32は、例えば、対象物Sの幅と同等以上の長さを備えた直線状のラインセンサからなり、X線の検出面がX線照射器20に対向した状態で搬送方向Aと直交するようにベルト部12の上流側の下方に配置される。

【0023】

低エネルギー画像補正部34は、低エネルギー検出器32で生成された低エネルギー画像データを増幅及び補正する部分である。低エネルギー画像補正部34は、低エネルギー画像データを増幅するアンプ34a、アンプ34aで増幅された低エネルギー画像データをA／D変換するA／D変換部34b、A／D変換部34bで変換された低エネルギー画像データに対し

50

て所定の補正処理を行う補正回路 34c、補正回路 34c で補正された画像データを外部出力する出力インターフェイス 34d を備えている。

【0024】

高エネルギー画像取得部 40 は、高エネルギー検出器（第2検出器）42 と高エネルギー画像補正部 44 と備えている。

【0025】

高エネルギー検出器 42 は、X線照射器 20 から照射された X 線のうち対象物 S を透過した高エネルギー範囲（第2のエネルギー範囲）の X 線を検出して、高エネルギー画像データ（第2放射線画像データ）を生成する。高エネルギー検出器 42 は、例えば、対象物 S の幅と同等以上の長さを備えた直線状のラインセンサからなり、X 線の検出面が X 線照射器 20 に対向した状態で搬送方向 A と直交するようにベルト部 12 の下流側の下方に配置される。なお、低エネルギー検出器 32 で検出される低エネルギー範囲と高エネルギー検出器 42 で検出される高エネルギー範囲とは、明確に区別されるものではなく、エネルギー範囲がある程度、重なるようになっている。10

【0026】

高エネルギー画像補正部 44 は、高エネルギー検出器 42 で生成された高エネルギー画像データを増幅及び補正する部分である。高エネルギー画像補正部 44 は、高エネルギー画像データを増幅するアンプ 44a、アンプ 44a で増幅された高エネルギー画像データを A/D 変換する A/D 変換部 44b、A/D 変換部 44b で変換された高エネルギー画像データに対して所定の補正処理を行う補正回路 44c、補正回路 44c で補正された画像データを外部出力する出力インターフェイス 44d を備えている。20

【0027】

ここで、低エネルギー検出器 32 及び高エネルギー検出器 42 について詳細に説明する。図 1 及び図 3 に示すように、低エネルギー検出器 32 は、搬送方向 A に沿った感知幅が LW のラインセンサである。また、高エネルギー検出器 42 は、搬送方向 A に沿った感知幅が HW のラインセンサである。この感知幅 LW と感知幅 HW とは、本実施形態では、同一幅となっており、例えば 0.8 mm である。そして、このような感知幅 LW を有する低エネルギー検出器 32 と感知幅 HW を有する高エネルギー検出器 42 とは、搬送方向 A すなわちラインセンサである各検出器の短手方向に沿って不感帯幅 NW を有する不感帶領域（所定の領域）82 を挟んで並列にベース 84 上に配置固定され、半導体検出器であるデュアルエナジセンサ 86 を構成する。30

【0028】

このデュアルエナジセンサ 86 では、低エネルギー画像と高エネルギー画像とにおける視差（X 線源からの X 線の入射経路の差）ができるだけ小さくするため、両検出器 32, 42 間の距離ができるだけ狭くなるように設定されている。このため、不感帶領域 82 の不感帯幅 NW は、各検出器 32, 42 での電子が他方の検出器に流れ込まない程度の最小限の厚みを備えて、極力、狭くなるように設定される。このような不感帯幅 NW は、本実施形態では、例えば 0.4 mm であり、各検出器 32, 42 の感知幅 LW, HW (0.8 mm) より狭くなっている。

【0029】

なお、デュアルエナジセンサ 86 を構成する低エネルギー検出器 32 と高エネルギー検出器 42 としては、例えば、高エネルギーセンサ上に低エネルギーカット用のフィルタを配置したエネルギー弁別機能を備えたものを用いてもよい。また、低エネルギー範囲の X 線を可視光に変換するシンチレータや高エネルギー範囲の X 線を可視光に変換するシンチレータを用いて、両検出器 32, 42 に異なる波長感度を持たせて、異なるエネルギー範囲を検出できるようにしたものでもよい。なお、異なる波長感度を持つシンチレータ上にフィルタを配置してもよい。更に、CdTe（テルル化カドミウム）などの直接変換方式によるエネルギー弁別機能を備えたものでもよい。

【0030】

タイミング制御部 50 は、低エネルギー検出器 32 での透過 X 線の検出タイミングと高工

エネルギー検出器 4 2 での透過 X 線の検出タイミングとを制御するものである。タイミング制御部 5 0 は、低エネルギー検出器 3 2 に対しては、図 7 (a) に示されるような所定周期の低エネルギーセンサ用制御パルスを出力する。また、タイミング制御部 5 0 は、高エネルギー検出器 4 2 に対しては、低エネルギーセンサ用制御パルスと同周期であってパルスの立ち上がり箇所が所定時間 T (以下、「遅延時間 T 」と記す場合ある) 遅延する高エネルギーセンサ用制御パルス信号を出力する。このような制御パルスが入力されると、各検出器 3 2 , 4 2 は、各制御パルスの 1 周期単位で受光する透過 X 線を各周期が終了する度に画像データとして出力する。

【 0 0 3 1 】

この遅延時間 T は、図 5 に示すような所定周期の制御パルス信号が低エネルギー検出器 3 2 と高エネルギー検出器 4 2 とに同時に入力された場合に、低エネルギー検出器 3 2 で検出及び生成される低エネルギー画像データと高エネルギー検出器 4 2 で検出及び生成される高エネルギー画像データとの間で発生する画像ズレ分に相当するものである。すなわち、遅延時間 T は、デュアルエナジセンサ 8 6 における不感帯領域 8 2 の不感帯幅 NW や、この不感帯領域 8 2 を対象物 S が通過する速度 (つまり搬送速度 M) などによって決まる調整時間である。

