

(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2009-109499

(P2009-109499A)

(43) 公開日 平成21年5月21日(2009.5.21)

(51) Int.Cl.  
G01N 23/04 (2006.01)

F I  
G O I N 23/04

テーマコード (参考)  
2 G O O 1

審査請求 有 請求項の数 18 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2008-279979 (P2008-279979)  
 (22) 出願日 平成20年10月30日 (2008.10.30)  
 (31) 優先権主張番号 200710176528.4  
 (32) 優先日 平成19年10月30日 (2007.10.30)  
 (33) 優先権主張国 中国 (CN)

(71) 出願人 502192546  
 清華大学  
 中華人民共和国北京市海淀区清華大学 郵  
 編 1 0 0 0 8 4  
 (71) 出願人 503414751  
 同方威視技術股▲分▼有限公司  
 中華人民共和国 北京市海澱區雙清路同方  
 大廈A座2層 1 0 0 0 8 4  
 (74) 代理人 100101454  
 弁理士 山田 卓二  
 (74) 代理人 100081422  
 弁理士 田中 光雄  
 (74) 代理人 100098280  
 弁理士 石野 正弘

最終頁に続く

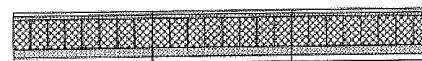
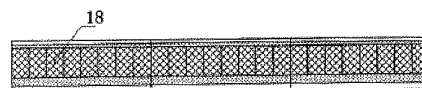
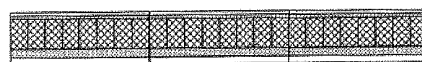
(54) 【発明の名称】 検査システム、検査方法、C T装置及び検出装置

(57) 【要約】

【課題】本発明に係る検出装置によれば、検出装置の有効な検出面積を増大させることにより、検出器の列数を有効に減少させて、検出装置のコストを下げるができる。

【解決手段】本発明は、スリッピングと、スリッピングに接続した放射線源と、放射線源に対向しスリッピングに接続した検出装置とを備えるC T装置と、被検体を搬送する搬送装置とを備え、その中で前記検出装置はN列の検出器を備え、且つ、隣接する2つの列の前記検出器の間に所定の間隔を有し、その中でNは1より大きい整数である、検査システムを提供する。本発明によるC T装置では、C T装置の高速スキャン結像を実現し、C T装置と2次元画像を取得するためのスキャン結像装置とを同時に使用することが可能になるので、相互の不足を補うことができる。

【選択図】 図3



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

スリッピングと、スリッピングに接続した放射線源と、放射線源に対向しスリッピングに接続した検出装置とを備えるCT装置と、

被検体を搬送する搬送装置とを備え、その中で前記検出装置はN列の検出器を備え、且つ、隣接する2つの列の前記検出器の間に所定の間隔を有し、その中でNは1より大きい整数である、検査システム。

## 【請求項 2】

前記所定の間隔は5mm～80mmである、請求項1に記載の検査システム。

## 【請求項 3】

前記所定の間隔は30mm～50mmである、請求項1に記載の検査システム。

## 【請求項 4】

スリッピングが360度回転する毎の検査領域において、列毎に検出器は該領域の360/N度の扇形部分を検査すると共に、スリッピングが360/N度の回転毎に、搬送装置が物体を移動する距離は隣接する2つの列の検出器間の中心距離である、請求項1に記載の検査システム。

## 【請求項 5】

さらに、2次元画像を取得するためのスキャン結像装置を含み、CT装置による被検体の3次元画像の取得と前記2次元画像を取得するためのスキャン結像装置による2次元画像の取得が同時に行われるように、前記CT装置と前記2次元画像を取得するためのスキャン結像装置とを同時運行することができる、請求項1に記載の検査システム。

## 【請求項 6】

前記CT装置と前記2次元画像を取得するためのスキャン結像装置とが同時運行する速度を0.18～0.25m/sとする、請求項5に記載の検査システム。

## 【請求項 7】

被検体を搬送することと、

スリッピングと、スリッピングに接続した放射線源と、放射線源に対向しスリッピングに接続した検出装置とを備えるCT装置により該物体を検査することとを含み、

その中で前記検出装置はN列の検出器を備え、且つ、隣接する2つの列の前記検出器の間に所定の間隔を有し、その中でNは1より大きい整数である、検査方法。

## 【請求項 8】

スリッピングが360/N度回転する毎に、搬送装置が物体を移動する距離は隣接する2つの列の検出器の中心間距離である、請求項7に記載の検査方法。

## 【請求項 9】

前記所定の間隔は5mm～80mmである、請求項7に記載の検査方法。

## 【請求項 10】

前記所定の間隔は30mm～50mmである、請求項7に記載の検査方法。

## 【請求項 11】

さらに、2次元画像を取得するためのスキャン結像装置で前記物体を検査することを含み、CT装置による被検体の3次元画像の取得と2次元画像を取得するためのスキャン結像装置による2次元画像の取得とが同時に行われるように、前記CT装置と前記2次元画像を取得するためのスキャン結像装置とを同時運行することができる、請求項7に記載の検査方法。

