

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6829778号
(P6829778)

(45) 発行日 令和3年2月10日(2021.2.10)

(24) 登録日 令和3年1月26日(2021.1.26)

(51) Int.Cl.		F I			
GO 1 N 23/10	(2018.01)	GO 1 N	23/10		
GO 1 N 23/04	(2018.01)	GO 1 N	23/04		
GO 6 T 7/00	(2017.01)	GO 1 N	23/04	3 4 0	
		GO 6 T	7/00		Z

請求項の数 12 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2019-568970 (P2019-568970)	(73) 特許権者	506310865 CYBERDYNE 株式会社 茨城県つくば市学園南二丁目2番地1
(86) (22) 出願日	平成31年1月11日(2019.1.11)	(73) 特許権者	504171134 国立大学法人 筑波大学 茨城県つくば市天王台一丁目1番1
(86) 国際出願番号	PCT/JP2019/000788	(74) 代理人	110002365 特許業務法人サンネクスト国際特許事務所
(87) 国際公開番号	W02019/150920	(72) 発明者	山海 嘉之 茨城県つくば市学園南二丁目2番地1 CYBERDYNE 株式会社内
(87) 国際公開日	令和1年8月8日(2019.8.8)		
審査請求日	令和2年7月10日(2020.7.10)	審査官	嶋田 行志
(31) 優先権主張番号	特願2018-16035 (P2018-16035)		
(32) 優先日	平成30年1月31日(2018.1.31)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 物体識別装置及び物体識別方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

X線透過画像から特定の物体を識別する物体識別装置において、
前記物体を任意のi方向(1 ≤ i ≤ nを満たす整数)の角度からX線撮像して生成される複数のX線透過画像のうち、当該物体の少なくとも一部の形状の特性を含む画像領域を構成する複数の画素群を当該画像群ごとに入力し、それぞれ割り当てられた重みパラメータを乗算した総和に対して非線形の閾値処理を施して出力する多入力-出力の写像を実行する写像関数素子について、当該写像関数素子同士の入出力間を相互接続しながら、前記物体に相当するか否かを決定する最終的な単一の写像関数素子に収束されるまで一連の前記写像を実行した後、得られた当該単一の写像関数素子からの出力に基づいて、全ての前記重みパラメータをそれぞれ最適化して得られるデータ群が記憶された記憶部と、

供給される検査対象物に対してX線撮像する撮像部から得られるX線透過画像を前記画像領域単位でスキャンして、前記検査対象物の少なくとも一部の形状の特性を含む複数の画素群を抽出する画素群抽出部と、

前記画素群抽出部により抽出された前記複数の画素群について、前記記憶部から読み出した前記データ群に基づく各前記重みパラメータを利用して、n方向の角度に関して前記一連の写像を全て実行することにより、前記検査対象物が前記物体に相当するか否かを判断する判断部と

を備えることを特徴とする物体識別装置。

【請求項2】

前記判断部は、前記物体を任意の i 方向の角度から撮像して得られる X 線透過画像と、
 ($i - k$) 方向 ($1 < k < i$ を満たす整数) の角度から得られる X 線透過画像と、($i + k$)
 方向の角度から得られる X 線透過画像とについて一連の前記写像を実行した結果に基づいて、
 前記検査対象物が前記物体に相当するか否かを判断する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の物体識別装置。

【請求項 3】

前記判断部は、前記物体を任意の i 方向の角度から撮像して得られる X 線透過画像につ
 いて一連の前記写像を実行する際、前記物体のうち当該物体を識別するために最も顕著な
 特徴部位を表す複数の画素群に基づく前記重みパラメータを利用して、前記一連の写像を
 全て実行することにより、前記検査対象物が前記物体に相当するか否かを判断する

10

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の物体識別装置。

【請求項 4】

前記撮像部により X 線撮像された X 線透過画像を画面表示する表示部をさらに備え、
 前記表示部は、前記判断部により前記検査対象物が前記物体に相当すると判断された場
 合、前記表示部に表示されている前記 X 線透過画像のうち前記検査対象物を識別可能に着
 色する

ことを特徴とする請求項 1 から 3 までのいずれかに記載の物体識別装置。

【請求項 5】

前記物体について危険物に相当するものを前記記憶部に登録しておき、
 前記判断部により前記検査対象物が前記物体に相当すると判断され、かつ当該物体が前
 記記憶部に記憶されている前記危険物に該当すると判断された場合、周囲に音声及び発光
 のいずれか一方又は両方により警告する警告部を備える

20

ことを特徴とする請求項 1 から 4 までのいずれかに記載の物体識別装置。

【請求項 6】

前記警告部による警告とともに、又は当該警告に変えて、表示部に表示されている前記
 X 線透過画像のうち前記検査対象物を所定の表示色及び表示パターンにて表示する表示処
 理部を備える

ことを特徴とする請求項 5 に記載の物体識別装置。

【請求項 7】

X 線透過画像から特定の物体を識別する物体識別方法において、
 前記物体を任意の i 方向 ($1 < i < n$ を満たす整数) の角度から X 線撮像して生成され
 る複数の X 線透過画像のうち、当該物体の少なくとも一部の形状の特性を含む画像領域を
 構成する複数の画素群を当該画像群ごとに入力し、それぞれ割り当てられた重みパラメー
 タを乗算した総和に対して非線形の閾値処理を施して出力する多入力ー出力の写像を実行
 する写像関数素子について、当該写像関数素子同士の入出力間を相互接続しながら、前記
 物体に相当するか否かを決定する最終的な単一の写像関数素子に収束されるまで一連の前
 記写像を実行した後、得られた当該単一の写像関数素子からの出力に基づいて、全ての前
 記重みパラメータをそれぞれ最適化して得られるデータ群を記憶する第 1 のステップと、

