

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5457118号  
(P5457118)

(45) 発行日 平成26年4月2日(2014.4.2)

(24) 登録日 平成26年1月17日(2014.1.17)

(51) Int. Cl. F I  
**GO 1 N 23/04 (2006.01)** GO 1 N 23/04  
**GO 1 T 1/20 (2006.01)** GO 1 T 1/20 G  
 GO 1 T 1/20 E

請求項の数 5 (全 22 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2009-217543 (P2009-217543)                  (22) 出願日 平成21年9月18日 (2009.9.18)                  (65) 公開番号 特開2011-64642 (P2011-64642A)                  (43) 公開日 平成23年3月31日 (2011.3.31)                  審査請求日 平成24年7月11日 (2012.7.11)</p>	<p>(73) 特許権者 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                  (74) 代理人 100088155                  弁理士 長谷川 芳樹                  (74) 代理人 100092657                  弁理士 寺崎 史朗                  (74) 代理人 100124291                  弁理士 石田 悟                  (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                  審査官 越柴 洋哉</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 放射線検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

サブトラクション法を用いる異物検査用の放射線検出装置であって、被検査物を透過して放射線入射方向から入射する第1エネルギー範囲の放射線及び前記第1エネルギー範囲の放射線よりも高い第2エネルギー範囲の放射線を検出する放射線検出装置において、

前記放射線入射方向に対して上流側に位置し、前記第1エネルギー範囲の放射線を検出して、当該放射線の像に応じた第1画像を生成する第1放射線検出器と、

前記放射線入射方向に対して下流側に位置し、前記第2エネルギー範囲の放射線を検出して、当該放射線の像に応じた第2画像を生成する第2放射線検出器と、

前記第1放射線検出器からの前記第1画像の画像処理を行う第1画像処理部と、

前記第2放射線検出器からの前記第2画像の画像処理を行う第2画像処理部と、を備え、

前記第1放射線検出器は、像検出方向に沿って配列された複数の画素を有して、前記第1エネルギー範囲の放射線の像による前記第1画像を取得する第1画素部を有し、

前記第2放射線検出器は、前記像検出方向に沿って配列された複数の画素を有して、前記第2エネルギー範囲の放射線の像による前記第2画像を取得する第2画素部を有し、

前記第1画素部における前記複数の画素それぞれの前記像検出方向での第1画素幅は、前記第2画素部における前記複数の画素それぞれの前記像検出方向での第2画素幅より小さく、

前記第1画像処理部及び前記第2画像処理部は、前記第1画像の画素数と前記第2画像

10

20

の画素数とを等しくするように、前記第1画像の画素数及び前記第2画像の画素数のうちの少なくとも一方の画素の間引き処理を行い、

前記間引き処理では、

前記第1画像の画素数と前記第2画像の画素数との比率J:Kに基づいて、前記第1画像の画素数が1/J倍になるように、かつ、前記第2画像の画素数が1/K倍になるように、前記第1画像の画素及び前記第2画素のうちの少なくとも一方において隣接する2つの画素から1つの補正画素を生成し、

前記補正画素の輝度値 $I L ( y )$ が、補正前の2つの画素それぞれの信号値 $L ( x )$ 、 $L ( x + 1 )$ 、画素補正係数、輝度調整係数に基づく下式

$$I L ( y ) = ( \quad \times L ( x ) + \quad \times L ( x + 1 ) )$$

を満たすように設定される、

ことを特徴とする、放射線検出装置。

#### 【請求項2】

前記間引き処理は、単純間引き処理、平均化間引き処理、加算間引き処理、ミニマムフィルタ間引き処理、又は、マキシマムフィルタ間引き処理である、  
請求項1に記載の放射線検出装置。

#### 【請求項3】

サブトラクション法を用いる異物検査用の放射線検出装置であって、被検査物を透過して放射線入射方向から入射する第1エネルギー範囲の放射線及び前記第1エネルギー範囲の放射線よりも高い第2エネルギー範囲の放射線を検出する放射線検出装置において、

前記放射線入射方向に対して上流側に位置し、前記第1エネルギー範囲の放射線を検出して、当該放射線の像に応じた第1画像を生成する第1放射線検出器と、

前記放射線入射方向に対して下流側に位置し、前記第2エネルギー範囲の放射線を検出して、当該放射線の像に応じた第2画像を生成する第2放射線検出器と、

前記第1放射線検出器からの前記第1画像の画像処理を行う第1画像処理部と、

前記第2放射線検出器からの前記第2画像の画像処理を行う第2画像処理部と、を備え、

前記第1放射線検出器は、像検出方向に沿って配列された複数の画素を有して、前記第1エネルギー範囲の放射線の像による前記第1画像を取得する第1画素部を有し、

前記第2放射線検出器は、前記像検出方向に沿って配列された複数の画素を有して、前記第2エネルギー範囲の放射線の像による前記第2画像を取得する第2画素部を有し、

前記第1画素部における前記複数の画素それぞれの前記像検出方向での第1画素幅は、前記第2画素部における前記複数の画素それぞれの前記像検出方向での第2画素幅より小さく、

前記第1画像処理部及び前記第2画像処理部は、前記第1画像の画素数と前記第2画像の画素数とを等しくするように、前記第1画像の画素数及び前記第2画像の画素数のうちの少なくとも一方の画素の補間処理を行い、

前記補間処理では、

前記第1画像の画素数と前記第2画像の画素数との比率J:K、JとKの最小公倍数Lに基づいて、前記第1画像の画素数がL/J倍になるように、かつ、前記第2画像の画素数がL/K倍になるように、前記第1画像の画素間及び前記第2画像の画素間のうちの少なくとも一方に補間画素を補間し、

前記補間画素の輝度値 $I H ( y )$ が、前記補間画素の両側に隣接する画素それぞれの信号値 $H ( x )$ 、 $H ( x + 1 )$ 、画素補正係数、輝度調整係数に基づく下式

$$I H ( y ) = ( \quad \times H ( x ) + \quad \times H ( x + 1 ) )$$

を満たすように設定される、

ことを特徴とする、放射線検出装置。

#### 【請求項4】

前記補間処理は、単純補間処理、一次補間処理、二次補間処理、スプライン補間処理、又は、ラグランジェ補間処理である、

10

20

30

40

50

請求項 3 に記載の放射線検出装置。

【請求項 5】

前記第 1 放射線検出器は、前記像検出方向に沿って延在し、前記第 1 エネルギー範囲の放射線の像を光像に変換する第 1 シンチレータ層と、前記第 1 シンチレータ層で変換された光像による前記第 1 画像を取得する前記第 1 画素部とを有し、

前記第 2 放射線検出器は、前記像検出方向に沿って延在し、前記第 2 エネルギー範囲の放射線の像を光像に変換する第 2 シンチレータ層と、前記第 2 シンチレータ層で変換された光像による前記第 2 画像を取得する前記第 2 画素部とを有する、

請求項 1 又は 3 に記載の放射線検出装置。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、デュアルエナジータイプの放射線検出装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

ベルトコンベア等で搬送される被検査物のインラインでの非破壊検査において、異物の検出、成分分布の計測、重量の計測等を行う放射線検出装置が知られている。放射線検出装置は、シンチレータ層と画素とを有する放射線検出器を備え、被検査物を透過した放射線を検出して放射線像を生成する。

【0003】

20

この種の放射線検出装置が特許文献 1 に開示されている。特許文献 1 に記載の放射線検出装置は、画素の面積が異なる 2 つの放射線検出器をベルトコンベアの運搬方向に並置する。この放射線検出装置では、画素の面積が大きい放射線検出器によって大きな異物を検出し、画素の面積が小さい放射線検出器によって小さな異物を検出する。このように、検出したい異物の大きさに応じて画素サイズを予め選択することによって、異物の検査精度を向上させることができるとしている。

【0004】

異物の検査精度を高める別の手法としては、デュアルエナジータイプの放射線検出装置が知られている。デュアルエナジータイプの放射線検出装置は、異なるエネルギー感度を有する 2 つの放射線検出器を備え、被検査物を透過した低エネルギー範囲（第 1 エネルギー範囲）の放射線及び高エネルギー範囲（第 2 エネルギー範囲）の放射線を検出する。この放射線検出装置によれば、低エネルギー範囲の放射線像及び高エネルギー範囲の放射線像を同時に取得し、これらの放射線像に基づいて重み付け減算処理や重ね合わせ処理等（例えば、サブトラクション処理）が施された画像を作成し、この画像のコントラスト差によって異物を浮き出させることによって、高精度の異物検査を実現することができる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2009 - 85627 号公報

