

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5888713号
(P5888713)

(45) 発行日 平成28年3月22日(2016.3.22)

(24) 登録日 平成28年2月26日(2016.2.26)

(51) Int.Cl.

B66B 7/06 (2006.01)

F 1

B 6 6 B 7/06
B 6 6 B 7/06A
H

請求項の数 16 (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2014-549845 (P2014-549845)
 (86) (22) 出願日 平成25年2月28日 (2013.2.28)
 (65) 公表番号 特表2015-512840 (P2015-512840A)
 (43) 公表日 平成27年4月30日 (2015.4.30)
 (86) 國際出願番号 PCT/JP2013/056215
 (87) 國際公開番号 WO2013/153881
 (87) 國際公開日 平成25年10月17日 (2013.10.17)
 審査請求日 平成26年10月9日 (2014.10.9)
 (31) 優先権主張番号 13/446,658
 (32) 優先日 平成24年4月13日 (2012.4.13)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 000006013
 三菱電機株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
 (74) 代理人 100110423
 弁理士 曽我 道治
 (74) 代理人 100111648
 弁理士 梶並 順
 (74) 代理人 100122437
 弁理士 大宅 一宏
 (74) 代理人 100147566
 弁理士 上田 俊一
 (74) 代理人 100161171
 弁理士 吉田 潤一郎
 (74) 代理人 100161115
 弁理士 飯野 智史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】エレベータシステムにおける少なくとも1つの揺れセンサの位置を求める方法、およびエレベータシステムにおける揺れロケーションを求めるシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の境界ロケーションと第2の境界ロケーションとの間のエレベータロープの横の動きを感知するエレベータシステムにおける少なくとも1つの揺れセンサの位置を求める方法であって、

前記エレベータシステムのモデルを用いて前記エレベータシステムの動作をシミュレートして、前記動作によってもたらされる前記エレベータロープの実際の形状を生成する、シミュレートするステップと、

前記エレベータロープの前記実際の形状と前記エレベータロープの推定された形状との間の誤差が最小になるような少なくとも1つの揺れロケーションを求めるステップであって、前記エレベータロープの前記推定された形状は、前記第1の境界ロケーション、前記第2の境界ロケーション、および前記揺れロケーションのそれぞれの位置における前記エレベータロープの横の動きを用いて補間によって求められるステップと、

前記エレベータシステムの動作中に、前記補間によって前記エレベータロープの揺れを求めるために、前記揺れセンサが前記揺れロケーションにおける前記エレベータロープの前記横の動きを感知するように、前記揺れセンサの前記位置を求めるステップと、を含み、各ステップは、プロセッサにより実行される、第1の境界ロケーションと第2の境界ロケーションとの間のエレベータロープの横の動きを感知するエレベータシステムにおける少なくとも1つの揺れセンサの位置を求める方法。

【請求項2】

10

20

前記シミュレートするステップおよび前記少なくとも1つの揺れロケーションを求めるステップを、外乱の種々の条件について繰り返して、前記外乱の種々の条件に関する前記エレベータロープの実際の形状を生成することで、一組の揺れロケーションを生成する、繰り返すステップと、

前記揺れロケーションを前記一組の揺れロケーションに基づいて求めるステップと、をさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記一組の揺れロケーション内のロケーションを平均して、前記揺れロケーションを生成する、平均するステップ、
をさらに含む、請求項2に記載の方法。

10

【請求項4】

前記一組の揺れロケーションにおける前記エレベータロープの前記横揺れを感知する揺れセンサの位置を求めるステップ、
をさらに含む、請求項2に記載の方法。

【請求項5】

前記エレベータロープの前記実際の形状と前記エレベータロープの前記推定された形状との間の前記誤差が閾値未満になるまで一組の揺れロケーションを反復して求めるステップ、
をさらに含み、

前記エレベータロープの前記推定された形状は、前記第1の境界ロケーション、前記第2の境界ロケーション、および前記一組の揺れロケーション内のロケーションの補間によって求められる、請求項1に記載の方法。

20

【請求項6】

前記誤差が前記閾値よりも大きく、前記一組の前記揺れロケーションのサイズが前記一組の前記揺れロケーションの最大サイズよりも小さい場合には、前記サイズを増大させるステップ、
をさらに含む、請求項5に記載の方法。

【請求項7】

制約条件の下での前記誤差の非線形最適化に基づいて前記揺れロケーションを求めるステップ、
をさらに含む、請求項1に記載の方法。

30

【請求項8】

前記揺れロケーション求める前記ステップは、
前記エレベータロープの前記実際の形状に関する初期の一組の揺れロケーションを選択するステップと、
前記初期の一組内のロケーションごとに、前記エレベータロープの前記実際の形状と、前記初期の一組内のロケーションごとに別々に求められた前記エレベータロープの前記推定された形状との間の前記誤差を求めるステップと、

前記初期の一組から、最小誤差に対応するロケーションを前記揺れロケーションとして選択するステップと、
を含む、請求項1に記載の方法。

40

【請求項9】

前記シミュレーションの時間と、前記第1の境界ロケーションと前記第2の境界ロケーションとの間の前記エレベータロープの長さと、前記誤差と、外乱の条件の関数とのコスト関数を定式化するステップと、

前記コスト関数を最小にすることで推定誤差を最小にして、前記揺れロケーションを求める、最小にするステップと、
をさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項10】

前記第1の境界ロケーション、前記第2の境界ロケーション、および前記揺れロケーシ

50

ヨンの間の前記補間を曲線当てはめを用いて求めるステップ、
をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 1】

前記補間を B スプライン補間を用いて求めるステップ、
をさらに含む、請求項 1 0 に記載の方法。

【請求項 1 2】

エレベータシステムにおける前記エレベータかごの前記横の動きの前記第 1 の 境界口 ケーションを測定する第 1 の境界センサを配置するステップと、

前記エレベータシステムにおけるブーリーの前記横の動きの前記第 2 の 境界口 ケーションを測定する第 2 の境界センサを配置するステップと、

前記揺れ口ケーションにおける前記エレベータロープの前記横揺れを感知する前記揺れセンサを配置するステップと、

前記第 1 の 境界口 ケーション、前記第 2 の 境界口 ケーション、および前記揺れ口ケーションを補間することによって前記エレベータシステムの動作中の前記エレベータロープの前記揺れを求めるステップと、

をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 3】

第 1 の境界口ケーションと第 2 の境界口ケーションとの間のエレベータロープの横の動きを感知するエレベータシステムにおける揺れ口ケーションを求めるシステムであって、

前記エレベータシステムのモデルを用いて前記エレベータシステムの動作をシミュレートして、前記動作によってもたらされる前記エレベータロープの実際の形状を生成するとともに、前記エレベータロープの前記実際の形状と前記エレベータロープの推定された形状との間の誤差が最小になるように、前記揺れ口ケーションを求める少なくとも 1 つのプロセッサ、

を備え、前記エレベータロープの前記推定された形状は、前記第 1 の境界口ケーション、前記第 2 の境界口ケーション、および前記揺れ口ケーションの それぞれの位置における前記エレベータロープの横の動きを用いて 補間によって求められ、前記エレベータシステムの動作中に、前記補間を用いて前記エレベータロープの揺れを求める、第 1 の境界口ケーションと第 2 の境界口ケーションとの間のエレベータロープの横の動きを感知するエレベータシステムにおける揺れ口ケーションを求めるシステム。

【請求項 1 4】

前記プロセッサは、前記エレベータロープの前記実際の形状と前記エレベータロープの前記推定された形状との間の前記誤差が閾値未満になるまで一組の揺れ口ケーションを反復して求めるように構成され、前記エレベータロープの前記推定された形状は、前記第 1 の境界口ケーション、前記第 2 の境界口ケーション、および前記一組の揺れ口ケーション内の口ケーションの補間によって求められる、請求項 1 3 に記載のシステム。

【請求項 1 5】

前記プロセッサは、前記シミュレーションの時間と、前記第 1 の境界口ケーションと前記第 2 の境界口ケーションとの間の前記エレベータロープの長さと、前記誤差と、外乱の条件の関数とのコスト関数を最小に することで推定誤差を最小にして、前記揺れ口ケーションを求めるように構成されている、請求項 1 3 に記載のシステム。

【請求項 1 6】

前記プロセッサは、B スプライン補間を用いて前記補間を求める、請求項 1 3 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、包括的には、エレベータシステムに関し、より詳細には、エレベータシステムのエレベータロープの揺れを測定することに関する。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【0002】

通常のエレベータシステムは、かごと、垂直に延びるエレベータシャフト内のガイドレールに沿って移動するように拘束されるカウンターウェイトとを含む。かごおよびカウンターウェイトは、巻上ロープによって互いに連結される。巻上ロープは、エレベータシャフトの上部（または底部）にある機械室内に位置するシープに巻き付けられる。従来のエレベータシステムでは、シープは、電気モーターによって動かされる。他のエレベータシステムでは、シープには動力源がなく、駆動手段は、カウンターウェイトに実装されたリニアモーターである。

【0003】

ロープの揺れとは、エレベータシャフト内の巻上ロープおよび／またはつり合ロープの振動を指している。その振動は、ロープ式エレベータシステムにおいて深刻な問題となる可能性がある。その振動は、例えば、風によって誘発される建物のたわみに起因する振動、および／またはエレベータシステムの動作中のロープの振動によって引き起こされる可能性がある。振動の周波数がロープの固有調波に近づくかまたは入る場合には、振動による変位が滑動量よりも大きくなる可能性がある。そのような状況では、ロープは、エレベータシャフト内の他の装置と絡まるか、または、エレベータが移動するにつれて、シープの溝から外れる可能性がある。エレベータシステムが複数のロープを使用し、それらのロープが互いに位相が一致することなく振動する場合には、ロープ同士が絡まる可能性があり、エレベータシステムが損傷を受けるおそれがある。

【0004】

いくつかの従来の解決策は、ロープに接続された機械式装置を用いて、ロープの変位を推定する。例えば、1つの解決策は、エレベータシステム内のつり合ロープシープアセンブリに取り付けられた装置を用いて、ある特定の大きさを超えるロープの揺れを検出する。しかしながら、つり合ロープに取り付けられた機械式装置は、設置および維持するのが困難である。

