

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5164777号  
(P5164777)

(45) 発行日 平成25年3月21日(2013.3.21)

(24) 登録日 平成24年12月28日(2012.12.28)

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

F I  
G01N 23/04

請求項の数 26 (全 28 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2008-259432 (P2008-259432)                  (22) 出願日 平成20年10月6日(2008.10.6)                  (65) 公開番号 特開2009-92659 (P2009-92659A)                  (43) 公開日 平成21年4月30日(2009.4.30)                  審査請求日 平成20年10月6日(2008.10.6)                  (31) 優先権主張番号 200710180652.8                  (32) 優先日 平成19年10月5日(2007.10.5)                  (33) 優先権主張国 中国 (CN)</p>	<p>(73) 特許権者 508025378                  チンファ ユニバーシティ                  中国北京市海澱区清華大學 100084                  (73) 特許権者 508025367                  ヌクテック カンパニー リミテッド                  中国北京市海澱区雙清路同方大廈エー座2                  ▲層▼ 100084                  (74) 代理人 100079049                  弁理士 中島 淳                  (74) 代理人 100084995                  弁理士 加藤 和詳                  (74) 代理人 100085279                  弁理士 西元 勝一</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液体物品の検査方法及びその設備

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被検査液体物品の垂直透過画像をDR結像により取得し、該垂直透過画像の少なくとも1行を指定し、前記指定された行に対応する位置において、前記被検査液体物品に対して平面断層CT走査を用いてダブルエネルギーCT走査を行い、ダブルエネルギーCTの投影データを得るステップであって、ここで、前記被検査液体物品の垂直透過画像をDR結像により取得することは、前記放射線源から放射線を放射させ、前記被検査液体物品を透過させて高エネルギー透過画像と低エネルギー透過画像を形成し、前記高エネルギー透過画像と前記低エネルギー透過画像とを結合して前記垂直透過画像を形成するか、又は、前記高エネルギー透過画像と前記低エネルギー透過画像の中から一つを選択して前記垂直透過画像とする、前記ステップと、

前記投影データに基づいてCT再構成を行い、前記被検査液体物品の複数の物理属性値を表すCT画像を得るステップと、

前記CT画像に基づいて前記被検査液体物品の複数の物理属性値を取り出すステップと、

前記抽出された前記被検査液体物品の前記複数の物理属性値を各成分とする多次元上の点が、当該多次元空間における所定の区域に含まれるか否かに基づいて前記被検査液体物品が危険物であるかどうかを判断するステップと、を含めることを特徴とするダブルエネルギーCTによる液体物品の検査方法。

【請求項2】

前記複数の物理属性値は被検査液体物品の密度と原子番号を含めることを特徴とする請求項 1 記載のダブルエネルギー CT による液体物品の検査方法。

【請求項 3】

前記垂直透過画像の少なくとも 1 行を取得することは、オペレータに入力装置により当該少なくとも一行を指定させるか、又は、前記垂直透過画像の垂直方向に対して画素差を計算することにより、少なくとも一つの液体層の位置を抽出して、前記少なくとも一つの液体層の垂直方向における中心行を指定することを含む、請求項 1 記載のダブルエネルギー CT による液体物品の検査方法。

【請求項 4】

ダブルエネルギーの投影データから被検査液体物品の複数の物理属性値を表す CT 画像を再構成するステップにおいて、

高エネルギーおよび低エネルギー放射線の各々を第 1 の基材および第 2 の基材の順で通過させることにより得られる高低エネルギー投影データと、前記高低エネルギー投影データを、前記第 1 および第 2 の基材の基材係数に対応付けた情報を記録するルックアップテーブルと、を生成するステップと、

前記ルックアップテーブルに基づいて再構成を行い、被検査液体に対応する二種類の基材係数の CT 画像を得るステップと、

前記基材係数を表す CT 画像に基づいて、被検査液体物品の物理属性値を表す CT 画像を生成するステップとを含むことを特徴とする請求項 1 記載のダブルエネルギー CT による液体物品の検査方法。

【請求項 5】

被検査液体物品の物理属性値を表す CT 画像に基づいて被検査液体物品の物理属性値を得るステップにおいて、

前記 CT 画像から液体部分に対応する画素を取り出すステップと、

液体部分の画素から密度平均値と原子番号平均値を算出して、前記被検査液体物品の密度と原子番号とするステップとを含むことを特徴とする請求項 1 記載のダブルエネルギー CT による液体物品の検査方法。

【請求項 6】

前記物理属性値に基づいて前記被検査液体物品が危険物であるかどうかを判断するステップにおいて、

前記密度と原子番号で確定した点が密度 - 原子番号の二次元座標空間における予定区域にあるかどうかを判断するステップと、

前記点は前記予定区域にあった場合、前記被検査液体物品が危険物であると判断するステップとを含むことを特徴とする請求項 1 記載のダブルエネルギー CT による液体物品の検査方法。

【請求項 7】

各位置に対してダブルエネルギー CT 走査を行った後、被検査液体物品の CT 画像を回転し、それを一回目のダブルエネルギー CT 走査で形成した画像と合わせることを特徴とする請求項 1 記載のダブルエネルギー CT による液体物品の検査方法。

【請求項 8】

各行に対してダブルエネルギー CT 走査を行った後、被検査液体物品を回転し、それを走査前の位置と同じようにすることを特徴とする請求項 7 記載のダブルエネルギー CT による液体物品の検査方法。

【請求項 9】

前記液体物品は複数の空間に分けられた容器に置かれていることを特徴とする請求項 1 記載のダブルエネルギー CT による液体物品の検査方法。

【請求項 10】

所定のパターン画像とのマッチングによって、容器の存在を自動的に計測するステップと、

容器が存在する場合、CT 画像の中の特定マークを計測するステップと、

10

20

30

40

50

前記特定マークに基づいて容器を予定の位置に回転するステップとを含むことを特徴とする請求項9記載のダブルエネルギーCTによる液体物品の検査方法。

【請求項11】

さらに、被検査液体物品についての判断結果をスクリーンに表示するステップを含むことを特徴とする請求項8または10記載のダブルエネルギーCTによる液体物品の検査方法。

【請求項12】

さらに、各被検査液体物品についての判断結果をプリントアウトするステップを含むことを特徴とする請求項8または10記載のダブルエネルギーCTによる液体物品の検査方法。

【請求項13】

さらに、各被検査液体物品のCT画像をカラーにするステップを含むことを特徴とする請求項8または10記載のダブルエネルギーCTによる液体物品の検査方法。

【請求項14】

放射線を出す放射線源と、

少なくとも一件の被検査液体物品を透過した放射線信号を計測採集する計測採集装置と

前記計測採集装置を制御することによって、検査される液体物の垂直透過画像をDR結像により取得し、該垂直透過画像の少なくとも1行を指定し、前記放射線源と計測採集装置を制御し、前記指定された行に対応する位置において、被検査液体物品に対して平面断層CT走査を用いてダブルエネルギーCT走査を行って投影データを得るコントローラであって、ここで、前記被検査液体物品の垂直透過画像をDR結像により取得することは、前記放射線源から放射線を放射させ、前記被検査液体物品を透過させて高エネルギー透過画像と低エネルギー透過画像を形成し、前記高エネルギー透過画像と前記低エネルギー透過画像とを結合して前記垂直透過画像を形成するか、又は、前記高エネルギー透過画像と前記低エネルギー透過画像の中から一つを選択して前記垂直透過画像とする、コントローラと、

投影データから被検査液体物品の複数の物理属性値のCT画像を再構成する装置と、

前記抽出された前記被検査液体物品の前記複数の物理属性値を各成分とする多次元上の点が、当該多次元空間における所定の区域に含まれるか否かに基づいて前記被検査液体物品が危険物であるかどうかを判断する装置と、を備えることを特徴とするダブルエネルギーCTによる液体物品の検査設備。

【請求項15】

前記複数の物理属性値は少なくとも被検査液体物品の密度と原子番号を含むことを特徴とする請求項14記載のダブルエネルギーCTによる液体物品の検査設備。

【請求項16】

前記垂直透過画像の中から少なくとも一行を指定する装置は、

オペレータにより当該少なくとも一行を指定させる入力装置と、

前記垂直透過画像の垂直方向に対して画素差を計算することにより、前記垂直透過画像を分層する装置と、

ダブルエネルギーCT走査を行う行として各層の中の間行を指定する装置とを含むことを特徴とする請求項14記載のダブルエネルギーCTによる液体物品の検査設備。

【請求項17】

投影データから被検査液体物品の複数の物理属性値のCT画像を再構成する装置は、

被検査液体物品の密度を示す密度画像と被検査液体物品の原子番号を示す原子番号画像を結合して前記CT画像とする装置と、

前記CT画像から液体部分に対応する画素を取り出す装置と、

液体部分の画素から密度平均値と原子番号平均値を算出して前記被検査液体物品の密度と原子番号とする装置と、を含むことを特徴とする請求項14記載のダブルエネルギーCTによる液体物品の検査設備。

10

20

30

40

50

## 【請求項 1 8】

前記物理属性値に基づいて前記被検査液体物品が危険物であるかどうかを判断する装置は、

前記密度と原子番号で確定した点が密度 - 原子番号の二次元座標空間における予定区域にあるかどうかを判断する装置を含め、前記点は前記予定区域にあった場合、前記被検査液体物品が危険物であると判断することを特徴とする請求項 1 4 記載のダブルエネルギー C T による液体物品の検査設備。

## 【請求項 1 9】

さらに、各行に対してダブルエネルギー C T 走査を行った後、被検査液体物品の C T 画像を回転し、それを一回目のダブルエネルギー C T 走査で形成した画像と合わせる装置を含むことを特徴とする請求項 1 4 記載のダブルエネルギー C T による液体物品の検査設備。

10

## 【請求項 2 0】

さらに、各行に対してダブルエネルギー C T 走査を行った後、被検査液体物品を回転し、それを走査前の位置と同じようにする装置を含むことを特徴とする請求項 1 4 記載のダブルエネルギー C T による液体物品の検査設備。

## 【請求項 2 1】

さらに、前記液体物品をそれぞれ置くため複数の空間に分けられた容器を含むことを特徴とする請求項 1 4 記載のダブルエネルギー C T による液体物品の検査設備。

## 【請求項 2 2】

さらに、  
所定のパターン画像とのマッチングによって、容器の存在を自動的に計測する装置と、  
容器が存在する場合、C T 画像の中の特定マークを計測する装置と、  
 前記特定マークに基づいて容器を予定の位置に回転する装置と、を含むことを特徴とする請求項 2 1 記載のダブルエネルギー C T による液体物品の検査設備。

20

## 【請求項 2 3】

さらに、被検査液体物品についての判断結果を表示する表示装置を含むことを特徴とする請求項 2 0 または 2 2 記載のダブルエネルギー C T による液体物品の検査設備。

## 【請求項 2 4】

さらに、各被検査液体物品についての判断結果をプリントアウトする装置を含むことを特徴とする請求項 2 0 または 2 2 記載のダブルエネルギー C T による液体物品の検査設備。