30

供給される検査対象物に対して X 線撮像する撮像部から得られる X 線透過画像を前記画
 像領域単位でスキャンして、前記検査対象物の少なくとも一部の形状の特性を含む複数の
 画素群を抽出する第 2 のステップと、

40

抽出された前記複数の画素群について、前記第 1 のステップにおいて記憶されている前
 記データ群に基づく各前記重みパラメータを利用して、 n 方向の角度に関して前記一連の
 写像を全て実行することにより、前記検査対象物が前記物体に相当するか否かを判断する
 第 3 のステップと

を備えることを特徴とする物体識別方法。

【請求項 8】

前記第 3 のステップでは、前記物体を任意の i 方向の角度から撮像して得られる X 線透
 過画像と、($i - k$) 方向 ($1 < k < i$ を満たす整数) の角度から得られる X 線透過画像
 と、($i + k$) 方向の角度から得られる X 線透過画像とについて一連の前記写像を実行し

50

た結果に基づいて、前記検査対象物が前記物体に相当するか否かを判断することを特徴とする請求項 7 に記載の物体識別方法。

【請求項 9】

前記第 3 のステップでは、前記物体を任意の i 方向の角度から撮像して得られる X 線透過画像について一連の前記写像を実行する際、前記物体のうち当該物体を識別するために最も顕著な特徴部位を表す複数の画素群に基づく前記重みパラメータを利用して、前記一連の写像を全て実行することにより、前記検査対象物が前記物体に相当するか否かを判断する

ことを特徴とする請求項 7 又は 8 に記載の物体識別方法。

【請求項 10】

前記撮像部により X 線撮像された X 線透過画像を表示部に画面表示しておき、前記第 3 のステップにより前記検査対象物が前記物体に相当すると判断された場合、前記表示部に表示されている前記 X 線透過画像のうち前記検査対象物を識別可能に着色することを特徴とする請求項 7 から 8 までのいずれかに記載の物体識別方法。

【請求項 11】

前記物体について危険物に相当するものを前記第 1 のステップにおいて登録しておき、前記第 3 のステップにより前記検査対象物が前記物体に相当すると判断され、かつ当該物体が前記第 1 のステップにおいて記憶されている前記危険物に該当すると判断された場合、周囲に音声及び発光のいずれか一方又は両方により警告する

ことを特徴とする請求項 7 から 10 までのいずれかに記載の物体識別方法。

【請求項 12】

前記警告とともに、又は当該警告に変えて、表示部に表示されている前記 X 線透過画像のうち前記検査対象物を所定の表示色及び表示パターンにて表示する

ことを特徴とする請求項 11 に記載の物体識別方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は物体識別装置に関し、例えば X 線手荷物検査に用いられる物体識別装置及び物体識別方法に適用して好適なものである。

【背景技術】

【0002】

従来、空港、イベント会場などでの手荷物検査においては、X 線の透過量を示すグレースケール画像、材質を判定して材質ごとに色付けしたカラー画像などをディスプレイに表示し、人手で危険物の有無を確認することが行われている。

【0003】

このような画像に危険物が含まれているか否かを判断するためには、高度な訓練を受けた検査員が必要である。また、多くの検査員を大量に確保する必要がある。そこで、少しでも検査員の負担および人員を抑えるために、危険物の発見を自動化する取り組みがなされている。

【0004】

近年、手荷物を高速スキャンにより撮像した画像を画像処理し、その画像に特定の性状のものが含まれていない場合に合格とし、特定の性状のものが含まれている場合に不合格とするシステムが開示されている（特許文献 1 参照。 ）。

【0005】

また、複数の X 線スキャン画像から物体内容の特徴を計算し、その特徴が予めデータベースに登録された保存特徴セット（複数画像から得られる減衰（透過）、テクスチャ、原子番号、サイズ、形状を含む物理的特性の組合せ）との比較による検知分析を行い、内容物の一致または脅威性の有無を判断するシステムが開示されている（特許文献 2 参照。 ）。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

20

30

40

50

【0006】

【特許文献1】特開2002-257751号公報

【特許文献2】特表2014-525594号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかし、特許文献1に記載のシステムでは、テンプレートマッチングが行われているが、テンプレートマッチングでは、テンプレート画像を入力画像で走査させ、入力画像上の各位置における類似度を算出し、最大（または閾値以上）の類似度をとる位置を検出する必要があり、テンプレート画像と入力画像との両方に画像処理が必要になる。また、特許文献2に記載のシステムでは、マニフェストデータを用意しなければならない問題がある。

10

【0008】

一方、手荷物検査時において、検査員が全ての検査対象物が危険物か否かを、X線透過画像を目視確認するのみで正確に判断することは困難である。実際に危険物の種類は、刃物、ライター、爆弾等多岐にわたり、未知なる危険性の高い物体を検査員が形状のみから目視判断することは非常に困難を要し、疑義のある場合は、直に手に取って確認する必要がある。このため手荷物に含められる可能性がある物体を全て事前に認識しておき、手荷物検査時に検査対象物が当該認識された物体に相当するか否かを判断することが望ましい。

20

【0009】

本発明は以上の点を考慮してなされたもので、X線撮像方向にかかわらず物体を容易に識別し得る物体識別装置及び物体識別方法を提案しようとするものである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