【0005】

別の方法は、ロープの揺れの量を推定および計算するのに、建物の変位および固有振動数を用いる。この方法は、一般的であり、ロープの揺れの精密な推定を提供しない場合がある。

【0006】

したがって、ロープの揺れの推定を、リアルタイムでのロープの揺れの推定に適したものに改善することが必要とされている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明の目的は、エレベータシステムのエレベータロープの横揺れを測定する方法を提供することである。本発明のさらなる目的は、エレベータシャフト内に配置されたセンサを用いて横揺れを測定する方法を提供することである。

【0008】

本発明のさらなる目的は、センサの最適な数および位置を求める方法を提供することである。さらに、本発明の別の目的は、実際のエレベータシステムを動作させることなく事前にセンサの数および位置を求めることがある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の実施の形態は、エレベータシステムのモデルを用いてエレベータシステムの動作をシミュレートして、この動作によってもたらされるエレベータロープの実際の形状のシミュレーションを求めることができるという認識に基づいている。これらの実施の形態は、センサによって感知されるように構成されたエレベータシャフト内の点のロケーション間の補間を用いてエレベータロープの推定された形状を求めるとともに、エレベータロープの推定された形状をエレベータロープの実際の形状のシミュレーションと比較するこ

10

20

30

40

50

とによって、揺れを感知するセンサの位置を検査することができるという別の認識にも由来している。横揺れを有するロープの推定された形状と実際の形状との間の誤差を最適化する点は、エレベータシステムにセンサを位置決めするのに用いることができる。

【0010】

さらに、本発明の実施の形態によって求められた点のロケーションにおいてロープの動きを感知するように配置されたセンサを用いるエレベータシステムの動作中、揺れによつてもたらされるロープの形状は、それらの点のロケーションにおいて揺れを感知するとともに、例えば、曲線当てはめまたはBスプライン補間を用いてそれらの点のロケーションを補間することによって求めることができる。

【0011】

通常、エレベータロープの揺れは、2つの境界間で求められる。例えば、エレベータロープは、エレベータかごをブーリーと接続し、1つの実施の形態は、エレベータかごおよびブーリーとのロープの対応する接続部間でエレベータロープの揺れを測定する。したがつて、1つの実施の形態では、2つの境界センサがエレベータシステム内に配置され、エレベータシステムのモデルに組み込まれる。例えば、第1の境界センサが、エレベータかごの横の動きを測定するように構成され、第2の境界センサが、ブーリーの横の動きを測定するように構成される。この実施の形態は、境界センサによって測定されたロケーションと、誤差を最適化する点、例えば、誤差を最小にする点のロケーションとの補間によって、センサ、すなわち揺れセンサの位置を求める。

【0012】

したがつて、1つの実施の形態は、第1の境界ロケーションと第2の境界ロケーションとの間のエレベータロープの横の動きを感知するエレベータシステムにおける少なくとも1つの揺れセンサの位置を求める方法であつて、前記エレベータシステムのモデルを用いて前記エレベータシステムの動作をシミュレートして、前記動作によつてもたらされる前記エレベータロープの実際の形状を生成する、シミュレートするステップと、前記エレベータロープの前記実際の形状と前記エレベータロープの推定された形状との間の誤差が最小になるような少なくとも1つの揺れロケーションを求めるステップであつて、前記エレベータロープの前記推定された形状は、前記第1の境界ロケーション、前記第2の境界ロケーション、および前記揺れロケーションのそれぞれの位置における前記エレベータロープの横の動きを用いて補間によって求められるステップと、前記揺れセンサが前記揺れロケーションにおける前記エレベータロープの前記横の動きを感知するように、前記揺れセンサの前記位置を求めるステップと、を含む、方法を開示する。

【0013】

別の実施の形態は、第1の境界ロケーションと第2の境界ロケーションとの間のエレベータロープの横の動きを感知するようにエレベータシステムにおける揺れロケーションを求めるシステムであつて、前記エレベータシステムのモデルを用いて前記エレベータシステムの動作をシミュレートして、前記動作によつてもたらされる前記エレベータロープの実際の形状を生成するとともに、前記エレベータロープの前記実際の形状と前記エレベータロープの推定された形状との間の誤差が最小になるように、前記揺れロケーションを求めるように構成されたプロセッサ、を備え、前記エレベータロープの前記推定された形状は、前記第1の境界ロケーション、前記第2の境界ロケーション、および前記揺れロケーションのそれぞれの位置における前記エレベータロープの横の動きを用いて補間によって求められる、システムを開示する。

【0014】

様々な実施の形態では、前記シミュレートするステップおよび前記少なくとも1つの揺れロケーションを求めるステップは、外乱の種々の条件について繰り返されて、前記外乱の種々の条件に関する前記エレベータロープの実際の形状を生成することで、一組の揺れロケーションを生成する。それらの実施の形態では、前記揺れロケーションは、前記一組の揺れロケーションに基づいて求めることができる。例えば、1つの実施の形態は、前記一組の揺れロケーション内のロケーションを平均して、感知される前記揺れロケーション

10

20

30

40

50

を生成する。加えて、または代替的に、前記一組または部分的な一組の揺れロケーションは、複数の揺れセンサの前記位置を求めるのに用いることができる。

【0015】

1つの実施の形態は、前記エレベータロープの前記実際の形状と前記エレベータロープの前記推定された形状との間の前記誤差が所定の閾値未満になるまで一組の揺れロケーションを反復して求める。この実施の形態は、前記第1の境界ロケーション、前記第2の境界ロケーション、および前記一組の揺れロケーション内のロケーションの補間にによって、前記エレベータロープの前記推定された形状を求める。

【0016】

例えは、この実施の形態の1つの変形形態は、前記誤差を最小にする、すなわち、前記揺れロケーションの前記一組のサイズが1である、1つの揺れロケーションを求める。前記最適化の後であっても、前記誤差が前記閾値よりも大きい場合、前記揺れロケーションの前記一組の前記サイズは、例えは1だけ増大され、前記誤差は、前記一組の揺れロケーション、例えは、2つの揺れロケーションを求めるように再び最適化される。前記最適化は、前記一組の前記揺れロケーションが最大数のロケーションを含むかまたは前記誤差が前記所定の閾値未満になるまで反復して繰り返される。

10

【0017】

いくつかの実施の形態は、制約条件の下での前記誤差の非線形最適化に基づいて前記揺れロケーションを求める。例えは、1つの実施の形態は、前記エレベータロープの前記実際の形状に関する初期の一組の揺れロケーションを選択し、前記初期の一組内のロケーションごとに、前記エレベータロープの前記実際の形状と、前記初期の一組内のロケーションごとに別々に求められた前記エレベータロープの前記推定された形状との間の前記誤差を求める。最小誤差に対応する前記ロケーションが、前記揺れロケーションとして選択される。

20

【0018】

別の実施の形態は、前記シミュレーションの時間と、前記第1の境界センサと前記第2の境界センサとの間の前記エレベータロープの長さと、前記誤差と、外乱の条件の関数とのコスト関数を定式化し、前記コスト関数の結果が最小になるようにすることで推定誤差を最小にして、前記揺れロケーションを求める。

【0019】

30

本発明の別の実施の形態は、エレベータシステムの動作中のエレベータロープの揺れを求める方法を開示する。この方法は、前記エレベータシステムの前記動作中の前記エレベータロープの動きの少なくとも1つの測定値を取得することと、エレベータかごとブリードを接続する前記エレベータロープの前記揺れを、前記動きの前記測定値に基づく前記エレベータロープの境界間の補間にに基づいて求めることとを含む。

【0020】

この実施の形態は、前記エレベータロープの前記揺れを、前記動きの前記測定値と前記エレベータシステムのモデルとにに基づいて近似することを任意選択で含むことができる。例えは、前記測定値は、揺れロケーションにおける前記エレベータロープの前記動きの揺れの測定値とることができ、前記求めることは、境界測定値と前記揺れの測定値とにに基づく前記補間に用いて前記揺れを求めることができる。いくつかの変形形態では、前記境界測定値は、第1の境界測定値および第2の境界測定値を含み、前記方法は、第1の境界測定値を第1の境界センサから受信することと、前記第1の境界測定値に基づいて第2の境界測定値を求めるなどをさらに含むことができる。

40

【0021】

様々の実施の形態は、前記動きの前記測定値を求める種々の方法を用いることができる。例えは、1つの実施の形態は、あるロケーションにおける前記動きの前記測定値を、該ロケーションにおける前記動きを感知することに基づいて求めることができる。別の実施の形態は、あるロケーションにおける前記動きの前記測定値を、別のロケーションにおける前記動きを感知することに基づいて求めることができる。例えは、1つの実施の形態は

50

、前の測定値に基づいて前記測定値を近似することができ、境界測定値、前の境界測定値、および前記エレベータシステムのモデルのうちの少なくとも1つを任意選択で用いることができる。

【0022】

いくつかの実施の形態は、前記境界測定値および前記揺れの測定値に基づく近似または前記エレベータシステムのモデルに基づく近似によって、前記エレベータロープの前記揺れを補間することができる。1つの実施の形態は、エレベータシャフトに対して水平に配置された複数の揺れセンサによる前記動きの感知に基づいて、あるロケーションにおける前記動きの前記測定値を求めることができる。

【0023】

別の実施の形態は、前記測定値を初期条件として用いた前記エレベータシステムのモデルに基づいて、前記エレベータロープの前記揺れを近似することができる。例えば、前記モデルは、常微分方程式(ODE)によって定義することができ、該ODEは、前記初期条件から開始して解くことができる。代替の実施の形態は、前記モデルを偏微分方程式(PDE)によって定義し、前記初期条件から開始して前記PDEを解く。

【0024】

本発明の別の実施の形態は、エレベータシステムにおけるエレベータかごとブーリーとを接続するエレベータロープの揺れを求めるコンピュータープログラム製品であって、該コンピュータープログラム製品は、プロセッサを変更する、コンピュータープログラム製品を開示する。本コンピュータープログラム製品は、組み込まれたコンピューター使用可能プログラムコードを含むコンピューター可読記憶媒体を備え、前記プロセッサによって実行される前記プログラムコードは、あるロケーションにおける前記エレベータロープの動きの測定値と、前記エレベータシステムのモデルおよび前記エレベータロープの境界間の補間からなる群から選択された補助情報とに基づいて、前記エレベータロープの前記揺れを求める。

