

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5697592号
(P5697592)

(45) 発行日 平成27年4月8日(2015.4.8)

(24) 登録日 平成27年2月20日(2015.2.20)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 N 21/84 (2006.01)	GO 1 N 21/84 Z
B 6 4 D 47/00 (2006.01)	B 6 4 D 47/00
GO 3 B 15/00 (2006.01)	GO 3 B 15/00 T

請求項の数 18 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2011-510568 (P2011-510568)	(73) 特許権者	500520743
(86) (22) 出願日	平成21年5月8日(2009.5.8)		ザ・ボーイング・カンパニー
(65) 公表番号	特表2011-530692 (P2011-530692A)		The Boeing Company
(43) 公表日	平成23年12月22日(2011.12.22)		アメリカ合衆国、60606-2016
(86) 国際出願番号	PCT/US2009/043364		イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサイド・プラザ、100
(87) 国際公開番号	W02009/142933	(74) 代理人	100109726
(87) 国際公開日	平成21年11月26日(2009.11.26)		弁理士 園田 吉隆
審査請求日	平成24年4月25日(2012.4.25)	(74) 代理人	100101199
(31) 優先権主張番号	12/124,565		弁理士 小林 義教
(32) 優先日	平成20年5月21日(2008.5.21)	(72) 発明者	ピアン, ジョン, エル.
(33) 優先権主張国	米国 (US)		アメリカ合衆国 ワシントン 98056
前置審査			, レントン, エヌ 36番 ストリート 1301

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 遠隔無人輸送手段群による構造物および物体の検査用システムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の独立した無人移動輸送手段(12)を用い、

前記無人移動輸送手段(12)の各々に、前記無人移動輸送手段(12)を自律的に動作可能とする制御誘導システム(30)を配備し、

検査対象の構造物に対する前記無人移動輸送手段(12)の各々の進行経路を前記構造物(14)の指定された部分を検査するために各無人移動輸送手段(12)について独特な経路を辿らせるように規定する各無人移動輸送手段(12)について独特の動作プログラム(30A)により、前記無人移動輸送手段(12)の各々をプログラミングし、

前記無人移動輸送手段(12)が前記構造物(14)の周囲を進行する群を協働して形成するように、前記無人移動輸送手段(12)の各々を配備し、

前記無人移動輸送手段(12)を用いて、当該無人移動輸送手段がそれぞれの前記動作プログラムを実行する際に前記構造物(14)の一部に関する検査データを得ることを含み、

遠隔集中検査ステーション(18)を用いて前記無人移動輸送手段(12)と通信し、前記無人移動輸送手段(12)の1つが動作不能となったとき、残りの無人移動輸送手段によって全検査課題が完了可能なように、残りの無人移動輸送手段(12)に関連付けられた前記動作プログラム(30A)を即時に無線で変更することをさらに含む、構造物の検査方法。

【請求項2】

10

20

前記無人移動輸送手段(12)を用いて前記構造物(14)の一部に関する検査データを得ることが、前記無人移動輸送手段(12)のうちの少なくとも1つの上のカメラ(38、40、42)を用いて前記構造物(14)の一部の画像を撮影することを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記無人移動輸送手段(12)の各々は、それぞれの前記動作プログラム(30A)を実行しながら前記構造物(14)の部分の画像を得る、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記無人移動輸送手段(12)の各々は、前記独特な経路を辿りながら前記構造物(14)の複数の画像を得る、請求項1に記載の方法。

10

【請求項5】

前記無人移動輸送手段(12)の各々が、搭載メモリ(52)に前記構造物の前記複数の画像を保存する、請求項4に記載の方法。

【請求項6】

前記保存画像が映像ストリームを含む、請求項5に記載の方法。

【請求項7】

前記無人移動輸送手段(12)のうちの少なくとも1つを用いて、前記検査データを遠隔集中検査ステーション(18)へ無線通信して分析することをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項8】

複数の無人移動輸送手段(12)を用いることが、複数の無人回転翼機(12a、12b、12c、12d、12e)を用いることを含む、請求項1に記載の方法。

20

【請求項9】

複数の無人移動輸送手段(12)を用いることが、
 複数の無人陸上輸送手段(12')、
 複数の無人航空輸送手段(12a、12b、12c、12d、12e)、および
 複数の無人海洋輸送手段(12'')
 のうちの1つを用いることを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項10】