30

## 【請求項 2 5】

さらに、各被検査液体物品の C T 画像をカラーにする装置を含むことを特徴とする請求項 2 0 または 2 2 記載のダブルエネルギー C T による液体物品の検査設備。

## 【請求項 2 6】

さらに、前記被検査液体物品を支持する支持構造を含め、前記被検査液体物品を支持する前記支持構造の表面は、検査員で識別できる複数の区域に分けられることを特徴とする請求項 1 4 記載のダブルエネルギー C T による液体物品の検査設備。

## 【発明の詳細な説明】

40

## 【技術分野】

## 【0 0 0 1】

本発明は、照射検査技術の分野に関するものであり、特に、液体物品に対してダブルエネルギー C T 結像を行って液体物品を快速かつ安全的に検査する方法及び設備に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0 0 0 2】

米国の 9 1 1 事件後、航空領域において安全検査が益々重視されて来た。既存の手荷物安全検査のほかに、さらに手持ちの液体物品の安全検査が要求されている。従って、有効的な方法と設備によって、手荷物の中の液体物品を快速かつ安全的に検査することが急務

50

となっている。

【0003】

今では、液体物品の安全検査において、化学方法、電磁気方法、中性子方法と放射線方法の四種類の方法がある。その内容が下記の通りである。

【0004】

1) 化学方法は、さらに匂い識別、イオン走査チェックと物質分析に分けられる。実際、液体物品が密封されているから、匂い識別を行えないことがよくある。イオン走査チェックは高い感性で知られているが、背景環境の影響を受けやすく、誤報率が高い。物質分析は、高精度と的確性を有するが、一定の時間がかかるので、現場での快速検査には向かない。

10

【0005】

2) 電磁気方法は、主動的な測定方法であり、異なる液体物品の電磁波に対する誘電率の差を利用して液体物品を区別する。電磁気方法は金属包装や厚い材料包装から不利な影響を受けやすい。そして、包装材料が複雑となる今では、電磁気方法の応用が制限されている。

【0006】

3) 中性子検査方法の利用において、「中性子活性化」という現象が生じる。即ち、中性子の照射を受けた被検査物液体物品が放射能を残すことはある。それに、中性子の透過能力がもっと強いので、その遮蔽技術がさらに複雑で、遮蔽設備も大型化となり、従って、旅客航空の安全検査システムには向かない。

20

【0007】

4) 今、航空領域での多くの安全検査装置が放射線装置であり、その中でもっとも広く利用されている技術がX線二次元画像技術と三次元CT走査画像技術である。これらの技術は主に荷物物品の安全検査に使われ、特に荷物物品の中の液体物品について安全検査を行えない。

【0008】

X線二次元画像技術では、被検査物体の三次元情報をX線入射方向で積分して、物体の二次元情報の投影画像を形成する。この画像は明暗段階や擬似カラーでの表現方法で物体内部の構造を表示し、設備操作者に対し直感的な表示を与える。しかしながら、X線二次元画像技術においては、どうしても被検査物体の一つの次元の情報を無くしており、この技術を利用して液体物品を検査するとき、被検査液体物品の外形や寸法からかなり影響を受ける。

30

【0009】

三次元CT走査画像技術はCT技術の延長と応用である。CT技術は、最初に医学に利用され、医者診断を助けるツールとなっている。その技術は、被検査物の各断層を多角度に投影させることによって実現される。コンピュータを利用して前記各断層の多角度の投影データを再構成し、各断層の再構成画像を計算して、異なる明暗段階で再構成画像における異なる減衰率情報を表示して、被検査物の内部構造を表示する。CT技術の発展に伴って、非破壊検査の工業CTや安全検査の荷物CTなどが現れた。これらのCT延長技術は、表示される物体の内部構造の断層画像を獲得することを目的とし、手作業での構造分析に依存して、被検査物が危険物品であるかどうかを判断する。だから、自動的、快速的検査には向かない。そのほか、前記CT型安全検査設備は、カバーする被検査物範囲が広いので、コストが高い、装置が重い、その応用を広げるのが困難である。

40

【0010】

前述した通り、液体物品に対して快速検査を行うため、化学方法、電磁気方法、及び中性子方法では、快速安全検査に適合しない特徴があり、X線二次元画像技術と三次元CT走査画像技術では、物品内部構造を表現する画像のみを獲得し、液体物品に対する自動安全検査のための十分なデータを提供することができない。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

50

## 【 0 0 1 1 】

本発明は、前述した既存技術の不足点を克服するため、放射線を利用して液体物品の梱包を破壊しない状態で快速検査を行い、被検査液体物品の定量的情報を得て、液体物品に対して安全検査を行う方法と設備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 】

## 【 0 0 1 2 】

本発明の一つの側面は、被検査液体物品に対してダブルエネルギーCT走査を行い、ダブルエネルギーCTの投影データを得るステップと、前記投影データに基づいてCTの再構成を行い、被検査液体物品の物理属性値を表すCT画像を得るステップと、前記CT画像に基づいて被検査液体物品の物理属性値を取り出すステップと、前記の物理属性値に基づいて前記被検査液体物品が危険物であるかどうかを判断するステップとを含めることを特徴とするダブルエネルギーCTによる液体物品の検査方法にある。

10

## 【 0 0 1 3 】

本発明の実施例によれば、前記物理属性値は被検査液体物品の密度と原子番号を含める。

## 【 0 0 1 4 】

本発明の実施例によれば、前記ダブルエネルギーCT走査は平面断層CT走査の方法を利用する。

## 【 0 0 1 5 】

本発明の実施例によれば、前記ダブルエネルギーCT走査は慣用の螺旋CT走査の方法

20

## 【 0 0 1 6 】

本発明の実施例によれば、前記ダブルエネルギーCT走査は大ピッチ螺旋CT走査の方法を利用する。

## 【 0 0 1 7 】

本発明の実施例によれば、平面断層CT走査を行う前に、予め一組の走査位置を設定する。

## 【 0 0 1 8 】

本発明の実施例によれば、平面断層CT走査を行う前に、DR走査を行い、被検査部品の透過画像を得て、そして透過画像によって走査位置を確定する。

30

## 【 0 0 1 9 】

本発明の実施例によれば、透過画像を得た後、検査員が入力装置により透過画像の中から少なくとも一行を指定し、CT走査位置とする。

## 【 0 0 2 0 】

本発明の実施例によれば、透過画像を得た後、画像処理技術により透過画像の中から少なくとも一行を自動的に確定し、CT走査位置とする。

## 【 0 0 2 1 】

本発明の実施例によれば、透過画像の形成は、放射線源からの高エネルギー放射線と低エネルギー放射線が被検査物体を透過して、高エネルギー透過画像と低エネルギー透過画像を形成するステップと、高エネルギー透過画像と低エネルギー透過画像を結合して、前記透過画像を形成するステップとを含める。

40

## 【 0 0 2 2 】

本発明の実施例によれば、透過画像の形成は、放射線源からの高エネルギー放射線と低エネルギー放射線が被検査物体を透過して、高エネルギー透過画像と低エネルギー透過画像を形成するステップと、高エネルギー透過画像と低エネルギー透過画像の中から一つを選んで、前記透過画像とするステップとを含める。

## 【 0 0 2 3 】

本発明の実施例によれば、ダブルエネルギーの投影データから被検査液体物品の物理属性値を表すCT画像を再構成するステップにおいて、高低エネルギー投影データに基づいて二種類の基材係数の投影データを生成ステップと、前記二種類の基材係数の投影データ

50

に基づいて再構成を行い、被検査液体に対応する二種類の基材係数のCT画像を得るステップと、前記基材係数を表すCT画像に基づいて、被検査液体物品の物理属性値を表すCT画像を生成するステップとを含める。

【0024】

本発明の実施例によれば、被検査液体物品の物理属性値を表すCT画像に基づいて被検査液体物品の物理属性値を得るステップにおいて、前記CT画像から液体部分に対応する画素を取り出すステップと、液体部分の画素から密度平均値と原子番号平均値を算出して前記被検査液体物品の密度と原子番号とするステップとを含める。

【0025】

本発明の実施例によれば、前記物理属性値に基づいて被検査液体物品が危険物であるかどうかを判断するステップにおいて、前記密度と原子番号で確定した点が密度 - 原子番号の二次元座標空間における予定区域にあるかどうかを判断するステップと、前記点は前記予定区域にあった場合、前記被検査液体物品が危険物であると判断するステップとを含める。

10

【0026】

本発明の実施例によれば、各位置に対してダブルエネルギーCT走査を行った後、被検査液体物品のCT画像を回転し、それを一回目のダブルエネルギーCT走査で形成した画像と合わせる。

【0027】

本発明の実施例によれば、各行に対してダブルエネルギーCT走査を行った後、被検査液体物品を回転し、それを走査前の位置と同じようにする。

20

【0028】

本発明の実施例によれば、前記液体物品は複数の空間に分けられたバレルに置かれている。

【0029】

本発明の実施例によれば、前記方法は、さらに予定のパターンによりバレルの存在を自動的に計測するステップと、バレルが存在する場合、CT画像の中の特定マークを計測するステップと、前記特定マークに基づいてバレルを予定の位置に回転するステップとを含める。

【0030】

本発明の実施例によれば、前記方法は、さらに、被検査液体物品についての判断結果をスクリーンに表示するステップを含める。

30

【0031】

本発明の実施例によれば、前記方法は、さらに、各被検査液体物品についての判断結果をプリントアウトするステップを含める。

【0032】

本発明の実施例によれば、前記方法は、さらに、各被検査液体物品のCT画像をカラーにするステップを含める。

【0033】

本発明の実施例によれば、前記ダブルエネルギーCT走査は予定の位置に基づいて行われる。

40

【0034】

本発明のもう一つの側面は、放射線を出す放射線源と、少なくとも一件の被検査液体物品を透過した放射線信号を計測採集する計測採集装置と、前記放射線源と計測採集装置を制御し、被検査液体物品に対してダブルエネルギーCT走査を行って投影データを得るコントローラート、投影データから被検査液体物品の少なくとも一種の物理属性値のCT画像を再構成する装置と、前記物理属性値の相応する次元の空間での位置に基づいて前記被検査液体物品が危険物であるかどうかを判断する装置とを備えることを特徴とするダブルエネルギーCTによる液体物品の検査設備にある。

【0035】

50

本発明の実施例によれば、前記ダブルエネルギーCT走査は予定の位置に基づいて行われる。

【0036】

本発明の実施例によれば、前記計測採集装置は少なくとも一件の被検査液体物品を透過した放射線信号を計測採集して透過画像を形成し、前記設備はさらに透過画像の中から少なくとも一行を指定する装置を含め、指定した行に基づいて前記ダブルエネルギーCT走査を行う。

【0037】

本発明の実施例によれば、前記物理属性値は少なくとも被検査液体物品の密度と原子番号を含める。

10

【0038】

本発明の実施例によれば、放射線源からの高エネルギー放射線と低エネルギー放射線が被検査物体を透過して、高エネルギー透過画像と低エネルギー透過画像を形成し、前記設備はさらに高エネルギー透過画像と低エネルギー透過画像を結合して、前記透過画像を形成する装置を含める。

