

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6031339号
(P6031339)

(45) 発行日 平成28年11月24日(2016.11.24)

(24) 登録日 平成28年10月28日(2016.10.28)

(51) Int.Cl.

G O 1 N 23/04 (2006.01)

F 1

G O 1 N 23/04

請求項の数 12 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2012-255455 (P2012-255455)
 (22) 出願日 平成24年11月21日 (2012.11.21)
 (65) 公開番号 特開2014-102202 (P2014-102202A)
 (43) 公開日 平成26年6月5日 (2014.6.5)
 審査請求日 平成27年4月3日 (2015.4.3)

(73) 特許権者 306037311
 富士フィルム株式会社
 東京都港区西麻布2丁目26番30号
 (74) 代理人 100083116
 弁理士 松浦 憲三
 (72) 発明者 長島 真喜子
 東京都港区赤坂9丁目7番3号 富士フィルム株式会社内
 (72) 発明者 成川 康則
 東京都港区赤坂9丁目7番3号 富士フィルム株式会社内
 審査官 比嘉 翔一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】透視画像濃度補正方法、非破壊検査方法、及び画像処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基準となる溶接部を有する欠陥のない基準のパイプの中心軸上に放射線源が配置され、かつ前記放射線源から放射される放射線を前記基準のパイプの外周に配置した可撓性の放射線検出媒体により検出する場合に、当該放射線検出媒体により生成される基準透視画像を取得する基準透視画像取得ステップと、

前記基準透視画像に基づいて、前記基準のパイプの外周に沿った方向における前記基準透視画像の座標と濃度値との関係を示す基準濃度プロファイルを生成する基準濃度プロファイル生成ステップと、

検査対象の溶接部を有する検査対象のパイプの内側に放射線源が配置され、かつ前記放射線源から放射される放射線を前記検査対象のパイプの外周に配置した可撓性の放射線検出媒体により検出する場合に、当該放射線検出媒体により生成される溶接検査透視画像を取得する溶接検査透視画像取得ステップと、

前記溶接検査透視画像に基づいて、前記検査対象のパイプの外周に沿った方向における前記溶接検査透視画像の座標と濃度値との関係を示す溶接検査濃度プロファイルを生成する溶接検査濃度プロファイル生成ステップと、

前記基準濃度プロファイルと前記溶接検査濃度プロファイルとに基づいて、前記検査対象のパイプの外周に沿った方向における前記溶接検査透視画像の濃度ムラを補正するための溶接検査濃度補正情報を演算する溶接検査濃度補正情報演算ステップと、

前記溶接検査濃度補正情報に基づいて、前記検査対象のパイプの外周に沿った方向にお

10

20

ける前記溶接検査透視画像の濃度ムラを補正する溶接検査濃度補正ステップと、
を備え、

前記溶接検査濃度プロファイル生成ステップは、前記溶接検査透視画像の前記外周に沿った方向における濃度値の変化に対して曲線近似を行うことにより前記溶接検査濃度プロファイルを生成する透視画像濃度補正方法。

【請求項 2】

前記溶接検査濃度プロファイル生成ステップは、前記溶接検査透視画像のうちの前記検査対象のパイプの溶接部に相当する溶接領域の濃度プロファイルと、前記溶接検査透視画像のうちの前記検査対象のパイプの非溶接部に相当する非溶接領域の濃度プロファイルとを生成し、

10

前記溶接検査濃度補正情報演算ステップは、前記溶接領域の濃度プロファイルに基づいて前記溶接検査透視画像の溶接領域に対する濃度補正情報の演算、及び前記非溶接領域の濃度プロファイルに基づいて前記溶接検査透視画像の非溶接領域に対する濃度補正情報の演算をそれぞれ行い、

前記溶接検査濃度補正ステップは、前記溶接領域に対する濃度補正情報に基づいて前記溶接領域の濃度ムラの補正、及び前記非溶接領域に対する濃度補正情報に基づいて前記非溶接領域の濃度ムラの補正をそれぞれ行う請求項 1 に記載の透視画像濃度補正方法。

【請求項 3】

前記溶接検査濃度プロファイルに基づいて、前記放射線検出媒体のうちの前記放射線源に最も近い位置に対応した前記溶接検査透視画像内の位置を示す放射線源近接座標を推定するステップを備え、

20

前記放射線源近接座標を、前記濃度ムラを補正した後の前記溶接検査透視画像又は前記濃度ムラを補正する前の前記溶接検査透視画像と関連付けて記録する請求項 1 又は 2 に記載の透視画像濃度補正方法。

【請求項 4】

前記溶接検査透視画像又は前記溶接検査濃度プロファイルに基づいて前記検査対象のパイプの径を算出し、当該パイプの径を、濃度ムラが補正された前記溶接検査透視画像又は濃度ムラが補正される前の前記溶接検査透視画像と関連付けて記録する請求項 1 から 3 のうちいずれか 1 項に記載の透視画像濃度補正方法。

【請求項 5】

30

請求項 1 から 4 のうちいずれか 1 項に記載の透視画像濃度補正方法によって濃度ムラが補正された前記溶接検査透視画像を、前記基準透視画像と同時に表示画面に表示させる非破壊検査方法。

【請求項 6】

濃度ムラが補正された前記溶接検査透視画像を、濃度ムラが補正される前の前記溶接検査透視画像と同時に表示画面に表示させる請求項 5 に記載の非破壊検査方法。

【請求項 7】

第 1 の検査において検査対象のパイプの溶接部を挟んで放射線源と放射線検出媒体とが対向して配置され、当該放射線検出媒体により生成される第 1 の検査透視画像を取得する第 1 の検査透視画像取得ステップと、

40

前記第 1 の検査透視画像に基づいて、前記第 1 の検査透視画像の座標と濃度値との関係を示す第 1 の検査濃度プロファイルを生成する第 1 の検査濃度プロファイル生成ステップと、

第 2 の検査において検査対象の前記パイプの溶接部を挟んで放射線源と放射線検出媒体とが対向して配置され、当該放射線検出媒体により生成される第 2 の検査透視画像を取得する第 2 の検査透視画像取得ステップと、

前記第 2 の検査透視画像に基づいて、前記第 2 の検査透視画像の座標と濃度値との関係を示す第 2 の検査濃度プロファイルを生成する第 2 の検査濃度プロファイル生成ステップと、

前記第 1 の検査濃度プロファイルと前記第 2 の検査濃度プロファイルとに基づいて、前

50

記第1の検査透視画像と前記第2の検査透視画像とで座標と濃度値との関係を合わせるための検査濃度補正情報を演算する検査濃度補正情報演算ステップと、

前記検査濃度補正情報に基づいて、前記第1の検査透視画像と前記第2の検査透視画像とで座標と濃度値との関係を合わせる濃度補正を行う検査濃度補正ステップと、

を備え、
前記第1の検査濃度プロファイル生成ステップは、前記第1の検査透視画像の前記パイ
10
プの特定方向における濃度値の変化に対し曲線近似を行うことにより前記第1の検査濃度
プロファイルを生成し、
前記第2の検査濃度プロファイル生成ステップは、前記第2の検査透視画像の前記パイ
10
プの特定方向における濃度値の変化に対し曲線近似を行うことにより前記第2の検査濃度
プロファイルを生成する透視画像濃度補正方法。

【請求項8】

請求項7に記載の透視画像濃度補正方法によって濃度が補正された前記第2の検査透視
画像を、濃度が補正された前記第1の検査透視画像と一緒に表示画面に表示させる非破壊
検査方法。

【請求項9】

請求項7に記載の透視画像濃度補正方法によって濃度が補正された前記第1の検査透視
画像及び前記第2の検査透視画像を、請求項4に記載の透視画像濃度補正方法によって算
出された前記検査対象のパイプの径に基づいて拡縮して表示を行う請求項8に記載の非破
壊検査方法。

20

【請求項10】

濃度が補正された前記第2の検査透視画像を、濃度が補正される前の前記第2の検査透
視画像と一緒に表示させる請求項8又は9に記載の非破壊検査方法。

【請求項11】

基準となる溶接部を有する欠陥のない基準のパイプの中心軸上に放射線源が配置され、
かつ前記放射線源から放射される放射線を前記基準のパイプの外周に配置した可撓性の放
射線検出媒体により検出する場合に、当該放射線検出媒体により生成される基準透視画像
と、溶接検査時に検査対象の溶接部を有する検査対象のパイプの内側に放射線源が配置さ
れ、かつ前記放射線源から放射される放射線を前記検査対象のパイプの外周に配置した可
撓性の放射線検出媒体により検出する場合に、当該放射線検出媒体により生成される溶接
検査透視画像と、を取得する透視画像取得手段と、

