

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8 - 212341

(43)公開日 平成 8 年(1996) 8 月20日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G06T 5/20				
G01N 23/04				
G06T 7/00				
			G06F 15/68	405
			15/62	400
			審査請求	未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

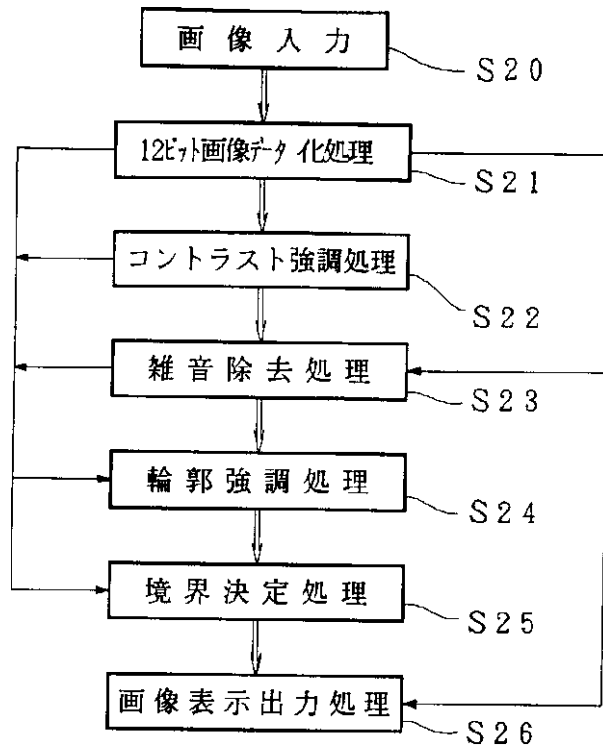
(21)出願番号	特願平7 - 17249	(71)出願人	592218333 日本非破壊検査株式会社 東京都大田区大森北 4 丁目 4 番 3 号
(22)出願日	平成 7 年(1995) 2 月 3 日	(72)発明者	木下 義高 東京都大田区蒲田 1 丁目 3 番16号
		(72)発明者	俣賀 文雄 東京都大田区大森北 4 丁目 4 番 2 号 小関ビル202
		(74)代理人	弁理士 平山 一幸 (外 1 名)

(54)【発明の名称】放射線透過写真の画像処理方法及びその装置

(57)【要約】

【目的】 放射線透過写真を使った配管等の境界を明確に決定するとともに、散乱放射線による像のぼけ成分及び写真のかぶりの影響等を減少させ、残肉厚計測の精度を向上させる放射線透過写真の画像処理方法及びその装置を提供する。

【構成】 透過写真フィルムの写真濃度を12ビットの濃度分解能でデジタル化して読み込み(ステップS20とステップS21)、次にこのデジタル化した画像データを階調変換によりコントラスト調整し(ステップS22)、さらにメディアンフィルターによって信号の雑音成分を除去し(ステップS23)、そしてエッジ化フィルターによって輪郭を強調し(ステップS24)、さらに、境界の2次式へのあてはめにより境界を決定し実際の肉厚画像に変換して(ステップS25)、この画像をディスプレイ等に出力表示する(ステップS26)。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 透過写真フィルムの写真濃度を 12 ビットの濃度分解能でデジタル化して読み込む画像入力処理手段及び画像データ化処理手段と、このデジタル化した画像データを階調変換により 8 ビット画像データに変換してコントラスト調整するコントラスト強調処理手段と、メディアンフィルターによって信号の雑音成分を除去する雑音除去処理手段と、エッジ化フィルターによって輪郭を強調する輪郭強調処理手段と、境界の 2 次式へのあてはめにより境界を決定し実際の肉厚画像に変換する境界決定処理手段と、この肉厚画像を出力表示する画像表示出力手段と、を備える放射線透過写真の画像処理装置。