かかる課題を解決するため本発明においては、X線透過画像から特定の物体を識別する物体識別装置において、物体を任意の i 方向（ $1 \leq i \leq n$ を満たす整数）の角度からX線撮像して生成される複数のX線透過画像のうち、当該物体の少なくとも一部の形状の特性を含む画像領域を構成する複数の画素群を当該画像群ごとに入力し、それぞれ割り当てられた重みパラメータを乗算した総和に対して非線形の閾値処理を施して出力する多入力出力の写像を実行する写像関数素子について、当該写像関数素子同士の入出力間を相互接続しながら、物体に相当するか否かを決定する最終的な単一の写像関数素子に収束されるまで一連の写像を実行した後、得られた当該単一の写像関数素子からの出力に基づいて、全ての重みパラメータをそれぞれ最適化して得られるデータ群が記憶された記憶部と、供給される検査対象物に対してX線撮像する撮像部から得られるX線透過画像を画像領域単位でスキャンして、検査対象物の少なくとも一部の形状の特性を含む複数の画素群を抽出する画素群抽出部と、画素群抽出部により抽出された複数の画素群について、記憶部から読み出したデータ群に基づく各重みパラメータを利用して、 n 方向の角度に関して一連の写像を全て実行することにより、検査対象物が物体に相当するか否かを判断する判断部とを設けるようにした。

30

40

【0011】

この結果、実際の検査対象物のX線撮像時に、データベースに予め登録されたテンプレート画像などの標準データとの比較をする必要がなく、事前に記憶しておいた物体に相当するものであれば、記憶部（メモリ）から読み出した重みパラメータを利用して演算するだけで、X線撮像方向にかかわらず物体を容易に識別し得る。

【0012】

また本発明においては、判断部は、物体を任意の i 方向の角度から撮像して得られるX線透過画像と、 $(i - k)$ 方向（ $1 \leq k < i$ を満たす整数）の角度から得られるX線透過画像と、 $(i + k)$ 方向の角度から得られるX線透過画像とについて一連の写像を実行した結果に基づいて、検査対象物が物体に相当するか否かを判断するようにした。

50

【0013】

この結果、ほぼ近い角度方向からのX線透過画像同士は相関性が高いことから、これらのX線透過画像の重みパラメータを用いることで容易かつ高精度に物体を識別し得る。

【0014】

さらに本発明においては、判断部は、物体を任意の*i*方向の角度から撮像して得られるX線透過画像について一連の写像を実行する際、物体のうち当該物体を識別するために最も顕著な特徴部位を表す複数の画素群に基づく重みパラメータを利用して、一連の写像を全て実行することにより、検査対象物が物体に相当するか否かを判断するようにした。

【0015】

この結果、物体全体を対象とすることなく、物体を識別するために最も顕著な特徴部位（万年筆におけるペン先等）のみから容易に物体を識別し得る。

10

【0016】

さらに本発明においては、撮像部によりX線撮像されたX線透過画像を画面表示する表示部をさらに備え、表示部は、判断部により検査対象物が物体に相当すると判断された場合、表示部に表示されているX線透過画像のうち検査対象物を識別可能に着色するようにした。

【0017】

この結果、検査対象物が物体に相当する場合、画像全体からその検査対象物のみ特定色で表示すれば、検査員が容易に認識することが可能になる。

【0018】

20

さらに本発明においては、物体について危険物に相当するものを記憶部に登録しておき、判断部により検査対象物が物体に相当すると判断され、かつ当該物体が記憶部に記憶されている危険物に該当すると判断された場合、周囲に音声及び発光のいずれか一方又は両方により警告する警告部を備えるようにした。

【0019】

この結果、検査対象物が危険物に該当する物体に相当する場合、周囲に音声および/または発光により警告すれば、検査員が危険物を容易に認識することが可能になる。

【0020】

さらに本発明においては、警告部による警告とともに、又は当該警告に変えて、表示部に表示されているX線透過画像のうち検査対象物を所定の表示色及び表示パターンにて表示する表示処理部を備えるようにした。

30

【0021】

この結果、検査対象物が危険物に該当する物体に相当する場合、他の物体から顕著に識別可能なように画面上で警告表示すれば、検査員が危険物の存在を見落とすリスクを低減することが可能になる。

【0022】

さらに本発明においては、X線透過画像から特定の物体を識別する物体識別方法において、物体を任意の*i*方向（ $1 \leq i \leq n$ を満たす整数）の角度からX線撮像して生成される複数のX線透過画像のうち、当該物体の少なくとも一部の形状の特性を含む画像領域を構成する複数の画素群を当該画像群ごとに入力し、それぞれ割り当てられた重みパラメータを乗算した総和に対して非線形の閾値処理を施して出力する多入力一出力の写像を実行する写像関数素子について、当該写像関数素子同士の入出力間を相互接続しながら、物体に相当するか否かを決定する最終的な単一の写像関数素子に収束されるまで一連の写像を実行した後、得られた当該単一の写像関数素子からの出力に基づいて、全ての重みパラメータをそれぞれ最適化して得られるデータ群を記憶する第1のステップと、供給される検査対象物に対してX線撮像する撮像部から得られるX線透過画像を画像領域単位でスキャンして、検査対象物の少なくとも一部の形状の特性を含む複数の画素群を抽出する第2のステップと、抽出された複数の画素群について、第1のステップにおいて記憶されているデータ群に基づく各重みパラメータを利用して、*n*方向の角度に関して一連の写像を全て実行することにより、検査対象物が物体に相当するか否かを判断する第3のステップとを設

40

50

けるようにした。

【0023】

この結果、実際の検査対象物のX線撮像時に、データベースに予め登録されたテンプレート画像などの標準データとの比較をする必要がなく、事前に記憶しておいた物体に相当するものであれば、第1のステップにおいて記憶されている重みパラメータを利用して演算するだけで、X線撮像方向にかかわらず物体を容易に識別し得る。

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、X線撮像方向にかかわらず物体を容易に識別することができる。