30

前記基準透視画像に基づいて、前記基準のパイプの外周に沿った方向における前記基準
透視画像の座標と濃度値との関係を示す基準濃度プロファイルを生成し、かつ前記溶接検
査透視画像に基づいて、前記検査対象のパイプの外周に沿った方向における前記溶接検査
透視画像の座標と濃度値との関係を示す溶接検査濃度プロファイルを生成する濃度プロフ
ファイル生成手段と、

前記基準濃度プロファイルと前記溶接検査濃度プロファイルとに基づいて、前記検査対
象のパイプの外周に沿った方向における前記溶接検査透視画像の濃度ムラを補正するた
めの溶接検査濃度補正情報を演算する濃度補正情報演算手段と、

前記溶接検査濃度補正情報に基づいて、前記検査対象のパイプの外周に沿った方向にお
ける前記溶接検査透視画像の濃度ムラを補正する濃度補正手段と、

40

を備え、
前記濃度プロファイル生成手段は、前記溶接検査透視画像の前記外周に沿った方向にお
ける濃度値の変化に対して曲線近似を行うことにより前記溶接検査濃度プロファイルを生
成する画像処理装置。

【請求項12】

検査対象のパイプの溶接部を挟んで放射線源と放射線検出媒体とが対向して配置され、
当該放射線検出媒体により生成される検査透視画像を取得する透視画像取得手段と、

前記検査透視画像に基づいて、前記検査透視画像の座標と濃度値との関係を示す検査濃
度プロファイルを生成する濃度プロファイル生成手段と、

50

前回の検査時における前記検査透視画像から生成された第1の検査濃度プロファイルと今回の検査時における前記検査透視画像から生成された第2の検査濃度プロファイルとに基づいて、前回の検査時における前記検査透視画像と今回の検査時における前記検査透視画像とで座標と濃度値との関係を合わせるための検査濃度補正情報を演算する濃度補正情報演算手段と、

前記検査濃度補正情報に基づいて、前回の検査時における前記検査透視画像と今回の検査時における前記検査透視画像とで座標と濃度値との関係を合わせる濃度補正を行う濃度補正手段と、

を備え、

前記濃度プロファイル生成手段は、前記前回の検査時における前記検査透視画像の前記パイプの特定方向における濃度値の変化に対し曲線近似を行うことにより前記第1の検査濃度プロファイルを生成し、前記今回の検査時における前記検査透視画像の前記パイプの特定方向における濃度値の変化に対し曲線近似を行うことにより前記第2の検査濃度プロファイルを生成する画像処理装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数のパイプを溶接した場合におけるパイプの溶接部の欠陥を非破壊で検査するための透視画像濃度補正方法、非破壊検査方法、及び画像処理装置に関し、特に、透視画像に濃度ムラが生じても検査員の画像判別のスキルの高低に依存せずに同様な検査結果が得られるようにすることができる透視画像濃度補正方法、非破壊検査方法、及び画像処理装置に関する。

20

【背景技術】

【0002】

複数のパイプを溶接した場合におけるパイプの溶接部の欠陥を非破壊で検査する方法が知られている。例えば、次のように非破壊検査を行う。まず、放射線源から放射され、パイプの溶接部を透過した放射線を、シート状の放射線検出媒体で検出する。その放射線検出媒体により生成された透視画像を、専用のスキャナにより放射線検出媒体から読み取る。読み取られた透視画像をパーソナルコンピュータ（以下「PC」という）の表示画面に表示させ、検査員が目視確認を行う。

30

【0003】

また、特許文献1は、パイプの放射線透視画像のうちのパイプを横断する方向における輝度のプロファイルを使用して、パイプの外径点及び内径点を検出することを開示している。

【0004】

特許文献2は、肉厚が既知なモニタ管と肉厚が不明な試験体管とを同時に放射線撮影して、濃度比較により試験体管の肉厚を求めるを開示している。

【0005】

特許文献3は、被測定管を走査して得た放射線透過測定パターンと、同一の条件で基準管を走査して得た放射線透過測定パターンとを比較して、被測定管中の堆積物の存在状況を測定することを開示している。

40

【0006】

特許文献4は、被検査体を所定角度変位で回転する回転基台に載置して放射線による断層撮像を行う非破壊検査において、被検査体の回転中心軸ずれ量をパラメータとして、透視画像（断面画像）の鮮鋭度が最大となるときのずれ量を最適回転中心軸ずれ量として特定することを開示している。

【0007】

特許文献5は、複数の医療用透視画像の比較読影を容易にするための画像処理であって、基準となる透視画像において濃度値（信号値）の頻度分布（ヒストグラム）を求め、その頻度分布において頻度が極大となる濃度値を代表値として求め、その基準となる透視画

50

像の代表値に他の透視画像の代表値を合わせるように、他の透視画像に対して画像処理（濃度補正）を行うことを開示している（段落 0049～0055）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献 1】特開 2012-47569 号公報

【特許文献 2】特開昭 62-277542 号公報

【特許文献 3】特開昭 61-274210 号公報

【特許文献 4】特開 2005-037193 号公報

【特許文献 5】特開 2003-190125 号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

パイプの溶接部の透視画像には、溶接部の欠陥（例えば気泡、クラックなど）に起因した濃度の濃淡のほか、各種の濃度ムラが現れる。例えば、放射線源からの距離が放射線検出媒体上で不均一になることに起因した濃度ムラが、挙げられる。また、放射線源の理想的な位置からのずれ量（ポジショニング誤差）が検査ごとに異なることに起因して、透視画像に現れる濃度ムラが検査ごとに異なる。つまり、パイプの溶接部の透視画像内には、各種の濃度ムラが現れるだけでなく、検査ごとに異なる濃度ムラが現れるという課題がある。これに因り、パイプの溶接部の欠陥の判別は、透視画像の目視検査を行う検査員の個人の判別スキルに大きく依存する。したがって、誤判別が生じないようにするためにには、検査員に高度な判別スキルが必要とされると共に、検査員のスキルに応じて判定結果に差異が生じる問題があった。

20

【0010】

特許文献 1 は、パイプを横断する方向における輝度プロファイルを使用してパイプの外径点及び内径点を検出することを開示しているが、輝度プロファイルを使用して透視画像の濃度補正を行うことについては、開示及び示唆がない。

【0011】

特許文献 2 は、肉厚が既知なモニタ管と肉厚が不明な試験体管とを同時に放射線撮影して、濃度比較により試験体管の肉厚を求める開示しているが、濃度プロファイルを使用して透視画像の濃度補正を行うことについては開示及び示唆がない。また、パイプの溶接現場で基準の管と検査対象の管とを同時に放射線撮影することは実際には困難な場合があり、仮に同時に撮影したとしても、前述のように濃度ムラの原因には各種があるので、基準の管の像と検査対象の管の像とで透視画像に現れる濃度ムラを全く同一にすることが難しい。

30

【0012】

特許文献 3 は、基準管と被測定管とで同一の条件で走査を行うことを開示しているが、前述のように濃度ムラの原因は各種あり、現実的には基準管と被測定管とで、全く同一の条件で透視画像の撮影を行うことが難しい。

【0013】

40

特許文献 4 は、被検査体を回転基台に載置して透視画像を撮影する必要があり、敷設されたパイプの溶接部を撮影する場合に適用することは困難である。また、放射線を用いる撮影は回数及び時間が制限されるので、撮影条件を変更しながら何回も撮影を行うことは現実的でない。

【0014】

特許文献 5 は、人体の部位の医療用透視画像に対する濃度補正において、透視画像の濃度値の頻度分布を求め、一方の透視画像において頻度が極大の濃度値に、他の透視画像の頻度が極大の濃度値を合わせるという一般的な濃度合わせの技術を開示しているに過ぎない。したがって、実際には、一方の透視画像のうちの特定領域の濃度値に対して他方の透視画像のうちの特定領域の濃度値が合うだけであり、そのような濃度合わせの技術をパイ

50

の溶接部の透視画像に対して適用したとしても、パイプの透視画像に現れる特有の濃度ムラを除去できるわけではない。

【0015】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたもので、パイプの溶接部の透視画像を用いて検査あるいは測定を行う場合に、パイプの溶接部の透視画像に濃度ムラが生じても、検査員の画像判別のスキルの高低に依存せずに同様な検査結果が得られるようにすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0016】

上記の目的を達成するために、本発明は、基準となる溶接部を有する基準のパイプの中心軸上に放射線源が配置され、かつ放射線源から放射される放射線を基準のパイプの外周に配置した可撓性の放射線検出媒体により検出する場合に、放射線検出媒体により生成される基準透視画像を取得する基準透視画像取得ステップと、基準透視画像に基づいて、基準のパイプの外周に沿った方向における基準透視画像の座標と濃度値との関係を示す基準濃度プロファイルを生成する基準濃度プロファイル生成ステップと、検査対象の溶接部を有する検査対象のパイプの内側に放射線源が配置され、かつ放射線源から放射される放射線を検査対象のパイプの外周に配置した可撓性の放射線検出媒体により検出する場合に、放射線検出媒体により生成される溶接検査透視画像を取得する溶接検査透視画像取得ステップと、溶接検査透視画像に基づいて、検査対象のパイプの外周に沿った方向における溶接検査透視画像の座標と濃度値との関係を示す溶接検査濃度プロファイルを生成する溶接検査濃度プロファイル生成ステップと、基準濃度プロファイルと溶接検査濃度プロファイルとに基づいて、検査対象のパイプの外周に沿った方向における溶接検査透視画像の濃度ムラを補正するための溶接検査濃度補正情報を演算する溶接検査濃度補正情報演算ステップと、溶接検査濃度補正情報に基づいて、検査対象のパイプの外周に沿った方向における溶接検査透視画像の濃度ムラを補正する溶接検査濃度補正ステップと、を備えた透視画像濃度補正方法を提供する。これによれば、基準となる溶接部を有するパイプを放射線撮影して得られた基準透視画像に基づいて、パイプの外周に沿った方向における座標と濃度値との関係を示す基準濃度プロファイルが取得され、かつ、検査対象の溶接部を有するパイプを放射線撮影して得られた溶接検査透視画像に基づいて、パイプの外周に沿った方向における座標と濃度との関係を示す溶接検査濃度プロファイルが取得され、基準濃度プロファイルと溶接検査濃度プロファイルとに基づいて、検査対象のパイプの外周に沿った方向における濃度ムラが補正により溶接検査透視画像から除去されることになるので、溶接検査透視画像に濃度ムラが生じても検査員の画像判別のスキルの高低に依存せずに同様な検査結果が得られるようになることが可能になる。

【0017】

本発明の一態様では、溶接検査濃度プロファイル生成ステップは、溶接検査透視画像のうちの検査対象のパイプの溶接部に相当する溶接領域の濃度プロファイルと、溶接検査透視画像のうちの検査対象のパイプの非溶接部に相当する非溶接領域の濃度プロファイルとを生成し、溶接検査濃度補正情報演算ステップは、溶接領域の濃度プロファイルに基づいて溶接検査透視画像の溶接領域に対する濃度補正情報の演算、及び非溶接領域の濃度プロファイルに基づいて溶接検査透視画像の非溶接領域に対する濃度補正情報の演算をそれぞれ行い、溶接検査濃度補正ステップは、溶接領域に対する濃度補正情報に基づいて溶接領域の濃度ムラの補正、及び非溶接領域に対する濃度補正情報に基づいて非溶接領域の濃度ムラの補正をそれぞれ行う。これによれば、溶接部と非溶接部とで異なる濃度パターンとなる場合でも、溶接検査透視画像から外周方向における濃度ムラが確実に除去されることになる。

【0018】

本発明の一態様では、溶接検査濃度プロファイル生成ステップは、溶接検査透視画像の外周に沿った方向における濃度値の変化に対して曲線近似を行うことにより溶接検査濃度プロファイルを生成する。これによれば、溶接部に各種の欠陥が生じる場合でも、濃度ム

10

20

30

40

50

ラのみを確実に除去し、かつ欠陥の濃淡を確実に残すようになることが可能になる。

【0019】

本発明の一態様では、溶接検査濃度プロファイルに基づいて、放射線検出媒体のうちの放射線源に最も近い位置に対応した溶接検査透視画像内の位置を示す放射線源近接座標を推定するステップを備え、放射線源近接座標を、濃度ムラを補正した後の溶接検査透視画像又は濃度ムラを補正する前の溶接検査透視画像と関連付けて記録する。これによれば、濃度ムラが溶接検査透視画像から除去された後であっても、放射線源の位置ずれに因り濃度値が極小になった位置を確認することが可能になる。

【0020】

本発明の一態様では、溶接検査透視画像又は溶接検査濃度プロファイルに基づいて検査対象のパイプの径を算出し、パイプの径を、濃度ムラが補正された溶接検査透視画像又は濃度ムラが補正される前の溶接検査透視画像と関連付けて記録する。これによれば、検査対象のパイプの径に誤差が存在する場合に、パイプの径を実測しなくても、実際のパイプの径を知ることが可能になる。

10

【0021】

本発明の一態様では、濃度ムラが補正された溶接検査透視画像を、基準透視画像と同時に表示画面に表示させる。これにより、溶接部の欠陥の有無を容易に判別することが可能になる。

【0022】

本発明の一態様では、濃度ムラが補正された溶接検査透視画像を、濃度ムラが補正される前の溶接検査透視画像と同時に表示画面に表示させる。これにより、濃度ムラ補正後の溶接検査透視画像を目視して欠陥を容易に発見し、かつ、濃度ムラ補正前の溶接検査透視画像で欠陥の有無を確実に確認することが可能になる。

20

【0023】

また、本発明は、第1の検査において検査対象のパイプの溶接部を挟んで放射線源と放射線検出媒体とが対向して配置され、放射線検出媒体により生成される第1の検査透視画像を取得する第1の検査透視画像取得ステップと、第1の検査透視画像に基づいて、第1の検査透視画像の座標と濃度値との関係を示す第1の検査濃度プロファイルを生成する第1の検査濃度プロファイル生成ステップと、第2の検査において検査対象のパイプの溶接部を挟んで放射線源と放射線検出媒体とが対向して配置され、放射線検出媒体により生成される第2の検査透視画像を取得する第2の検査透視画像取得ステップと、第2の検査透視画像に基づいて、第2の検査透視画像の座標と濃度値との関係を示す第2の検査濃度プロファイルを生成する第2の検査濃度プロファイル生成ステップと、第1の検査濃度プロファイルと第2の検査濃度プロファイルとに基づいて、第1の検査透視画像と第2の検査透視画像とで座標と濃度値との関係を合わせるための検査濃度補正情報を演算する検査濃度補正情報演算ステップと、検査濃度補正情報に基づいて、第1の検査透視画像と第2の検査透視画像とで座標と濃度値との関係を合わせる濃度補正を行う検査濃度補正ステップと、を備えた透視画像濃度補正方法を提供する。これによれば、第1の検査(前回の検査)で得られた第1の検査透視画像に基づいて、座標と濃度値との関係を示す第1の検査濃度プロファイルが取得され、かつ、第2の検査(今回の検査)で得られた第2の検査透視画像に基づいて、座標と濃度値との関係を示す第2の検査濃度プロファイルが取得され、第1の検査濃度プロファイル(前回の検査の濃度プロファイル)と第2の検査濃度プロファイル(今回の検査の濃度プロファイル)とに基づいて、検査対象のパイプの濃度ムラが第2の検査透視画像(今回の検査透視画像)から除去されることになるので、検査透視画像に濃度ムラが生じても検査員の画像判別のスキルの高低に依存せずに確実に欠陥の発生を検出することが可能になる。

30

【0024】

本発明の一態様では、第1の検査濃度プロファイル生成ステップは、第1の検査透視画像のパイプの特定方向における濃度値の変化に対し曲線近似を行うことにより第1の検査濃度プロファイルを生成し、第2の検査濃度プロファイル生成ステップは、第2の検査透

40

50

視画像のパイプの特定方向における濃度値の変化に対し曲線近似を行うことにより第2の検査濃度プロファイルを生成する。これによれば、溶接部に各種の欠陥が生じる場合でも、濃度ムラのみを確実に除去し、かつ欠陥の濃淡を確実に残すようにすることが可能になる。

【0025】

本発明の一態様では、上記の透視画像濃度補正方法によって濃度が補正された第2の検査透視画像を、濃度が補正された第1の検査透視画像と同時に表示画面に表示させる。これにより、溶接部に新たに生じた欠陥を確実に判別することが可能になる。

【0026】

本発明の一態様では、上記の透視画像濃度補正方法によって濃度が補正された第1の検査透視画像及び第2の検査透視画像を、算出された検査対象のパイプの径に基づいて拡縮して表示を行う。これによれば、検査対象のパイプの径に誤差が存在する場合に、パイプに径を実測しなくても、検査透視画像のサイズを適切なサイズに拡縮することが可能になる。

10

【0027】

本発明の一態様では、濃度が補正された第2の検査透視画像を、濃度が補正される前の第2の検査透視画像と一緒に表示させる。

【0028】

また、本発明は、基準となる溶接部を有する基準のパイプの中心軸上に放射線源が配置され、かつ放射線源から放射される放射線を基準のパイプの外周に配置した可撓性の放射線検出媒体により検出する場合に、放射線検出媒体により生成される基準透視画像と、溶接検査時に検査対象の溶接部を有する検査対象のパイプの内側に放射線源が配置され、かつ放射線源から放射される放射線を検査対象のパイプの外周に配置した可撓性の放射線検出媒体により検出する場合に、放射線検出媒体により生成される溶接検査透視画像と、を取得する透視画像取得手段と、基準透視画像に基づいて、基準のパイプの外周に沿った方向における基準透視画像の座標と濃度値との関係を示す基準濃度プロファイルを生成し、かつ溶接検査透視画像に基づいて、検査対象のパイプの外周に沿った方向における溶接検査透視画像の座標と濃度値との関係を示す溶接検査濃度プロファイルを生成する濃度プロファイル生成手段と、基準濃度プロファイルと溶接検査濃度プロファイルとにに基づいて、検査対象のパイプの外周に沿った方向における溶接検査透視画像の濃度ムラを補正するための溶接検査濃度補正情報を演算する濃度補正情報演算手段と、溶接検査濃度補正情報に基づいて、検査対象のパイプの外周に沿った方向における溶接検査透視画像の濃度ムラを補正する濃度補正手段と、を備えた画像処理装置を提供する。

20

【0029】

また、本発明は、検査対象のパイプの溶接部を挟んで放射線源と放射線検出媒体とが対向して配置され、放射線検出媒体により生成される検査透視画像を取得する透視画像取得手段と、検査透視画像に基づいて、検査透視画像の座標と濃度値との関係を示す検査濃度プロファイルを生成する濃度プロファイル生成手段と、前回の検査時における検査透視画像から生成された第1の検査濃度プロファイルと今回の検査時における検査透視画像から生成された第2の検査濃度プロファイルとにに基づいて、前回の検査時における検査透視画像と今回の検査時における検査透視画像とで座標と濃度値との関係を合わせるための検査濃度補正情報を演算する濃度補正情報演算手段と、検査濃度補正情報に基づいて、前回の検査時における検査透視画像と今回の検査時における検査透視画像とで座標と濃度値との関係を合わせる濃度補正を行う濃度補正手段と、を備えた画像処理装置を提供する。

30

【発明の効果】

【0030】

本発明によれば、パイプの溶接部の透視画像を用いて検査あるいは測定を行う場合に、パイプの溶接部の透視画像に濃度ムラが生じても、検査員の画像判別のスキルの高低に依存せずに同様な検査結果が得られるようにすることができる。

【図面の簡単な説明】

40

50

【0031】

【図1】(A)、(B)及び(C)は溶接検査における透視画像の撮影の様子を示す模式図

【図2】放射線源のポジショニング誤差の説明に用いる斜視図

【図3】図2の3-3の線に沿った断面を示す図

【図4】放射線源がパイプの溶接部の中心軸上に配置された状態を示す断面図

【図5】図4の状態で放射線撮影して得られた基準透視画像の例を示す図

【図6】図5の基準透視画像の濃度プロファイルを示す図

【図7】放射線源がパイプの溶接部の中心軸から外れて配置された状態を示す断面図

【図8】図7の状態で放射線撮影して得られた溶接検査透視画像の例を示す図

【図9】85の溶接検査透視画像の濃度プロファイルを示す図

【図10】(A)、(B)は濃度ムラの補正例を示す図であり、(A)は濃度ムラ補正前の溶接検査透視画像、(B)は濃度ムラ補正後の溶接検査透視画像

【図11】画像処理装置の構成例を示す図

【図12】基準プロファイル生成までの流れを示すフローチャート

【図13】溶接検査透視画像の濃度補正までの流れを示すフローチャート

【図14】保全検査における透視画像撮影の様子を示す模式図

【図15】保全検査の透視画像の濃度プロファイルの例

【図16】保全検査における透視画像補正処理の流れを示すフローチャート

【発明を実施するための形態】

【0032】

以下、添付図面に従って、本発明の実施形態について、詳細に説明する。

【0033】

溶接検査における透視画像の濃度補正

まず、溶接検査（パイプの溶接時の検査）における透視画像の濃度補正及び表示について、説明する。

【0034】

<溶接検査における透視画像撮影と放射線源のポジショニング誤差>

図1(A)～(C)は、溶接検査における透視画像（以下「溶接検査透視画像」という）の撮影の様子を示す模式図である。図1(A)は、未溶接状態のパイプ10を示す。図1(B)は、溶接された状態のパイプ10を示す。図1(C)は、放射線を放射する放射線源20と放射線を検出する放射線検出媒体30とを配置した状態のパイプ10を示す。

【0035】

図1(A)～(C)では、理解を容易にするため、パイプ10の形状及びパイプ10の溶接形状を、簡略化して描いた。実際には、パイプ10の形状及びパイプ10の溶接形状は、各種ある。符号12は、パイプ10の溶接部を示す。「溶接部」は、本明細書において、パイプ10の溶接された部分をいい、溶接材料を含む。放射線源20は、理想的には、図1(C)に示すようにパイプ10の中心軸O上に配置される。放射線検出媒体30は、可撓性を有し、図1(C)に示すように、溶接部12を含むパイプ10の外周に巻き付けられる。放射線検出媒体30として、本例ではイメージング・プレート（輝尽性蛍光フィルム）を用いる。放射線源20から放射される放射線は、パイプ10の溶接部12及び溶接部12の周辺の非溶接部14を透過し、放射線検出媒体30により検出される。放射線検出媒体30は、放射線検出媒体30における放射線強度の分布に応じた濃度パターンを有する溶接検査透視画像を生成する。

【0036】

放射線源20は、実際には、パイプ10の敷設現場における各種の事情により、図2の斜視図及び図2の符号3-3の線に沿った断面を示す図3の断面図のように、パイプ10の中心軸Oから外れた位置に配置される場合が多い。

【0037】

放射線源20の理想的な位置と放射線源20の現実的な位置との誤差（ポジショニング

10

20

30

40

50

誤差)は、図2における中心軸Oに沿った方向(長さ方向x)における誤差d_xと、図3におけるパイプ10の断面内の直交する二方向(水平方向y、垂直方向z)における誤差d_y及びd_zに分けられる。これらの誤差d_x、d_y、d_zが存在すると、放射線検出媒体30における放射線の強度が放射線源20からの距離に依存するため、放射線検出媒体30で生成される透視画像に濃度ムラが生じてしまう。

【0038】

<溶接検査における濃度プロファイル>

図4に示すように放射線源20がパイプ10の中心軸O上の理想的な位置に配置された場合、例えば図5に示す透視画像40(以下「基準透視画像」という)が取得される。図5の基準透視画像40の濃度プロファイル(以下「基準濃度プロファイル」という)を、図6に示す。この基準濃度プロファイルは、パイプ10の外周に沿った方向(外周方向c)における基準透視画像40の濃度パターン(外周方向cの座標と濃度値との関係)を示す。尚、図4において、理解を容易にするため、放射線源20から放射線が全方向に均一に放射され、また、パイプ10の溶接部12の厚みが外周方向cに沿って均一であり、さらには、溶接部12に欠陥がないものとする。

10

【0039】

図4では、放射線源20が中心軸O上の理想的な位置に配置されているので、図2及び図3に示したような放射線源20のポジショニング誤差d_x、d_y、d_zがない(d_x=d_y=d_z=0)。つまり、放射線源20から放射線検出媒体30までの距離が、外周方向cに沿って均一になる。よって、放射線検出媒体30には、外周方向cに沿って放射線強度の不均一(放射線強度ムラ)が、発生しない。

20

【0040】

図5に示す基準透視画像40のうちで、放射線検出媒体30のうちで重なりがない部分(検出有効部分30a)に相当する領域40aには、外周方向cにおいて濃度の不均一(濃度ムラ)が発生しない。ただし、溶接部12の厚さが不均一であれば、その不均一の程度に応じた濃度変化が画像に生じる。尚、図5に示す基準透視画像40のうちで符号40bで示す領域は、放射線検出媒体30の重なりがある部分(検出無効部分30b)に相当する領域である。

【0041】

図7に示すように放射線源20が中心軸Oから外れて配置された場合における溶接検査透視画像42を、図8に示す。また、図8の溶接検査透視画像42の濃度プロファイル(以下「溶接検査濃度プロファイル」という)を、図9に示す。尚、理解を容易にするため、長さ方向xにおけるポジショニング誤差d_xは無いものとする(d_x=0)。また、溶接部12に欠陥がないものとする。

30

【0042】

図7では、放射線源20が中心軸Oから外れて配置されているので、放射線源20から放射線検出媒体30までの距離が、外周方向cに沿って不均一になる。よって、放射線検出媒体30では、放射線強度の不均一(放射線強度ムラ)が、発生する。つまり、仮に、放射線源20から放射線が全方向に均一に放射され、かつ、溶接部12の厚みが外周方向cに沿って均一(一定)であったとしても、溶接検査透視画像42には外周方向c(図8の横方向)に沿って濃度ムラが発生する。

40

【0043】

図8に示すような溶接検査透視画像42を目視して溶接部12の欠陥を検査する場合、溶接部12の外周方向cに沿った濃度ムラが生じているので、溶接部12に欠陥があっても、その欠陥を発見することが難しくなる。

【0044】

そこで、本発明では、図10(A)に示すような濃度ムラのある溶接検査透視画像42から画像処理により濃度ムラを除去し、図10(B)に示すような濃度ムラがない溶接検査透視画像46を出力する。具体的には、図6に示したような基準濃度プロファイルと図9に示したような溶接検査濃度プロファイルとに基づいて、濃度ムラがある溶接検査透視

50

画像 4 2 に対する濃度補正情報を算出し、その濃度補正情報に従って濃度ムラ補正を行うことで、濃度ムラがない溶接検査透視画像 4 6 を生成する。

【 0 0 4 5 】

尚、図 8 に示す溶接検査透視画像 4 2 のうち符号 4 2 b で示す領域は、放射線検出媒体 3 0 の重なりがある部分（検出無効部分 3 0 b ）に相当する領域であり、図 1 0 (A) 及び図 1 0 (B) では図示を省略した。

【 0 0 4 6 】

< 溶接検査に用いる画像処理装置 >

図 1 1 は、本発明における透視画像濃度補正方法に用いる画像処理装置 5 0 の構成例を示すブロック図である。

10

【 0 0 4 7 】

図 1 1 の画像処理装置 5 0 は、スキャナ 5 1 (透視画像取得手段)、記憶部 5 2、表示部 5 3、操作部 5 4、及び制御部 5 5 (濃度プロファイル生成手段、濃度補正情報演算手段、及び濃度補正手段) を備える。

【 0 0 4 8 】

スキャナ 5 1 は、放射線検出媒体 3 0 から透視画像（基準透視画像、溶接検査透視画像）を取得する。

【 0 0 4 9 】

記憶部 5 2 は、透視画像（基準透視画像、溶接検査透視画像）、濃度プロファイル（基準濃度プロファイル、溶接検査濃度プロファイル）を含む、各種の情報を記憶する。記憶部 5 2 は、メモリ、ディスクなどの記憶デバイスによって構成されている。

20

【 0 0 5 0 】

表示部 5 3 は、透視画像（基準透視画像、溶接検査透視画像）、濃度プロファイル（基準濃度プロファイル、溶接検査濃度プロファイル）を含む、各種の情報の表示を行う。表示部 5 3 は、液晶表示デバイスなどの表示デバイスによって構成されている。

【 0 0 5 1 】

操作部 5 4 は、各種の指示入力を受け付ける。操作部 5 4 は、キーボード、タッチパネルなどの指示入力デバイスによって構成されている。

【 0 0 5 2 】

制御部 5 5 は、マイクロコンピュータによって構成されている。制御部 5 5 は、記憶部 5 2 に予め記憶されたプログラムに従って、各種の処理を実行する。

30

【 0 0 5 3 】

制御部 5 5 は、第 1 の機能として、透視画像（基準透視画像、溶接検査透視画像など）の特定方向における座標と濃度値との関係を示す濃度プロファイル（基準濃度プロファイル、溶接検査濃度プロファイルなど）を生成する機能（濃度プロファイル生成機能）を有する。

【 0 0 5 4 】

溶接検査において、制御部 5 5 は、放射線源 2 0 がパイプ 1 0 の中心軸上に配置された状態で放射線検出媒体 3 0 により生成された基準透視画像に基づいて、少なくとも、パイプ 1 0 の外周に沿った方向 c における基準透視画像の座標と濃度値との関係を示す基準濃度プロファイルを生成する。また、制御部 5 5 は、放射線源 2 0 がパイプ 1 0 の中心軸から外れた位置に配置された可能性がある状態で放射線検出媒体 3 0 により生成された溶接検査透視画像に基づいて、少なくとも、検査対象のパイプ 1 0 の外周に沿った方向 c における溶接検査透視画像の座標と濃度値との関係を示す溶接検査濃度プロファイルを生成する。

40

【 0 0 5 5 】

また、制御部 5 5 は、第 2 の機能として、異なる二つの濃度プロファイルに基づいて、一方の透視画像と他方の透視画像とで特定方向における座標と濃度値との関係（濃度パターン）を合わせる補正のための濃度補正情報を演算する機能（濃度補正情報演算機能）を有する。

50

【 0 0 5 6 】

溶接検査において、制御部 5 5 は、基準濃度プロファイルと溶接検査濃度プロファイルとに基づいて、検査対象のパイプ 1 0 の外周に沿った方向 c における溶接検査透視画像の濃度ムラを補正するための溶接検査濃度補正情報を演算する。演算の具体例は後述する。

【 0 0 5 7 】

また、制御部 5 5 は、第 3 の機能として、濃度補正情報に基づいて、透視画像の濃度ムラを補正する機能（濃度ムラ補正機能）を有する。ここで、濃度ムラの補正とは、濃度ムラを除去あるいは濃度ムラを低減することをいう。

【 0 0 5 8 】

溶接検査では、制御部 5 5 は、溶接検査濃度補正情報に基づいて、検査対象のパイプ 1 0 の外周に沿った方向 c における溶接検査透視画像の濃度ムラを補正する。10

【 0 0 5 9 】

また、制御部 5 5 は、第 4 の機能として、透視画像を表示部 5 3 に表示させる機能（透視画像表示制御機能）を有する。

【 0 0 6 0 】

< 溶接検査における濃度プロファイル生成 >

濃度プロファイルは、透視画像の特定方向における座標と濃度値との相関関係（濃度パターン）を示す。

【 0 0 6 1 】

溶接検査透視画像に現れる濃度ムラとして、図 2 及び図 3 を用いて説明したように、放射線源 2 0 のポジショニング誤差 d x 、 d y 、 d z に起因して生じる濃度ムラがある。図 8 に示すような溶接検査透視画像 4 2 において、特に、図 3 に示したパイプ 1 0 の断面に沿った誤差 d y 、 d z に起因して、外周方向 c に沿って現れる濃度ムラが、溶接部 1 2 における欠陥の有無の目視判別を難しくさせる。そこで、制御部 5 5 は、溶接検査透視画像 4 2 の外周方向 c における濃度値の変化に対し曲線近似を行うことにより溶接検査濃度プロファイルを生成する。ただし、曲線近似よりも直線近似が適切であると判断した場合には直線近似を行ってもよい。曲線近似は、公知の方法を用いて行えばよい。また、外周方向 c に沿って一定画素数ごとに平均値を算出することにより、濃度プロファイルを簡易に生成してもよい。また、パイプ 1 0 の断面が円であり、その円周に放射線検出媒体 3 0 が巻き付けられていることを利用してもよい。つまり、ポジショニング誤差 d x 、 d y が存在する場合には、放射線源 2 0 から放射線検出媒体 3 0 の各位置（座標）までの距離が外周方向 c に沿って規則的に変化することに応じて、濃度ムラとして濃度値が外周方向 c に沿って規則的に高低するので、その外周方向 c に沿った濃度値の規則的な変化として曲線近似を行う。2030

【 0 0 6 2 】

溶接検査透視画像には、溶接部 1 2 に欠陥が存在する場合、その欠陥に起因した濃淡が現れるが、曲線近似を行うことにより欠陥に起因した濃淡を含まない溶接検査濃度プロファイルを得ることが可能になる。つまり、制御部 5 5 により、欠陥に起因した濃淡を含まない、濃度ムラを適切に表した溶接検査濃度プロファイルが生成される。

【 0 0 6 3 】

また、本例の制御部 5 5 は、溶接検査透視画像 4 2 のうちの溶接領域 4 2 d の濃度プロファイルと、非溶接領域 4 2 c の濃度プロファイルとを生成する。ここで、「溶接領域」は、溶接検査透視画像 4 2 のうちで、パイプ 1 0 の溶接部 1 2 に相当する領域である。また、「非溶接領域」は、溶接検査透視画像 4 2 のうちで、パイプ 1 0 の非溶接部 1 4 に相当する領域である。例えば、外周方向 c の複数の線（図 8 には 3 本の線 4 4 a , 4 4 b , 4 4 c のみ示す）に沿って、それぞれ濃度プロファイルを生成する。40

【 0 0 6 4 】

同様に、本例の制御部 5 5 は、基準透視画像 4 0 のうちの溶接領域の濃度プロファイルと、非溶接領域の濃度プロファイルとを曲線近似又は直線近似により生成する。

【 0 0 6 5 】

10

20

30

40

50

<溶接検査における濃度補正情報の演算>

本例の制御部 5 5 は、基準濃度プロファイルと溶接検査濃度プロファイルとで、外周方向 c における互いに対応する座標ごとに、濃度値の比（基準濃度プロファイルの濃度値に対する溶接検査濃度プロファイルの濃度値の比）を算出することにより、溶接検査透視画像における外周方向 c に沿った座標ごとの補正係数（上記の濃度値の比の逆数）を算出する。

【0066】

また、制御部 5 5 は、溶接領域 4 2 d の濃度プロファイルに基づいて溶接領域 4 2 d に対する濃度補正情報を生成し、かつ非溶接領域 4 2 c の濃度プロファイルに基づいて非溶接領域 4 2 c に対する濃度補正情報を生成する。 10

【0067】

本例の制御部 5 5 は、外周方向 c に沿った座標ごとの補正係数を、溶接検査透視画像の各画素の濃度値に乗算することで、濃度補正を行う。

【0068】

また、本例の制御部 5 5 は、溶接領域 4 2 d に対する濃度補正情報に基づいて溶接領域 4 2 d の濃度ムラを補正し、非溶接領域 4 2 c に対する濃度補正情報に基づいて非溶接領域 4 2 c の濃度ムラを補正する。

【0069】

傷、気泡などの欠陥に因り透視画像に現れる濃淡は、濃度ムラに因り透視画像に現れる濃度ムラと比較して特定方向（外周方向 c ）に沿った変化が局所的なので、濃度ムラ補正を行うことにより透視画像上での認識性が上がる。 20

【0070】

<放射線源近接座標の推定及び記録>

本例の制御部 5 5 は、溶接検査濃度プロファイルに基づいて、放射線検出媒体 3 0 のうちの放射線源 2 0 に最も近い位置に対応した溶接検査透視画像 4 2 内の位置を示す座標（図 8 及び図 9 の放射線源近接座標 4 3 ）を求める。

【0071】

図 8 に示す溶接検査透視画像 4 2 の横軸方向（外周方向 c ）において、濃度が最も濃い個所の座標が放射線源近接座標である。つまり、図 9 に示す溶接検査濃度プロファイルの横軸方向（外周方向 c ）において、濃度値が最大値となる座標が放射線源近接座標である。制御部 5 5 は、図 8 に示すように、外周方向 c の複数の線（図 8 には 3 本の線 4 4 a , 4 4 b , 4 4 c のみ示す）に沿って、それぞれ濃度プロファイルを生成し、濃度プロファイルごとに最大値の座標（最大値座標）を求め、複数の最大値座標に基づいて放射線源近接座標 4 3 を推定する。 30

【0072】

また、制御部 5 5 は、推定した放射線源近接座標を、溶接検査透視画像（濃度ムラを補正後の溶接検査透視画像及び濃度ムラを補正前の溶接検査透視画像のうち少なくとも一方の透視画像）と関連付けて、記憶部 5 2 に記録する。

【0073】

<パイプ径の算出及び記録>

本例の制御部 5 5 は、溶接検査透視画像又は溶接検査濃度プロファイルに基づいてパイプ 1 0 の外径（半径）を求める。また、制御部 5 5 は、外径 r を含む属性情報を、溶接検査透視画像（濃度ムラを補正後の溶接検査透視画像及び濃度ムラを補正前の溶接検査透視画像のうち少なくとも一方の透視画像）と関連付けて、記憶部 5 2 に記録する。 40

【0074】

パイプ 1 0 の外径（半径）を r としたとき、放射線検出媒体 3 0 の重なりがない部分（検出有効部分 3 0 a ）の長さ L は、パイプ 1 0 の外周 $2\pi r$ に相当する ($L = 2\pi r$)。よって、制御部 5 5 は、溶接検査濃度プロファイルから濃度のエッジ 4 5 （濃度値が急に低下する点）の座標を検出し、そのエッジ 4 5 の座標に対応する放射線検出媒体 3 0 の検出有効部分 3 0 a の長さ L を、エッジ 4 5 の座標と溶接検査透視画像の解像度とに基づい 50

て算出し、その長さ L に基づいてパイプ 10 の外径 r ($= L / 2$) を算出する。

【0075】

<溶接検査における濃度補正処理例>

次に、溶接検査における透視画像濃度補正処理例の流れについて、説明する。

【0076】

図 12 は、基準透視画像取得から基準プロファイル記憶までの流れを示すフローチャートである。

【0077】

まず、基準透視画像を取得する(ステップ S2)。例えば、図 1(C)に示すように、基準となるパイプ 10 の中心軸 O 上に放射線源 20 を配置し、かつ基準となるパイプ 10 の溶接部 12 の外周に可撓性の放射線検出媒体 30 を巻き付ける。この放射線検出媒体 30 によって、放射線源 20 から一定時間だけ放射されてパイプ 10 の溶接部 12 を透過した放射線を検出する。基準透視画像が放射線検出媒体 30 により生成されるので、その放射線検出媒体 30 をパイプ 10 の溶接部 12 から外し、専用のスキャナ 51 で放射線検出媒体 30 から基準透視画像を読み取る。これにより、図 5 に示すような基準透視画像 40 が取得されて、記憶部 52 に記憶される。10

【0078】

尚、既に基準透視画像が記憶部 52 に記憶されている場合には、その記憶部 52 から基準透視画像を取得すればよい。

【0079】

次に、基準透視画像に基づいて、図 6 に示すような基準濃度プロファイルを生成する(ステップ S4)。基準濃度プロファイルは、基準となるパイプ 10 の溶接部 12 の外周に沿った方向 c における基準透視画像の座標と濃度値との関係(濃度パターン)を示す。20

【0080】

次に、基準濃度プロファイルを基準透視画像 40 に対応付けて記憶部 52 に記憶させる(ステップ S6)。

【0081】

図 13 は、溶接検査透視画像取得から溶接検査透視画像の濃度補正までの流れを示すフローチャートである。

【0082】

溶接現場においてパイプ 10 とパイプ 10 との溶接作業が行われた後、溶接検査透視画像を取得する(ステップ S12)。例えば、図 7 に示すように、検査対象のパイプ 10 の溶接部 12 の内側に放射線源 20 を配置し、かつ検査対象のパイプ 10 の溶接部 12 の外周に可撓性の放射線検出媒体 30 を巻き付ける。この放射線検出媒体 30 によって、放射線源 20 から一定時間だけ放射されてパイプ 10 の溶接部 12 を透過した放射線を検出する。放射線検出媒体 30 により溶接検査透視画像が生成されるので、その放射線検出媒体 30 をパイプ 10 の溶接部 12 から外し、専用のスキャナ 51 で放射線検出媒体 30 から溶接検査透視画像を読み取る。これにより、図 8 に示すような溶接検査透視画像 42 が取得される。30

【0083】

尚、既に溶接検査透視画像が記憶部 52 に記憶されている場合には、その記憶部 52 から溶接検査透視画像を取得すればよい。

【0084】

次に、溶接検査透視画像に基づいて、図 9 に示すような溶接検査濃度プロファイルを生成する(ステップ S14)。溶接検査濃度プロファイルは、検査対象のパイプ 10 の溶接部 12 の外周に沿った方向 c における溶接検査透視画像の座標と濃度値との関係(濃度パターン)を示す。

【0085】

次に、基準濃度プロファイルと溶接検査濃度プロファイルとに基づいて、検査対象のパイプ 10 の外周に沿った方向 c における溶接検査透視画像の濃度ムラを補正するための溶40

接検査濃度補正情報を演算する（ステップS16）。

【0086】

次に、溶接検査濃度プロファイルに基づいて、属性情報を算出する（ステップS18）。本例では、検査対象のパイプ10の外径 r （半径）と、放射線源近接座標43とを算出する。

【0087】

次に、溶接検査濃度補正情報に基づいて、パイプ10の溶接部12の外周に沿った方向cにおける溶接検査透視画像の濃度ムラを補正する（ステップS20）。

【0088】

次に、基準透視画像と濃度ムラを補正した後の溶接検査透視画像とを表示部53に表示させる（ステップS22）。 10

【0089】

<溶接検査における透視画像の表示>

本例の制御部55は、濃度ムラが補正された溶接検査透視画像を、基準透視画像と同時に表示部53の画面（表示画面）に表示させる。

【0090】

また、本例の制御部55は、操作部54からの指示入力に応じて、濃度ムラが補正された溶接検査透視画像を、濃度ムラが補正される前の溶接検査透視画像と同時に表示部53の画面（表示画面）に表示させる。 20

