

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2005-536739

(P2005-536739A)

(43) 公表日 平成17年12月2日(2005.12.2)

(51) Int.Cl.⁷

G O 1 B 21/32

G O 1 N 3/34

F I

G O 1 B 21/32

G O 1 N 3/34

R

テーマコード (参考)

2 F O 6 9

2 G O 6 1

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2004-530826 (P2004-530826)
 (86) (22) 出願日 平成15年7月16日 (2003.7.16)
 (85) 翻訳文提出日 平成17年3月31日 (2005.3.31)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2003/022136
 (87) 国際公開番号 W02004/018965
 (87) 国際公開日 平成16年3月4日 (2004.3.4)
 (31) 優先権主張番号 10/223,680
 (32) 優先日 平成14年8月20日 (2002.8.20)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 505063256
 ヴァーシオン レジナルド
 アメリカ合衆国 ジョージア州 3031
 9 アトランタ エッピング フォレスト
 ドライブ 1414
 (71) 出願人 505063267
 ランソン ウィリアム
 アメリカ合衆国 サウスカロライナ州 2
 9205 コロンビア デヴルー ロード
 4015
 (74) 代理人 100082005
 弁理士 熊倉 禎男
 (74) 代理人 100067013
 弁理士 大塚 文昭

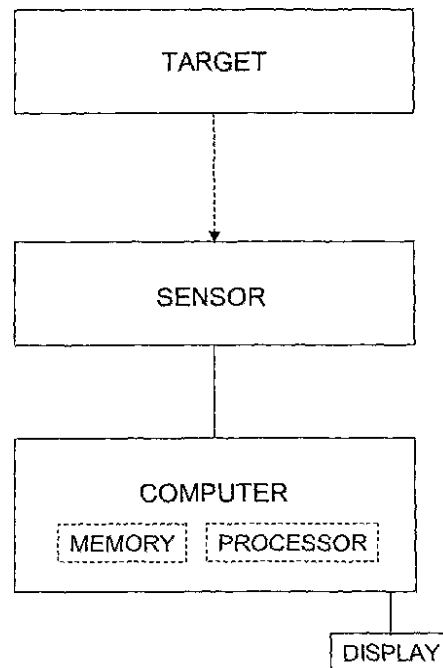
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧縮型記号体系ひずみゲージ

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、アナログ技法によってひずみを測定することとは対照的に、直接ひずみを測定するひずみゲージを提供する。

【解決手段】 圧縮型記号系ひずみゲージは、ひずみが測定される本体に関連付けられかつ検出可能な物理量を放出するように構成されている、記号ひずみローゼット (“SSR”) の形式のターゲット;コンパチブルでかつターゲットによって放出された検出可能な物理量を前処理しかつターゲットから信号を受信しかつそれに基づき出力信号を供給するように構成された物理量を表しているデータを出力するように構成されたセンサ; SSRを定義するためにセンサによって出力された信号データを解析するための、及び前処理されかつ解析されたデータに基づき直接本体のひずみを計算するためのコンピュータ・プログラムを含む。SSRは、製造によって事前にまたは識別によって事後に定義することができる。圧縮型記号系ひずみゲージを用いて物体のひずみを測定する方法は、SSRの変形及び物体の負荷の下における変形が一对一関係を持つような方法でSSRを物体に関連



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ひずみ及び疲労破壊の少なくとも一つが測定される本体に関連付けられかつ検出可能な物理量を放出するように構成され、記号ひずみローゼットを備えているターゲットと、コンパチブルでありかつ前記ターゲットによって放出された前記検出可能な物理量を前処理しかつ該物理量を表しているデータを出力するように構成されたセンサと、前記記号ひずみローゼットを定義するためにセンサによって出力された前記データを解析する手段と、及び前処理されかつ解析されたデータに基づき前記本体で直接前記ひずみ及び前記疲労破壊の少なくとも一つを計算する手段とを備えていることを特徴とする圧縮型記号系ひずみゲージ。

10

【請求項 2】

物体のひずみ及び疲労破壊の少なくとも一つを直接測定する方法であって、記号ひずみローゼットの変形及び物体の負荷の下における変形が一对一関係を持つような方法で該記号ひずみローゼットを該物体に関連付ける段階と、前記物体に印加された前記負荷における時間及び変化の関数として前記記号ひずみローゼットにおける変化を識別する段階と、及び前記記号ひずみローゼットにおける変化をひずみ及び疲労破壊の少なくとも一つに変換する段階とを含むことを特徴とする方法。

20

【請求項 3】

前記記号ひずみローゼットは、製造によって事前に定義され、かつ前記関連付ける段階は、前記物体に前記記号ひずみローゼットを適用することを具備することを特徴とする請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記関連付ける段階は、事後に前記記号ひずみローゼットを識別することを具備することを特徴とする請求項 2 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ひずみゲージに関し、特に、ひずみを直接測定することができると共に、疲労破壊を評価することができるひずみゲージに関する。

30

【背景技術】

【0002】

ひずみローゼットは、Timoshenko及びGoodierによる技術者用テキスト“Theory of Elasticity”に記述されているように、解析的ひずみ解析の基本である：表面の、ひずみ、または単位引張りは、電気-抵抗ひずみゲージにより通常、最も都合よく測定される。これらゲージの使用は、主要方向が知られている場合には簡単である。一つのゲージは、各主要方向に沿って配置されかつひずみのアナログが測定されかつひずみ ε_1 、 ε_2 を示すように較正される。次いで、主要ひずみ σ_1 、 σ_2 は、ゲージが取り付けられた表面に応力が作用していないものと仮定して、 $\sigma_x = \sigma_1$ 、 $\sigma_y = \sigma_2$ 、及び $\sigma_z = 0$ により、フックの法

40

【0003】

$$(1-\nu^2)\sigma_1 = E(\varepsilon_1 + \nu\varepsilon_2)$$

及び

【0004】

$$(1-\nu^2)\sigma_2 = E(\varepsilon_2 + \nu\varepsilon_1)$$

【0005】

主要方向が予め知られていない場合には、3つの測定が必要である。そこで、 ε_x 、 ε_y

50

、及び v_{xy} を測定することができるならば、ひずみの状態が完全に決定される。しかし、ひずみ・ゲージ、そして特に電気抵抗ひずみゲージは、剪断ひずみを直接測定せずに、伸びを測定するので、ある点において3方向の単位引張りを測定することは、都合がよい。ゲージがひずみローゼットのパターンに配列されるので、そのような一組の電気抵抗ゲージは、“ひずみローゼット”と一般に呼ばれている；しかしながら、“ひずみローゼット”は、電気抵抗ゲージの構成を示すよりも、（以下の定義で示すように）その本来の意味でここに用いられる。

【0006】

モール (Mohr) ひずみ円は、ひずみローゼットについて構築することができ、エッジ h 、 k 、及び単一の小さな矩形ブロックに対する平衡の微分方程式を導くことができる。 X 、 Y が単位体積当たりの体積力のコンポーネント（構成要素）を表すならば、 x 方向における力に対する平衡の式は、

【0007】

$$(\sigma_x)_1 k - (\sigma_x)_3 k + (\tau_{xy})_2 h - (\tau_{xy})_4 h + Xhk = 0$$

ここで σ_x 、 σ_y 、及び τ_{xy} は、小さな矩形ブロックの点 x 、 y 、及び中間点を示し、 $(\sigma_x)_1$ 、 $(\sigma_x)_3$ 、等は、矩形の面の中間点における値を示す。 hk により分配、

【0008】

$$\frac{(\sigma_x)_1 - (\sigma_x)_3}{h} + \frac{(\tau_{xy})_2 h - (\tau_{xy})_4 h}{k} + X = 0$$

【0009】

ブロックを更に小さくして行くと、即ち、

【0010】

$h \rightarrow 0$ 、 $h \rightarrow 0$ 、 $[(\sigma_x)_1, -(\sigma_x)_3] / k$
の $limit$ は、そのような微分の定義によって

【0011】

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x}$$

である。同様に、

【0012】

$[(\tau_{xy})_2, -(\tau_{xy})_4] / k$
は、

【0013】

$$\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y}$$

である。 y 方向の力に対する平衡の式は、同様な方法で得られる。

【0014】

ローゼット・パターンにおいて電気抵抗ゲージで行ったひずみ測定は、単要素ひずみゲージで行ったものと同じエラー（熱出力、横感度、リード線抵抗効果、等）になる。

【0015】

Vachon 及び Ranson による米国特許第 4, 591, 996 号公報は、照明された光学的散乱面から反射されたスペckル・パターンの相関を用いている光学ひずみ測定を開示する。スペckル・パターンは、目下研究中の表面領域の特性である不規則信号である。表面の各領域は、ちょうど各個人が独自の顔の特徴を有するように、独自のパターンを有する。時間の関数としてスペckル・パターン運動を記録するためにマシン・ビジョンを用いて変形する表面のスペckル・パターンの運動を相関することは、ひずみの決定を許容させる。

【0016】

10

20

30

40

50

技術的努力は、ひずみを検出するために表面画像の光学的相関の領域において継続されている。特に、これらの努力は、それ以外にも：（１）表面の画像のエッジの光学的検出並びに表面のエッジの光学的検出、（２）表面に適用されるドットと他の幾何学的パターンの光学的相関、及び（３）表面に適用される幾何学的パターンのセントロイドの運動の光学的相関、を含む。これらの解析的及び実験的努力の全ては、ひずみの光学的検出に関するものであった。

【００１７】

単要素ひずみゲージ、ローゼット・パターンに配列された電気抵抗ゲージは、直接ひずみを測定することよりも、アナログ技法を採用する。以前の光学的相関技法は、重畳積分を用いてひずみを計算し、そしてまた直接ひずみを測定しない。

10

【００１８】

本発明は、直接ひずみを測定し、並びに疲労破壊を評価することができるひずみゲージの提供に向けられる。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【００１９】

ここで用いられる定義及び略語は、以下の通りである：

【００２０】

圧縮型(Compressed)－記号内のデータの圧縮。

【００２１】

圧縮型記号(Compressed symbol)－圧縮型記号体系記号。

20

【００２２】

圧縮型記号体系(Compressed symbology)－情報で符号化（エンコード）することができる、製品の表面に直接印を付けることができる、または次いで製品の表面に結合される膜またはその他の媒体に適用することができる、及びアプリケーションに適合するように拡大または縮小することができる、識別記号のカテゴリーを記述するために用いられる一般用語。それらの構造は、通常、チェッカーボードに似ている、マトリックス・フォーマットである。

【００２３】

エッジ(Edge)－領域間の画素輝度値における劇的变化。それは、画素間の最大量のコントラスト差（強度値における変化）を有する点である。“Application of Data Matrix Identification Symbols to Aerospace Parts Using Direct Part Marking Methods/Techniques,” NASA-HDBK-6003, July 2, 2001を参照のこと。

30

【００２４】

疲労破壊（蓄積破壊）－負荷積載量(load carrying capacity)の劣化を結果として生ずる応力及び環境の巡回アプリケーションによってもたらされる材料に発生する累積的または非可逆的破壊。“Application of Data Matrix Identification Symbols to Aerospace Parts Using Direct Part Marking Methods/Techniques,” NASA-HDBK-6003, July 2, 2001を参照のこと。

【００２５】

沈黙領域(Quiet zone)－機械可読記号を取り囲んでいる高反射率（空間）の領域。沈黙領域必要条件は、アプリケーション及びシンボロジー仕様書で見出しうる。“クリアエリア・クリア域(Clear Area)”または“マージン(Margin)”とも呼ばれる。

40

【００２６】

ひずみローゼット(Strain rosette)－ある点における応力を見出すためにそれに沿って線形ひずみが測定される表面の交差線のパターン（ある点における応力は、ひずみローゼットから導き出されるデータから計算される量である）。

【００２７】

SSR－記号ひずみローゼット

【００２８】

50

ある点における応力－ひずみローゼット・データからの計算された量。

【0029】

記号ひずみローゼットの物理的寸法により、そしてより特定的には、ひずみローゼットを定義する3つの交差線セグメントのエンド・ポイントにより定義される圧縮型記号の形式のひずみローゼット。圧縮型記号は、ひずみローゼットが製造によって事前にまたは識別によって事後に定義される二次元バーコード・マトリックスまたはその他のパターンでありうる。

【0030】

記号体系（シンボロジー）－沈黙領域(quiet zone)、ファインダー・パターン、及び、特定の記号体系によって要求される（特殊関数及びエラー検出及び/又は修正文字を含む）記号文字（シンボル・キャラクター）で構成された機械可読パターン。

10

【0031】

本発明の主な目的は、アナログ技法によってひずみを測定することとは対照的に、直接ひずみを測定するひずみゲージを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0032】

本発明のこれら及び他の目的は、ターゲット、センサ、及びコンピュータを備えている圧縮型記号体系ひずみゲージの提供によって達成される。ターゲットは、記号ひずみローゼット（“SSR”）を備え、かつ全体画像の一部でありうる。

【発明を実施するための最良の形態】

20

【0033】

ターゲットは、ひずみが測定されるか、またはSSRを定義する既存のパターンで識別される本体の表面に直接または間接的に適用することができる。ターゲットは、巨視的または微視的なスケール（尺度）でSSRを定義する自然に発生するマーク（印）または物体（オブジェクト）を観測することによって識別することができる。適用されたか識別されたかは、ペイント（塗料）またはその他の材料によって覆うことができる。また、ターゲットは、ひずみが測定される物体に組み込むこともできる。

【0034】

本発明の一実施形態では、SSRは、“二次元バーコード”、特にデータ・マトリックス(Data Matrix)記号に含まれるひずみローゼットでありうる。

30

【0035】

本発明の別の実施形態では、SSRは、既存の全体画像で識別されうる。

【0036】

SSRに対して無数の画像構成が存在する。SSRは、それぞれがセントロイドを有する、複数の副画像（サブ・イメージ）で構成することができ、かつSSRの副画像のセントロイドの運動を相関するためにセンサによって観測することができる。

【0037】

特定のSSRは、SSRの変形及びそれが関連付けられる（即ち、それが適用されうかまたはそれが識別される）物体のロード（負荷）の下の変形が一对一関係を持つような方法で（アプリケーションまたは識別によって）物体に関連付けられなければならない。SSRを備えているターゲットは、外部事象によってトリガされた任意の回数で、または所定の間隔で、連続ベースで--適切に、光学的、磁氣的、電磁氣的、音響的、またはその他のセンサによって--観測される。SSRの画像は、用いられるSSRの副画像または非SSR記号で識別された副画像のセントロイドの運動を検出するために相関され、運動は、検討中の表面の面（プレーン）に対応している使用される座標系の方向におけるひずみを決定するために解析式で定量化されかつ利用される。セントロイドの運動は、本発明に従ってコンピュータ実現型プログラムによって検出され、それは、SSRを識別し、使用される（SSRを構成している）特定の記号/副画像を相関し、SSRの副画像のセントロイドの変位を決定し、かつ以下に説明するようなひずみ式に対する入力として得られかつ二次元でひずみを生じかつ表示するためにデータを利用する。

40

50

【0038】

ターゲットは、（例えば、磁界を自然に放出する材料のような）検出可能な物理量を自然に放出し、（例えば、電流を受けたときに磁界を生成する材料、または電界によって誘導されたときに光を放出する材料のような）外部誘導により検出可能な物理量を放出することができ、または検出可能な物理量を反射することができる；そして、物理量は、（可聴周波数範囲を含んでいる）電磁スペクトルのいずれかの帯域幅の信号でありうるか、または、それは、磁界のようなフィールド（界）でありうる。ターゲットは、それが微視的から巨視的までの範囲にわたるスケールで生成されかつ感知されうるという点で、スケラブルである。

【0039】

センサは、表面に取り付けられたかまたは材料または物体に組み込まれたターゲットの変形、及びターゲットの変形を、もしあれば、時間に対して観測する。センサは、ターゲットによって放出される検出可能な物理量とコンパチブルであるように選択され、かつコンピュータに物理量を表しているデータを供給するために観測された物理量の前処理を引き受ける。コンピュータは、データを解析し、かつ検討中の物体がひずみを結果として生ずるローディング(loadings)に提出されるときにリアルタイムでデータ及びひずみ計算を記憶しかつ表示するプログラムを実施する。技術は、検討中の物体の大きさに関してスケラブルである。

【0040】

本発明による方法は、いくつかのSSRsの一つの副画像の相関、または表面に適用された非SSR記号の識別された副画像の相関を採用する。相関は、光学的、音響的、磁氣的、または電磁氣的でありうる。

【0041】

本発明のその他の目的、特徴及び効果は、添付図面を含んでいるこの明細書の読込みにより当業者にとって明らかであろう。

【0042】

本発明は、全体を通して同じ参照番号が同じ要素を示す添付図面を参照して好適な実施形態の以下の詳細な説明を読むことによってより良く理解されるであろう。

【0043】

図に示した本発明の好適な実施形態を記述することにおいて、明瞭化のために特定の用語を採用する。しかしながら、本発明は、そのように選択された特定の用語に限定することを意図していないし、かつ各特定の要素は、同様な目的を達成するために同様な方法で動作する全ての技術的同等物を含むということが理解されるべきである。

【0044】

ここで図1を参照とする、ターゲット、センサ、及びコンピュータを備えている、本発明による圧縮型記号体系ひずみゲージを線図的に示す。ターゲットは、製造されたかまたは識別された記号ひずみローゼット（“SSR”）である。SSRに対して無数の画像構成が存在する。本発明によるターゲットの二つの例を図2A及び3に示す。図2Aは、シンボル形状(geometry)の一部として企業ロゴを含むSSRであり、図3は、SSRを組み込む二次元バーコードである。両方のSSRsは、ロード及び変形を受ける表面に取り付けられたときにひずみを光学的に検出するための条件を満足するターゲットの例である。

【0045】

製造されたか識別されたかどうか、SSRは、その物理寸法により定義される。エンジニアリングひずみは、SSRの基準構成(reference configuration)に対してポイント（点）を接続しているライン・セグメントのエンド・ポイント（端点）の単位長さ当りの長さにおける相対的変化の測定単位である。この基準構成は、通常、変形されていないポジション（場所）は、ゼロ・ローディングであるように取られる。ひずみゲージとして用いられるSSRのある量は、点を記述することができる幾何特性(geometrical property)を識別しなければならない。そのような点の例は、図3に示すような記号のグループのセントロイドである。独自に識別することができるその他の点は、ひずみ測定の目的でSSR

10

20

30

40

50

の特性として考えることができる。従って、ひずみは、SSRの多くの可能な構成に対して測定されるので、同じラインのエンド・ポイントは、全ての可能な構成に対して識別されなければならない。

【0046】

ひずみローゼットは、図4に示すように、3つの交差するライン・セグメントのパターンにより定義される。ライン・セグメント1の長さは、エンド・ポイント P_0 及び P_1 によって測定され、ライン・セグメント2の長さは、エンド・ポイント P_0 及び P_2 によって測定され、そしてライン・セグメント3の長さは、エンド・ポイント P_0 及び P_3 によって測定される。

【0047】

ひずみの定義がSSRの圧縮された記号に適用されるときには、エンド・ポイントのロケーション（位置）によってライン・セグメントを識別することが必要である。図2Aに示すSSRは、その外側境界線(outside boundary)のコーナー・ポイントによって定義される。図2Bは、図2Aに示すSSRに対するライン・セグメント及びエンド・ポイントを示す。エンド・ポイントは、正方形境界線のコーナー・ポイントによって定義される。

【0048】

事後 (posteriori) が定義されるSSRは、セントロイド座標によってまたはひずみローゼットを定義する3つの交差するライン・セグメントを位置決めするその他の便利な形状 (geometry)によってのいずれかで識別することができる。

【0049】

本発明の一実施形態では、図3に示すように、全体イメージは、スペース・シャトル部品を識別しかつ追跡するためにNASAによって開発された種類の“二次元バーコード”であり、かつSSRは、二次元バーコードに含まれる情報の一部である。バーコード・パターンは、Paul Mathans等による“A White Paper on Two Dimensional Symbols” (CSPI Vision Systems 1996)に記載されているように、インベントリ・データまたはそれが取り付けられる物体の履歴をエンコードするために用いることができる。しかしながら、ターゲットは、読み取られるインベントリまたは履歴データを含む必要はない。

【0050】

“二次元バーコード”は、マトリクス内のブラック・モジュールのポジション（場所）に基づきデータをコーディングする二次元コードに適用する用語、マトリクス・コードとより正式には呼ばれる。ブラック・モジュールの全ては、同じディメンション（寸法）でありかつそれは、データをコーディングするモジュールのポジションである。データ・マトリクス (Data Matrix) は、暗い及び明るい正方形データ・モジュールを含んでいる二次元マトリクス・コードの種類である。非常に小さい空間に多くの情報をパックする（詰め込む）ように設計されている；データ・マトリクス記号は、1つと3116の数字との間または2335の英数字との間を記憶することができる。データ・マトリクス記号は、記号の周囲に2つの実線と2つの交互の暗い及び明るいラインのファインダ・パターンを有する。これらのパターンは、記号の方位及び印字密度の両方を示すために用いられる。CCDカメラのような二次元イメージング装置は、記号系 (symbology) を走査するために用いられる。

【0051】

データ・マトリクス記号の情報は、相対ドット・ポジションよりも絶対ドット・ポジションによってコード化される。データ・マトリクス記号は、1平方ミル (mil square) と14平方インチとの間で容易にスケラブルであるが、実際の制限は、マーキング（マーク付け）装置及びセンサの光学装置の忠実度に依存する。データ・マトリクス記号は、様々な印刷及びマーキング技術を用いて小さなアイテム・マーキング・アプリケーションに用いることができる。

【0052】

Dデータ・マトリクス・コードに関する更なる情報は、米国特許第4, 939, 354号公報、米国特許第5, 053, 609号公報、米国特許第5, 124, 536号公報に

10

20

30

40

50

開示されている。

【0053】

図3に示すような、二次元バーコードに組み込まれたSSRの場合には、SSRは、以下に詳述するように、バーコードの副画像（サブ・イメージ）のセントロイド座標により定義され、かつSSRの副画像のセントロイドの運動を相関するためにセンサによって観測することができる。

【0054】

別の実施形態では、ひずみローゼットを定義する線形量は、線形エッジ型(linear-edge)形状または曲線エッジ型(curved-edged)形状を用いて生成することができる。曲線エッジ型SSRsを生成するために円を用いることができる。

10

【0055】

ターゲットは、ロード下の変形によるSSRの変形を結果としてもたらすあらゆる手段によって物体に関連付けることができる。SSR及び物体の変形は、一対一の関係を持たなければならない。ターゲットは、ひずみがそれを物体の表面に直接または間接的に適用することによって、またはSSRを定義する既存のパターンにおいてそれを識別することによって測定される物体に関連付けることができる。適用されるか識別されるかに係わらず、ターゲットは、ひずみが測定される物体に組み込むことができる。

【0056】

以下のものに限定されないが、それらを含むターゲットのアプリケーションの例：

1. ひずみが測定される物体の表面に、例えば、接着剤によって結合される、polymide (ポリマイド) フィルムのような媒体へのアプリケーション（間接アプリケーション）；
2. 表面をエッチする（直接アプリケーション）；
3. 表面を塗布する（直接アプリケーション）；及び
4. 表面に印刷する（直接アプリケーション）

ターゲット・アプリケーションは、NASA STD 6002及びHandbook 6003に詳細に記述されている。

【0057】

ターゲットの識別の例は、以下のものに限定されないが、それらを含む：

1. 巨視的または微視的なスケールでSSRを定義する物体の自然発生する表面の特徴を観測することによる識別（例えば、地球の表面の特徴（地勢・地形））。
2. 巨視的または微視的基準でSSRを定義する物体の自然発生する副表面の特徴を観測することによる識別（例えば、地球に埋まった化石）。
3. 巨視的または微視的基準でSSRを定義する物体の人工表面の特徴を観測することによる識別（例えば、構成成分の収集）。
4. 巨視的または微視的基準でSSRを定義する物体の人工副表面の特徴を観測することによる識別（例えば、スキンで覆われたスペースクラフトの構成部品、スキンで覆われたブリッジの構成部品、または可視スペクトルで不透明な表面を有しているビルディングの構成部品）。

30

【0058】

ターゲットの埋込みの例は、以下のものに限定されないが、それらを含む：

1. 物体が形成されるときに検討される物体に埋込むこと；
2. 自然発生するかまたは製造された副表面の特徴の識別；
3. 一つ以上の塗装層のような、重なり材料で覆うこと；及び
4. 人体、ボディ・パート（人体部分）またはインプラントに差し込む（インプラントする）こと。例えば、ターゲットが、股関節（股継手）またはヒップ・インプラントのクリティカル・エリア、または人工心臓弁に取り付けられたならば、ターゲットは、X線センサによってターゲットを取り囲んでいる組織を通して見ることができ、かつ関連ボディ・パートまたはインプラントに対するひずみ及び疲労破壊は、時間にわたり評価することができる。

40

【0059】

50

ターゲットは、検出可能な物理量を自然に放出し、検出可能な物理量を生成し、または検出可能な物理量を反射することができる。検出可能な物理量は、（可聴周波数範囲を含んでいる）電磁気スペクトルのいずれかの部分における信号でありうるか、またはそれは、磁場（磁界）のようなフィールド（場・界）でありうる。検出可能な物理量は、ビットマップ・ファイルに変換することができるグレー・スケール画像として特徴付けることができる信号でありうる。全てのこれらの信号及びフィールドを含んでいる、様々な検出可能な物理量を感知するセンサは、市販されている。

【0060】

ターゲットは、スケーラブルであり、その意味でそれは生成されかつ微視的から巨視的な範囲にわたるスケールで感知することができる。それゆえに、本発明による圧縮型記号系ひずみゲージは、地球の表面または副表面のひずみの変位/ひずみを決定するためにスペース（宇宙空間）から地球上のターゲットを見ることのような非常に大きいアプリケーションに適用可能である。必要なことの全ては、センサをターゲット画像の大きさ及びターゲットによって放出される検出可能な物理量に一致させることである。図7は、本発明による圧縮型記号系ひずみゲージの適用可能性の範囲を示しかつ圧縮型記号系ひずみゲージをひずみを測定する他の方法と対比する。

【0061】

圧縮型記号系ひずみゲージの一つの利点は、アナログ技術を用いて二次測定から推論するのは対照的に、ひずみを直接測定することである；それゆえに、法線及び剪断ひずみコンポーネントの明示的に検出可能な“読取り”を可能にする。これは、結果としてより大きな正確度及び低減されたシステム・エラーを導く。

【0062】

圧縮型記号系ひずみゲージの別な利点は、ひずみ測定の範囲が0から少なくとも50%まで容易であり、それは、ゴムやプラスチックのような弾性材料におけるひずみの測定を許容するということである。ポテンシャルは、ナノスケール・レベルにおける測定を網羅するために出る(exit)。

【0063】

圧縮型記号系ひずみゲージの第3の、主要な利点は、副表面のひずみを測定することができるということである。副表面測定は、人工複合材で特殊なアプリケーションを有することができる。

【0064】

また、圧縮型記号系ひずみゲージは、巡回または他のローディングの対象となる装置の構造またはコンポーネントのクリティカル・エリアにおける疲労破壊（累積）の評価に用いることもできる。これは、エリアの通常の使用中の選択された期間にわたり検討下のコンポーネントのエリアを観測することによって達成される。次いで、データは、コンポーネントの故障を予測するために用いることができる。

【0065】

センサは、ターゲットの全体画像を捕らえかつそれをコンピュータに送ることによって表面に取り付けられたかまたは材料に埋込まれたターゲットの変形を観測する。センサは、ターゲットによって放出される検出可能な物理量とコンパチブルであるように選択され、かつコンピュータに物理量を表わしているデータを供給するために観測された物理量の前処理を実行する。データ・マトリクス記号に組込まれたSSRのような、光学的に観測することができるSSRの場合には、センサへの入力信号は、その他の入力を適応することができるけれども、ビットマップ・ファイルに変換することができるグレースケール画像でありうる。

【0066】

コンピュータは、通常、プログラム及びデータを記憶するメモリと、プログラムを実施しかつデータを処理するプロセッサとを備え、かつデータを表示するディスプレイ（表示装置）に関連付けられる。検討下の目的として、ひずみを結果としてもたらすローディングが提起されると、コンピュータは、（1）SSR及び時間の関数としてその中の変化及

びロードにおける変化を識別し、(2) S S Rにおける変化をひずみに変換し、かつ(3)適切なフォーマットでそれを表示する、プログラムを実施する。データの表示は、リアルタイムで行うことができる。技術は、検討下の物体の大きさに関してスケラブルである。

【0067】

S S Rは、適切な、光学的、磁氣的、電磁氣的、音響的、またはその他のセンサによって、逐次的期間で、外部事象によってトリガされたランダム回数で、連続的時間に、またはプログラムされた時間ベースでのいずれかで観測される。S S Rの副画像は、副画像のセントロイドの運動を検出するために時間にわたり相関され、かつ運動は、定量化されかつ検討下の表面のプレーンに対応している使用された座標系の方向におけるひずみを決定するために解析式で利用される。セントロイドの運動は、本発明によるコンピュータによって実施されるプログラムによって検出され、それは、S S R及びその副画像を識別し、かつ時間にわたりS S Rの副画像を相関し、S S Rの副画像のセントロイドの変位を決定し、かつ以下に記述されるようなひずみ数式に対する入力としてかつ二次元でひずみを生成しかつ表示するために取得したデータを利用する。

10

【0068】

本発明の技術的基礎に続く説明は、説明のためにデカルト座標系及び特定の副画像形状を利用する。しかしながら、座標系がS S Rの副画像及びひずみ式の解析に対して一貫している限りあらゆる座標系及びあらゆる幾何副画像形状(geometric sub-image shape)を用いる。

20

【0069】

本発明の数学的基礎は、S S Rを定義している副画像のセントロイドの運動の相関である。副画像は、あらゆる幾何形状でありうる。説明の目的のためだけであり本発明の適用範囲を限定することを意図しない、図5Aに示す例では、副画像は、高さh及び幅bを有する矩形である、一つの単位セルで構成される。副画像が二つ以上の単位セルを備えている場合には、単位セルは、例えば、互いに隣同士に配列された大きな矩形と小さな矩形で構成されている(図5Bに示す)T形状に組み合わせることができ、小さな矩形は、単一の単位セルでありかつ大きな矩形は、k個の単位ユニットで形成され、ここでkは、整数である(即ち、大きな矩形の大きさは、小さな矩形の大きさの整数倍である)。

30

【0070】

図6Aに示す各副画像に対するセントロイド座標は、ローカル座標系の原点から測定される。セントロイド座標は、 X_c 、 Y_c で表わされる。図5Aに示した種類の矩形副画像に対するセントロイドは次の通りである：

【0071】

$$X_c = \frac{1}{2}b \quad (\text{式1})$$

【0072】

$$Y_c = \frac{1}{2}h \quad (\text{式2})$$

図5Bに示した種類の複合(組合せ矩形)副画像に対するセントロイドは、以下の通りである：

40

【0073】

$$X_c = \frac{1}{2}kb \quad (\text{式3})$$

【0074】

$$Y_c = \sum Y_i A_i / \sum A_i \quad (\text{式4})$$

従って：

【0075】

$$Y_c = \frac{\left(\frac{h}{2}\right)(kbh) + (h + \frac{h}{2})(bh)}{kbh + bh} \quad (\text{式 } 5)$$

$$Y_c = \frac{\frac{1}{2}bkh^2 + \frac{3}{2}bh^2}{bh(k+1)} \quad (\text{式 } 6)$$

$$Y_c = \frac{h(k+3)}{2(k+1)} \quad (\text{式 } 7)$$

10

【 0 0 7 8 】
 k が大きくなるに従って、
 $(k+3) \cong k$

、及び
 $(k+1) \cong k$

ということを示すことができる。それゆえに、
 $Y_c \cong 1/2 h$

20

でかつ複合副画像の小さい矩形の寄与は、小さい。

【 0 0 7 9 】

図 7 を参照すると、 X 及び Y は、二次元副画像のグローバル座標である。コンピュータは、各副画像のコーナーの位置を突きとめる走査アルゴリズムを実施するであろう。SSR の副画像がその i 番目の番号（数）によって示されるならば、各副画像のセントロイドは、以下のように示される：

$$X_{ic} = X_i + X_c \quad (\text{式 } 8)$$

30

$$Y_{ic} = Y_i + Y_c \quad (\text{式 } 9)$$

ここで X_{ic} 及び Y_{ic} は、記号のセントロイドのグローバル座標であり、かつ X_c 及び Y_c は、記号の各副画像のローカル・セントロイド座標である。矩形副画像について：

$$X_{ic} = X_i + \frac{1}{2}b \quad (\text{式 } 10)$$

$$Y_{ic} = Y_i + \frac{1}{2}h \quad (\text{式 } 11)$$

40

であり、図 7 に示す副画像のような記号の複合矩形副画像について：

$$X_{ic} = X_i + \frac{1}{2}kb \quad (\text{式 } 12)$$

$$Y_{ic} = Y_i + \frac{h(k+3)}{2(k+1)} \quad (\text{式 } 13)$$

【 0 0 8 6 】

50

例として、式 1 2 及び 1 3 は、ひずみ決定に対して本発明による光学的方法を例によって説明すること続けるために用いることができる。上述したように、S S R の変形及びそれが適用されるかまたはそれが識別される物体のロード下の変形は、一対一関係を持たなければならない。図 3 のデータ・マトリクス記号に組込まれた S S R の例を用いて、5 × 5 画素アレイが各セルに対して選択されかつひずみローゼットは、各副画像に対して 1 0 0 画素サブセットを有する。以下の計算は、副画像のセントロイドにおける変化 ΔS を、検討下の表面をローディングすることによって誘導されたひずみに関連付ける。

【 0 0 8 7 】

$$\Delta S_i = [\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2]^{1/2} \quad (\text{式 1 4})$$

10

【 0 0 8 8 】

$$\Delta S_i = [(X_{i+l} - X_l)^2 + (Y_{i+l} - Y_l)^2]^{1/2} \quad (\text{式 1 5})$$

【 0 0 8 9 】

$$\Delta S'_i = [(X'_{i+l} - X'_l)^2 + (Y'_{i+l} - Y'_l)^2]^{1/2} \quad (\text{式 1 6})$$

【 0 0 9 0 】

$$l_i = \frac{(X_{i+l} - X_l)}{[(X_{i+l} - X_l)^2 + (Y_{i+l} - Y_l)^2]^{1/2}} \quad (\text{式 1 7})$$

20

【 0 0 9 1 】

$$m_i = \frac{(Y_{i+l} - Y_l)}{[(X_{i+l} - X_l)^2 + (Y_{i+l} - Y_l)^2]^{1/2}} \quad (\text{式 1 8})$$

【 0 0 9 2 】

$$\frac{1}{2}[(\Delta S' / \Delta S)^2 - 1] = l_i^2 \varepsilon_{xx} + m_i \varepsilon_{yy} + 2l_i m_i \varepsilon_{xy} \quad (\text{式 1 9})$$

【 0 0 9 3 】

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}[(\Delta S' / \Delta S)^2 - 1] &= (\Delta X_i / \Delta S_i)^2 \varepsilon_{xx} + (\Delta Y_i / \Delta S_i)^2 \varepsilon_{yy} \\ &+ 2(\Delta X_i / \Delta S_i)(\Delta Y_i / \Delta S_i) \varepsilon_{xy} \end{aligned} \quad (\text{式 2 0})$$

30

ここで l 及び m は、方向余弦でありかつ用いられた座標系及び記号に対してこの例において $l = m = .707$ である。

【 0 0 9 4 】

上記関係は、この例で用いた S S R から ε_{xx} 、 ε_{yy} 、 ε_{xy} の決定をさせる。同様に、本発明による S S R は、あらゆる座標系に対して考え出すことができるか、または本発明による方法においてそれをターゲットとして用いることができるように既存の記号または他のパターンの解析によって識別することができる。ターゲットの副画像のセントロイドの運動は、光学的にひずみを決定するために用いる座標系に対して書かれたひずみ式で利用することができるし、かつ本発明によるコンピュータ・プログラムは、あらゆる座標系及び副画像幾何形状に適用可能である。

40

【 0 0 9 5 】

ここで図 9 A 及び 9 B を一緒に参照すると、本発明によるコンピュータ・プログラムがその後に続くアルゴリズムを示している高レベル・フロー図が示されている。アルゴリズムは、3つの基本段階、画像グラブング(image grabbing)、ひずみ解析、及びデータ・ロギングを備え、かつ二種類の画像、ロードのアプリケーションなしでまたはひずみが測定される物体の基準ロードにより取得した、基準画像と、及びロードの存在における基準画像または物体のロードに対する変化の後で取得した、後続画像とを利用する。

50

【0096】

画像グラビング段階は、以下の段階を具備する：センサは、基準画像を取得しかつコンピュータに基準画像を表わしているデータを出力する。次いで、コンピュータによって実施されるプログラムまたは複数のプログラムは、SSRを定義するために基準画像データを解析し、かつコンピュータ・モニターまたは他の表示装置に、好適にはリアルタイムで、基準画像を同時に表示する。解析段階に続いて、コンピュータは、解析された基準画像データを記憶する。一度基準画像が取得され、解析され、かつ記憶されたならば、センサは、後続画像を取得しかつコンピュータにその後続画像（即ち、現行の後続画像）を表わしているデータを出力する。

【0097】

後続画像の取得は、連続的にまたは所定の間隔で実行することができるか、またはそれは、ロードのアプリケーションのような外部事象によってトリガすることができる。それゆえに、後続画像の数は、1から無数の範囲にわたることができる。一度後続画像を表わしているデータがコンピュータに入力されたならば、プログラムは、SSRを定義するためにそれを解析し、かつコンピュータ・モニターまたは他の表示装置（好適には、比較を容易にするために、基準画像が表示される同じモニターまたは他の表示装置）に、好適にはリアルタイムで、対応する後続画像を同時に表示する。解析段階に続いて、コンピュータは、現行の後続画像に対する解析された後続画像データを記憶する。

【0098】

ひずみ解析段階は、画像グラビング段階の後に行われ、かつ後続画像が取得される毎に実行される。ひずみ解析段階では、コンピュータは、時間及びロードの変化の関数としてSSRにおける変化に基づき、現行の後続画像に対して記憶された基準画像データ及び記憶された後続画像データからひずみを計算する。それゆえに、新しいひずみ計算は、各後続画像に対して行われる。次いで、ひずみ計算は、ディスプレイとして利用することができると共に、既知及び未知の機械特性の材料に対する疲労破壊またはひずみ履歴に関する情報を供給し、既知の機械特性の材料に対するアプローチしてくる故障点の先行通知を供給し、未知の機械特性の材料に対する、または収集した損傷累積データに基づき、故障点を推定する。

【0099】

データ・ロギング段階は、ひずみ解析段階の各繰返しの後に行われる。データ・ロギング段階では、プログラムは、現行の結果を取得しかつログ・ファイルにそれらを書き込む。

【0100】

当業者によって理解されるように、図9A及び9Bのフロー図は、説明の目的のためであり、かつ結果に影響を与えることなくアルゴリズムにある変更を行うことができる。例えば、基準及び後続画像の表示は、それらの画像の解析により逐次的に、並びに実質的に同時に行うことができる；基準及び/又は後続画像の表示の取得は、外部事象によって開始することができる；そして、画像は、事象の間に記録しかつ後で処理するために記憶することができる。

【0101】

上記の教示を考慮して当業者によって理解されるように、本発明の上述した実施形態の変更及び変形が可能である。添付した特許請求及びそれらの同等物の適用範囲内において、本発明は、特に記述されたもの以外にも実用化されうるということが従って理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0102】

【図1】本発明による圧縮型記号系ひずみゲージの線図である。

【図2A】ロード及び変形を受ける表面に取り付けられたときにひずみを光学的に検出するための条件を満足するターゲットとしての役割をすることができるように構成された記号ひずみローゼットに対する製造画像構成を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 2 B】図 2 A の記号ひずみローゼットを定義するライン・セグメント及びエンド・ポイントを示す図である。

【図 3】ロード及び変形を受ける表面に取り付けられたときにひずみを光学的に検出するための条件を満足するターゲットとしての役割をすることができる記号ひずみローゼットに対する製造画像構成が含まれる、データ・マトリクス記号の形式の全体画像を示す図である。

【図 4】ひずみローゼットを定義する 3 つの交差ライン・セグメントを示す図である。

【図 5 A】ひずみローゼットの副画像の矩形単位セルを示す図である。

【図 5 B】ひずみローゼットの T 形状副画像を示す図である。

【図 6 A】図 3 のデータ・マトリクス記号の S S R を示す図である。

【図 6 B】図 3 に示した全体画像のシンボリック・ひずみローゼットを定義するライン・セグメント及びエンドポイントを示す図である。

【図 7】図 6 A に示したひずみローゼットの副画像を示す図である。

【図 8】現行技術の適用可能性の範囲を示すグラフでありかつ技術を、ひずみを測定するその他の方法と対比させる。

【図 9】図 9 A 及び 9 B の配列を示す図である。

【図 9 A】本発明によるコンピュータ・プログラムがその後続くアルゴリズムを示すハイ・レベル・フロー図である。

【図 9 B】本発明によるコンピュータ・プログラムがその後続くアルゴリズムを示すハイ・レベル・フロー図である。

10

20

【図 1】

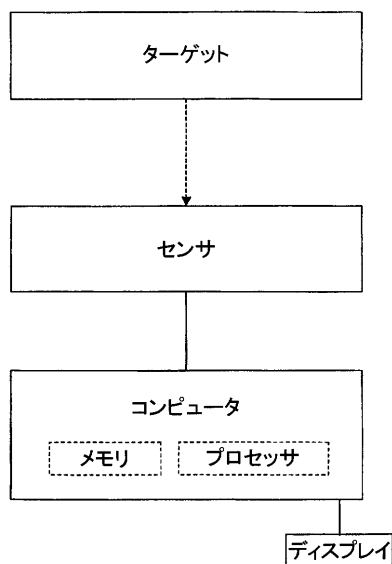


FIG. 1



FIG. 2A

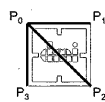


FIG. 2B

【図 3】



FIG. 3

【図 4】

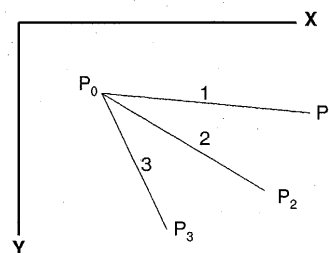
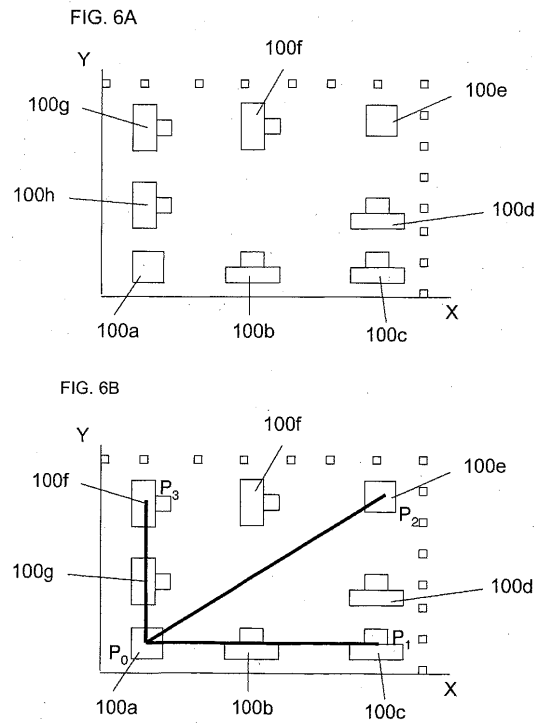
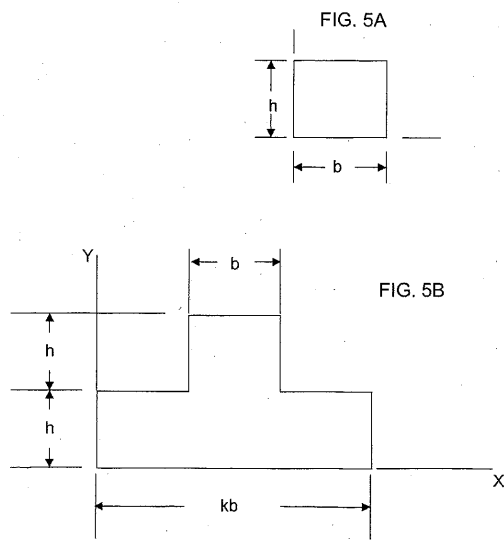
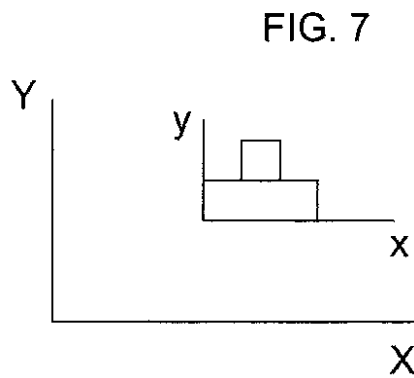


FIG. 4



【図 7】



【図 8】

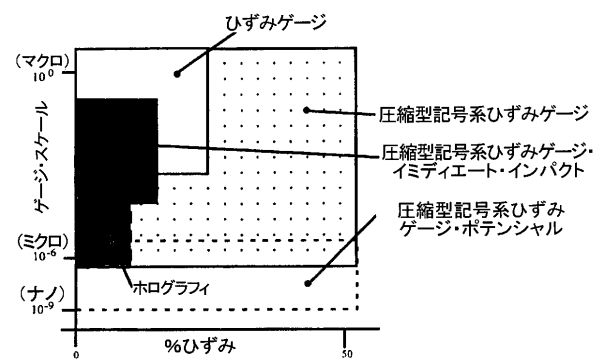


FIG. 8

【図 9】

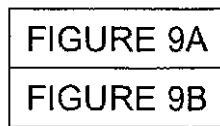
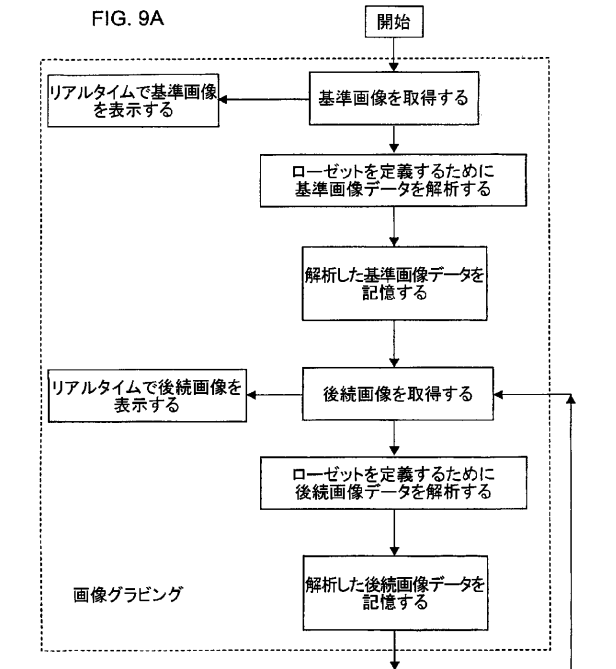


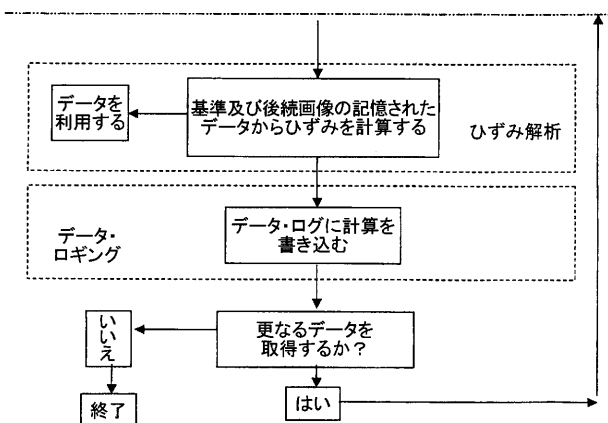
FIG. 9

【図 9 A】



【図 9 B】

FIG. 9B



【手続補正書】

【提出日】平成17年3月31日(2005.3.31)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

ひずみ及び疲労破壊の少なくとも一つが測定される本体に関連付けられかつ検出可能な物理量を放出するように構成され、ひずみローゼットを備えているターゲットと、

コンパチブルでかつ前記ターゲットによって放出された前記検出可能な物理量を前処理しかつ該物理量を表しているデータを出力するように構成されたセンサとを備えている圧縮型記号系ひずみゲージであり、

前記ひずみローゼットは、その物理寸法により、そしてより特定のには、該ひずみローゼットを定義する3つの交差するライン・セグメントのエンド・ポイントにより定義される圧縮された記号の形式であり、

前記ひずみローゼットを定義するために前記センサによって出力された前記データを解析する手段と、及び

前処理されかつ解析されたデータに基づき前記本体の前記ひずみを直接計算する手段とを更に備えていることを特徴とする、圧縮型記号系ひずみゲージ。

【請求項2】

物体のひずみ及び疲労破壊の少なくとも一つを直接測定する方法であって、

ひずみローゼットの変形及び前記物体の負荷の下における変形が一对一関係を持つような方法で該ひずみローゼットを該物体に関連付ける段階を具備し、

前記ひずみローゼットは、その物理寸法により、そしてより特定のには、該ひずみローゼットを定義する3つの交差するライン・セグメントのエンド・ポイントにより定義される圧縮された記号の形式であり、

前記物体に印加された前記負荷における時間及び変化の関数として前記ひずみローゼットにおける変化を識別する段階と、及び

前記ひずみローゼットにおける変化に基づきひずみを計算する段階とを具備することを特徴とする物体のひずみ及び疲労破壊の少なくとも一つを直接測定する方法。

【請求項3】

前記ひずみローゼットは、マニファクチュアでありかつ前記関連付ける段階は、前記物体に前記ひずみローゼットを適用することを具備することを特徴とする請求項2に記載の方法。

【請求項4】

前記関連付ける段階は、既存のパターンの前記ひずみローゼットを識別することを具備することを特徴とする請求項2に記載の方法。

【請求項5】

前記ひずみローゼットは、マニファクチュアによって定義されることを特徴とする請求項1に記載の圧縮型記号系ひずみゲージ。

【請求項6】

前記ひずみローゼットは、二次元バーコードに含まれることを特徴とする請求項5に記載の圧縮型記号系ひずみゲージ。

【請求項7】

前記二次元バーコードは、データ・マトリクス記号であることを特徴とする請求項6に記載の圧縮型記号系ひずみゲージ。

【請求項8】

前記ターゲットは、前記ひずみローゼットを定義する既存のパターンで識別されること

を特徴とする請求項 1 に記載の圧縮型記号系ひずみゲージ。

【請求項 9】

既知または未知の機械特性の材料に対する疲労破壊またはひずみ履歴に関する情報を供給するために、既知の機械特性の材料に対するアプローチする故障点の先行通知を供給するために、または未知の機械特性の材料に対する故障点を推定するために、または収集した破壊累積データに基づき、前記ひずみ計算を利用する手段を更に備えていることを特徴とする請求項 1 に記載の圧縮型記号系ひずみゲージ。

【請求項 10】

既知または未知の機械特性の材料に対する疲労破壊またはひずみ履歴に関する情報を供給するために、既知の機械特性の材料に対するアプローチする故障点の先行通知を供給するために、または未知の機械特性の材料に対する故障点を推定するために、または収集した破壊累積データに基づき、前記ひずみ計算を利用する段階を更に具備することを特徴とする請求項 2 に記載の方法。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0015】

Vachon及びRansonによる米国特許第 4, 591, 996 号の特許証は、照明された光学的散乱面から反射されたスペックル・パターンの相関を用いている光学ひずみ測定を開示する。スペックル・パターンは、研究中の表面領域の特性である不規則信号である。表面の各領域は、ちょうど各個人が独自の顔の特徴を有するように、独自のパターンを有する。時間の関数としてスペックル・パターンの動きを記録するためにマシン・ビジョンを用いて変形する表面のスペックル・パターンの動きを相関することは、ひずみの決定をさせる。

Reytblattによる米国特許第 4, 008, 960 号公報は、多数の微小不連続点または所定のグリッドに配列された不連続点のセットを有している所定形状の一枚の光弾性材料を備えている光弾性ひずみゲージ・コーティングを開示する。所定形状及びグリッドは、境界デバイスと共に、支援コンピュータ・プログラムの使用を可能にするために標準フォーマットを供給する。コーティングは、解析される加工物表面に結合され、それから偏光によって照射されかつ撮影される。次いで、写真は、各不連続点または不連続点のセットにおける及びそれらに関するパターンの逐次の検査を可能にするためにかなり拡大される。そのように取得されたデータは、コーティングで覆われた加工物の一部のひずみフィールドを得るために支援コンピュータ・プログラムを用いて処理される。光弾性コーティングの技法は、構造体が供給されたロードの対象となる場合にひずみが測定される構造体に複屈折材料が結合されることを必要とする。更に、Reytblattは、光弾性ひずみゲージを記述するが、主要ひずみにおける方向及び相違だけを決定することができる。ひずみは、直接測定することができない；それは、ひずみ測定から推論されなければならない。

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No PCT/US 03/22136									
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G01B11/16 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC											
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 G01B Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, PAJ, WPI Data											
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category *</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td> US 4 008 960 A (REYTBLETT ZINOVY V) 22 February 1977 (1977-02-22) abstract; figures 1,3-9,12-16 column 1, line 31-37 column 1, line 60 -column 2, line 30 column 3, line 24-31 column 3, line 4-6 column 5, line 3-6 column 5, line 28-36 --- </td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td> EP 0 921 371 A (FORD GLOBAL TECH INC) 9 June 1999 (1999-06-09) abstract; figure 2 column 1, line 23-45 column 2, line 42-52 column 3, line 15-28 --- -/--- </td> <td>1-4</td> </tr> </tbody> </table>			Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	US 4 008 960 A (REYTBLETT ZINOVY V) 22 February 1977 (1977-02-22) abstract; figures 1,3-9,12-16 column 1, line 31-37 column 1, line 60 -column 2, line 30 column 3, line 24-31 column 3, line 4-6 column 5, line 3-6 column 5, line 28-36 ---	1-4	X	EP 0 921 371 A (FORD GLOBAL TECH INC) 9 June 1999 (1999-06-09) abstract; figure 2 column 1, line 23-45 column 2, line 42-52 column 3, line 15-28 --- -/---	1-4
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.									
X	US 4 008 960 A (REYTBLETT ZINOVY V) 22 February 1977 (1977-02-22) abstract; figures 1,3-9,12-16 column 1, line 31-37 column 1, line 60 -column 2, line 30 column 3, line 24-31 column 3, line 4-6 column 5, line 3-6 column 5, line 28-36 ---	1-4									
X	EP 0 921 371 A (FORD GLOBAL TECH INC) 9 June 1999 (1999-06-09) abstract; figure 2 column 1, line 23-45 column 2, line 42-52 column 3, line 15-28 --- -/---	1-4									
☒ Further documents are listed in the continuation of box C. ☒ Patent family members are listed in annex.											
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family											
Date of the actual completion of the international search 28 January 2004		Date of mailing of the international search report 05/02/2004									
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Popovici, M									

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International	Location No
PCT/US 03/22136	

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 221 (P-153), 5 November 1982 (1982-11-05) -& JP 57 125803 A (TOYODA GOSEI KK), 5 August 1982 (1982-08-05) abstract; figures 1,4 ---	1-4
X,P	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2003, no. 01, 14 January 2003 (2003-01-14) -& JP 2002 267422 A (NIPPON KOEI POWER SYSTEMS CO LTD), 18 September 2002 (2002-09-18) abstract; figures 1-4,8 -----	1-4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International PCT/US 03/22136	Publication No
----------------------------------	----------------

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4008960	A	22-02-1977	NONE	
EP 0921371	A	09-06-1999	US 6189386 B1 EP 0921371 A2	20-02-2001 09-06-1999
JP 57125803	A	05-08-1982	NONE	
JP 2002267422	A	18-09-2002	NONE	

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT, BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IT,LU,MC,NL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA, GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ, EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,M W,MX,MZ,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,YU,ZA ,ZM,ZW

(74)代理人 100074228

弁理士 今城 俊夫

(74)代理人 100086771

弁理士 西島 孝喜

(72)発明者 ヴァーシオン レジナルド

アメリカ合衆国 ジョージア州 3 0 3 1 9 アトランタ エッピング フォレスト ドライヴ
1 4 1 4

(72)発明者 ランソン ウィリアム

アメリカ合衆国 サウスカロライナ州 2 9 2 0 5 コロンビア デヴルー ロード 4 0 1 5

Fターム(参考) 2F069 AA68 BB40 GG01 GG04 GG06 GG07 GG08 GG09 NN00 NN16

NN25

2G061 BA04 EA04 EB07 EC02 EC05

【要約の続き】

付ける段階；物体に印加された負荷における時間及び変化の関数としてS S Rにおける変化を識別する段階；及びS S Rにおける変化をひずみに変換する段階を含む。