

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5784745号  
(P5784745)

(45) 発行日 平成27年9月24日(2015.9.24)

(24) 登録日 平成27年7月31日(2015.7.31)

(51) Int.Cl.

G O 1 B 21/00 (2006.01)

F 1

G O 1 B 21/00

A

請求項の数 15 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2013-541253 (P2013-541253)  
 (86) (22) 出願日 平成23年12月5日 (2011.12.5)  
 (65) 公表番号 特表2014-501917 (P2014-501917A)  
 (43) 公表日 平成26年1月23日 (2014.1.23)  
 (86) 國際出願番号 PCT/EP2011/006086  
 (87) 國際公開番号 WO2012/076145  
 (87) 國際公開日 平成24年6月14日 (2012.6.14)  
 審査請求日 平成25年5月30日 (2013.5.30)  
 (31) 優先権主張番号 102010053582.6  
 (32) 優先日 平成22年12月6日 (2010.12.6)  
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(73) 特許権者 508233962  
 ノースロップ グルマン リテフ ゲーエ  
 ムベーハー  
 Northrop Grumman L I  
 T E F G m b H  
 ドイツ フライブルク 79115 レラ  
 ヒヤー ストラーセ 18  
 L o e r r a c h e r S t r . 18 , 7  
 9115 F r e i b u r g , G e r m a  
 n y  
 (74) 代理人 110000338  
 特許業務法人HARAKENZO WOR  
 LD P A T E N T & T R A D E M A  
 R K

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】機械的に結合した構造物を監視するシステムおよび方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

機械的に結合した構造物(101, 403, 502, 506, 602)を監視するためのシステムであって、

上記機械的に結合した構造物(101, 403, 502, 506, 602)における第1の部分に対して接続可能であり、かつ、規定の回数、地球の自転軸(202)に対する方向を第1の測定として決定するように構成されている第1のセンサ(102)と、

上記機械的に結合した構造物における第2の部分に対して接続可能であり、かつ、システム開始時における上記第1のセンサ(102)に対する既知の第1の方向を有し、さらに、自身の回転率を第2の測定として決定するように構成されている少なくとも一つの第2のセンサ(104, 402, 504)と、

上記機械的に結合した構造物における第2の部分に対して接続可能であり、かつ、システム開始時における上記第1のセンサ(102)に対する既知の第1の方向を有し、さらに、加速度を第3の測定として決定するように構成されている第3のセンサ(604)と、

、  
中央部(106)と、

上記中央部(106)を上記第1のセンサ(102)、上記第2のセンサ(104, 402, 504)、および上記第3のセンサ(604)に接続する通信ネットワーク(108)とを備えており、

上記第1のセンサ(102)は、上記第1の測定を上記中央部(106)に送信するよ

10

20

うに構成されており、

上記第2のセンサ(104, 402, 504)は、上記第2の測定を上記中央部(106)に送信するように構成されており、

上記第3のセンサ(604)は、上記第3の測定を上記中央部(106)に送信するように構成されており、

上記中央部(106)は、上記第1の測定、上記第2の測定、および上記第3の測定を用いて、上記機械的に結合した構造物(101, 403, 502, 506, 602)を監視するように構成されていることを備えていることを特徴とするシステム。

【請求項2】

上記少なくとも一つの第2のセンサ(104, 402, 504, 604)は、上記地球の自転軸(202)の上記方向を決定する精度が上記第1のセンサ(102)よりも劣った回転センサとして構成されていることを特徴とする請求項1に記載のシステム。 10

【請求項3】

上記第1のセンサ(102)および上記第2のセンサ(104, 402, 504, 604)は、時間計測部(702, 704)を備え、上記測定が上記中央部(106)に与えられる際の時間とともに、上記第1の測定および第2の測定を上記中央部(106)に送信することを特徴とする請求項2に記載のシステム。

【請求項4】

上記第1のセンサ(102)および上記少なくとも一つの第2のセンサ(104, 402, 504, 604)は、上記機械的に結合した構造物に対して異なる位置に取り付けられていることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載のシステム。 20

【請求項5】

上記通信ネットワーク(108)は、上記センサ(102, 104, 402, 504, 604)間ににおける直接の双方向通信を行うように構成されていることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載のシステム。