## 【請求項 12】

前記CT装置と前記2次元画像を取得するためのスキャン結像装置とが同時運行する速度を0.18～0.25m/sとする、請求項7に記載の検査方法。

## 【請求項 13】

スリッピングと、スリッピングに接続した放射線源と、放射線源に対向しスリッピングに接続した検出装置とを備え、

その中で前記検出装置はN列の検出器を備え、且つ、隣接する2つの列の前記検出器間

10

20

30

40

50

に所定の間隔を有し、その中でNは1より大きい整数である、CT装置。

【請求項14】

前記所定の間隔は5mm～80mmである、請求項13に記載のCT装置。

【請求項15】

前記所定の間隔は30mm～50mmである、請求項13に記載のCT装置。

【請求項16】

N列の検出器を備え、且つ、隣接する2つの列の前記検出器の間に所定の間隔を有し、その中でNは1より大きい整数である、CT装置に用いられる検出装置。

【請求項17】

前記所定の間隔は5mm～80mmである、請求項16に記載のCT装置に用いられる検出装置。 10

【請求項18】

前記所定の間隔は30mm～50mmである、請求項16に記載のCT装置に用いられる検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、検査システム、検査方法、CT装置及び検出装置に関する。

【背景技術】

【0002】 20

CT装置におけるスキャン速度の問題を解決するために、通常の方法、例えば、国際特許出願公開 WO2005/119297号では複数列の検出器を使用する。それは毎回複数列のデータを同時に採集することができる。しかしながら検出器はコストが高いため、列数を大幅に増加することは現実的でない。

【0003】

【特許文献1】国際特許出願公開 WO2005/119297号パンフレット

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】 30

本発明では、検査システム、検査方法、CT装置及び検出装置を提供する。その中で、検出装置は、検出装置の有効な面積を増加する状況下（有効な検出面積を増大させることにより）、検出器の列数を有効に減少させて、検出装置のコストを下げるができる。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の一つの方面によれば、スリッピングと、スリッピングに接続した放射線源と、放射線源に対向しスリッピングに接続した検出装置とを備えるCT装置と、被検体を搬送する搬送装置とを備え、その中で前記検出装置はN列の検出器を備え、且つ、隣接する2つの列の前記検出器の間に所定の間隔を有し、その中でNは1より大きい整数である、検査システムを提供する。

【0006】 40

前記所定の間隔は5mm～80mmとすることができ、30mm～50mmであってもよい。

【0007】

本発明の他の方面によれば、スリッピングが360度回転する毎の検査領域において、列毎に検出器は該領域の360/N度の扇形部分を検査すると共に、スリッピングが360/N度の回転毎に、搬送装置が物体を移動する距離は隣接する2つの列の検出器間の中心距離である。これにより、前記N列の検出器において、搬送装置の移動方向の上流側の第1の列検出器から開始し、最後の1列の検出器まで、対応する360/N度をそれぞれ順次検査・測定することができる。

【0008】 50

本発明の一つの方面によれば、前記検査システムにおいて、さらに、2次元画像を取得するためのスキャン結像装置を含み、CT装置による被検体の3次元画像の取得と前記2次元画像を取得するためのスキャン結像装置による2次元画像の取得が同時に行われるように、前記CT装置と前記2次元画像を取得するためのスキャン結像装置とを同時運行することができる。

【0009】

前記CT装置と前記2次元画像を取得するためのスキャン結像装置とが同時運行する速度を $0.18\text{ m/s} \sim 0.25\text{ m/s}$ とすることが好ましい。

【0010】

本発明の一つの方面によれば、被検体を搬送することと、スリッピングと、スリッピングに接続した放射線源と、放射線源に対向しスリッピングに接続した検出装置とを備えるCT装置により該物体を検査することを含み、その中で前記検出装置はN列の検出器を備え、且つ、隣接する2つの列の前記検出器の間に所定の間隔を有し、その中でNは1より大きい整数である、検査方法を提供する。

10

【0011】

スリッピングが $360/N$ 度回転する毎に、搬送装置が物体を移動する距離は隣接する2つの列の検出器の中心間距離であることが好ましい。これにより、前記N列の検出器において搬送装置移動方向の上流側の第1列の検出器から開始し最後の1列の検出器まで、対応する $360/N$ をそれぞれ順次検査・測定することができる。

【0012】

本発明の一つの方面によれば、検査方法において、さらに、2次元画像を取得するためのスキャン結像装置で前記物体を検査することを含み、CT装置による被検体の3次元画像の取得と2次元画像を取得するためのスキャン結像装置による2次元画像の取得とが同時に行われるように、前記CT装置と前記2次元画像を取得するためのスキャン結像装置とを同時運行することができる。

20

【0013】

前記CT装置と前記2次元画像を取得するためのスキャン結像装置とが同時運行する速度を $0.18 \sim 0.25\text{ m/s}$ とすることが好ましい。

【0014】

本発明の一つの方面によれば、スリッピングと、スリッピングに接続した放射線源と、放射線源に対向しスリッピングに接続した検出装置とを備え、その中で前記検出装置はN列の検出器を備え、且つ、隣接する2つの列の前記検出器間に所定の間隔を有し、その中でNは1より大きい整数である、CT装置を提供する。

30

【0015】

本発明の更なる方面によれば、N列の検出器を備え、且つ、隣接する2つの列の前記検出器の間に所定の間隔を有し、その中でNは1より大きい整数である、CT装置に用いられる検出装置を提供する。

【0016】

前記の所定の間隔は $5\text{ mm} \sim 80\text{ mm}$ であることが好ましく、 $30\text{ mm} \sim 50\text{ mm}$ であることが更に好ましい。