【図面の簡単な説明】

10

【0025】

【図1】第1の実施の形態による物体識別システムの構成の一例を示す図である。

【図2】第1の実施の形態による物体識別装置の構成の一例を示す図である。

【図3】第1の実施の形態による物体識別装置が実行する一連の処理に係るフローチャートの一例を示す図である。

【図4】第1の実施の形態によるX線透過画像における走査方法の一例を示す図である。

【図5】第1の実施の形態による一の物体に係るX線透過画像の一例を示す図である。

【図6】第1の実施の形態による重みパラメータ最適化システムの構成の一例を示す図である。

【図7】第1の実施の形態によるネットワークの一例を示す図である。

20

【図8】第2の実施の形態による物体識別装置の構成の一例を示す図である。

【図9】第2の実施の形態による物体識別装置が実行する一連の処理に係るフローチャートの一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下図面について、本発明の一実施の形態を詳述する。

【0027】

(1) 第1の実施の形態

図1において、1は全体として第1の実施の形態による物体識別システムを示す。物体識別システム1は、後述する図6に示す重みパラメータ最適化システム2で最適化された重みパラメータを記憶し、当該重みパラメータと、手荷物などの検査物にX線(エックス線)を照射して得られたX線透過画像とに基づいて、検査物にどのような物体(検査対象物)が含まれているかを識別(判定)する。

30

【0028】

より具体的には、物体識別システム1は、X線検査装置100と、物体識別装置200と、表示端末300とを含んで構成される。

【0029】

X線検査装置100は、空港、港などの保安検査場、イベント会場などにおける手荷物検査などに用いられる手荷物X線検査装置として広く用いられる装置である。X線検査装置100は、手荷物検査が行われる場所に所定の台数(一または複数)設置されている。

40

【0030】

例えば、X線検査装置100は、X線を照射(発射)するX線源、およびX線の透過量を計測するX線検出器を有するX線装置本体と、データを入出力するために使用するコンピュータとを備える。かかるX線検査装置100は、駆動機構により供給される手荷物のX線透過画像を撮像(X線撮像)し、当該X線透過画像を物体識別装置200に送信する。ここで、X線検出器は、撮像部の一例であり、例えば、シンチレータ、フォトダイオード等を備え、X線検出器では、手荷物に照射されたX線が検査物を透過した後、シンチレータで光に変換され、変換された光をフォトダイオードが検出し、画像を取得する。

【0031】

付言するならば、X線検査装置100では、検査できない部位が生じないように、X線

50

源は、斜め方向にX線を照射するように1つ配置されている。なお、本実施の形態では、X線源は、1つ設けられる場合を例に挙げて説明するが、複数設けられる場合にも本発明を適用可能である。X線源が複数設けられている場合の方（異なる撮影方向からのX線透過画像が多い方）がより高精度に物体を識別可能となる。

【0032】

物体識別装置200は、X線透過画像から特定の物体を識別可能な計算機（コンピュータ）であり、ノートパソコン、サーバ装置、FPGA（Field-Programmable Gate Array）等である。物体識別装置200は、X線検査装置100で撮像されたX線透過画像に基づいて、手荷物内の物体を識別し、判定結果などを表示端末300等に表示（画面表示）させる。物体識別装置200の詳細については、図2乃至図4を用いて説明する。

10

【0033】

表示端末300は、表示装置であり、ブラウン管ディスプレイ、液晶ディスプレイ、プラズマディスプレイ、有機ELディスプレイなどである。また、表示端末300は、スマートフォン、タブレット端末、ノートパソコンなどであってもよい。表示端末300は、X線検査装置100によりX線撮像されたX線透過画像を表示したり、物体識別装置200による識別結果を表示したりする。

【0034】

図2は、物体識別装置200の構成の一例を示す図である。物体識別装置200は、制御部210、記憶部220、入力部230、出力部240、および通信部250を含んで構成される。

20

【0035】

制御部210は、例えばCPU（Central Processing Unit）であり、各種の制御を行う。記憶部220は、RAM（Random Access Memory）、ROM（Read Only Memory）、HDD（Hard Disk Drive）などであり、各種の情報（物体識別プログラム221、重みパラメータ222等）を記憶する。入力部230は、キーボード、マウス等であり、各種の情報を入力する。出力部240は、表示端末300と同様に表示装置であり、各種の情報（X線検査装置100によりX線撮像されたX線透過画像、物体識別装置200による識別結果など）を表示する。通信部250は、例えばNIC（Network Interface Card）から構成され、X線検査装置100との通信時におけるプロトコル制御を行う。

30

【0036】

物体識別装置200の機能（画素群抽出部、判断部、表示処理部など）は、例えば、CPUがROMに格納されたプログラム（例えば、物体識別プログラム221）をRAMに読み出して実行すること（ソフトウェア）により実現されてもよいし、専用の回路などのハードウェアにより実現されてもよいし、ソフトウェアとハードウェアとが組み合わされて実現されてもよい。

【0037】

重みパラメータ222は、物体を識別するためのパラメータである。ここで、物体は、物品のみならず動植物を含む。例えばワシントン条約における国際取引の規制対象となる動植物が該当する。特に動物については、生きている状態のみならず、死後であっても骨格等の形状が特定可能な部分も識別対象に含めるものとする。また物品は、全ての製品（商品）を代表する抽象的なものでなく、市場に流通しているメーカ（ブランド）における個々の具体的な製品（換言するならば、入手可能な製品）を指す。なお、以下では、明細書の都合上、具体的な製品名称ではなく、一般名称を適宜用いて説明する。

40

【0038】

重みパラメータ222は、物体ごと、かつ物体の撮影方向（撮像方向）ごとに複数設けられる。例えば、物体が万年筆である場合、万年筆を水平方向に1度ずつ、上下方向（垂直方向）に1度ずつ撮影し、129,600（=360×360）カットのX線透過画像の各々に対応する複数の重みパラメータ222が設けられる。なお、X線透過画像のカット割合は、1度ずつでなくとも、2度ずつなど複数度ずつでもよい。また、角度単位も