【0039】

本発明の実施例によれば、放射線源からの高エネルギー放射線と低エネルギー放射線が被検査物体を透過して、高エネルギー透過画像と低エネルギー透過画像を形成し、前記設備はさらに高エネルギー透過画像と低エネルギー透過画像の中から一つを選んで、前記透過画像とする装置を含める。

20

【0040】

本発明の実施例によれば、前記の透過画像の中から少なくとも一行を指定する装置は、検査員が入力装置により透過画像の中から少なくとも一行を選ぶ装置を含める。

【0041】

本発明の実施例によれば、前記の透過画像の中から少なくとも一行を指定する装置は、前記透過画像を分層するため、前記透過画像の画素値を分析する装置と、ダブルエネルギーCT走査を行う行として各層の中の間行を指定する装置とを含める。

【0042】

本発明の実施例によれば、投影データから被検査液体物品の物理属性値のCT画像を再構成する装置は、被検査液体物品の密度でマークされた密度画像と被検査液体物品の原子番号でマークされた原子番号画像を結合して前記CT画像とする装置と、前記CT画像から液体部分に対応する画素を取り出す装置と、液体部分の画素から密度平均値と原子番号平均値を算出して前記被検査液体物品の密度と原子番号とする装置とを含める。

30

【0043】

本発明の実施例によれば、前記物理属性値に基づいて前記被検査液体物品が危険物であるかどうかを判断する装置は、前記密度と原子番号で確定した点が密度-原子番号の二次元座標空間における予定区域にあるかどうかを判断する装置を含め、前記点は前記予定区域にあった場合、前記被検査液体物品が危険物であると判断する。

【0044】

本発明の実施例によれば、前記の設備は、さらに、各位置に対してダブルエネルギーCT走査を行った後、被検査液体物品のCT画像を回転し、それを一回目のダブルエネルギーCT走査で形成した画像と合わせる装置を含める。

40

【0045】

本発明の実施例によれば、前記の設備は、さらに、各行に対してダブルエネルギーCT走査を行った後、被検査液体物品を回転し、それを走査前の位置と同じようにする装置を含める。

【0046】

本発明の実施例によれば、前記の設備は、さらに、前記液体物品をそれぞれ置くため複数の空間に分けられたバレルを含める。

【0047】

50

本発明の実施例によれば、前記の設備は、さらに、予定のパターンによりバレルの存在を自動的に計測する装置と、バレルが存在する場合、CT画像の中の特定マークを計測する装置と、前記特定マークに基づいてバレルを予定の位置に回転する装置とを含める。

【0048】

本発明の実施例によれば、前記の設備は、さらに、被検査液体物品についての判断結果を表示する表示装置を含める。

【0049】

本発明の実施例によれば、前記の設備は、さらに、各被検査液体物品についての判断結果プリントアウトする装置を含める。

【0050】

本発明の実施例によれば、前記の設備は、さらに、各被検査液体物品のCT画像をカラーにする装置を含める。

【0051】

本発明の実施例によれば、前記の設備は、さらに、前記被検査液体物品を支持する支持構造を含め、前記被検査液体物品を支持する前記支持構造の表面は、検査員で識別できる複数の区域に分けられる。

【0052】

本発明のさらにもう一つの側面は、放射線を出す放射線源と、少なくとも一件の被検査液体物品を透過した放射線信号を計測採集する計測採集装置と、前記放射線源と計測採集装置を制御し、被検査液体物品に対して螺旋CT走査を行ってそれぞれ被検査液体物品の少なくとも一種の物理属性値を表す一組の螺旋CT画像を形成するコントローラーと、この一組の螺旋CT画像を分析して液体の螺旋CT画像部分を確定する装置と、液体の螺旋CT画像部分に含まれる物理属性値の相応する次元の空間での位置に基づいて被検査液体物品が危険物であるかどうかを判断する装置とを備えることを特徴とするダブルエネルギーCTによる液体物品の検査設備にある。

【発明の効果】

【0053】

本発明の方法と設備によれば、透過画像を利用してダブルエネルギーCT走査を誘導しているため、計測速度を高めると共に、計測精度を低下させないし、また、透過画像から液体物品にサンドイッチ構造があるかどうかを判断できる。

【0054】

さらに、測定した密度と原子番号が二次元空間における予定区域にあるかどうかを判断することによって、被検査液体物品の中に爆発物があるかどうかを判断できる。

【0055】

さらに、検査員は任意の指定位置でダブルエネルギーCT走査を行うことができるので、再検査に便利である。

【0056】

さらに、格子分けのバレルを利用するので、複数の被検査物がある場合、その被検査液体物品が爆発物であるかどうかを判断しやすい。

【発明を実施するための最良の形態】

【0057】

以下、本発明の望ましい実施形態を、図面を参照しながら説明する。図面において、異なる図でも、同じまたは類似部品に対しては同じマークを使って表している。本発明の主旨を鮮明にするため、すでに既知の機能や構造について詳しい説明を省略する。

【0058】

[第1実施形態]

図1は本発明の実施形態による検査設備の構造を示した図である。

【0059】

図1に示すように、本実施形態による検査設備は、X線機などのように検査用ダブルエネルギーX線を出す放射線源10と、被検査液体物品を上下昇降可能にまたはZ軸に回転

10

20

30

40

50

可能に支持して計測区域に進入させることができ、放射線源 10 からの放射線を被検査液体物品に透過させる支持構造 40 と、モジュール構造の計測器とデータ採集器を有し、被検査液体物品を透過したダブルエネルギー放射線を計測してアナログ信号を得て、デジタル信号に転換し、液体物品における高エネルギー X 線と低エネルギー X 線の走査データを出力する計測採集装置 30 と、システムの各部分の同期的作動を制御するコントローラ 50 と、データ採集器で採集したデータを処理し、検査結果を出力する計算機データ処理装置 60 と、を備える。

#### 【0060】

図 1 に示すように、被検査液体物品の DR データと多角度投影データを獲得するため、放射線源 10 は被検査液体物品を置かれる支持構造 40 の一側にあり、計測器とデータ採集器を含める計測採集装置 30 は支持構造 40 のほかの側にある。計測採集装置 30 に含まれるデータ増幅成形回路が（電流）積分方式またはパルス（カウント）方式で作動する。計測採集装置 30 のデータ出力ケーブルが計算機データ処理装置 60 に接続し、採集したデータがトリガーコマンドによって計算機データ処理装置 60 に記憶される。

10

#### 【0061】

また、検査設備は、さらに支持構造 40 の上に設置され、外への X 線の漏洩を遮蔽する金属製の円筒状の物体通路 20 を含める。被検査液体物品は被検査物体通路の中に置かれる。

#### 【0062】

図 2 は図 1 で示した計算機データ処理装置 60 を説明するためのブロック図である。図 2 に示すように、データ採集器で採集したデータがインターフェースユニット 68 とバス 64 を通して記憶装置 61 に記憶される。ROM 62 には計算機データ処理装置の配置情報とプログラムを記憶する。RAM 63 には処理装置 66 の作動中において各種のデータを一時的に記憶する。また、記憶装置 61 にはデータ処理のための計算機プログラムを記憶する。バス 64 は、前記の記憶装置 61、ROM 62、RAM 63、入力装置 65、処理装置 66、表示装置 67 およびインターフェースユニット 68 に接続している。

20

#### 【0063】

ユーザがキーボードやマウスなどの入力装置 65 から作動コマンドを入力した後、処理装置 66 は計算機プログラムのコードによって予定のデータ処理手順を作業し、データ処理の結果を得てから、LCD ディスプレーなどの表示装置 67 に表示したり、プリンターなどのハードコピーの形で直接に出力する。

30

#### 【0064】

図 3 は本発明の実施形態によるコントローラの構造を示したブロック図である。図 3 に示すように、コントローラ 50 は、計算機 60 のコマンドによって放射線源 10、支持構造 40 と計測採集装置 30 を制御する制御ユニット 51 と、制御ユニット 51 の制御によってトリガーコマンドを生成して、放射線源 10、計測採集装置 30 と支持構造 40 の作動をトリガーするトリガー信号生成ユニット 52 と、制御ユニット 51 の制御によってトリガー信号生成ユニット 52 が生成したトリガー信号に基づいて支持構造 40 を上昇したり降下する第一駆動モーター 55 と、支持構造 40 の移動に伴って支持構造 40 の高さに関する情報を制御ユニット 51 へフィードバックする高さ情報獲得ユニット 53 と、制御ユニット 51 の制御によってトリガー信号生成ユニット 52 が生成したトリガー信号に基づいて支持構造 40 を回転する第二駆動モーター 56 と、支持構造 40 の回転において支持構造 40 の回転角度を制御ユニット 51 へフィードバックする角度情報獲得ユニット 54 と、を備える。

40

#### 【0065】

本発明の実施形態によれば、前記高さ情報獲得ユニット 53 と角度情報獲得ユニット 54 は共に光コード式であり、干渉に強いという利点を有する。

#### 【0066】

本発明の実施例によれば、液体物品の中の液体の密度と原子番号を計測し、またその計測した密度と原子番号が予め設定した危険区域にあるかどうかを判断することによって、

50

危険物を検査できる。密度と原子番号については、安全液体（たとえば、飲料、スキンケアー、化粧品など）と危険液体（たとえば、可燃性液体、液体爆薬、強腐食性液体など）がかなり異なっている。たとえば、安全液体の水なら、その密度が約1であり（特徴密度が1.11）、原子番号が約7.51である。一方、危険液体のアルコールなら、その密度が約0.79であり（特徴密度が0.89）、原子番号が約6.47である。したがって、モード識別方法を利用して、密度と原子番号から安全液体と危険液体を区別できる。

#### 【0067】

図4(A)、(B)は本発明の液体物品の検査方法を示した図である。密度と原子番号で構成した二次元空間では、一つや複数の区域を作り、被検査物の密度と原子番号がこれらの区域にある場合、安全液体だと判断し、逆に危険液体だと判断する。安全液体区域の確定のし方として、沢山の安全液体と危険液体を計測して、安全液体が割り合い集中し、危険液体が疎らである区域を安全液体区域とする。図4(A)に示すように、各種液体の密度と原子番号を計測して、密度と原子番号の二次元空間において、安全液体のある区域と危険液体のある区域を確定する。そして、図4(B)に示すように、安全液体のある区域を縮小して検査感度を向上する。したがって、前記の方法によって液体物品の密度と原子番号を獲得した後、その二次元空間においての位置から危険物であるかどうかを判断できる。

10

#### 【0068】

図5はDR結像とCT結像の関係を説明するための図である。本発明の実施形態によれば、まず液体物品に対してDR結像を行い、液体物品の中の液体部分を判断する。その後、液体部分のある位置のみに対してCT結像を行い、検査速度を向上する。

