

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 6 部門第 1 区分

【発行日】令和 3 年 9 月 30 日 (2021.9.30)

【公開番号】特開 2017-223649 (P2017-223649A)

【公開日】平成 29 年 12 月 21 日 (2017.12.21)

【年通号数】公開・登録公報 2017-049

【出願番号】特願 2017-54210 (P2017-54210)

【国際特許分類】

G 0 1 N 29/04 (2006.01)

G 0 1 N 29/48 (2006.01)

【F I】

G 0 1 N 29/04

G 0 1 N 29/48

【誤訳訂正書】

【提出日】令和 3 年 5 月 20 日 (2021.5.20)

【誤訳訂正 1】

【訂正対象書類名】特許請求の範囲

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

2 つだけの受信開口部が所与の時点において受信するように構成されるように、一連の受信要素 (224) を構成すること、

一連の送信要素 (222) を使用して物体 (204) の中へエネルギー (226) を送信すること、

前記物体内の複数の層 (206) から反射された前記エネルギーの一部分に応じて、前記一連の受信要素のうちの前記 2 つだけの受信開口部において反射エネルギー (228) を受信すること、及び

前記一連の受信要素のうちの前記 2 つだけの受信開口部において受信した前記反射エネルギーに基づいて、前記物体内のひだ (212) の幾つかの寸法 (214) を判定することを含む、

前記 2 つだけの受信開口部が、第 1 の受信開口部と第 2 の受信開口部を含み、前記ひだ (212) の前記幾つかの寸法 (214) を判定することが、

前記第 1 の受信開口部において受信した前記反射エネルギー (228) と前記第 2 の受信開口部において受信した前記反射エネルギーとの間の振幅における差異を判定することと、

前記振幅における差異が閾値 (268) よりも大きいかな否かを判定することと、

前記物体 (204) について前記閾値よりも大きい振幅における全ての差異の画像を表示することを含む、方法。

【請求項 2】

前記ひだ (212) の前記幾つかの寸法 (214) を判定することが、

前記差異を使用して、前記物体 (204) 内の前記複数の層 (206) のうちの層の平面外角度 (266) を判定することを更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記ひだ (212) の前記幾つかの寸法 (214) が、前記ひだ の幅を含む、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記 2 つだけの受信開口部の各々が、単一の受信要素を含む、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5】

前記一連の受信要素 (2 2 4) と前記一連の送信要素 (2 2 2) が、同じ一連の要素であり、前記方法が、

前記 2 つだけの受信開口部のうちの第 1 の受信開口部と第 2 の受信開口部の間の中心に配置された送信開口部から、前記エネルギー (2 2 6) が送信されるように、前記一連の送信要素を構成することを更に含む、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 6】

物体 (2 0 4) 上の複数の位置 (2 3 8) にエネルギー (2 2 6) を送信するように構成された、一連の送信要素 (2 2 2) 、

前記物体から反射された前記エネルギーの少なくとも一部分を反射エネルギー (2 2 8) として受信するように構成され、かつ第 1 の受信開口部と第 2 の受信開口部を含む 2 つだけの受信開口部を有する、一連の受信要素 (2 2 4) 、
及び

前記一連の受信要素の前記 2 つだけの受信開口部において受信した前記反射エネルギーに基づいて、前記物体内のひだ (2 1 2) の幾つかの寸法 (2 1 4) を判定するように構成されたプロセッサユニットであって、前記物体内のひだ (2 1 2) の幾つかの寸法 (2 1 4) を判定することが、

前記第 1 の受信開口部において受信した前記反射エネルギー (2 2 8) と前記第 2 の受信開口部において受信した前記反射エネルギーとの間の振幅における差異を判定することと、

前記振幅における差異が閾値 (2 6 8) よりも大きいかな否かを判定することと、

前記物体 (2 0 4) について前記閾値よりも大きい振幅における全ての差異の画像を表示することを含む、プロセッサユニットを備える、装置。

【請求項 7】

前記一連の受信要素 (2 2 4) と前記一連の送信要素 (2 2 2) が、同じ一連の要素である、請求項 6 に記載の装置。

【請求項 8】

前記一連の送信要素 (2 2 2) の送信開口部が、前記第 1 の受信開口部と前記第 2 の受信開口部との間の中心に配置されている、請求項 7 に記載の装置。

【請求項 9】

前記第 1 の受信開口部と前記第 2 の受信開口部が、各々、単一の受信要素を含む、請求項 8 に記載の装置。

【請求項 10】

前記プロセッサユニットが、前記ひだ (2 1 2) が合格品質であるかな否かを判定するように更に構成されている、請求項 6 から 9 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 11】

前記物体 (2 0 4) が、複数の複合材料層 (2 1 0) から成る複合材料物である、請求項 6 から 10 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 12】

前記ひだ (2 1 2) の前記幾つかの寸法 (2 1 4) が、前記ひだの幅を含む、請求項 6 から 11 のいずれか一項に記載の装置。

【誤訳訂正 2】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】複合材料物内の欠陥の超音波探傷検査

【技術分野】

【0001】

本開示は、広くは、複合材料物内のひだに関し、特に、複合材料物内のひだを評価することに関する。より具体的には、本開示は、超音波探傷検査システムを使用して、複合材料物内のひだの幾つかの寸法を判定するための方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

複合材料物は、複数の層から成り得る。これらの層は、しばしば、複合材料プライと称される。ある場合には、複合材料物内にひだが形成し得る。ひだは、複合材料物の一部分の1以上の層内のリッジ (r i d g e)、ファロウ (f u r r o w)、及び/又はクリーズ (c r e a s e) によって形成され得る。複合材料物内のひだは、複合材料物の機械的特性の1以上を低減させ得る。例えば、非限定的に、ひだの位置における又はひだの位置の近くの複合材料物の堅さを低減させ得る。

【0003】

複合材料物内のひだを検出するために、種々の種類の検査システムが使用され得る。例えば、複合材料物内のひだを特定するために、超音波探傷検査システムが使用され得る。しかし、現在、幾つかの利用可能な超音波探傷検査システムは、複合材料物内のひだの周りの特定の特性を定量化することができない。例示的な一実施例として、現在、幾つかの利用可能な超音波探傷検査システムは、ひだの実際の形状又はサイズを測定することができない。特に、これらの超音波探傷検査システムは、複合材料物内のひだの幅を測定することができない。

【0004】

複合材料物内のひだの形状及びサイズは、ひだが複合材料物の機械的特性にどのような影響を与えるかを決定し得る。複合材料物内のひだの形状及びサイズが定量化できないときに、ひだは、「最悪の」シナリオを想定する必要があると得る。その後、複合材料物は、ひだが、選択された許容誤差内の形状及びサイズを実際に有するとしても、捨てられるか又は再加工される必要があると得る。したがって、少なくとも上述の問題点の幾つかと、起こり得る他の問題点を考慮した方法及び装置を有することが望ましいだろう。

【発明の概要】

【0005】

例示的な一実施例では、方法が提供される。2つだけの受信開口部が、時間内の所与のポイントにおいて受信するように構成されるように、一連の受信要素が構成される。一連の送信要素を使用して、エネルギーが物体の中へ送信される。物体内の複数の層から反射されたエネルギーの一部分に応じて、反射したエネルギー（以下、「反射エネルギー」）が、一連の受信要素のうちの2つだけの受信開口部において受信される。物体内のひだの幾つかの寸法は、一連の受信要素のうちの2つだけの受信開口部において受信した反射エネルギーに基づいて判定される。

【0006】

別の例示的な一実施例では、装置が、一連の送信要素、一連の受信要素、及びプロセッサユニットを備える。一連の送信要素は、物体上の複数の位置にエネルギーを送信するように構成されている。一連の受信要素は、反射エネルギーとして物体から反射されたエネルギーの少なくとも一部分を受信するように構成された2つだけの受信開口部を有する。プロセッサユニットは、反射エネルギーに基づいて、物体内のひだの幅を判定するように構成されている。

【0007】

更に別の例示的な一実施例では、方法が提供される。一対だけの受信開口部が、時間内の所与のポイントにおいて受信するように構成されるように、一連の要素が構成されている。送信開口部が、一連の要素のうちの二対の受信開口部の間のほぼ中心に配置されるように、構成されている。送信開口部を使用して、物体の中へエネルギーが送信される。物

体内の複数の層から反射されたエネルギーの一部分に応じて、反射エネルギーが、一对の受信開口部において受信される。

【 0 0 0 8 】

これらの特徴及び機能は、本開示の様々な実施例で単独で実現してもよいし、更に別の実施例において組み合わせてもよい。以下の説明及び図面を参照して、これらの実施例の更なる詳細を理解することができる。

【 0 0 0 9 】

例示的な実施例の特性と考えられる新規の機能は、添付の特許請求の範囲に明記される。しかし、実施例並びに好ましい使用モード、更なる目的及びそれらの特徴は、添付図面を参照して、本開示の実施例についての以下の詳細な説明を読むことにより、最もよく理解されるだろう。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 0 】

【 図 1 】 例示的な一実施例が実装され得る航空機の図である。

【 図 2 】 例示的な一実施例による、ブロック図の形態を採る試験環境の図である。

【 図 3 】 例示的な一実施例による、試験環境の図である。

【 図 4 】 例示的な一実施例による、一連の要素内の受信開口部のレイアウトの図である。

【 図 5 】 例示的な一実施例による、複合材料物の断面図である。

【 図 6 】 例示的な一実施例による、複合材料物の断面図である。

【 図 7 】 例示的な一実施例による、受信した信号のグラフの図である。

【 図 8 】 例示的な一実施例による、一对の受信開口部の間の差異の表面プロットの図である。

【 図 9 】 例示的な一実施例による、処理された差異データの表面プロットの図である。

【 図 1 0 】 例示的な一実施例による、幾つかの処理技術を有する平面ピークデータの図である。

【 図 1 1 】 例示的な一実施例による、フローチャートの形態を採る、複合材料物内のひだの幾つかの寸法を判定するためのプロセスの図である。

【 図 1 2 】 例示的な一実施例による、フローチャートの形態を採る、複合材料物を検査するためのプロセスの図である。

【 図 1 3 】 例示的な一実施例による、ブロック図の形態を採る、データ処理システムである。

【 図 1 4 】 例示的な一実施例による、ブロック図の形態を採る、航空機の製造及び保守方法の図である。

【 図 1 5 】 例示的な一実施例が実装され得る、ブロック図の形態を採る、航空機の図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 1 】