【0025】

本発明のさらに別の実施の形態は、エレベータシステムの動作中のエレベータロープの揺れを求めるコンピューターシステムであって、第1の境界ロケーションおよび第2の境界ロケーションにおける前記エレベータロープの動きの境界測定値を求め、揺れロケーションにおける前記エレベータロープの前記動きの揺れ測定値を求め、第1の時点において、前記境界測定値および前記揺れ測定値に基づく補間によって前記エレベータロープの前記揺れを求め、第2の時点において、前記境界測定値と、前記揺れ測定値と、エレベータシステムのモデルとに基づく近似によって前記エレベータロープの前記揺れを求めるように構成されたプロセッサを備える、コンピューターシステムを開示する。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】本発明の実施の形態が動作する一例のエレベータシステムの概略図である。

【図2】本発明の1つの実施の形態によるエレベータシステムのモデルの概略図である。

【図3】本発明の1つの実施の形態による少なくとも1つの揺れセンサの位置を求める方法のブロック図である。

【図4A】本発明の1つの実施の形態による一組の揺れセンサの数および位置を求める方法のブロック図である。

【図4B】エレベータシャフト内でのセンサの水平配置の概略図である。

【図4C】エレベータシャフト内でのセンサの水平配置の方法のブロック図である。

【図5】ロープの長さの関数としてのエレベータロープの横振動のグラフである。

【図6】ロープの長さの関数としてのエレベータロープの横振動のグラフである。

【図7】本発明のいくつかの実施の形態によるエレベータシステムの動作中におけるエレベータロープの揺れを求める方法のブロック図である。

【図8】本発明の1つの実施の形態によるエレベータロープの実際の揺れを求めるシステムおよび方法のブロック図である。

10

20

30

40

50

【図9】本発明の別の実施の形態によるエレベータロープの実際の揺れを求める方法のブロック図である。

【図10】本発明のいくつかの実施の形態による図9の近似方法の一実施態様のフローチャートである。

【図11】本発明のいくつかの実施の形態による図9の近似方法の一実施態様のフローチャートである。

【図12】エレベータロープの異なる点における動きを求めるブロック図である。

【図13】本発明のいくつかの実施の形態による揺れセンサの種々の配置の概略図である。

【図14】本発明のいくつかの実施の形態による揺れセンサの種々の配置の概略図である 10

【図15】本発明のいくつかの実施の形態による揺れセンサの種々の配置の概略図である。

【図16】本発明のいくつかの実施の形態による揺れセンサの種々の配置の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0027】

図1は、本発明の1つの実施の形態による一例のエレベータシステム100を示している。このエレベータシステムは、少なくとも1つのエレベータロープによってエレベータシステムの種々の構成要素に接続されたエレベータかご12を備える。例としては、メインロープ16および17並びにつり合ロープ18によって互いに取り付けられたエレベータかごおよびカウンターウェイト14がある。エレベータかご12は、当該技術分野において知られているように、上わく30および安全機能付き下わく33を備えることができる。エレベータシャフト22を通してエレベータかご12およびカウンターウェイト14を移動させるブーリー20を、エレベータシャフト22の上部（または底部）にある機械室（図示せず）に配置することができる。このエレベータシステムは、つり合ブーリー23も備えることができる。エレベータシャフト22は、前壁29、後壁31、および一対の側壁32を備える。

【0028】

エレベータかごおよびカウンターウェイトは、重心を有することができる。この重心は、その点の周りのx方向、y方向、およびz方向におけるモーメントの合計がゼロに等しい点として定義される。換言すれば、かご12またはカウンターウェイト14は、理論的には、重心(x, y, z)の点において支持してバランスさせることができる。なぜならば、この点を取り囲むモーメントの全てが相殺されるからである。メインロープ16および17は、通常、かごの重心の座標が投影される点において、エレベータかご12のクロスヘッド30に取り付けられている。メインロープ16および17は、同様に、カウンターウェイト14の重心の座標が投影される点において、カウンターウェイト14の上部に取り付けられている。

【0029】

エレベータシステムの動作中、このシステムの種々の構成要素は、内部の外乱および外部の外乱、例えば風の力を受けやすく、その結果、構成要素の横の動きが生じる。構成要素のそのような横の動きの結果、測定する必要があるエレベータロープの揺れが生じる可能性がある。したがって、一組のセンサが、エレベータシステム内に配置されて、エレベータロープの横揺れが求められる。

【0030】

この一組のセンサは、境界センサ111および112、並びに少なくとも1つの揺れセンサ120を含むことができる。例えば、第1の境界センサ111は、エレベータかごの横の動きの第1の境界ロケーションを測定するように構成され、第2の境界センサ112は、ブーリーの横の動きの第2の境界ロケーションを測定するように構成され、揺れセンサ120は、当該揺れセンサの位置に関連付けられた揺れロケーションにおけるエレベー

10

20

30

40

50

タロープの横揺れを感知するように構成されている。

【0031】

例えば、第1の境界センサの位置は、第1の境界ロケーションと一致し、第2の境界センサの位置は、第2の境界ロケーションと一致し、揺れ境界センサの位置は、揺れロケーションと一致する。しかしながら、様々な実施の形態では、これらのセンサは、第1の境界ロケーション、第2の境界ロケーション、および揺れロケーションが適切に感知および/または測定されるような種々の位置に配置することができる。センサの実際の位置は、用いられるセンサのタイプに依存することができる。例えば、境界センサは、線形位置センサとすることができ、揺れセンサは、任意の動きセンサ、例えば、光ビームセンサとすることができる。

10

【0032】

エレベータシステムの動作中、第1の境界ロケーション、第2の境界ロケーション、および揺れロケーションが求められ、揺れ測定ユニット140に送信される(130)。この揺れ測定ユニットは、例えば、第1の境界ロケーション、第2の境界ロケーション、および揺れロケーションを補間することによってエレベータロープの揺れ150を求める。様々な実施の形態は、種々の補間技法、例えば、曲線当てはめまたはBスプライン補間を用いる。

【0033】

1つの実施の形態では、境界センサが除去され、揺れセンサのみが用いられて、初期のロープ構成、すなわち、ロープの揺れがないものに対応するロープの中立位置に対するロープの揺れが相対的に求められる。

20

【0034】

揺れセンサの位置の決定

本発明の実施の形態は、エレベータシステムの動作を当該エレベータシステムのモデルによってシミュレートして、動作によって引き起こされるエレベータロープの実際の揺れのシミュレーションを求めることができるという認識に基づいている。これらの実施の形態は、センサによって感知されるように構成されたエレベータシャフト内の点のロケーション間の補間を用いてエレベータロープの推定された揺れを求め、エレベータロープのこの推定された揺れをエレベータロープの実際の揺れのシミュレーションと比較することによって、揺れを感知するセンサの位置を試験することができるという別の認識から得られる。横揺れを有するロープの推定された揺れと実際の揺れとの間の誤差を最適化する点は、エレベータシステム内にセンサを位置決めするのに用いることができる。

30

【0035】

図2は、エレベータシステム100のモデル200の一例を示している。このモデル200は、エレベータシステムのパラメーターに基づいて求められる。当該技術分野において知られている様々なシステムを用いて、エレベータシステムの動作を当該エレベータシステムのモデルによってシミュレートし、動作によって引き起こされるエレベータロープの実際の揺れ230を生成することができる。

【0036】

エレベータシステムの動作のシミュレーションは、第1の境界ロケーション211および第2の境界ロケーション212も生成することができる。なぜならば、エレベータシステムの構成要素、例えば、エレベータかごおよびブーリーの横の動きは、外乱の条件に基づいて求めることができるからである。しかしながら、揺れロケーション220における動きを感知する揺れセンサの最適な配置を求める必要がある。

40

【0037】

1つの実施の形態は、ニュートンの第2法則に基づいてモデル化を行う。例えば、エレベータロープは、紐としてモデル化され、エレベータかごおよびカウンターウェイトは、それぞれ剛体230および250としてモデル化される。このエレベータシステムのモデルは、以下の式による偏微分方程式(PDE:Partial Differential Equation)によって求められる。

50

【数1】

$$\rho \left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} + v^2(t) \frac{\partial^2}{\partial y^2} + 2v(t) \frac{\partial}{\partial y} \frac{\partial}{\partial t} + a \frac{\partial}{\partial y} \right) u(y, t) - \frac{\partial}{\partial y} T(y) \frac{\partial u(y, t)}{\partial y} + c(y) \left(\frac{\partial}{\partial t} + v(t) \frac{\partial}{\partial y} \right) u(y, t) = 0 \quad (1)$$

式中、

【数2】

$$\frac{\partial^i}{\partial V^I} (s(V))$$

10

は、その変数 V に関する関数 $s(\cdot)$ の次数 i の導関数であり、 t は時間であり、 y は、例えば慣性系における垂直座標であり、 u は、 x 軸に沿ったロープの横変位であり、 T は、単位長さ当たりのロープの質量であり、 T は、エレベータロープのタイプ、すなわち、メインロープ、つり合ロープに応じて変化するエレベータロープの張力であり、 c は、単位長さ当たりのエレベータロープの減衰係数であり、 v は、エレベータ / ロープの速度であり、 a は、エレベータ / ロープの加速度である。

【0038】

2つの境界条件

20

【数3】

$$u(0, t) = f_1(t)$$

および

【数4】

$$u(l(t), t) = f_2(t)$$

の下で、 $f_1(t)$ は、第1の境界センサ 111 によって測定された第1の境界ロケーションであり、 $f_2(t)$ は、第2の境界センサ 112 によって測定された第2の境界ロケーションであり、 $l(t)$ は、第1の境界センサと第2の境界センサとの間のエレベータロープ 17 の長さである。

30

【0039】

例えば、エレベータロープの張力は以下の式に従って求めることができる。

【数5】

$$T = (m_e + \rho(L(t) - y))(g + a(t)) + 0.5m_{cs}g$$

式中、 m_e 、 m_{cs} はそれぞれエレベータかごおよびブーリー 240 の質量であり、 g は重力加速度、すなわち、 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ である。