20

#### 【0069】

図6と図7はそれぞれDR結像の例を示した。図6に示すように、ある液体物品に対してDR結像を行った後、下記の通り、画素値について分析して液体物品の中の液体の位置を判断する。図6に示すように、この液体物品には一種類の液体しか含まれない。しかし、図7に示すように、異なる液体の液体に対する吸収係数が違うので、液体物品に二種類または二種類以上の液体が存在し、液体の中にいくつかの層に分かれる場合、DR結像によって得たDR画像について分析して液体の間の境目の位置を判断する。そして、異なる液体に対してCT結像を行う。

#### 【0070】

30

図8は本発明の第1実施形態による液体物品の検査方法の全体のフローチャートである。図8に示すように、たとえば、税関を通るとき、乗客が携帯している液体物品に対して安全検査をする。まず、ステップS111で、検査員が被検査液体物品を支持構造40に載せる。

#### 【0071】

そして、図6と図7に示すように、ステップS112で、検査員がスタートボタンを押してDR走査を行い、DR画像を生成する。

#### 【0072】

前述した通り、DR走査の目的は、被検査液体物品の透過画像を獲得し、被検査液体の内部構造をはっきりする事と、ソフトウェアによってDR画像から液体位置を自動的に識別し、次のCT結像を誘導する事と、ユーザがDR画像においてCT結像と検査を行う位置を指定し、次のCT結像を誘導する事と、である。後にDR結像の過程を詳しく説明する。

40

#### 【0073】

特に説明すべきは、必ずしもDR走査をする必要がない。検査速度を向上するため、DR走査によってCT走査を誘導することではなく、直接的に若干の位置を予定してCT走査を行ってもよい。たとえば、調べた結果として、ボトルの底から5cmのところをCT走査すると、ほとんどの液体商品の液体位置を検査できるから、ボトルの底から5cmの高さを予定走査高さとしてもよい。また、検査員が被検査物の寸法を目で見て、経験から適当な高さを設定してもよい。たとえば、缶詰コーラの走査高さが3cmとし、底の厚い

50

葡萄酒の走査高さが10cmとする。

【0074】

DR画像を獲得した後、ステップS113Aで、DR画像を分析し、CT結像の走査位置を自動的に確定する。あるいは、ステップS113Bで、検査員がマウスなどの入力装置65でCT走査の位置を指定する。これによって、液体物品における代表的な位置だけをCT走査することによって、検査速度を向上できるし、検査品質を下げることはない。

【0075】

CT走査の位置を確定した後、ステップS114でCT走査過程に入る。即ち、前記確定した走査位置で液体物品に対してCT走査を行って、CT走査データを獲得し、またそれによってCT画像を再構成する。このCT画像の各画素が液体物品の中の対応する部分の密度と原子番号を表している。

10

【0076】

その後、ステップS115で、計算機がプログラムを実行してCT画像を分析し、計測した密度と原子番号を獲得する。さらに、ステップS116で、計測した密度と原子番号で決めた点が密度と原子番号の二次元空間の予定区域にあるかどうかを判断する。ステップS117で、密度と原子番号で決めた点が予定の危険区域にあれば、この液体物品が疑わしい、または危険物である可能性があるとして、検査員に警告を出したり、検査結果をプリントアウトする。

【0077】

次は、図9～図14を参照しながら、前記各ステップでの作業過程を詳しく説明する。図9はDR結像過程のフローチャートであり、図10はDR結像過程における計測採集装置30で採集したDR画像データの行列方式を示した図である。

20

【0078】

図9に示すように、DR結像過程において、ステップS210で、計算機60からコントローラー50へコマンドを伝送し、支持構造40を物体通路20に沿って垂直に移動する。支持構造40が垂直に移動するとき、コントローラー50は高さ情報獲得ユニット53によって支持構造40の高さを計測して制御する。

【0079】

ステップS211で、コントローラー50はある高さ（たとえば、1mm）ごとに計測採集装置30へ一つのトリガー信号を伝送する。計測採集装置30はこのトリガー信号を受信すると、各検出器からの出力信号を採集し、高エネルギー計測データと低エネルギー計測データを獲得して内蔵のバッファに記憶する。

30

【0080】

ステップS212で、支持構造40が指定高さ、たとえば、500mmに到達したかどうかを判断する。到達しない場合、ステップS210へ進んで、前記の作業を続ける。

【0081】

支持構造40が前記指定高さに到達した場合、コントローラー50はもう計測採集装置30にトリガー信号を伝送しない。計算機60は、計測採集装置30から採集した高低エネルギー検出器の信号を読み取り、データ行列の形にしてDR画像となる。DR画像の各画素は、低エネルギー放射線強度と高エネルギー放射線強度を含めて、物体を透過した放射線の残留強度を記録してある。

40

【0082】

上述した通り、続けるCT結像の走査位置がすべてDR画像の上で決められる。自動識別方式または人工指定方式では、まずDR画像において一つの行番号を取り、そして計算機がこの行番号を支持構造の高さに転換し、支持構造40を指定位置へ移動させるようにコントローラー50にコマンドを出して、CT結像を行う。

【0083】

DR結像の過程から分かるように、DR画像の各行が支持構造40の一つ特定の高さに対応する。DR結像を始めるときの支持構造40の高さを0として、結像に伴って支持構造40の高さは徐々に下がり、h mmごとに一回のデータ採集をトリガーする場合、D

50

R 画像の m 行目が支持構造 40 の高さ -  $m * h$  に対応する。

【 0 0 8 4 】

図 11 は DR 画像を処理して CT 走査位置を確定するフローチャートである。

【 0 0 8 5 】

DR 画像において、被検査液体物品が普通ボトルの底、液体部分、ボトルネック、ボトル蓋など分けられる。画像分析によって、その中の液体部分（いくつかの層があるかもしれない）を取り出して、各層の CT 走査位置を確定することができる。

【 0 0 8 6 】

ステップ S 3 1 0 で、DR 画像の高低エネルギーデータを結合して平滑化し、雑音の少ない一意 DR 画像を得る。高低エネルギーデータを結合する方法としては、たとえば、高低エネルギーデータの中の一つを直接に選んで結合結果としてもよいし、高低エネルギーデータを重みつけて組み合わせてもよい。平滑化する方法としては、ガウスフィルターを利用して画像をフィルター処理する。

10

【 0 0 8 7 】

ステップ S 3 1 1 で、平滑化された DR 画像から被検査液体物品（フロント）を取り出し、空気（バック）を取り除く。具体的な方法としては、一つの閾値を設定し、この閾値より低い画素をフロント画素とし、ほかの画素をバック画素とする。閾値でバックを取り除く根拠は、被検査液体物品が放射線を遮断したので、それに対応する DR 画像の画素値が低くなることである（DR 画像で記録したのが放射線の余剰強度である）。

【 0 0 8 8 】

20

ステップ S 3 1 2 で、平滑化された DR 画像の水平エッジ画素を取り出す。具体的な方法としては、垂直方法における隣り合う画素の差を算出し、この差がある閾値を越えると、その対応する画素が水平エッジであると認める。

【 0 0 8 9 】

ステップ S 3 1 3 で、平滑化された DR 画像の水平エッジ行を取り出す。水平エッジ行は、ボトル底と液体の界面、液体と空気の界面、ボトル蓋と空気の界面、または多層液体の間の界面に対応する。具体的な方法としては、DR 画像における水平方向の各行に対して、水平エッジ画素数とフロント画素数の比例を統計する。この比例がある閾値（たとえば、50%）を超えると、その行が水平エッジ行であると認める。

【 0 0 9 0 】

30

ステップ S 3 1 4 で、DR 画像を垂直に区画し、また、非液体区域を取り除く。DR 画像の各水平エッジ行によって、DR 画像を複数の区域に区画する。下から上へ順次に、ボトル底、液体（異なる密度によって多層があるかもしれない）、ボトル内の空気（もしあれば）、ボトル蓋などを含める。篩い分けルールを作ることによって、非液体区域を取り除ける。具体的なルールが次のとおりである。

【 0 0 9 1 】

(a) 垂直方向においては、行数がある閾値より小さい区域を排除する。行数の割り合い小さい区域、即ち、厚さの小さい区域がボトル底、ボトル蓋、または容器内の液体と容器トップの間の小さい隙間（たとえば、缶詰の中のトップにある空気）であるかもしれない。各種の液体容器の底、蓋、及び容器内の空気層の厚さを調べて具体的な閾値を確定することができる。

40

【 0 0 9 2 】

(b) 水平方向においては、各行における平均フロント画素数がある閾値より小さい区域を排除する。これらの区域がよく細長いボトルネックに対応する。各種の液体容器のネックの幅を獲得して具体的な閾値を確定することができる。

【 0 0 9 3 】

ステップ S 3 1 5 で、液体区域（複数の場合がある）の CT 走査位置を確定して、液体分層の位置決めを完成する。非液体区域を取り除いたら、残る区域（複数の場合がある）が液体区域に属する。高さ方向においてこれらの区域の中心行が CT 走査位置とする。

【 0 0 9 4 】

50

前述したのはCT走査位置の自動的確定の過程である。しかし、手作業で走査位置を確定する場合、作業員が入力装置65を通して表示されたDR画像の上でCT走査行を直接的に指定し、CT走査とする。

【0095】

図12はCT結像過程を示した図である。図13はCT結像過程におけるCT投影データの行列方式を示した図である。

【0096】

図12に示すように、CT走査の位置を確定した後、CT結像過程を行い、即ち、CT走査の位置でCT結像を行い、被検査物の一つの断層における密度と原子番号の画像を生成して、液体の密度と原子番号を計測する。上述した通り、典型的な位置だけでCT走査するので、税関を通る時間をかなり節約できる。

10

【0097】

ステップS410で、計算機60がコントローラ50にコマンドを伝送し、支持構造40を予定角度だけ、たとえば1度回転する。コントローラ50は支持構造40の回転過程において、角度情報獲得ユニット54によって支持構造40の角度を計測して制御する。

【0098】

ステップS411で、1度回転すると、コントローラ50は計測採集装置30に一つのトリガー信号を伝送する。計測採集装置30はこのトリガー信号を受信すると、各検出器からの出力信号を一度採集して、内蔵のバッファに記憶する。

【0099】

そして、ステップS412で、累積回転角度が一周に達したかどうかを判断する。達しない場合、ステップS410へ進んで、前記の作業を続ける。

20

【0100】

累積回転角度が指定角度(たとえば、360度)に達した場合、ステップS413で回転を止め、コントローラ50はもう計測採集装置30にトリガー信号を伝送しない。計算機60は、計測採集装置30から採集した高低エネルギー検出器の信号を読み取り、図13に示すように、データ行列の形にして、CT投影データとなる。CT投影データにおける各画素が、低エネルギー放射線強度と高エネルギー放射線強度を含めて、物体を透過した放射線の残留強度を記録してある。

【0101】

ステップS414で、計算機60はダブルエネルギー再構成方法を利用して、高低エネルギーCT投影データに基づいて、断層における密度と原子番号画像、即ち、CT画像を再構成する。CT画像における各画素が、当画素の対応する位置での被検査物体の密度と原子番号を記録してある。