【請求項6】

上記第2のセンサ(104, 402, 504)は、上記システムが立ち上がった後の規定の時間間隔後、上記第1のセンサ(102)による上記測定に基づき再補正されることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載のシステム。

【請求項7】

機械的に結合した構造物(101, 403, 502, 506, 602)を監視するための方法であって、

上記機械的に結合した構造物(101, 403, 502, 506, 602)における第1の部分に対して接続可能されたセンサ(102)を用いて、規定の回数、地球の自転軸(202)に対する第1のセンサ(102)の方向を第1の測定として決定する工程と、上記第1の測定を、通信ネットワークを介して中央部(106)に送信する工程と、

システムの立ち上げ時における上記第1のセンサ(102)に対する既知の第1の方向を有する少なくとも一つの第2のセンサ(104, 402, 504)を用いて、上記第2のセンサ自身の回転率を、第2の測定として決定する工程と、

システムの立ち上げ時における上記第1のセンサ(102)に対する既知の第1の方向を有する少なくとも一つの第3のセンサ(604)の加速度を、第3の測定として決定する工程と、 40

上記第2の測定および上記第3の測定を、上記通信ネットワークを介して上記中央部(106)に送信する工程と、

上記第1の測定、上記第2の測定、および上記第3の測定から、監視値を生成する工程とを備えていることを特徴とする方法。

【請求項8】

上記第2のセンサ(104, 402, 504)は、送信された上記第1のセンサ(102)の方向とは独立に、自身の方向の変化を測定し、

上記第1のセンサ(102)の位置に対する上記第2のセンサ(104, 402, 50) 50

4, 604) の位置の変化は、送信された上記第 1 のセンサ(102)の方向を用いて決定されることを特徴とする請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

上記第 1 のセンサ(102)および上記第 2 のセンサ(104, 402, 504, 604)は、機械的に結合した構造物(101, 403, 602)における、動作不可な状態で互いに機械的に結合している異なる部分に個々に取り付けられていることを特徴とする請求項 7 または 8 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 10】

上記第 1 のセンサ(102)および上記第 2 のセンサ(504)は、機械的に結合した構造物(502, 506)における、動作不可な状態で互いに機械的に結合している異なる部分(502, 506)に取り付けられており、

上記異なる部分(502, 506)は、上記機械的な結合によって許可されることによって、互いに動くことができ、

上記中央部(106)によって決定される上記監視値は、上記異なる部分(502, 506)における上記許可運動または上記非許可運動のうちの一つが存在するか否かを示すことを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の方法。

【請求項 11】

上記機械的に結合した構造物(101, 403, 502, 506, 602)上の外部から、振動刺激が与えられ、

上記第 3 のセンサ(604)は、変換センサとして構成されており、

上記機械的に結合した構造物(101, 403, 502, 506, 602)において測定された見かけの位相速度は、上記第 1 のセンサ(102)において測定された上記方向と、同時に測定された上記第 1 のセンサ(102)または上記第 2 のセンサ(104, 402, 504)と、上記変換センサ(604)において測定された上記加速度の横方向成分とから決定されることを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の方法。

【請求項 12】

上記中央部(106)は、上記第 1 のセンサ(102)による上記測定が地球自転角速度を含んでいないとき、測定エラーを検出することを特徴とする請求項 7 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 13】

上記中央部(106)は、時系列で送信された一連の上記第 1 の測定、上記第 2 の測定、および第 3 の測定から、時間依存性の周波数スペクトルを決定し、かつ、上記周波数スペクトルからさらなる監視値を生成することを特徴とする請求項 7 ~ 12 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 14】

上記第 2 のセンサ(104, 402, 504)および/または上記第 3 のセンサ(604)は、上記システムが立ち上がった後の規定の時間間隔後、再補正されることを特徴とする請求項 7 ~ 13 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 15】

上記機械的に結合した構造物は、全地球航法衛星システム G N S S のアンテナとして構成されていることを特徴とする請求項 7 ~ 14 のいずれか 1 項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【発明の詳細な説明】

【0001】

本発明は、機械的に結合した構造物を監視するシステムおよびこれに対応する方法に関する。

【0002】

たとえばサニヤック効果に基づき回転を絶対的に決定し、したがって、局所参照フレームからは独立した外部力の影響下における巨大な機械的に結合した構造物の動的な動きを記録する用途に使用可能な、センサが知られている。しかしながら、これらのセンサにお