複数の独立した無人移動輸送手段(12)を用い、
 前記無人移動輸送手段の各々に、前記無人移動輸送手段(12)の各々を自律的に動作可能とする制御誘導システム(30)を装備し、

30

検査対象の構造物(14)の指定された部分を検査するために前記無人移動輸送手段(12)の各々について独特な経路を辿らせるように各無人移動輸送手段(12)について独特な進行経路を規定する各無人移動輸送手段(12)について独特の動作プログラム(30A)により、前記無人移動輸送手段(12)の各々をプログラミングし、

前記無人移動輸送手段(12)が前記構造物の周囲を進行する群を協働して形成するように、前記無人移動輸送手段(12)の各々を配備し(104)、

前記無人移動輸送手段(12)を用いて、前記無人移動輸送手段(12)の各々がそれぞれの前記動作プログラム(30A)を実行する際に前記構造物(14)の部分の画像を得て(106)、

40

前記無人移動輸送手段(12)の各々に前記画像を遠隔集中検査ステーション(18)へ無線送信させる(108)こと

を含み、

前記無人移動輸送手段(12)の各々に、前記無人移動輸送手段(12)の1つが動作不能となったときに、残りの無人移動輸送手段(12)によって全検査課題が完了可能なように複数の予め保存された代替飛行計画のうちどの1つを残りの無人移動輸送手段(12)により実施すべきかを即時に決定する動的飛行再割当て計画システム(64)を装備することをさらに含む、構造物の検査方法。

【請求項11】

50

複数の無人移動輸送手段(12)を用いることが、
 複数の空中移動輸送手段(12a、12b、12c、12d、12e)、
 複数の移動陸上輸送手段(12')、および
 複数の移動海洋輸送手段(12'')
 のうちの少なくとも1つを用いることを含む、請求項10に記載の方法。

【請求項12】

複数の無人移動輸送手段(12)を用いることが、複数の無人回転翼機を用いることを含む、請求項10に記載の方法。

【請求項13】

前記無人移動輸送手段(12)を用いて前記構造物(14)の部分の画像を得ることが 10

、
 前記構造物(14)の部分のカラー画像、
 前記構造物(14)の部分のカラー映像、
 前記構造物(14)の部分の白黒画像、
 前記構造物(14)の部分の赤外線画像、および
 前記構造物(14)の部分の赤外線映像
 のうちの少なくとも1つを得ることを含む、請求項11に記載の方法。

【請求項14】

前記無人移動輸送手段(12)の各々に、当該無人移動輸送手段の動作パラメータの少なくとも1つを監視する健全性監視システム(46)を装備することをさらに含む、請求項10に記載の方法。 20

【請求項15】

前記遠隔集中検査ステーション(18)へ前記画像を即時に提供する、請求項10に記載の方法。

【請求項16】

前記無人移動輸送手段(12)の各々に、前記構造物(14)から発せられる音声信号を傍受する音声傍受装置(44)を装備することをさらに含む、請求項10に記載の方法。

【請求項17】

複数の独立した無人移動輸送手段(12)を含む、構造物(14)の検査システムであって、 30

前記無人移動輸送手段(12)の各々が、前記無人移動輸送手段(12)の各々を自律的に動作可能とする制御誘導システム(30)を有し、

前記無人移動輸送手段(12)の各々が、検査対象の構造物(14)の指定された部分を検査するために前記無人移動輸送手段(12)の各々について独特な進行経路を辿らせるように規定する各無人移動輸送手段(12)について独特の動作プログラム(30A)を含むことにより、動作中に、前記無人移動輸送手段(12)が前記構造物(14)の周囲を移動する群を協働して形成し、かつ、

前記無人移動輸送手段(12)の少なくとも1つが、それぞれの前記動作プログラム(30A)を実行しながら前記構造物(14)の一部の画像を得る撮像装置(38、40、42)を含み、 40

前記遠隔集中検査ステーション(18)が、前記無人移動輸送手段(12)の1つが動作不能となったとき、残りの無人移動輸送手段(12)によって全検査課題が完了可能なように、残りの無人移動輸送手段(12)に新たな進行経路を割り当てるために前記少なくとも1つの無人移動輸送手段(12)へ異なる動作プログラム(30A)を無線通信するための無線送受信機(26)を含む、システム。