30

【0102】

次は、高低エネルギーCT投影データから断層画像を再構成する過程を説明する。

【0103】

CT数学原理

二次元分布関数 $u(x, y)$ をある方向に沿って線積分して、一次元関数 $p(t)$ を得る。この関数 $p(t)$ は角度における $u(x, y)$ の投影と呼ばれる。各方向の投影 $p(t)$ を得たら、Radon変換に従って二次元分布関数 $u(x, y)$ を正確に計算できる。投影から二次元分布関数を得る過程は、再構成と言う。

40

【0104】

実際には、X線機と検出器が物体を回り一周回転して、物体のあるスライスにおける各方向の減衰係数分布の各方向の投影を計測でき、次第に、物体スライスの減衰係数の二次元分布をCT原理によって再構成できる。

【0105】

基材分解モデル

小型X線安全検査システムのエネルギー範囲内( $< 200\text{KeV}$ )においては、物質の線減衰係数が次の式1で近似的に表される。

50

【数 1】

$$\mu(E) = a_1 f_p(E) + a_2 f_{KN}(E) \quad (1)$$

【数 2】

$$a_1 = \frac{\rho Z}{M} Z^n \quad (2)$$

【数 3】

$$a_2 = \frac{\rho Z}{M} \quad (3)$$

10

【0106】

式 1 には、 $f_p(E)$  はエネルギーによる光電効果面積の変化を表し、 $f_{KN}(E)$  はエネルギーによるコンプトン散乱面積の変化を表し、 $f_p(E)$  と  $f_{KN}(E)$  はすでに既存の解析式で表される。定数  $a_1$  と  $a_2$  は物質の原子番号、質量数及び密度と関係し、式 2 と式 3 で表され、式の中で、 $Z$  は原子番号、 $M$  は質量数、 $\rho$  は密度 ( $g/cm^3$ )、 $n$  は定数である。

20

【0107】

各物質の線減衰係数がすべて式 1 の二つ定数  $a_1$  と  $a_2$  で唯一的に確定されるため、二種類の基材、たとえば、カーボンとアルミニウムを選び、式 4 のように、基材の線減衰係数の一次結合の組み合わせでその他のすべての材料を表すことができる。

【数 4】

$$\mu(E) = b_1 \mu_1(E) + b_2 \mu_2(E) \quad (4)$$

【0108】

その中に、 $\mu(E)$  は任意材料の線減衰係数であり、 $\mu_1(E)$  と  $\mu_2(E)$  は選んだ二種類の基材の線減衰係数である。 $b_1$  と  $b_2$  を基材係数と呼ぶ。

30

【0109】

式 5 によって、原子番号の 2 倍と質量数の比を密度に乗じて特徴密度とする。

【数 5】

$$\rho^* = \rho \frac{2Z}{M} \quad (5)$$

【0110】

二種類の基材の原子番号と特徴密度をそれぞれ  $(Z_1, \rho_1^*)$ 、 $(Z_2, \rho_2^*)$  とし、前記式 1 ~ 4 から、任意材料の原子番号と特徴密度が次の式で表される。

40

【数 6】

$$\rho^* = b_1 \rho_1^* + b_2 \rho_2^* \quad (6)$$

【数 7】

$$Z = \left( \frac{b_1 \rho_1^* Z_1^n + b_2 \rho_2^* Z_2^n}{b_1 \rho_1^* + b_2 \rho_2^*} \right)^{1/n} \quad (7)$$

【0111】

50

### 基材投影モデル

X線源で発生したスペクトルが連続的なものであり、X線のエネルギーに対する検出器の反応関数も一定ではない。スペクトル $N(E)$ とエネルギー反応関数 $P_d(E)$ の乗算の積を $S(E)$ とし、また、 $S(E)$ を正規化すると

【数8】

$$\int_0^{E_m} S(E)dE = 1 \quad (8)$$

【0112】

そして、一つの投影線における投影値が次の積分式で表される。

10

【数9】

$$p = -\ln \frac{I}{I_0} = -\ln \int_0^{E_m} S(E) \exp\left(-\int_l \mu(E, x, y) dl\right) dE \quad (9)$$

【0113】

式9には、 $I_0$ と $I$ は、それぞれ放射線が物体により減衰される前及び減衰された後の検出器でのカウント値を表す。 $E_m$ は放射線の最大エネルギーであり、 $l$ は放射線の透過ルートである。

【0114】

20

式9は実のシステムにおける計測値 $p$ と二次元分布 $\mu(x, y)$ の関係を表す。この式から分かるように、X線の多色性のため、式9は $\mu(x, y)$ のある直線に沿う線積分を表していない、次第にCT数学原理の要求を満たさない。慣用の再構成方法ではこの不一致性を無視し、再構成により得た $\mu(x, y)$ 画像はカップリングアーチファクトを含み、いわゆる硬化アーチファクトと呼ぶ。

【0115】

既存のダブルエネルギーCT方法では、まず慣用の再構成方法で2組の $\mu(x, y)$ を得て、原子番号と密度などの情報を算出する。しかし、これでは放射線の多色性の影響を取り除くことができない。本発明では基材分解のアイデアでこの問題を解決した。

【0116】

30

基材分解モデルを式9に入れて、基材係数に基づいて投影値を表す式が次の通りである。

【数10】

$$p = -\ln \int_0^{E_m} S(E) \exp\left(-\int_l [\mu_1(E)b_1(x, y) + \mu_2(E)b_2(x, y)] dl\right) dE \quad (10)$$

【0117】

前式の中のルート $l$ に沿う積分を下の式で表すと

【数11】

$$\int b_1(x, y) dl = B_1 \quad (11)$$

40

【数12】

$$\int b_2(x, y) dl = B_2 \quad (12)$$

【0118】

式11、式12の定義によれば、 $B_1$ と $B_2$ は基材係数 $b_1(x, y)$ と $b_2(x, y)$ の投影を表す。各角度での完全な基材係数投影を獲得すれば、CT再構成理論で基材係数 $b_1$ と $b_2$ の分布を再構成でき、従って、基材分解モデルによって物体の原子番号と特徴密度

50

分布、及び任意エネルギーでの線減衰係数値を算出する。

【0119】

基材係数投影を求める。

ダブルエネルギーCTにおいて、二つのエネルギーで投影データを採集し、下記のダブルエネルギー投影データを得る。

【数13】

$$p_1(B_1, B_2) = -\ln \int_0^{E_1} S_1(E) \exp[-B_1 \mu_1(E) - B_2 \mu_2(E)] dE \quad (13)$$

【数14】

$$p_2(B_1, B_2) = -\ln \int_0^{E_2} S_2(E) \exp[-B_1 \mu_1(E) - B_2 \mu_2(E)] dE \quad (14)$$

【0120】

計測で ( $p_1$ ,  $p_2$ ) を得た後、式13と14によって ( $B_1$ ,  $B_2$ ) を求めることができる。しかし、前記二つの式はすべて対数積分式であり、解析によって解を求められない。非線形繰り返し方法なら計算量が莫大であり、安定的な解を簡単に求められない。

【0121】

ただし、放射線が厚さ  $d_1$  と  $d_2$  の基材1と2を透過した後、測定したダブルエネルギー投影が次の式で表される。

【数15】

$$p_1 = -\ln \int_0^{E_1} S_1(E) \exp[-d_1 \mu_1(E) - d_2 \mu_2(E)] dE \quad (15)$$

【数16】

$$p_2 = -\ln \int_0^{E_2} S_2(E) \exp[-d_1 \mu_1(E) - d_2 \mu_2(E)] dE \quad (16)$$

【0122】

式13、式14と式15、式16を比べて分かるように、( $p_1$ ,  $p_2$ ) に対して測定した投影データが同じであれば、基材の投影データは ( $B_1$ ,  $B_2$ ) と基材の厚さ組み合わせ ( $d_1$ ,  $d_2$ ) に対してまったく同じである。

【0123】

異なる厚さの組み合わせにおけるダブルエネルギー投影を測定して、( $p_1$ ,  $p_2$ ) へのダブルエネルギー投影データの対応関係、及び ( $B_1$ ,  $B_2$ ) への基材係数投影データの対応関係が得られ、参照表を形成する。( $p_1$ ,  $p_2$ ) から ( $B_1$ ,  $B_2$ ) を計算する場合、参照表に基づき、線形補間方法を持って複雑な数学過程を換える。

【0124】

図14は液体属性の測定過程を示した図である。

【0125】

図14に示すように、ステップS510で、密度画像と原子番号画像を結合して平滑化し、雑音の少ない一意CT画像を得る。具体的な結合方法としては、密度画像と原子番号画像の中の一つを選んで結合結果としたり、両者を重みつけて組み合わせる。平滑化する方法としては、ガウスフィルターを利用して画像をフィルター処理する。

【0126】

ステップS511で、平滑化されたCT画像から被検査物(フロント、液体及び包装を含める)を取り出し、空気(バック)を取り除く。具体的な方法としては、一つの閾値を設定し、この閾値より高い画素をフロント画素とし、ほかの画素をバック画素とする。これは、空気の密度と原子番号はほぼ0であり、被検査液体物品の密度と原子番号は比較的に大きいためである。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 2 7 】

ステップ S 5 1 2 で、フロント画素から液体画素を取り出す。具体的な方法としては、まず、C T 画像に対応するバイナリ画像を作り、フロント画素の値を 1 とし、バック画素の値を 0 とする。そして、このバイナリ画像に対して数回の腐食計算 (erosion operation) を行う。毎回一つの画素を腐食する。最後に値 1 の画素が液体画素となる。これは、液体がいつも包装物の中にあるためである。数回の腐食によって徐々に包装物を取り除ける。包装物の厚さを確定してから、腐食の回数を設定する。

## 【 0 1 2 8 】

ステップ S 5 1 3 で、C T 画像におけるすべての液体画素の平均密度と平均原子番号を統計して、今回測定の実出力結果とする。

10

## 【 0 1 2 9 】

また、D R 画像分析の過程で多層の液体と確定すれば、各層の液体に対して前記のステップ作業を行い、進んで各層の液体が疑わしいかどうかを判断する。最後に、検査員に最終の検査結果を報告する。

## 【 0 1 3 0 】

## [ 第 2 実施形態 ]

前記の第 1 実施形態で紹介したのは毎回一件の液体物品を検査するが、次は、図 1 5 ~ 1 8 参照しながら複数の液体物品を検査する過程を説明する。第 1 実施形態と第 2 実施形態の区別としては、複数の液体物品が存在するので、C T 結像を完成したら、表示装置で表示されている結像の位置を支持構造の上の物体の位置に対応させて、どの液体物品が危険であるかを検査員に知らせる必要がある。図 1 5 ( A )、( B ) は本発明の第 2 実施形態による複数の液体物品を検査する場合、再構成した C T 画像を示した図である。

20

## 【 0 1 3 1 】

たとえば、検査員が下向きの目視状態で支持構造の上の被検査物を観察しているので、検査後の各層の C T 画像における各物体の位置が支持構造の上面図と一致しなければならない。