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

例えば、食品内の異物検査では、食肉内の骨や軟骨、金属等を異物として検査することが要求され、食肉の放射線吸収量と異物（骨や軟骨、金属等）の放射線吸収量との相違を利用して、これらを透過した放射線像のサブトラクション画像のコントラスト差によって異物を浮き出させ、異物の有無を判断する。

【0007】

ここで、骨や金属は、食肉に比べて放射線透過性が大きく異なる（低い）ので、少なくとも一方の放射線検出器による放射線像のコントラスト差が大きい。その結果、二つの放射線像のサブトラクション画像のコントラスト差が大きく、異物検査が容易である。しか

50

しながら、軟骨は、食肉と同様に放射線透過率が高く、その差が小さいので、双方の放射線検出器による放射線像のコントラスト差が小さくなってしまふ。その結果、これらの放射線像のサブトラクション画像のコントラスト差も小さく、異物検査が困難であった。

【0008】

この点に関し、本願発明者らは、鋭意検討を重ねた結果、食肉や軟骨等の軽い原子同士、すなわち放射線透過性が高い物質同士の放射線像のコントラスト差は、より低エネルギー範囲の放射線像において大きくすることができることを見出した。更に、本願発明者らは、低エネルギー範囲検出用の放射線検出器における画素の面積を小さくして、各画素によって変換される電荷量を小さくすると、放射線透過性が高い物質同士の放射線像による電荷量差を相対的に大きくすることができ、これらの放射線像のコントラスト差を大きくでき

10

【0009】

しかしながら、低エネルギー放射線検出器における画素の面積を小さくするために、この画素の配列方向（像検出方向）の画素幅を小さくして画素数が増えると、低エネルギー放射線検出器から出力される画素数と高エネルギー放射線検出器から出力される画素数とが異なってしまう、その結果、サブトラクション処理、すなわち差分処理を行うことが困難となってしまう。

【0010】

そこで、本発明は、2つの放射線検出器における画素数が異なっても、これらの放射線検出器による放射線像に基づく演算処理を容易にする放射線検出装置を提供することを目的としている。

20

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の放射線検出装置は、サブトラクション法を用いる異物検査用の放射線検出装置であって、被検査物を透過して放射線入射方向から入射する第1エネルギー範囲の放射線及び第1エネルギー範囲の放射線よりも高い第2エネルギー範囲の放射線を検出する放射線検出装置において、放射線入射方向に対して上流側に位置し、第1エネルギー範囲の放射線を検出して、当該放射線の像に応じた第1画像を生成する第1放射線検出器と、放射線入射方向に対して下流側に位置し、第2エネルギー範囲の放射線を検出して、当該放射線の像に応じた第2画像を生成する第2放射線検出器と、第1放射線検出器からの第1画像の画像処理を行う第1画像処理部と、第2放射線検出器からの第2画像の画像処理を行う第2画像処理部と、を備える。第1放射線検出器は、像検出方向に沿って配列された複数の画素を有して、第1エネルギー範囲の放射線の像による第1画像を取得する第1画素部を有し、第2放射線検出器は、像検出方向に沿って配列された複数の画素を有して、第2エネルギー範囲の放射線の像による第2画像を取得する第2画素部を有する。第1画素部における複数の画素それぞれの像検出方向での第1画素幅は、第2画素部における複数の画素それぞれの像検出方向での第2画素幅より小さく、第1画像処理部及び第2画像処理部は、第1画像の画素数と第2画像の画素数とを等しくするように画素変更処理を行う。

30

【0012】

サブトラクション法を用いる場合、2つの放射線検出器は、空間的かつ時間的に、被検査物における同一の位置を撮像する必要がある。そのため、特許文献1に記載のように2つの放射線検出器を横並びに配置するタイプでは、それぞれの放射線検出器の検出タイミングを調整しなければならない。また、例え、検出タイミングを調整したとしても、被検査物において同一の位置、すなわち、全く同一のエリアを撮像することは困難であり、位置精度が低い可能性がある。このように、検出エリアの端の一部がずれたサブトラクション画像を作成すると、サブトラクション画像における検出物の端部に明るいエッジ（白エッジ）や暗いエッジ（黒エッジ）といった擬似エッジが生じてしまうことがある。

40

【0013】

一方、この放射線検出装置では、第1放射線検出器と第2放射線検出器とが放射線入射方向に対して重なって配置されているので、すなわち、縦積みタイプであるので、検出タ

50

イミング制御を行うことなく、容易に、時間的に同時に、かつ、被検査物における同一の位置を撮像することができる。

【0014】

この放射線検出装置によれば、第1放射線検出器における画像の像検出方向での第1画素幅が第2放射線検出器における画素の像検出方向での第2画素幅より小さい場合であっても、すなわち、第1放射線検出器における画素数と第2放射線検出器における画素数とが異なっても、第1画像処理部及び第2画像処理部によって、第1放射線検出器からの第1画像の画素と第2放射線検出器からの第2画像の画素とが対応するように、第1放射線検出器からの第1画像の画素数と第2放射線検出器からの第2画像の画素数とを等しくする画素変更処理を行うので、第1放射線検出器による放射線像及び第2放射線検出器による放射線像に基づく演算処理、例えばサブトラクション処理を容易にすることができる。

10

【0015】

上記した第1画像処理部及び第2画像処理部は、第1画像の画素数及び第2画像の画素数のうちの少なくとも一方の画素の間引き処理を行ってもよいし、第1画像の画素数及び第2画像の画素数のうちの少なくとも一方の画素の補間処理を行ってもよい。

【0016】

上記した間引き処理としては、単純間引き処理、平均化間引き処理、加算間引き処理、ミニマムフィルタ間引き処理、又は、マキシマムフィルタ間引きが適用可能であり、上記した補間処理としては、単純補間処理、一次補間処理、二次補間処理、スプライン補間処理、又は、ラグランジェ補間処理が適用可能である。

20

【0017】

上記した間引き処理では、第1画像の画素数と第2画像の画素数との比率 $J:K$ に基づいて、第1画像の画素数が $1/J$ 倍になるように、かつ、第2画像の画素数が $1/K$ 倍になるように、第1画像の画素及び第2画像のうちの少なくとも一方において隣接する2つの画素から1つの補正画素を生成し、補正画像の輝度値 $IL(y)$ が、補正前の2つの画素それぞれの信号値 $L(x)$ 、 $L(x+1)$ 、画素補正係数、輝度調整係数に基づく下式

$$IL(y) = (\alpha \times L(x) + \beta \times L(x+1))$$

を満たすように設定されてもよい。

30

【0018】

また、上記した補間処理では、第1画像の画素数と第2画像の画素数との比率 $J:K$ 、 $J$ と $K$ の最小公倍数 $L$ に基づいて、第1画像の画素数が $L/J$ 倍になるように、かつ、第2画像の画素数が $L/K$ 倍になるように、第1画像の画素間及び第2画像の画素間のうちの少なくとも一方に補間画素を補間し、補間画素の輝度値 $IH(y)$ が、補間画素の両側に隣接する画素それぞれの信号値 $H(x)$ 、 $H(x+1)$ 、画素補正係数、輝度調整係数に基づく下式

$$IH(y) = (\alpha \times H(x) + \beta \times H(x+1))$$

を満たすように設定されてもよい。

40

【0019】

また、上記した第1放射線検出器は、像検出方向に沿って延在し、第1エネルギー範囲の放射線の像を光像に変換する第1シンチレータ層と、第1シンチレータ層で変換された光像による第1画像を取得する第1画素部とを有し、上記した第2放射線検出器は、像検出方向に沿って延在し、第2エネルギー範囲の放射線の像を光像に変換する第2シンチレータ層と、第2シンチレータ層で変換された光像による第2画像を取得する第2画素部とを有していてもよい。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、サブトラクション法を用いるデュアルエナジータイプの放射線検出装置において、2つの放射線検出器における画素数が異なっても、これらの放射線検出器に

50

よる放射線像に基づく演算処理、例えばサブトラクション処理を容易にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本実施形態に係るX線異物検査装置の斜視図である。