50

度(°)に限らず、ラジアン(rad)を適用してもよく、この場合、円周率(π)を基準とした所定ラジアンずつにしてもよい。

【0039】

また、重みパラメータ222は、物体ごと、かつ物体の撮影方向ごとに加えてまたは替えて、物体の最も顕著な特徴部位ごと、かつ当該特徴部位の撮影方向ごとに複数設けられてもよい。例えば、物体が万年筆である場合、万年筆の顕著な特徴部位は、ペン先、クリップ、キャップ、胴軸、首軸、天冠などであり、最も顕著な特徴部位は、万年筆によって異なり、管理者、システム等により決定される。なお、最も顕著な特徴部位は、1つの特徴部位であることも、複数の特徴部位の組合せであることもある。

【0040】

なお、重みパラメータ222の最適化の例については、図6および図7を用いて後述するが、重みパラメータ222は、物体を任意のi方向(1 ≤ i ≤ nを満たす整数)の角度からX線撮像して生成される複数のX線透過画像のうち、当該物体の少なくとも一部の形状の特性を含む画像領域を構成する複数の画素群を当該画像群ごとに入力し、それぞれ割り当てられた重みパラメータ222を乗算した総和に対して非線形の閾値処理を施して出力する多入力-出力の写像を実行する写像関数素子について、当該写像関数素子同士の入出力間を相互接続しながら、上記物体に相当するか否かを決定する最終的な単一の写像関数素子に収束されるまで一連の上記写像を実行した後、得られた当該単一の写像関数素子からの出力に基づいて、全ての上記重みパラメータ222をそれぞれ最適化して得られるデータ群である。

【0041】

ここで、物体識別装置200の機能の一部は、物体識別装置200と通信可能な他のコンピュータにより実現されてもよい。また、例えば、物体識別装置200がX線検査装置100に含まれる場合は、入力部230、出力部240、および通信部250については、設けられなくてもよい。また、例えば、物体識別装置200の出力部240と表示端末300との何れか一方については、設けられなくてもよい。

【0042】

図3は、物体識別装置200が実行する一連の処理に係るフローチャートの一例を示す図である。

【0043】

ステップS10では、画素群抽出部は、X線検査装置100からX線透過画像を受信(取得)する。

【0044】

ステップS20では、物体識別処理が行われる。手荷物内では、様々な場所に物体が収納されているので、物体識別処理では、図4に示すように、X線透過画像401に対して複数の画素群からなる所定の物体(重みパラメータが最適化された物体)に対応する画像領域402が1画素ずつ水平方向および垂直方向に走査され、各走査位置における画像領域402について、所定の物体が含まれているか否かが物体ごとに判定される。なお、画像領域402は、所定の物体に対応する画像領域であり、物体ごと、かつ撮影方向ごとに画像領域の大きさは異なってもよい。

【0045】

また、手荷物内には、様々な向きで物体が収納されているので、図5に示すように、一の物体に対して複数のカットのX線透過画像について所定の物体が含まれているか否かが順次判定される。

【0046】

また、一の物体に対して物体認識処理が終了すると、次の物体について物体認識処理が行われる。物体認識処理の処理内容については、一の物体のi方向でのカットのX線透過画像501における一の走査位置の画像領域での処理を例に挙げて、ステップS21およびステップS22にて説明する。

【0047】

10

20

30

40

50

ステップS 2 1では、画素群抽出部は、ステップS 1 0で取得されたX線透過画像から一の走査位置の画像領域の画素群を抽出する。例えば、画素群抽出部は、X線検査装置1 0 0から得られるX線透過画像5 0 1を画像領域単位でスキャンし、物体の少なくとも一部の形状の特性を含み得る複数の画素群を抽出する。

【0 0 4 8】

ステップS 2 2では、判断部は、手荷物に所定の物体が含まれている否かを判断する。例えば、判断部は、画素群抽出部により抽出された複数の画素群について、記憶部2 2 0から読み出したデータ群に基づく各重みパラメータ2 2 2を利用して、i方向の角度に関して一連の写像を全て実行することにより、検査対象物(複数の画素群)が所定の物体に相当するか否かを判断する。

10

【0 0 4 9】

この際、判断部は、物体全体の画像に係る重みパラメータ2 2 2を用いてもよいし、物体の最も顕著な特徴部位の画像に係る重みパラメータ2 2 2を用いてもよいし、両方の重みパラメータ2 2 2を用いてもよい。例えば、物体の最も顕著な特徴部位の画像に係る重みパラメータ2 2 2を用いることで、物体全体を対象とすることなく、物体を識別するために最も顕著な特徴部位(万年筆におけるペン先等)のみから容易に物体を識別し得る。また、物体全体ではなく最も顕著な特徴部位が処理の対象となるので、処理量を低減できるようになる。また、例えば、両方の重みパラメータ2 2 2を用いることで、より高精度に物体を識別できるようになる。

【0 0 5 0】

20

また、ステップS 2 2では、判断部は、一の物体のi方向でのカットのX線透過画像5 0 1に係る重みパラメータ2 2 2に基づいて、検査対象物が所定の物体に相当するか否かを判断したが、これに限られるものではない。例えば、一の物体の(i - k)方向でのカットの重みパラメータ2 2 2に基づく判断結果と、i方向でのカットの重みパラメータ2 2 2に基づく判断結果と、(i + k)方向でのカットの重みパラメータ2 2 2に基づく判断結果とに基づいて、検査対象物が所定の物体に相当するか否かを判断してもよい。この場合、判断部は、全ての判断結果で所定の物体が含まれると判断された場合に、検査対象物が所定の物体に相当すると判断する。なお、kは、 $1 < k < i$ を満たす整数である。また、ほぼ近い角度方向からのX線透過画像は相関性が高いことから、近接するX線透過画像の重みパラメータ2 0 3を用いることで容易かつ高精度に物体を識別し得る。