【0091】

保全検査における透視画像の濃度補正

次に、保全検査（パイプメンテナンス時の検査）における透視画像の濃度補正及び表示について、説明する。

【0092】

<保全検査における透視画像撮影と放射線源のポジショニング誤差>

図14は、保全検査における透視画像（以下「保全検査透視画像」という）の撮影の様子を示す模式図である。図14に示すように、保全検査では、検査対象であるパイプ10の溶接部12を挟んで、放射線源20と放射線検出媒体30とが対向して配置される。放射線源20から放射される放射線は、パイプ10の溶接部12及び溶接部12の周辺の非溶接部14を透過し、放射線検出媒体30により検出される。放射線検出媒体30は、放射線検出媒体30の放射線強度の分布に対応した保全検査透視画像を生成する。 30

【0093】

放射線源20の理想的な位置と放射線源20の現実的な位置との誤差（ポジショニング誤差）は、図14のx方向（パイプ10の長さ方向）における誤差と、図14のy方向（放射線源20からパイプ10までの距離方向）における誤差と、図14のz方向（パイプ10を横断する方向）における誤差に分けられる。これらの誤差が存在すると、放射線検出媒体30で生成される透視画像に濃度ムラが生じてしまう。

【0094】

<保全検査における濃度プロファイル>

図15は、放射線検出媒体30から取得された保全検査透視画像に基づいて、画像処理装置50の制御部55により生成された濃度プロファイル（以下「保全検査濃度プロファイル」という）の一例を示す。この保全検査濃度プロファイルは、パイプ10を横断する方向zにおける保全検査透視画像の濃度パターン（z座標と濃度値との関係）を示す。 40

【0095】

<画像処理装置>

図11に示した画像処理装置50を用いて、保全検査透視画像の濃度ムラ補正を行うことができる。

【0096】

スキャナ51は、放射線検出媒体30から保全検査透視画像を取得する。記憶部52は、保全検査透視画像、保全検査濃度プロファイルを含む、各種の情報を記憶する。表示部 50

5 3 は、保全検査透視画像、保全検査濃度プロファイルを含む、各種の情報の表示を行う。制御部 5 5 は、前述の溶接検査と同様に、記憶部 5 2 に予め記憶されたプログラムに従って、各種の処理を実行する。制御部 5 5 は、濃度プロファイル生成機能、濃度補正情報演算機能、濃度ムラ補正機能、透視画像表示制御機能などを有する。

【 0 0 9 7 】

保全検査において、制御部 5 5 は、保全検査透視画像に基づいて、保全検査透視画像の特定方向における座標と濃度値との関係を示す保全検査濃度プロファイルを生成する。また、保全検査において、制御部 5 5 は、前回の保全検査における保全検査濃度プロファイル(第1の検査濃度プロファイル)と今回の保全検査における保全検査濃度プロファイル(第2の検査濃度プロファイル)とに基づいて、前回の保全検査透視画像(第1の検査透視画像)と今回の保全検査透視画像(第2の検査透視画像)とで特定方向における座標と濃度値との関係を合わせるための補正情報(検査濃度補正情報)を演算する。10 また、保全検査において、制御部 5 5 は、検査濃度補正情報に基づいて、前回の保全検査透視画像と今回の保全検査透視画像とで特定方向における座標と濃度値との関係を合わせる濃度ムラ補正を行う。

【 0 0 9 8 】

< 濃度プロファイル生成の具体例 >

保全検査では、検査対象であるパイプ 1 0 の溶接部 1 2 を挟んで、放射線源 2 0 と放射線検出媒体 3 0 とが対向して配置される。本例では、保全検査透視画像において、横方向が図 1 4 の x 方向(パイプ 1 0 の長さ方向)に相当し、縦方向が図 1 4 の z 方向に相当するものとする。図 1 5 に示す保全検査濃度プロファイルにおいて、横方向がパイプ 1 0 を横断する方向(図 1 4 の z 方向)における座標を示し、縦方向が濃度値を示す。20

【 0 0 9 9 】

濃度ムラには、パイプ 1 0 の長さ方向(図 1 4 の x 方向)において放射線源 2 0 が目標位置(溶接部 1 2 の中心、例えばパイプ 1 0 とパイプ 1 0 との接点)から外れることに起因して、保全検査透視画像の横方向(パイプ 1 0 の長さ方向に相当)に沿って現れる濃度ムラがある。また、濃度ムラには、放射線源 2 0 からパイプ 1 0 までの距離の方向(図 1 4 の y 方向)において、放射線源 2 0 が目標位置から外れることに起因して、保全検査透視画像の縦方向(パイプ 1 0 の横断方向 y に相当)に沿って現れる濃度ムラがある。また、濃度ムラには、図 1 4 の z 方向において放射線源 2 0 が目標位置から外れることに起因して、保全検査透視画像の縦方向(z 方向に相当)に沿って現れる濃度ムラがある。30

【 0 1 0 0 】

本例の制御部 5 5 は、保全検査透視画像において、保全検査透視画像の特定方向における濃度パターン(保全検査透視画像の座標と濃度値との関係)を示す保全検査濃度プロファイルを生成する。

【 0 1 0 1 】

< 濃度補正情報の演算の具体例 >

本例の制御部 5 5 は、保全検査透視画像のパイプの横断方向(図 1 4 の z 方向)における濃度値の変化を曲線近似することにより、図 1 5 に示すような保全検査濃度プロファイルを生成する。40

【 0 1 0 2 】

< 保全検査における透視画像の表示 >

本例の制御部 5 5 は、濃度ムラが補正された今回の保全検査の透視画像(濃度補正後の第2の検査透視画像)を、濃度ムラが補正された前回の保全検査の透視画像(補正後の第1の検査透視画像)と同時に、表示部 5 3 の画面(表示画面)に表示させる。

【 0 1 0 3 】

また、本例の制御部 5 5 は、操作部 5 4 からの指示入力に応じて、濃度が補正された今回の保全検査透視画像(濃度補正後の第2の検査透視画像)を、濃度が補正される前の今回の保全検査透視画像(濃度補正前の第2の検査透視画像)と同時に、表示部 5 3 の画面(表示画面)に表示させる。50

【0104】

<保全検査における透視画像の拡縮>

本例の制御部55は、濃度ムラが補正された今回の保全検査の透視画像（濃度補正後の第2の検査透視画像）及び濃度ムラが補正された前回の保全検査の透視画像（濃度補正後の第1の検査透視画像）を、溶接検査時に算出したパイプの径に基づいて拡縮し、表示部53の画面（表示面）に表示させる。

【0105】

<保全検査における透視画像補正処理例>

図16のフローチャートを用いて、保全検査における透視画像補正処理例の流れについて、説明する。

10

【0106】

まず、保全検査透視画像を取得する（ステップS42）。本例では、図14を用いて説明したように、検査対象のパイプ10の溶接部12を挟んで、放射線源20とシート状の放射線検出媒体30とが対向して配置される。放射線源20から一定時間だけ放射線を放射し、パイプ10の溶接部12を透過した放射線を、放射線源20に対向して配置された放射線検出媒体30で検出する。これにより、保全検査透視画像が放射線検出媒体30により生成される。その放射線検出媒体30から専用のスキャナ51により保全検査透視画像を読み取ることにより保全検査透視画像が取得され、記憶部52に記憶される。

【0107】

次に、保全検査透視画像に基づいて、図15に示すような保全検査濃度プロファイルを生成する（ステップS44）。保全検査濃度プロファイルは、保全検査透視画像の特定方向（本例ではz方向）における濃度パターン（座標と濃度値との関係）を示す。

20

【0108】

次に、保全検査透視画像及び保全検査濃度プロファイルを、互いに対応付けて記憶部52に記録する（ステップS46）。

【0109】

前回の保全検査の透視画像が記憶部52に存在するか否かを判定し（ステップS48）、存在しない場合には規定の濃度補正を行う（ステップS50）。つまり、1回目の保全検査である場合、前回の保全検査の透視画像が存在しないので、今回の保全検査の透視画像に基づいて濃度ムラ補正を行う。

30

【0110】

2回目以降の保全検査では、ステップS42で今回の保全検査透視画像を取得し、ステップS44で今回の保全検査濃度プロファイルを生成し、その保全検査濃度プロファイルを今回の保全検査透視画像と関連付けて記憶部52に記録し、かつ前回（1回目）の保全検査透視画像が記憶部52に存在するので、ステップS52～S56の処理を行う。

【0111】

前回の保全検査透視画像が記憶部52に存在する場合、制御部55は、前回の保全検査濃度プロファイル（第1の検査濃度プロファイル）と今回の保全検査濃度プロファイル（第2の検査濃度プロファイル）に基づいて、今回の保全検査透視画像と前回の保全検査透視画像との特定方向（本例ではz方向）における濃度パターン（座標と濃度値との関係）を合わせるための保全検査濃度補正情報を演算する（ステップS52）。