【図2】本実施形態に係るX線異物検査装置の概略構成図である。

【図3】本発明の実施形態に係る放射線検出装置におけるデュアルエネルギーセンサの概略構造図である。

【図4】図3に示すデュアルエネルギーセンサにおける低エネルギー検出器及び高エネルギー検出器のX線入射面を示す図である。

【図5】図2に示す低エネルギー画像補正部及び高エネルギー画像補正部における画像処理を示す概念図である。

【図6】単純補間処理の一例を示す概念図である。

【図7】一次補間処理の一例を示す概念図である。

【図8】補間画素の輝度算出のための画素数の比率に対する補正係数を示す図である。

【図9】単純間引き処理の一例を示す概念図である。

【図10】平均化間引き処理の一例を示す概念図である。

【図11】加算間引き処理の一例を示す概念図である。

【図12】ミニマムフィルタ間引き処理の一例を示す概念図である。

【図13】本実施形態の画素補間処理や画素間引き処理を行わない場合の低エネルギー検出器及び高エネルギー検出器によって検出した画像を示す図である。

【図14】本実施形態の画素補間処理を行った場合の低エネルギー検出器及び高エネルギー検出器によって検出した画像を示す図である。

【図15】図14に示す画像に基づくサブトラクション画像である。

【図16】本発明の変形例のデュアルエネルギーセンサにおける低エネルギー検出器及び高エネルギー検出器のX線入射面を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、図面を参照して本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、各図面において同一又は相当の部分に対しては同一の符号を附すこととする。

【0023】

図1は、本実施形態に係るX線異物検査装置の斜視図であり、図2は、本実施形態に係るX線異物検査装置の概略構成図である。図1及び図2に示されるように、X線異物検査装置1は、X線源からのX線（放射線）を照射方向Zへ向けて被検査物Sに照射し、照射されたX線のうち被検査物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線異物検査装置1は、透過X線画像を用いて被検査物Sに含まれる異物検査や手荷物検査等を行う。このようなX線異物検査装置1は、ベルトコンベア10、X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及び画像処理装置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から本発明の実施形態に係るデュアルエネルギー型の放射線検出装置80が構成される。

【0024】

ベルトコンベア10は、図1に示すように、被検査物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Yに移動させることで、被検査物Sを所定の搬送速度で搬送方向Yに搬送する。被検査物Sの搬送速度は、例えば48m/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24m/分や96m/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と被検査物Sとの距離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

10

20

30

40

50

で取得されるX線透過像の解像度を変更させることが可能となる。なお、ベルトコンベア10で搬送される被検査物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。

【0025】

X線照射器20は、X線源としてX線を照射方向Zへ向けて被検査物Sに照射する装置である。X線照射器20は、点光源であり、照射方向Z及び搬送方向Yに直交する検出方向X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Zがベルト部12に向けられると共に拡散するX線が被検査物Sの幅方向(検出方向X)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、被検査物Sの長さ方向(搬送方向Y)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、被検査物Sがベルトコンベア10で搬送方向Yへ搬送されることにより、被検査物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。

10

【0026】

低エネルギー画像取得部30は、低エネルギー検出器(第1放射線検出器)32と低エネルギー画像補正部(第1画像処理部)34とを備えている。

【0027】

低エネルギー検出器32は、X線入射方向Zに対して上流側に位置し、X線照射器20から照射されたX線のうち被検査物Sを透過した低エネルギー範囲(第1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。

20

【0028】

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の増幅、補正及び変更を行う。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の画素数の変更を行う画素変更回路34d、画素変更回路34dで変更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34eを備えている。なお、画素変更回路34dの詳細については後述する。

30

【0029】

高エネルギー画像取得部40は、高エネルギー検出器(第2放射線検出器)42と高エネルギー画像補正部(第2画像処理部)44とを備えている。

【0030】

高エネルギー検出器42は、X線入射方向Zに対して下流側に位置し、X線照射器20から照射されて、X線のうち被検査物S及び低エネルギー検出器32を透過した高エネルギー範囲(第2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。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。

40

【0031】

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の増幅、補正及び変更を行う。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の画素数の変更を行う画素変更回路44d、画素変更回路44dで変更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44eを備えている。なお、画素変更回路44dの詳細については後述する。

50

## 【 0 0 3 2 】

タイミング制御部 5 0 は、低エネルギー検出器 3 2 での透過 X 線の検出タイミングと高エネルギー検出器 4 2 での透過 X 線の検出タイミングとを制御する。タイミング制御部 5 0 は、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、下記のサブトラクション処理における画像ずれを低減させる。

## 【 0 0 3 3 】

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求める演算処理（サブトラクション処理）を行い、合成画像である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 7 0 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 5 0 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 7 0 は、演算処理により生成したサブトラクション像をディスプレイ等に表示する。この出力表示により、被検査物 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、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、被検査物 S に含まれる異物等を検出するようにしてもよい。

## 【 0 0 3 4 】

次に、低エネルギー検出器 3 2 及び高エネルギー検出器 4 2 について詳細に説明する。図 3 は、図 2 に示す放射線検出装置 8 0 における低エネルギー検出器 3 2 と高エネルギー検出器 4 2 とからなるデュアルエネルギーセンサ 8 6 の概略構造図であり、図 4 は、低エネルギー検出器 3 2 の X 線入射面 ( a )、及び、高エネルギー検出器 4 2 の X 線入射面 ( b ) を示す図である。

## 【 0 0 3 5 】

図 3 及び 4 に示すように、低エネルギー検出器 3 2 は、低エネルギーシンチレータ層（第 1 シンチレータ層）3 2 2 と低エネルギーラインセンサ（第 1 画素部）3 2 4 とを有する。低エネルギーシンチレータ層 3 2 2 は、像検出方向 X に沿って延在し、低エネルギー範囲の X 線の像を光像に変換する。低エネルギーラインセンサ 3 2 4 は、像検出方向 X に沿って配列された複数の画素 3 2 6 を有し、低エネルギーシンチレータ層 3 2 2 で変換された光像による低エネルギー画像（第 1 画像）を取得する。このようにして、低エネルギー検出器 3 2 は、低エネルギー範囲の X 線を検出する。

## 【 0 0 3 6 】

同様に、高エネルギー検出器 4 2 は、高エネルギーシンチレータ層（第 2 シンチレータ層）4 2 2 と高エネルギーラインセンサ（第 2 画素部）4 2 4 とを有する。高エネルギーシンチレータ層 4 2 2 は、像検出方向 X に沿って延在し、高エネルギー範囲の X 線の像を光像に変換する。高エネルギーラインセンサ 4 2 4 は、像検出方向 X に沿って配列された複数の画素 4 2 6 を有し、高エネルギーシンチレータ層 4 2 2 で変換された光像による高エネルギー画像（第 2 画像）を取得する。このようにして、高エネルギー検出器 4 2 は、高エネルギー範囲の X 線を検出する。

## 【 0 0 3 7 】

ここで、低エネルギーラインセンサ 3 2 4 における複数の画素 3 2 6 それぞれの像検出方向 X での画素幅（第 1 像検出方向幅） $W a 1$  は、高エネルギーラインセンサ 4 2 4 における複数の画素 4 2 6 それぞれの像検出方向 X での画素幅（第 2 像検出方向幅） $W a 2$  より小さくなっている。一方、低エネルギーラインセンサ 3 2 4 における複数の画素 3 2 6 それぞれの像検出方向 X に直交する直交方向（搬送方向 Y）での画素幅（第 1 直交方向幅） $W b 1$  は、高エネルギーラインセンサ 4 2 4 における複数の画素 4 2 6 それぞれの直交方向 Y での画素幅（第 2 直交方向幅） $W b 2$  と同一である。このようにして、低エネルギーラインセンサ 3 2 4 における複数の画素 3 2 6 それぞれの面積（第 1 面積） $S 1$  は、高エネルギーラインセンサ 4 2 4 における複数の画素 4 2 6 それぞれの面積（第 2 面積） $S 2$  より小さくなっている。また、高エネルギーラインセンサ 4 2 4 の単位長さあたりの画素数と低エネルギーセンサ 3 2 4 の単位長さあたりの画素数が異なり、低エネルギーラインセンサ 3 2 4 にお

10

20

30

40

50



ける画素数は、高エネルギーラインセンサ 4 2 4 における画素数より多くなっている。

【 0 0 3 8 】

また、高エネルギーラインセンサ 4 2 4 における画素 4 2 6 の画素ピッチ  $P_2$  は、低エネルギーラインセンサ 3 2 4 における画素 3 2 6 の画素ピッチ  $P_1$  の  $n$  倍 ( $n$  は正数) である。

【 0 0 3 9 】

なお、低エネルギーシンチレータ層 3 2 2 の材料と高エネルギーシンチレータ層 4 2 2 の材料とは同一であってもよいが、低エネルギーシンチレータ層 3 2 2 と高エネルギーシンチレータ層 4 2 2 とで異なる材料が用いられてもよい。例えば、低エネルギーシンチレータ層 3 2 2 及び高エネルギーシンチレータ層 4 2 2 の材料としては、 $Gd_2O_2S:Tb$ 、 $CsI:Tl$ 、 $CdWO_4$ 、 $CaWO_4$ 、 $GSO$ 、 $LGSO$ 、 $BGO$ 、 $LSO$ 、 $YSO$ 、 $YAP$ 、 $Y_2O_2S:Tb$ 、 $YTaO_4:Tm$  等が適用可能であり、検出する X 線に応じて材料の組合せを選択すればよい。なお、低エネルギー検出器 3 2 と高エネルギー検出器 4 2 は、 $CdTe$  (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 X 線検出器であってもよい。