40

【0017】

本発明のこれら及び/又は他の方面及び長所は、以下に図面を結合して好ましい実施例について述べることによって、明らかとなり且つ理解が容易になると思う。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下に、本発明の実施例について詳述する。前記実施例を例示として図面に示す。その中で、終始同一である符号は同一の素子を指している。以下に、図面に描かれた実施例を参照しつつ、本発明を説明する。

【0019】

図1、図2に示すように、本発明に基づく検査システム100は、スリッピング(支

50

持リング) 11と、スリッピングに接続した放射線源9と、放射線源に対向しスリッピングに接続した検出装置10とを備えるCT装置80と、被検体を搬送する搬送装置6とを備え、その中で前記検出装置はN列の検出器18を備え、且つ、隣接する2つの列の前記検出器間に所定の間隔を有し、その中でNは1より大きい整数である。すなわち、検出装置10は、所定間隔で離間したN列(図4では4列)の検出器18を有する。

【0020】

本発明の一つの実施形態において、検査システム100は、さらに、2次元画像を取得するためのスキャン結像装置(走査型撮像装置)60を含み、CT装置80による被検体の3次元画像の取得と2次元画像を取得するためのスキャン結像装置による2次元画像の取得を同時に行い得るように、前記CT装置と前記2次元画像を取得するためのスキャン結像装置とを同時運行することができる。

10

【0021】

図1に示す実施例において、本発明に基づく検査システム100は、被検体の2次元透過(透視)画像を取得するためのスキャン結像装置とCT装置とを備えている。被検体の2次元画像を取得するスキャン結像装置は従来の如何なる形式のスキャン結像装置であってもよく、単能と双能DRのスキャン結像装置を含む。検査システム100は爆発物や有毒物品などを検査することができる。CT結像装置80は被検体の3D形状、寸法、及び等価な原子序数Z値と密度D値の情報を確実に得ることができる。爆発物及び有毒物品などのZ-D図における分布状態により、上記禁令違反物を確実に判断できると共に、複数列の検出器構成を採用して、スキャン速度を大幅に向上させてもよい。

20

【0022】

本発明の検査システム100は、ブラケット(支持台)1と、コンベアベルト6と、ベルト位置エンコーダ5とによって構成されるベルト式搬送装置70を備えている。

【0023】

2次元画像を取得するためのスキャン結像装置60は、ブラケット(支持台)2、ブラケット2に接続した放射線源7と、放射線源7に対向しブラケット2に接続した検出器及びデータ収集器8とを備えている。

【0024】

CT装置80は、ブラケット(支持台)3、ブラケット3に回動可能に設けられたスリッピング11、スリッピング11に接続した放射線源9と、放射線源9に対向しスリッピング11に接続した検出器及びデータ収集器(検出・データ収集ユニット)または検出装置10とを備えている。

30

【0025】

また、本発明に基づく検査システム100は、荷物箱の位置を確定する(被検体の位置を特定する)ための荷物箱位置決め装置(被検体位置特定装置)4と、検査システム100を制御するための制御モジュール12と、2次元画像のスキャン結像装置60が取得したデータに対して処理を行うためのコンピュータデータ処理器13と、CT装置80が取得したデータに対して処理を行うためのコンピュータデータ処理器14と、を備えている。

【0026】

前記の荷物位置決め装置4は光遮断式センサまたは他の設備(デバイス)より実現してもよく、荷物箱(被検体)の起点及び終点を判断するために、ベルト位置エンコーダ5と協働させて、荷物箱の荷物通路(被検体の搬送通路)における位置を確定してもよい。

40

【0027】

前記検出器及び前記データ収集器は一体モジュール構造であり、データ収集器には、信号増幅回路と、A/D変換回路と、データ伝送回路とを備えられている。

【0028】

前記放射線源7は荷物通路(搬送通路)の一側に設けられ、前記検出器及びデータ収集器8は荷物通路の他側に放射線源7より射出される放射線光束に正対して置かれる。放射線源9、検出器及びデータ収集器10は、いずれもスリッピング11に固定され、検出

50

器及びデータ収集器 10 は放射線源 9 より射出される放射線光束に正対（対向）している。

【0029】

制御モジュール 12 は、荷物箱位置決め装置 4、ベルト位置エンコーダ 5、ベルトコンベア 6、放射線源 7、検出器及びデータ収集器 8、放射線源 9、検出器及びデータ収集器 10、スリッピング 11、及びコンピュータデータ処理器 14 と均しく接続しており、各部分の作動状態を同時（同調して）制御する。

【0030】

検出器及びデータ収集器 8 のデータ出力ケーブルはコンピュータデータ処理器 13 と接続され、検出器及び前記データ収集器 10 のデータ出力ケーブルはコンピュータデータ処理器 14 と接続されている。

10

【0031】

図 2 に示すように、本発明に基づく検査システムは CT 装置だけを含むものであってもよい。

【0032】

図 3 と図 4 に示すように、CT 装置を用いた検出装置 10 は、隣接する 2 つの列の前記検出器間に所定の間隔を有する（所定間隔を隔てて配置された）複数列の検出器を備えている。前記の複数列の検出器は、略円柱面形を有する表面に並んで配置されてもよい。複数列の検出器は、隣接する 2 つの列の前記検出器間に所定の間隔が有されておれば、本分野で公知の如何なる適合する配置構造を採用してもよい。

20

【0033】

図 4 における  $t$  は、隣接する 2 つの列の検出器の、図 1 におけるコンベアベルト 6 の搬送方向に沿った中心間距離を表示し、 $d$  は検出器の、図 1 におけるコンベアベルト 6 の搬送方向に沿った幅を表示している。前記間隔  $S$  は  $t$  と  $d$  との差分であり、即ち  $S = t - d$  である。

【0034】

本発明に基づく検出装置 10 の検出器は、隣接する 2 つの列の検出器 18 の中心間距離  $t$  は検出器の幅より実質的に小さく（ $t > > d$ ）、検出器 18 の結晶面積を有効に減少させて、しかも検出器のコストも低下させる。本発明に基づく検出装置 10 は複数列の検出器を有するので、単列検出器に比し検査速度を数倍は向上させることができる。自明の通り、このように配置すること（ $t > > d$ ）は空間識別率（空間解像度）を下げるが、異なる需要に対して、例えば爆発物を検出する場合には空間識別率に対しての要求が低く、一定寸法より小さい爆発物は一般に脅しを構成せず、しかも法律もそれを許している。すなわち爆発物を検出する際に要求される画像解像度はあまり高くない。

30

【0035】

本発明の一つの例示によれば、前記の所定間隔  $S$  は 5 mm ~ 80 mm であってもよい。本発明の他の例示によれば、前記の所定間隔  $S$  は 10 mm ~ 70 mm であってもよい。本発明の更に他の例示によれば、前記の所定間隔  $S$  は 20 mm ~ 60 mm であってもよい。本発明のまた他の例示によれば、前記の所定間隔  $S$  は 30 mm ~ 50 mm であってもよい。本発明の更なる他の例示によれば、前記の所定間隔  $S$  は 35 mm ~ 45 mm であってもよい。本発明のまた更なる他の例示によれば、前記の所定間隔  $S$  は 36 mm ~ 40 mm、または 38 mm であってもよい。

40

【0036】

前記の所定間隔は需要に従って異なる間隔を採用することができ、例えば爆発物に対しては、検出器の幅  $d$  が 2 mm の場合に、間隔  $S$  が 38 mm であれば、通常、爆発物は脅しを構成せず（脅威とはならず）、しかも法律もそれを許している。また刃物や拳銃等に対しては、実際の状況と法律の要求に従って、検出器の間隔を相応的に確定することができる。

【0037】

一般的な検出器の幅  $d$  は 1 ~ 10 mm である。本発明では、中心間距離で複数列の検出

50

器の配列を限定してもよく、例えば、本発明の一つの例示によれば、前記中心間距離  $t$  は  $15\text{ mm} \sim 65\text{ mm}$  である。本発明の他の例示によれば、前記の所定間隔  $S$  は  $25\text{ mm} \sim 55\text{ mm}$  である。

【0038】

本発明の更に他の例示によれば、前記の所定間隔  $S$  は  $35\text{ mm} \sim 45\text{ mm}$  である。本発明のまた他の例示によれば、前記の所定間隔  $S$  は  $40\text{ mm}$  である。

【0039】

本発明の検出器の配置に基づけば、各種の検出器を応用することができ、例えばシンチレーション体検出器等である。以下に、シンチレーション体検出器を例としては、本発明の検出器の構造について説明する。

【0040】

図5～8に示すように、シンチレーション検出器は、シンチレーション結晶体181と、光ダイオード182と、前置増幅器回路（プリアンプ）183とを備えている。X線がシンチレーション結晶体に照射されると、シンチレーション結晶体はX線を光に転化（変換）し、該光は光ダイオードにて電気信号に変換される。電気信号は前置増幅器回路183を再度経由して増幅され、後端回路に搬送されて処理される。

【0041】

一般に、工程及びコスト等の問題を考えると、結晶体の寸法は通常きわめて小さく、大寸法の検出器は、一般に小さいモジュールを繋ぎ合わせてなる。これにより、コストダウンに資すると共に維持管理にも都合がよい。すなわち複数の小さい結晶体を組み合わせることで、大きい検出装置を構成して、コストを削減するとともに利用可能性を改善することができる。

【0042】

図5～7は検出器モジュール18を示している。図8に示すように、複数のモジュール18を一体に繋ぎ合わせる（組み合わせる）ことにより直線または弧状に配列可能な単列検出器を成す。

【0043】

隣接する2つの列の検出器間の間隔を増加して、検出器の有効幅を増加する。危険物検出の空間識別率に対する要求を考慮すると、隣接する2つの列の検出器間の間隔は  $80\text{ mm}$  に設定してもよい。また、被検寸法が比較的大きい物体を検査する場合には、隣接する2つの列の検出器間の間隔はさらに大きなもの、例えば  $80\text{ mm}$  より大きい寸法に設定してもよい。隣接する2つの列の検出器間の間隔は実際の状況に応じて選択することができる。また、実際の使用における速度の需要及びコストの制御に応じて、検出器に用いる列数が選択される。

【0044】

本発明に基づく検出器は各種のスキャンができる、例えば、該検出器は、円軌道スキャンに用いてもよく、通常のスクリュー軌道スキャンに用いてもよく、特定の条件を満たす螺旋軌道スキャンに用いてもよい。

【0045】

以下に、図9を例示として参照しつつ、本発明の一つのスキャン方式を述べる。

隣接する2つの列の検出器間の間隔を  $t$  とし、列数を  $N$  とし、スリップリング11の回転速度を  $r_0$  とし、コンベアベルト6の速度を  $s$  とすると、以下の関係を満たすスキャン方式が設計される。

【0046】

【数1】

$$\frac{1}{Nr_0} = \frac{t}{s}$$

【0047】

スリップリングが  $360$  度回転する毎の検査領域において、各列の検出器は該領域の  $3$

10

20

30

40

50

60/N度の扇形部分を検査すると共に、スリップリングが360/N度回転する毎に、搬送装置が物体を移動する距離は隣接する2つの列の検出器間の中心距離である。これにより、前記N列の検出器における搬送装置の移動方向の上流側の第1列の検出器から開始して最後の1列の検出器まで、対応する360/N度をそれぞれ順次検査・測定する。

【0048】

第1列の検出器の始期位置を $T_0$ とし、第2列を $T_0 - t$ とし、第3列を $T_0 - 2t$ とし、順次類推される通りとする。

【0049】

上述の関係式より、スリップリング（即ち検出器）11は1/N周回転する時に、検出器は軸方向に沿って距離 $t$ だけ（相対的に）移動するので、この時検出器の位置に対して第1列を $T_0 + t$ に変更し、第2列を $T_0$ に変更し、第3列を $T_0 - t$ に変更し、そしてその先を順次類推することは容易であろう。この場合、第 $n + 1$ 列の検出器は回転前の第 $n$ 列の検出器と軸方向の同一位置にあり、角度には $(2/N)$ の差がある。これから分かる通り、スリップリングが1周回転した場合に、N列の検出器は $T_0$ から $T_0 - t$ までの範囲内における2角度をちょうどいっばいに並べられたようになる。

【0050】

以下に、スキャンステップについて具体的に説明する。

1. スリップリングの回転速度を $r_0$  ( $r/s$ )とし、コンベアベルトの速度を $s$  ( $m/s$ )とすると、両者は関係 $(s/r_0 = Nt)$ を満足する。ここで、 $t$  ( $m$ )は隣接する2つの列の検出器間の間隔であり、 $N$ は検出器の列数である。

【0051】

2. 制御モーターを始動してスリップリングとコンベアベルトとを上述の設定速度により等速運動させる。

【0052】

3. スリップリングがある角度回転した時を0度と仮定し、X線源を制御してX線を出射させ、且つ検出器を始動してデータ収集を行わせる。明瞭に述べるために、我々は第1列の検出器を基準と仮定したが、これに限定されることはない。この場合、第1列の検出器はコンベアベルトに対する位置は $T_0$ であり、対応する第2列の位置は $T_0 - t$ であり、第N列の位置は $T_0 - (N - 1)t$ である。

【0053】

4. スリップリングは0度から $(360/N)$ 度まで回転し、この区間のデータが連続的に収集される。回転速度とコンベアベルトの速度は関係 $(s/r_0 = Nt)$ を満足し、この場合のコンベアベルトの移動距離は $t$ である。第1列の検出器で収集されるデータ範囲は、角度方向の範囲で0度 $\sim$  $(360/N)$ 度であり、コンベアベルトの移動方向の範囲が $T_0$ から $T_0 + t$ までのデータとなる。この場合、第1列の検出器は $T_0 + t$ 位置にあり、第2列が $T_0$ 位置にあり、順次類推され、第N列が $T_0 + (N - 2)t$ 位置にあることになる。

【0054】

5. スリップリングが $(360/N)$ 度から $2 \times (360/N)$ 度まで回転し、この区間のデータが連続的に収集される。ステップ4から、第2列の検出器で収集されるデータ範囲は、角度方向の範囲が $(360/N)$ 度から $2 \times (360/N)$ 度であり、コンベアベルトの移動方向の範囲が $T_0$ から $T_0 + t$ までのデータとなることが容易に分るであろう。この場合、第1列の検出器が $T_0 + 2t$ 位置にあり、第2列が $T_0 + t$ 位置にあり、順次類推され、第N列が $T_0 + (N - 3)t$ 位置にあることになる。

【0055】

6. ステップ4及びステップ5から類推できるように、スリップリングが連続回転し、第 $N - 1$ 列の検出器が $\{360 \times (N - 2)/N\}$ 度から $\{360 \times (N - 1)/N\}$ 度、且つ、 $T_0$ から $T_0 + t$ までの範囲におけるデータを収集した後、第N列の検出器が $T_0$ 位置にくる。

【0056】

10

20

30

40

50



7. 第N列の検出器が  $\{360 \times (N - 1) / N\}$  度から  $\{360 \times N / N\}$  度、即ち  $T_0$  から  $T_0 + t$  までの範囲におけるデータを収集すると、一つの周期のデータ収集が完成される。

【0057】

8. ステップ4~7から分る通り、我々はN列検出器を使用して、 $T_0$  から  $T_0 + t$  までの範囲内における0~360度のデータ(図9はN=4の時のデータ収集範囲の模式図である)を収集した。この組のデータに対して断層再建(断層再構成)を行うと、 $T_0$  から  $T_0 + t$  までの範囲内の断層画像(再構成断層画像)を得ることができる。