【 0 0 3 2 】

タイミング制御部 5 0 がこの遅延時間 T を含む制御パルス信号を生成する場合には、PLL (PhaseLockedLoop : 位相同期回路) 等を用いて図 7 (b) に示されるタイミング制御用の高周波信号を生成する。このような高周波信号としては、例えば、エネルギー検出器 3 2 , 4 2 などにおいてセンサ駆動に要するピクセルクロックが 2 0 0 k H z 程度で駆動していた場合には、その 1 0 0 倍程度の高周波である 2 0 M H z 以上の信号を用いると細やかに制御できる。センサ駆動のピクセルクロックが 1 M H z 程度の場合には同様に 1 0 0 M H z 以上の信号を用いれば細やかな制御ができる。高周波信号の周波数が高いほど、搬送速度 M やピクセルクロック等の変化に対して柔軟に対応することができ、きめ細やかな制御が行える。なお、PLL に代えて、遅延信号用の高周波発振器を用いて遅延制御パルス信号を生成するようにしてもよい。

【 0 0 3 3 】

タイミング制御部 5 0 は、このような PLL 等を用いて生成された高周波信号から遅延時間 T を含む制御パルス信号を生成する。そして、タイミング制御部 5 0 は、遅延時間 T に基づいて低エネルギー検出器 3 2 や高エネルギー検出器 4 2 での透過 X 線を検出するタイミングを制御して、低エネルギー画像データと高エネルギー画像データとがそれぞれ対応するようにして、画像ずれを低減させる。

【 0 0 3 4 】

タイミング算出部 6 0 は、タイミング制御部 5 0 で用いる検出タイミングである遅延時間 T を算出するものである。タイミング算出部 6 0 は、デュアルエナジセンサ 8 6 における不感帯領域 8 2 の不感帯幅 NW やこの不感帯領域 8 2 を対象物 S が通過する速度 (つまり搬送速度 M) に基づき、遅延時間 T を下記式 (1) により算出する。なお、本実施形態では説明を容易にするため、図 2 に示す F O D (Focus Object Distance : 線源物体間距離) と、X 線照射器 2 0 と各検出器 3 2 , 4 2 との距離である F D D (Focus Detector Distance : 線源センサ間距離) とが等しくて、X 線透過像の拡大がない場合 (すなわち拡大率 R が 1 の場合) を例にとって説明するが、拡大率 R はこれに限定されない。

$$T = NW / M \cdots (1)$$

式 (1) により、低エネルギー検出器 3 2 の検出タイミングに対する高エネルギー検出器 4 2 の検出タイミングの遅延時間 T が算出される。そして、タイミング算出部 6 0 は、算出された遅延時間 T を、検出タイミングとしてタイミング制御部 5 0 に出力する。なお、不感帯幅 NW や搬送速度 M は、入力部等を介してタイミング算出部 6 0 に入力される。

【 0 0 3 5 】

画像処理装置 7 0 は、低エネルギー検出器 3 2 で検出及び生成された低エネルギー画像データと高エネルギー検出器 4 2 で検出及び生成された高エネルギー画像データとの差分データを

10

20

30

40

50

求める演算処理を行い、合成画像であるエネルギーサブトラクション像を生成する装置である。画像処理装置70に入力される両エネルギー画像データは、タイミング制御部50により、互いの画像データが対応するように検出タイミングが制御されている。画像処理装置70は、演算処理により生成したエネルギーサブトラクション像をディスプレイ等に出力表示する。この出力表示により、対象物Sに含まれる異物等を目視で確認することができる。なお、エネルギーサブトラクション像を出力表示せずに、データ出力のみを行って画像データ上での検出処理により画像データから直接、対象物Sに含まれる異物等を検出するようにしてよい。

【0036】

ここで、タイミング制御部50で用いられる検出タイミングの遅延時間Tの算出方法と作用について、対象物S(図4参照)の透過X線画像を取得して、対象物Sに含まれる異物Oを検出する場合を例として説明する。説明に用いる対象物Sは、搬送方向Aに沿った方向の長さが4.0mmであり、各検出器32,42の感知幅LW,HW(以下、「画素ピッチ」ともいう)よりも小さい異物O(長さOWが0.6mm)が所定の位置に含まれるものと想定する。各検出器32,42の感知幅LW,HWは、共に0.8mmであり、長さ4.0mmの対象物S全体の幾何学的に縮小のない形状、すなわち0.8mmの検出幅で0.8mm以下の長さを検査する透過X線画像を取得するには、5つ以上の分割画像データがそれぞれ必要となる。また、ベルトコンベア10の搬送速度は、0.8mm/ミリ秒(48m/分)とする。なお、説明を容易にするため、対象物Sの厚みは、厚みによるぼけが生じない程度の薄さとし、また、上述したように、図2に示すFODとFDDとが等しくX線透過像の拡大がないもの(拡大率Rが1)とする。

10

20

20

30

40

【0037】

まず、比較例として、検出タイミングの遅延時間Tを用いずに対象物Sの放射線画像を取得する場合について、図5及び図6を用いて説明する。この場合、搬送速度0.8mm/ミリ秒で搬送方向Aに搬送される対象物SのX線画像を取得するために、タイミング制御部50は、図5に示すように、低エネルギー検出器32と高エネルギー検出器42との検出タイミングが同じである同周期の制御パルスを、低エネルギー検出器32と高エネルギー検出器42とに同時に出力して、各検出器32,42で0.8mm毎の分割画像データを取得する。