【 0 0 4 0 】

ここで、食品内の異物検査では、食肉内の骨や軟骨、金属等を異物として検査することが要求され、食肉の放射線吸収量と異物 (骨や軟骨、金属等) の放射線吸収量との相違を利用して、これらを透過した放射線像のサブトラクション画像のコントラスト差によって異物を浮き出させ、異物の有無を判断する。

【 0 0 4 1 】

ここで、骨や金属は、食肉に比べて放射線透過性が大きく異なる (低い) ので、少なくとも一方の放射線検出器による放射線像のコントラスト差が大きい。その結果、二つの放射線像のサブトラクション画像のコントラスト差が大きく、異物検査が容易である。しかしながら、軟骨は、食肉と同様に放射線透過率が高く、その差が小さいので、双方の放射線検出器による放射線像のコントラスト差が小さくなってしまふ。その結果、これらの放射線像のサブトラクション画像のコントラスト差も小さく、異物検査が困難であった。

【 0 0 4 2 】

しかしながら、食肉や軟骨等の軽い原子同士、すなわち放射線透過性が高い物質同士の放射線像のコントラスト差を比較的大きくすることができる低エネルギー範囲の放射線像を検出する低エネルギー検出器 3 2 において、各画素 3 2 6 の検出方向 X での画素幅  $W_{a1}$  を小さくすると、すなわち、低エネルギー検出器 3 2 における各画素 3 2 6 の面積  $S_1$  を小さくすると、各画素 3 2 6 によって変換される電荷量が小さくなり、食肉や軟骨等の軽い原子同士、すなわち放射線透過性が高い物質同士の放射線像による電荷量差を相対的に大きくすることができ、これらの放射線像のコントラスト差を大きくすることができる。その結果、異物検査を容易にすることができる。

【 0 0 4 3 】

次に、低エネルギー画像補正部 3 4 における画素変更回路 3 4 d、及び、高エネルギー画像補正部 4 4 における画素変更回路 4 4 d について詳細に説明する。

【 0 0 4 4 】

図 5 は、低エネルギー画像補正部 3 4 による画像処理 (a)、及び、高エネルギー画像補正部 4 4 における画像処理 (b) を示す概念図である。

【 0 0 4 5 】

図 5 (a) に示すように、低エネルギー検出器 3 2 から出力される画像は、 $M$  画素 (検出方向 X)  $\times$   $N$  ライン出力 (搬送方向 Y) が 2 次元画像処理され、その画素数は  $M \times N$  画素となる。一方、図 5 (b) によれば、高エネルギー検出器 4 2 から出力される画像は、 $M'$  画素 (検出方向 X)  $\times$   $N$  ライン出力 (搬送方向 Y) が 2 次元画像処理され、その画素数は  $M' \times N$  画素となる ( $M' < M$ )。

【 0 0 4 6 】

このように、低エネルギー検出器 3 2 の画素面積  $S_1$  と高エネルギー検出器 4 2 の画素面積

10

20

30

40

50

S 2 が異なる場合、すなわち、低エネルギー検出器 3 2 の検出方向 X での画素幅  $W a 1$  と高エネルギー検出器 4 2 の検出方向 X での画素幅  $W a 2$  とが異なる場合、低エネルギー検出器 3 2 から出力される画像における 1 ライン出力ごとの画素数  $M$  と高エネルギー検出器 4 2 から出力される画像における 1 ライン出力ごとの画素数  $M'$  とが異なり、これらの差分処理を行うことによってサブトラクション画像を作成することが難しい。

【 0 0 4 7 】

そこで、画素変更回路 3 4 d , 4 4 d は、低エネルギー検出器 3 2 からの画像の画素数  $M$  と高エネルギー検出器 4 2 からの画像の画素数  $M'$  とを等しくするように、画素変更処理を行う。この画素変更処理としては、画素補間処理や画素間引き処理などが適用可能である。

10

( 1 ) 画素補間処理

【 0 0 4 8 】

まず、画素補間処理について詳細に説明する。画素補間処理では、低エネルギー検出器 3 2 からの画像の画素数  $M$  に高エネルギー検出器 4 2 からの画像の画素数  $M'$  を合わせるように画素の補間を行う。この画素補間処理として、単純補間処理及び一次補間処理の例を以下に示す。

( 1 - 1 ) 単純補間処理

【 0 0 4 9 】

図 6 は、単純補間処理の一例を示す概念図である。この単純補間処理では、画素変更回路 4 4 d によって、高エネルギー検出器 4 2 から出力された画像における各画素を単純コピーした補間画素を生成し、対応の画素に隣接させて補間する。このとき、画素変更回路 3 4 d は、この単純補間処理を行わず、低エネルギー検出器 3 2 から出力された画像をそのまま出力する。

20

( 1 - 2 ) 一次補間処理

【 0 0 5 0 】

図 7 は、一次補間処理の一例を示す概念図である。この一次補間処理では、画素変更回路 4 4 d は、高エネルギー検出器 4 2 から出力された画像における隣り合う画素の平均輝度を有する補間画素を生成し、これらの画素間に補間する。例えば、第 1 画素と第 2 画素との間に第  $( 1 + 2 )'$  画素を補間している。第  $( 1 + 2 )'$  画素の輝度値は、下式のように求められる。

30

$$[ \text{第} ( 1 + 2 )' \text{画素の輝度値} ] = \{ [ \text{第} 1 \text{画素の輝度値} ] + [ \text{第} 2 \text{画素の輝度値} ] \} / 2$$

このとき、画素変更回路 3 4 d は、この一次補間処理を行わず、低エネルギー検出器 3 2 から出力された画像をそのまま出力する。

【 0 0 5 1 】

ここで、この一次補間処理を一般化する。例えば、低エネルギー検出器 3 2 からの画像の画素数と高エネルギー検出器 4 2 からの画像の画素数との比率が 2 : 1 の場合、画素変更回路 4 4 d は、この比に応じて、高エネルギー検出器 4 2 からの画像の画素数を 2 倍にするように補間処理を行う。すなわち、各々の画素間に補間画素を 1 画素補間する。次に、低エネルギー検出器 3 2 からの画像の画素数と高エネルギー検出器 4 2 からの画像の画素数との比率が 3 : 1 の場合、画素変更回路 4 4 d は、この比に応じて、高エネルギー検出器 4 2 からの画像の画素数を 3 倍にするように補間処理を行う。すなわち、各々の画素間に補間画素を 2 画素補間する。次に、低エネルギー検出器 3 2 から画像の画素数と高エネルギー検出器 4 2 からの画像の画素数との比率が 4 : 3 のような場合には、画素変更回路 4 4 d は、高エネルギー検出器 4 2 からの画像の画素数を 4 倍にするように各々の画素間に補間画素を 3 画素補間する。加えて、画素変更回路 3 4 d は、低エネルギー検出器 3 2 からの画像の画素数を 3 倍にするように各々の画素間に補間画素を 2 画素補間する。

40

【 0 0 5 2 】

これより、一次補間処理を一般化すると、低エネルギー検出器 3 2 からの画像の画素数と高エネルギー検出器 4 2 からの画像の画素数との比率が  $J : K$  の場合、 $J$  と  $K$  の最小公倍数

50

Lを求め、画素変更回路34dは、低エネルギー検出器32からの画像の画素数をL/J倍にするように補間画素を補間し、画素変更回路44dは、高エネルギー検出器42からの画像の画素数をL/K倍にするように補間画素を補間することとなる。

【0053】

そして、これらの補間画素の輝度値は以下のように求められる。補間対象となる隣り合う画素の信号をそれぞれ $H(x)$ 、 $H(x+1)$ とし、 $H(x)$ と $H(x+1)$ の画素間を補間する場合、補間画素の輝度値 $I_H(y)$ は次式で表される。

$$I_H(y) = (\alpha \times H(x) + \beta \times H(x+1))$$

ここで、 $\alpha$ は前画素補正係数、 $\beta$ は後画素補正係数、 $\gamma$ は輝度調整係数であり、 $x$ は補間対象の画素の順番を表すものである。なお、 $\alpha$ と $\beta$ は任意の数を用いてもよいし、計算によって求めてもよい。また、定数を用いてもよい。