【0040】

1つの実施の形態では、偏微分方程式 (1) は、以下の式に従って、常微分方程式 (ODE : Ordinary Differential Equation) に基づくモデルを得るように離散化される。

40

【数6】

$$M\ddot{q} + (C + G)\dot{q} + (K + H)q = F(t)$$

(2)

式中、 $q = [q_1, \dots, q_N]$ はラグランジュ座標ベクトルであり、

【数7】

$$\dot{q}, \ddot{q}$$

は時間に関するラグランジュ座標ベクトルの一次導関数および二次導関数である。 N は振

50

動モードの数である。ラグランジュ変数ベクトル q は以下の式によって横方向変位 u (y , t) を定義する。

【数 8】

$$u(y, t) = \sum_{j=1}^{j=N} q_j(t) \psi_j(y, t) + \frac{l-y}{l} f_1(t) + \frac{y}{l} f_2(t)$$

$$\psi_j(y, t) = \frac{\phi_j(\xi)}{\sqrt{l(t)}}$$

式中、 $\phi_j(\xi)$ は無次元変数 $\xi = y / l$ の j 次揺れ関数である。

【0 0 4 1】

式(2)において、 M は慣性行列であり、 $(C + G)$ は遠心行列とコリオリ行列とを組み合わせることによって構成され、 $(K + H)$ は剛性行列であり、 $F(t)$ は外力のベクトルである。これらの行列およびベクトルの要素は以下の式によって与えられる。

【数 9】

$$M_{ij} = \rho \delta_{ij}$$

$$K_{ij} = \frac{1}{4} \rho l^{-2} \dot{l}^2 \delta_{ij} - \rho l^{-2} \dot{l}^2 \int_0^1 (1-\xi)^2 \phi_i'(\xi) \phi_j'(\xi) d\xi + \rho l^{-1} (g + \ddot{l}) \int_0^1 (1-\xi) \phi_i'(\xi) \phi_j'(\xi) d\xi +$$

$$m_e l^{-2} (g + \ddot{l}) \int_0^1 \phi_i'(\xi) \phi_j'(\xi) d\xi + \frac{1}{2} M_{cs} g l^{-2} \int_0^1 \phi_i'(\xi) \phi_j'(\xi) d\xi$$

$$H_{ij} = \rho (l^{-2} \dot{l}^2 - l^{-1} \ddot{l}) \left(\frac{1}{2} \delta_{ij} - \int_0^1 (1-\xi) \phi_i(\xi) \phi_j'(\xi) d\xi \right) - c_p \dot{l} l^{-1} \left(\int_0^1 \phi_i(\xi) \phi_j'(\xi) d\xi + 0.5 \delta_{ij} \right)$$

$$G_{ij} = \rho l^{-1} \dot{l} \left(2 \int_0^1 (1-\xi) \phi_i(\xi) \phi_j'(\xi) d\xi - \delta_{ij} \right)$$

$$C_{ij} = c_p \delta_{ij}$$

$$F_i(t) = -l \sqrt{l} (\rho s_1(t) + c_p s_4(t)) \int_0^1 \phi_i(\xi) \xi d\xi + \sqrt{l} (s_5(t) - \rho f_1^{(2)}(t)) \int_0^1 \phi_i(\xi) d\xi$$

$$s_5(t) = -2v \rho s_2(t) - g(t) s_3(t) - c_p f_1^{(2)}(t)$$

$$s_1(t) = \frac{\ddot{l} - 2\dot{l}^2}{l^3} f_1(t) + \frac{\dot{l}}{l^2} \dot{f}_1(t) + \frac{\dot{l}}{l^2} \ddot{f}_1(t) + \frac{1}{l^4} (l^3 f_2^{(2)}(t) - f_2(t) l^2 l^{(2)} + 2l\dot{l}^2 f_2(t) - 2l^2 \dot{l} \dot{f}_2(t)) - \frac{\ddot{f}_1(t)}{l}$$

$$s_2(t) = \frac{\dot{l}}{l^2} f_1(t) - \frac{\dot{f}_1}{l} + \frac{\ddot{f}_2}{l} - f_2 \frac{\dot{l}}{l^2}$$

$$s_3(t) = \frac{f_2(t) - f_1(t)}{l}$$

$$s_4(t) = \frac{\dot{l}}{l^2} f_1(t) - \frac{\dot{f}_1}{l} + \frac{\ddot{f}_2 l - f_2 l}{l^2}$$

$$\phi_i(\xi) = \sqrt{2} \sin(\pi i \xi), \delta_{ij} \text{ (クロネッカーデルタ)}$$

式中、

【数 1 0】

$$\dot{S}(\cdot)$$

はその変数に関する関数 s の一次導関数であり、表記 $s^{(2)}(\cdot)$ はその変数に関する関数 s の二次導関数であり、

【数 1 1】

$$\int_{v_0}^{v_f} s(v) dv$$

は区間 $[v_0, v_f]$ にわたるその変数 v に関する関数 s の積分である。クロネッカーデルタは 2 つの変数からなる関数であり、その関数は、変数が等しい場合には、1 である

10

20

30

40

50

、そうでない場合には、0である。

【0042】

式(1)および式(2)によって与えられるシステムモデルは、システムにおけるモデルの2つの例である。異なる理論、例えば、ひも理論の代わりに、はり理論に基づく他のモデルを本発明の実施の形態によって使用することができる。

【0043】

図3は、本発明の1つの実施の形態による、揺れロケーションにおけるエレベータロープの横の動きを感知する少なくとも1つの揺れセンサの位置を求めて、エレベータロープの横揺れの測定を容易にする方法のブロック図を示している。この方法は、当該技術分野において知られているように、プロセッサ、例えばプロセッサ300を用いて実施される。

10

【0044】

エレベータシステムのモデルによる当該エレベータシステムの動作のシミュレーション310が、エレベータシステムの動作中に引き起こされるエレベータロープの実際の揺れ315を生成する。また、このシミュレーションは、境界ロケーション320、すなわち、第1の境界ロケーションおよび第2の境界ロケーションも生成する。揺れロケーション330が最初に求められ、推定された揺れ345が、境界ロケーションおよび揺れロケーションの補間によって求められる。エレベータロープの実際の揺れ315とエレベータロープの推定された揺れ345との間の誤差350が最適でない場合(355)、この誤差が最小になる(360)まで、揺れロケーションを求めることが繰り返される。1つの実施の形態では、誤差は、閾値365未満であるときに最小になる。

20

【0045】

誤差を最適化する少なくとも1つの揺れロケーションが求められた後、揺れセンサの位置370は、当該揺れセンサが揺れロケーションにおいてエレベータロープの横の動きを感知するように求められる。

【0046】

1つの実施の形態は、エレベータロープの実際の揺れとエレベータロープの推定された揺れとの間の誤差が閾値未満となるまで、一組の揺れロケーションを反復的に求める。この実施の形態は、第1の境界ロケーション、第2の境界ロケーション、および一組の揺れロケーション内のロケーションの補間によってエレベータロープの推定された揺れを求める。一組の揺れロケーションのみを補間することによって相対的なロープの揺れを求めるこどもできる。

30

【0047】

例えば、この実施の形態の1つの変形形態は、誤差を最適化する1つの揺れロケーションを求める。すなわち、揺れロケーションの一組のサイズは1である。最適化の後、誤差が閾値よりも大きい場合、掃引されたロケーションの一組のサイズが、例えば1だけ増加され、誤差は、更新された一組の揺れロケーション、例えば、2つの揺れロケーションを用いて求められる。この最適化は、一組の揺れロケーションが最大数のロケーションを含むまで、または誤差が閾値未満になるまで、反復的に繰り返される。

【0048】

40

図4Aは、本発明の別の実施の形態による、一組の揺れセンサの数および位置を求める方法400のブロック図を示している。この方法への入力は、一組の外乱の条件411、並びに初期数N(0)および初期の一組の揺れロケーションP(0)412である。

【0049】

例えば、一組の外乱の条件は、2つの外乱関数f₁(t)およびf₂(t)を含む。揺れセンサの初期数の一例は1であり、揺れセンサの初期配置の一例はL/2である。ここで、Lはエレベータロープ230の長さ235である。

【0050】

この方法は、時間TにわたってエレベータシステムのODEモデル420をシミュレートする。このモデルのシミュレーションによって、時間にわたるエレベータロープの実際

50

の揺れ 430 のシミュレーション、すなわち、ロープの揺れ $u(y, t)$ が生成される。

【0051】

補間 425 が、境界センサ $s b_1$ 、 $s b_2$ の測定値 413 および揺れセンサの測定値 415 を補間して、ロープの揺れの推定された（「 \wedge 」）揺れ

【数12】

$$\hat{u}(y, t)$$

435 を生成する。この補間は、Bスプライン補間とすることができます。境界センサの測定値 413 なしで補間を行って、相対的なロープの揺れを推定することもできる。

【0052】

シミュレートされた実際の揺れ $u(y, t)$ および推定された揺れ

【数13】

$$\hat{u}(y, t)$$

は、以下の式によって定義される誤差コスト関数を評価する（440）のに用いられる。

【数14】

$$E = \int_0^T \int_0^{l(t)} (u(y, t) - \hat{u}(y, t))^2 dy dt \quad (3)$$

式中、T は、シミュレーションの時間期間である。

【0053】

いくつかの実施の形態は、制約条件の下で誤差の非線形最適化に基づいて揺れロケーションを求める。例えば、1つの実施の形態は、エレベータロープの実際の揺れについて初期の一組の揺れロケーションを選択し、この初期の一組内の各ロケーションについて別々に求められたエレベータロープの実際の揺れとエレベータロープの推定された揺れとの間の誤差を、この初期の一組内の各ロケーションについて求める。最小誤差に対応するロケーションが、揺れロケーションとして選択される。

【0054】

別の実施の形態は、制約条件の下で非線形最適化アルゴリズムを用いて、式（3）によって与えられた推定誤差を最小にする。この実施の形態は、シミュレーションの時間と、第1の境界センサと第2の境界センサとの間のエレベータロープの長さと、誤差と、外乱の条件の関数とのコスト関数 450 を定式化し、このコスト関数の結果が最小になるような揺れロケーションを求める。例えば、コスト関数は、制約条件