## 【 0 1 3 2 】

図 1 6 ( A ) ~ ( K ) は C T 結像を完成した後、C T 再構成画像および / または支持構造を回転して、それを C T 走査前の物体の相対位置と一致させる過程を示した図である。

## 【 0 1 3 3 】

図 1 6 ( A ) は、一回目の C T 結像を完成した後の支持構造 4 0 の上面図を示し、その中の矢印が支持構造の角度を示している。図 1 6 ( B ) は、一回目の C T 画像を回転する前の C T 画像を示し、それが一回目の結像の始まりにおける支持構造の上面図と一致し、その中の点線が支持構造の回転範囲をマークする。図 1 6 ( C ) は、一層目の C T 画像を回転した後の画像を示す。回転角度が 0 であるので、実際、この層の C T 画像を回転する必要がない。

30

## 【 0 1 3 4 】

図 1 6 ( D ) は、n 回目の C T 結像の始まりにおける支持構造の上面図を示す。図 1 6 ( D ) から分かるように、n 回目の C T 結像の始まりにおいて、支持構造は一回目の C T 結像の前の状況と比べて一つの角度を有する。図 1 6 ( E ) は、n 回目の C T 画像を回転する前の画像を示し、それが n 回目の結像の始まりにおける支持構造の上面図と一致する。図 1 6 ( F ) は、一層目の C T 画像に合わせるため、図 1 6 ( D ) の画像を回転することを示している。

40

## 【 0 1 3 5 】

図 1 6 ( G ) は、最終回の C T 結像の始まりにおける支持構造の上面図を示す。このときの支持構造は一回目の C T 結像の始まりの状況と比べて一つの角度を有する。図 1 6 ( H ) は、N 回目の C T 画像を回転する前の画像を示し、それが N 回目の結像の始まりにおける支持構造の上面図と一致する。図 1 6 ( I ) は、一層目の C T 画像に合わせるため、図 1 6 ( H ) の画像を回転することを示している。

## 【 0 1 3 6 】

50

図16(J)は、最終回のCT結像の終わりにおける支持構造の上面図を示し、一回目のCT結像の始まりの状況と比べて一つの回転角度を有する。図16(K)は、一回目のCT結像で得た画像と一致するため、結像終了後、支持構造を回転することを示している。

【0137】

すべてのCT結像過程が終わると、各層のCT画像と支持構造に対して角度調整を行う。まず、各回でCT結像の始まりにおける支持構造の角度(この角度は角度情報獲得ユニット54によって得られる)によって、各層のCT画像を回転して、たとえば一層目のCT画像に合わせるため、各層のCT画像の中にある同一物体の位置を一致させる。そして、支持構造の角度を調整して、支持構造の正面図をCT画像と一致する。

10

【0138】

たとえば、全部でN回のCT結像を行ったとして、n回目のCT結像の始まりにおける支持構造の角度が $\theta_n$ であり、終わりにおける支持構造の角度が $\theta_n$ であり、平面図において支持構造が逆時計方向に回転する。n層目のCT画像の中の物体位置を一層目での位置に一致させるため、n層目のCT画像を逆時計方向に角度 $\theta_n - \theta_1$ だけ回転すればよい。画像を回転した後、支持構造の正面図にある物体がCT画像と一致するため、支持構造を逆時計方向に角度 $360 - (\theta_n - \theta_1)$ だけ回転すればよい。

【0139】

図17は複数の被検査物体を検査するフローチャートである。図17に示すように、ステップS711で、検査員がシステムに電源を入れて、検査インターフェースに登録する。システムは自己検査を行った後、準備完了の状態に入る。そして、検査員は複数の被検査物、たとえば、物体Aと物体Bを直接に支持構造40の上に載せて、検査ボタンを押す。ここで、物体Aは支持構造の右上の位置にあり、物体Bは支持構造の左下の位置にあるとする。

20

【0140】

次に、ステップS712で、検査員はスタートボタンを押して、上述のような方法でDR走査を行い、DR画像を生成する。

【0141】

DR画像を獲得したら、ステップS713Aで、DR画像を分析し、CT結像の走査位置を自動的に確定する。あるいは、ステップS713Bで、検査員がマウスなどの入力装置65でCT走査の位置を指定する。これによって、液体物品における代表的な位置だけをCT走査することによって、検査速度を向上できるし、検査品質を下げることはない。

30

【0142】

CT走査の位置を確定した後、ステップS714でCT走査過程に入る。即ち、前記確定した走査位置で液体物品に対してCT走査を行って、CT走査データを獲得し、また再構成算法によってCT画像を再構成する。このCT画像の各画素が液体物品の中の対応する部分の密度と原子番号を表している。多層の液体が存在する場合、各層に対してCT走査を行う。

【0143】

ステップS715とS716で、最終回のCT結像が終わると、物体Aと物体Bを区別するため、各層のCT画像における各物体の位置が一致する(たとえば、一層目のCT画像に合わせる)ように、同時に支持構造の上にある物体の実際の位置と一致させる(たとえば、平面図と一致させる)ように、上述の方法に従って、支持構造の角度と各層のCT画像を調整する。

40

【0144】

ステップS717で、各層のCT画像に対して(たとえば、分水嶺算法によって)画像分割処理を行い、各被検査物の液体区域を得る。ステップS718で、各液体区域内の各画素の密度と原子番号の平均値を統計する。ステップS719で、各液体区域内で測定した密度と原子番号で確定した点が密度-原子番号の座標空間における予定区域にあるかどうかを判断する。それによって、ステップS720で、当被検査物の当層の液体が危険物

50

であるかどうかを判断する。

【 0 1 4 5 】

ステップ S 7 2 1 で、各層の検査結果をまとめて検査員に提示する。まとめの方法として、すべての C T 画像のすべての液体区域が安全な危険品である場合、今回の検査の結論を「安全」とする。そうでなければ、今回の検査の結論を「疑わしい」とする。また、各層の C T 画像をカラーにしてユーザに表示する。C T 画像において、疑わしい物品と判断する被検査物を一種類の色（たとえば、赤）で表示し、安全液体と判断するのをほかの色（たとえば、緑）で表示する。

【 0 1 4 6 】

上述したのは二件の液体物品を同時に検査する状況である。もっと多くの液体物品を同時に検査する場合、各液体物品の位置をはっきり検査員に見せるため、図 1 8 に示すように、液体物品を支持する支持構造の表面を、たとえば、図 1 8 の A 区、B 区、C 区と D 区のように、複数の区域に区画する。これによって、検査員は各液体物品を対応する区域に入れて、各区域に各自の液体標識情報を入力する。

【 0 1 4 7 】

[ 第 3 実施形態 ]

計測効率を向上するため、また、細長い被検査液体物品を直接に支持構造に乗せたら、計測において不安定になって計測効果に影響を及ぼす問題を避けるため、第 3 実施形態では、複数の物体を格子分けのパレル（容器）に入れる方法を提出した。

【 0 1 4 8 】

従って、第 3 実施形態と第 2 実施形態の区別は、複数の物体を検査する場合、格子分けのパレルを利用していることにある。次は、図 1 9 ~ 図 2 4 を参照しながら、本実施形態の計測設備の具体的な操作過程を説明する。

【 0 1 4 9 】

図 1 9 は本実施形態における格子分けのパレルの側面図である。図 2 0 は格子分けのパレルの平面図である。図 2 1 は格子分けのパレルの底面図である。

【 0 1 5 0 】

図 1 9 に示すように、格子分けのパレルは、底部と、底部に結合する側壁を含める。底部の下表面には、複数の角錐形またはほかの形の突出物を設置する。この三つの角錐形の突出物は支持構造 4 0 の対応する位置決め穴に挿入する。これによって、格子分けのパレル 7 0 は支持構造 4 0 と共に回転し、二者の間に相対的移動を防げる。

【 0 1 5 1 】

さらに、図 1 9 に示すように、検査員が掴んだり搬送しやすいように、側壁の上部の一周に沿って突出エッジを設置する。側壁は、円筒形または角錐形であり、弾性的な材料、たとえば、ポリエチレン（PE）やアルミニウムで作られる。

【 0 1 5 2 】

図 2 0 は三種類の格子分けのパレルの平面図である。図に示すように、底部と側壁で形成される空間の中に一つや複数の格子分け部品を設置し、当空間を液体物品を入れるための複数の空間に区画する。これで、複数の液体物品を同時に計測したい場合、これらの複数の液体物品を格子分け部品によって区画された空間に入れ、これらの液体物品を同時に計測する。この場合、側壁の外側表面にマークを設置し、計測の時、パレル内の物品の位置を決める。たとえば、四件の物品の中に一つ疑わしいものがあれば、側壁上のマークに対するこの物品の相対位置に基づいて、どの物品が疑わしいかをユーザに報告する。

【 0 1 5 3 】

たとえば、図 2 0 の左側図に示すように、格子分け部品の上側に予定寸法の円形断面のマークを設置している。あるいは、ある格子分け部品をほかの部品より短くすることによって、液体物品の位置決めマークとする。

【 0 1 5 4 】

図 2 1 は格子分けのパレルの底面図である。底部の下表面には三つの突出が均一的に分布している。ただし、この三つの突出の分布が均一でなくてもよい。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 5 5 】

図 2 2 は検査過程における格子分けのバレルとマークを自動計測する過程を示した図である。上述した通り、格子分けのバレルは、特定の構造を有するので、画像処理でよく使われるパターンマッチング方法によって計測される。十字形の格子分けの第一種類のバレルを例とする。ステップ S 8 1 0 で、まず十字形のパターン画像を作り、このパターンの中心を識別の対象となる C T 画像の中心に合わせて、マッチング値を得る。

## 【 0 1 5 6 】

そして、ステップ S 8 1 1 で、当マッチング値が予定の閾値より大きいかを判断する。もしそうでなければ、パターン画像と C T 画像のマッチング値が最大になるまで、パターン画像を回転する。マッチング値がある予定の閾値より大きくなれば、C T 画像には格子分けのバレルが存在すると認め、そうでなければ、C T 画像には格子分けのバレルが存在しない。

10

## 【 0 1 5 7 】

C T 画像に格子分けのバレルが存在する場合、さらに、ステップ S 8 1 2 で、位置決めマークの特徴から位置決めマークを計測する。また、十字形の格子分けの第一種類のバレルを例とする。その位置決めマークは一つの格子分け線の端末にあり、この格子分け線をほかの三本の格子分け線より短くする。

## 【 0 1 5 8 】

パターンマッチング方法によって C T 画像に格子分けのバレルの存在を確認した後、最大のマッチング値においては、パターン画像の十字線がちょうど格子分け線と重なる。四本の格子分け線の長さを比較して、その中の最も長いものを取り出して、位置決めマークを得る。