10

【0054】

この一般化によれば、例えば、 $\alpha = 1$ 、 $\beta = 0$ 、 $\gamma = 1$ とすると、上記した単純補間処理となる。

【0055】

補正係数 $\alpha$ 及び $\beta$ は、図8に示すように、補間画素数に応じて求められてもよい。例えば、低エネルギー検出器32からの画像の画素数と高エネルギー検出器42からの画像の画素数との比率が2:1で、1画素のみ補間する場合には、図8より $\alpha = 0.5$ 、 $\beta = 0.5$ と求められる。これは、二つの画素の平均を求めることとなる。また、低エネルギー検出器32からの画像の画素数と高エネルギー検出器42からの画像の画素数との比率が4:1で、3画素補間する場合には、図8より $H(x)$ 側から一つ目の補間画素としては $\alpha = 0.75$ 、 $\beta = 0.25$ とし、二つ目の補間画素としては $\alpha = 0.5$ 、 $\beta = 0.5$ とし、三つ目の補間画素としては $\alpha = 0.25$ 、 $\beta = 0.75$ とする。このように、二つの画素間の補正画素の輝度値を画素数の比率に応じて、すなわち補間画素数に応じて求めてもよい。

20

【0056】

なお、画像の端では、補間対象画素が欠けることがありえるが、このような場合には、 $\alpha = 1$ 、 $\beta = 0$ とし、単純補間を行えばよい。

【0057】

画素補間処理としては、上記した単純補間処理や一次補間処理に限定されることなく、様々な手法が適用可能である。例えば、二次補間手法を用いた補間手法やスプライン補間手法を用いた補間手法、ラグランジェ補間手法を用いた補間手法など、様々な手法が用いられてもよい。なお、ラグランジェ補間手法とは、 $n+1$ ヶの点がある時に、 $n$ 次関数を作成して、全ての点をとる曲線を導き、その曲線を用いて間の輝度値を補間する手法である。

30

(2) 画素間引き処理

【0058】

次に、画素間引き処理について詳細に説明する。画素間引き処理では、高エネルギー検出器42の画素数 $M'$ に低エネルギー検出器32の画素数 $M$ をあわせるように画素の間引きを行う。この画素間引き処理として、単純間引き処理、平均化間引き処理、加算間引き処理、ミニマムフィルタ間引き処理の例を以下に示す。

40

(2-1) 単純間引き処理

【0059】

図9は、単純間引き処理の一例を示す概念図である。この単純間引き処理では、画素変更回路34dによって、低エネルギー検出器32から出力された画像における隣り合う画素のうち、奇数番目もしくは偶数番目の画素を削除することによって間引く。例えば、図9では、奇数番目の画素を残し、偶数番目の画素を削除している。このとき、画素変更回路44dは、この単純間引き処理を行わず、高エネルギー検出器42から出力された画像をそのまま出力する。

(2-2) 平均化間引き処理

【0060】

50

図10は、平均化間引き処理の一例を示す概念図である。この平均化間引き処理では、画素変更回路34dによって、低エネルギー検出器32から出力された画像における隣り合う画素の平均輝度を算出し、この平均輝度を有する画素を配列する。例えば、図10では、{ [第1画素の輝度] + [第2画素の輝度] } / 2、{ [第3画素の輝度] + [第4画素の輝度] } / 2、{ [第5画素の輝度] + [第6画素の輝度] } / 2、{ [第7画素の輝度] + [第8画素の輝度] } / 2、{ [第9画素の輝度] + [第10画素の輝度] } / 2、{ [第11画素の輝度] + [第12画素の輝度] } / 2それぞれの平均輝度を有する画素を配列する。このとき、画素変更回路44dは、この平均化間引き処理を行わず、高エネルギー検出器42から出力された画像をそのまま出力する。

(2-3) 加算間引き処理

【0061】

図11は、加算間引き処理の一例を示す概念図である。この加算間引き処理では、画素変更回路34dによって、低エネルギー検出器32から出力された画像における隣り合う画素の輝度を加算し、加算値を有する画素を配列する。例えば、図11では、{ [第1画素の輝度] + [第2画素の輝度] }、{ [第3画素の輝度] + [第4画素の輝度] }、{ [第5画素の輝度] + [第6画素の輝度] }、{ [第7画素の輝度] + [第8画素の輝度] }、{ [第9画素の輝度] + [第10画素の輝度] }、{ [第11画素の輝度] + [第12画素の輝度] }それぞれの加算値を有する画素を配列する。このとき、画素変更回路44dは、この加算間引き処理を行わず、高エネルギー検出器42から出力された画像をそのまま出力する。

(2-4) ミニマムフィルタ間引き処理

【0062】

図12は、ミニマムフィルタ間引き処理の一例を示す概念図である。このミニマムフィルタ間引き処理では、画素変更回路34dによって、低エネルギー検出器32から出力された画像における隣り合う画素のうち、輝度が低いものを残し、輝度が高いものを削除することで間引きを行う。図12では、[第1画素の輝度] < [第2画素の輝度]、[第4画素の輝度] < [第3画素の輝度]、[第5画素の輝度] < [第6画素の輝度]、[第7画素の輝度] < [第8画素の輝度]、[第10画素の輝度] < [第9画素の輝度]、[第11画素の輝度] < [第12画素の輝度]と仮定し、輝度の大きい画素を間引きしている。このとき、画素変更回路44dは、このミニマムフィルタ間引き処理を行わず、高エネルギー検出器42から出力された画像をそのまま出力する。

【0063】

なお、図12では、[画素数M] / [画素数M'] = 2であるので、隣り合う画素の輝度差を比較しているが、[画素数M] / [画素数M'] = Aの場合には、近隣のA個の画素を比較して、輝度値が最小となる画素を残すようにすればよい。また、Aの値が整数でない場合は、四捨五入などを行ってもよい。

【0064】

異物検査における異物は、通常、その周りよりもX線透過率が低い(X線吸収率が高い)ので、上記したように、隣り合う画素のうち輝度値の小さい画素を残すことにより、異物情報を残すことができる。

【0065】

ここで、画素間引き処理においても、上記した一次補間処理と同様に一般化することができる。例えば、低エネルギー検出器32からの画像の画素数と高エネルギー検出器42からの画像の画素数との比率が2:1の場合、画素変更回路34dは、この比に応じて、低エネルギー検出器32からの画像の画素数を1/2倍にするように間引き処理を行う。すなわち、2画素を1画素とするように間引きする。次に、低エネルギー検出器32からの画像の画素数と高エネルギー検出器42からの画像の画素数との比率が3:1の場合、画素変更回路34dは、この比に応じて、低エネルギー検出器32からの画像の画素数を1/3倍にするように間引き処理を行う。すなわち、3画素を1画素とするように間引きする。次に、低エネルギー検出器32からの画像の画素数と高エネルギー検出器42からの画像の画素数との比率が4:3のような場合には、画素変更回路34dは、低エネルギー検出器32からの

10

20

30

40

50

画像の画素数を1/4倍にするように間引きを行う。加えて、画素変更回路44dは、高エネルギー検出器42からの画像の画素数を1/3倍にするように間引きを行う。

【0066】

これより、画素間引き処理を一般化すると、低エネルギー検出器32からの画像の画素数と高エネルギー検出器42からの画像の画素数との比率がJ:Kの場合、画素変更回路34dは、低エネルギー検出器32からの画像の画素数を1/J倍にするように画素の間引きを行い、画素変更回路44dは、高エネルギー検出器42からの画像の画素数を1/K倍にするように画素の間引きを行う。

【0067】

そして、補正画素の輝度値は以下のように求められる。補正対象となる画素の信号をそれぞれ $L(x)$ 、 $L(x+1)$ とし、 $L(x)$ と $L(x+1)$ の画素から補正する場合、補正画素の輝度値 $IL(y)$ は次式で表される。

$$IL(y) = (\alpha \cdot L(x) + \beta \cdot L(x+1))$$

ここで、 $\alpha$ は前画素補正係数、 $\beta$ は後画素補正係数、 $\gamma$ は輝度調整係数であり、 $x$ は補正対象の画素の順番を表すものである。なお、 $\alpha$ と $\beta$ は任意の数を用いてもよいし、計算によって求めてもよい。また、定数を用いてもよい。

【0068】

この一般化によれば、例えば、 $\alpha = 1$ 、 $\beta = 0$ 、 $\gamma = 1$ とすると、上記した単純間引き処理となる。また、 $\alpha = 0.5$ 、 $\beta = 0.5$ 、 $\gamma = 0.5$ とすると、上記した平均化間引き処理となる。このように、補正に使用する画素数の比率に応じて、すなわち補正に使用する画素数に応じて $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ を求めることにより、平均化間引き処理や加算間引き処理などを実現することができる。