40

【0112】

次に、保全検査濃度補正情報に基づいて、今回の保全検査透視画像の濃度補正を行う（ステップS54）。

【0113】

次に、補正後の今回の保全検査透視画像を表示部53の画面に表示させる（ステップS56）。

【0114】

尚、本発明は、本明細書において説明した例や図面に図示された例には限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の設計変更や改良を行ってよいのはもちろん

50

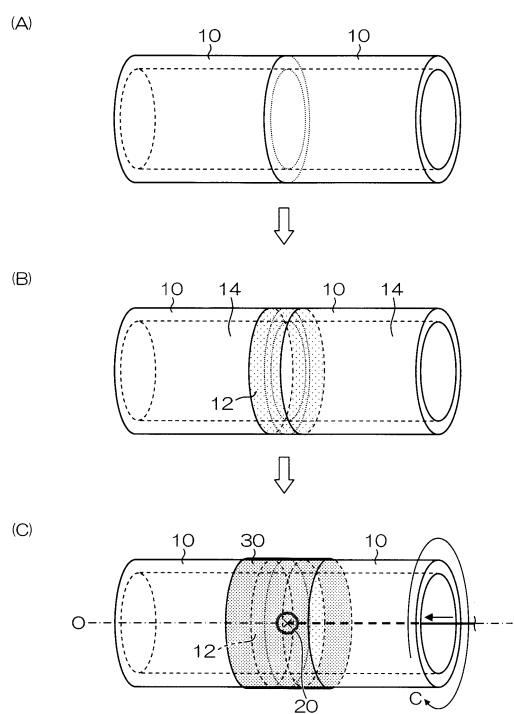
である。

【符号の説明】

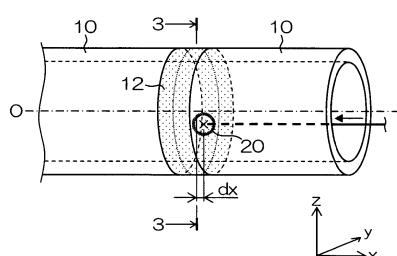
【0115】

10：パイプ、12：溶接部、14：非溶接部、20：放射線源、30：放射線検出媒体、50：画像処理装置、51：スキャナ（透視画像取得手段）、52：記憶部、53：表示部、54：操作部、55：制御部（濃度プロファイル生成手段、濃度補正情報演算手段、濃度補正手段）

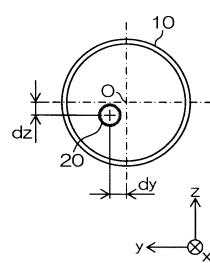
【図1】



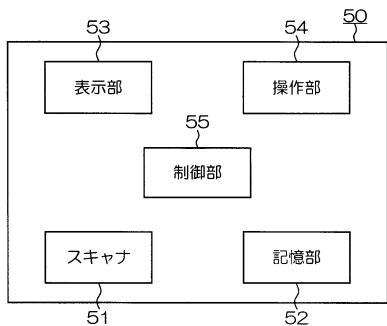
【図2】



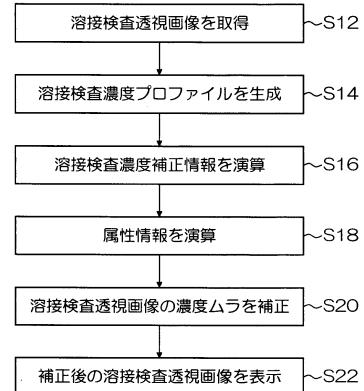
【図3】



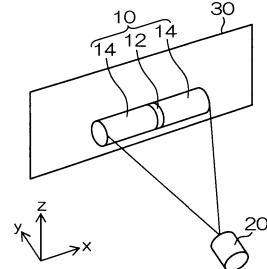
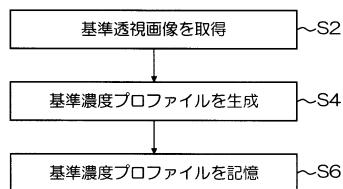
【図 1 1】



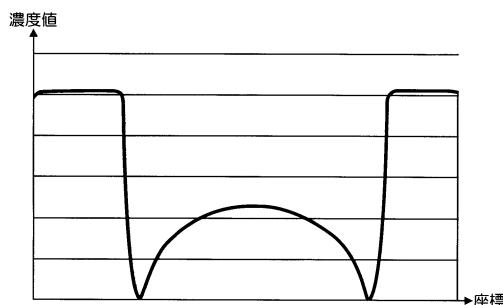
【図 1 2】



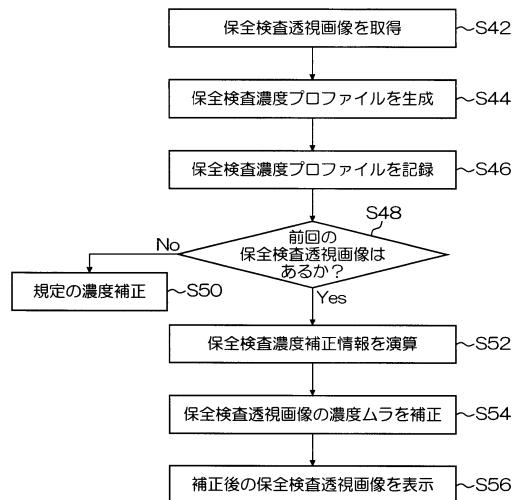
【図 1 3】



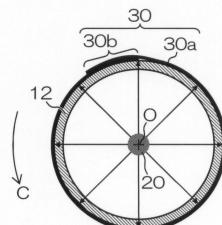
【図 1 5】



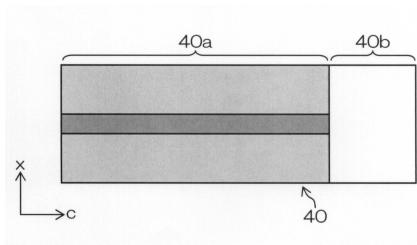
【図 1 6】



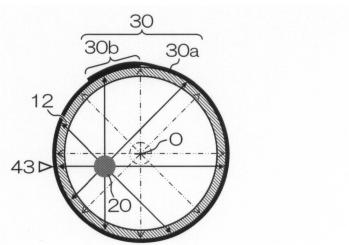
【図 4】



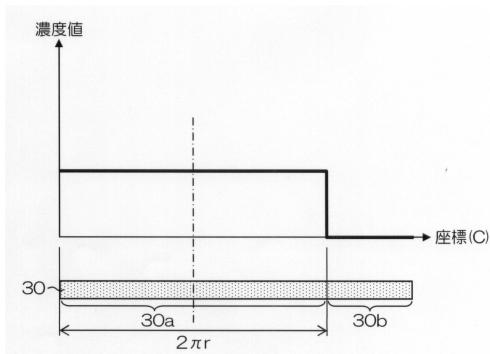
【図5】



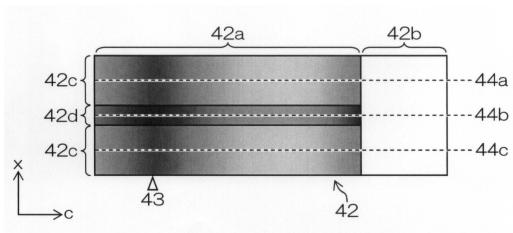
【図7】



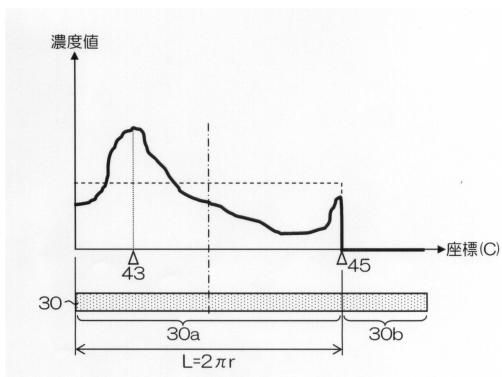
【図6】



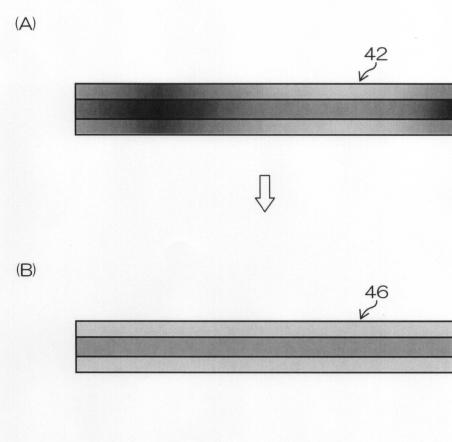
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2012-047569(JP,A)
特開昭62-277542(JP,A)
特開昭61-274210(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 23/00 - 23/227
G01B 15/00 - 15/08
JST Plus (JDreamIII)