例示的な実施例は、種々の検討事項を認識し考慮する。例えば、例示的な実施例は、複合材料物内のひだの幾つかの寸法を定量化することができる方法及び装置を有することが望ましい場合があることを認識し考慮する。幾つかの寸法は、ひだの幅又はひだの深さのうちの少なくとも一方を含む。例示的な実施例は、ひだの幅を判定するために、フェーズドアレイ超音波探傷検査システムが使用され得ることを認識し考慮する。

【 0 0 1 2 】

更に、例示的な実施例は、複合材料物の層が平面とほぼ平行に配置され得ることを認識し考慮する。しかし、複合材料物の一部分内にひだが存在するときに、複合材料物の層の1以上は、この平面の外側に持ち上げられ又は下げられ得る。このやり方では、ひだが、「平面外」ひだと称され得る。

【 0 0 1 3 】

例示的な実施例は、ひだが合格品質であるか否かを判定するために、フェーズドアレイ超音波探傷検査システムが使用され得ることを認識し考慮する。例えば、例示的な実施例

は、ひだの幅又はひだ内の層の平面外角度のうちの少なくとも一方が、複合材料物の品質に影響を与え得ることを認識し考慮する。例示的な実施例は、複合材料物の層の平面外角度が、閾値より上であるか否かを判定するために、フェーズドアレイ超音波探傷検査システムが使用され得ることを認識し考慮する。

【0014】

例示的な実施例は、複合材料物の層の平面外角度が、反射エネルギーの方向に影響を与えることを認識し考慮する。例えば、例示的な実施例は、複合材料物の層の平面外角度が、反射エネルギーの振幅を優先的に誘導することを認識し考慮する。

【0015】

次に、図面を、特に図1を参照すると、例示的な一実施例が実装され得る航空機の図が描かれている。この例示的な実施例では、航空機100が、胴体106に取り付けられた翼102及び翼104を有する。航空機100は、翼102に取り付けられたエンジン108及び翼104に取り付けられたエンジン110を含む。胴体106は、尾部112を有する。水平安定板114、水平安定板116、及び垂直安定板118が、胴体106の尾部112に取り付けられている。

【0016】

航空機100は、例示的な一実施例による超音波探傷検査システムを用いて検査され得る複合材料構造物を有する航空機の一例である。例えば、翼102又は翼104のうちの少なくとも一方の複合材料外板は、ひだの特性を判定するために、超音波探傷検査システムを使用して検査され得る。

【0017】

本明細書で使用される際に、列挙されたアイテムと共に使用される「～のうちの少なくとも1つ」という表現は、列挙されたアイテムのうちの1以上の種々の組み合わせが使用されてもよく、且つ、列挙された各アイテムのうちの1つだけが必要とされてもよいということを意味する。換言すると、「～のうちの少なくとも1つ」とは、アイテムの任意の組み合わせ、及び幾つかのアイテムが、列挙された中から使用され得ることを意味するが、列挙されたアイテムの全てが必要とされる訳ではないことを意味する。アイテムとは、特定の対象物、物品、またはカテゴリであり得る。

【0018】

例えば、限定するものではないが、「アイテムA、アイテムB、及びアイテムCのうちの少なくとも1つ」は、アイテムA、アイテムA及びアイテムB、若しくはアイテムBを含み得る。この例はまた、アイテムA、アイテムB、及びアイテムC、若しくはアイテムB及びアイテムCも含み得る。言うまでもなく、これらのアイテムの何れかの組み合わせが存在し得る。他の例では、「～のうちの少なくとも1つ」は、例えば、限定されないが、アイテムAの2つ、アイテムBの1つ、及びアイテムCの10個、アイテムBの4つとアイテムCの7つ、又は他の適する組み合わせであり得る。

【0019】

航空機100のこの図は、種々の例示的な実施例が実装され得る1つの環境を示す目的で提供されている。図1の航空機100の例示は、種々の例示的な実施例が実施され得るやり方への構造的な限定を表すことを意図するものではない。例えば、航空機100は、民間旅客機として示されている。種々の例示的な実施例は、私有の旅客機、回転翼航空機、又は他の適切な種類の航空機などの、他の種類の航空機に適用され得る。

【0020】

例示的な一実施例のための例示的な実施例が、航空機に関して説明されているが、例示的な一実施例は、他の種類のプラットフォームにも適用され得る。プラットフォームは、例えば、移動式プラットフォーム、固定式プラットフォーム、陸上構造物、水上構造物、又は宇宙構造物であってもよい。より詳細には、プラットフォームは、水上艦、戦車、人員運搬機、列車、宇宙船、宇宙ステーション、衛星、潜水艦、自動車、製造設備、建物、又は他の適切なプラットフォームであり得る。

【0021】

更に、例示的な一実施例は、他の種類の複合材料構造物にも適用され得る。例えば、プラットフォーム以外の複合材料構造物が、レーザ超音波探傷検査システムを使用して検査され得る。プラットフォーム以外の複合材料構造物は、医療デバイス、義肢、又は人間若しくは動物の物理的若しくは精神的健康状態のスクリーニング、診断、治療、予防若しくはそれらの任意の組み合わせ若しくはサブコンビネーションのための、任意の他の望ましい製品を含み得る。

【0022】

次に、図2を参照すると、例示的な一実施例による、ブロック図の形態を採る、試験環境の図が描かれている。この例示的な実施例において、試験環境200は、検査システム202が物体204を評価するために使用されるところの環境である。

【0023】

描かれているように、物体204は、複数の層206から成る任意の望ましい物体である。数207は、複数の層206内の層の数である。例示的な一実施例では、物体204が、複合材料物208の形態を採る。物体204は、複合材料物208であり、複数の層206は、複数の複合材料層210と称され得る。これらの実施例では、物体204が、複数の複合材料層210から成る複合材料物208である。複数の複合材料層210は、ある場合では、複数のプライ又は複合材料プライと称され得る。複数の複合材料層210の各々は、複合材料から成り得る。

【0024】

例示的な一実施例では、物体204が、ほぼ平坦である。この実施例では、物体204を形成する複数の層206が、平面211とほぼ平行に配置されている。しかし、ある場合では、ひだ212が、物体204内に存在し又は物体204内で発達し得る。例えば、ひだ212は、複数の層206の1以上内のリッジ、ファロウ、及び/又はクリースによって形成され得る。

【0025】

検査システム202は、ひだ212を評価するために使用される。特に、検査システム202は、ひだ212の幾つかの寸法214を定量化するために使用される。例えば、幾つかの寸法214は、ひだ212の1以上の特性を含む。この例示的な実施例では、幾つかの寸法214が、ひだ212の形状216及びサイズ218を含む。

【0026】

例示的な一実施例では、ひだ212を含む物体204の部分215を特定し、ひだの軸217を特定するために、種々の種類の検査システムが最初に使用される。特定される物体204の部分215は、ひだ212の形状216及びサイズ218に応じ得る。部分215が、ひだ212の全部とひだ212の周りの物体204のひだがない部分の一部とを含むように、部分215が特定され得る。

【0027】

別の例示的な実施例では、検査システム202の速度が、ひだ212のための物体204の全部の検査を可能にし得る。この例示的な実施例では、物体204の部分215を特定するために、種々の種類の検査システムが使用されない。したがって、検査システム202の使用は、物体204のための全検査時間を低減させ得る。更に、検査システム202の使用は、物体204を検査するための費用を低減させ得る。

【0028】

ひだ212は、平面211とほぼ平行な方向において、許容誤差内で、ほぼ直線的に延在する。ひだの軸217が、ひだ212が延在する方向における軸として特定される。

【0029】

検査システム202は、物体204の部分215を検査して、ひだ212の形状216及びサイズ218を定量化するために使用される。描かれているように、検査システム202は、一連の送信要素222、一連の受信要素224、及びプロセッサ225を含む。ある場合では、一連の送信要素222と一連の受信要素224が、分離したアレイとして実装されている。しかし、他の場合では、一連の送信要素222と一連の受信要素224

が、同じ一連の要素 2 2 0 として実装されている。これらの場合では、一連の要素 2 2 0 が、送信と受信の両方において使用されるように構成されている。ある実施例では、一連の要素 2 2 0 が、一連のトランスデューサーとして実装されている。

【0030】

この例示的な実施例では、一連の送信要素 2 2 2 が、一列に配置された 2 以上の要素を含む。この実施例では、一連の送信要素 2 2 2 が、直線的な一連の送信要素である。同様に、一連の受信要素 2 2 4 は、一列に配置された 2 以上の要素を含む。この実施例では、一連の受信要素 2 2 4 が、直線的な一連の受信要素である。

【0031】

一連の送信要素 2 2 2 は、物体 2 0 4 の中へエネルギー 2 2 6 を送信するように構成されている。一連の受信要素 2 2 4 は、反射エネルギー 2 2 8 を受信するように構成されている。反射エネルギー 2 2 8 は、複数の層 2 0 6 の各々の表面から反射された、物体 2 0 4 の中へ送信されたエネルギー 2 2 6 の一部分である。

【0032】

例示的な一実施例では、検査システム 2 0 2 が、超音波探傷検査システム 2 3 2 の形態を採る。検査システム 2 0 2 が、超音波探傷検査システム 2 3 2 の形態を採るときに、物体 2 0 4 の中へ送信されるエネルギー 2 2 6 は、超音波エネルギー 2 3 4 である。

【0033】

超音波探傷検査システム 2 3 2 は、物体 2 0 4 の部分 2 1 5 の外面 2 3 7 を覆うように配置される。この例示的な実施例では、一連の送信要素 2 2 2 が外面 2 3 7 と直接的に接触するように、超音波探傷検査システム 2 3 2 が、外面 2 3 7 を覆って配置される。しかし、他の例示的な実施例では、一連の送信要素 2 2 2 が外面 2 3 7 と直接的に接触しないように、超音波探傷検査システム 2 3 2 が、外面 2 3 7 を覆って配置される。この距離は、スタンドオフと称され得る。複合材料物 2 0 8 の外面 2 3 7 からのスタンドオフは、複合材料物 2 0 8 の厚さと関連し得る。

【0034】

その後、超音波探傷検査システム 2 3 2 が操作されて、超音波エネルギー 2 3 4 が、物体 2 0 4 の部分 2 1 5 の外面 2 3 7 上の複数の位置 2 3 8 において物体 2 0 4 の中へ送信される。より具体的には、超音波探傷検査システム 2 3 2 が、超音波ビーム 2 3 6 の形態を採る超音波エネルギーを、複数の位置 2 3 8 内の各々の位置において物体 2 0 4 の中へ送信する。一連の送信要素 2 2 2 は、エネルギー 2 2 6 を物体 2 0 4 上の複数の位置 2 3 8 へ送信するように構成されている。

【0035】

例示的な一実施例では、複数の位置 2 3 8 が、平面 2 1 1 とほぼ平行な格子によって画定された位置を含む。例えば、非限定的に、複数の位置 2 3 8 は、平面 2 1 1 とほぼ平行な格子に沿った 2 次元の位置である。ある実施例では、この格子が、ひだの軸 2 1 7 とひだの軸 2 1 7 にほぼ垂直な軸とに基づいて形成される。無論、他の例示的な実施例では、複数の位置 2 3 8 内の位置が、例えば、非限定的に、物体 2 0 4 に対する x、y、及び z 座標内の位置などの、3 次元位置である。

【0036】

超音波探傷検査システム 2 3 2 は、検査パターン 2 3 5 に従って、物体 2 0 4 の部分 2 1 5 の外面 2 3 7 を覆って、複数の位置 2 3 8 内の異なる位置へ移動される。例えば、非限定的に、検査パターン 2 3 5 は、ラスタパターンであってもよい。検査パターン 2 3 5 がラスタパターンの形式を採るときに、超音波ビーム 2 3 6 は、一度に 1 つの位置だけ、複数の位置 2 3 8 内の各位置において物体 2 0 4 の中へ送信される。無論、他の実施例では、検査パターン 2 3 5 が、何らかの他の形式を採り得る。

【0037】

超音波ビーム 2 3 6 は、段階的に、一連の送信要素 2 2 2 を使用して生成される。特に、一連の送信要素 2 2 2 の送信開口部 2 4 2 が、超音波ビーム 2 3 6 を生成するために使用される。送信開口部 2 4 2 は、超音波ビーム 2 3 6 を生成するために使用される、一連

の送信要素 2 2 2 のサブセットである。送信開口部 2 4 2 は、一連の送信要素 2 2 2 のうちの幾つかの送信要素を含む。本明細書で使用される際に、アイテムに関連して使用されるとき「幾つかの」は、1 以上のアイテムを意味する。結果として、幾つかの送信要素は、1 以上の送信要素である。このやり方で、送信開口部 2 4 2 は、一連の送信要素 2 2 2 のうちの 1 つ、一部、又は全部を含み得る。例示的な一実施例では、送信開口部 2 4 2 が、一对の送信要素 2 4 3 である。ある例示的な実施例では、送信開口部 2 4 2 が、送信部分とも称され得る。

【0038】

ある場合では、一連の送信要素 2 2 2 のうちの同じ数の送信要素が、複数の位置 2 3 8 内の各位置の中へ超音波ビーム 2 3 6 を送信するための、送信開口部 2 4 2 として使用される。他の場合では、一連の送信要素 2 2 2 のうちの異なる開口部が、複数の位置 2 3 8 内の異なる位置の中へ超音波ビーム 2 3 6 を送信するための、送信開口部 2 4 2 として使用される。

【0039】

例示的な一実施例では、送信開口部 2 4 2 内の送信要素の各々が、選択された時間において超音波パルスを送信するように構成され得る。この時間は、実施態様に応じて、送信開口部 2 4 2 内の異なる送信要素に対して、同一であり又は異なり得る。送信開口部 2 4 2 内の送信要素が超音波パルスを送信する時間及びこれらの超音波パルスの強度は、これらの超音波パルスによって生成された波が組み合わせられて、物体 2 0 4 に対して選択された角度において移動する単一の波面を生成するように選択され得る。この単一の波面は、超音波ビーム 2 3 6 を生成する。このやり方では、一連の送信要素 2 2 2 が、物体 2 0 4 に対して超音波ビーム 2 3 6 を電子的に操作するために使用され得る。

【0040】

例えば、超音波ビーム 2 3 6 は、位置 2 4 4 において物体 2 0 4 の中へ送信され、物体 2 0 4 を通って伝播し得る。超音波ビーム 2 3 6 が物体 2 0 4 を通って伝播する際に、超音波ビーム 2 3 6 の少なくとも一部分は、物体 2 0 4 の複数の層 2 0 6 の表面から反射される。

【0041】

これらの反射は、反射超音波エネルギーとも称され、一連の受信要素 2 2 4 の受信部分 2 4 6 によって受信される。受信部分 2 4 6 は、一連の受信要素 2 2 4 のうちの 2 つだけの受信開口部を含む。描かれているように、一連の受信要素 2 2 4 は、反射エネルギー 2 2 8 として物体 2 0 4 から反射されたエネルギー 2 2 6 の少なくとも一部分を受信するように構成された 2 つだけの受信開口部を有する。各受信開口部は、多くの受信要素を含む。各受信開口部は、一連の受信要素 2 2 4 のサブセットである。

【0042】

エネルギー 2 2 6 の少なくとも一部分を受信するように構成された、一連の受信要素 2 2 4 のうちの 2 つだけの受信開口部を有することによって、ある量の層データ 2 3 0 が低減される。ある量の層データ 2 3 0 を低減させることによって、層データ 2 3 0 のための処理時間が低減される。したがって、ひだ 2 1 2 の検出及びひだ 1 2 1 の幾つかの寸法 1 2 4 に関する判定のための時間が低減され得る。

【0043】

2 つだけの受信開口部は、一对の受信開口部 2 4 7 とも称される。一对の受信開口部 2 4 7 は、第 1 の受信開口部 2 4 8 と第 2 の受信開口部 2 5 0 を含む。第 1 の受信開口部 2 4 8 は、任意の望ましい量の受信要素を含む。一実施例では、第 1 の受信開口部 2 4 8 が、単一の受信要素を含む。他の実施例では、第 1 の受信開口部 2 4 8 が、2 以上の受信要素を含む。第 2 の受信開口部 2 5 0 は、任意の望ましい量の受信要素を含む。一実施例では、第 2 の受信開口部 2 5 0 が、単一の受信要素を含む。他の実施例では、第 2 の受信開口部 2 5 0 が、2 以上の受信要素を含む。

【0044】

任意の望ましい量の要素が、第 1 の受信開口部 2 4 8 と第 2 の受信開口部 2 5 0 との間

に配置される。ある例示的な実施例では、偶数の要素が、第1の受信開口部248と第2の受信開口部250との間に配置される。一実施例では、14個の要素が、第1の受信開口部248と第2の受信開口部250との間に配置される。他の実施例では、14個未満の要素が、第1の受信開口部248と第2の受信開口部250との間に配置される。例えば、2つの要素、6つの要素、又は10個の要素が、第1の受信開口部248と第2の受信開口部250との間に配置され得る。

【0045】

第1の受信開口部248と第2の受信開口部250との間に配置される要素の数を変更することは、一对の受信開口部247によって優先的に検出される反射エネルギー228の角度を変更する。第1の受信開口部248と第2の受信開口部250との間に配置される要素の数は、一連の受信要素224をひだ212の深刻度に「合わせる」ために選択される。

【0046】

ある実施例では、エネルギー226を送信する送信要素の開口部が、第1の受信開口部248と第2の受信開口部250との間の中心に配置される。これらの実施例では、送信開口部242が、第1の受信開口部248と第2の受信開口部250との間の中心に配置される。第1の受信開口部248と第2の受信開口部250との間の中心に送信開口部242を配置することによって、ノイズが消去され得る。具体的には、エネルギー226を送信する送信要素の開口部から等しい距離の第1の受信開口部248と第2の受信開口部250を有することによって、受信部分246は、両方向の等しい距離を「聞く」ことができる。

【0047】

複数の層206内の各層に対して、その層の表面から反射された超音波ビーム236内の超音波エネルギーは、一連の受信要素224内の少なくとも1つの受信開口部によって受信される。このやり方では、受信部分246が、位置244において物体204の中へ送信された超音波ビーム236に応じて、複数の層206から反射された複数の信号245を受信し得る。

【0048】

この例示的な実施例では、複数の反射した信号245が、複数の層206の各々からの反射を含み得る。しかし、他の例示的な実施例では、複数の反射した信号245が、複数の層206の一部だけからの反射を含み得る。

【0049】

反射を受信する受信部分246内の各受信開口部は、その反射を電気信号に変換し得る。プロセッサユニット225は、受信部分246内の各受信開口部によって生成された電気信号を受信し、その電気信号を位置244のための位置データ252を生成するように処理されるデータへと変換するように構成され得る。

【0050】

例えば、位置データ252は、位置244のために受信した複数の反射した信号245の各々に対する振幅及び時間を含み得る。振幅は、反射した信号の振幅であり、一方、時間は、反射した信号の到達の時間であり得る。ある場合には、この到達の時間が、超音波ビーム236が物体204の中へ送信された時間と関連し得る。例示的な一実施例では、位置データ252が、位置244において物体204の中へ送信された超音波ビーム236に応じて受信した、複数の反射した信号245の各々のためのデータポイントを含む。反射した信号のためのデータポイントは、振幅の値、時間の値、要素識別子、その反射した信号のための送信角度、又は何らかの他の種類の値のうちの少なくとも1つを含む。

【0051】

要素識別子は、反射した信号を受信した一連の受信要素224内の受信要素を特定する。ある例示的な実施例では、位置データ252が、第1の開口部データ254と第2の開口部データ256に分割される。第1の開口部データ254は、第1の受信開口部248において受信した反射から生成されたデータである。第2の開口部データ256は、第2

の受信開口部 250 において受信した反射から生成されたデータである。送信角度は、超音波ビーム 236 が、反射した信号をもたらした物体 204 の中へ送信された角度である。

【0052】

複数の位置 238 内の各位置のための位置データ 252 は、収集されて、物体 204 の部分 215 のための層データ 230 を生成する。プロセッサユニット 225 は、部分 215 がスキャンされた際の物体 204 の部分 215 のための層データ 230 を生成する。物体 204 の部分 215 は、一旦、超音波ビーム 236 が、物体 204 の部分 215 上の複数の位置 238 内の各位置の中へ送信されてしまったら、「完全にスキャンされた」と考えられ得る。

【0053】

これらの例示的な実施例では、超音波ビーム 236 が、複数の位置 238 内の各位置において、平面 211 に対して同じ選択された角度で、物体 204 の中へ送信される。プロセッサユニット 225 は、処理のために層データ 230 をコンピュータシステム 258 に送信するように構成され得る。コンピュータシステム 258 は、画像 260 を生成するために層データ 230 を使用する。この例示的な実施例では、画像 260 が、ひだ 212 の周りの幾つかの寸法 214 を表している。画像 260 は、ひだ 212 の形状 216 又はサイズ 218 のうちの少なくとも一方を定量化するために使用され得る。

【0054】

層データ 230 が処理されて、複数の位置 238 内の各位置のための第 1 の開口部データ 254 と第 2 の開口部データ 256 との間の差異 262 を特定することによって、画像 260 を生成し得る。差異 262 は、第 1 の開口部データ 254 と第 2 の開口部データ 256 による、受信した反射の振幅における差異である。第 1 の開口部データ 254 と第 2 の開口部データ 256 との間の差異 262 は、部分 215 内の ひだ 212 に関連付けられた複数の平面外角度 264 によって影響される。平面 211 外角度 266 がより大きくなれば、第 1 の開口部データ 254 と第 2 の開口部データ 256 との間の差異 262 が、より大きくなる。例えば、差異 262 は、位置 244 が ひだ 212 の部分でないときに、無視できる。差異 262 は、位置 244 の角度 266 が約ゼロであるときに、無視できる。角度 266 が約ゼロであるときに、位置 244 の複数の層 206 は、平面 211 とほぼ平行に配置されている。

【0055】

差異 262 は、角度 266 が増加するに従って増加する。角度 266 が増加すると、複数の層 206 は、反射エネルギー 228 を、第 1 の開口部データ 254 又は第 2 の開口部データ 256 のうちの一方へ、次第に優先的に誘導する。したがって、角度 266 は、第 1 の開口部データ 254 と第 2 の開口部データ 256 との間の差異 262 を使用して、間接的に判定され得る。

【0056】

ある実施例では、差異 262 が、閾値 268 と比較される。これらの実施例では、差異 262 が閾値 268 よりも大きいときに、ひだ 212 が望ましくない特性を有し得る。

【0057】

差異 262 は、ひだ 212 の実際の形状 216 とサイズ 218 が、選択された許容誤差内で判定され得るように、ひだ 212 が定量化されることを可能にする。例えば、差異 262 は、ひだ 212 の幅 270 が、選択された許容誤差内で判定されることを可能にする。ひだ 212 の形状 216 とサイズ 218 を判定するために差異 262 を使用することによって、ひだ 212 の形状 216 とサイズ 218 は、より正確に判定され得る。更に、ひだ 212 の形状 216 とサイズ 218 を判定するために差異 262 を使用することによって、ひだ 212 の形状 216 とサイズ 218 は、より速く判定され得る。

【0058】

描かれているように、コンピュータシステム 258 のプロセッサユニット 272 が、層データ 230 を処理する。プロセッサユニット 272 は、反射エネルギー 228 に基づい

て、物体 204 内の ひだ 212 の幅 270 を判定するように構成されている。プロセッサユニット 272 は、ひだ 212 が合格品質であるか否かを判定するように更に構成されている。

【0059】

ある例示的な実施例では、プロセッサユニット 272 が、層データ 230 を処理して画像 260 を生成する。プロセッサユニット 272 は、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、又はそれらの組み合わせを使用して実装され得る。ソフトウェアが使用されるときに、プロセッサユニット 272 によって実行される動作は、例えば、非限定的に、図 13 で以下に示されるプロセッサユニット 1304 などの、プロセッサユニットで実行されるように構成されたプログラムコードを使用して実施され得る。ファームウェアが使用されるときに、プロセッサユニット 272 によって実行される動作は、例えば、非限定的に、プログラムコード及びデータを使用して実施され、プロセッサユニットで実行されるために永続メモリ内に記憶され得る。

【0060】

ハードウェアが採用されるときに、ハードウェアは、プロセッサユニット 272 によって実行される動作を実行するために動作する、1 以上の回路を含み得る。実施態様に依りて、ハードウェアは、回路システム、集積回路、特定用途向け集積回路 (ASIC)、プログラマブル論理デバイス、又は任意の数の工程を実施するよう構成された、何らかの他の適切なタイプのハードウェアデバイスの形態を採り得る。

【0061】

プログラマブル論理デバイスは、特定の作動を実行するように構成され得る。このデバイスは、これらの作動を実行するように恒久的に構成され、又は再構成され得る。プログラマブル論理デバイスは、例えば、限定しないが、プログラマブル論理アレイ、プログラマブルアレイ論理、フィールドプログラマブル論理アレイ、フィールドプログラマブルゲートアレイ、又は他の何らかの種類のプログラマブルハードウェアデバイスの形態を採り得る。

【0062】

幾つかの例示的な実施例では、プロセッサユニット 272 によって実行される動作及び / 又はプロセスが、無機構成要素と一体化した有機構成要素を使用して実行され得る。ある場合には、動作及び / 又はプロセスが、人間以外の有機構成要素によって完全に実行され得る。例示的な一実施例として、有機半導体内の回路は、これらの動作及び / 又はプロセスを実行するために使用され得る。

【0063】

この例示的な実施例では、プロセッサユニット 272 が、コンピュータシステム 258 内で実装され得る。コンピュータシステム 258 は、1 以上のコンピュータから成り得る。2 以上のコンピュータがコンピュータシステム 258 内に存在するとき、これらのコンピュータは互いに通信し得る。プロセッサユニット 272 とコンピュータシステム 258 は、超音波探傷検査システム 232 の部分であると考えられる。しかし、他の例示的な実施例では、プロセッサユニット 272 及び / 又はコンピュータシステム 258 の少なくとも一部分が、超音波探傷検査システム 232 から分離していると考えられる。例えば、非限定的に、プロセッサユニット 272 の少なくとも一部分は、遠隔に実装され得る。

【0064】

画像 260 が、コンピュータシステム 258 のディスプレイ 274 に送信される。ディスプレイ 274 は、ユーザに対して情報を表示するように構成される。ディスプレイ 274 は、例えば、限定するものではないが、モニタ、タッチスクリーン、レーザーディスプレイ、ホログラフィックディスプレイ、仮想表示デバイス、及び / 又は他の何らかの種類のディスプレイデバイスを含み得る。ユーザ又はコンピュータシステムの少なくとも一方が、画像 260 を解析して、ひだ 212 の幾つかの寸法 214 を判定し得る。

【0065】

画像 260 は、任意の望ましい形態を採り得る。一例では、画像 260 が、3 次元画像

276である。別の一例では、画像260が、Cスキャン278である。Cスキャン278は、上面図又は平面図として表示されたデータの2次元画像である。Cスキャン278は、カラー画像又はグレースケール画像の何れかである。Cスキャン278のための画素値は、Cスキャン278内で表示されたデータの値を示す。

【0066】

3次元画像276は、ひだ212に関連する任意の望ましいデータを描く。一例では、3次元画像276が、差異262の描写である。3次元画像276が差異262の描画であるときに、3次元画像276は、ひだ212の一次の派生物である。別の一例では、3次元画像276が、差異262に対する直線的に補完された適合曲線の全体の描写である。補完は、アレイの幅の全体にわたり実行され、ひだの平面外歪に対して垂直である。この例では、3次元画像276が、ひだ212の輪郭の描写である。3次元画像276を生成するために、プロセッサユニット272は、差異262を統合して、ひだの輪郭を生成し得る。より具体的には、プロセッサユニット272が、データポイントの間を補完し、その後、計算全体で離散の統合を実行する。最初に補完することによって、離散の統合がより滑らかになり得る。データの密度がより高ければ、滑らかにすることはより少なく生じる。

【0067】

プロセッサユニット272は、反射エネルギー228に基づいて、物体204内のひだ212の幅270を判定するように構成されている。プロセッサユニット272は、ひだ212が合格品質であるか否かを判定するように更に構成されている。

【0068】

プロセッサユニット272は、位置データ252又は差異262にゲーティング (gating) を実行し、Cスキャン278を生成し得る。内部和ゲート (internal sum gate) を使用してCスキャン278を生成することが、ひだ212を表示し得る。しかし、内部和ゲートを使用することは、ひだ212を示さない更なるデータを含み得る。例えば、内部和ゲートは、Cスキャン278内にノイズを含み得る。

【0069】

ある例示的な実施例では、プロセッサユニット272が、位置データ252内の各位置244のための複合材料物208の厚さを通してステップする。各ステップは、「スライス」とも称され得る。各ステップ又はスライスは、複合材料構造物208の厚さ内の幾つかの層を表している。各ステップは、複合材料物208の厚さの中へ更に移動し得る。複合材料物208の完全な厚さよりもむしろ各ステップの差異262を判定することによって、ノイズが低減され得る。複合材料物208の完全な厚さよりもむしろ各ステップの差異262を判定することによって、ひだ212がCスキャン278内で強調され得る。

【0070】

ある例示的な実施例では、Cスキャン278が、全ての位置データ252のための単一のステップに対する閾値268を超える差異262の画像である。ある例示的な実施例では、Cスキャン278が、全ての位置データ252のための複数のステップに対する閾値268を超える差異262の画像である。これらの実施例では、Cスキャン278が、複数のステップに対する閾値268を超える各差異262の合計である。

【0071】

図2の試験環境200の図は、例示的な一実施例が実装され得るやり方に対する物理的な又は構造的な限定を示唆することを意図していない。図示した構成要素に加えて又は代えて、他の構成要素が使用されてもよい。一部の構成要素は、任意選択的であってよい。また、ブロックは、何らかの機能的な構成要素を示すために提示されている。例示的な一実施例において実装されるときに、これらのブロックの1以上は、結合され、分割され、又は異なるブロックへ結合及び分割され得る。

【0072】

ある例示的な実施例では、プロセッサユニット272が、位置データ252を処理しない。これらの例示的な実施例では、プロセッサユニット225又は任意の他の望ましいプ

ロセッサユニットが、位置データ 2 5 2 を処理し得る。

【 0 0 7 3 】

更に、ある実施例では、ディスプレイ 2 7 4 が、画像 2 6 0 以外の出力を表示し得る。例えば、出力は、警報、超音波 A スキャン、報告、又は任意の他の望ましい種類の出力のうち少なくとも 1 つの形態を採り得る。警報は、ひだ 2 1 2 が不合格品質であるか否かを示し得る。報告は、ひだ 2 1 2 の幾つかの寸法 2 1 4 などの情報を含み得る。

【 0 0 7 4 】

次に、図 3 を参照すると、例示的な一実施例による、試験環境の図が描かれている。この例示的な実施例では、試験環境 3 0 0 が、図 2 の試験環境のための 1 つの実施態様の一例である。描かれているように、試験環境 3 0 0 内では、超音波探傷検査システム 3 0 2 が描かれている。超音波探傷検査システム 3 0 2 は、図 2 の超音波探傷検査システム 2 3 2 のための 1 つの実施態様の一例である。

【 0 0 7 5 】

描かれているように、超音波探傷検査システム 3 0 2 は、一連の要素 3 0 3 とコンピュータシステム 3 0 5 を含む。一連の要素 3 0 3 は、一連の送信要素と一連の受信要素の両方として機能するように構成されている。このやり方では、一連の要素 3 0 3 が、図 2 の一連の要素 2 2 0 のための 1 つの実施態様の一例であり得る。この例示的な実施例では、一連の要素 3 0 3 が、複合材料物 3 0 4 の外面 3 0 6 を覆って配置されている。

【 0 0 7 6 】

複合材料物 3 0 4 は、図 2 の複合材料物 2 0 8 のための 1 つの実施態様の一例である。この例示的な実施例では、複合材料物 3 0 4 が、複合材料層を備える。これらの複合材料層内のひだは、概して、複合材料物 3 0 4 の部分 3 0 8 内で検出された。更に、ひだの軸 3 1 0 に沿って直線的に延在するひだが特定された。超音波探傷検査システム 3 0 2 は、ひだの形状とサイズが定量化され得るように、複合材料物 3 0 4 の部分 3 0 8 を検査するために使用され得る。

【 0 0 7 7 】

この例示的な実施例において、一連の要素 3 0 3 は、複合材料物 3 0 4 の部分 3 0 8 がラスタースキャンされ得るように、複数の予め選択された位置の各々において複合構造物 3 0 4 の中へ超音波ビームを送信するように構成されている。複合材料物 3 0 4 内の層の表面から反射された反射エネルギーは、一連の要素 3 0 3 によって受信され、その後、処理のためにコンピュータシステム 3 0 5 に送信される電気信号へと変換される。

【 0 0 7 8 】

一連の要素 3 0 3 は、望ましくは、複合構造物 3 0 4 内のひだの長さに沿って、ひだの輪郭の全体にわたりスキャンされる、フェーズドアレイである。一連の要素 3 0 3 は、望ましくは、空間分解能を高めるために小さいピッチを有する。ある例示的な実施例では、一連の要素 3 0 3 が、各々 0 . 5 mm のピッチを有し得る。

【 0 0 7 9 】

次に、図 4 を参照すると、例示的な一実施例による、一連の要素内の受信開口部のレイアウトの図が描かれている。図 4 0 0 は、図 3 の一連の要素 3 0 3 の断面図である。

【 0 0 8 0 】

この例示的な実施例では、一連の要素 3 0 3 内の個別の要素が、より明確に見て取れる。一連の要素 3 0 3 は、超音波エネルギーを送信及び受信するように構成された、直線的な一連の超音波トランスデューサーの形態を採る、一連の超音波トランスデューサーである。一連の要素 3 0 3 は、複合材料物の中へエネルギーを送信し、反射エネルギーを受信するように構成され得る。一連の要素 3 0 3 は、任意の数の要素を含み得るが、この例示的な実施例では、一連の要素 3 0 3 が 6 4 個の要素を含む。

【 0 0 8 1 】

一連の要素 3 0 3 は、送信開口部 4 0 2 を含む。送信開口部 4 0 2 は、一对の送信要素 4 0 4 を有する。一对の送信要素 4 0 4 は、要素 4 0 6 と要素 4 0 8 を含む。送信開口部 4 0 2 は、2 つの送信要素を含むが、他の実施例では、送信開口部 4 0 2 が、2 つ未満又

は 2 つより多い数の送信要素を含む。

【 0 0 8 2 】

一連の要素 3 0 3 は、受信部分 4 1 0 を含む。受信部分 4 1 0 は、反射エネルギーを受信するように構成された、2 つだけの受信開口部を含む。2 つだけの受信開口部は、第 1 の受信開口部と第 2 の受信開口部を含む。一对の送信要素 4 0 4 は、第 1 の受信開口部と第 2 の受信開口部との間の中心に配置される。

【 0 0 8 3 】

一実施例では、2 つだけの受信開口部が、一对の受信開口部 4 1 2 である。この例示的な実施例では、一对の受信開口部 4 1 2 が、第 1 の受信開口部 4 1 4 と第 2 の受信開口部 4 1 6 を含む。描かれているように、第 1 の受信開口部 4 1 4 は、単一の受信要素を含む他の描かれてない例示的な実施例では、第 1 の受信開口部 4 1 4 が、2 以上の受信要素を含む。描かれているように、第 2 の受信開口部 4 1 6 は、単一の受信要素を含む他の描かれてない例示的な実施例では、第 2 の受信開口部 4 1 6 が、2 以上の受信要素を含む。

【 0 0 8 4 】

一对の受信開口部 4 1 2 では、第 1 の受信開口部 4 1 4 と第 2 の受信開口部 4 1 6 との間に偶数の要素が配置される。特に、2 つの要素が、第 1 の受信開口部 4 1 4 と第 2 の受信開口部 4 1 6 との間に配置されている。

【 0 0 8 5 】

別の一実施例では、2 つだけの開口部が、一对の受信開口部 4 1 8 である。この例示的な実施例では、一对の受信開口部 4 1 8 が、第 1 の受信開口部 4 2 0 と第 2 の受信開口部 4 2 2 を含む。一对の受信開口部 4 1 8 では、第 1 の受信開口部 4 2 0 と第 2 の受信開口部 4 2 2 との間に偶数の要素が配置される。特に、6 つの要素が、第 1 の受信開口部 4 2 0 と第 2 の受信開口部 4 2 2 との間に配置されている。

【 0 0 8 6 】

更なる一実施例では、2 つだけの開口部が、一对の受信開口部 4 2 4 である。この例示的な実施例では、一对の受信開口部 4 2 4 が、第 1 の受信開口部 4 2 6 と第 2 の受信開口部 4 2 8 を含む。一对の受信開口部 4 2 4 では、第 1 の受信開口部 4 2 6 と第 2 の受信開口部 4 2 8 との間に偶数の要素が配置される。特に、1 0 個の要素が、第 1 の受信開口部 4 2 6 と第 2 の受信開口部 4 2 8 との間に配置されている。

【 0 0 8 7 】

また更なる一実施例では、2 つだけの開口部が、一对の受信開口部 4 3 0 である。この例示的な実施例では、一对の受信開口部 4 3 0 が、第 1 の受信開口部 4 3 2 と第 2 の受信開口部 4 3 4 を含む。一对の受信開口部 4 3 0 では、第 1 の受信開口部 4 3 2 と第 2 の受信開口部 4 3 4 との間に偶数の要素が配置される。特に、1 4 個の要素が、第 1 の受信開口部 4 3 2 と第 2 の受信開口部 4 3 4 との間に配置されている。

【 0 0 8 8 】

第 1 の受信開口部と第 2 の受信開口部との間に配置される要素の数は、ひだの特定の傾斜を聞くために、一連の要素 3 0 3 を調整し得る。例えば、第 1 の受信開口部と第 2 の受信開口部との間に配置される要素の数を増加させることは、より大きな平面外角度の検出を増加させ得る。

【 0 0 8 9 】

次に、図 5 A と図 5 B を参照すると、例示的な一実施例による、図 3 からの複合材料物 3 0 4 の断面図が描かれている。この例示的な実施例では、図 3 からの複合材料物 3 0 4 の断面図が、図 3 の 5 - 5 線に関して切り取られている。描かれているように、複合材料物 3 0 4 は、複数の層 5 0 0 から成る。複数の層 5 0 0 は、図 2 の複数の層 2 0 6 のための 1 つの実施態様の一例である。

【 0 0 9 0 】

描かれているように、複合材料物 3 0 4 は、ひだ 5 0 2 を有する。ひだ 5 0 2 は、図 2 の ひだ 2 1 2 のための 1 つの実施態様の一例である。ひだ 5 0 2 は、複数の層 5 0 0 の一

部分によって形成されている。ひだ 5 0 2 は、図 3 からのひだの軸 3 1 0 に沿った方向において直線的に延在し得る。それは、図 5 A と図 5 B のページを通して延在する。複合材料物 3 0 4 を通って伝播する超音波ビームに応じて、超音波ビームの少なくとも一部分が、複数の層 5 0 0 の各々の表面から反射される。

【 0 0 9 1 】

複数の層 5 0 0 の表面からの最も振幅が大きい反射は、その位置において複数の層 5 0 0 に対応する反射した信号を生成する。超音波ビームが、ひだ 5 0 2 において又はその近くで複合材料物 3 0 4 の中へ誘導されないときに、反射した信号は、ほぼ同じ振幅で反対方向において反射されて戻される。

【 0 0 9 2 】

図 3 及び図 4 の一連の要素 3 0 3 内の 2 つだけの開口部は、常に、複合材料物 3 0 4 からの反射した信号を受信するように構成されている。振幅と時間は、2 つだけの開口部において受信した各反射した信号に対して生成される。

【 0 0 9 3 】

その後、複合材料物 3 0 4 の中へ超音波信号を送信するために、一連の要素 3 0 3 の異なる部分を選択することによって、複合材料物 3 0 4 上の新しい位置が検査され得る。例えば、一連の要素 3 0 3 内の図 4 の要素 4 0 6 と要素 4 0 8 よりもむしろ、4 0 8 と 4 1 6 の符号が付けられた要素が使用されて、複合材料物 3 0 4 上の異なる位置において複合材料物 3 0 4 の中へ超音波ビームを送信し得る。超音波ビームは、複合材料物 3 0 4 に対して、ある角度において複合材料物 3 0 4 の中へ送信され得る。それは、複合材料物 3 0 4 に対して約 9 0 度であり得る。

【 0 0 9 4 】

このやり方では、一連の要素 3 0 3 の異なる部分が使用されて、複合材料構造物 3 0 4 上の異なる位置において、複合材料物 3 0 4 の中へ超音波信号を送信し得る。更に、超音波ビームが、検査のために予め選択された複数の位置の各々において、複合材料物 3 0 4 の中へ送信されるように、一連の要素 3 0 3 は、複合材料物 3 0 4 の外面 3 0 6 を覆うように移動され得る。このやり方では、一連の要素 3 0 3 が使用されて、複合材料物 3 0 4 を評価し得る。

【 0 0 9 5 】

複合材料物 3 0 4 を通って伝播する超音波ビームに応じて、複数の層 5 0 0 の表面から反射された反射した信号が、一連の要素 3 0 3 によって受信される。ひだ 5 0 2 は、一連の要素 3 0 3 内の一对の受信開口部によって受信された反射した信号が、異なる振幅を有することをもたらし得る。

【 0 0 9 6 】

複合材料構造物 3 0 4 の中へ超音波ビームが送信される特定の位置に対して、複数の層 5 0 0 内の各層に対する反射した信号が特定される。反射した信号は、一連の要素 3 0 3 のうちの 1 つにおいて受信した最も振幅が大きい反射として特定される。反射した信号の振幅と反射した信号の到達の時間は、その特定の位置のための位置データを生成するために使用される。検査のために予め選択された複数の位置の各々のために収集された位置データは、複合材料物 3 0 4 の画像と複合材料物 3 0 4 内のひだ 5 0 2 を生成するために使用され得る、層データを集合的に生成する。

【 0 0 9 7 】

この例示的な実施例では、外形 5 0 4 が、複合材料物 3 0 4 内のひだ 5 0 2 内の複数の層 5 0 0 のうちの 1 つの層を描いている。ひだ 5 0 2 の平面外角度は、外形 5 0 4 内で明確に見て取れる。外形 5 0 4 内で描かれている層 5 0 6 の平面外角度が変動する際に、2 つだけの受信開口部において受信した反射した信号の振幅の間の差異も変動し得る。

【 0 0 9 8 】

次に、図 6 を参照すると、例示的な一実施例による、複合材料物の図が描かれている。図 6 0 0 は、物体の複数の複合材料層のうちの層の表面の図である。この例示的な実施例では、図 5 B 内の層 5 0 6 の外形 5 0 4 が、簡略化のために示されている。

【 0 0 9 9 】

検査の間に、層 5 0 6 の、位置 6 0 2、位置 6 0 4、位置 6 0 6、及び位置 6 0 8 で、エネルギーが受信される。位置 6 0 2 は、ひだ 5 0 2 が存在しない。位置 6 0 4、位置 6 0 6、及び位置 6 0 8 は、各々、ひだ 5 0 2 内に配置されている。

【 0 1 0 0 】

位置 6 0 2、位置 6 0 4、位置 6 0 6、及び位置 6 0 8 だけが、図 6 を参照しながら説明されているが、これは限定的なものではない。位置 6 0 2、位置 6 0 4、位置 6 0 6、及び位置 6 0 8 は、説明のための例示的なポイントとしてのみ選択されている。任意の望ましい数の位置が、層 5 0 6 に沿って検査され得る。更に、検査されている位置の間の距離は、一定であり得る。

【 0 1 0 1 】

描かれているように、反射した信号 6 1 0 と反射した信号 6 1 2 は、層 5 0 6 の位置 6 0 2 から反射される。反射した信号 6 1 0 と反射した信号 6 1 2 は、ほぼ同じ振幅を有する。描かれているように、反射した信号 6 1 0 と反射した信号 6 1 2 が、ほぼ同じ振幅を有することを示すために、反射した信号 6 1 0 と反射した信号 6 1 2 の太さは、ほぼ同じである。

【 0 1 0 2 】

反射した信号 6 1 4 と反射した信号 6 1 6 は、層 5 0 6 の位置 6 0 4 から反射される。反射した信号 6 1 4 と反射した信号 6 1 6 は、異なる振幅を有する。描かれているように、反射した信号 6 1 6 の振幅が、反射した信号 6 1 4 の振幅よりも大きいことを示すために、反射した信号 6 1 6 の太さは、反射した信号 6 1 4 の太さよりも大きい。反射した信号 6 1 4 と反射した信号 6 1 6 との間の振幅における差異は、位置 6 0 4 における層 5 0 6 の平面外角度に関連する。

【 0 1 0 3 】

反射した信号 6 1 8 と反射した信号 6 2 0 は、層 5 0 6 の位置 6 0 6 から反射される。反射した信号 6 1 8 と反射した信号 6 2 0 は、異なる振幅を有する。描かれているように、反射した信号 6 2 0 の振幅が、反射した信号 6 1 8 の振幅よりも大きいことを示すために、反射した信号 6 2 0 の太さは、反射した信号 6 1 8 の太さよりも大きい。反射した信号 6 1 8 と反射した信号 6 2 0 との間の振幅における差異は、位置 6 0 6 における層 5 0 6 の平面外角度に関連する。位置 6 0 6 における層 5 0 6 の平面外角度は、位置 6 0 4 における層 5 0 6 の平面外角度よりも大きい。したがって、反射した信号 6 1 8 と反射した信号 6 2 0 との間の振幅における差異は、反射した信号 6 1 4 と反射した信号 6 1 6 との間の振幅における差異よりも大きい。

【 0 1 0 4 】

反射した信号 6 2 2 と反射した信号 6 2 4 は、層 5 0 6 の位置 6 0 8 から反射される。反射した信号 6 2 2 と反射した信号 6 2 4 は、異なる振幅を有する。描かれているように、反射した信号 6 2 2 の振幅が、反射した信号 6 2 4 の振幅よりも大きいことを示すために、反射した信号 6 2 2 の太さは、反射した信号 6 2 4 の太さよりも大きい。反射した信号 6 2 2 と反射した信号 6 2 4 との間の振幅における差異は、位置 6 0 8 における層 5 0 6 の平面外角度に関連する。

【 0 1 0 5 】

図 6 から見られ得るように、平面外角度の程度が増加すると、第 1 の受信開口部と第 2 の受信開口部において受信した反射エネルギーの振幅における差異が増加する。更に、第 2 の受信開口部に面する外形 5 0 4 の部分は、反射エネルギーを優先的に第 2 の受信開口部に向ける。更に、第 1 の受信開口部に面する外形 5 0 4 の部分は、反射エネルギーを優先的に第 1 の受信開口部に向ける。

【 0 1 0 6 】

次に、図 7 を参照すると、例示的な一実施例による、受信した信号のグラフの図が描かれている。グラフ 7 0 2 内のデータ 7 0 0 は、図 2 の一連の受信要素 2 2 4 の単一の受信開口部において受信した、位置 2 4 4 からの反射エネルギー 2 2 8 を表し得る。

【 0 1 0 7 】

グラフ 7 0 2 は、x 軸 7 0 4 と y 軸 7 0 6 を有する。X 軸 7 0 4 は、複合材料構造物のインチにおける深さを表している。Y 軸 7 0 6 は、受信した反応の振幅を表している。

【 0 1 0 8 】

線 7 0 8 は、内部和ゲートを使用して処理したデータを表している。描かれているように、線 7 0 8 は、受信した反応の大部分をカバーしている。

【 0 1 0 9 】

複数の線 7 1 0 は、受信した反応を分割する複数のステップを表している。複数のステップの各ステップは、個別に処理されている。例えば、ステップ 7 1 2 内のデータが、最初に処理される。閾値より上のステップ 7 1 2 内のデータが特定される。閾値より上のステップ 7 1 2 内のデータは保存され得る。ステップ 7 1 4 内のデータが、二番目に処理される。閾値より上のステップ 7 1 4 内のデータが特定される。閾値より上のステップ 7 1 4 内のデータは保存され得る。

【 0 1 1 0 】

ステップ 7 1 6 内のデータが、三番目に処理される。閾値より上のステップ 7 1 6 内のデータが特定される。閾値より上のステップ 7 1 6 内のデータは保存され得る。ステップ 7 1 8 内のデータが、四番目に処理される。閾値より上のステップ 7 1 8 内のデータが特定される。閾値より上のステップ 7 1 8 内のデータは保存され得る。複数のステップ内の残りのステップも、処理される。

【 0 1 1 1 】

閾値より上の複数のステップ内のデータは、オーバーレイされ得る。例えば、ステップ 7 1 2、ステップ 7 1 4、ステップ 7 1 6、及びステップ 7 1 8 内の閾値より上のデータは、全てオーバーレイされ得る。

【 0 1 1 2 】

データを全部一緒に処理する代わりに、複数のステップを個別に処理することによって、ノイズが低減され得る。結果として、複数の線 7 1 0 によって表された複数のステップを処理することによって、データの全てを一緒に処理することによるよりも、ひだが容易に特定され得る。また更に、ひだの幅は、複数の線 7 1 0 によって表された複数のステップを個別に処理することによって判定され得る。データの全てを一緒に処理することは、ノイズが多過ぎてひだの幅を判定できない場合がある。

【 0 1 1 3 】

次に、図 8 を参照すると、例示的な一実施例による、一对の受信開口部の間の差異の表面プロットの図が描かれている。3 次元画像 8 0 0 は、図 2 の 3 次元画像 2 7 6 の 1 つの実施態様の一例である。3 次元画像 8 0 0 は、図 3 の複合材料物 3 0 4 の図 5 A と図 5 B のひだ 5 0 2 を検査した後で生成された画像の一例である。

【 0 1 1 4 】

3 次元画像 8 0 0 は、図 2 の第 1 の受信開口部 2 4 8 などの第 1 の受信開口部の第 1 の開口部データと、図 2 の第 2 の受信開口部 2 5 0 などの第 2 の受信開口部の第 2 の開口部データと、の間の振幅における差異の表面プロットである。3 次元画像 8 0 0 は、図 2 の部分 2 1 5 の画像の一実施態様である。3 次元画像 8 0 0 は、ひだの一次の派生物として説明され得る。

【 0 1 1 5 】

次に、図 9 を参照すると、例示的な一実施例による、処理された差異データの表面プロットの図が描かれている。3 次元画像 9 0 0 は、図 2 の 3 次元画像 2 7 6 の 1 つの実施態様の一例である。3 次元画像 9 0 0 は、図 3 の複合材料物 3 0 4 の図 5 A と図 5 B のひだ 5 0 2 を検査した後で生成された画像の一例である。

【 0 1 1 6 】

3 次元画像 9 0 0 は、第 1 の受信開口部の第 1 の開口部データと第 2 の受信開口部の第 2 の開口部データと、の間の振幅における差異に対する直線的に補完された適合曲線の全体の表面プロットである。3 次元画像 9 0 0 は、図 1 の部分 1 1 5 の画像の一実施態様で

ある。３次元画像 900 は、ひだの輪郭として説明され得る。

【0117】

次に、図 10 を参照すると、例示的な一実施例による、幾つかの処理技術を有する平面ピークデータの図が描かれている。図 1000 は、Ｃスキャン 1002、Ｃスキャン 1004、及びＣスキャン 1006 を含む。Ｃスキャン 1002 は、アレイの同じ送信及び受信開口部を有する短い最大ピークゲートを使用して処理された複合材料物の 1 つのステップ又はスライスに対する平面ピークデータの画像である。Ｃスキャン 1002 は、ひだの表示 1008 を有する。しかし、Ｃスキャン 1002 は、更なるノイズを有する。したがって、ひだの幅を含む特性が、ひだの長さに沿って判定され得ない。

【0118】

Ｃスキャン 1004 は、複合材料物の 1 つのステップ又はスライスに対する平面ピークデータの画像である。例えば、Ｃスキャン 1004 は、図 7 のステップ 714 に対する平面ピークデータであり得る。Ｃスキャン 1004 は、これだけの 1 つのステップに対する 2 つの受信要素の間の差異を描いている。ひだの表示 1010 が、Ｃスキャン 1004 内に存在する。

【0119】

Ｃスキャン 1006 は、複数のステップに対する平面ピークデータのオーバーレイである。例えば、閾値よりも大きい差異の履歴が、現在のステップに対する平面ピークデータを用いてオーバーレイされる。例えば、Ｃスキャン 1006 は、図 7 のステップ 712 と 714 の両方に対する平面ピークデータであり得る。ひだの表示 1012 が、Ｃスキャン 1006 内に存在する。表示 1012 は、表示 1008 よりも明確に見て取れる。Ｃスキャン 1006 は、Ｃスキャン 1002 よりもノイズが少なく、したがって、効果的に表示 1012 を「強調する」。ひだの幅は、表示 1012 を使用して判定され得る。

【0120】

次に、図 11 を参照すると、例示的な一実施例による、フローチャートの形態を採る、複合材料物内のひだの幾つかの寸法を判定するためのプロセスの図が描かれている。プロセス 1100 は、図 2 の検査システム 202 内に実装され得る。図 2 の超音波探傷検査システム 232 は、プロセス 1100 を使用して、複合材料物 208 を検査し得る。図 3 の超音波探傷検査システム 302 は、プロセス 1100 を使用して、複合材料物 304 を検査し得る。プロセス 1100 は、図 1 の航空機 100 の構成要素を検査するために実施され得る。

【0121】

２つだけの受信開口部が、時間内の所与のポイントにおいて受信するように構成されるように、プロセス 1100 は、一連の受信要素を構成する（動作 1102）。プロセス 1100 は、一連の送信要素を使用して、物体の中へエネルギーを送信する（動作 1104）。

【0122】

物体内の複数の層から反射されたエネルギーの一部分に応じて、プロセス 1100 が、一連の受信要素の 2 つだけの受信開口部において反射エネルギーを受信する（動作 1106）。一連の受信要素の 2 つだけの受信開口部において受信した反射エネルギーに基づいて、プロセス 1100 が、物体内のひだの幾つかの寸法を判定する（動作 1108）。その後、本プロセスは終了する。ある実施例では、ひだの幾つかの寸法が、ひだの幅を含む。

【0123】

ある実施例では、２つだけの受信開口部が、第 1 の受信開口部と第 2 の受信開口部を含む。これらの実施例では、ひだの幾つかの寸法を判定することが、第 1 の受信開口部において受信した反射エネルギーと第 2 の受信開口部において受信した反射エネルギーとの間の振幅における差異を判定することを含む。

【0124】

ある実施例では、ひだの幾つかの寸法を判定することが、その差異を使用して、物体内

の複数の層のうちの層の角度を判定することを更に含む。他の実施例では、ひだの寸法を判定することが、振幅における差異が閾値よりも大きいかな否かを判定すること、及び物体に対する閾値よりも大きい振幅における全ての差異の画像を表示することを更に含む。

【0125】

次に、図12を参照すると、例示的な一実施例による、フローチャートの形態を採る、複合材料物を検査するためのプロセスの図が描かれている。プロセス1200は、図2の検査システム202内に実装され得る。図2の超音波探傷検査システム232は、プロセス1200を使用して、図2の複合材料物208を検査し得る。図3の超音波探傷検査システム302は、プロセス1200を使用して、複合材料物304を検査し得る。プロセス1200は、図1の航空機100の構成要素を検査するために実施され得る。

【0126】

一対だけの受信開口部が、時間内の所与のポイントにおいて受信するように構成されるように、プロセス1200が、一連の受信要素を構成する(動作1202)。送信開口部が、一連の要素の一対の受信開口部の間のほぼ中心に配置されるように、プロセス1200が、一連の要素を構成する(動作1204)。プロセス1200は、送信開口部を使用して、物体の中へエネルギーを送信する(動作1206)。

【0127】

物体内の複数の層から反射されたエネルギーの一部分に応じて、プロセス1200が、一対の受信開口部において反射エネルギーを受信する(動作1208)。その後、本プロセスは終了する。

【0128】

ある例示的な実施例では、一対の受信開口部が、第1の受信開口部と第2の受信開口部を含む。これらの実施例では、プロセス1200が、第1の受信開口部において受信した反射エネルギーと第2の受信開口部において受信した反射エネルギーとの間の振幅における差異を判定することを更に含み得る。

【0129】

プロセス1200は、振幅における差異が閾値よりも大きいかな否かを判定することを更に含み得る。プロセス1200は、物体からの閾値よりも大きい振幅における差異の画像を表示することもまた更に含み得る。ある例示的な実施例では、プロセス1200が、振幅における差異を使用して、物体内のひだの幅を判定することを含む。

【0130】

異なる描かれた実施例におけるフローチャートとブロック図は、例示的な一実施例における装置及び方法の幾つかの可能な実施態様の、構造、機能、及び動作を示している。これに関して、フローチャート又はブロック図の各ブロックは、1つの動作又はステップの1つのモジュール、セグメント、機能及び/又は部分を表わすことができる。

【0131】

例示的な一実施例の幾つかの代替的な実施態様では、ブロックに記載された1以上の機能が、図中に記載の順序を逸脱して起こり得る。例えば、場合によっては、連続して示されている2つのブロックが実質的に同時に実行されること、又は時には含まれる機能に応じてブロックが逆順に実施されることもあり得る。また、フローチャート又はブロック図に描かれているブロックに加えて、他のブロックが追加されることもある。

【0132】

例えば、プロセス1100では、2つだけの受信開口部の各々が、単一の受信要素を含む。ある実施例では、プロセス内の一連の受信要素を構成することが、2つの受信開口部のうちの第1の受信開口部と第2の受信開口部との間に14個の要素が配置されるように、一連の受信要素を構成することを含む。

【0133】

ある例示的な実施例では、一連の受信要素と一連の送信要素が、同じ一連の要素である。これらの実施例では、図11のプロセス1100が、第1の受信開口部と第2の受信開口部との間の中心に配置された送信開口部からエネルギーが送信されるように、一連の送

信要素を構成することを更に含み得る。送信開口部は、任意の望ましい数の送信要素を含む。一実施例では、幾つかの送信要素が、一対の送信要素である。

【0134】

次に、図13を参照すると、例示的な一実施例による、ブロック図の形態を採る、データ処理システムの図が描かれている。データ処理システム1300を使用して、図2のコンピュータシステム258を実施することができる。データ処理システム1300は、図3で説明されたデータを処理し、図4～図8で描かれた出力を表示するために使用され得る。描かれているように、データ処理システム1300は、通信フレームワーク1302を含み、これによってプロセッサユニット1304、記憶デバイス1306、通信ユニット1308、入力/出力ユニット1310、及びディスプレイ1312の間で通信を提供する。ある場合では、通信フレームワーク1302が、バスシステムとして実装されてもよい。

【0135】

プロセッサユニット1304は、幾つかの動作を実行するソフトウェアに対する指示命令を実行するように構成されている。プロセッサユニット1304は、実装に応じて、幾つかのプロセッサ、マルチプロセッサコア、及び/又は他の何らかの種類のプロセッサを備える。ある場合では、プロセッサユニット1304は、回路システム、特定用途向け集積回路(ASIC)、プログラマブル論理デバイスなどのハードウェアユニット、又は他の好適な種類のハードウェアユニットの形態をとってもよい。

【0136】

プロセッサユニット1304によって実行されるオペレーティングシステム、アプリケーション、及び/又はプログラムに対する指示命令は、記憶デバイス1306内に配置され得る。記憶デバイス1306は、通信フレームワーク1302を介してプロセッサユニット1304と通信を行ってもよい。本明細書で使用されるように、記憶デバイスはまた、コンピュータ可読記憶デバイスと称されることもあり、一時的に及び/又は永続的に情報を記憶することができる任意のハードウェアである。この情報は、限定するものではないが、データ、プログラムコード、及び/又は他の情報を含み得る。

【0137】

メモリ1314及び固定記憶域1316は、記憶デバイス1306の一例である。メモリ1314は、例えば、ランダムアクセスメモリ又は何らかの種類の揮発性または不揮発性の記憶デバイスの形態を採り得る。固定記憶域1316は、任意の数の構成要素又はデバイスを含み得る。例えば、固定記憶域1316は、ハードドライブ、フラッシュメモリ、書換え可能な光ディスク、書換え可能な磁気テープ、又は上記の何らかの組み合わせを含み得る。固定記憶域1316によって使用される媒体は着脱式であってもよく、着脱式でなくともよい。

【0138】

データ処理システム1300は、通信ユニット1308により他のデータ処理システム及び/又はデバイスと通信することができる。通信ユニット1308は、物理的な及び/又は無線の通信リンクを用いて通信することができる。

【0139】

入力/出力ユニット1310は、データ処理システム1300に接続された他のデバイスとの間で、入力の受信及び出力の送信を可能にする。例えば、入力/出力ユニット1310は、キーボード、マウス、及び/又は他の何らかの種類の入力デバイスを通じて、ユーザ入力の受信を可能にする。別の例として、入出力ユニット1310は、データ処理システム1300に接続されたプリンタに出力を送信することができる。

【0140】

ディスプレイ1312は、ユーザに対して情報を表示するように構成される。ディスプレイ1312は、例えば、限定するものではないが、モニタ、タッチスクリーン、レーザーディスプレイ、ホログラフィックディスプレイ、仮想表示デバイス、及び/又は他の何らかの種類のディスプレイデバイスを含み得る。

【 0 1 4 1 】

この例示的な実施例では、異なる例示的な実施形態のプロセスは、コンピュータに実装される指示命令を使用してプロセッサユニット 1 3 0 4 によって実施されてもよい。これらの指示命令は、プログラムコード、コンピュータで使用可能なプログラムコード、又はコンピュータ可読プログラムコードと呼ばれ、プロセッサユニット 1 3 0 4 内の 1 以上のプロセッサによって読取及び実行される。

【 0 1 4 2 】

これらの例では、プログラムコード 1 3 1 8 は、選択的に着脱可能でコンピュータ可読媒体 1 3 2 0 上に機能的な形態で配置され、プロセッサユニット 1 3 0 4 での実行用のデータ処理システム 1 3 0 0 に読み込み又は転送することができる。プログラムコード 1 3 1 8 及びコンピュータ可読媒体 1 3 2 0 は、コンピュータプログラム製品 1 3 2 2 を形成する。この説明例では、コンピュータ可読媒体 1 3 2 0 は、コンピュータ可読記憶媒体 1 3 2 4 又はコンピュータ可読信号媒体 1 3 2 6 であってもよい。

【 0 1 4 3 】

コンピュータ可読記憶媒体 1 3 2 4 は、プログラムコード 1 3 1 8 を伝搬または伝送する媒体というよりはむしろ、プログラムコード 1 3 1 8 を記憶するために使用される物理的な又は有形の記憶デバイスである。コンピュータ可読記憶媒体 1 3 2 4 は、例えば、限定するものではないが、データ処理システム 1 3 0 0 に接続される光又は磁気ディスク或いは固定記憶デバイスの形態を採り得る。

【 0 1 4 4 】

代替的に、プログラムコード 1 3 1 8 は、コンピュータ可読信号媒体 1 3 2 6 を使用してデータ処理システム 1 3 0 0 に転送可能である。コンピュータ可読信号媒体 1 3 2 6 は、例えば、プログラムコード 1 3 1 8 を含む伝播されたデータ信号であってもよい。このデータ信号は、物理的及び / 又は無線の通信リンクを介して伝送されうる、電磁信号、光信号、及び / 又は他の何らかの種類の信号であってもよい。

【 0 1 4 5 】

図 1 3 のデータ処理システム 1 3 0 0 の図は、例示的な実施形態が実装されるやり方に対する、構造的な制限を提示することを意図している訳ではない。種々の例示的な実施形態は、データ処理システム 1 3 0 0 に対して図解されている構成要素に対して追加的又は代替的な構成要素を含むデータ処理システム 1 3 0 0 内に実装され得る。更に、図 1 3 に示した構成要素は、例示的な実施例と異なることがある。

【 0 1 4 6 】

本開示の例示的な例は、図 1 4 に示す航空機の製造及び保守方法 1 4 0 0、並びに図 1 5 に示す航空機 1 5 0 0 に関連して説明されている。まず、図 1 4 を参照すると、例示的な一実施形態による、航空機の製造及び保守方法が図示されている。製造前の段階で、航空機の製造及び保守方法 1 4 0 0 は、航空機 1 5 0 0 の仕様及び設計 1 4 0 2、並びに材料の調達 1 4 0 4 を含み得る。

【 0 1 4 7 】

製造段階では、航空機 1 5 0 0 の構成要素及びサブアセンブリの製造 1 4 0 6 とシステムインテグレーション 1 4 0 8 とが行われる。その後、航空機 1 5 0 0 は認可及び納品 1 4 1 0 を経て運航 1 4 1 2 に供される。顧客による運航 1 4 1 2 中に、航空機 1 5 0 0 は、定期的な整備および保守 1 4 1 4 (改造、再構成、改修、およびその他の整備または保守を含み得る) がスケジュールリングされる。

【 0 1 4 8 】

航空機の製造及び保守方法 1 4 0 0 の各プロセスは、システム組立業者、第三者、及び / 又は作業員によって実施又は実行されてもよい。これらの例では、作業員は顧客であってもよい。本明細書の目的では、システムインテグレータは、限定されないが、任意の数の航空機製造業者、及び主要システムの下請業者を含み得、第三者は、限定されないが、任意の数のベンダー、下請業者、及び供給業者を含み得、作業員は、航空会社、リース会社、軍事団体、サービス機関などであり得る。

【 0 1 4 9 】

次に、図 1 5 を参照すると、例示的な一実施形態が実装可能な航空機の図が描かれている。この例では、航空機 1 5 0 0 が、図 1 4 の航空機の製造及び保守方法 1 4 0 0 によって製造され、且つ、複数のシステム 1 5 0 4 及び内装 1 5 0 6 を備えた機体 1 5 0 2 を含み得る。システム 1 5 0 4 の例には、推進システム 1 5 0 8、電気システム 1 5 1 0、油圧システム 1 5 1 2、及び環境システム 1 5 1 4 のうちの 1 以上が含まれる。任意の数の他のシステムが含まれてよい。航空宇宙産業の例が示されたが、様々な例示的な実施例は、自動車産業などの他の産業にも応用可能である。

【 0 1 5 0 】

本明細書で具現化される装置および方法は、図 1 4 の航空機の製造および点検方法 1 4 0 0 のうちの少なくとも 1 つの段階で採用可能である。1 以上の例示的な実施例は、図 1 4 の構成要素及びサブアセンブリの製造 1 4 0 6 中に使用され得る。例えば、図 2 の超音波探傷検査システム 3 0 2 は、構成要素及びサブアセンブリの製造 1 4 0 6 の間に、複合材料構造物を検査するために使用され得る。例えば、航空機 1 5 0 0 の複合構造体は、図 2 の超音波探傷検査システム 2 3 2 を使用して、航空機 1 5 0 0 のための構成要素及びサブアセンブリの製造 1 4 0 6 の間に、検査され得る。

【 0 1 5 1 】

更に、本開示には下記の条項による実施形態が含まれる。

条項 1

2 つだけの受信開口部が時間内の所与のポイントにおいて受信するように構成されるように、一連の受信要素を構成すること、

一連の送信要素を使用して物体の中へエネルギーを送信すること、

前記物体内の複数の層から反射された前記エネルギーの一部分に応じて、前記一連の受信要素のうちの前記 2 つだけの受信開口部において反射エネルギーを受信すること、及び前記一連の受信要素のうちの前記 2 つだけの受信開口部において受信した前記反射エネルギーに基づいて、前記物体内のひだの幾つかの寸法を判定することを含む、方法。

条項 2

前記 2 つだけの受信開口部が、第 1 の受信開口部と第 2 の受信開口部を含み、前記ひだの前記幾つかの寸法を判定することが、

前記第 1 の受信開口部において受信した前記反射エネルギーと前記第 2 の受信開口部において受信した前記反射エネルギーとの間の振幅における差異を判定することを含む、条項 1 に記載の方法。

条項 3

前記ひだの前記幾つかの寸法を判定することが、

前記差異を使用して、前記物体内の前記複数の層のうちの層の角度を判定することを更に含む、条項 2 に記載の方法。

条項 4

前記ひだの前記幾つかの寸法を判定することが、

前記振幅における差異が閾値よりも大きいかな否かを判定すること、及び

前記物体に対する前記閾値よりも大きい振幅における全ての差異の画像を表示することを更に含む、条項 2 に記載の方法。

条項 5

前記ひだの前記幾つかの寸法が、前記ひだの幅を含む、条項 1 に記載の方法。

条項 6

前記 2 つだけの受信開口部の各々が、単一の受信要素を含む、条項 1 に記載の方法。

条項 7

前記一連の受信要素を構成することが、前記 2 つだけの受信開口部のうちの第 1 の受信開口部と第 2 の受信開口部との間に 1 4 個の要素が配置されるように、前記一連の受信要素を構成することを含む、条項 1 に記載の方法。

条項 8

前記一連の受信要素と前記一連の送信要素が、同じ一連の要素であり、前記方法が、前記 2 つだけの受信開口部のうちの第 1 の受信開口部と第 2 の受信開口部の間の中心に配置された送信開口部から、前記エネルギーが送信されるように、前記一連の送信要素を構成することを更に含む、条項 1 に記載の方法。

条項 9

前記送信開口部が、一对の送信要素である、条項 8 に記載の方法。

条項 10

物体上の複数の位置にエネルギーを送信するように構成された、一連の送信要素、前記物体から反射された前記エネルギーの少なくとも一部分を反射エネルギーとして受信するように構成された 2 つだけの受信開口部を有する、一連の受信要素、及び前記反射エネルギーに基づいて、前記物体内のひだの幅を判定するように構成された、プロセッサユニットを備える、装置。

条項 11

前記一連の受信要素と前記一連の送信要素が、同じ一連の要素である、条項 10 に記載の装置。

条項 12

前記 2 つだけの受信開口部が、第 1 の受信開口部と第 2 の受信開口部を含み、前記一連の送信要素の送信開口部が、前記第 1 の受信開口部と前記第 2 の受信開口部との間の中心に配置されている、条項 11 に記載の装置。

条項 13

前記第 1 の受信開口部と前記第 2 の受信開口部が、各々、単一の受信要素を含む、条項 12 に記載の装置。

条項 14

前記プロセッサユニットが、前記ひだが合格品質であるか否かを判定するように更に構成されている、条項 10 に記載の装置。

条項 15

前記物体が、複数の複合材料層から成る複合材料物である、条項 10 に記載の装置。

条項 16

一对だけの受信開口部が時間内の所与のポイントにおいて受信するように構成されるように、一連の要素を構成すること、

前記一連の要素のうちの前記一对の受信開口部の間のほぼ中心に、送信開口部が配置されるように、前記一連の要素を構成すること、

前記送信開口部を使用して物体の中へエネルギーを送信すること、及び

前記物体内の複数の層から反射された前記エネルギーの一部分に応じて、前記一对の受信開口部において反射エネルギーを受信することを含む、方法。

条項 17

前記一对の受信開口部が、第 1 の受信開口部と第 2 の受信開口部を含み、前記方法が、前記第 1 の受信開口部において受信した前記反射エネルギーと前記第 2 の受信開口部において受信した前記反射エネルギーとの間の振幅における差異を判定することを更に含む、条項 16 に記載の方法。

条項 18

前記振幅における差異が閾値よりも大きいかな否かを判定することを更に含む、条項 17 に記載の方法。

条項 19

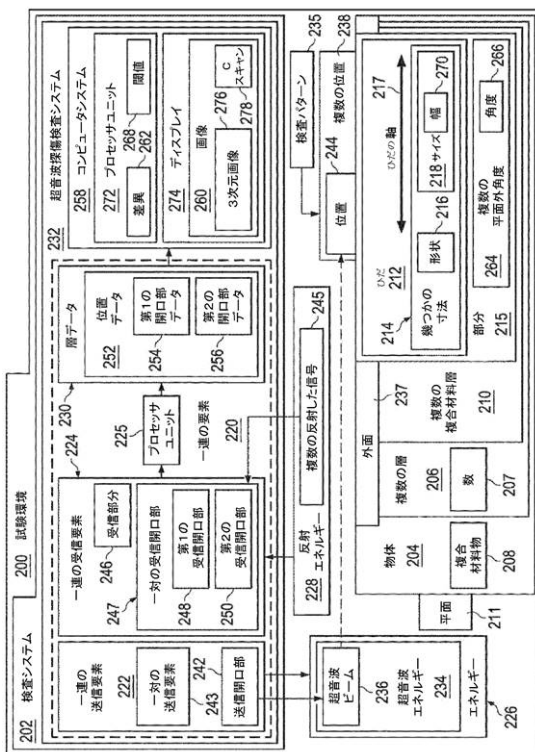
前記物体からの前記閾値よりも大きい振幅における差異の画像を表示することを更に含む、条項 18 に記載の方法。

条項 20

前記振幅における差異を使用して、前記物体内のひだの幅を判定することを更に含む、条項 17 に記載の方法。

【 0 1 5 2 】

【誤訳訂正3】
 【訂正対象書類名】図面
 【訂正対象項目名】図2
 【訂正方法】変更
 【訂正の内容】
 【図2】



【誤訳訂正 4】
 【訂正対象書類名】図面
 【訂正対象項目名】図 1 1
 【訂正方法】変更
 【訂正の内容】

【図 11】