【請求項18】

前記無人移動輸送手段(12)の各々と無線通信状態にある遠隔集中検査ステーション(18)をさらに含み、

前記無人移動輸送手段(12)の少なくとも1つが、前記画像を前記遠隔集中検査ステ 50

ーション(18)へ無線送信するための無線送受信機(34)を含む、請求項17に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、検査作業を行うためのシステムおよび方法に関し、より詳細には、複数の無人移動輸送手段による構造物または物体の遠隔検査を可能とするシステムおよび方法に関する。

【背景技術】

【0002】

本項の記述は、本開示に関連する背景情報を単に提供するものであり、先行技術を構成するものではない。

【0003】

構造物およびさまざまな種類の物体の直接人間が行う検査は、時間がかかり、高価であり、困難であり、かつ、個人が行うにはしばしば危険である可能性がある。検査に著しい難題を投げかける構造物として、橋、ダム、堤防、発電所、送電線または電力網、水処理設備、精油所、化学処理工場、高層ビル、電車に関連する構造基盤およびモノレール支持構造物などはほんの一例である。

【0004】

静止カメラ(固定配置カメラ)を用いて定期的な目視検査を要する構造物または物体の定期的な画像を提供しても、その効果は限定的である。静止カメラは、視野が限られている。したがって、何百メートルもまたはそれ以上延びる送電線のような広い領域の検査は、数多くのそのようなカメラを用いなければ困難または不可能である。そのうえ、一旦カメラが所定の位置に取り付けられると、修理や整備のために容易にはアクセスできない可能性がある。カメラの取り付けにより、信頼性を低下させかねない要素にカメラを晒さねばならない、かつ/または、カメラの動作コストが必要となるかもしれない。

【0005】

橋の構造部分の定期的な画像を得るために橋の先端付近に取り付けられた静止カメラはまた、修理または整備が必要となった場合に個人のアクセスが困難かつ/またはコストがかかる可能性がある。橋、ダムなどの上部先端に取り付けられたカメラへのアクセスを個人に求める行為は、そのような課題を担当する一人または複数の作業員に対して人間の安全性に著しい危険を伴う可能性もある。

【0006】

時として、構造基盤が検査を要するかもしれない、その際、環境的、化学的または生物学的要素により、検査が、人間である作業員に対して健康面での著しい危険をもたらすであろう場合がある。そのような状況は、有害化学物質が存在する可能性のある領域において、設備の一部またはその内部で動作している機械の定期的通常検査が必要である製造設備内で見受けられるかもしれない。海上石油掘削施設の構造部分の検査は、環境的要因により、人間による施設のさまざまな部分の検査が危険要因と背中合わせとなり得る別の例であろう。さらに他の構造物、例えば、山脈に位置する大規模アンテナまたは望遠鏡は、人間による検査が、個人の安全に著しい危険を与える状況をもたらし得る。

【0007】

検査用途によっては、さまざまな構造基盤の検査に有人ヘリコプターを用いてきた。しかしながら、有人ヘリコプターは、資産コスト(ヘリコプター、燃料および整備)および運転コスト(操縦士の給与)の点において運転が高価となり得る。これに加えて、検査は、操縦士およびヘリコプターの入手可能な数により限定され、かつ、暴風雨または砂塵嵐の際といったいくつかの場合において危険であり得る。また、有人ヘリコプターの使用は、悪天候時は単に不可能であることもある。

【0008】

遠隔操作(RC)ヘリコプターは、コストがより低い、熟練したRC操縦士を要する

10

20

30

40

50

ので、複数のヘリコプターにより広い領域を検査すると、費用のかかる熟練RC操縦士が数多く必要となる。これに加えて、精密検査および検査動作が行われる期間は、RC操縦士およびRCヘリコプターの入手可能な数のせいで限定される可能性がある。

【発明の概要】

【0009】

一態様において、本開示は、構造物の検査方法に関する。該方法は、複数の独立した無人移動輸送手段を用い、各無人移動輸送手段を自律的に動作可能とする制御誘導システムを無人移動輸送手段の各々に備え、

検査対象の構造物に対する各無人移動輸送手段用の進行経路を規定する動作プログラムにより各無人移動輸送手段をプログラミングし、

無人移動輸送手段が構造物の周囲を進行する群を協働して形成するように、各無人移動輸送手段を配備し、

無人移動輸送手段の少なくとも1つを用いて、当該無人移動輸送手段がそれぞれの動作プログラムを実行する際に構造物の一部に関する検査データを得ることを含んでいてもよい。