【請求項 2】 透過写真フィルムの写真濃度を 12 ビットの濃度分解能でデジタル化して読み込む第 1 の過程と、このデジタル化した画像データを階調変換により 8 ビット画像データに変換しコントラスト調整してコントラスト強調する第 2 の過程と、メディアンフィルターによって信号の雑音成分を除去する第 3 の過程と、エッジ化フィルターによって輪郭を強調する第 4 の過程と、境界の 2 次式へのあてはめにより境界を決定し実際の肉厚画像に変換する第 5 の過程と、この肉厚画像を出力表示する第 6 の過程と、を備える放射線透過写真の画像処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、非破壊検査における放射線透過写真の画像計測に利用し、特に石油化学プラント関係の現場における稼働中の機器、配管又は溶接部等、半導体製造装置のバルブ、継手又は配管等、或いは鉄筋構造物の鉄筋コンクリートなどの非破壊検査に使用し、配管等の放射線透過写真の腐食残肉厚等を測定し、散乱放射線による像のぼけ成分及び写真のかぶりの影響を減少させる放射線透過写真の画像処理方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、石油化学プラント等の現場における稼働中検査では、機器および配管の腐食の状態を把握するのに放射線透過写真を利用している。主として放射性同位元素 ^{192}Ir 或いは ^{60}Co のガンマ線源を利用して透過写真を撮影し、現像済みのフィルムをシャーカステン上にて観察して腐食の著しい箇所を探索し、検査員が定規等で測定している。

【0003】図 11 はこの放射線源を利用して放射線透過写真を撮影する概略構成を示す断面図である。図 11 において放射線透過写真は、放射線 4 が放射線源 1 から配管 2 を透過し、配管 2 の肉厚に対応した写真濃度でフィルム 3 上に感光し、このフィルムを現像することによって得られる。なお、図 11 中における配管 2 の断面は凹凸を誇張して描いている。放射線透過写真の写真濃度

は配管 2 の肉厚に対応しており、配管の直径とその配管が配置された位置とフィルムとの位置関係から、この 2 次元フィルム上の写真濃度により配管の 3 次元肉厚情報が得られる。なお、フィルム上の 3 次元肉厚情報は等方的でないので、フィルムの拡大率などを考慮しておかなければならない。撮影時に長さの判っているテストピースを入れておき、基準の長さとして置き換え拡大率を考慮している。

【0004】図 12 は、図 11 の撮影配置での L 方向の写真濃度と配管の位置関係を示す濃度グラフである。縦軸は写真濃度で横軸は位置 L を示す。図 12 中の A - D は、図 11 の放射線 4 が配管 2 の外縁部境界 A、D、その内縁部 B、C を透過するときの配管位置に対応している。図 12 において L 方向の A - B の距離が配管の最小残肉厚に対応しており、配管の外縁部と空間の境界では透過厚さが急激に小さくなる。

【0005】図 13 は図 11 の撮影配置での L 方向の実際の写真濃度と配管の位置関係を示す濃度グラフである。実際のフィルム上には線源から直線的に到達する放射線だけではなく、配管等の試験体、或いは周囲の構造物などからの散乱線も多数到達する。これらのエネルギーの低い散乱線は、主として透過厚さの小さい外縁部の像を黒化させる。配管の外縁部と空間との境界では透過厚さが急激に小さくなるから、境界と空間との濃度値に差がなくなってくる。これがフィルム上で外縁部と空間との境界を定めることを困難にし、測定誤差の原因となっている。この測定誤差を減少させる有効な方法として、写真濃度を外縁部に注目して比較的低濃度に仕上げる方法がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記従来の方法では、内縁部の透過厚さの非常に厚い部分が広範囲に白くなり、内縁部境界の決定を困難にさせることになる。また、内縁部（図 13 のピーク位置）については、さらにピークが幾つか現れる場合があり、どれが本来の境界であるかが決定できないという課題があった。さらに、散乱放射線による像のぼけ成分及び写真のかぶりの影響等を減少させる必要があるという課題もあった。

【0007】本発明は、上記のような課題に鑑み、放射線透過写真を使った配管等の境界を明確に決定するとともに、散乱放射線による像のぼけ成分及び写真のかぶりの影響等を減少させ、残肉厚計測の精度を向上させる放射線透過写真の画像処理方法及びその装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の放射線透過写真の画像処理装置は、透過写真フィルムの写真濃度を 12 ビットの濃度分解能でデジタル化して読み込む画像入力処理手段及び画像データ化

処理手段と、このデジタル化した画像データを階調変換により 8 ビット画像データに変換してコントラスト調整するコントラスト強調処理手段と、メディアンフィルターによって信号の雑音成分を除去する雑音除去処理手段と、エッジ化フィルターによって輪郭を強調する輪郭強調処理手段と、境界の 2 次式へのあてはめにより境界を決定し実際の肉厚画像に変換する境界決定処理手段と、肉厚画像を出力表示する画像表示出力手段とを備えるものである。

【 0 0 0 9 】また、本発明の放射線透過写真の画像処理方法は、透過写真フィルムの写真濃度を 1 2 ビットの濃度分解能でデジタル化して読み込む第 1 の過程と、デジタル化した画像データを階調変換により 8 ビット画像データに変換しコントラスト調整してコントラスト強調する第 2 の過程と、メディアンフィルターによって信号の雑音成分を除去する第 3 の過程と、エッジ化フィルターによって輪郭を強調する第 4 の過程と、境界の 2 次式へのあてはめにより境界を決定し実際の肉厚画像に変換する第 5 の過程と、肉厚画像を出力表示する第 6 の過程とを備えるものである。

【 0 0 1 0 】

【作用】上記構成の放射線透過写真の画像処理方法及びその装置では、透過写真フィルムの写真濃度を 1 2 ビットの濃度分解能でデジタル化して読み込み、デジタル化した画像データを階調変換により 8 ビット画像データに変換してコントラスト調整し、メディアンフィルターによって信号の雑音成分を除去し、エッジ化フィルターによって輪郭を強調し、境界の 2 次式へのあてはめにより境界を決定し実際の肉厚画像に変換して、肉厚画像を例えばディスプレイ等に出力表示する。

【 0 0 1 1 】これによって、放射線透過写真をつかった配管等の境界を明確に決定するとともに、散乱放射線による像のぼけ成分及び写真のかぶりの影響等を減少させ、残肉厚計測の精度を向上させることができる。

【 0 0 1 2 】

【実施例】次に、本発明の放射線透過写真の画像処理方法及び装置の実施例を図面を参照して詳細に説明する。図 1 は本発明に係る放射線透過写真の画像処理装置のシステム構成図である。図 1 において、放射線透過写真の画像処理装置 1 0 は、フィルムデジタイザ 1 1 と、キーボード 1 2 と、コンピュータ 1 3 と、外部メモリ 1 4 と、ディスプレイ 1 5 と、プリンタ 1 6 とから構成されている。フィルムデジタイザ 1 1 は透過写真フィルム（図示せず）を画像データに変換して 1 2 ビット（4 0 9 6 階調）で読み込み、コンピュータ 1 3 によって F F T 演算、微積分などの高度の画像処理を行い、その結果をディスプレイ 1 5 に表示し、或いはプリンタ 1 6 で出力する。画像データは光磁気ディスク、ミニフロッピーディスク又はハードディスク等の外部メモリ 1 4 に格納する。

【 0 0 1 3 】図 2 は本発明による画像処理の手順を示すフローチャートである。この画像処理は画像入力処理（S 2 0）、画像データ化処理（S 2 1）、コントラスト強調処理（S 2 2）、雑音除去処理（S 2 3）、輪郭強調処理（S 2 4）、境界決定処理（S 2 5）、及び画像表示出力処理（S 2 6）よりなる。この画像処理はまず、透過写真フィルムの写真濃度を 1 2 ビットの濃度分解能でデジタル化して読み込み（ステップ S 2 0 とステップ S 2 1）、次にこのデジタル化した画像データを階調変換により 8 ビット画像データに変換してコントラスト調整し（ステップ S 2 2）、さらにメディアンフィルターによって信号の雑音成分を除去し（ステップ S 2 3）、そしてエッジ化フィルターによって輪郭を強調し（ステップ S 2 4）、さらに、境界の 2 次式へのあてはめにより境界を決定し実際の肉厚画像に変換して（ステップ S 2 5）、この画像をディスプレイ等に出力表示する（ステップ S 2 6）。

【 0 0 1 4 】なお、コントラスト強調処理（ステップ S 2 2）、雑音除去処理（ステップ S 2 3）及び輪郭強調処理（ステップ S 2 4）はそれぞれを任意に組み合わせることから境界決定処理（ステップ S 2 5）をすることも可能になっている。さらに、1 2 ビット画像データ化処理（ステップ S 2 1）により画像データをヒストグラム化して直接に画像表示出力処理（ステップ S 2 6）により出力表示をすることも可能である。以下、画像処理方法及び装置を図 2 に示すフローチャートにしたがい詳細に説明する。

【 0 0 1 5 】先ず本実施例の 1 2 ビット画像データ変換処理とコントラスト強調処理について説明する。フィルムデジタイザ 1 1 は写真フィルムの写真濃度を 1 2 ビット階調データに変換して読み込む。この読み込んだ画像データは 1 2 ビットのグレースケールデータである。しかし、この 1 2 ビット画像データのヒストグラムをみると必ずしも 4 0 9 6 階調にデータがまんべんなく分布していることは少なく、ある限られた範囲に集中していることが多い。更に、透過写真上で計測等の目的のために利用する写真濃度範囲は、さらにその一部に分布している。この一部の範囲をディスプレイ 1 5 或いはプリントアウトしたもので画像を観察する場合、現在の技術では 2 5 6 階調の出力装置が大部分であり、4 0 9 6 階調の画像を観察するためには 8 ビット（2 5 6 階調）画像データに変換しなければならない。つまり、必要な部分のみを効率よく 2 5 6 階調に変換する必要がある。このような必要な部分をコントラストをつけて変換するには濃度階調変換図を使う。

【 0 0 1 6 】図 3 は本発明で使用した濃度階調変換図である。図 3 において、縦軸 Y は出力画像濃度（8 ビット表示値）であり、横軸 X は入力画像濃度（1 2 ビットデータ値）を示しており、図 3 は 4 0 9 6 階調の画像データ 3 2 を変換直線 3 0 に沿って 2 5 6 階調の画像データ

3 4 に変換することを示している。本実施例の階調変換は次の直線式で変換している。

【 0 0 1 7 】

【 数 1 】

$$Y = 255 (X - \text{最小値}) / (\text{最大値} - \text{最小値})$$

【 0 0 1 8 】ここで、X は 1 2 ビットデータ値、Y は 8 ビット表示値を示す。図 3 に示す例では、最小値が 1 0 2 4、最大値が 3 0 5 9 であり、この範囲にある 1 2 ビットデータを 8 ビットの 2 5 6 階調に変換している。

【 0 0 1 9 】図 4 は 1 2 ビット画像データの強調したい階調範囲を 8 ビット画像データに変換するコントラスト強調処理の手順を示すフローチャートである。なお、図 4 の S 2 1 と S 2 2 は図 2 における同一の処理を同一の符号で示した。1 2 ビット画像データのヒストグラムから強調したい階調範囲が得られる。このコントラスト強調処理はヒストグラムから得た階調範囲の決定 (S 4 2) と 8 ビットデータ階調変換処理 (S 4 3) よりなる。本実施例では強調したい階調範囲を画像データの最小値と最大値の範囲とし、キーボード 1 2 からコンピュータ 1 3 に所定値が入力され、コントラスト強調処理が

【 0 0 2 0 】コントラスト強調処理はまず透過写真の 1 2 ビット画像データ (図 2 におけるステップ S 2 1) のヒストグラムを利用して強調したい階調範囲を決定してキーボード 1 2 から所定値を入力し (ステップ S 4 2)、次に図 3 の階調変換図に基づいて 1 2 ビット画像データの必要な部分を 8 ビット画像データに階調変換する (ステップ S 4 3)。そして、コントラスト強調処理のみで画像を表示したい場合は、図 2 に示す実際の肉厚画像に変換する境界決定処理 (ステップ S 2 5) を経てディスプレイ等に出力表示される。

【 0 0 2 1 】このようにして、本実施例では 8 ビットで画像データを取り込んで処理するより 1 2 ビットできめ細かな画像データを取り込んでいるから、画像データの欠損がない。しかも必要な部分の画像データを強調して処理しているから、コントラストを最適化できる。さらに、任意の濃度を表す数値範囲を 8 ビット画像データに変換して表示することによって、ディスプレイ上でコントラストの強調された画像を得ることができる。

【 0 0 2 2 】次に雑音除去処理について説明する。透過写真をデジタル化するまでの過程で、データに様々な雑音成分が付加されている。これを除去するために平滑化フィルターをかけると、信号のピークがつぶれた (鈍化した) ようなデータに変換されてしまう。本実施例で使用するメディアンフィルターは、このピークのつぶれを最小限に押さえ、雑音の除去をするものであり、後述するエッジ化フィルターとの相乗効果で配管等の輪郭が明瞭になる。

【 0 0 2 3 】図 5 は画像データを 2 次元の画素 (ピクセル) で濃淡表示したデジタルデータの略図である。本実

施例におけるメディアンフィルターは、図 5 に示すように、注目しているピクセル自体も含めて、その周囲の 9 個のピクセル値の中央値、すなわちメディアンを注目値と置き換える演算処理を行うことによって雑音を除去している。

【 0 0 2 4 】図 6 は雑音除去処理の手順を示すフローチャートである。この雑音除去はメディアンフィルターを使用しており、まず注目するピクセルを決定し (ステップ S 6 1)、次に周囲 3 × 3 の範囲の中央値を調べ (ステップ S 6 2)、そして注目値を中央値と置き換え (ステップ S 6 3)、全てのピクセルについて繰り返し (ステップ S 6 4)、全てのピクセルについて処理が終了すれば次の処理、例えば輪郭強調処理又は境界決定処理にすすむ。このようなメディアンフィルターを使用することにより、信号のピークがあまり潰されず平滑化し、雑音の除去ができる。

【 0 0 2 5 】次に輪郭強調処理について説明する。前述のとおり配管の残肉厚計測においては、配管外縁部と空間との境界および内縁部の境界が同時に明瞭に識別されなければならない。このために、濃度値が急激に変化する点を探し、濃度の不連続性を検出するために空間微分を行う。デジタル画像の場合は微分は差分で表されるから、X 方向と Y 方向の 1 次微分は次のように定義できる。

【 0 0 2 6 】

【 数 2 】

$$\nabla_x f(i, j) \equiv f(i, j) - f(i-1, j)$$

$$\nabla_y f(i, j) \equiv f(i, j) - f(i, j-1)$$

【 0 0 2 7 】しかし、1 次の偏微分は画像中のエッジの方向によって値が変化するためあまり有効ではない。等方的な偏微分であるラプラシアンが示すオペレータ、即ち、エッジ化フィルターは画像中のエッジの方向に依存せず、濃度変化に応じた微分値を出力する。本実施例の場合、配管の外縁部と内縁部を同時に検出するためのエッジ化フィルターとして、次の表のオペレータが効果的である。

【 0 0 2 8 】

【 表 1 】

0	0	-1	0	0
0	0	0	0	0
-1	0	5	0	-1
0	0	0	0	0
0	0	-1	0	0

【 0 0 2 9 】このオペレータは、注目点の周囲 5 × 5 の範囲に表 1 の重みを掛けて注目点の値を計算することに対応する。なお、このオペレータをラプラシアンで表すと次の式になる。

【 0 0 3 0 】

【数 3】

$$\nabla^2 f(i, j) \equiv 5f(i, j) - \{f(i+2, j) + f(i-2, j) + f(i, j+2) + f(i, j-2)\}$$

【0031】図7は輪郭強調処理の手順を示すフローチャートである。この輪郭強調処理は、先ず注目するピクセルを決定し（ステップS71）、次に周囲5×5の範囲でオペレータに基づき注目点の値を計算し（ステップS72）、すべてのピクセルについて繰り返し（ステップS73）、全てのピクセルについて処理が終了すれば

次の処理にすすむ。これにより、配管外縁部と空間との境界及び内縁部の境界が同時に明瞭に識別できるようになる。

【0032】次に、境界決定処理について説明する。輪郭強調後の画像に対して外縁部及び内縁部の境界を決定することになるが、外縁部については、なお決定に判断を迷う場合が多い。それは、輪郭強調をしても未だ外縁付近での濃度変化が緩やかになっており、不連続な変化になっていないためである。図8は理想的な写真濃度と配管の位置関係を示す濃度グラフである。なお、便宜上中心線から左部分のみ図示した。図9は放射線源と配管の位置関係を示す断面図であり、rは配管の内半径を示し、Rは配管の外半径を示す。なお図8及び図9のAとBは同じ位置を示す。図8からわかるように空間の濃度レベルは曲線で近似できるから、この外縁部付近の濃度変化を位置の関数として2次式にあてはめ、図9に示すように配管の中心から長手方向に垂直に配管の外縁部に向かってL軸をとる。このようにして、画像の濃度DはLの2次関数として次式で表される。

【0033】

【数 4】

$$D = aL^2 + bL + c$$

【0034】上式の係数a、b、cは3個のデータを上式に代入し、3元連立方程式を解けば求めることができる。これにより、画像の濃度Dが空間部の濃度レベルLになるLの位置を計算することによって配管の外縁部との境界を正確に求めることができる。境界決定処理では正確に求めた境界値を位置データテーブルの基準値にして、2次元フィルムの位置データを等方的な位置データに変換する。この位置データと画像濃度データに基づき実際の配管の肉厚画像が画像表示出力処理によりディスプレイ等に表示される。

【0035】以上のような画像処理により、配管等の減肉の状態を精度よく計測できる。図10は原画像濃度グラフと本発明の画像処理後の濃度グラフを示した比較図である。図10において一点鎖線は従来技術による配管断面の濃度グラフであり、太線は本発明によるコントラスト強調、雑音除去、輪郭強調、境界決定処理後の濃度グラフであり、2点鎖線は透過写真をフィルムデジタイザによって8ビットの濃度分解能で読み込み、従来の技

術で8ビットデータ処理した場合における識別限界濃度を示した。図10から原画像は散乱放射線によるかぶり及び識別限界濃度よりも濃い部分の観察が難しく、実際の値よりも小さめに測定される。これに対して本発明では内縁部のエッジもはっきりと強調され、外縁部も急速にゼロに近づくので境界の決定が容易で精度を向上させることができる。

【0036】

【発明の効果】以上の説明から理解されるように、本発明の放射線透過写真の画像処理方法及びその装置では、透過写真フィルムの写真濃度を12ビットの濃度分解能でデジタル化して読み込み、デジタル化した画像データを階調変換により8ビット画像データに変換してコントラスト調整し、メディアンフィルターによって信号の雑音成分を除去し、エッジ化フィルターによって輪郭を強調し、境界の2次式へのあてはめにより境界を決定し実際の肉厚画像に変換して、写真画像を例えばディスプレイ等に表示することができるので、放射線透過写真を使った配管等の境界を明確に決定することができるとともに、散乱放射線による像のぼけ成分及び写真のかぶりの影響等を減少させ、残肉厚計測の精度を向上させることができるという効果を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る放射線透過写真の画像処理装置のシステム構成図である。

【図2】画像処理の手順を示すフローチャートである。

【図3】本発明で使用した濃度階調変換図である。

【図4】12ビット画像データの強調したい階調範囲を8ビット画像データに変換するコントラスト強調処理の手順を示すフローチャートである。

【図5】画像データを2次元の画素（ピクセル）で濃淡表示したデジタルデータの略図である。

【図6】雑音除去処理の手順を示すフローチャートである。

【図7】輪郭強調処理の手順を示すフローチャートである。

【図8】理想的な写真濃度と配管の位置関係を示す濃度グラフである。

【図9】放射線源と配管の位置関係を示す断面図である。

【図10】原画像濃度グラフと本発明による画像処理後の濃度グラフを示した比較図である。

【図11】放射線源を利用して放射線透過写真を撮影する場合の概略構成を示す断面図である。

【図12】図11の撮影配置でのL方向の写真濃度と配管の位置関係を示す濃度グラフである。

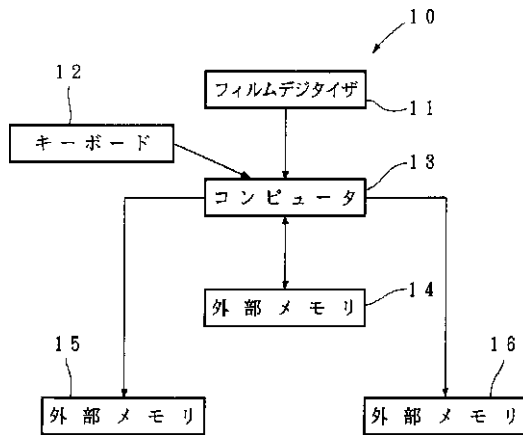
【図 1 3】図 1 1 の撮影配置での L 方向の実際の写真濃度と配管の位置関係を示す濃度グラフである。

【符号の説明】

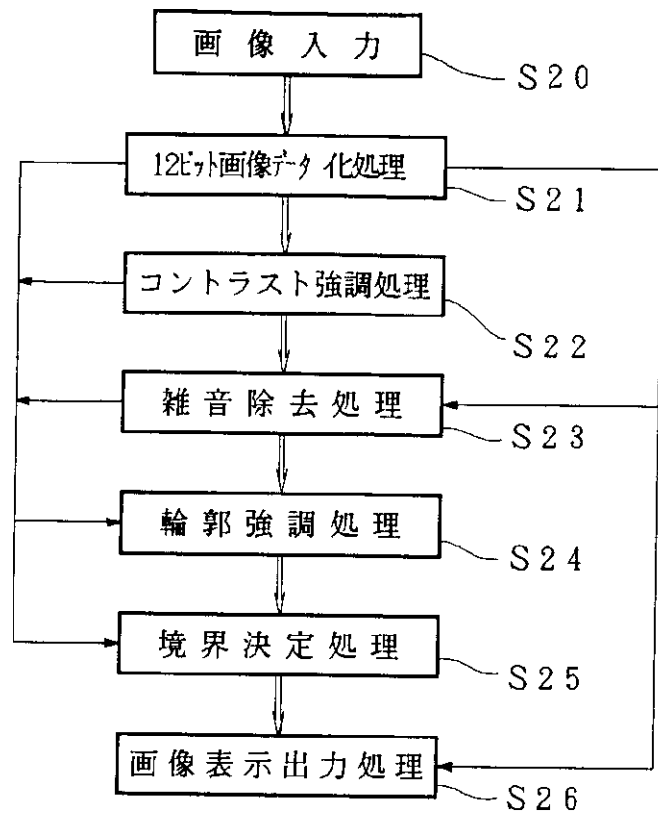
- 1 放射線源
- 2 配管
- 3 フィルム
- 4 放射線

- 1 0 放射線透過写真の画像処理装置
- 1 1 フィルムデジタイザ
- 1 2 キーボード
- 1 3 コンピュータ
- 1 4 外部メモリ
- 1 5 ディスプレイ
- 1 6 プリンタ

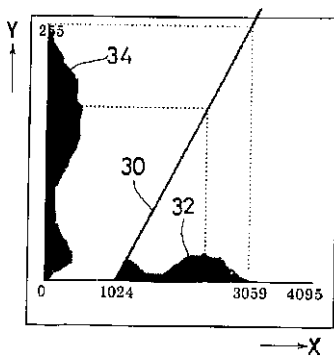
【図 1】



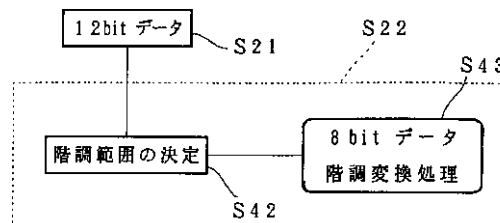
【図 2】



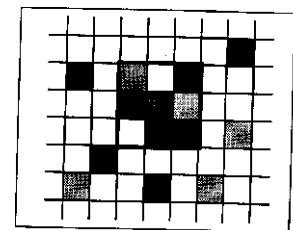
【図 3】



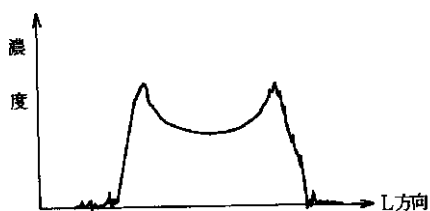
【図 4】



【図 5】



【図 1 3】



【 図 1 2 】