【0038】

図6(a)のラインPに対応する低エネルギー検出器32の画素が出力する低エネルギー出力を図6(d)に示す。同様に、図6(a)のラインPに対応する高エネルギー検出器42の画素が出力する高エネルギー出力を図6(e)に示す。対象物Sの前方に位置する第1の分割範囲S1(最初の0.8mm分)が低エネルギー検出器32の撮像領域である検出面上部を通過する際、低エネルギー検出器32は、低エネルギー範囲における対象物Sの第1の分割範囲S1を撮像して、図6(b)に示すように、まず、第1の分割画像データS1Lを生成する。その後、対象物Sは、0.8mm/ミリ秒の搬送速度で移動し、1ミリ秒後には、対象物Sの第1の分割範囲S1のうち、先端の0.4mmに相当する部分が高エネルギー検出器42の撮像領域である検出面上部に、残りの0.4mmに相当する部分が不感帶領域82の上部に位置する。この比較例では、同じタイミングの制御パルスで両エネルギー検出器32,42でのX線検出が制御されているため、上述したように、対象物Sの一部が不感帶領域82の上部に位置した状態で、高エネルギー検出器42は、対象物Sの第1の分割範囲S1(第1分割画像データS1L)に相当する第1分割画像データS1Hを生成する。なお、高エネルギー検出器42で第1分割画像データS1Hを生成するのと同時に、低エネルギー検出器32は、第1の分割範囲S1に続く第2の分割範囲Sの分割画像データS2Lを生成する。

40

【0039】

低エネルギー検出器32で生成された第1の分割画像データS1Lと、高エネルギー検出器42で生成された第1の分割画像データS1Hとの間には、不感帶領域82の不感帶幅NW及びその不感帶領域を対象物Sが移動する速度(つまり搬送速度M)とに基づくズレが

50

生じている。そして、同周期で同時に出力される制御パルス信号で制御される低エネルギー検出器32と高エネルギー検出器42とは、このズレを維持したまま、透過X線を連続して検出し、残りの分割画像データを生成する。その結果、対象物Sからの透過X線を低エネルギー範囲で検出する低エネルギー検出器32は、図6(b)に示すような低エネルギー画像のための分割画像データ($S_{1L}, S_{2L}, S_{3L}, S_{4L}, S_{5L}$ の5つの分割画像データ)を生成する。一方、対象物Sからの透過X線を高エネルギー範囲で検出する高エネルギー検出器42は、図6(c)に示すような高エネルギー画像のための分割画像データ($S_{1H}, S_{2H}, S_{3H}, S_{4H}, S_{5H}, S_{6H}$ の6つの分割画像データ)を生成する。

【0040】

ここで、図6(b)に示される分割画像データと図6(c)に示される分割画像データとについて比較検討すると、不感帯幅NW及び搬送速度Mに基づくズレにより、対象物Sを基準とした両分割画像データ間での対応が取られていない。そのため、例えば、異物O部分のデータを最も多く含む箇所は、低エネルギー検出器32による低エネルギー画像では、分割画像データ S_{4L} といった1つの画像データであるのに対し、高エネルギー検出器42による高エネルギー画像では、図6(c)に示すように、分割画像データ S_{4H} と S_{5H} の2つの分割画像データにまたがっている。そして、この低エネルギー画像に対応する低エネルギー出力は、図6(d)に示すように、分割画像 S_{4L} に対応する一画素ピッチのみで検出値が顕著に変化し、異物Oの含有位置を示すようになっているのに対し、高エネルギー画像に対応する高エネルギー出力は、図6(e)に示すように、分割画像データ S_{4H} と S_{5H} とに対応する2画素ピッチで検出値がやや変化し(例えば低エネルギー出力での検出値変化の半分程度)、異物Oの含有位置を大まかに示すようになっている。その結果、検出値の変化箇所及び変化量が、両エネルギー出力において異なってしまっている。

【0041】

画像処理装置70は、このように検出値の変化箇所及び変化量が異なる検出値データ(図6(d)及び(e)参照)に基づいてサブトラクション像を得ようとすると、異物Oに起因する検出値の変化箇所と変化量とが不明瞭となり、対象物Sにおける異物Oの位置が精度よく示されたサブトラクション像を得ることができなくなる。また、各検出値データに対応する分割画像データがそれぞれずれていることにより、図6(f)に示す各エッジ部分の輝度の立ち上がり箇所が不鮮明ともなる。その結果、対象物Sにおける異物Oの位置が精度よく示されたサブトラクション像を得ることが一層難しくなってしまう。このように、低エネルギー検出器32での検出タイミングと高エネルギー検出器42での検出タイミングとを精度良く制御しないと、上述したようなズレやボケにより、異物検知の精度が低下する場合がある。

【0042】

次に、このようなズレやボケの発生を防止するために、検出タイミングの遅延時間Tを用いて対象物Sの低エネルギー画像と高エネルギー画像とが対応するように両エネルギー画像を取得する場合について、図7及び図8を用いて説明する。

【0043】

この場合、搬送速度0.8mm/ミリ秒で搬送方向Aに搬送される対象物SのX線画像を取得するために、タイミング制御部50は、図7に示すように、低エネルギー検出器32での検出タイミングに対して高エネルギー検出器42の検出タイミングが所定時間T遅延する同周期の制御パルスを、低エネルギー検出器32と高エネルギー検出器42とに出力して、各検出器32, 42で0.8mm毎の分割画像データを取得する。

【0044】

すなわち、対象物Sの前方の第1の分割範囲 S_1 (最初の0.8mm分)が低エネルギー検出器32の撮像領域である検出面上部を通過する際、低エネルギー検出器32は、低エネルギー範囲における対象物Sの第1の分割範囲 S_1 を撮像して、図8(b)に示すように、まず、第1の分割画像データ S_{1L} を生成する。その後、対象物Sは、0.8mm/ミリ秒の搬送速度で移動し、1ミリ秒後には、対象物Sの第1の分割範囲 S_1 のうち先端の0.4mmに相当する部分が高エネルギー検出器42の撮像領域である検出面上部に、残りの