10

【0010】

別の態様において、構造物の検査方法を開示する。該方法は、複数の独立した無人移動輸送手段を用い、各無人移動輸送手段を自律的に動作可能とする制御誘導システムを無人移動輸送手段の各々に備え、

検査対象の構造物に対する各無人移動輸送手段用の独特な進行経路を規定する動作プログラムにより各無人移動輸送手段をプログラミングし、

無人移動輸送手段が構造物の周囲を進行する群を協働して形成するように、各無人移動輸送手段を配備し、

無人移動輸送手段を用いて、各無人移動輸送手段がそれぞれの動作プログラムを実行しながら構造物の部分の画像を得て、

各無人移動輸送手段に画像を遠隔集中検査ステーションへ無線送信させることを含んでいてもよい。

20

【0011】

本開示の別の態様において、構造物の検査システムを開示する。該システムは、複数の独立した無人移動輸送手段を含んでいてもよく、

無人移動輸送手段の各々が、各無人移動輸送手段を自律的に動作可能とする制御誘導システムを有し、

無人移動輸送手段の各々が、検査対象の構造物に対する各無人移動輸送手段用の進行経路を規定する動作プログラムを含み、その結果、動作中に、無人移動輸送手段が構造物の周囲を移動する群を協働して形成し、かつ、

無人移動輸送手段の少なくとも1つが、それぞれの動作プログラムを実行しながら構造物の一部の画像を得る撮像装置を含む。

30

【0012】

適用可能性のさらなる領域は、ここに示す説明から明らかとなる。説明および具体例は、例示目的のみを意図しており、本開示の範囲を限定するよう意図するものではないことは、理解されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【0013】

ここに説明する図面は、例示のみを目的としており、本開示の範囲をいかようにも限定するよう意図されていない。

【図1】図1は、本開示に係るシステムの一実施構成のブロック図である。

【図2】図2は、図1に示したUAVの各々に搭載可能な搭載システムのブロック図である。

40

50

【図3】図3は、図1のシステムにより行うことができる主要な動作のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下の説明は、本質的に単なる例示であり、かつ、本開示、用途または使用を限定するよう意図されてはいない。

【0015】

図1を参照すると、構造物を検査するためのシステム10が示されている。システム10は、定期的検査を要する構造物14の周りを移動している使用可能な複数の無人移動輸送手段12を含む。本実施例において、無人移動輸送手段は、無人航空輸送手段として、
10 具体的には、無人回転翼機（以下、単に「UAV」12と呼ぶ）として示されているが、無人地上輸送手段12'および（水面と水中の両方の）無人船舶12''といった他の形態の無人輸送手段が、本発明のシステム10とともに用いられるために容易に適合可能であろうことは理解される。また、構造物14は、橋として示されているが、システム10は、送電線、発電設備、電力網、ダム、堤防、競技場、大建築物、大型アンテナおよび望遠鏡、水処理設備、精油所、化学処理工場、高層ビルならびに電車に関連する構造基盤およびモノレール支持構造物に限定されないがこれらを含む広範な他の構造物の検査に用いられるために同様に良好に適合される。システム10はまた、製造設備および倉庫といった大建築物内部での使用に特に適している。有人輸送手段または人間による遠隔操作（RC）輸送手段により検査するには困難であるか、コストがかかるか、危険すぎるであろう
20 事実上いかなる構造物も、システム10を用いて潜在的に検査可能である。

【0016】

図1では、図面が煩雑にならないように5機のUAV12a~12eのみを示している。しかしながら、より多くのまたはより少ない複数のUAV12を実施して、特定の検査課題の必要性を満たすことができるであろうことは理解される。図1に示されている橋14のような大型構造物に対して、潜在的には10~20機のUAV12が望まれるかもしれない。より小型の構造物には、必要とされる検査課題を行うのに2~5機のUAVしか必要でないかもしれない。各UAV12a~12eは、予めプログラムされた飛行計画にしたがってUAV12を航行し、かつ、検査されている構造物用の検査データを得られるようにすることができる搭載システム16を含む。検査データは、以下の段落においてより詳細に説明するように、画像、映像または音声データを含むことができる。
30