【0069】

画素間引き処理としては、上記した単純間引き処理や平均化間引き処理、加算間引き処理、ミニマムフィルタ間引き処理に限定されることなく、様々な手法が適用可能である。例えば、マキシマムフィルタ手法を用いた間引き手法など、様々な手法が用いられてもよい。マキシマムフィルタ手法とは、ミニマムフィルタ手法の逆であり、隣り合った画素のうち輝度値が大きい方を残す手法である。空隙などを通過した画素の輝度値はその周りよりも高くなります。よって、マキシマムフィルタ手法を用いることにより、被検査物に空隙などがあるかどうかを調べることができることとなる。

【0070】

このように、本実施形態の放射線検出装置80によれば、低エネルギー検出器32における画素326の像検出方向Xでの画素幅 $W_{a1}$ が高エネルギー検出器42における画素426の像検出方向Xでの画素幅 $W_{a2}$ より小さい場合であっても、すなわち、低エネルギー検出器32における単位長さあたりの画素数と高エネルギー検出器42における単位長さあたりの画素数とが異なっても、低エネルギー画像補正部34における画素変更回路34d及び高エネルギー画像補正部44における画素変更回路44dによって、低エネルギー検出器32からの画像の各画素と高エネルギー検出器42からの画像の各画素とが対応し、かつ、低エネルギー検出器32からの画像の画素数と高エネルギー検出器42からの画像の画素数とを等しくするように画素変更処理を行うので、低エネルギー検出器32による放射線像及び高エネルギー検出器による放射線像に基づく画像処理装置70によるサブトラクション処理を容易にすることができる。

【0071】

図13は、本実施形態の画素補間処理や画素間引き処理を行わない場合の低エネルギー検出器32によって検出した画像(a)、及び、高エネルギー検出器42によって検出した画像(b)を示す図であり、図14は、本実施形態の画素補間処理を行った場合の低エネルギー検出器32によって検出した画像(a)、及び、高エネルギー検出器42によって検出した画像(b)を示す図である。また、図15は、図14に示す画像に基づくサブトラクション画像である。

【0072】

10

20

30

40

50

図13に示すように、低エネルギー検出器32からの画像の検出方向Xでの画素数と高エネルギー検出器42からの画像の検出方向Xでの画素数とが異なるので、これらの画像に基づくサブトラクション画像を生成することが困難である。

【0073】

図14に示すように、低エネルギー検出器32からの画像の検出方向Xでの画素数と高エネルギー検出器42からの画像の検出方向Xでの画素数とを等しくすることによって、図15に示すように、所望の物質のみを浮き立たせたサブストラクション画像を容易に得られることがわかる。

【0074】

なお、本発明は上記した本実施形態に限定されることなく種々の変形が可能である。

10

【0075】

本実施形態では、低エネルギー画像補正部34及び高エネルギー画像補正部44がハードウェアで構成される例を示したが、低エネルギー画像補正部34及び高エネルギー画像補正部44は、例えば外部のコンピュータにおけるソフトウェア処理によって実現されてもよい。すなわち、本発明の画像処理部がコンピュータプログラムによって実現され、本発明の画素補間処理や画素間引き処理といった画素変更処理がソフトウェア的に処理されてもよい。

【0076】

また、本実施形態では、低エネルギー検出器32のラインセンサ324における複数の画素326それぞれの面積 $S_1$ を、高エネルギー検出器42のラインセンサ424における複数の画素426それぞれの面積 $S_2$ より小さくするために、各画素326の画素幅 $W_{a1}$ を各画素426の画素幅 $W_{a2}$ より小さくしたが、図16に示すように、更に、各画素326の画素幅 $W_{b1}$ を各画素426の画素幅 $W_{b2}$ より小さくしてもよい。このように、搬送方向Yのライン出力数が異なる場合には、同一のライン出力数となるように、2つの放射線検出器の検出タイミングの制御を行ってもよい。

20

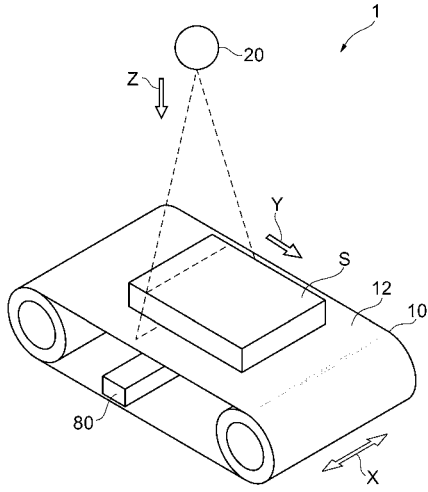
【符号の説明】

【0077】

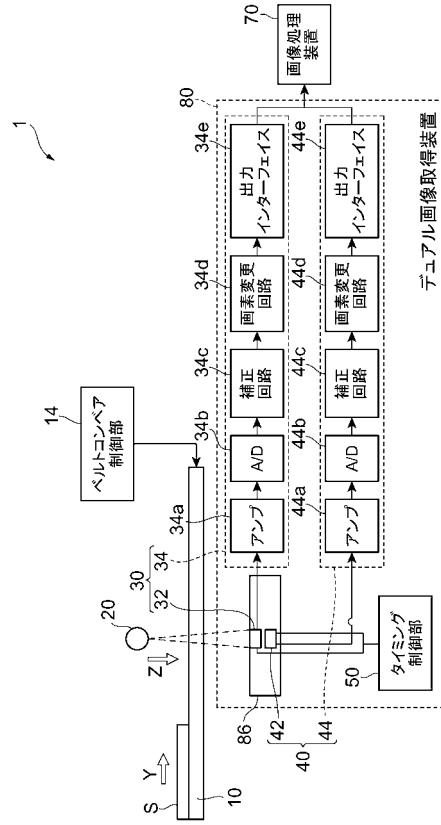
1...X線異物検査装置、10...ベルトコンベア、12...ベルト部、14...ベルトコンベア制御部、20...X線照射器、30...低エネルギー画像取得部、32...低エネルギー検出器(第1放射線検出器)、322...低エネルギーシンチレータ層(第1シンチレータ層)、324...低エネルギーラインセンサ(第1画素部)、326...画素、34...低エネルギー画像補正部(第1画像処理部)、34a...アンプ、34b...A/D変換部、34c...補正回路、34d...画素変更回路、34e...出力インターフェイス、40...高エネルギー画像取得部、42...高エネルギー検出器(第2放射線検出器)、422...高エネルギーシンチレータ層(第2シンチレータ層)、424...高エネルギーラインセンサ(第2画素部)、426...画素、44...高エネルギー画像補正部(第2画像処理部)、44a...アンプ、44b...A/D変換部、44c...補正回路、44d...画素変更回路、44e...出力インターフェイス、50...タイミング制御部、70...画像処理装置、80...放射線検出装置、86...デュアルエネルギーセンサ。