30

【0 0 5 1】

ステップS 3 0では、表示処理部は、表示処理を行い、一連の処理を終了する。例えば、表示処理では、表示処理部は、判断部により検査対象物が物体に相当すると判断された場合、表示部に表示されているX線透過画像のうち検査対象物を識別可能に着色する。このように、画像全体からその検査対象物のみ特定色で表示することにより、検査員が容易に認識することが可能になる。

【0 0 5 2】

図6は、重みパラメータ最適化システム2の構成の一例を示す図である。重みパラメータ最適化システム2は、X線を照射するX線源6 1 1と、X線の透過量を計測するX線検出器6 1 2と、物体6 1 3を載置するための回転台6 1 4と、重みパラメータ2 2 2を生成する重みパラメータ最適化装置6 1 5とを含んで構成される。

40

【0 0 5 3】

重みパラメータ最適化システム2では、X線源6 1 1およびX線検出器6 1 2が対となって上下方向(垂直方向)に所定の角度(例えば、1度)ずつ3 6 0度回転可能であり、回転台6 1 4が水平方向に所定の角度(例えば、1度)ずつ3 6 0度回転可能である。かかる構成により、回転台6 1 4に載置された物体について所定のカット(例えば、1 2 9, 6 0 0カット)数のX線透過画像が取得できる。

【0 0 5 4】

重みパラメータ最適化装置6 1 5は、計算機(コンピュータ)であり、ノートパソコン、サーバ装置などである。重みパラメータ最適化装置6 1 5は、複数の入力データ(入力

50

画像と正解ラベルとを含むデータ)に基づいて、物体を識別するための重みパラメータ 2 2 2 を最適化する。

【0055】

図7は、重みパラメータ 2 2 2 の最適化を説明するためのネットワークの一例を示す図である。図7では、入力層を除く層の数を「M」とし、入力層を第0層、その次を第1層、・・・、出力層を第M層とする。

【0056】

本実施の形態では、任意の第m層の写像関数素子の数を $N^{(m)}$ と表記する。例えば、第2層の写像関数素子の数は、 $N^{(2)}$ となる。また、第m層のi番目の写像関数素子の出力値は、 $O^{(m)}_i$ と表記する。また、第m層のi番目の写像関数素子に紐づいている重みのうち、j番目の重みを $w^{(m)}_{i,j}$ と表記する。また、第m層のi番目の写像関数素子への入力値は、1つ前の層の出力値であるので、 $1, O^{(m-1)}_1, O^{(m-1)}_2, \dots$ となる。これらの入力値に重み(重みパラメータ 2 2 2)を掛けて合計した値は、 $u^{(m)}_i$ と表記する。

10

【0057】

本ネットワークでは、入力層に、X線検査装置100のX線透過画像(例えば、画像領域における各画素の色濃度)を入力したときは、重みを掛けながら、第1層、第2層、・・・と伝播していき、出力層から出力値yが出力される。他方、重みの更新(最適化)の際には、まず出力層の重みの更新の計算を行い、その計算結果の一部を伝播させながら、第(M-1)層、第(M-2)層、・・・というように、逆方向の順番に計算がされる。

20

【0058】

例えば、本ネットワークでは、出力誤差Eとしては下記を用いる。

【数1】

$$E = \frac{1}{2} (y - t)^2$$

ここで、yは、出力層の出力値(= $O^{(M)}$)であり、tは、入力データの正解ラベルである。つまり、「y-t」は、理想の出力値と実際の出力値との差を示す。

【0059】

よって、勾配降下法による第m層の第i番目の重みの更新式は、下記のようになる。

30

【数2】

$$w_{i,j}^{(m)} \leftarrow w_{i,j}^{(m)} - \rho \delta_i^{(m)} O_j^{(m-1)}$$

【0060】

ここで、本ネットワークでは、多入力-出力としたので、 $\delta_i^{(m)}$ は、下記のように定義される。

【数3】

$$\delta_i^{(m)} = \begin{cases} (O_i^{(m)} - t_i) f'(u_i^m) & (m = M) \\ (O_i^{(m)} - t_i) f'(u_i^m) w_i^{(m)} & (m < M) \end{cases}$$

40

【0061】

なお、f'は、活性化関数fの導出関数である。活性化関数fとしては、シグモイド関数、双曲線正接関数、ランプ関数(Rectified Linear Unit)、ソフトマックス関数、ガウス関数など、適宜の非線形の活性化関数(非線形の閾値処理)を採用することができる。

【0062】

重みパラメータ最適化装置615は、上述した更新式を用いて重みの更新を行う。より具体的には、重みパラメータ最適化装置615は、まず、全ての重みをランダムに初期化

50

する。そして、重みパラメータ最適化装置 615 は、最適化が終了するまで、入力データを入力し、出力誤差 E を計算し、上記の更新式に従い、出力層から順に全ての重みの更新量を計算し、計算した更新量を全ての重みに適用することを繰り返す。

【0063】

上述した処理により、一の物体の一の方向についての X 線透過画像に係る重みパラメータ 203 の最適化が行われる。付言するならば、一の物体の全ての方向（所定のカット数）の各々について、重みパラメータ 222 が最適化される。また、登録すべき入手可能な物体について、同様に処理を行い、重みパラメータ 222 を準備（記憶部 220 に記憶）する。

【0064】

本実施の形態によれば、実際の検査対象物の X 線撮像時に、データベースに予め登録されたテンプレート画像などの標準データとの比較をする必要がなく、事前に記憶しておいた物体に相当するものであれば、記憶部（メモリ）から読み出した重みパラメータを利用して演算するだけで、X 線撮像方向にかかわらず物体を容易に識別し得る。

【0065】

この結果、手荷物検査時において、検査員が検査対象物が事前に認識された物体であるか否かを目視確認する手間を低減させることができ、検査員の業務負担を軽減することができる。