【数15】

$$y_i \in [0, l(t)], \forall i \in \{1, \dots, N\}$$

の下で、以下の式となる。

【数16】

$$\text{Min}_{(y_1, \dots, y_N)} \int_0^T \int_0^{l(t)} (u(y, t) - \hat{u}(y, t))^2 dy dt \quad (4)$$

式中、 $\text{Min}_{(v_1, \dots, v_N)} C(v_1, \dots, v_N)$ は、変数のベクトル (v_1, \dots, v_N) に関するコスト関数 C の最小値を示す。

【0055】

最適化 450 によって、最適な誤差 E、並びに関連付けられた揺れロケーションおよび揺れセンサの配置 P460 が生成される。誤差 E は、閾値 Ths と比較される（480）。誤差が閾値未満である場合、揺れロケーションと、これらの揺れロケーションに関連付

10

20

30

40

50

けられた揺れセンサの配置 P 4 6 0 とが選択される (4 9 0)。誤差が閾値よりも大きい場合、この方法は、一組の揺れロケーションが最大数のロケーションを含むまで、または誤差が閾値未満となるまで、1つまたは複数の揺れロケーションを一組の揺れロケーションに加え (4 7 0)、初期ロケーションを再設定して、この方法を反復的に繰り返す。

【0 0 5 6】

揺れセンサのロケーションの水平成分の決定

いくつかの実施の形態では、揺れセンサは、平面内のロープの動きを感知するように構成されている。したがって、揺れセンサのロケーションの1つの座標、例えば垂直座標のみが求められる。この実施の形態の1つの変形形態では、ライン内の動きを感知する離散センサのアレイが、平面内の感知をシミュレートするのに用いられる。しかしながら、いくつかの他の実施の形態は、離散センサの数を制限する。したがって、それらの実施の形態では、揺れセンサのロケーションの第2の座標、例えば水平座標が求められる。

【0 0 5 7】

図4 B および図4 C は、方法4 0 0 によって求められた垂直座標を有する揺れセンサの水平座標を求める1つの実施の形態の一例を示している。この実施の形態は、揺れセンサの数を、ロープの少なくとも一部がロープの揺れに起因して危険ゾーン4 9 2 に入ったときにのみ動きを感知する離散センサに制限することができるという認識に基づいている。危険ゾーンの一例は、エレベータシャフトの壁4 7 5 に近いゾーンであり、これは、壁までの距離によって規定することができる。

【0 0 5 8】

例えば、エレベータロープの揺れは、システム2 0 0 のモデルを用いてシミュレートされ (3 1 0)、シミュレーション時間中のロープの揺れの振幅4 9 3 が求められる。振幅4 9 3 が、ロープが危険ゾーン4 9 2 に入っていることを示す場合 (4 9 4)、ラインを感知する離散揺れセンサのロケーションは、垂直座標4 9 5 がこの方法4 0 0 によって提供されるとともに、水平座標4 9 1 が垂直座標における揺れ4 9 4 に対応するように求められる (4 9 6)。この実施の形態の1つの変形形態では、危険ゾーン4 9 2 におけるロープの動きの様々な感知4 9 7 に対応する揺れゾーン4 9 8 は、方法4 9 9 を用いて求められ、離散揺れセンサは、揺れゾーンに一様に配置される。

【0 0 5 9】

図5は、ケーブルの長さの関数としての横振動に関するエレベータロープの揺れのグラフを示している。エレベータロープの実際の揺れ5 1 0 が、シミュレーション中に求められる。異なる揺れロケーションについての推定された揺れ5 2 0 および5 3 0 が求められる。グラフから見て取ることができるように、実際の揺れと推定された揺れ5 2 0 との間の誤差は、実際の揺れと推定された揺れ5 3 0 との間の誤差よりも小さい、すなわち、より最適である。したがって、推定された揺れ5 2 0 をもたらす揺れロケーションは、揺れセンサの位置を求めるのに用いられる。

【0 0 6 0】

図6は、エレベータロープの推定された形状6 1 0 のグラフと、 $T = 1 0 0 / 8$ [sec] の時間の長さにおけるシミュレーション中に求められたエレベータロープの実際の形状6 2 0 のグラフとを示している。図6から見て取ることができるように、推定された形状は、エレベータロープの実際の形状に類似している。

【0 0 6 1】

したがって、本発明のいくつかの実施の形態によって、1つまたはいくつかの揺れセンサの位置を最適化することが可能になる。また、いくつかの実施の形態によって、エレベータシステムの動作中にエレベータロープの揺れを求めるのに必要とされる揺れセンサの数を最小にすることが可能になる。

【0 0 6 2】

揺れの推定

揺れセンサは、システム1 0 0 等のエレベータシステムのエレベータシャフト内に配置されて、揺れロケーションにおけるエレベータロープの横揺れを感知する。エレベータロ

10

20

30

40

50

ープの横揺れの感知は、エレベータシステムの動作中のエレベータロープの揺れを求めるのに用いられる。1つの実施の形態では、揺れセンサは、上述した本発明の実施の形態に従って求められる揺れロケーションを感知するように配置される。別の実施の形態では、揺れロケーションは任意である。加えてまたは代替的に、1つの実施の形態では、一組の揺れセンサが、例えば、エレベータロープの長さに沿って垂直に、または水平に、例えば、エレベータシャフトに対して垂直に配置された一組の揺れロケーションを感知するように配置される。

【0063】

図7は、本発明のいくつかの実施の形態によるエレベータシステムの動作中のエレベータロープの揺れを求める方法を示している。エレベータシステムは、エレベータシャフト内に配置された少なくとも1つの揺れセンサと、例えば、プーリーおよびエレベータかごにそれぞれ配置された第1の境界センサおよび第2の境界センサとを備えることができる。そのようなエレベータシステムの例は、図1に示されている。

10

【0064】

上記2つの境界センサは、プーリーの横の動きの変位 $f_1(t)$ およびかごの横の動きの変位 $f_2(t)$ をリアルタイムで測定することができる。揺れセンサは、種々の時点での揺れロケーションにおけるエレベータロープの動きを測定することができる。

【0065】

第2の境界センサは、オプションであり、代替的な実施の形態では除去される。それらの実施の形態では、1つの境界センサのみが、ロープの上部の近く、例えばプーリーに位置決めされ、境界信号 $f_1(t)$ を測定するのに用いられる。他方の境界における変位 $f_2(t)$ は、測定値 $f_1(t)$ から求められる。例えば、変位 $f_2(t)$ は、以下の式に従って求めることができる。

20

【数17】

$$f_2(t) = f_1(t) \sin\left(\frac{\pi(H-y)}{2\pi}\right), y \in [1, H]$$

式中、Hは、エレベータシャフトの高さであり、yは、第2の境界測定値が求められる位置である。位置yは、エレベータシャフトにおけるエレベータかごのロケーションに基づいて求めることができる。

30

【0066】

揺れセンサが、揺れロケーションにおける動きを感知する(710)と、エレベータロープの揺れ740は、境界センサ750から受信された境界測定値750と、揺れセンサから受信された揺れ測定値760とに基づく補間720によって求められる。一方、揺れセンサが横の動きを感知しないとき、エレベータロープの揺れ740は、境界測定値750と、揺れセンサ760の以前の揺れ測定値とに基づく近似730によって求められる。いくつかの実施の形態では、エレベータロープの揺れを求ることは、エレベータシステムが動作している間、継続される。

【0067】

したがって、本発明のいくつかの実施の形態によって、揺れセンサが横の動きを感知しない場合であっても、エレベータロープの揺れを求ることが可能になる。それゆえに、これらの実施の形態によって、エレベータシステムにおいて用いられる揺れセンサの数を最小化または最適化することが可能になる。

40

【0068】

図8は、1つの実施の形態によるエレベータロープの実際の揺れを求めるシステムおよび方法のプロック図を示している。これらのシステムおよび方法は、当該技術分野において知られているように、プロセッサを用いて実施される。この実施の形態では、境界センサは、エレベータシステムの動作の全ての時間インスタンス、例えば、第1の時点 t_{810} および第2の時点 $t + t_{815}$ において、境界ロケーションにおける横の動きを感知する。しかしながら、揺れセンサは、第1の時点 t において揺れロケーションにおける横

50

の動きを感じするが、第2の時点 $t + t$ において横の動きを感じしない。

【0069】

第1の時点 t において、揺れロープ 845 の揺れが、境界センサの測定値 820 および揺れセンサの測定値 825 の補間 840 によって求められる。第2の時点 $t + t$ において、揺れセンサの揺れ測定値が近似される(835)。近似 835 は、時点 t における揺れセンサの以前の揺れ測定値 825 を用いる。様々な実施の形態では、近似 835 は、第1の時点 t における境界センサの以前の測定値と、第2の時点 $t + t$ における境界センサの測定値と、エレベータシステムのモデル 850 とのうちの1つまたは組み合わせも用いる。揺れセンサの揺れ測定値が近似された後、揺れロープの実際の揺れは、上述したように、補間によって求められる。

10

【0070】

したがって、本発明の様々な実施の形態は、少なくとも1つのロケーション、例えば、揺れロケーションまたは境界ロケーションにおけるエレベータロープの動きの測定値と、システムのモデル、境界ロケーションにおいて感知された動き、および揺れロケーションにおいて感知された動きからなる群から選択された補助情報に基づいて、エレベータシステムの動作中のエレベータロープの揺れを求める。

【0071】

図9に示す別の実施の形態では、エレベータシステムの状態 910 が、時点 $t(i)$ において検討され、揺れセンサの測定値が受信され(920)、少なくとも1つの揺れセンサがエレベータロープの動きを検出した場合(921)、ロープの揺れが、補間に基づいて推定される。補間 920 は、揺れロケーションの感知された動きのみを用いて、動きを感じしなかった揺れセンサの他方の揺れロケーションを近似することができる。例えば、時点 $t(i)$ におけるエレベータロープの揺れは、以下の式に従って求められる。