30

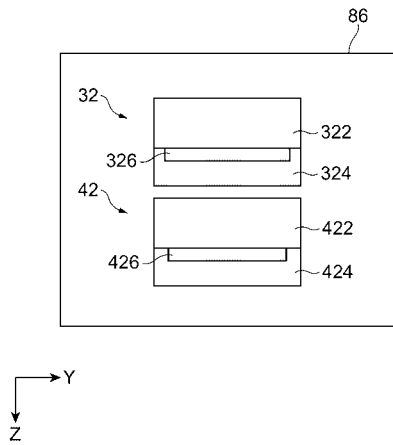
【図1】



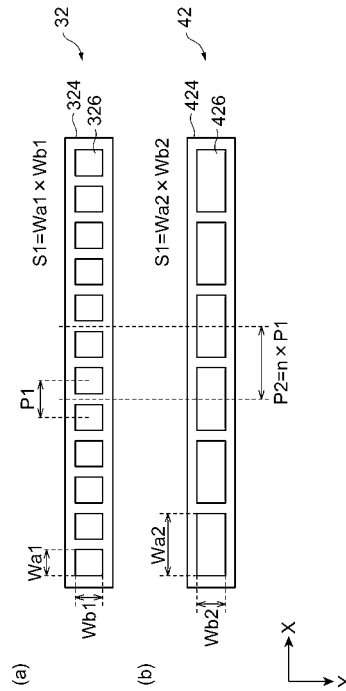
【図2】



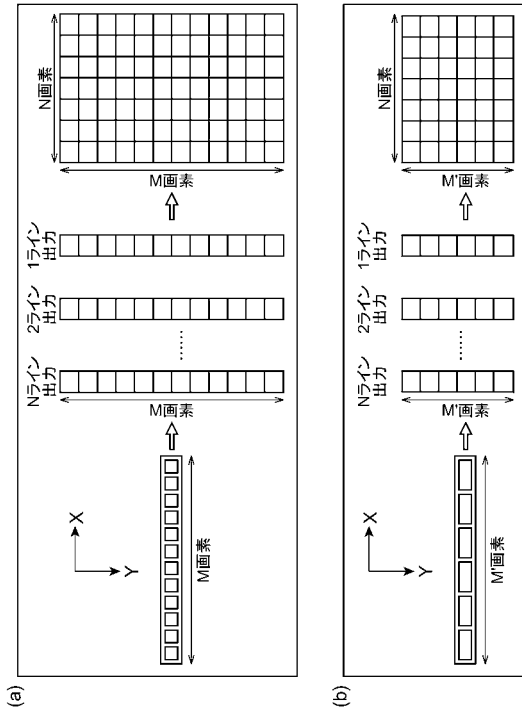
【図3】



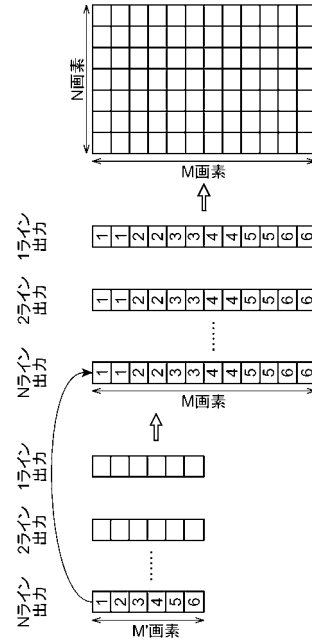
【図4】



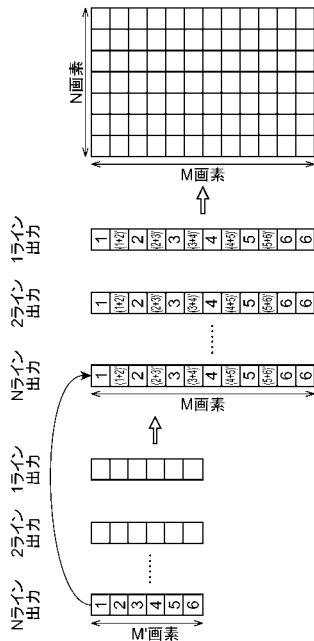
【 図 5 】



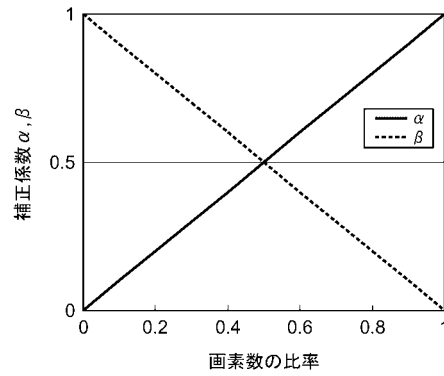
【 図 6 】



【 図 7 】

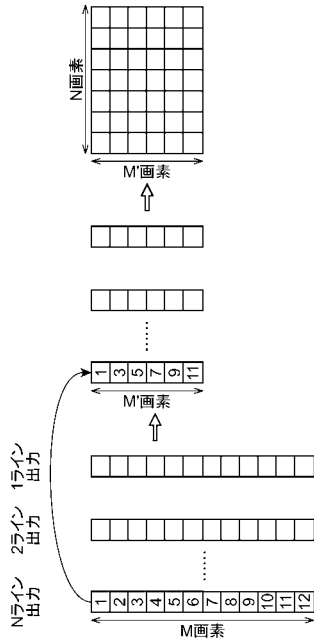


【 図 8 】

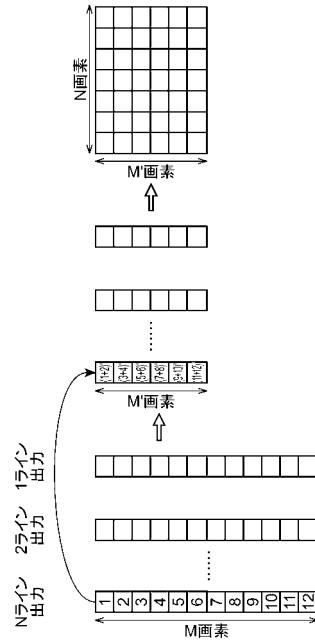




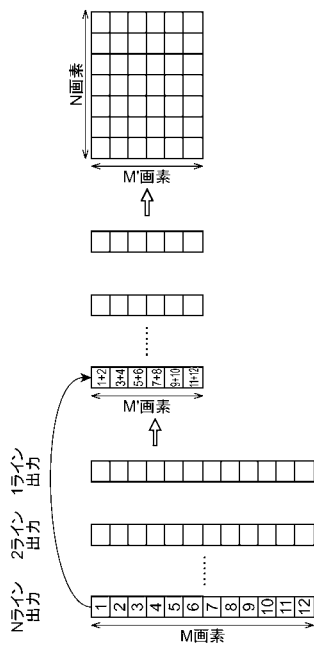
【図 9】



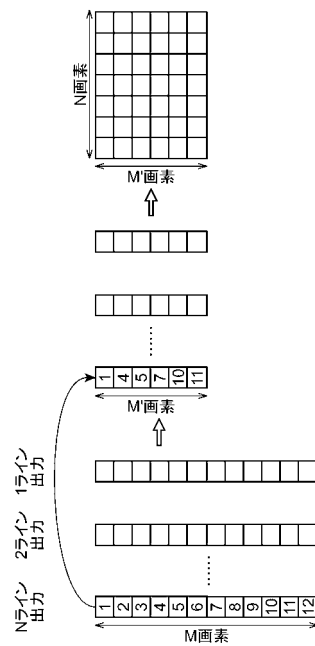
【図 10】



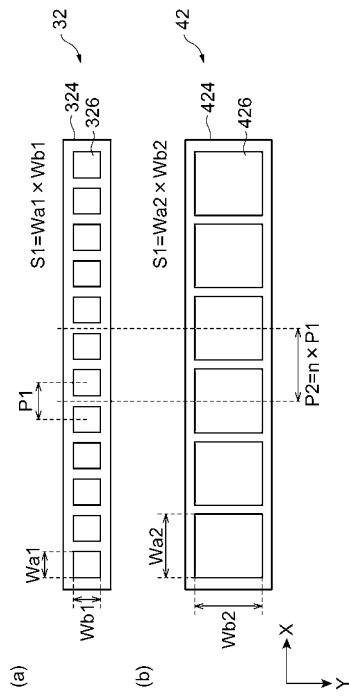