10

20

30

40

50

ける不可避のドリフトによって、周波数範囲が下の方からに限られている。

【0003】

したがって、機械的に結合した構造物における時系列の一連の動きを監視することができる、機械的に結合した構造物を監視するシステムおよび方法を提供することが、本発明の目的である。

【0004】

この目的を達成するために、本発明は、請求項1の構成を有するシステムおよび請求項6の構成を有する方法を提供する。

【0005】

システムおよび方法の好ましい実施形態は、各従属請求項によって提供される。

10

【0006】

以下では、本発明が、実施形態および図面を参照して議論される。

【0007】

図1は、実施形態に係る、機械的に結合した構造物を監視中のシステムの模式図である。

【0008】

図2は、地球の自転軸に対するセンサの方向を決定することの模式図である。

【0009】

図3は、さらなる実施形態に係る方法の処理フローの模式図である。

【0010】

20

図4は、さらなる実施形態に係る監視システムの模式図である。

【0011】

図5は、さらなる実施形態に係るシステムの模式構造である。

【0012】

図6は、さらなる実施形態に係るシステムの模式構造である。

【0013】

図7は、さらなる実施形態に係るシステムの模式構造である。

【0014】

図8は、さらなる実施形態に係る方法の処理フローの模式図である。

【発明を実施するための形態】

30

【0015】

各図において、互いに対応する構造物および構造物要素には、同じ参照番号を付している。

【0016】

図1に、機械的に結合した構造物101における第1の部分に対して接続可能であり、かつ、規定の回数、地球の自転軸に対する方向を第1の測定として決定するように構成されている第1のセンサ102を含む、機械的に結合した構造物を監視するシステムを図示する。さらに、システム開始時における第1のセンサ102に対する既知の第1の方向を有し、さらに、回転率および/または加速度を第2の測定として決定するように構成されている少なくとも一つの第2のセンサ104が配置されている。同時に、少なくとも一つの第2のセンサ104は、機械的に結合した構造物101における第2の部分に対して接続可能である。さらに、中央部106が、第1のセンサ102および第2のセンサ104を中央部106に接続する通信ネットワーク108とともに、配置されている。これにより第1のセンサ102は、第1の測定が中央部106に送信されるように構成されており、かつ、第2のセンサ104は、第2の測定が中央部106に送信されるように構成されている。中央部106は、第1の測定および第2の測定を用いて、機械的に結合した構造物を監視するように構成されている。

40

【0017】

第1のセンサ102は、たとえば、サニヤックセンサまたはコリオリセンサとして構成されればよい。この種のセンサは、それぞれ、サニヤック効果またはコリオリ効果に

50

基づき、地球の自転軸に対する方向を検出することができる。

【0018】

通信ネットワーク108は、無線または有線として構成されていればよい。光学ケーブルまたは空間伝送を介した光学通信が、この場合、電気的通信または電磁気的通信と同様に可能である。このプロセスでは、センサ102, 104と中央部106との間のいかなる通信経路も利用可能になりうる。たとえば、それぞれ単一のセンサ102, 104と中央部106との間における、簡単に実装可能な直接の双方向通信が、通信経路として提供されうる。しかし、センサ102, 104間、および、センサ102, 104のそれぞれと中央部106との間における、より複雑な通信経路も可能である。

【0019】

必要であれば、たとえばGPS(全地球測位システム)、ガリレオ、またはグロナスなどのGNNS(全地球航法衛星システム)センサ技術をセンサ102, 104に適用することによって、システム100を改良することも可能であり、これによって、センサ102, 104の絶対的な位置を測定することが可能になる。センサ102, 104に固定されるGNSSアンテナを用いることによって、アンテナの回転に関する結論(傾きまたはねじり)を得ることができる。この結論を得ることは、衛星ナビゲーション単独では直ちには可能ではない。GNSSのアンテナも、変換を決定するために用いてもよい。

【0020】

図2には、地球の表面200上の第1のセンサ102が、いかにして、地球の自転軸202に対して一定の角度で傾くのかを模式的に図示する。

【0021】

センサ102, 104の一つにおける感度の良いセンサ軸に対して、既知かつ一定の地球自転角速度が投影した値と、測定とを比較することによって、機械的に結合した構造物における本発明に係るシステムによる長時間の観察が可能になる。測定は常に地球自転角速度に関連するので、地球の自転軸202に対する参照は、同時に、測定エラー(失敗警告)を避けるための基準を提供する。こうでない場合、通常、測定エラーが起こる。

【0022】

地球の自転軸202に対する第1のセンサ102の固定参照によって、長時間のドリフトをフィルタでき、これによって、地滑り、ビルの沈下などの検知など長時間の測定が可能になる。

【0023】

第2のセンサ104は、地球の自転軸202に対する方向を決定する精度が第1のセンサ102よりも劣った回転センサとして構成されていてもよい。これによって、求めやすい価格でシステムを実現できる。第1のセンサ102は、たとえば、1時間当たり0.01°またはそれ以上の精度を持てばよく、一方、第2のセンサ104は、たとえば、一時間当たりたった1°の精度を持てばよい。

【0024】

本発明に係るシステムおよび方法によってそれぞれ監視される、機械的に結合した構造物101は、建物、橋、船、飛行機、または機械などの、単一の部分間の方向が変化しているかを決定することが重要な構造物であればよい。上述した構造物では、たとえば地震の後における損傷を検出するために、互いの間のいかなる動きをも忠実に検出することが重要ではあるが、一方で、一定の許容方向に対する部分の動きを許容するような、機械的に結合した構造物も知られている。たとえば、ウインドタービンのロータは、スタータに対して回転運動することが許容されている。しかしながら、ロータにおける回転の不均衡は、ローターにおける他の部材を追加で動かす原因となるので、必要に応じてウインドタービンを修理するために、検出されるべきものである。また、地球表面の部分(たとえば山腹、他には地球クラストにおける切れ目なく続いた部分)も、機械的に結合した構造物としてみなされうる。

【0025】

図3は、本発明に係る方法の処理フローを模式的に示す。この方法では、ステップS3

10

20

30

40

50

00において、地球の自転軸202に対する第1のセンサ102の方向が決定される。

【0026】

その後、ステップS301において、方向は中央部106に送信される。ステップS302において、第2のセンサ104を用いて、第2のセンサ104の回転率または加速度が決定される。システムの立ち上げ時、少なくとも一つの第2のセンサ104は、第1のセンサ102に対する既知の第1の方向を有している。その後、少なくとも一つの第2のセンサ104によって測定された回転率または加速度は、ステップS306において中央部106に送信される。その後、ステップS308において、送信された第1のセンサ102の方向と、送信された少なくとも一つの第2のセンサ104の回転率または加速度とから、監視値が生成される。監視値は、機械的に結合した構造物101を監視するために用いられる。10

【0027】

図4に示すハイブリッドセンサシステム400では、2つまたはそれ以上の回転率センサ102, 402が、異なる解像度および互いに対する相互の参照を有するサニヤック効果、コリオリ効果、および慣性効果に基づき、機械的に結合した構造物のうちの機械的全体構造403の状態変化（たとえば変形）、または機械的に結合した構造物101の一部同士の状態変化（たとえば変形）を捉えることができる。そうする際、高解像度の第1のセンサ102（中央センサまたはマスタとも呼ばれる）は、固定参照として、地球200のベクトル202に対する外部参照を提供する。一方、より簡素な（より高価ではない）センサ402またはスレーブは、時間の関数として、マスタ102に対する局所参照のみを捉えることができる。そうする際、回転測定に対して十分な感度を有するスレーブが用いられる。地球の自転軸202の位置に対するスレーブの方向に関して感度が低いことは不適切である。それゆえ、単一のセンサにおける異なる特性が、互いに転送される（たとえば、サニヤック効果の絶対参照がコリオリ効果センサまたは慣性効果センサにそれぞれ転送される）。中央部106は図示されていない。中央部106は、測定を送信する図示されたセンサ102, 402に接続されてもよく、または、たとえば、共通のケース内に、第1のセンサ102（または第2のセンサ104の一つ）とともに備え付けられてもよい。20

【0028】

このようなシステムによって、たとえば地震によって発生した、建築物上の負荷または建築物の損傷が、変形として検知されうる。建築物の変形によって、初期の測定が与えられ、この測定は損傷の前に存在し、そして、負荷の潜在的損傷をその場で定量的に判断する際に用いることができる。この発想に基づき、第1のセンサ102およびいくつかの第2のセンサ402は、建築物402の基礎構造に堅固に接続されている。第1のセンサ102が、サニヤック効果に基づき、回転を絶対的に捉えることができるため、地球200の回転軸202に対する建築物の方向は、リアルタイムの地震中またはその前において、自動的に決定される。これによって、局所参照を必要とすることなく、たとえば地震またはそれに類似したものの力の影響によって変化し得る建築物の方向を変化を決定することができる。30

【0029】

図5によると、2つまたはそれ以上の、サニヤック効果、コリオリ効果、および慣性効果に基づく、異なる解像度および互いに対する相互の参照を有する回転率センサ102, 402, 504から構成された、さらなるハイブリッドセンサシステム500が構成される。したがって、全体的または部分的に移動可能な機械的な全体構造物の部分、または、全体的または部分的に移動可能な機械的に結合した構造物の部分502, 506の配置における変化を、捉えうる。そのようにすることによって、高解像度の中央センサ102（マスタ）は、固定参照として、地球200の地球回転軸202に対する外部参照を提供する。一方、より簡素なセンサ402, 504は、マスタ102に対する局所参照を、時間の関数として動的に捉える。それゆえ、本測定方法は、互いに対して運動可能な部品を有する異なる機械的に結合した構造物502, 506（たとえば機械の部分）の相対運動4050

における慣性測定の方法として、同じく、これらの部分における光学的、電気的、または機械的な接続が提供されない場合に、適用可能である。それゆえ、単一センサ 102, 402, 504 の異なる特性は、互いに送信される（たとえば、コリオリ効果センサおよび慣性効果センサに対するサニヤック効果の絶対参照）。本システムは、したがって、機械的構造物の部分が、規定の範囲内において互いに運動可能（許容運動）なシステムにおける非許容運動の監視に適用できる。

## 【0030】

図 6 によると、少なくとも一つの加速度計 604（図 6 では三つのそのような加速度計 604 を示す）を含み、かつ、センサ 102, 604 が、機械的に結合した構造物と一緒に取り付けられているか、または、地球の表面 602 に取り付けられており、したがって地面の特性および構造物の特性をそれぞれ決定する（トモグラフィ、探査）ことができる、さらなるハイブリッドシステム 600 が与えられうる。この場合、測定した回転率

10

## 【式 1】

## 【0031】

$$\dot{\Omega}$$

## 【0032】

と励起信号（たとえば地震波）の横方向加速度  $a$  とが均質媒体相にあり、かつ、互いに独立して捉えられる、これらの信号の比例関係が、次の式（1）に示す位相速度  $c$  に対応する、という関係が用いられる。

20

## 【式 2】

## 【0033】

$$\dot{\Omega}(x, t) = -\frac{a(x, t)}{2c} \quad \dots \quad (1)$$

## 【0034】

位相速度  $c$ （回転率

## 【式 3】

## 【0035】

$$\dot{\Omega}$$

30

## 【0036】

と加速度  $a$  との比率としての、不均質媒体における見かけの位相速度）は、地面の状態（たとえば花崗岩は特定の位相速度を有する）とともに大きく変化しているので、これらのシステムを用いて探査が可能になる。したがって、持ち運び可能な装置を用いた堆積物の調査、および、固定的に備え付けたセンサネットワークによる時間依存性の解析が、それ可能である。

## 【0037】

図 7 に示すシステム 700 の実施形態によると、第 1 のセンサまたはマスタセンサ 102 と第 2 のセンサ 104 とは、自己組織化ネットワークに基づき互いに双方向に接続されており、かつ、ネットワークを介して通信する。これによって、ユーザによる介入を必要とすることなく、センサごとの必要な送信パワーを減らすことができ、かつ、ネットワークの拡張／縮小が容易になる。この過程では、第 1 のセンサ 102 は、中央部 106 に接続される。中央部 106 は、受信したセンサデータなどのデータの使用および解釈、時間の決定（"時間サンプリング"）（GPS、比率クロックまたはその類似物）、センサの制御（たとえばスイッチオン／オフ、範囲切り替え）、解析（たとえば有限差分、位相関係、方向決定、閾値検知、ノイズ消去、センサ妥当性検証、ドリフト修正）、および、もし必要であれば初期警告利用時に閾値が超えられた場合の警告、に関する重要な機能を提供する。センサ 102, 104 によって測定され、中央部 106 によって検知される、機械的に結合した構造物 101 の変形時には、センサ 102, 104 の妥当性は、有限差分

40

50

計算によって保証され、かつ、変形の程度が決定されうる。

【0038】

スレーブセンサが、元の位置 / 配置から動いていない場合には、時間の経過とともににより不正確になるスレーブセンサの慣性測定は、再補正されうる。

【0039】

このことは、一方では、システムの立ち上げ時における、位置 / 配置の正確な初期測定、および、必要であれば地球の自転軸に対するセンサの位置の測定と、時間  $t_0$  における单一の測定値の平均（これは次に表示される）の保存とによって実行され、他方では、進んだ時間  $t_1$  後（たとえば、システムの立ち上げ後における一定の時間間隔後、必要であれば一定の時間間隔後を繰り返した後）の測定と、より高い精度を有するがゆえに時間とともににより小さなエラーを発生させるマスタセンサの測定とを比較することによって、実行されうる。第1の方法は、あらゆる種類の回転センサに用いられる。したがって、精度に限界があるがゆえに、地球自転角速度を自分自身で測定値参照信号として特定できないセンサにも用いられる。第2の方法は、この場合、マスタセンサの現在の測定を介して、单一のスレーブセンサにおける実際の状態の一応の信頼性をチェックすることによって、自己補正方法の妥当性を大きく向上させる。

10

【0040】

自己補正を成功させるには、スレーブセンサの元の位置 / 配置を変更させるような出来事が何も起こるべきではないことを、考慮に入れる必要がある。そして、時間の経過と共に、ドリフト値の許容閾値が超えられた場合に、スレーブセンサは、地球自転角速度の元の値に対する自己補正を、首尾一貫して始めることができる。同様に、非常に長い時間の期間にわたって安定したドリフト値を維持するために、マスタセンサはこの処理を実行しなければならない。

20

【0041】

この点では、現在のマスタ測定に対する比較は、再び、本方法の妥当性を大きく向上させうる。

【0042】

すでに議論したように、中央部 106 は、第1のセンサ 102 とともに、または、第2のセンサ 104 の一つとともにさえも、ケース内に一緒に備え付けることも可能である。

30

【0043】

時間参照は、単一のセンサ 102, 104 における時間測定装置 702, 704 としてのクロックを用いることによって、あるいは、少ない待ち時間（伝送プロトコルの仕様）が保証されたラジオ通信を介して、提供できる。単一の各センサ 102, 104 に対する時間（クロックごと）の割り当ては、中央部 106 によって実行されうる。

【0044】

時間参照は、たとえば、手順の時間的順序を取得し、異なる時間に決定された測定を互いに関連付けるために用いられる。このようにして、損傷の時間的広がりが決定でき、さらには、システムの妥当性に関する結論を得ることができる。たとえば、機械的に結合した構造物 102 の部分のオフセットの広がりが進んでいる場合を想定すると、機械的に結合した構造物 101 に接続されるすべてのセンサ 102, 104 では、センサ 102, 104 のそれぞれの位置に依存した、期待される時間的順序で、その向きおよび加速度が変化する。単一のセンサ 102, 104 が向きまたは加速度の時間依存性をそれぞれ測定する場合、そこから異なり、測定エラーが起こりうると推測されうる。

40

【0045】

図 8 によると、ステップ S800 において、機械的に結合した構造物 101 の構造が、たとえば地震によって変化する処理フロー図が図示されている。ステップ S802 において、回転率の変化、回転角度（偏向）の変化、加速度の変化、または向きの変化が起き、ステップ S804 において、第1のセンサ 102 によって読み取られる。その後、ステップ S806 において、測定値が、設定ファイル内の名目上の値と比較される。必要なら、ステップ S808 において、たとえばセンサアレイに配置された第2のセンサ 104 の読

50

み出しが行われる。ステップ S 810において、ノイズ低減またはドリフト低減を行ってから、信号処理を行う。信号処理中に、第1のセンサ 102 および第2のセンサ 104 から送信された時系列の一連のものから、依存性の周波数スペクトルを決定してもよい。すべての第1のセンサ 102 および第2のセンサ 104 の、時間的に正確な一連の測定を取得することができるため、機械的に結合した構造物を特徴づけるすべてのこれらの時間依存性の周波数スペクトルを生成することでき、また、機械的に結合した構造物における、これらの周波数スペクトル変化および損傷のそれぞれにおける変化から推測することができる。このような機能は、初期警告機能として働きうる。

#### 【0046】

次に続くステップ S 812において、回転率の変化が決定され、かつ、もし必要なら加速度が決定される。ステップ S 814 におけるマスタセンサ 102 との比較によって、第1のセンサ 102 と第2のセンサ 104 との間の変化が算出され、これによって、たとえば変形が認識される。さらには、測定エラーを避けるために、データの妥当性が検証される。セキュリティに関連ある条件下では、警告機能が開始される。ステップ S 816において、その後にプロトコルファイルが生成され、ファイルは制御ステーションに送信されてもよく、かつ、初期警告機能が起動されてもよい。その後、マスタセンサは、ステップ S 802において再び読み出され、新たに、機械的に結合した構造物 101 の監視が行われる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0047】

【図1】実施形態に係る、機械的に結合した構造物を監視中のシステムの模式図である。

【図2】地球の自転軸に対するセンサの回転を決定することの模式図である。

【図3】さらなる実施形態に係る方法の処理フローの模式図である。

【図4】さらなる実施形態に係る監視システムの模式図である。

【図5】さらなる実施形態に係るシステムの模式構造である。

【図6】さらなる実施形態に係るシステムの模式構造である。

【図7】さらなる実施形態に係るシステムの模式構造である。

【図8】さらなる実施形態に係る方法の処理フローの模式図である。

10

20

【図1】

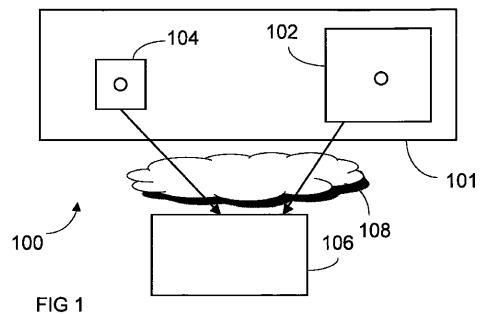


FIG 1

【図2】

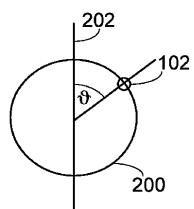
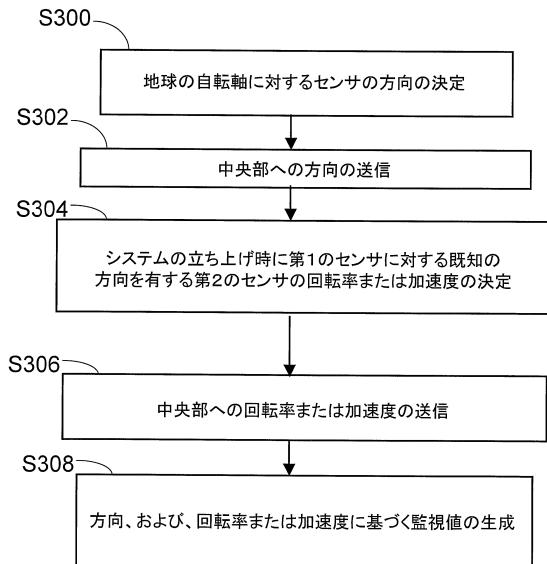