20

【数18】

$$u(y, t(i)), \text{ for all } y \in [0, l(t(i))]$$

式中、 y は慣性系における垂直座標であり、 u は、 x 軸に沿ったロープの横変位であり、 l は、2つの境界ロケーション間のエレベータロープの長さである。

【0072】

揺れセンサのうちのいずれもが、エレベータロープの動きを検出しない場合(922)、エレベータロープの揺れは、エレベータシステム 910 のモデルに基づいて近似される(930)。揺れセンサの最新の利用可能な測定値が、モデルによって初期条件として用いられる。同じ動作は、エレベータシステムの通常の運行中に繰り返される(940)。本発明の様々な実施の形態が、エレベータシステムの種々のモデルおよび近似方法を用いる。

30

【0073】

図10は、本発明の1つの実施の形態による近似方法の一実施態様のフローチャートを示している。2つの時点 $t(i)$ および $t(i+1)$ の間のエレベータシステムの状態が解析される。ここでは、少なくとも1つの揺れセンサが動きを検出する。2つの時点 $t(i)$ および $t(i+1)$ の間の全ての時間インスタンス t について、揺れセンサのうちのいずれもが動きを検出しない。1010において、時間間隔 $[t(i), t(i+1)]$ の間に、エレベータシステムの一組の N 個の仮定されたモードを有するODEモデルが定式化される。ODEモデルの一例は、式(2)によって与えられる。ステップ1020において、時点 $t(i)$ におけるエレベータロープの動きの最も近時の利用可能な測定値が、エレベータロープの長さに沿った N 個の異なる点 $y(j)$, $j = 1, \dots, N$ における揺れの動きの N 個の異なる値を求めるのに用いられる。

40

【0074】

1つの実施の形態では、これらの N 個の点は、例えば、 N 個の点 $y(j)$, $j = 1, \dots, N$ に対応する N 個の揺れ値 $u(y(j), l(t(i)))$ 1201 を用いることによって、エレベータロープの以前の揺れに基づいて求めることができる。 N 個の点 y (

50

j) は、例えば、図 1 2 に示すように、ロープの長さ 1 2 0 2 に沿って一様に散在している。別の実施の形態では、N 個の点 $y(j)$, $j = 1, \dots, N$ は、エレベータロープの長さに沿ってランダムに選択することができる。

【0075】

1 0 3 0 において、これらの N 個の異なる値は、時点 $t(i)$ における境界センサの測定値とともに、以下の式によって与えられる線形代数系を解くのに用いられる。

【数 19】

$$\begin{aligned} Q &= \psi^{-1}(U-V), \psi_{\alpha,\beta} = \sqrt{2} \sin(\pi\beta y(\alpha)/l(t(i))/l(t(i))) \\ U &= [u(y(1), l(t(i))), \dots, u(y(N), l(t(i)))]^T \\ V &= \left[\frac{l(t(i))-y(1)}{l(t(i))} f_1(t(i)) + \frac{y(1)}{l(t(i))} f_2(t(i)), \dots, \frac{l(t(i))-y(N)}{l(t(i))} f_1(t(i)) + \frac{y(N)}{l(t(i))} f_2(t(i)) \right]^T \\ Q &= [q_1(t(i)), \dots, q_N(t(i))]^T \end{aligned} \quad (5)$$

式中、全ての変数は、式(2)において定義されている。

【0076】

線形代数系の解は、時点 $t(i)$ におけるラグランジュ座標のベクトル $Q = [q_1(t(i)), \dots, q_N(t(i))]^T$ である。ステップ 1 0 4 0 において、時点 $t(i)$ におけるラグランジュ座標のベクトルが、エレベータシステムの ODE モデルを解くのに初期条件として用いられる。式(2)の ODE モデルは、初期条件 Q から開始して、境界センサの測定値 $f_1(t)$ 、 $f_2(t)$ を用いて解かれる。エレベータシステムの ODE モデルを解くことによって、間隔 $[t(i), t(i+1)]$ 内の全て時点 t におけるエレベータロープの揺れ $u(y, t)$ の近似 1 0 5 0 が生成される。

【0077】

図 1 1 は、本発明の別の実施の形態を示している。2 つの時点 $t(i)$ および $t(i+1)$ の間のエレベータシステムの状態が解析される。ここでは、少なくとも 1 つの揺れセンサが動きを検出する。2 つの時点 $t(i)$ および $t(i+1)$ の間の全ての時間インスタンス t について、揺れセンサのうちのいずれもが動きを検出しない。ステップ 1 1 1 0 において、時間間隔 $[t(i), t(i+1)]$ の間に、エレベータシステムの偏微分方程式 (PDE) モデルが定式化される。PDE モデルの一例は、式(1)によって与えられている。

【0078】

ステップ 1 1 2 0 において、時点 $t(i)$ におけるエレベータロープの動きの現在の測定値が、以下の式による PDE モデルの初期条件を求めるのに用いられる。

【数 20】

$$u(y, t(i)), \dot{u}(y, t(i)) \quad (6)$$

【0079】

ステップ 1 1 3 0 において、リアルタイムにおける境界センサの測定値が、以下の式による PDE モデルの境界条件として用いられる。

【数 21】

$$\begin{aligned} u(0, t) &= f_1(t) \\ u(l(t), t) &= f_2(t), t \in]t(i), t(i+1)[\end{aligned} \quad (7)$$

【0080】

ステップ 1 1 4 0 において、PDE モデルが、初期条件および境界条件用いて解かれ、

10

20

30

30

40

40

50

間隔 [$t(i)$, $t(i+1)$] 内の全ての時点 t におけるエレベータロープの揺れ $u(y, t)$ の近似 1150 が生成される。

【0081】

図13～図16は、いくつかの実施の形態による揺れセンサの種々の配置を示している。1つの実施の形態では、一組の揺れセンサ 1302 が、図13に示すように、軸 Y1310 によって概略的に示されたエレベータシャフトの長さに沿った一組の独立した揺れロープケーションを感知するように垂直に配置されている。この実施の形態は、境界測定値を求める境界センサ 1301 も備えることができる。

【0082】

別の実施の形態では、揺れセンサは、図14に示すように、エレベータシャフト 1410 内において水平に異なる従属位置 1402 に配置されている。例えば、ブーリーおよびエレベータかごに第1の境界センサおよび第2の境界センサ 1401 はそれぞれ配置される。この実施の形態では、エレベータロープの揺れの揺れは、揺れセンサのうちの1つがエレベータロープの動きを検出するときの各時点における揺れセンサの測定値および境界センサの測定値を補間することによって推定される。この実施の形態では、ロープの揺れは、モデルを用いることなく、揺れセンサの測定値および境界センサの測定値のみに基づいて推定される。

【0083】

図15の別の実施の形態では、第1の境界センサおよび第2の境界センサ 1501 が、例えば、ブーリー 240 およびエレベータかご 230 にそれぞれ配置され、エレベータロープの揺れ 1502 が、境界センサの測定値 1501 を用いてエレベータシステムのモデル 1503 に基づいて求められる。この実施の形態では、ロープの揺れは、境界センサの測定値およびシステムモデルのみに基づいて推定され、揺れセンサは用いられない。

【0084】

図16の別の実施の形態では、揺れセンサは、エレベータシャフト 1606 内において水平に異なる従属位置 1604 に配置されている。この実施の形態では、エレベータロープの揺れの揺れは、揺れセンサのうちの1つがエレベータロープの動きを検出するときの各時点における揺れセンサの測定値を補間することによって推定される。この実施の形態では、ロープの揺れは、境界センサに基づかず、揺れセンサの測定値のみに基づいて推定され、例えば、境界センサの測定値はゼロと決定され、モデルは用いられない。この実施の形態において推定されたロープの揺れは、中立ライン 1605 に対して相対的である、相対的なロープの揺れである。

【0085】

本発明の上述の実施の形態は数多くの方法のいずれかにおいて実現することができる。例えば、それらの実施の形態は、ハードウェア、ソフトウェアまたはその組み合わせを用いて実現することができる。ソフトウェアにおいて実現されるとき、そのソフトウェアコードは、単一のコンピューター内に設けられるにしても、複数のコンピューター間に分散されるにしても、任意の適切なプロセッサ、またはプロセッサの集合体において実行することができる。そのようなプロセッサは集積回路として実現することができ、集積回路構成要素内に1つまたは複数のプロセッサが含まれる。しかしながら、プロセッサは、任意の適切な構成の回路を用いて実現することができる。

【0086】

さらに、コンピューターは、ラック取付けコンピューター、デスクトップコンピューター、ラップトップコンピューター、ミニコンピューターまたはタブレットコンピューター等のいくつかの形態のうちのいずれにおいても具現できることは理解されたい。また、コンピューターは、1つまたは複数の入力および出力デバイスを有することができる。これらのデバイスは、とりわけ、ユーザーインターフェースを提示するように用いることができる。ユーザーインターフェースを提供するように用いることができる出力デバイスの例は、出力を視覚的に提示するプリンタまたはディスプレイ画面、および出力を聴覚的に提示するスピーカーまたは他の音生成デバイスを含む。ユーザーインターフェースに用いる

10

20

30

40

50

ことができる入力デバイスの例は、キーボード、並びにマウス、タッチパッドおよびデジタイジングタブレット等のポインティングデバイスを含む。別の例として、コンピューターは、音声認識を通して、または他の可聴形式において入力情報を受信することができる。

【0087】

そのようなコンピューターは、企業ネットワークまたはインターネット等の、ローカルエリアネットワークまたはワイドエリアネットワークを含む、任意の適切な形態の1つまたは複数のネットワークによって相互連結することができる。そのようなネットワークは、任意の適切な技術に基づくことができ、任意の適切なプロトコルに従って動作することができ、無線ネットワーク、有線ネットワークまたは光ファイバネットワークを含むことができる。

10

【0088】

また、本明細書において概説される種々の方法またはプロセスは、種々のオペレーティングシステムまたはプラットフォームのいずれか1つを利用する1つまたは複数のプロセッサ上で実行可能であるソフトウェアとしてコード化することができる。さらに、そのようなソフトウェアは、いくつかの適切なプログラミング言語および/またはプログラミングツール若しくはスクリプト記述ツールの任意のものを用いて書くことができ、フレームワークまたは仮想機械上で実行される実行可能機械語コードまたは中間コードとしてコンパイルすることもできる。例えば、本発明のいくつかの実施の形態は、MATLAB-SIMULINKを使用する。