【0058】

9. スリッピングとコンベアベルトは連続的に運転され、ステップ4~7は途切れることなく連続して進行していることがわかるので、被検体の異なる位置のそれぞれの断層画像を得ることができる。

10

【0059】

以下に、4列検出器を実例とした図9を参照しつつ、本発明のスキャン方式について説明する。

【0060】

検出器は360度の範囲内の  $360 / 4 = 90$  度を列毎にそれぞれスキャンする。検出器の間隔は  $t = 40$  mmとした。

スリッピングの回転速度を  $1.5$  r/s とすると、スキャン速度を計算することができる。

20

【0061】

【数2】

$$s = Nr_0t = 4 \times 1.5 \times 0.04 = 0.24 \text{ m/s}$$

【0062】

該データはテーパ効果(ビームが円錐状に発散すること)を考慮した扇ビーム再建算法によって再建される。

放射線源から検出器までの距離が  $1000$  mmである時に、最大テーパ角(最大発散角)は  $\theta = \arctan(40/1000) = 2.29^\circ$  である。経験より、円軌道のテーパビーム再建の極限テーパ角が5度以下では、嚴重な修復偽影(重大な再構成偽像)をもたらさない。正常な螺旋スキャン再建方法に従えば、検出器の有効幅は  $120$  mmである。中心部が  $60$  mmであることに等価である( $\theta = 2$ )。スリッピングが  $1.5$  r/s の速度で回転すれば、2倍ピッチで計算する。ここで、2倍ピッチとは従来のピッチ再建算法において再建できる最大ピッチのことである。

30

【0063】

検出器の有効幅を  $q$  (mm) とし、増幅比を ( $> 1$ ) とし、スリッピングの回転速度を  $r_0$  (r/s) とし、ピッチを  $p$  とすると、コンベアベルトの速度  $s$  は下記の公式によって計算することができる。

【0064】

【数3】

$$s = pr_0 \frac{q}{r} = 2 \times 1.5 \times \frac{120 \text{ mm}}{2} = 0.18 \text{ (m/s)}$$

40

これから分かる通り、該スキャン方法はスキャン速度を有効に向上させることができる。

【0065】

前記CT装置と前記の2次元画像を取得するためのスキャン結像装置とを同時(同期)運行する速度を  $0.18 \sim 0.25$  m/s としてもよい。

【0066】

図1と図2に示すCT装置に対して、スリッピングの速度を  $1.5$  r/s とし、放射

50

線源 9 の焦点からスリッピングの中心までの距離を 500 mm とし、放射線源 9 の焦点から検出器までの距離を 1000 mm とすると、増幅比： $= 1000/500 = 2$  となる。

【0067】

4 列の検出器を採用し、検出器の結晶体の寸法  $d$  を 2 mm とし、隣接する 2 つの列の中心間距離  $t$  を 40 mm とすると、検出器全体の幅を  $q$  (mm) とし、2 倍ピッチで再建 (再構成) して、ベルトの搬送速度を得ることができる。

【0068】

【数 4】

$$s = p \times r_0 \times (q/r) = 2 \times 1.5 \times (0.120/2) = 0.18 \text{ m/s}$$

ここで、「ピッチ」 $p$  は螺旋軌道の一つの重要なパラメータであり、文献におけるピッチの定義には多種があるが、本文においては、ピッチ  $p$  は、螺旋軌道が隣接する二つの輪間の距離と検出器を回転中心までズームをした後の高さの比として定義される。 $q$  (mm) が検出器の有効幅であり、 $( > 1)$  が増幅比であり、 $r_0$  がスリッピングの回転速度である。

【0069】

これまでの大多数の商業を用いた検査システムにおいては、CT 装置と 2 次元画像を取得するためのスキャン結像装置は、スキャン結像速度の差が大きいので、同時に使用することができなかつた。一般的なプロセスでは、DR 検査・測定にて疑わしい物が見つかった場合、CT で再度スキャンしていた。このようなシステムでは申告漏れ率 (検査漏れ率) は疑いがなく増加する。本発明による CT 装置では、CT 装置の高速スキャン結像を実現し、CT 装置と 2 次元画像を取得するためのスキャン結像装置とを同時に使用することが可能になるので、相互の不足を補うことができる。

【0070】

この場合、Z 方向 (水平方向) の識別率は 20 mm であり、XY 方向 (鉛直平面) の識別率は 10 mm より高く、各種の可能な配置方法を考慮すると、検査・測定できる最小体積は約  $10 \text{ cm}^3$  である。通常の爆発物の密度は  $1.5$  から  $1.9 \text{ g/cm}^3$  の間にあり、検査・測定できる最小爆発物は 20 g である。システムのノイズ等の影響から、システムで実際に検査・測定できる最小爆発物は 50 g である。

【0071】

以下に、図 1、2、4、9 を参照しつつ、本発明による検査方法を述べる。

本発明に基づく一つの検査方法は、被検体を搬送することと、スリッピングと、スリッピングに接続した放射線源と、放射線源に対向してスリッピングに接続した検出装置とを備える CT 装置により該物体を検査することを含み、且つ、隣接する 2 つの列の前記検出器間に所定の間隔を有し、その中で  $N$  は 1 より大きい整数である。

【0072】

本発明の実施例によれば、スリッピングが  $360/N$  度に回転する毎に搬送装置が物体を移動する距離は、隣接する 2 つの列の検出器間の中心距離である。これにより、前記  $N$  列検出器における搬送装置移動方向の上流側の第 1 列の検出器から開始して最後の 1 列の検出器まで、対応する  $360/N$  度をそれぞれ順次検査・測定する。