【図 11】



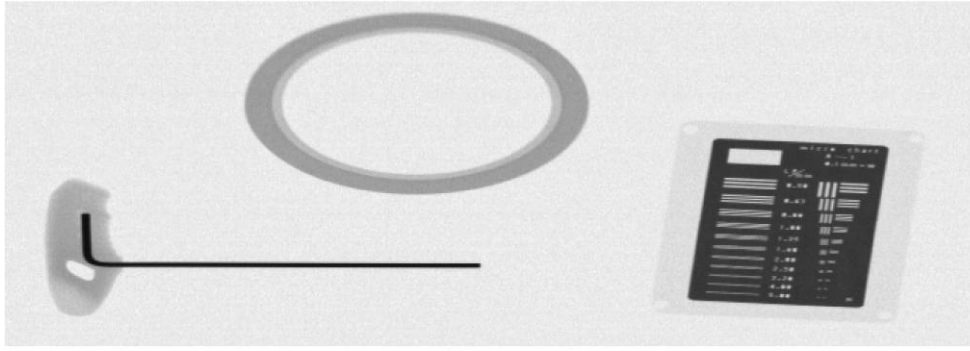
【図 12】



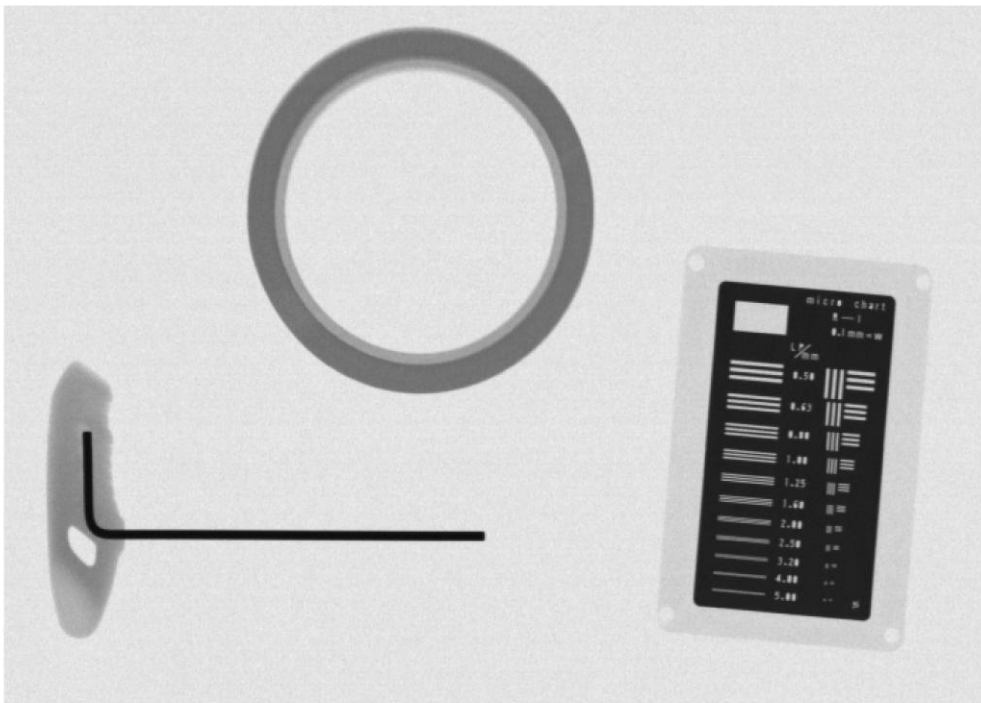
【 図 16 】



【 図 13 】

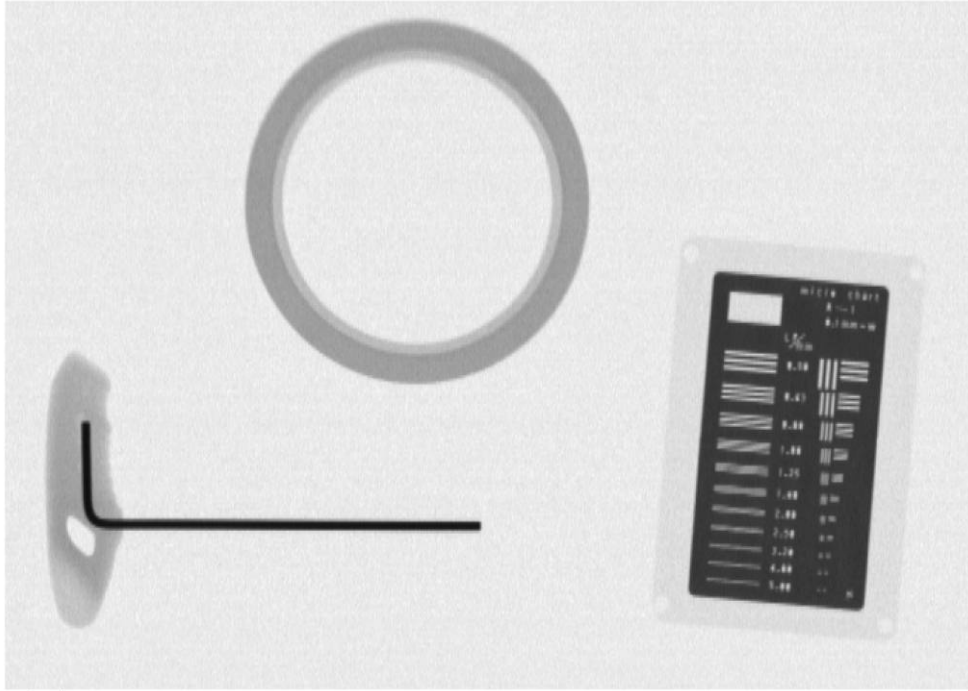


(b)

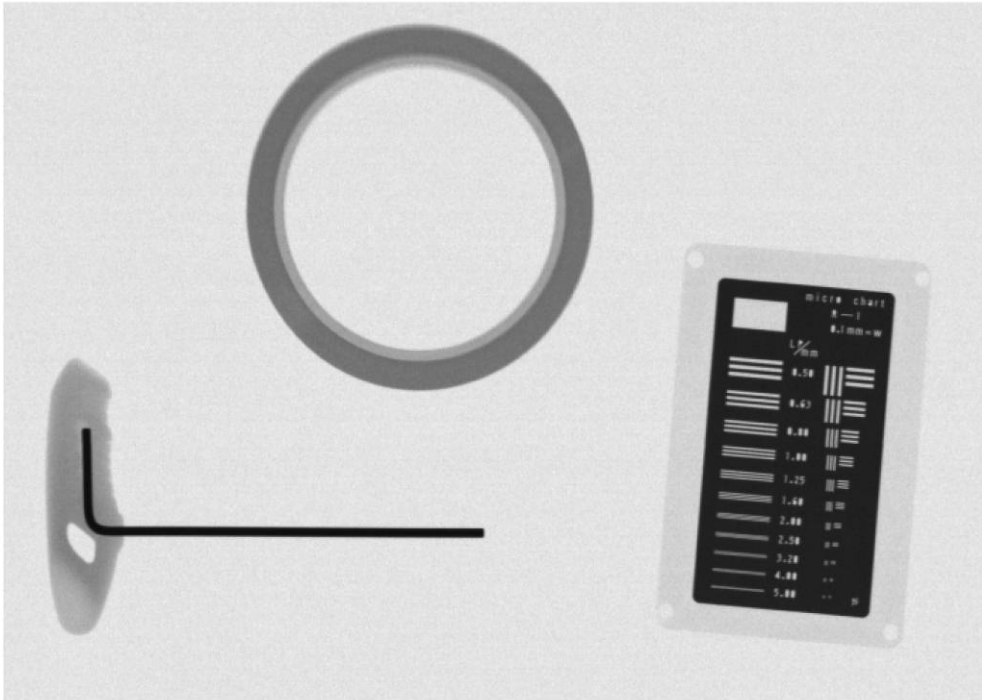


(a)

【 図 14 】

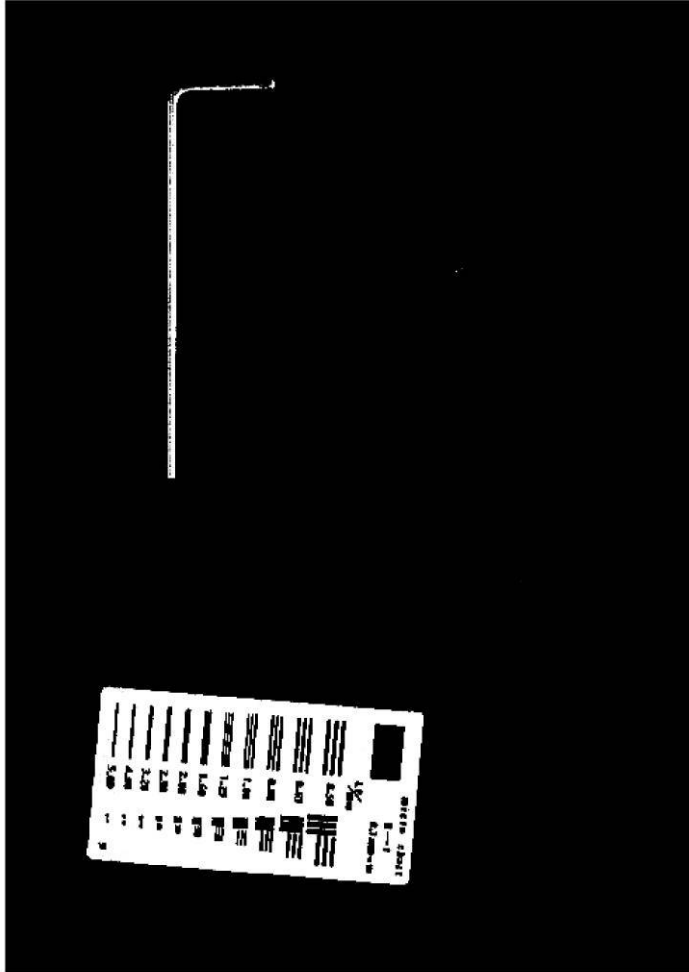
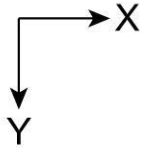


(b)



(a)

【 15】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2009-082250(JP,A)  
特開2009-085844(JP,A)  
特開2009-094902(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 23/00 - 23/227  
G01T 1/00 - 7/12  
A61B 6/00 - 6/14