FIG 2

【図3】



【図4】

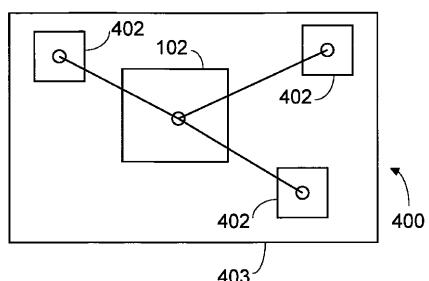


FIG 4

【図5】

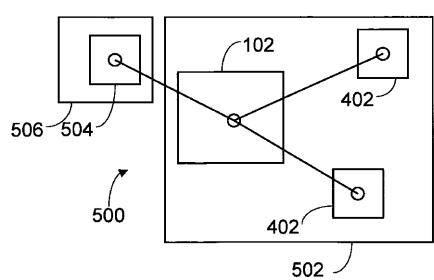


FIG 5

【図6】

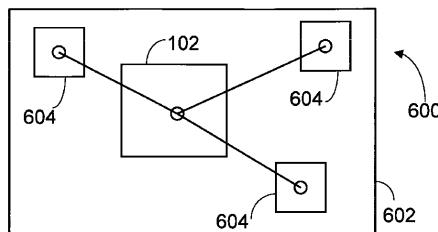
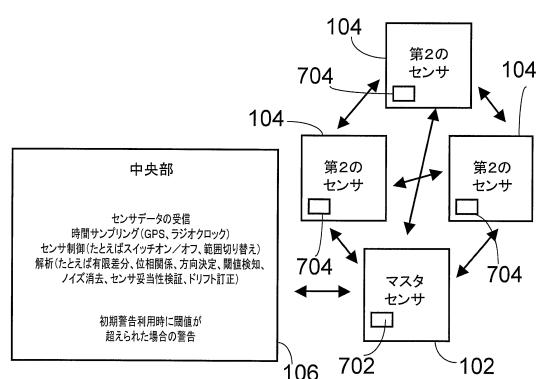
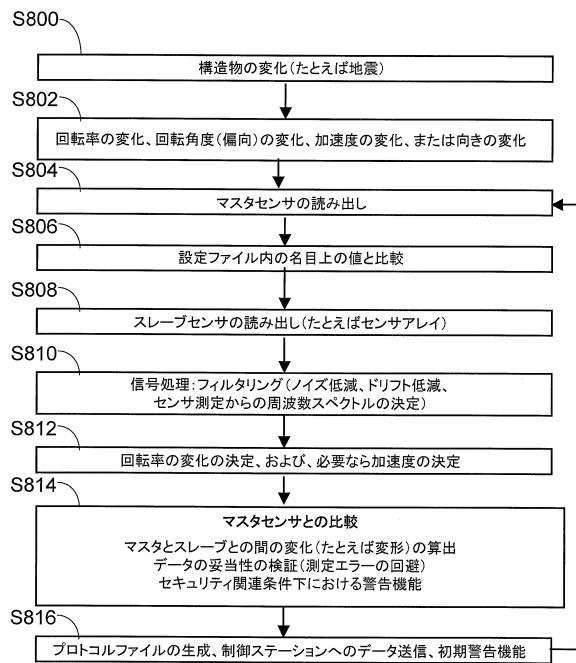


FIG 6

【図7】



【図8】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ドルナー, ゲオルク  
  ドイツ連邦共和国, 7 9 1 8 9 パート クロツィンゲン, クラインビュールヴェーク 2 3  
(72)発明者 ラシュ, アンドレアス  
  ドイツ連邦共和国, 7 9 2 4 9 メルツハウゼン, イム ブルンアッカー 1  
(72)発明者 イーゲル, ハイナー  
  ドイツ連邦共和国, 8 6 9 4 9 ヴィンダッハ, ホーホシュトラーセ 4  
(72)発明者 シュライバー, ウルリッヒ  
  ドイツ連邦共和国, 9 3 4 6 8 ミルタッハ, アム ホーフアッカー 3 1  
(72)発明者 ヴァッサーマン, ヨアヒム  
  ドイツ連邦共和国, 8 0 9 9 7 ミュンヘン, ハンナ - アーレント - ヴェーク 1 7

審査官 櫻井 仁

(56)参考文献 特開2 0 0 0 - 2 8 3 7 6 2 (JP, A)  
  特開2 0 0 9 - 2 1 6 6 3 7 (JP, A)  
  特開2 0 0 0 - 2 4 9 5 5 2 (JP, A)  
  特表2 0 0 9 - 5 2 5 4 1 8 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 1 B 2 1 / 0 0 - 2 1 / 3 2