【0066】

（2）第 2 の実施の形態

図 8 は、本実施の形態に係る物体識別装置 201 の構成の一例を示す図である。第 1 の実施の形態の物体識別装置 200 との主な違いは、危険物（刃物類、凶器となり得る物、先端が著しく尖っている物など）を判定し、判定結果を出力する点である。第 1 の実施の形態と同じ構成については、同じ符号を付して、その説明を適宜省略する。

【0067】

物体識別装置 201 は、重みパラメータ最適化システム 2 で最適化された重みパラメータと、手荷物などの検査物に X 線（エックス線）を照射して得られた X 線透過画像とに基づいて、検査物にどのような物体（検査対象物）が含まれているかを識別（判定）すると共に、手荷物に危険物が含まれているか否かを判定し、判定結果を出力する。

【0068】

物体識別装置 201 は、警告部を更に備え、警告部は、例えば、CPU が ROM に格納されたプログラム（例えば、物体識別プログラム 223）を RAM に読み出して実行すること（ソフトウェア）により実現されてもよいし、専用の回路などのハードウェアにより実現されてもよいし、ソフトウェアとハードウェアとが組み合わされて実現されてもよい。

【0069】

危険物情報 224 は、記憶部 220 に記憶されている重みパラメータ 222 に基づいて算出される出力値（識別される物体）が危険物であるか否かを示す情報である。物体識別装置 200 では、物体と当該物体に係る一または複数の重みパラメータ 222 と当該物体が危険物であるか否かを示す危険物情報 224 とが対応付けられて記憶部 220 に記憶されている。なお、物体が危険物である場合にのみ危険物情報 224 が記憶部 220 に記憶されるような他のデータ構成であってもよい。

【0070】

なお、図示は省略するが、X 線検査装置 100 は、危険物が手荷物に含まれている旨を検査員にフィードバックする機構（ランプを点灯する、音声を出力する、X 線検査装置 100 内で手荷物を搬送するベルトコンベア等の駆動機構を停止する等の警告機構）を更に備えてもよい。

【0071】

図 9 は、物体識別装置 201 が実行する一連の処理に係るフローチャートの一例を示す図である。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 2 】

ステップ S 4 0 では、判断部は、危険物情報 2 2 4 に基づいて手荷物に危険物が含まれている否かを判定する。判定部は、手荷物に危険物が含まれていると判定した場合、ステップ S 5 0 に処理を移し、手荷物に危険物が含まれていないと判定した場合、ステップ S 3 0 に処理を移す。

【 0 0 7 3 】

ステップ S 5 0 では、警告部は、警告処理を行う。例えば、警告部は、判断部により検査対象物が物体に相当すると判断され、かつ当該物体が記憶部 2 2 0 に記憶されている危険物情報 2 2 4 の危険物に該当すると判断された場合、X線検査装置 1 0 0 に警告する旨の指示を送信し、X線検査装置 1 0 0 の警告機構により周囲に音声および発光のいずれか一方または両方により警告する。かかる警告によれば、検査員が危険物を容易に認識することが可能になる。なお、物体識別装置 2 0 1 が警報機構を備え、物体識別装置 2 0 1 が警告を行うようにしてもよい。

10

【 0 0 7 4 】

また、警告部は、X線検査装置 1 0 0 による警告と共に、または当該警告に替えて、表示部（表示端末 3 0 0 と出力部 2 4 0 との一方または両方）に表示されているX線透過画像のうち検査対象物を所定の表示色および表示パターンにて表示されるよう表示部に指示してもよい。かかる処理によれば、検査員が危険物の存在を見落とすリスクを低減することが可能になる。

【 0 0 7 5 】

(3) 他の実施の形態

なお上述の実施の形態においては、本発明を物体識別システムに適用するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、この他種々のシステム、物体識別方法に広く適用することができる。

20

【 0 0 7 6 】

また上述の実施の形態においては、透過による画像により検査物を判別するX線検査装置 1 0 0 を例に挙げて説明したが、これに限られるものではない。例えば、X線検査装置 1 0 0 に加えてまたは替えて、検査対象物に照射したX線により発生した後方への後方散乱線（コンプトン散乱線）の量を画像にする後方散乱線検査装置を採用してもよい。後方散乱線は、樹脂などの原子番号の小さい材料からの散乱線量が多くなる特性があり、後方散乱線検査装置では、透過による画像と異なった画像が得られる。例えば、X線検査装置 1 0 0 と後方散乱線検査装置とを併用することにより、金属に隠れている樹脂などの検査物を検出可能となる。

30

【 0 0 7 7 】

また上述の実施の形態においては、X線検査装置 1 0 0 は、1種類のX線透過画像を取得する場合について述べたが、本発明はこれに限らず、X線検査装置 1 0 0 は、複数種類のX線透過画像（例えば、硬物質の情報を詳細に示す画像、軟物質の情報を詳細に示す画像）を取得するようにしてもよい。複数種類のX線透過画像を用いることで、より高精度に物体を識別できるようになる。

【 0 0 7 8 】

また、上記の説明において各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリや、ハードディスク、SSD（Solid State Drive）等の記憶装置、または、ICカード、SDカード、DVD等の記録媒体に置くことができる。また、制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしも全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。

40

【 0 0 7 9 】

また上述した構成については、本発明の要旨を超えない範囲において、適宜に、変更したり、組み替えたり、組み合わせたり、省略したりしてもよい。

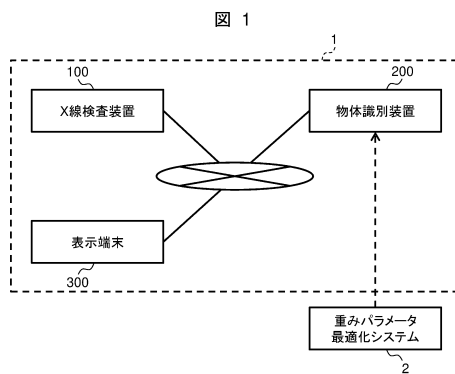
【 符号の説明 】

【 0 0 8 0 】

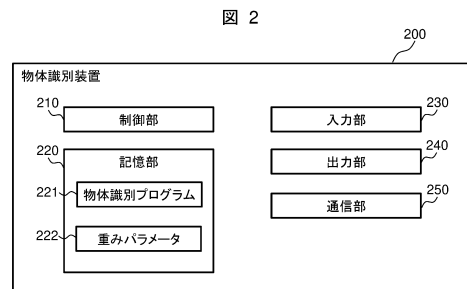
50

1 物体識別システム、2 重みパラメータ最適化システム、100 X線検査装置、200 物体識別装置、210 制御部、220 記憶部、221 物体識別プログラム、222 重みパラメータ、224 危険物情報、230 入力部、240 出力部、250 通信部、300 表示端末、615 重みパラメータ最適化装置。

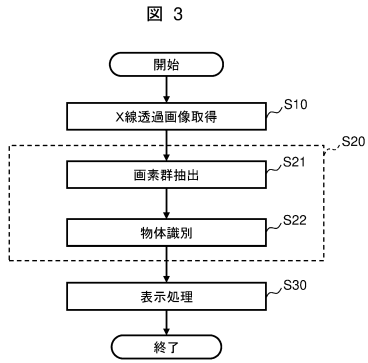
【図1】



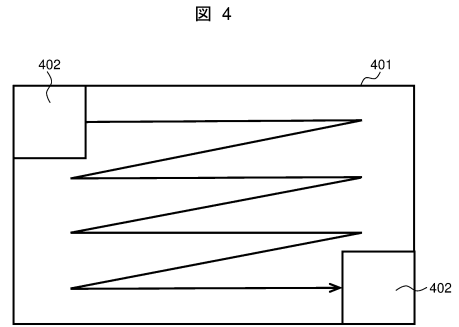
【図2】



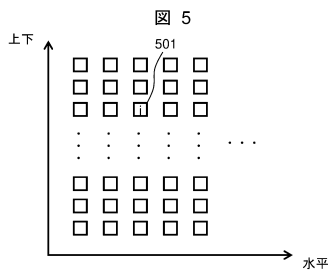
【 図 3 】



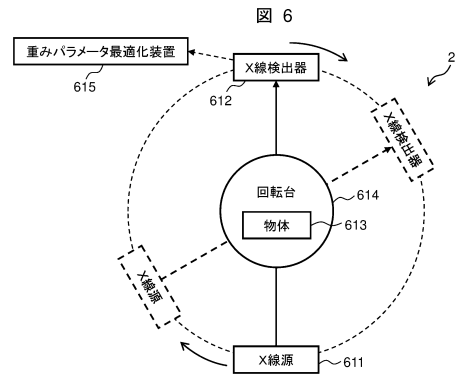
【 図 4 】



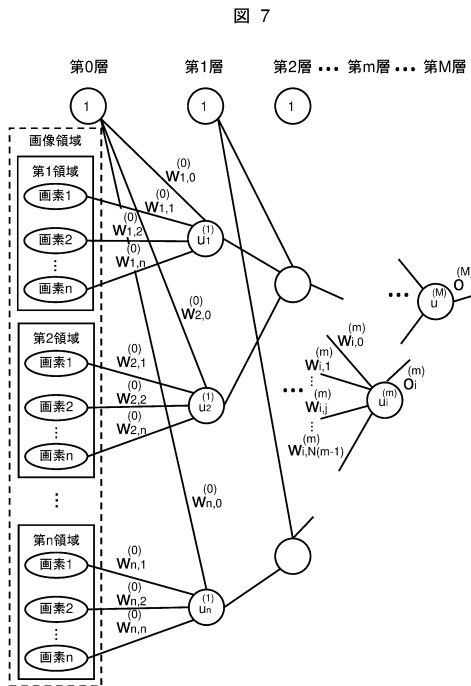
【 図 5 】



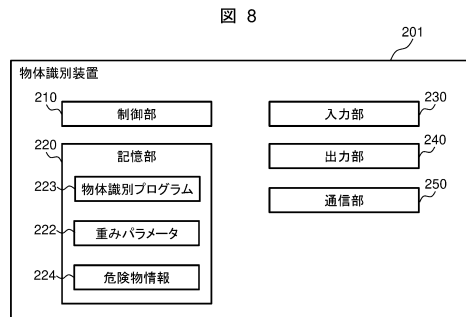
【 図 6 】



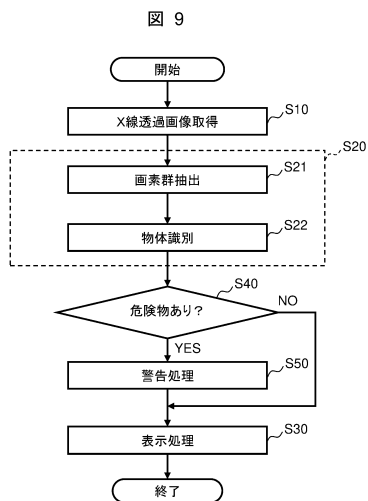
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平10 - 208046 (JP, A)
特表2007 - 526482 (JP, A)
特表2009 - 519471 (JP, A)
特開2000 - 135268 (JP, A)
特開2013 - 064613 (JP, A)
特開2010 - 223963 (JP, A)
特開2007 - 139764 (JP, A)
特開2009 - 092659 (JP, A)
特表2014 - 525594 (JP, A)
特表2008 - 504591 (JP, A)
特開2006 - 084275 (JP, A)
特開2018 - 004363 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 23/00 - 23/2276
G06T 1/00
G06T 7/00
A61B 6/00 - 6/14
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)
KAKEN