【0073】

前記検査方法は、さらに、2 次元画像を取得するためのスキャン結像装置で前記物体を検査することを含んでいてもよく、CT 装置によって被検体の 3 次元画像を取得することと 2 次元画像を取得するためのスキャン結像装置によって 2 次元画像を取得することとが同時に行えるように、前記 CT 装置と前記 2 次元画像を取得するためのスキャン結像装置とを同時運転する。前記 CT 装置と前記 2 次元画像を取得するためのスキャン結像装置とを同時運転する速度を  $0.18 \sim 0.25 \text{ m/s}$  とすることが好ましい。

【0074】

以下に、図 1 と図 2 を参照しつつ、本発明の検査システムの操作について詳述する。

1. 制御モジュール 12 によって制御される荷物箱位置決め装置 4、ベルト位置エンコー

10

20

30

40

50

ダー 5、ベルトコンベア 6、放射線源 7、検出器及びデータ収集器 8、放射線源 9、検出器及びデータ収集器（検出器）10、スリップリング 11、コンピュータデータ処理器 13、コンピュータデータ処理器 14 の電源をオンにし、制御モジュール 12 の制御下で、ベルトが高速運行し、スリップリング 11 が特定速度で回転し始め、然る後に、荷物箱（被検体）をベルト上に載せる。

【0075】

2．荷物箱は荷物箱位置決め装置 4 まで移動すると、荷物箱位置決め装置 4 が荷物箱の起点を確定し、制御モジュール 12 が該起点及びベルト位置エンコーダー 5 の計数に基づいて荷物箱の位置をリアルタイムで追跡し、荷物箱は荷物箱位置決め装置 4 から離れると、荷物箱位置決め装置 4 が荷物箱の終点を確定し、制御モジュール 12 が荷物箱の起点及び荷物箱の終点に基づいて荷物箱の長さを計算することができる。

10

【0076】

3．荷物箱は放射線源 7 及び検出器及びデータ収集器 8 がある平面まで移動すると、放射線源 7 が放射線を射出し始める。放射線源 7 から射出された放射線は被検体を透過し、放射線光束に正対する検出器及びデータ収集器 8 が受け取って投影データを形成する。制御モジュール 12 に制御された検出器及びデータ収集器 8 が一定の速度でサンプリングし、サンプリングにて得られたデータをコンピュータデータ処理器 13 に送出する。荷物箱の終点が放射線源 7、検出器及びデータ収集器 8 がある平面から離れると、放射線源 7 は放射線の射出を停止する。

【0077】

4．コンピュータデータ処理器 13 が投影データに対して校正と再建を行って、被検体の 2 次元画像を取得する。

20

【0078】

5．荷物箱がスリップリング 11 のある平面まで移動すると、放射線源 9 が放射線を射出し始める。放射線源 9 から射出された放射線は被検体を透過し、放射線光束に正対する検出器及びデータ収集器（検出器）10 が受け取って投影データを形成する。制御モジュール 12 に制御されたスリップリング 11 が一定速度で回転すると共に、検出器及びデータ収集器 10 は制御モジュール 12 の制御下で一定の速度でサンプリングし、サンプリングにて得られたデータをコンピュータデータ処理器 14 に送出する。荷物箱の終点がスリップリング 11 のある平面から離れると、放射線源 9 は放射線の射出を停止する。荷物箱がスリップリング 11 のある平面に接近するときには、ベルトを低速運転まで減速し、且つ、放射線源 9 が放射線の射出を停止した後、ベルトは高速運転まで加速することが好ましい。

30

【0079】

6．2 次元画像によって被検体が爆発物または有毒物品を含んでいるかどうかを判断できない場合に、コンピュータデータ処理器 14 が投影データに対して校正と再建を行い、被検体の等価の原子番号及び密度情報を取得し、これらの情報とデータベース中の嫌疑物のデータとを比べ、更に嫌疑物の寸法と形状とを結合して最終的な判断をする。また、被検体の検査・測定情報を直観可能に表示し、嫌疑物があれば 2 次元投影図中に嫌疑物を標記する。

40

【0080】

本設計方案を採用した検出装置は、安全検査人員が熟知する 2 次元図を提供できるだけでなく、精確な 3 次元 CT 再建画像も提供でき、安全検査人員のために荷物箱中に爆発物及び有毒物品が隠されているかどうかについての全面的、且つ正確な判断依拠を提供する。

【図面の簡単な説明】

【0081】

【図 1】本発明の実施例に基づく検査システムの模式図である。

【図 2】本発明の実施例に基づく CT 装置の模式図である。

【図 3】本発明の実施例に基づく検出装置の模式図である。

50

【図4】本発明の実施例に基づく検出装置における検出器の配列を述べた模式平面図である。

【図5】シンチレーション体検出器の構造模式図である。

【図6】シンチレーション体検出器の平面図である。

【図7】シンチレーション体検出器の3次元効果を示す図である。

【図8】複数の検出器モジュールからなる単列検出器の平面図である。

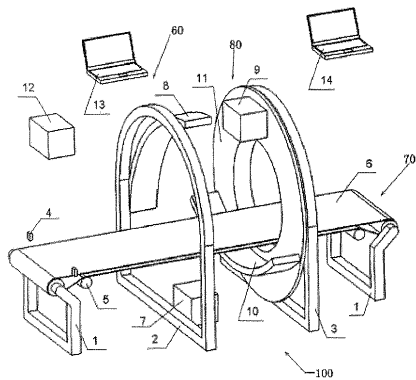
【図9】複数列の広い間隔の検出器の模式図である。

【符号の説明】

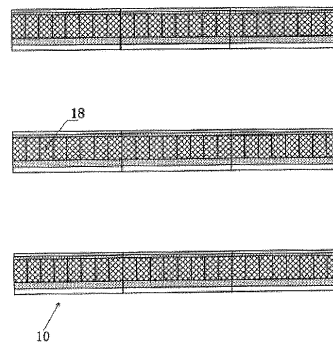
【0082】

1, 2, 3 : ブラケット、4 : 荷物箱位置決め装置、5 : ベルト位置エンコーダー、6 : コンベアベルト、7 : 放射線源、8 : データ収集器、9 : 放射線源、10 : 検出器及びデータ収集器、11 : スリッピング、12 : 制御モジュール、13 : コンピュータデータ処理器、14 : コンピュータデータ処理器。

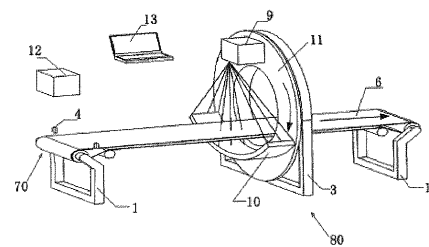
【図1】



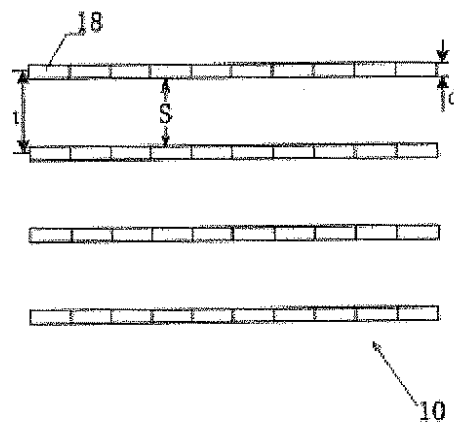
【図3】



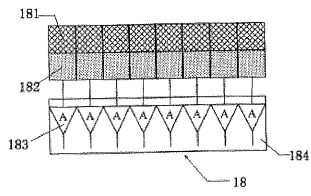
【図2】



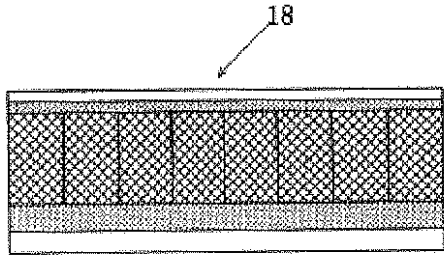
【図4】



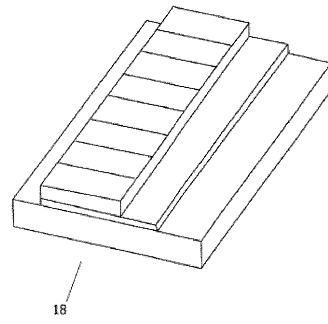
【 図 5 】



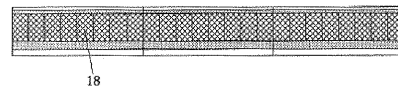
【 図 6 】



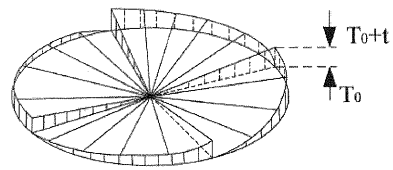
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



## フロントページの続き

(74)代理人 100100479  
弁理士 竹内 三喜夫

(74)代理人 100112911  
弁理士 中野 晴夫

(74)代理人 100125874  
弁理士 川端 純市

(72)発明者 張 麗  
中華人民共和国 北京市海澱區雙清路同方大廈A座2層 1 0 0 0 8 4

(72)発明者 陳 志強  
中華人民共和国 北京市海澱區雙清路同方大廈A座2層 1 0 0 0 8 4

(72)発明者 胡 海峰  
中華人民共和国 北京市海澱區雙清路同方大廈A座2層 1 0 0 0 8 4

(72)発明者 李 元景  
中華人民共和国 北京市海澱區雙清路同方大廈A座2層 1 0 0 0 8 4

(72)発明者 劉 以農  
中華人民共和国 北京市海澱區雙清路同方大廈A座2層 1 0 0 0 8 4

(72)発明者 孫 尚民  
中華人民共和国 北京市海澱區雙清路同方大廈A座2層 1 0 0 0 8 4

(72)発明者 張 文宇  
中華人民共和国 北京市海澱區雙清路同方大廈A座2層 1 0 0 0 8 4

(72)発明者 しん 宇翔  
中華人民共和国 北京市海澱區雙清路同方大廈A座2層 1 0 0 0 8 4

Fターム(参考) 2G001 AA01 AA07 BA11 CA01 CA07 DA01 DA06 DA10 GA04 GA05  
GA06 GA08 GA13 JA01 JA06 JA09 JA11 JA16 KA01 LA10  
LA20 PA11