【0017】

各UAV12a~12eに搭載される予めプログラムされた飛行計画により、各UAVは、構造物の一部の周りの独特な飛行経路を辿ることができる。例えば、UAV12aは、自らが橋14へと飛行し、柱14aの周りを繰り返し旋回することができるようにする飛行計画を含んでいてもよい一方、UAV12bの飛行プログラムは、UAV12bを経路14bに沿って上下に飛行させる。UAV12cは、橋14の下方をその水平鉄骨構造にぴったりと沿って前後に飛行するよう指定されてもよい。したがって、各UAV12a~12bについて、予めプログラムされた飛行計画（よって飛行経路）は、独特であり、
40 かつ検査を意図されている構造物の指定された部分に対して形成されている。このように、各UAV12は、橋14の特定の指定部分を横切ることができる。ひとたび飛行すると、UAV12a~12eは、その他の場合は有人輸送手段が検査するには困難であり、コストがかかり、かつ/または危険である可能性がある構造物のさまざまな領域の極めて徹底した検査を可能とする輸送手段「群」として捉えられるものを形成する。一般的に、任意の検査課題において使用される複数のUAV12の数が多いほど、該検査課題の完了に要する時間が短くなるだろう。

【0018】

検査用途について、無人ヘリコプターのような無人回転翼機は、UAV12としての使用に特に有利であろうと予想される。これは、無人ヘリコプターが空中で停止し、非常に低速で移動できる能力によるものである。遠隔操作無人ヘリコプターの垂直離着陸能力も
50

また、多くの用途において、特に構造物または製造工場、倉庫などのような設備の内部で運転する際、または、数多くの高い構造物（例えば、煙突）が密集している可能性のある精油所または化学処理設備のような複雑な設備を検査する際に、非常に有利であるかもしれない。これらの用途において、固定翼無人輸送手段の使用は、離着陸用の見通しのきく長距離の領域を必要とし、さまざまな垂直構造物の回りや建築物の内部での操縦は不可能でないにしても困難であろう。必要であれば、空中での停止および/または垂直方向のみの移動能力により、無人遠隔操作ヘリコプターは、固定翼無人輸送手段を用いると検査が困難であるかもしれない場合、橋の垂直支柱、アンテナのような大型垂直構造物の近くを飛行して検査するか、または、ダムのようなその他の垂直表面を詳細に検査することが可能となる。

10

【 0 0 1 9 】

UAV 12 は、大型輸送ヘリコプターまたは固定翼航空機といった別の空中輸送手段から配備することも可能であろう。そのような配備は、明らかに UAV 12 用の燃料を節約し、これにより、UAV 12 が自らの動力で地上の位置から離陸せねばならない場合に可能であろうより長い期間、UAV 12 が空中に滞在できるだろう。

【 0 0 2 0 】

システム 10 はさらに、UAV 12 a ~ 12 e の各々から無線通信を受信するための遠隔集中検査ステーション 18 を含んでいてもよい。集中検査ステーション 18 は、アンテナ 20 と、コンピュータ制御システム 22 と、CRT、LCD またはプラズマスクリーンといった、検査技師またはオペレータによる視認のための表示装置 24 と、無線送受信機とを含んでいてもよい。無線送受信機 26 は、コンピュータ制御システム 22 と各 UAV 12 a ~ 12 e の搭載システム 16 との間の無線通信を可能とするためにアンテナ 20 と通信状態にある。コンピュータ制御システム 22 を用いて、コマンドを送信したり、燃料の残量、電池の残量などといった各 UAV 12 a ~ 12 e のさまざまな動作性能パラメータを監視したりしてもよい。コンピュータ制御システム 22 はまた、以下の段落で説明するように、UAV 12 のいずれか 1 機の飛行計画を変更するコマンドを生成するのに用いられてもよい。

20

【 0 0 2 1 】

集中検査ステーション 18 は、地上ステーションであるとして示されているが、航空機または有人回転翼機上の移動検査ステーション 18 ' として形成することも同様に容易であろう。地上の移動検査ステーション 18 ' ' を形成することも可能である。よって、集中検査ステーション 18 は、必ずしも固定構造物または設備でなくともよい。UAV 12 a ~ 12 e の各々が、中継衛星 29 を介して、かつ/または、広域ネットワークまたはローカルエリアネットワークを用いて集中検査ステーション 18 と通信することも可能である。

30

【 0 0 2 2 】

図 2 を参照して、各 UAV 12 a ~ 12 e に搭載されてもよい搭載システム 16 を示す。ただし、各 UAV 12 a ~ 12 e に搭載される搭載システム 16 は、任意の UAV 12 が検査するようプログラムされた構造物の特定の部分によって種々の構成要素を含む可能性があることは理解されるだろう。したがって、各 UAV の搭載システム 16 が同一である必要はない。

40

【 0 0 2 3 】

搭載システム 16 は、メモリ 30 A からの 1 つ以上の種々の保存飛行計画を実施することができる誘導制御ハードウェアおよびソフトウェアシステム 30 を含んでいてもよい。搭載システム 16 は、関連する UAV 12 の向きを制御し、かつ、メモリ 30 A に保存されている予めプログラムされた飛行計画の実行を支援するための全地球測位システム (GPS) / 慣性航法システム 32 を含んでいてもよい。無線送受信機 34 および搭載アンテナ 36 は、集中検査ステーション 18 との双方向無線電磁波通信を可能とする。

【 0 0 2 4 】

搭載システム 16 はまた、集中検査ステーション 18 に有用な検査情報を提供するため

50

の複数の種々のセンサを含んでいてもよい。例えば、静止カメラ（カラーおよび／または白黒）38を用いて、検査されている構造物14の部分の静止画像を得てもよい。ビデオカメラ40を用いて、橋14のカラーおよび／または白黒映像を得てもよい。また、赤外線カメラ42を用いて、赤外線静止画像または赤外線映像を得ることも可能である。音声マイク44を用いて、検査している構造物から発せられる音声信号を傍受することも可能である。この特徴は、特定の種類の音の存在が今にも起こりそうな機械または構成部品の故障を示しているかもしれない場合に製造設備内部の大型機械の検査にとりわけ貴重である可能性がある。例えば、大型機械の高架部分から聞こえるきしり音の検出は、軸受け故障が起こりそうであることを示しているかもしれないが、そのような音は、その他の雑音源が存在してきしり音を隠している製造設備の床上で作業をしている個人には知覚できない可能性がある。

10

【0025】

搭載システム16はまた、輸送手段健全性監視サブシステム46と、UAV12上に搭載された電子装置に電力供給するための電池48と、燃料レベルセンサ50とを含んでいてもよい。輸送手段健全性監視サブシステム46を用いて、電池48の電池レベルおよび燃料溜レベルセンサ50を監視し、かつ、集中検査ステーション18へ定期的に送信することができる適切な信号を生成してもよい。UAV12のいずれか1機について問題が生じた場合、例えば、許容不可能なレベルにまで電池電力が急降下した場合、該サブシステムにより、集中検査ステーション18にこの状況が無線で通知することができる。次いで、集中検査ステーション18は、他のUAV12へ残りのUAV12が必要とされる検査課題を終えられるようにする修正飛行プログラムを無線でアップロードしてもよい。

20

【0026】

搭載システム16はまた、検査プロセス中に取り込まれた画像、映像または音声の電子コピーを維持するための画像／音声メモリ52を任意で含んでいてもよい。この任意選択を実施する場合、外部装置、例えば、ラップトップコンピュータのインタフェース54への接続を可能とする各UAV12上にインタフェース54を含め、以前実行された検査プロセス中に得られた保存画像および／または音声のダウンロードに用いてもよい。インタフェース54は、従来のRS-232、RS-422または他のあらゆる適切なインタフェースにより形成可能である。インタフェース54はまた、無線接続が画像／音声メモリ52を用いて可能となるようにBluetooth技術を用いて実施可能である。インタフェース54は、UAV12への有線接続によりUAV12上で用いられる無線送受信機を必要とすることなくプログラムやその他の情報をアップロードすることができるように用いることも可能である。画像／音声メモリ52の使用は、獲得された画像および音声データを電磁波信号を介して集中検査ステーション18へ確実に送信することができる能力に悪影響を及ぼす可能性がある電磁妨害が周期的に高いレベルとなると予測される環境において有利であるかもしれない。

30

【0027】

搭載システム16はまた、超音波センサ、X線センサ58、磁気センサ60またはホール効果センサ62のような追加のセンサを含んでいてもよい。システム10が実行に用いられると期待される特定の種類の検査動作により、搭載システムに含まれる必要のある特定の形態のセンサが決まる可能性が高いとされる。