20

## 【 0 1 5 9 】

多層 C T 結像後、まず各層の C T 画像について、格子分けのバレルと位置決めマークを計測する。各層の C T 画像について、格子分けのバレルを計測しなかった場合、検査員が格子分けのバレルを使っていないと認める。もし少なくとも一層の C T 画像について、格子分けのバレルを計測したら、格子分けのバレルを使っていると認める。各層で計測した位置決めマークの位置が一致しない場合、その中の信号強度最大のものを最終の位置決めマークとする。ある層の位置決めマークの信号強度を定義する方法として、この層の四本の分割線の長さの最大値から平均値を減らし、その差が大きいほど、位置決めマークの信号強度が大きい。

30

## 【 0 1 6 0 】

図 2 3 ( A ) ~ ( D ) は計測過程におけるバレルを回転することを示した図である。格子分けのバレルの位置決めマークを予定位置に調整すれば、各格子分けを指定位置に調整できる。第一種類のバレルを例とする。C T 画像の中心を座標系の原点として、極座標系を作る。各格子分けの位置が位置決めマークの角度座標で唯一に決められる。図 2 4 に示すように、各 C T 画像におけるシステムの最終的に確定された位置決めマークが極座標の角度  $\theta$  に対応し、システムにおける事前に設定した調整目標が  $\theta_0$  である場合、各層の C T 画像および支持構造を角度  $\theta - \theta_0$  回転すれば、調整を完成できる。

## 【 0 1 6 1 】

図 2 3 ( A )、( B ) に示すように、格子分けのバレルを一つ角度回転して、事前に要求した位置に達する。

40

## 【 0 1 6 2 】

図 2 4 は第 3 実施形態による検査過程のフローチャートである。ステップ S 9 1 1 ないしステップ S 9 2 1 が前記第 2 実施状態のステップ S 7 1 1 ないしステップ S 7 2 1 とまったく同じであるので、ここではステップ S 9 2 2 ないしステップ S 9 2 6 だけを説明する。

## 【 0 1 6 3 】

ステップ S 9 2 2 で、C T 画像を分析し、ステップ S 9 2 3 で、格子分けの検査バレルがあるかどうかを判断する。検査バレルがない場合、今回の検査を終了する。

50

## 【 0 1 6 4 】

検査パレルを使用した時、ステップ S 9 2 4 で、検査パレルの位置決めマークを識別して、各格子分けの位置を確定する。そして、ステップ S 9 2 5 で、支持構造の角度および各層の C T 画像の角度に対して二回目の調整を行い、支持構造の上の検査パレルにおける各格子分けの位置、および液体の各層の C T 画像における各格子分けの位置を共に予定の位置まで調整する。

## 【 0 1 6 5 】

ステップ S 9 2 6 で、各層の C T 画像における各格子分け部分内に落ちる各液体区域の検査結果をリストアウトし、各格子分けの検査結論をまとめてユーザに提示する。本実施形態による一つのまとめ方として、ある格子分けに対して、すべての C T 画像における本格子内に落ちるすべての液体区域が安全液体と判断する場合のみ、本格子の検査結論が「安全」とする。そうでない場合、本格子の検査結論が「疑わしい」とする。

10

## 【 0 1 6 6 】

## [ 変形例 1 ]

上述した通り、D R 結像を行ってから、C T 結像を行うことを例として説明したが、直接に螺旋 C T 結像を行って、液体物品を検査することもできる。

## 【 0 1 6 7 】

液体物品に対して螺旋 C T 検査を行った結果は一組の螺旋 C T 画像であり、この組の螺旋 C T 画像を比較して分析して、液体物品の中の液体の位置、および液体の中に分層があるかを確定できる。そして、上述と同様な方法によって各層位置の液体の物理属性値、たとえば、密度と原子番号を獲得する。たとえば、図 2 5 に示すような液体物品に対して螺旋 C T 検査を行うと、螺旋ピッチ 2 c m で走査して、図 2 6 ( A ) ~ ( M ) に示すような一組の C T 画像を得られる。このように、各螺旋 C T 画像の中の画素を分析したら、液体物品の中の液体の位置が分かる。ここでの螺旋 C T 結像は大螺旋ピッチ C T 結像または慣用の螺旋ピッチ C T 結像を利用することができる。

20

## 【 0 1 6 8 】

本領域の技術者が分かる通り、上述した変形実施例も、第 2 実施形態や第 3 実施形態と同様に、複数のボトルを検査できる。

## 【 0 1 6 9 】

また、前記では密度と原子番号を例として説明したが、本発明は密度または原子番号のみを使ったり、もっと多くのほかの物理属性を使って、危険物を識別することができる。前の状況では、検査過程において、一種類の物理属性値が予定の範囲内に落ちるかによって液体が危険物であるかどうかを判断する。後の状況では、検査過程において、複数の物理属性値で確定される点在这些の属性に限られる多元空間内の予定区域に落ちるかによって、液体が危険物であるかどうかを判断する。

30

## 【 0 1 7 0 】

## [ 変形例 2 ]

上述したとおり、D R 結像したから、ダブルエネルギー C T 結像を行い、液体の密度と原子番号を獲得するが、ここでの D R 結像は必須ではない。異なる液体物品に対して、事前に指定した予定位置でダブルエネルギー C T 結像を行い、液体の密度と原子番号を獲得することもできる。

40

## 【 0 1 7 1 】

上述したものが本発明の実施形態にのみ適合するが、本分野の技術者が分かるように、本発明の範囲を離れない前提で、本発明についていかなる修正、局部変更は、本発明の請求範囲内にある。従って、本発明の保護範囲は、特許請求の範囲によって限られるものとするべきである。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 1 7 2 】

【 図 1 】 本発明の実施形態による検査設備の構造を示した図である。

【 図 2 】 図 1 で示した計算機データ処理装置 6 0 を説明するためのブロック図である。

50

【図3】本発明の第1実施形態によるコントローラの構造を示したブロック図である。

【図4】図4(A)、(B)は、本発明の液体物品の検査方法を示した図である。

【図5】DR結像とCT結像の関係を説明するための図である。

【図6】DR結像の結果の一例を示した図である。

【図7】CT結像の結果の一例を示した図である。

【図8】本発明の第1実施形態による液体物品の検査方法の全体のフローチャートである。

【図9】DR結像過程のフローチャートである。

【図10】DR結像過程における計測採集装置30で採集したDR画像データの行列方式を示した図である。

10

【図11】DR画像を処理してCT走査位置を確定するフローチャートである。

【図12】CT結像過程を示した図である。

【図13】CT結像過程におけるCT投影データの行列方式を示した図である。

【図14】液体属性の測定過程を示した図である。

【図15】図15(A)、(B)は、本発明の第2実施形態による複数の液体物品を検査する場合、再構成したCT画像を示した図である。

【図16】図16(A)~(K)は、CT結像を完成した後、CT再構成画像および/または支持構造を回転して、それをCT走査前の物体の相対位置と一致させる過程を示した図である。

【図17】複数の被検査物体を検査するフローチャートである。

20

【図18】本発明の第2実施形態による支持構造の平面図である。

【図19】本実施形態における格子分けのバレルの側面図である。

【図20】格子分けのバレルの平面図である。

【図21】格子分けのバレルの底面図である。

【図22】検査過程における格子分けのバレルとマークを自動計測する過程を示した図である。

【図23】図23(A)~(D)は、計測過程におけるバレルを回転することを示した図である。

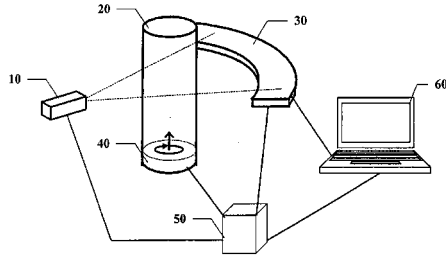
【図24】第3実施形態による検査過程のフローチャートである。

【図25】液体物品に対して螺旋CT走査を行うことを示した図である。

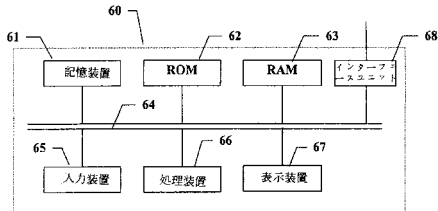
30

【図26】図26(A)~(M)は、液体物品に対して螺旋CT走査を行って得た画像である。

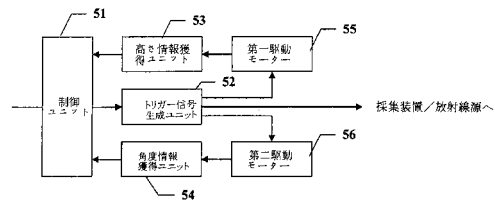
【図1】



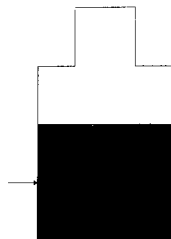
【図2】



【図3】



【図6】

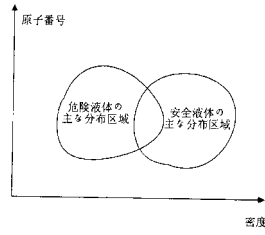


【図7】

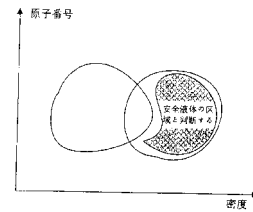


【図4】

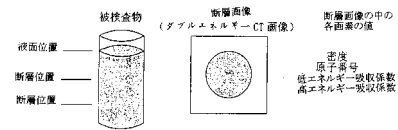
(A)



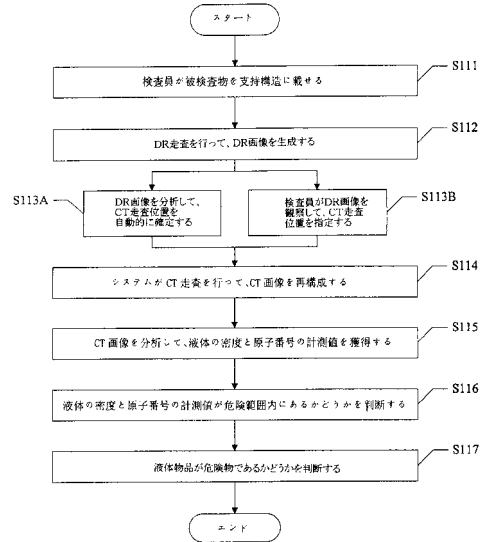
(B)