10

20

30

40

50

0.4mmに相当する部分が不感帯領域S2の上部に位置する。遅延時間Tを用いる本実施形態では、対象物Sの前方の所定の分割位置が不感帯領域S2の上部に位置しないように対象物Sを0.4mm更に移動させるまでの時間、高エネルギー検出器42でのX線検出が遅延される。この遅延時間Tは、上述した条件では、式(1)から、0.5ミリ秒として算出される。

【0045】

高エネルギー検出器42は、遅延時間Tが0.5ミリ秒とされた高エネルギーセンサ用制御パルス信号により、対象物Sの第1の分割範囲S1が不感帯領域S2を過ぎた状態、つまり対象物Sの第1の分割範囲S1すべてが高エネルギー検出器42の検出面上部に達した際に、対象物Sの第1の分割範囲S1に相当する第1の分割画像データ S_{1H} を取得する。
なお、高エネルギー検出器42で第1の分割画像データ S_{1H} を生成する前(遅延時間Tが経過する前)に、低エネルギー検出器32は、第1の分割画像データ S_{1L} に続く第2の分割画像データ S_{2L} を生成する。

10

【0046】

低エネルギー検出器32で生成された第1の分割画像データ S_{1L} と、高エネルギー検出器42で生成された第1の分割画像データ S_{1H} との間には、不感帯領域S2の不感帯幅NW及びその不感帯領域S2を対象物Sが移動する速度(つまり搬送速度M)に基づくズレがなく、図8(b)及び(c)に示すように、両画像データが対応するようになっている。そして、不感帯幅NW等に基づく遅延時間Tを考慮して同周期で出力される制御パルス信号で制御される低エネルギー検出器32と高エネルギー検出器42とは、両画像データが対応したまま、透過X線を連続して検出し、残りの分割画像データを生成する。その結果、対象物Sからの透過X線を低エネルギー範囲で検出する低エネルギー検出器32は、図8(b)に示すような低エネルギー画像のための分割画像データ($S_{1L}, S_{2L}, S_{3L}, S_{4L}, S_{5L}$ の5つの分割画像データ)を生成し、対象物Sからの透過X線を高エネルギー範囲で検出する高エネルギー検出器42は、図8(c)に示すような高エネルギー画像のための分割画像データ($S_{1H}, S_{2H}, S_{3H}, S_{4H}, S_{5H}$ の5つの分割画像データ)を生成する。そして、両画像データは、対象物Sでの画像範囲がそれぞれ対応するようになっている。

20

【0047】

ここで、図8(b)に示される分割画像データと図8(c)に示される分割画像データとについて比較検討すると、不感帯幅NW及び搬送速度Mに基づく遅延時間Tにより、対象物Sを基準とした両分割画像データ間での対応が取られている。そのため、例えば、異物O部分のデータを最も多く含む箇所は、低エネルギー検出器32による低エネルギー画像では、分割画像データ S_{4L} といった1つの画像データであり、高エネルギー検出器42による低エネルギー画像でも分割画像データ S_{4H} といった1つの画像データである。そして、低エネルギー画像に対応する低エネルギー出力は、図8(d)に示すように、分割画像 S_{4L} に対応する一画素ピッチのみで検出値が顕著に変化し、異物Oの含有位置を示すようになっており、また、高エネルギー画像に対応する高エネルギー出力も、図8(e)に示すように、分割画像データ S_{4H} に対応する一画素ピッチのみで検出値が顕著に変化し、異物Oの含有位置を示すようになっている。その結果、検出値の変化箇所及び変化量が、両エネルギー出力において一致するようになっている。なお、異物Oは必ずしも1つの分割画像に含まれている必要はなく、低エネルギー画像での異物Oが含まれる分割画像と高エネルギー画像での異物Oが含まれる分割画像とが一致していればよい。

30

40

【0048】

画像処理装置70は、このように検出値の変化箇所及び変化量が一致する検出値データ(図8(d)及び(e)参照)に基づいてサブトラクション像を得ようとする、異物Oに起因する検出値の変化箇所と変化量とが明瞭となり、対象物Sにおける異物Oの位置が精度よく示されたサブトラクション像を得ることができる。また、各検出値データに対応する分割画像データがそれぞれ対応していることにより、図8(f)に示す各エッジ部分の輝度の立ち上がり箇所が鮮明ともなる。その結果、対象物Sにおける異物Oの位置が一

50

層精度よく示されたサブトラクション像を得ることができる。このように、低エネルギー検出器32での検出タイミングと高エネルギー検出器42での検出タイミングとが、不感帯幅NW及び搬送速度Mに基づく遅延時間Tにより、精度良く制御されていることにより、上述したようなズレやボケによる異物検知の精度の低下を防止でき、精度よい異物の検出が可能となる。

【0049】

以上説明したように、このX線画像取得システム1では、タイミング制御部50が、低エネルギー検出器32で生成される低エネルギー画像データと高エネルギー検出器42で生成される高エネルギー画像データとが互いに対応するように、不感帯領域82の不感帯幅NWと搬送速度Mとに基づいて、少なくとも高エネルギー検出器42の検出タイミングが遅延するように制御している。これにより、不感帯領域82の存在によって低エネルギー検出器32での検出タイミングに対してズレ(遅延等)が生じていた高エネルギー検出器42での検出タイミングが調整され、低エネルギー検出器32で生成される低エネルギー画像データと高エネルギー検出器42で生成される高エネルギー画像データとが互いに対応するようになる。そして、互いに対応した2つのエネルギー画像データから得られるサブトラクション像では、異物を示す検出値の変化が明瞭となると共に不明瞭なエッジ部分が低減される。その結果、対象物Sに含まれる異物O等の検出精度を向上させることができる。

10

【0050】

また、上記実施形態では、不感帯幅NWと搬送速度Mとに基づいて検出タイミングを算出するタイミング算出部60を備えている。タイミング制御部50は、このタイミング算出部60で算出された検出タイミングを用いて、低エネルギー検出器の検出タイミング等を制御して、不明瞭なエッジ部分が低減されたサブトラクション像を生成させることができる。

20

【0051】

低エネルギー検出器32は、低エネルギー画像データを連続した分割画像データで生成するラインセンサであり、高エネルギー検出器42は、高エネルギー画像データを連続した分割画像データで生成するラインセンサであり、タイミング制御部50は、低エネルギー検出器32に係るラインセンサによる分割画像データに示される対象物Sでの検出範囲と高エネルギー検出器42に係るラインセンサによる分割画像データで示される対象物Sでの検出範囲とが一致するように、少なくとも高エネルギー検出器42のラインセンサの検出タイミングを不感帯幅NWと搬送速度Mとに基づいて遅延制御するようになっている。このように分割画像データで示される対象物Sの検出範囲が一致するように高エネルギー検出器42のラインセンサの検出タイミングを遅延制御することにより、サブトラクション像において、異物を示す検出値の変化が明瞭となると共に不明瞭なエッジ部分が低減される。

30

【0052】

以上、本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されず、種々の変形が可能である。例えば、上記実施形態では、図2に示すFODとFDDとが等しくて、透過X線画像の拡大がない場合で説明したが、本発明は、FODとFDDとが異なり拡大が生じている場合にも適用することができる。例えば、FOD : FDD = 1 : 2の場合には拡大率Rが2倍となり、X線透過画像も2倍に拡大される。例えば、搬送速度Mが0.4mm/ミリ秒とすると、各検出器32, 42上の画像は、0.8mm/ミリ秒に等しい速度で投影されることになる。このような拡大率を考慮する場合の遅延時間Tは、式(1)に代えて、下記の式(2)を用いて算出される。

40

$$T = NW / (M \times R) \cdots (2)$$

なお、この拡大率Rは、X線画像取得システム1における記憶装置(不図示)等からタイミング算出部60に入力される。

【0053】

また、上記実施形態では、対象物Sを厚みのほとんどないものとして説明したが、本発明は、対象物Sが例えば図9に示すように、所定の厚みを有する場合にも適用することができる。この場合には、対象物Sの底面部分の高さを基準としてFODを計算して拡大率

50

Rを求め、式(2)等により遅延時間Tを算出する。そして、対象物Sを上記実施形態と同様にベルトコンベア10で搬送して、まず、図9(a)に示されるように、対象物Sの領域R1における低エネルギー画像を低エネルギー検出器32で検出して、低エネルギー画像データを生成する。その後、遅延時間Tに応じて対象物Sが搬送方向Aに移動し、図9(b)に示されるように、対象物Sの領域R2における高エネルギー画像を高エネルギー検出器42で検出し、高エネルギー画像データを生成する。この領域R1と領域R2とは、対象物Sの図示下面における照射下面R1a, R2aが略一致しており、領域R1における低エネルギー画像と領域R2における高エネルギー画像とには、図10に示されるように、共有領域R3に相当する部分のX線透過データが含まれるようになっている。この共有領域R3が大きいほど、両エネルギー画像間でのズレが少なくなり、対象物Sに含まれる異物Oの検出精度を向上させることができる。

10

20

30

40

50

【0054】

このように対象物Sが厚みを有する場合として、例えば、対象物Sの厚みが100mm、X線照射器20と各検出器32, 42との距離が600mm、検出器32, 42と対象物S(下面)との距離が10mm、X線照射器20と対象物S(上面)との距離が490mm、各検出器32, 42の感知幅LW, HWが0.8mm、不感帶領域82の不感帶幅NWが0.4mmの場合について説明する。なお、X線照射器20は、両検出器32, 42の間の不感帶領域82の中央部の上方に位置するように配置されている。この場合、0.8mmの感知幅に照射される透過X線は、検出器32, 42からX線照射器20側に10mm寄った位置(照射下面R1a, R2a)では約0.787mmの幅であり、検出器32, 42からX線照射器20側に110mm寄った位置(照射上面R1b, R2b)では約0.653mmの幅である。そして、この約0.787mmの幅である照射下面R1aとR2aとを一致させることにより、低エネルギー側と高エネルギー側との照射範囲の重なり(共有領域R3)は、約70%となる。なお、図11に示されるように、領域R1の照射下面R1aと領域R2の照射下面R2aとが完全に一致していない場合(例えば、上記例において、0.2mm相当ずれた場合)には、その共有部分R3が図10に示す場合に比べて少なくなり、低エネルギー側と高エネルギー側との照射範囲の重なりは、例えば約40%となる。この場合、両エネルギー画像間でのズレが大きくなり、対象物Sに含まれる異物の検出精度が低下する場合がある。

【0055】

また、上記実施形態では、低エネルギー画像補正部34の出力インターフェイス34dと高エネルギー画像補正部44の出力インターフェイス44dとから、低エネルギー画像及び高エネルギー画像を別々に画像処理装置70に出力しているが、図12に示すように、両エネルギー画像の出力を共通の出力インターフェイス36aから画像処理装置70に出力するようにしてもよい。また、上記実施形態では、搬送方向Aの上流側に低エネルギー検出器32を、下流側に高エネルギー検出器42を備える構成としたが、搬送方向Aの上流側に高エネルギー検出器42を、下流側に低エネルギー検出器32を備えるようにしてもよい。更に、上記実施形態では、高エネルギー検出器42の検出タイミングを所定時間T遅延させるようにしたが、逆に低エネルギー検出器32の検出タイミングを所定時間T早めるようにしてもよいし、低エネルギー検出器32の検出タイミングを早めると共に高エネルギー検出器42の検出タイミングを遅延させ、両検出タイミングを所定時間Tずらすようにしてもよい。また、上記実施形態では、低エネルギーと高エネルギーとの2つの範囲での検出タイミングを制御していたが、3つ以上の範囲での検出タイミングを制御するようにしてももちろんよい。

【0056】

また、上記実施形態では、低エネルギーの波長範囲と高エネルギー波長範囲とがある程度の重なりを有している場合について説明したが、低エネルギーの波長範囲と高エネルギーの波長範囲との一部が重なっていなくてもよい。また、上記実施形態では、1チップ上に2つのラインセンサを設けた例で説明したが、2つの検出器32, 42は必ずしも1チップ上に設けられている必要はなく、2つの独立した検出器が並列に配置されて不感帶領域の幅が広くなっていてもよい。更に、本実施形態では、X線源として点光源を用いたが、ライン

状のX線源を用いても、もちろんよい。なお、上記実施形態では、対象物Sからの異物Oの検出にX線画像取得システム1を用いているが、手荷物検査等にX線画像取得システム1を用いてもよい。

【0057】

なお、本発明の一側面において、本発明者らは、鋭意検討を重ねた結果、エネルギーサブトラクション像において異物等を示す画像部分のエッジが不明瞭になるのは、2つのラインセンサに挟まれる不感帯領域の存在に主として起因していることを突き止めた。この不感帯領域は、可能な範囲で小さくすることはできるものの、同一チップ上に異なる画素を設ける場合には、どうしても生じてしまう。そこで、本発明者らは、不感帯領域の幅に基づいて、2つのラインセンサによるX線の検出タイミングを調整することを行えば、2つのラインセンサによる異物検査での検出精度を向上させることができるとの知見を得て、本発明の一側面を完成させるに至った。10

【0058】

すなわち、本発明の一側面に係る放射線検出装置は、対象物に放射線源から放射線を照射して、該対象物を透過した複数のエネルギー範囲の放射線を検出する放射線検出装置であって、対象物を透過する第1のエネルギー範囲における放射線を検出して第1放射線画像データを生成する第1検出器と、所定領域を挟んで第1検出器と並列に配置され、対象物を透過する第2のエネルギー範囲における放射線を検出して第2放射線画像データを生成する第2検出器と、第1検出器で生成される第1放射線画像データと第2検出器で生成される第2放射線画像データとが互いに対応するように、所定領域の幅に基づいて、少なくとも第2検出器の検出タイミングを制御するタイミング制御部と、を備える。20

【0059】

また、本発明の一側面に係る放射線検出方法は、対象物に放射線を照射する放射線源と、第1のエネルギー範囲における放射線を検出する第1検出器と、所定領域を挟んで第1検出器と並列して配置され、第2のエネルギー範囲における放射線を検出する第2検出器と、第1検出器及び第2検出器での放射線の検出タイミングを制御するタイミング制御部とを備えた放射線検出装置における放射線検出方法であって、放射線源が対象物に放射線を照射する照射工程と、照射工程で照射されて対象物を透過した第1のエネルギー範囲における放射線を第1検出器が検出して第1放射線画像データを生成する第1検出工程と、照射工程で照射されて対象物を透過した第2のエネルギー範囲における放射線を第2検出器が検出して第2放射線画像データを生成する第2検出工程と、第1検出工程で生成される第1放射線画像データと第2検出工程で生成される第2放射線画像データとが互いに対応するよう、所定領域の幅に基づいて、少なくとも第2検出工程での検出タイミングをタイミング制御部が制御するタイミング制御工程と、を含む。30

【0060】

この放射線検出装置及び放射線検出方法では、タイミング制御部が、第1検出器で生成される放射線画像データと第2検出器で生成される放射線画像データとが互いに対応するよう、所定領域の幅に基づいて、少なくとも第2検出器の検出タイミングを制御するようになっている。これにより、所定領域の存在によって第1検出器での検出タイミングに對してズレ（遅延等）が生じていた第2検出器での検出タイミングが調整され、第1検出器で生成される放射線画像データと第2検出器で生成される放射線画像データとが互いに對応するようになる。そして、互いに対応した2つの放射線画像データから得られるサブトラクション像では、不明瞭なエッジ部分が低減される。その結果、対象物に含まれる異物等の検出精度を向上させることができる。40

【0061】

また、サブトラクション像を生成する際、一般に、不明瞭なエッジ部分を画像処理で低減させることができる。しかし、高速（例えば分速80m）で搬送される対象物に含まれる異物を検出する際に不明瞭なエッジ部分の低減を画像処理で行おうとすると、画像処理の処理速度が高速な搬送速度に対応しづらい場合がある。それに対し、上記の放射線検出装置及び放射線検出方法によれば、放射線画像の検出タイミングを制御して、サブトラク50

ション像から不明瞭なエッジ部分を低減させているため、対象物の搬送速度が高速になった場合でも不明瞭なエッジ部分が低減されたサブトラクション像を迅速に生成することができる。その結果、高速な異物検査であっても、対象物に含まれる異物等の検出精度を向上させることができる。

【0062】

第1検出器は、第1放射線画像データを連続した分割画像データで生成する第1ラインセンサであり、第2検出器は、第2放射線画像データを連続した分割画像データで生成する第2ラインセンサであり、タイミング制御部は、第1ラインセンサによる分割画像データの対象物での検出範囲と第2ラインセンサによる分割画像データの対象物での検出範囲とが一致するように、少なくとも第2ラインセンサの検出タイミングを所定領域の幅に基づいて遅延制御することが好適である。このように分割画像データで示される対象物の検出範囲が同じになるように第2ラインセンサの検出タイミングを遅延制御することにより、サブトラクション像における不明瞭なエッジ部分を確実に低減することができる。

10

【0063】

所定領域の幅は、第1検出器又は第2検出器の短手方向に沿った幅であって、第1検出器又は第2検出器において放射線を感知する感知幅よりも小さいことが好適である。所定領域の幅が狭いことにより、第1検出器又は第2検出器で生成される放射線画像に基づくサブトラクション画像における幾何学的なボケを防止することができる。

20

【0064】

本発明の一側面に係る放射線画像取得システムは、上記した放射線検出装置と、所定領域の幅に基づいて検出タイミングを算出するタイミング算出部とを備えるようにしてもよい。タイミング制御部は、このタイミング算出部で算出された検出タイミングを用いて、第2検出器の検出タイミング等を制御して、不明瞭なエッジ部分が低減されたサブトラクション像を生成させることができる。

20

【0065】

タイミング制御部で互いに対応するように制御されて第1検出器で生成された放射線画像データと第2検出器で生成された放射線画像データとを合成して合成画像を生成する合成画像生成部と、を備えるようにしてもよい。このような合成画像生成部により、不明瞭なエッジ部分が低減されたサブトラクション像を得ることができる。

30

【0066】

本発明の一側面に係る放射線検査システムは、対象物に放射線源から放射線を照射し、該対象物を透過した複数のエネルギー範囲の放射線を検出して該対象物を検査する放射線検査システムであって、放射線源として放射線を対象物に照射する放射線照射器と、対象物を透過する第1のエネルギー範囲における放射線を検出して第1放射線画像データを生成する第1検出器と、所定領域を挟んで第1検出器と並列に配置され、対象物を透過する第2のエネルギー範囲における放射線を検出して第2放射線画像データを生成する第2検出器と、放射線照射器による放射線の照射方向と交差する方向に対象物を搬送する搬送部と、搬送部により搬送される対象物を透過する放射線を第1検出器及び第2検出器で検出する際に第1検出器で生成される第1放射線画像データと第2検出器で生成される第2放射線画像データとが互いに対応するように、所定領域の幅と搬送部による対象物の搬送速度とに基づいて、少なくとも第2検出器の検出タイミングを制御するタイミング制御部と、タイミング制御部で互いに対応するように制御されて第1検出器で生成された第1放射線画像データと第2検出器で生成された第2放射線画像データとを合成して合成画像を生成する合成画像生成部と、合成画像生成部で生成された合成画像を出力する合成画像出力部と、を備える。このような放射線検査システムによれば、対象物に含まれる異物の検査や手荷物検査等を精度よく行うことができる。

40

【0067】

タイミング制御部は、上記の所定領域の幅と搬送速度とに加え、放射線照射器及び対象物間の距離と、放射線照射器及び第1検出器又は第2検出器間の距離との比である拡大率とに基づいて、少なくとも第2検出器の検出タイミングを制御することが好適である。拡

50

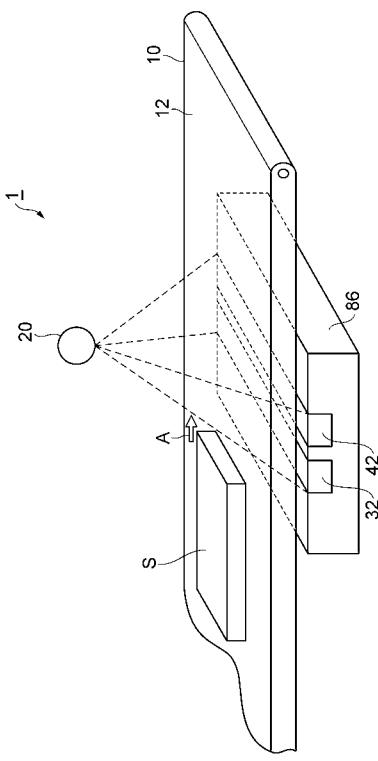
大率を含めた制御を行うことにより、対象物に含まれる異物の検査や手荷物検査等を一層精度よく行うことができる。

【符号の説明】

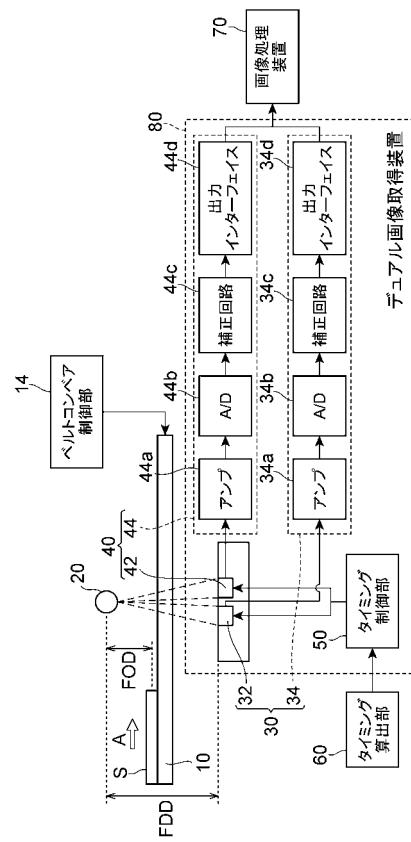
【0068】

1 ... X線画像取得システム、10 ... ベルトコンベア、20 ... X線照射器、30 ... 低エネルギー画像取得部、32 ... 低エネルギー検出器、34 ... 低エネルギー画像補正部、40 ... 高エネルギー画像取得部、42 ... 高エネルギー検出器、44 ... 高エネルギー画像補正部、50 ... タイミング制御部、60 ... タイミング算出部、70 ... 画像処理装置、80 ... デュアル画像取得装置、82 ... 不感帯領域、84 ... ベース、86 ... デュアルエナジセンサ、A ... 搬送方向、M ... 搬送速度、O ... 異物、R ... 拡大率、S ... 対象物、T ... 遅延時間、HW, LW ... 感知幅、NW ... 不感帯幅、R1, R2 ... 照射領域、R3 ... 共有領域。 10

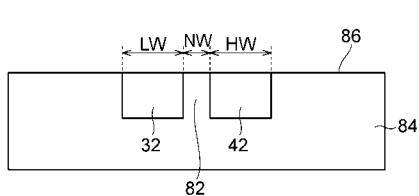
【図1】



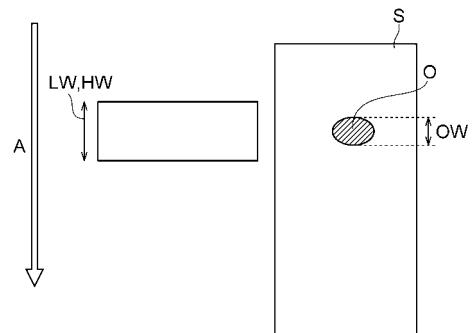
【図2】



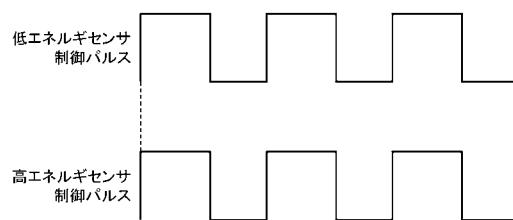
【図3】



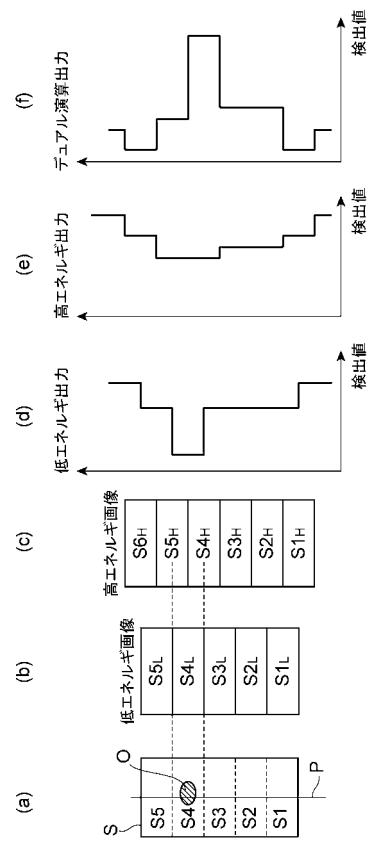
【図4】



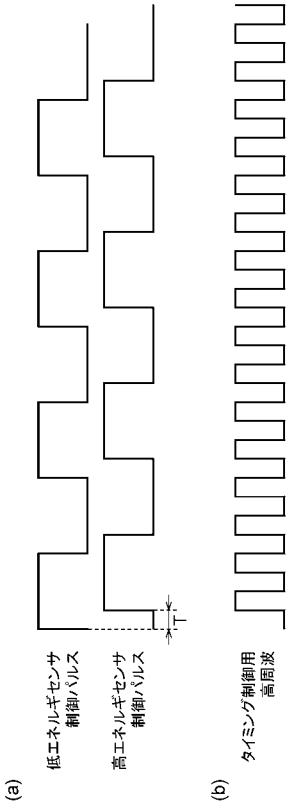
【図5】



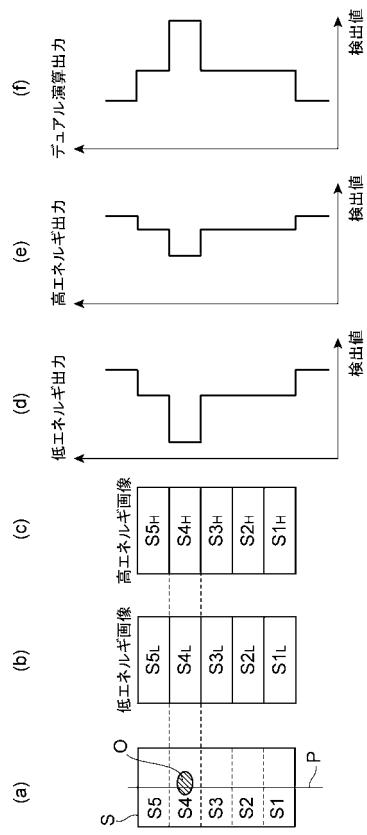
【図6】



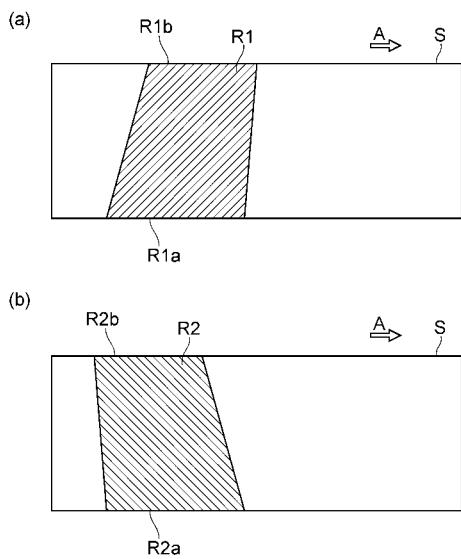
【図 7】



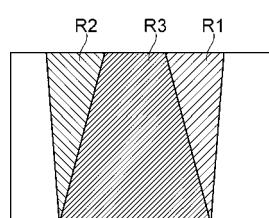
【図 8】



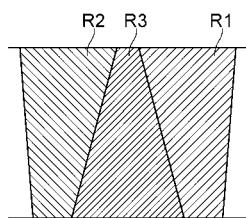
【図 9】



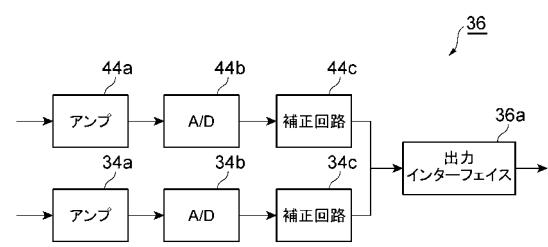
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】



フロントページの続き

(72)発明者 丸野 正

静岡県浜松市東区市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内

(72)発明者 佐々木 俊英

静岡県浜松市東区市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内

(72)発明者 薦田 純一

静岡県浜松市東区市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内

(72)発明者 瀧日 真二

静岡県浜松市東区市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内

F ターム(参考) 2G001 AA01 BA12 CA01 DA01 GA01 HA07 JA05 PA11