20

【0089】

この点において、本発明は、コンピューター可読記憶媒体または複数のコンピューター可読媒体、例えば、コンピューターメモリ、コンパクトディスク(CD:Compact Discs)、光ディスク、デジタルビデオディスク(DVD:Digital Video Disks)、磁気テープおよびフラッシュメモリとして具現することができる。代替的に、またはそれに加えて、本発明は、伝搬する信号等の、コンピューター可読記憶媒体以外のコンピューター可読媒体として具現することができる。

【0090】

用語「プログラム」または「ソフトウェア」は、本明細書において、コンピューターまたは他のプロセッサをプログラミングし、上記で論じられたような本発明の種々の態様を実施するのに用いることができる任意のタイプのコンピューターコードまたは一組のコンピューター実行可能命令を指すように、一般的な意味において用いられる。

30

【0091】

コンピューター実行可能命令は、1つまたは複数のコンピューターまたは他のデバイスによって実行されるプログラムモジュールのような、数多くの形をとることができる。一般的に、プログラムモジュールは、特定のタスクを実行するか、または特定の抽象データ型を実現するルーチン、プログラム、オブジェクト、コンポーネントおよびデータ構造を含む。通常、プログラムモジュールの機能は、種々の実施の形態において望ましいように、組み合わせができるか、または分散させることができる。

【0092】

また、本発明の実施の形態は方法として具現することができ、その一例が提供されてきた。その方法の一部として実行される動作は、任意の適切な方法において順序化することができる。したがって、例示的な実施の形態において順次の動作として示される場合であっても、例示されるのとは異なる順序において動作が実行される実施の形態を構成することができ、異なる順序は、いくつかの動作を同時に実行することを含む場合もある。

40

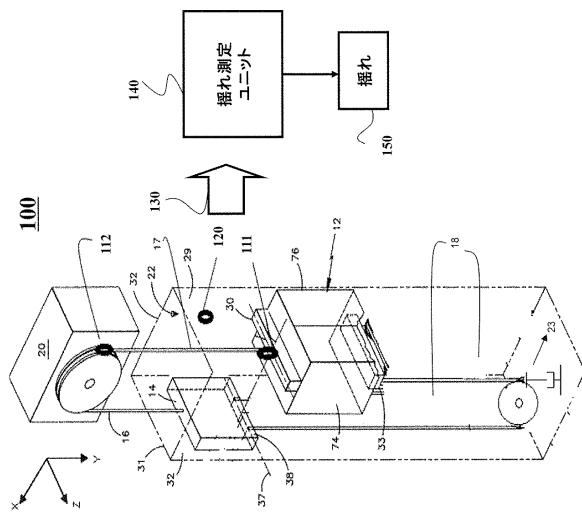
【0093】

請求項要素を変更するのに特許請求の範囲において「第1の」、「第2の」のような序数の用語を使用することは、それだけで、ある請求項要素が別の請求項要素よりも優先度が高いこと、優位であること、若しくは上位にあることを、または方法の動作が実行される時間的な順序を暗示するのではなく、請求項要素を区別するのに、ある特定の名称を有

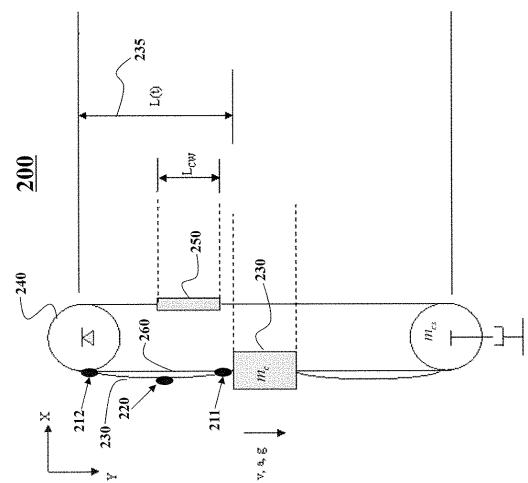
50

する1つの請求項要素を(序数用語を使用することは別にして)同じ名称を有する別の要素から区別するラベルとして単に使用される。

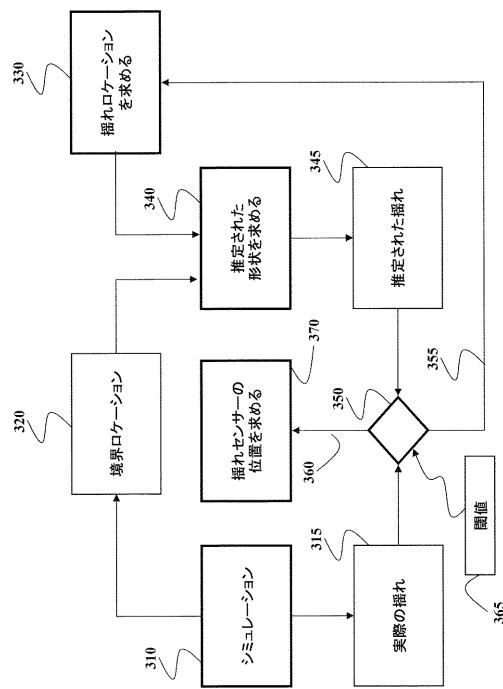
【 四 1 】



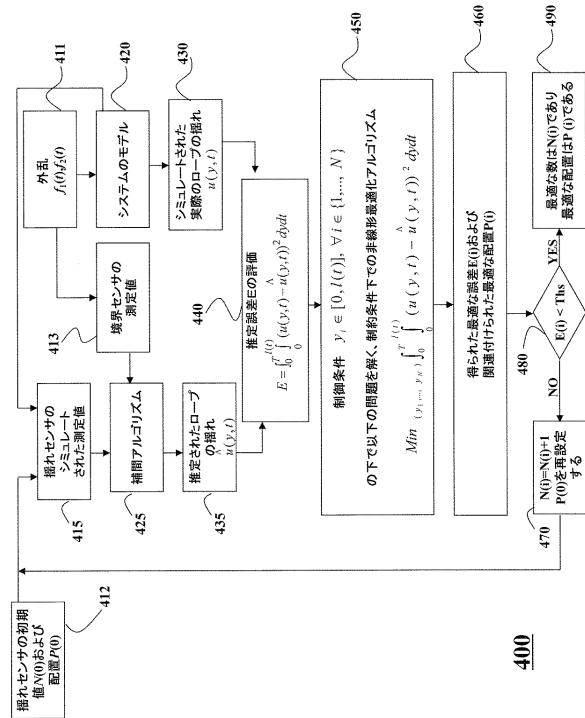
【図2】



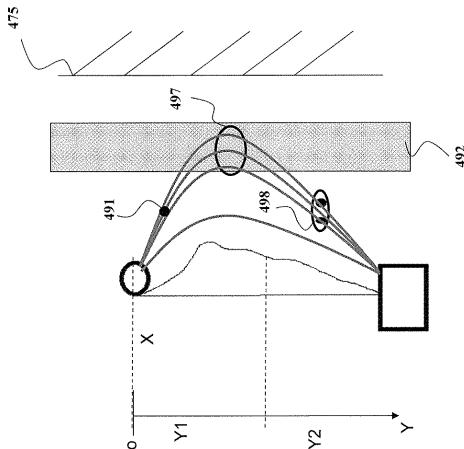
【図3】



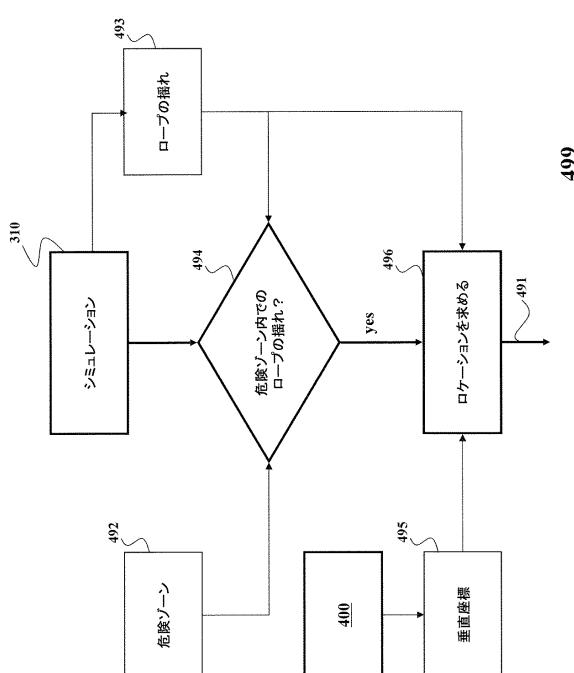
【図4 A】



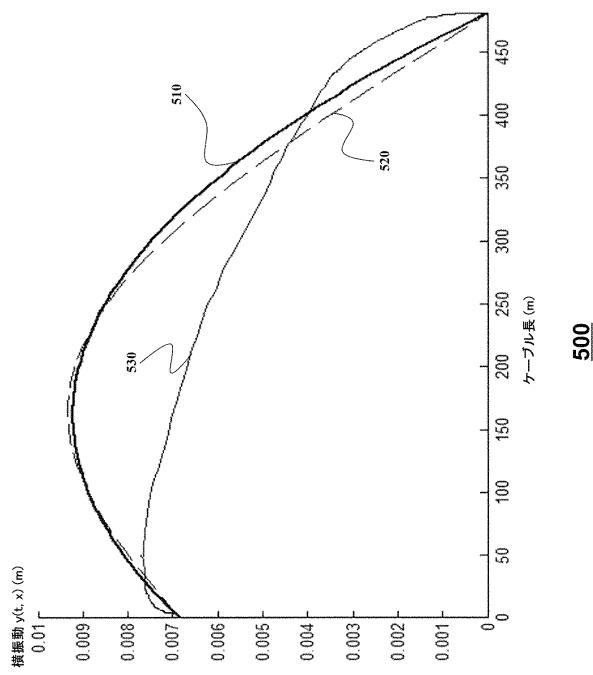
【図4 B】



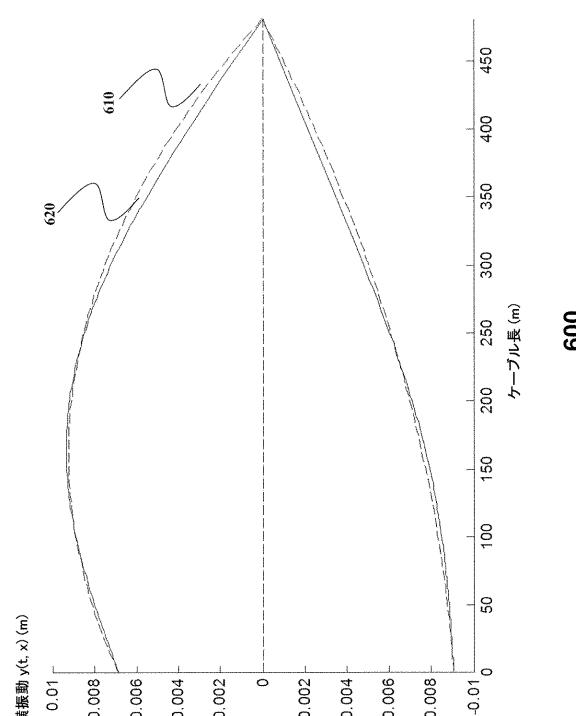
【図4 C】



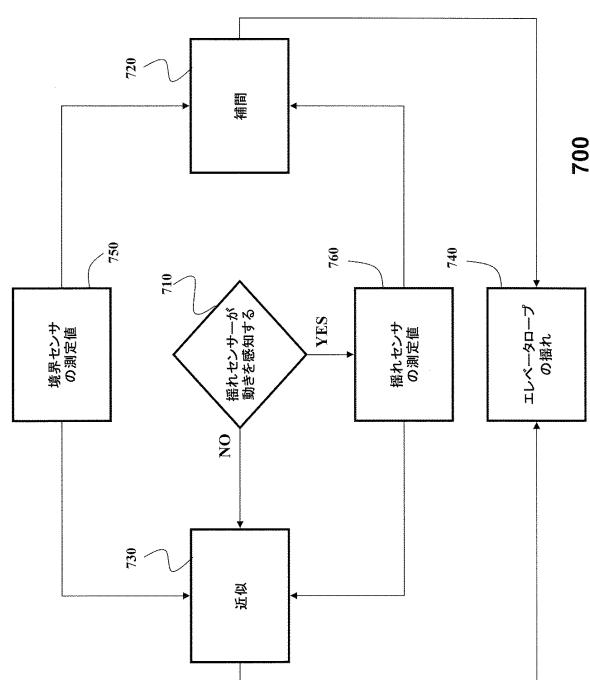
【図5】



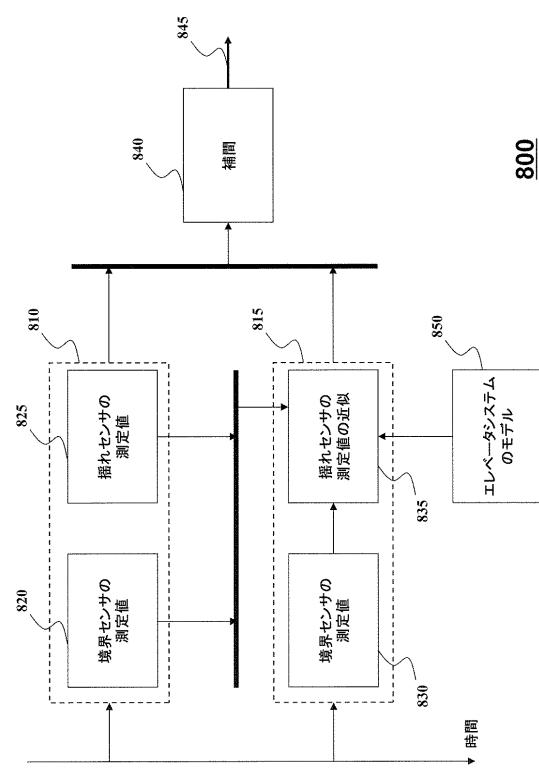
【図6】



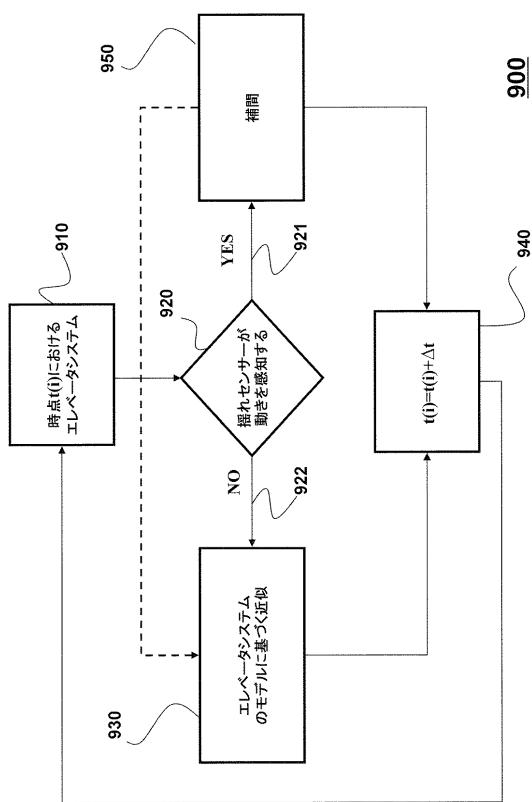
【図7】



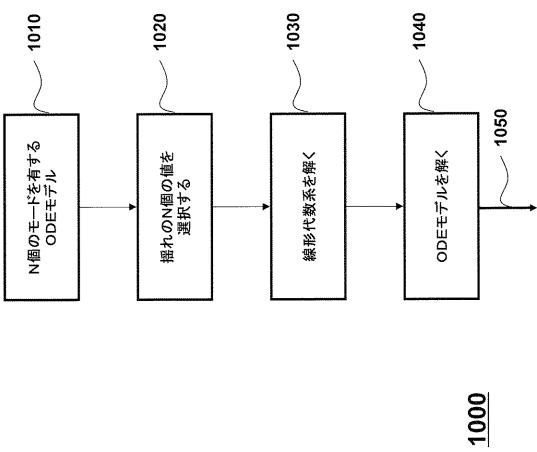
【図8】



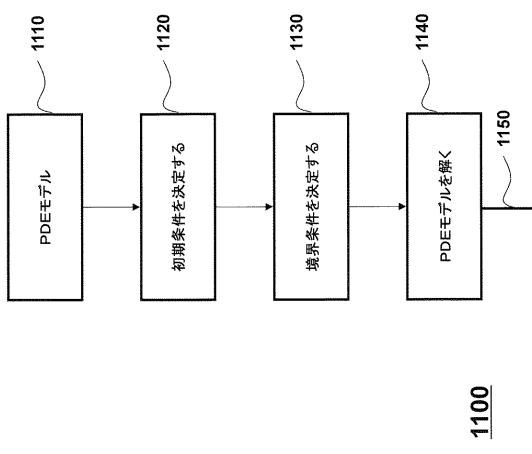
【図9】



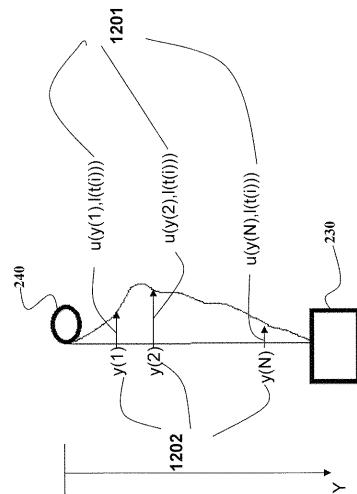
【図10】



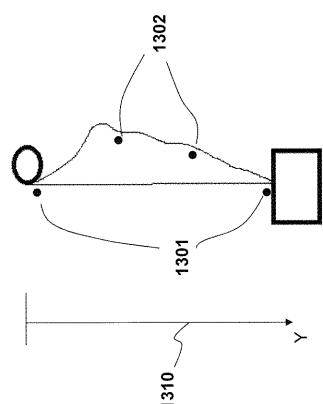
【図11】



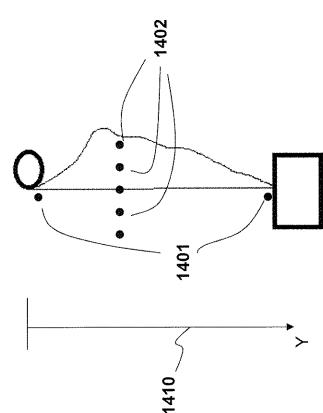
【図12】



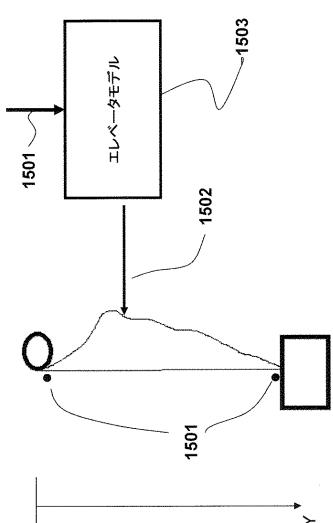
【図 1 3】



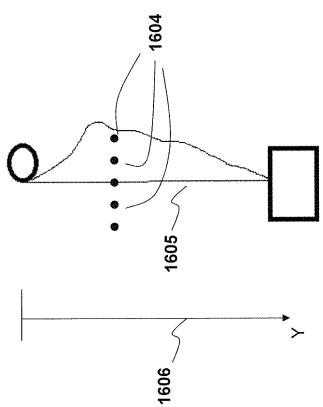
【図 1 4】



【図 1 5】



【図 1 6】



フロントページの続き

(72)発明者 ベノスマン、ムハシーン

アメリカ合衆国、マサチューセッツ州、ボストン、ピーコン・ストリート 21、7エム

(72)発明者 ポートフ、スコット・エイ

アメリカ合衆国、マサチューセッツ州、ブルックライン、マーシャル・ストリート 58、アパートメント 2

審査官 筑波 茂樹

(56)参考文献 国際公開第2010/013597 (WO, A1)

特開2010-052924 (JP, A)

特開2009-166939 (JP, A)

特開平10-059644 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B66B 5/00 - 7/12