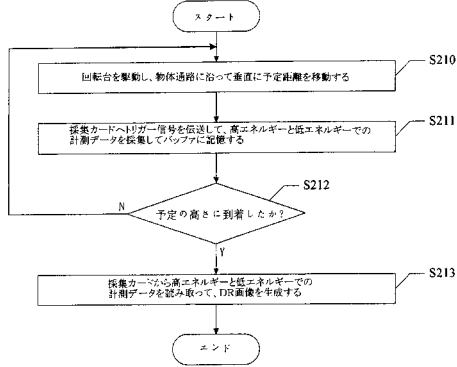
【図5】



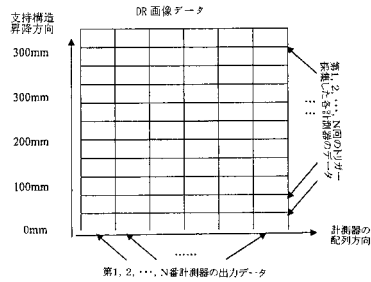
【図8】



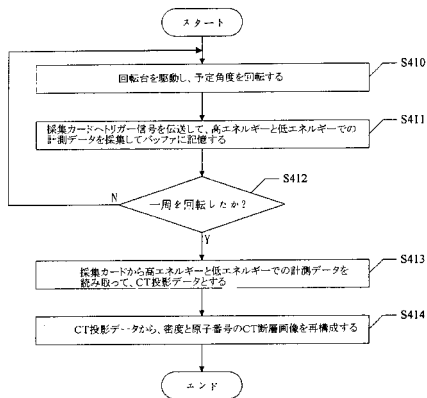
【図9】



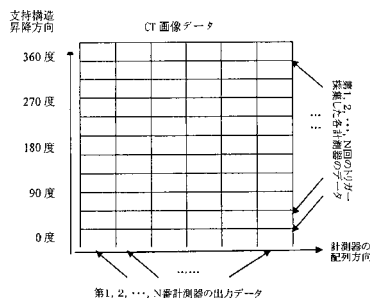
【図10】



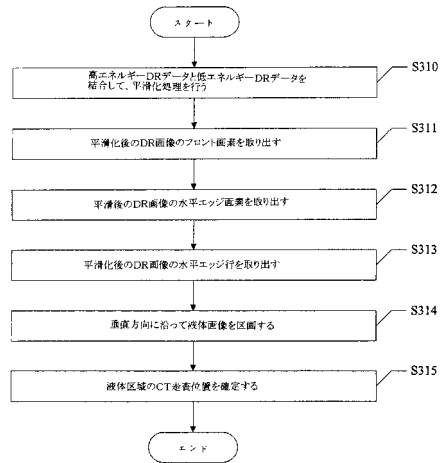
【図12】



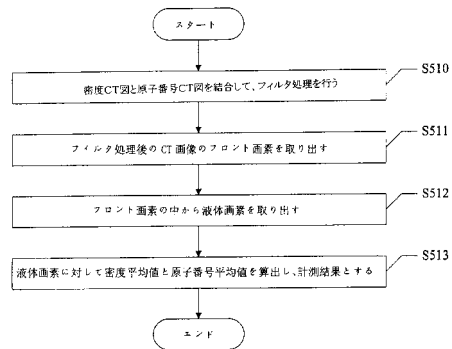
【図13】



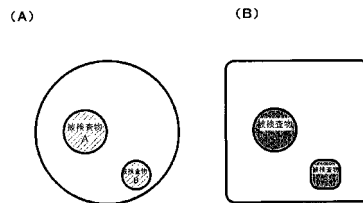
【図11】



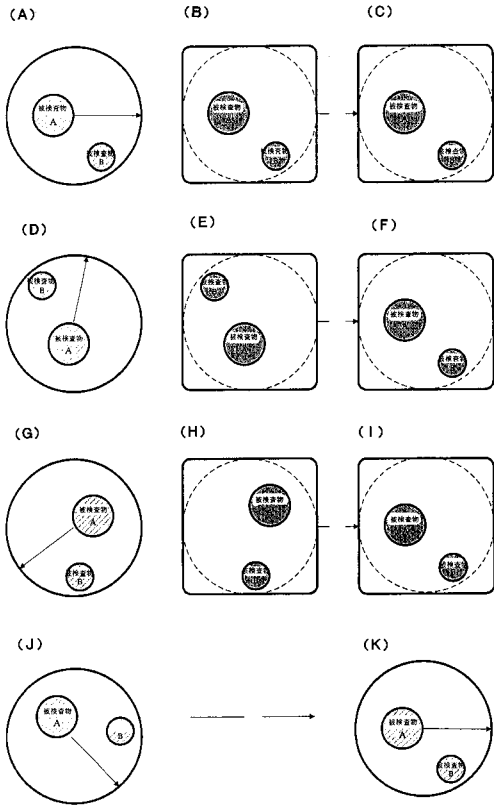
【図14】



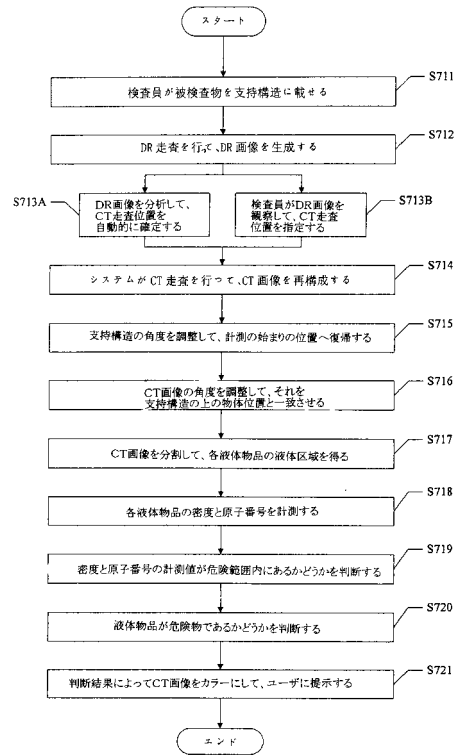
【図15】



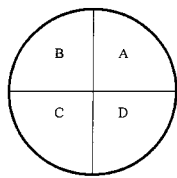
【図16】



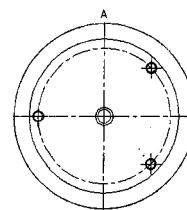
【図17】



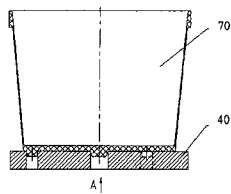
【図18】



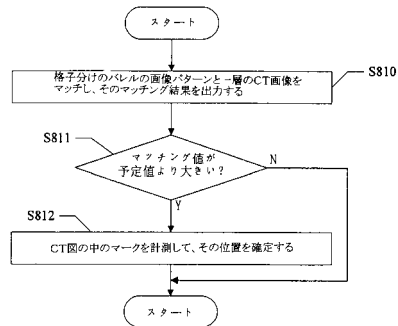
【図21】



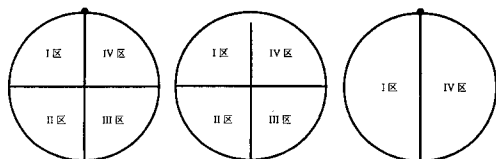
【図19】



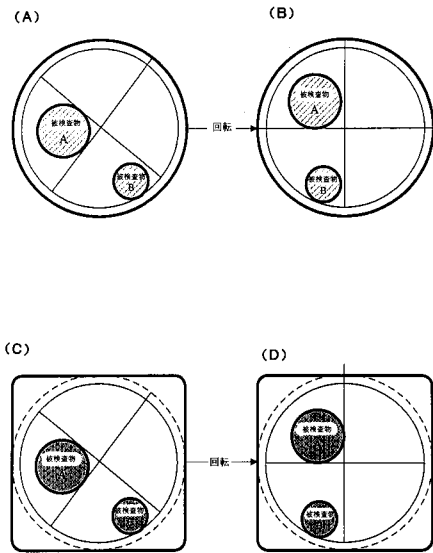
【図22】



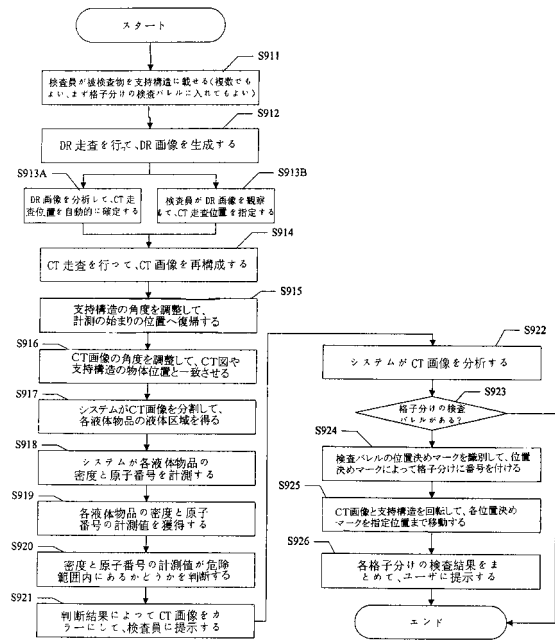
【図20】



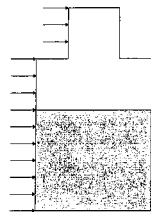
【図23】



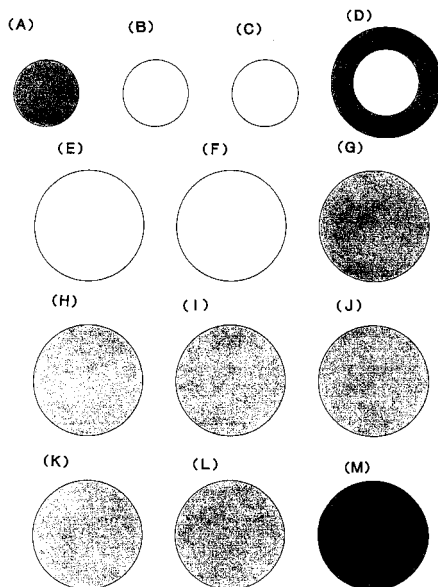
【図24】



【図25】



【図26】



## フロントページの続き

- (72)発明者 チャン リ  
中国100084北京市海澱区雙清路同方大廈A座2層
- (72)発明者 チェン チキャン  
中国100084北京市海澱区雙清路同方大廈A座2層
- (72)発明者 ワン シューウ  
中国100084北京市海澱区雙清路同方大廈A座2層
- (72)発明者 フ ハイフェン  
中国100084北京市海澱区雙清路同方大廈A座2層
- (72)発明者 ウ ホンシン  
中国100084北京市海澱区雙清路同方大廈A座2層
- (72)発明者 リ ユアンジン  
中国100084北京市海澱区雙清路同方大廈A座2層
- (72)発明者 リウ イノン  
中国100084北京市海澱区雙清路同方大廈A座2層
- (72)発明者 チャオ ツィラン  
中国100084北京市海澱区雙清路同方大廈A座2層
- (72)発明者 シン ユシャン  
中国100084北京市海澱区雙清路同方大廈A座2層
- (72)発明者 タン フ  
中国100084北京市海澱区雙清路同方大廈A座2層
- (72)発明者 イ ユミン  
中国100084北京市海澱区雙清路同方大廈A座2層
- (72)発明者 チャン ジンユ  
中国100084北京市海澱区雙清路同方大廈A座2層

審査官 越柴 洋哉

- (56)参考文献 特開2004-177138(JP,A)  
特開2005-043357(JP,A)  
米国特許出願公開第2006/0239402(US,A1)  
特開2007-064727(JP,A)  
特開2004-347328(JP,A)  
特開2009-014705(JP,A)  
特開2009-092658(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 23/00-23/227

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamII)