

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-109492

(P2009-109492A)

(43) 公開日 平成21年5月21日(2009.5.21)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G 0 1 B</b> 11/02 (2006.01)	G 0 1 B 11/02 H	2 F 0 6 5
<b>G 0 6 T</b> 1/00 (2006.01)	G 0 6 T 1/00 3 0 0	2 G 0 5 1
<b>G 0 1 B</b> 11/24 (2006.01)	G 0 1 B 11/24 K	5 B 0 5 7
<b>G 0 1 N</b> 21/94 (2006.01)	G 0 1 N 21/94	

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2008-270661 (P2008-270661)	(71) 出願人	500520743
(22) 出願日	平成20年10月21日 (2008.10.21)		ザ・ボーイング・カンパニー
(31) 優先権主張番号	11/927, 115		The Boeing Company
(32) 優先日	平成19年10月29日 (2007.10.29)		アメリカ合衆国、60606-1596
(33) 優先権主張国	米国 (US)		イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサイド・プラザ、100
		(74) 代理人	100064746
			弁理士 深見 久郎
		(74) 代理人	100085132
			弁理士 森田 俊雄
		(74) 代理人	100083703
			弁理士 仲村 義平
		(74) 代理人	100096781
			弁理士 堀井 豊

最終頁に続く

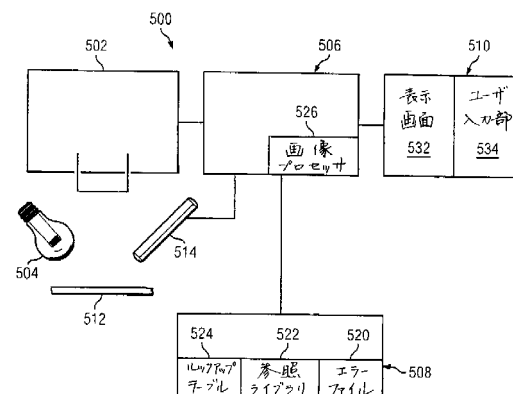
(54) 【発明の名称】 複合構造の作製中に累積異物指標を求めるための方法およびシステム

## (57) 【要約】

【課題】複合構造の作製中に累積異物指標を求めるための方法およびシステムを提供する。

【解決手段】複合構造の連続したセグメントの画像を、複合構造の配置中に記録することができる。これらの記録した画像を分析して、複合構造上の異物を検出することができる。複合構造上で検出された異物の累積異物指標を求めることができ、この累積異物指標を、ユーザに提供することができる。これにより、複合構造の作製中に累積異物指標を求めるための方法およびシステムを提供することができる。

【選択図】図5



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

複合構造の作製中に累積異物指標を求めるための方法であって、  
前記複合構造の配置中に複合構造の連続したセグメントの画像を記録するステップと、  
前記複合構造上の異物を検出するために前記記録された画像を分析するステップと、  
前記複合構造上で検出された異物の累積異物指標を求めるステップと、  
前記累積異物指標をユーザに提供するステップとを含む、方法。

**【請求項 2】**

前記複合構造上の異物を検出するために前記記録された画像を分析するステップは、  
前記複合構造上で検出された各々の異物の寸法属性を求めるために各々の記録された画  
像を分析するステップと、  
前記求められた寸法属性から、前記複合構造上で検出された各々の異物の種類を識別す  
るステップとを含む、請求項 1 に記載の方法。 10

**【請求項 3】**

前記複合構造上で検出された各々の異物の寸法属性を求めるために各々の記録された画  
像を分析するステップは、  
前記複合構造上で検出された各々の異物の長さ、高さおよび形状を求めるために各々の  
記録された画像を分析するステップを含む、請求項 2 に記載の方法。

**【請求項 4】**

前記複合構造上で検出された異物の累積異物指標を求めるステップは、  
前記複合構造上で検出された異物の累積合計を求めるステップを含む、請求項 1 から 3  
のいずれかに記載の方法。 20

**【請求項 5】**

前記複合構造上で検出された異物の累積合計を求めるステップは、  
前記複合構造上で単位面積当たりで検出された異物の累積合計を求めるステップを含む  
、請求項 4 に記載の方法。

**【請求項 6】**

前記複合構造上で検出された異物の累積異物指標を求めるステップは、  
前記複合構造上で検出された各々の種類の異物についての累積合計を求めるステップを  
含む、請求項 2 に記載の方法。 30

**【請求項 7】**

前記複合構造上で検出された各々の種類の異物についての累積合計を求めるステップは  
、  
前記複合構造上で単位面積当たりで検出された各々の種類の異物についての累積合計を  
求めるステップを含む、請求項 6 に記載の方法。

**【請求項 8】**

前記複合構造上で検出された異物の累積異物指標を求めるステップは、  
前記複合構造上で検出された異物の現在数を維持するステップを含む、請求項 1 から 7  
のいずれかに記載の方法。

**【請求項 9】**

複合構造の作製中に累積異物指標を求めるためのシステムであって、  
前記複合構造の配置中に複合構造の連続したセグメントの画像を記録するための視覚シ  
ステムと、  
前記複合構造上の異物を検出するために前記記録された画像を分析し、前記複合構造上  
で検出された異物の累積異物指標を求めるためのプロセッサと、  
累積異物指標をユーザに提供するための出力部とを備える、システム。 40

**【請求項 10】**

照明システムをさらに備え、前記照明システムは、  
連続したセグメントによって規定された区域を照らすための視認可能な光源と、  
連続したセグメントの狭い細片を照らすための複数のレーザ光源とを含む、請求項 9 に 50

記載のシステム。

【請求項 1 1】

前記プロセッサは、前記複合構造上で検出された各々の異物の寸法属性を求めるために各々の記録された画像を分析し、求められた寸法属性から前記複合構造上で検出された各々の異物の種類を識別することにより、前記複合構造上の異物を検出するために前記記録された画像を分析する、請求項 9 または 1 0 に記載のシステム。

【請求項 1 2】

各々の異物の寸法属性は、各々の異物の長さ、高さおよび形状を含む、請求項 1 1 に記載のシステム。

【請求項 1 3】

前記複合構造上で検出された異物の累積異物指標は、前記複合構造上で検出された異物の累積合計を含む、請求項 9 から 1 2 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 1 4】

前記複合構造上で検出された異物の累積異物指標は、前記複合構造上で検出された各々の種類の異物についての累積合計を含む、請求項 1 1 または 1 2 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

この開示は一般に、複合構造の作製に関し、より特定のには、複合構造の作製中に累積する異物の指標を求めるための方法およびシステムに関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

航空機および他の用途のための複合構造が、何年もの間公知であり、これらを多くの異なる態様で作製することができる。複合構造を作製するための 1 つの有利な技術が、繊維およびテープ配置プロセスである。従来技術によると、複合撚線またはタウ系としても公知の複合樹脂材料の 1 本以上のリボンが、材料配置機械により基板上にレイアップ (lay up) される。この基板は、工具またはマンドレルであり得るが、先にレイアップされて圧縮された複合材料の 1 つ以上の下地プライであってもよい。

【0 0 0 3】

従来の配置プロセスは、圧縮ローラとともに熱源を利用して、圧縮ローラのニップにおいて、リボンまたはタウ系を基板上に配設する。より特定のには、材料配置機械が基板を横切って移動するのに伴い、複合樹脂材料のリボンまたはタウ系と下地基板とをニップにおいて加熱して樹脂材料の粘着性を高める一方で、樹脂材料には圧縮ローラによる圧縮力をかけて、複合樹脂材料の細片または列を基板に付着させる。

【0 0 0 4】

複合構造を形成するために、複数の列の複合材料を並べてレイアップして、複合材料の第 1 のプライまたは層を形成する。次に、同様の複数の列の複合材料を第 1 の層の表面に配設して、第 1 の層上に第 2 の層を形成することができる。このプロセスは、所望の数の層が互いの上に形成されるまで繰返される。このようにして、複合構造は、当該複合構造が完成するまで、列ごとおよび層ごとに作製され得る。

【0 0 0 5】

複合材料の列が材料配置機械によりレイアップされるのに伴い、異物およびゴミ (F O D (Foreign Objects and Debris)) が複合構造の表面上に蓄積し得る。F O D は、たとえば以下のものに限定されないが、樹脂ボール、繊維束、および裏打ち材料片を含み得る。

【0 0 0 6】

列のレイアップ中に F O D が生じるとき、この F O D を検出し、次の層が形成される前に、現在形成されている層の表面から除去することが望ましい。なぜなら、F O D が除去されない場合、隣接する層間に埋込まれてしまい、このことが望ましくないと考えられるためである。F O D を除去しないと、最終的な複合構造において、隆起および他の不整合

10

20

30

40

50

を生じるおそれもある。したがって、列をレイアップして層を形成している間に、FODの存在をリアルタイムで検出し、それにより、次の層が形成される前に当該FODを除去し得ることが望ましい。

【0007】

現行のシステムは、離散した異物の発生を検出して、それらをなくすることができる。しかしながら、FODの検出に関し、累積判断を行なうことも望ましい。たとえば以下のものに限定されないが、複合構造の作製中に検出されるFODの総数に関し、または、当該構造の作製中に検出されるFODの各種類の総数に関し、累積判断を行なうことが望ましい。このような情報は、材料配置機械または複合構造作製プロセスの全体に関して問題となる区域(area)を識別する際に有用であり得、このような異物の発生を減じるため、および他の理由のために、適切な調節または変更の実施を可能にする。

10

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0008】

この開示の実施例は、複合構造の作製中に累積異物指標を求めるための方法を提供する。複合構造の連続したセグメントの画像は、当該複合構造の配置中に記録され得る。記録された画像は、複合構造上の異物を検出するために分析され得る。複合構造上で検出された異物の累積異物指標が求められ、当該累積異物指標がユーザに提供され得る。

【0009】

この開示のさらなる実施例は、複合構造の作製中に累積異物指標を求めるためのシステムを提供する。当該システムは、複合構造の配置中に複合構造の連続したセグメントの画像を記録するための視覚システムと、当該複合構造上の異物を検出するために記録された画像を分析し、複合構造上で検出された異物の累積異物指標を求めるためのプロセッサとを含む。当該システムはまた、累積異物指標をユーザに提供するための出力部を含み得る。

20

【0010】

この開示のさらなる実施例は、複合構造の作製中に累積異物指標を求めるための方法を提供する。作製されている複合構造の層のある列に沿った連続したセグメントの画像が当該列の配置中に記録され得る。各々の記録された画像は、当該列の各セグメント上で検出された各々の異物の寸法属性を求めるために分析され得る。当該列の各セグメント上で検出された各々の異物の種類が、求められた寸法属性から識別され、識別された各々の種類の異物についての累積異物指標が求められ得る。当該累積異物指標がユーザに提供され得る。

30

【0011】

この開示のさらなる実施例は、繊維およびテープ配置プロセスにより複合構造の作製中に当該複合構造上に蓄積した異物についての累積異物指標を求めるための方法を提供する。累積異物指標の生成時に用いられるべきパラメータに関するユーザ入力情報が受信され得る。複合構造の配置中に当該複合構造の連続したセグメントの画像が記録され得、各々の記録された画像が、各々の記録された画像の識別情報とともに記憶され得る。各々の記録された画像は、複合構造の連続したセグメント上で検出された各々の異物の寸法属性を求めるために分析され得、連続したセグメント上で検出された各々の異物の種類が、当該求められた寸法属性から識別され得る。各々の異物の種類は樹脂ボール、繊維束および裏打ち材料片のうちの1つを含む。識別された異物についての累積異物指標が求められ得る。この場合、累積異物指標は、検出された異物の累積合計、および、検出された各々の種類の異物についての累積合計のうちの少なくとも1つを含み、求められた累積異物指標がユーザに提供され得る。

40

【0012】

この開示のさらなる実施例は、繊維およびテープ配置プロセスにより複合構造の作製中に複合構造上に蓄積した異物についての累積異物指標を求めるためのシステムを提供する。当該システムは、累積異物指標の生成時に用いられるべきパラメータに関するユーザ入

50

力情報を受信するためのユーザ入力部を含み得る。当該システムはまた、複合構造の配置中に当該複合構造の連続したセグメントの画像を記録するための視覚システムと、各々の記録された画像の識別情報とともに各々の記録された画像を記憶するためのメモリとを含み得る。当該システムはまた、複合構造の連続したセグメント上で検出された各々の異物の寸法属性を求めるために各々の記録された画像を分析し、求められた寸法属性から当該連続したセグメント上で検出され、樹脂ボール、繊維束および裏打ち材料片のうちの1つを含む各々の異物の種類を識別し、識別された異物についての累積異物指標を求めるためのプロセッサを含み得る。この場合、累積異物指標は、検出された異物の累積合計、および、検出された各々の種類の異物についての累積合計のうちの少なくとも1つを含む。ディスプレイは、求められた累積異物指標をユーザに提供し得る。

10

【0013】

好ましくは、異物の種類は樹脂ボール、繊維束および裏打ち材料片を含む。

好ましくは、複合構造の連続したセグメントは、複合構造の層のある列に沿った連続したセグメントを含む。

【0014】

好ましくは、視覚システムは少なくとも1つのカメラを含む。

好ましくは、撮像される複合構造の連続したセグメントを照らすための照明システムをさらに含む。

【0015】

好ましくは、異物の種類は、樹脂ボール、繊維束および裏打ち材料片を含む。

20

この開示のさらなる実施例は、複合構造の作製中に累積異物指標を求めるための方法を提供する。当該方法は、複合構造の層の列の配置中に、作製されている当該複合構造の層の列の連続したセグメントの画像を記録するステップと、当該列の各セグメント上で検出された各々の異物の寸法属性を求めるために各々の記録された画像を分析するステップと、求められた寸法属性から当該列の各セグメント上で検出された各々の異物の種類を識別するステップと、各々の識別された種類の異物についての累積異物指標を求めるステップと、累積異物指標をユーザに提供するステップとを含む。

【0016】

この開示のさらなる実施例は、繊維およびテープ配置プロセスによって複合構造の作製中に複合構造上に蓄積した異物についての累積異物指標を求めるための方法を提供する。当該方法は、累積異物指標の生成時に用いられるべきパラメータに関するユーザ入力情報を受信するステップと、複合構造の配置中に当該複合構造の連続したセグメントの画像を記録するステップと、各々の記録された画像の識別情報とともに各々の記録された画像を記憶するステップと、複合構造の連続したセグメント上で検出された各々の異物の寸法属性を求めるために各々の記録された画像を分析するステップと、求められた寸法属性から、連続したセグメント上で検出された各々の異物の種類を識別するステップとを含み、各々の異物の種類は、樹脂ボール、繊維束および裏打ち材料片のうちの1つを含む。当該方法はさらに、識別された異物についての累積異物指標を求めるステップを含み、当該累積異物指標は、検出された異物の累積合計、および、検出された各々の種類の異物についての累積合計のうちの少なくとも1つを含む。当該方法はさらに、求められた累積異物指標をユーザに提供するステップを含む。

30

40

【0017】

この開示のさらなる実施例は、繊維およびテープ配置プロセスによって複合構造の作製中に複合構造上に蓄積した異物についての累積異物指標を求めるためのシステムを提供する。当該システムは、累積異物指標の生成時に用いられるべきパラメータに関するユーザ入力情報を受信するためのユーザ入力部と、複合構造の配置中に複合構造の連続したセグメントの画像を記録するための視覚システムと、各々の記録された画像の識別情報とともに各々の記録された画像を記憶するためのメモリと、複合構造の連続したセグメント上で検出された各々の異物の寸法属性を求めるために各々の記録された画像を分析し、求められた寸法属性から当該連続したセグメント上で検出され、樹脂ボール、繊維束および裏打

50

ち材料片のうちの１つを含む各々の異物の種類を識別し、識別された異物についての累積異物指標を求めるためのプロセッサと、求められた累積異物指標をユーザに提供するためのディスプレイとを含む。

【００１８】

これらの特徴、機能および利点は、この開示のさまざまな実施例において独立して達成可能であるか、または、以下の説明および添付の図面を参照するとさらなる詳細が明らかになるさらに他の実施例において組合されてもよい。

【００１９】

有利な実施例についての新規な特徴と考えられる特性が添付の特許請求の範囲に述べられる。しかしながら、有利な実施例、好ましい使用モード、そのさらなる目的および利点は、添付の図面に関連付けて読まれると、この開示の有利な実施例の以下の詳細な説明を参照することにより最もよく理解されるだろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【００２０】

図面をより具体的に参照し、図１に示す、航空機を製造して実際に使用する方法１００と、図２に示す航空機２００とに関して、この開示の実施例を説明することができる。まず図１を見ると、航空機を製造して実際に使用する方法を示す図が、有利な実施例に従って示される。生産前において、例示的な、航空機を製造して実際に使用する方法１００は、図２の航空機２００の仕様および設計（１０２）と、材料の調達（１０４）とを含み得る。生産中において、図２の航空機２００の部品およびサブアセンブリの製造（１０６）と、システム統合（１０８）とが行なわれる。その後、図２の航空機は、実際の使用（１１２）に供されるために、認証および配送（１１０）を経ることが考えられる。図２の航空機２００は、顧客により実際の使用に供される間、日常的な整備および点検（１１４）のためにスケジュール設定され、この整備および点検（１１４）は、修正、再構成、改装、および他の整備または点検を含み得る。

【００２１】

航空機を製造して実際に使用する方法１００のプロセスの各々は、システムインテグレータ、第三者、および／またはオペレータにより実施または施行され得る。この例において、オペレータは顧客であり得る。この説明のために、システムインテグレータは、以下のものに限定されないが、任意の数の航空機製造業者および主要システムのサブコントラクタ（下請業者）を含み得、第三者は、以下のものに限定されないが、任意の数の販売業者、下請業者、および供給業者を含み得、オペレータは、航空会社、リース会社、軍部、サービス組織等であり得る。

【００２２】

次に図２を参照すると、有利な実施例が実現され得る航空機の図が示される。この例において、航空機２００は、図１の、航空機を製造および実際に使用する方法１００により生産され、複数のシステム２０４および内装２０６とともに機体２０２を含み得る。システム２０４の例は、推進力システム２０８、電気システム２１０、油圧システム２１２、および環境システム２１４の１つ以上を含む。任意の数の他のシステムが含まれてよい。航空宇宙産業の例を示しているが、他の産業、たとえば自動車産業および船舶建造産業に対し、異なる有利な実施例を適用してもよい。

【００２３】

本明細書で実施する機器および方法は、図１の、航空機を製造して実際に使用する方法１００の１つ以上の段階のいずれかにおいて使用され得る。たとえば、図１の、部品およびサブアセンブリの製造（１０６）で生産される部品またはサブアセンブリは、図１において航空機２００が実際の使用（１１２）に供されている間に修繕または修正される部品またはサブアセンブリと同様の状態で、作製または製造され得る。

【００２４】

また、１つ以上の機器の実施例、方法の実施例、またはその組合せは、生産段階中に、たとえば、図１の部品およびサブアセンブリの製造（１０６）およびシステム統合（１０

10

20

30

40

50

8)において、たとえば以下のものに限定されないが、航空機200の組立または航空機200の費用の削減を実質的に促進することにより、利用され得る。同様に、1つ以上の機器の実施例、方法の実施例、またはその組合せは、図1の、航空機200が実際の使用(112)に供される間か、または、図1の整備および点検(114)中に利用され得る。より特定的には、図1の整備および点検(114)中に異なる有利な実施例を使用して、たとえば、複合部品の修繕または修正等の整備作業中に使用するための層レイアップデータを提供することができる。

#### 【0025】

図3は、この開示の有利な実施例の説明を補助する、複合構造の上面図である。複合構造は、参照番号300により示され、一般に、互いの上に形成された複合材料の複数のプ  
ライまたは層からなり、各層は、並べて配列された、複数の細片または列の複合材料で形  
成される。

10

#### 【0026】

より特定的に、図3は、並べて配列された複合材料の複数の列304で形成された複合  
構造300の上部層302を示す。図3に示すように、上部層302は、18本の列30  
4で形成される。これは、例示としてのみ意図されるものである。なぜなら、複合構造3  
00の層が、任意の所望のサイズの複合構造を作製するために、任意の所望の数の列で形  
成され得るためである。

#### 【0027】

上に示したように、複合構造300は、複数の層を含み得、各層は、並べて配列された  
複数の列で形成される。隣接する層の列は、異なる角度で配向され得る。図3は、点線で  
、第2の層312の一部を示す。この第2の層312は、層302の真下にあり、層30  
2の列304に対して45度で配向された、並んだ列314で形成される。

20

#### 【0028】

複合構造300等の複合構造は、たとえば以下のものに限定されないが、6つの層から  
なり得、当該層のうちの2つが横方向に配向された列を有し、2つが当該横方向の列に対  
して+45度で配向された列を有し、2つが当該横方向の列に対して-45度で配向され  
た列を有する。

#### 【0029】

列304は、複合樹脂材料を含み得、たとえば以下のものに限定されないが、複数の繊  
維、たとえば以下のものに限定されないが、カーボン繊維が中に埋込まれたヘラクレス(  
Hercules)3501-6樹脂を含み得る。以下により詳しく説明するように、列304は  
、材料配置機械(図3には図示せず)により、一度に1つずつレイアップされ得る。この  
材料配置機械は、基板上を前後に横切るのに伴い、熱を与えて樹脂材料を軟化させ、かつ  
、圧縮力を与えて列を基板に付着させる。基板は、レイアップされる第1の層に対するマ  
ンドレルまたは他の構造、および、レイアップされる以降の層のための下地層であり得る  
。

30

#### 【0030】

複合構造の層を形成するために列を並べてレイアップするプロセスの間に、さまざまな  
種類の異物およびゴミ(FOD)が、形成されている層の表面上に蓄積することが考えら  
れる。異物ゴミとしても公知のこのような異物およびゴミは、しばしば、本明細書におい  
て単に「異物」と呼ばれ、たとえば以下のものに限定されないが、樹脂ボール、繊維束、  
および裏打ち材料片を含み得る。

40

#### 【0031】

図4は、この開示の有利な実施例の説明を補助する、複合構造の表面上に蓄積した異物  
を示す、複合構造の一部の図である。特に、図4は、複合構造400の層402の一部の  
表面404を示す。層402の例示された部分は、並んだ列406および408の一部を  
含む。

#### 【0032】

図4はまた、層402の表面404上に蓄積したいくつかの異物も示す。示された異物

50

は、樹脂ボール 4 1 0、繊維束 4 1 2、および裏打ち材料のいくつかの破片 4 1 4 を含む。

【 0 0 3 3 】

樹脂ボールは、複合構造を形成するために列がレイアップされるのに伴ない、列を形成する複合樹脂材料が部分的に硬化して付着性を有するようになった結果、生じる。樹脂は、材料配置機械上に集まり、列がレイアップされるのに伴って機械から層上に定期的に落下し、形成されている層の表面上に、樹脂ボール 4 1 0 等の樹脂ボールを形成し得る。樹脂ボールは、たとえば、直径のサイズが約 1 6 分の 1 インチである、ほぼ球形の、相対的に小さな物体を構成し得る。樹脂ボールは一般に、図 4 に示すように、列の縁端付近または隣接する列の間に蓄積する。

10

【 0 0 3 4 】

繊維束 4 1 2 は、綿毛ボールとも呼ばれ、列がレイアップされるのに伴って複合樹脂材料から分離した、ほぐれた繊維の蓄積物を含む。繊維束 4 1 2 は、不規則な形状を有する傾向にあり、たとえば約 4 分の 1 インチ以上であって、通常、樹脂ボールよりも大きい。

【 0 0 3 5 】

たとえばミラー (Mylar) または紙で形成される裏打ち材料片 4 1 4 もまた、材料配置動作中にレイアップされる列の表面上に落下して固着し得る。この材料配置動作中に、列のレイアップ前に除去されなければならない裏打ち材料を含む、連続した長さのテープを担持するスプールから列が配設される。裏打ち材料片 4 1 4 は、規則的な、ほぼ三角形の形状を有する傾向にあり、約 2 分の 1 インチから約 1 6 分の 1 インチまでの寸法を有し得る。

20

【 0 0 3 6 】

形成されている複合構造の層の表面上に、樹脂ボール 4 1 0、繊維束 4 1 2、および裏打ち材料片 4 1 4 等の異物が存在することは、いくつかの理由により望ましくないことが考えられる。たとえば、異物は、形成されている複合構造の層間に閉じ込められ得、これは望ましいことではない場合がある。また、異物は、複合構造内に塊を形成するおそれがあり、構造の均一性に影響を及ぼす。したがって、層が形成されるのに伴って当該層の表面上に異物が蓄積する際に、当該異物を検出することが望ましい。層が形成されるのに伴って異物を検出することにより、現在形成されている層の上に次の層が形成される前にそれらの異物を除去することができる。

30

【 0 0 3 7 】

また、検出された各異物の種類を識別して、累積異物指標を求め得ることも望ましい。たとえば以下のものに限定されないが、検出された異物の総数または検出された異物の異なる種類の各々の総数を求め得ることが望ましい。一般に、異物の指標を求めることにより、材料配置機械または材料配置プロセスの全体における問題の認識および是正を助けて、たとえば以下のものに限定されないが、異物の発生数を減らすことができる。

【 0 0 3 8 】

図 4 に示すように、たとえばサイズおよび形状の差異により、異なる種類の異物を互いに視覚的に区別することができるため、この開示の有利な実施例は、異物を検出して分類するため、および、検出した異物の累積記録を提供するための方法およびシステムを提供する。

40

【 0 0 3 9 】

図 5 は、この開示の有利な実施例に従った複合構造の累積異物指標を求めるためのシステムのブロック図である。このシステムは、参照番号 5 0 0 によって包括的に示され、視覚システム 5 0 2、照明システム 5 0 4、プロセッサ 5 0 6、データ格納ユニット 5 0 8、およびユーザインターフェイス 5 1 0 を含み得る。

【 0 0 4 0 】

視覚システム 5 0 2 は、レイアップされている複合材料 5 1 2 の列に対して配置されて、当該列がレイアップされるのに伴い当該列の連続したセグメントの画像を取込む 1 つ以上のカメラを含み得る。視覚システム 5 0 2 は、材料配置機械の圧縮ローラのニップのす

50



ぐ下流に配置され得、ここで列が加熱され、下地基板、たとえば、形成されている複合構造の下地層に付着させる。

【 0 0 4 1 】

照明システム 5 0 4 は、視覚システム 5 0 2 により撮像されている列のセグメントを照明するために位置付けられた 1 つ以上の光源を含み得る。照明システム 5 0 4 からの光は、セグメント自体の複合材料により反射されるのとは異なる態様で、照明されているセグメント上の異物により反射され、視覚システム 5 0 2 が、セグメント上の異物の視認可能な画像を取込むことを可能にする。

【 0 0 4 2 】

この開示の有利な実施例に従い、広範囲のカメラを使用することができる。このようなカメラは、たとえば以下のものに限定されないが、カラーまたは白黒画像を取込むことのできる市販のカメラを含み得る。製造システム 5 0 2 はまた、テレビ受像機か、または、画像センサと、カメラの作動中に光が通過するレンズとを有する他の種類のビデオカメラも含み得る。視覚システム 5 0 2 はまた、赤外線感知カメラ、赤外線透過フィルタ機能を有する可視光カメラ、光ファイバカメラ、同軸カメラ、電荷結合素子 (Charge Coupled Device ( C C D ))、または相補型金属酸化物センサ (Complementary Metal Oxide Sensor ( C M O S )) を含み得る。

【 0 0 4 3 】

照明システム 5 0 4 は、同一のまたは異なる種類の 1 つ以上の光源を含み得る。照明システム 5 0 4 は、たとえば以下のものに限定されないが、1 つ以上の赤外線光源、および / または、1 つ以上の蛍光源、ストロボ光源、希ガスアーク灯光源、レーザ源、もしくは発光ダイオード ( L E D ) 源を含み得る。

【 0 0 4 4 】

照明システム 5 0 4 は、炭素等の黒い列材料の検査に役立つ光の赤外線 ( I R ) 成分を増大させるパワーレベルで作動させることができる。しかしながら、一般に、照明システムに対する特定のパワーレベルおよび波長は、少なくとも部分的に、視覚システムの速度および感度、列がレイアップされる速度、ならびに、レイアップされている列の材料の反射性に依存し得る。

【 0 0 4 5 】

図 6 は、開示の有利な実施例に従った、視覚システムおよび照明システムが搭載された材料配置機械のヘッドユニットの正面図である。材料配置機械は、参照番号 6 0 0 により包括的に示され、視覚システム 6 0 2 および照明システム 6 0 4 が上に搭載されている。視覚システム 6 0 2 は、図 5 の視覚システム 5 0 2 として実現され得、照明システム 6 0 4 は、図 5 の照明システム 5 0 4 として実現され得る。

【 0 0 4 6 】

図 6 に示す有利な実施例において、視覚システム 6 0 2 は、2 つのカメラ 6 1 2 および 6 1 4 を含む。以下により詳しく説明するように、カメラ 6 1 2 および 6 1 4 は、レイアップされている列が、8 インチの幅を有しているときに利用され得、それにより、各カメラが、列の 3 インチ × 8 インチのセグメントのうちの、3 インチ × 4 インチの部分の画像を形成するようにする。レイアップされる列が 4 インチの幅を有し得る開示の有利な実施例では、1 つのカメラで十分であり得る。

【 0 0 4 7 】

照明システム 6 0 4 はまた、1 対の光源 6 1 6 および 6 1 8 も含み得る。光源 6 1 6 は、4 インチ幅の列の 3 インチ × 4 インチのセグメント、または、8 インチ幅の列の 3 インチ × 8 インチのセグメント等の撮像区域を照明する光源であり得る。図 6 に示す有利な実施例において、区域光源 6 1 6 は、可視光源を含み得る。

【 0 0 4 8 】

光源 6 1 8 は、撮像されている列のセグメント上に複数の細いレーザ線を形成する複数の小さな固体レーザを含み得る。この点に関し、異なる光源が、列の表面上の異なる種類の異物の検出および識別を容易にし得ることが分かっている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 9 】

図 7 は、作製されている複合構造の表面に対して正しく位置付けられた図 6 のヘッドユニットの図である。より特定の、図 7 は、複合材料の列をレイアップして、参照番号 7 0 0 により包括的に示される複合構造の層を形成するように位置付けられたヘッドユニット 6 2 0 を示す。示すように、図 7 において、レーザ光源 6 1 8 は、形成されている複合構造の表面に近接して配置されるようにヘッドユニット 6 2 0 上に搭載され、図 7 で視認することのできない光源 6 1 6 およびカメラ 6 1 2、6 1 4 もまた、複合構造の表面付近に搭載される。

## 【 0 0 5 0 】

図 5 に戻ると、視覚システム 5 0 2 は、図 6 および図 7 に示す材料配置機械 6 0 0 のヘッドユニット 6 2 0 が複合構造を横切って前後に移動するのに伴い、列 5 1 2 の連続したセグメントのリアルタイム画像を取込むように構成される。画像が取込まれるセグメントまたは検査区域は、図 6 および図 7 に示すように、機械 6 0 0 の圧縮ローラ 6 2 2 のニップ 6 2 4 のすぐ下流に存在し得る。

## 【 0 0 5 1 】

取込まれた画像は、プロセッサ 5 0 6 により直ちに分析および / または処理されるため、メモリユニット 5 0 8 に格納され得る。プロセッサ 5 0 6 は、視覚システム 5 0 2 から直接、または、画像が格納されたメモリユニット 5 0 8 から、画像を受信し得る。プロセッサ 5 0 6 はその後、画像を処理および分析して、画像により捕捉された異物を検出および識別し、検出されかつ識別された異物から、累積異物指標を求めることができる。プロセッサ 5 0 6 およびメモリユニット 5 0 8 は、従来のコンピュータの構成要素であり得る。

## 【 0 0 5 2 】

以下により詳しく説明するように、メモリユニット 5 0 8 は、エラーファイル 5 2 0、画像処理参照ライブラリ 5 2 2、およびルックアップテーブル 5 2 4 を含み得、これらは、プロセッサ 5 0 6 により使用されて、画像により捕捉された異物を識別し、累積異物指標を求める。プロセッサ 5 0 6 は、画像処理ソフトウェア 5 2 6 を含み、列の画像上で捕捉された、異なる種類の異物を識別することができる。

## 【 0 0 5 3 】

ユーザインターフェイス 5 1 0 は、プロセッサ 5 0 6 と通信する。図 5 に示すように、ユーザインターフェイス 5 1 0 は、以下のものに限定されないが、コンピュータモニタ上に表示画面 5 3 2 を含み得、また、以下のものに限定されないが、カーソルを移動させてユーザによるさまざまなシステムの設定値およびパラメータの入力を可能にするためのキーボードおよび / またはマウス等のユーザ入力部 5 3 4 も含み得る。

## 【 0 0 5 4 】

表示画面 5 3 2 は、図 1 0 に示すウィンドウを含み得、このウィンドウにおいて、複合構造 5 1 2 のセグメントの画像が、ユーザによる視認用に表示され得る。

## 【 0 0 5 5 】

システム 5 0 0 はまた、複合構造 5 1 2 上の異物の位置をマーキングするためのマーキング装置 5 1 4 も含み得る。マーキング装置 5 1 4 は、異物の検出時にプロセッサ 5 0 6 により起動され得る。マーキング装置 5 1 4 は、複合構造 5 1 2 上の、異物が検出された区域に、或る量のインク、塗料等を噴射するか、または堆積させることができる。このマーキングにより、異物の位置を容易に識別することができ、当該異物の除去を容易にする。

## 【 0 0 5 6 】

この開示の有利な実施例に従ったシステム 5 0 0 の動作において、視覚システム 5 0 2 は、材料配置機械 6 0 0 ( 図 6 および図 7 ) により列がレイアップされるのに伴い、当該列の画像を生成する。各画像は、列の幅に等しい幅、たとえば以下のものに限定されないが、4 インチまたは 8 インチの幅を有し得、各画像は、たとえば以下のものに限定されないが、3 インチの同じ高さを有して、検出された異物の位置を確かめるための機構を提供

10

20

30

40

50

することができる。

【 0 0 5 7 】

プロセッサ 5 0 6 内のソフトウェアは、ユーザインターフェイス 5 1 0 のユーザ入力部 5 3 4 を介してユーザが入力した、予測層数および 1 層当たりの予測列数に従い、層の数および列の数を、メモリユニット 5 0 8 のエラーログ 5 2 0 内に記録する。材料配置機械 6 0 0 のヘッドユニット 6 2 0 が 1 つのパスの終了時に複合構造の表面から持上がるたびに、ヘッドユニット 6 2 0 は、列がプロセッサにより識別され得るように、1 つの列の終了と、次の列の始まりとを信号で通知する。各画像には、プロセッサ 5 0 6 により連続番号が割当てられ、この番号は、その画像が撮られた列のセグメントの層の数および列の数とともに、エラーファイル 5 2 0 内にログ記録される。

10

【 0 0 5 8 】

図 8 は、この開示の有利な実施例に従った、列のレイアウトと、複合構造の層を形成する列のセグメントの画像とを示す図である。図 8 は、画像 8 0 0 として包括的に示される個々の画像を示し、これらの個々の画像は、図 8 の層 1 として示される層を形成する列のセグメントから撮られたものである。列は、列 1 の下部に対応する画像 8 0 0 - 1 から列 1 の上部に対応する画像 8 0 0 - 7 までレイアアップされ、さらに列 1 6 の上部に対応する画像 8 0 0 - 1 1 2 で終了する。図 4 からの異物 4 1 0、4 1 2、または 4 1 4 のうちの 1 つ以上等の異物が画像 8 0 0 の 1 つに現われた場合、その寸法属性（たとえば、図 9 に示す寸法属性 9 0 2）が図 5 の画像処理ソフトウェア 5 2 6 によって求められ、画像番号、列番号、および層番号とともに、エラーファイル 5 2 0 に入力される。この画像処理ソフトウェアは、エッジ検出等の標準的な画像処理の手順を使用して、図 4 における、検出された異物 4 1 0、4 1 2、4 1 4 の寸法属性 9 0 2 を求めることができる。

20

【 0 0 5 9 】

たとえば以下のものに限定されないが、検出された異物の長さ、高さ、および形状等の寸法属性 9 0 2 が一旦求められると、これらの寸法属性を、「プロブ (blob)」のオプションの画像処理参照ライブラリ 5 2 2 およびルックアップテーブル 5 2 4 とともに使用して、検出された異物 4 1 0、4 1 2、4 1 4 に対し、種類または部類 9 0 6 を割当てる。この同じルックアップテーブル 5 2 4 は、異物 4 1 0、4 1 2、4 1 6 の各部類または種類 9 0 6 についての最大可能サイズを提供することができ、それに基づいて異物の容認または否認が行なわれる。

30

【 0 0 6 0 】

図 9 は、図 5 の複合構造の累積異物指標を求めるためのシステムのプロセッサにおけるエラーファイルのセグメントを概略的に示す図である。特に、図 9 は、追加された属性 9 0 2 および分類 9 0 6 とともにエラーテーブル 5 2 0 のセグメントを示す。9 0 4 に図示のとおり、当該ファイルは、均一な幅 (x) と設定された画像フレームサイズ (y) とに基づいた異物の x - y 位置を記録する。単位面積当たりの累積 F O D は、既知の寸法情報および検出された F O D 数から抽出され得る。

【 0 0 6 1 】

図 1 0 は、図 5 の複合構造の累積異物指標を求めるためのシステムにおけるユーザインターフェイスを示す図である。図 1 0 に図示のとおり、ユーザインターフェイス 5 2 0 は、実時間で撮像された現在のセグメントまたは検査区域を表示するディスプレイスクリーン 5 3 2 を含む。ユーザ入力部 5 3 4 は、許容基準および画像フレームサイズなどのパラメータを入力および変更するために設けられる。高度に視認可能な赤 - 緑の「合格 / 不合格」インジケータ 1 0 0 2 が設けられ、図 4 の異物 4 1 0、4 1 2、4 1 4 が検出および測定されると実時間で点滅し得る。F O D カウンタ 1 0 0 4 は、F O D についての部類および累積合計により現在合計を提供し得る。

40

【 0 0 6 2 】

図 1 1 は、この開示の有利な実施例に従った複合構造の累積異物指標を求めるための方法を示すフローチャートである。より特定的には、図 1 1 は、この開示の有利な実施例に従った、繊維およびテープ配置プロセスによる複合構造の作製中に複合構造上に蓄積した

50

異物についての累積異物指標を求めるための方法を示す。

【0063】

当該方法は、概して参照番号1100によって示されており、複合構造の配置中に複合構造の連続したセグメントの画像を記録することから始まる（ステップ1102）。記録された画像は、複合構造上の異物を検出するために分析され、複合構造上で検出された異物の累積異物指標が求められる（ステップ1106）。次いで、累積異物指標がユーザに提供される（ステップ1108）。

【0064】

図12は、この開示のさらなる有利な実施例に従った、複合構造の累積異物指標を求めるための方法を示すフローチャートである。より特定的には、図12は、この開示のさらなる有利な実施例に従った、繊維およびテープ配置プロセスによる複合構造の作製中に複合構造上に蓄積した異物についての累積異物指標を求めるための方法を示す。

【0065】

当該方法は概して参照番号1200で示されており、ユーザ入力を受信することから始まる（ステップ1202）。図5においてユーザ入力部534として実現され得るユーザ入力は、作製されるべき複合構造に関する情報と、累積情報の生成時に用いられるべきパラメータに関する情報とを含み得る。たとえば、以下のものに限定されないが、作製されるべき複合構造に関するユーザ入力は、作製されている複合構造の層の数と、当該複合構造の各層の列の数とに関する情報を含み得る。累積情報を生成するためのパラメータに関する情報は、図4における異物410、412および414のうちの1つなどの識別された異物を許容または拒否するための画像フレームサイズおよび許容基準を含み得る。

【0066】

入力情報が受信された後、材料配置装置が列をレイアッパして、列ごとおよび層ごとに複合構造を作製する（ステップ1204）。列がレイアッパされると、当該列の連続したセグメントの画像が実時間で形成される（ステップ1206）。この開示の有利な実施例においては、各々の画像の幅は、たとえば、以下のものに限定されないが、配置されている列の幅に等しくてもよく、当該列に沿った各々の画像の長さは、たとえば、以下のものに限定されないが、同じであってもよい。たとえば、以下のものに限定されないが、配置されている列の幅が4インチである有利な実施例においては、各々の画像の長さは、3インチ×4インチの長方形の連続したセグメントの列からなる画像を形成するために3インチとなり得る。配置されている列の幅が8インチである有利な実施例においては、各々の連続した画像は、1組の並んだ画像部分から形成されてもよく、各々の部分は、3インチ×8インチの連続したセグメントの列からなる画像を形成するように3インチ×4インチの長方形であり得る。

【0067】

連続した列セグメントの画像が形成されると、各々の画像がエラーファイルに記録され、これが、画像の識別情報とともに図5におけるエラーファイル520になり得る（ステップ1208）。より特定的には、各々の画像には検査ソフトウェアによって連続した画像番号が割当てられ、加えて、当該ソフトウェアは、ステップ1202においてユーザが入力した情報に従って撮像された列セグメントの層番号と列番号とが記録される。こうして、各々の画像によって表わされる列セグメントが、エラーファイルにおけるその関連する画像とともに識別および記憶される。

【0068】

次いで、各々の画像を分析して、たとえば、以下のものに限定されないが、画像に対応する列セグメント上の異物410、412または414のうちの1つなどの如何なる異物（FOD：foreign objects）をも検出し、寸法属性、たとえば、以下のものに限定されないが、異物の長さ（ステップ1212）、高さ（ステップ1214）および形状（ステップ1216）が求められ、図9の902に図示のとおり、エラーファイル520に入力される。次いで、求められた属性が、検出された異物の種類または部類を求めるために、ルックアップテーブル524と共に「プロブ」オプションの画像処理参照ライブラリを用

10

20

30

40

50

いて分析され、当該部類がまた、図 9 における 9 0 6 に図示のとおり、エラーファイル 5 2 0 に入力される（ステップ 1 2 1 8）。

【 0 0 6 9 】

ルックアップテーブル 5 2 4 はまた、不適格な F O D をソフトウェアが識別できるように、F O D の各々の部類または種類についての最大許容サイズを提供し得る（ステップ 1 2 2 0）。F O D が拒否されると、たとえば、図 5 に示されるユーザインターフェイス 5 1 0 上のインジケータ 1 0 0 2 を作動させることによってユーザに通知される（ステップ 1 2 2 2）。インジケータ 1 0 0 2 は、異物が検出および測定されると実時間で動作するので、ユーザは、現在形成されている層の上に次の層が加えられる前に、異物を除去するのに適切な措置を講じることができる。

10

【 0 0 7 0 】

ソフトウェアはまた、検出および識別された F O D に関する累積情報を生成する（ステップ 1 2 2 4）。この累積情報はまた、たとえば、F O D の部類ごとの累積合計（ステップ 1 2 2 6）および / またはすべての F O D についての累積合計（ステップ 1 2 2 8）としてユーザに提供され得る。このような累積情報は、既知の寸法情報および F O D 識別番号を用いて求められる単位面積当たりの累積 F O D 情報を含み得るか、または、当該情報は、作製された複合単位当たりの累積 F O D 情報、または、別の基準に基づいた累積情報を含み得る。

【 0 0 7 1 】

さまざまな有利な実施例の説明を、例示および記載の目的で提示してきたが、これは網羅的であることを意図するものではなく、開示された形態の実施例に限定されることを意図するものでもない。多くの変更例および変形例が当業者に明らかになるだろう。さらに、さまざまな有利な実施例は、他の有利な実施例に比べてさまざまな利点を提供し得る。選択された実施例は、実施例および実際の応用例の原理を最も良く説明し、企図された特定の用途に適したさまざまな変更例を含むさまざまな実施例についての開示を他の当業者が理解することを可能にするために選択および記載される。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 7 2 】

【 図 1 】 有利な実施例が実現され得る、航空機を製造して実際に使用方法を示す図である。

30

【 図 2 】 有利な実施例に従った航空機の図である。

【 図 3 】 開示の有利な実施例の説明を補助する、複合構造の上面図である。

【 図 4 】 開示の有利な実施例の説明を補助する、複合構造の表面上に蓄積した異物を示す、複合構造の一部の図である。

【 図 5 】 開示の有利な実施例に従った複合構造の累積異物指標を求めるためのシステムのブロック図である。

【 図 6 】 開示の有利な実施例に従った、視覚システムおよび照明システムが搭載された材料配置機械のヘッドユニットの正面図である。

【 図 7 】 作製されている複合構造の表面に対して正しく位置付けられた図 6 のヘッドユニットの図である。

40

【 図 8 】 開示の有利な実施例に従った、列のレイアウトと、複合構造の層を形成する列のセグメントの画像とを示す図である。

【 図 9 】 図 5 の複合構造の累積異物指標を求めるためのシステムのプロセッサにおけるエラーファイルのセグメントを概略的に示す図である。

【 図 1 0 】 図 5 の複合構造の累積異物指標を求めるためのシステムにおけるユーザインターフェイスを示す図である。

【 図 1 1 】 この開示の有利な実施例に従った複合構造の累積異物指標を求めるための方法を示すフローチャートである。

【 図 1 2 】 この開示のさらなる有利な実施例に従った複合構造の累積異物指標を求めるための方法を示すフローチャートである。

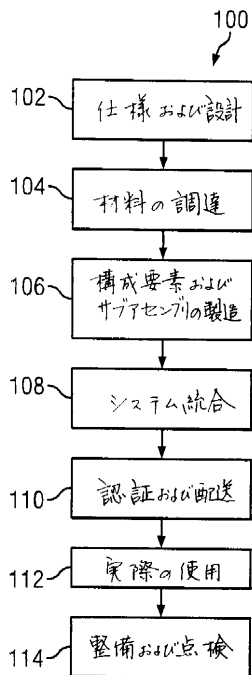
50

## 【符号の説明】

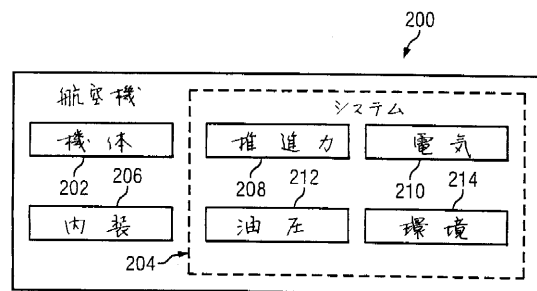
## 【 0 0 7 3 】

5 0 2 視覚システム、5 0 4 照明システム、5 0 6 プロセッサ、5 0 8 データ格納ユニット、5 1 0 ユーザインターフェイス

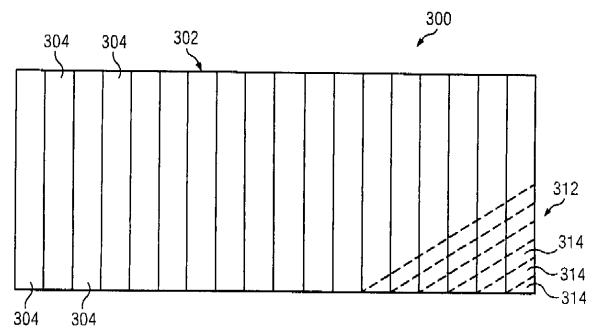
【 図 1 】



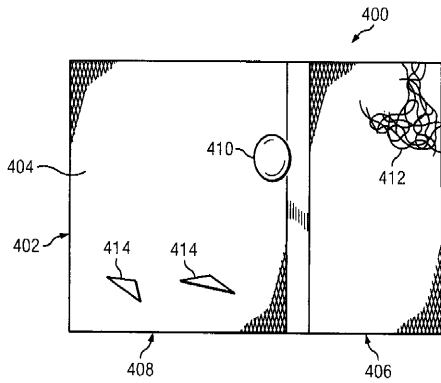
【 図 2 】



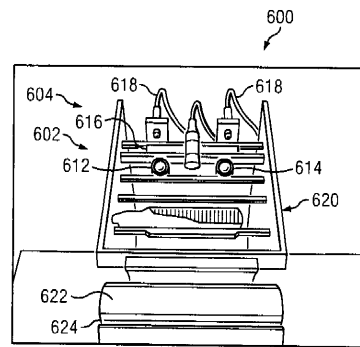
【 図 3 】



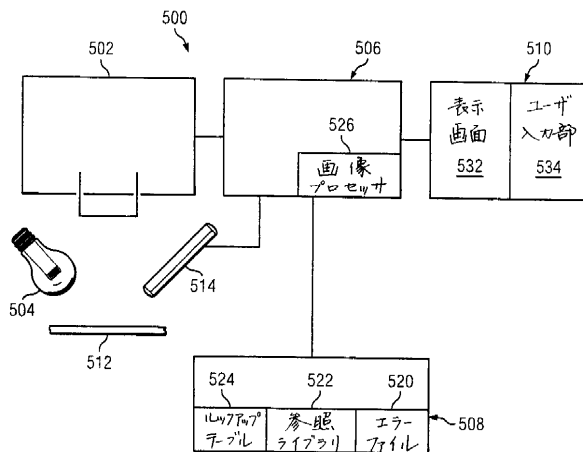
【図 4】



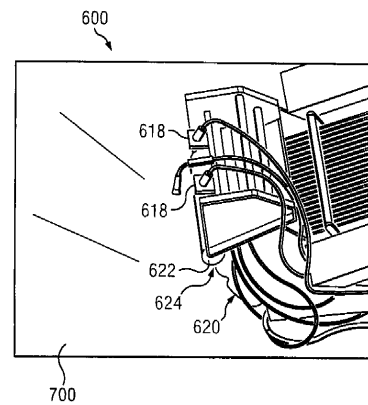
【図 6】



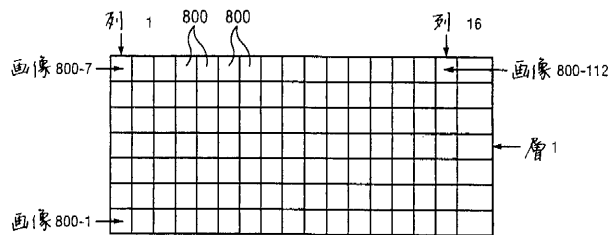
【図 5】



【図 7】



【図 8】



【図 9】

520

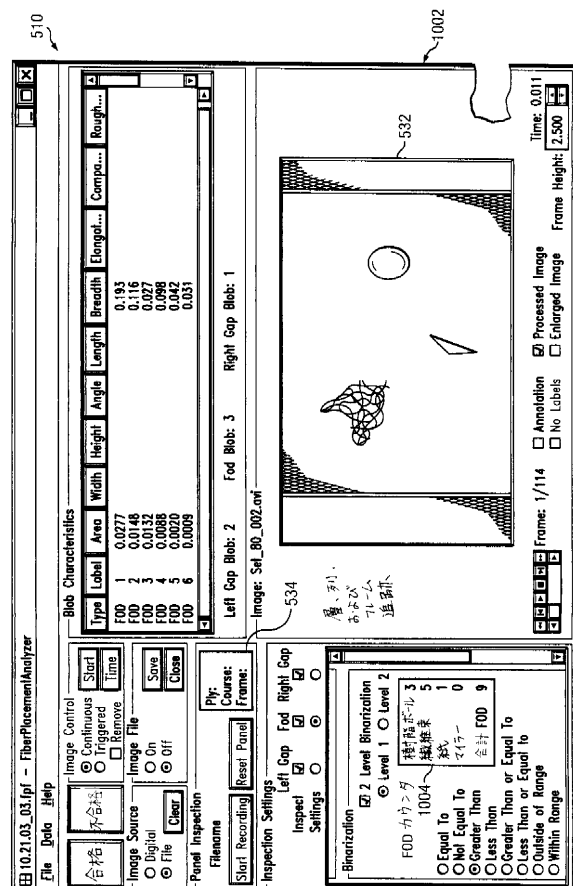
FODエラー - 層: 1, 列: 10, X: 2.19661, Y: 21.6834			
2003/11/12, 01:01:34, 画像 #99, プログラム #4			
エラータイプ	測定	不明	
幅	0.102	0.100	<= エラー
区域	0.0195	0.086	<= エラー
長さ	0.100		902
高さ	0.233		
形状	不均一		
部類	繊維束		906

FOD位置情報 904

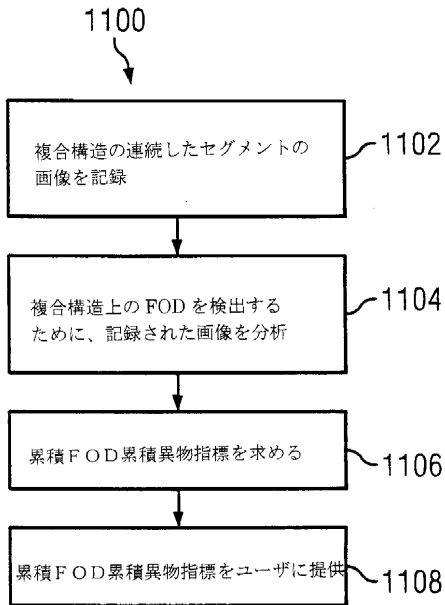
FODエラー - 層: 1, 列: 10, X: 1.039, Y: 24.4049			
2003/11/12, 01:01:34, 画像 #100, プログラム #1			
エラータイプ	測定	不明	
幅	0.131	0.100	<= エラー
区域	0.0233	0.086	<= エラー

FODエラー - 層: 2, 列: 1, X: 0.619691, Y: 7.56433			
2003/11/12, 01:01:36, 画像 #104, プログラム #1			
エラータイプ	測定	不明	
幅	0.166	0.100	<= エラー
区域	0.0239	0.086	<= エラー

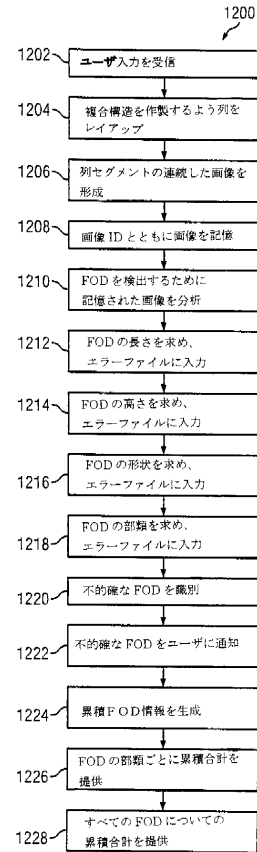
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】





## フロントページの続き

(74)代理人 100098316

弁理士 野田 久登

(74)代理人 100109162

弁理士 酒井 将行

(74)代理人 100111246

弁理士 荒川 伸夫

(72)発明者 ロジャー・ダブリュ・エンゲルバート

アメリカ合衆国、 6 3 1 1 9 - 3 3 4 3 ミズーリ州、セント・ルイス、ノッティンガム、 7 5 0  
4

(72)発明者 リード・ハンネボーム

アメリカ合衆国、 6 2 2 2 3 イリノイ州、ベルビュー、キルマー・ウッズ、 2

F ターム(参考) 2F065 AA23 AA24 AA53 BB17 FF04 GG01 GG02 GG03 GG04 GG08

GG21 JJ03 JJ05 JJ19 JJ26 LL04 LL22 QQ24 QQ25 QQ31

RR06 RR09 SS07

2G051 AA90 AB01 BA04 CA03 CA04 CB01 EA14

5B057 AA02 DA04 DA07 DA08 DA12 DA13 DB02 DB05 DC03 DC09

DC16