40

【0028】

搭載システム16はまた、動的飛行再割当て計画システム64を任意で含んでいてもよい。動的飛行計画再割当てシステム64は、何らかの理由で動作不能となったUAVのうちの1機が、燃料、電池もしくは検出されたセンサ異常によるかまたはその他の何らかの理由で着陸を要する場合に、各UAV12a～12eに用いられる飛行計画の動的変更を用いてもよい。「動的」変更とは、システム64が、検査課題全体が残りのUAVにより完了可能なように複数の代替飛行計画のうちのいずれの1つを依然として動作している残りのUAV12により実施すべきかを自動的かつ事実上即座に決定可能であるということである。したがって、UAV12aが何らかの理由で動作不能となるか、そのセンサのう

50

ちの1つが動作不能となった場合、各UAV12b～12eの動的飛行計画再割当てシステム64は、残りのUAV12b～12dが全検査課題の残りを行うことができるように複数の代替の予め保存された飛行計画のうちのいずれの1つを実施すべきかを決定し、次いで、誘導制御ハードウェア30は、代替飛行計画を即時に実施する。「即時」とは、本質的に即座にという意味である。代替の飛行計画は、動的飛行計画再割当てシステム64内に含まれるメモリに保存されていてもよく、または、代替の飛行計画は、メモリ30Aに保存されていてもよい。

【0029】

図3を参照して、システム10の実施の一例の動作を記載したフローチャート100を示す。動作102において、各UAV12a～12eの飛行計画メモリ30aに飛行計画プログラムをロードする。飛行計画は、UAV12が検査するよう割り当てられている橋14の一指定部分(または複数部分)専用のものである。飛行計画は、これに対応付けられたUAV12を、必要な検査データを得るために橋14の所定部分の十分近くに導く飛行経路上で進行させるようなものであり、本実施例において、該必要な検査データは、静止画像が映像のいずれかであろう。動作104において、UAV12a～12eを配備して、検査「群」を形成する。UAV12は、橋14に到達すると、各々が検査するよう指定されている橋の部分の検査データを獲得し始める。検査データは、静止画像、映像、音声またはさらにはこれらの組み合わせからなってもよい。動作108において、UAV12a～12eは、その送受信機34およびアンテナ36を介して集中検査ステーション18へ獲得した検査データを送信する。あるいは、動作108aに示すように、UAV12a～12eの各々は、着陸すると、将来のダウンロードのために自らの画像/音声メモリ52に獲得した検査データを保存することが可能である。

【0030】

動作110において、獲得された検査データがUAV12a～12eから無線で送信された場合、次いで、集中検査ステーション18の表示装置24および/またはコンピュータ制御システム22を用いて該データを表示および/または分析してもよい。次いで、動作112において、UAV12a～12eのすべてが正しく動作していることを確認する。UAV12a～12eのいずれかの輸送手段健全性監視サブシステム46が、構成部品の異常またはUAVの即時着陸を要する異常を報告した場合、この状況が、影響を受けているUAV12からの無線信号を介して集中検査ステーション18へ報告される。この時点で、集中検査ステーション18のコンピュータ制御システム22を用いて、依然として動作中であるUAV12の各々へ新たな代替の飛行計画を送信してもよい。これにより、残りのUAV12が検査課題の残りを行うことができる。上記新たな代替飛行計画は、残りのUAVのすべてではなく、代わりに残りのUAVの1機またはそれ以上のみ提供することも可能である。次いで、動作106～112を繰り返してもよい。あるいは、実施されれば、各UAV12上の動的飛行計画再割当てシステム64を用いて、残りのUAVが検査課題を完了できるようにする新たな飛行を動的に決定および実施してもよい。

【0031】

動作116において、検査された橋14の検査済み領域の割合を求める。例えば、橋14の約99%が検査されると、欠陥やキズの検出の保証確率がある程度の値に到達したと認めことができ、課題が完了したと考えることができる。動作118において検出値の所定の確率を確認して、検査課題が本質的に現在完了しているか否かを求める。完了していれば、動作120に示されているようにUAV12a～12eは着陸する。完了していなければ、検出値の所定の確率に到達するまで動作106～112を繰り返す。

【0032】

ここに説明したシステム10および方法論を用いて、静止状態および移動状態の両方の構造物および物体の広い範囲を検査できる。検査を要する可能性のある移動状態の物体の一例は、飛行中の固定翼航空機である。システム10により、UAV12を用いて、航空機の飛行中に航空機の上方、背後、下方またはことによると前方までも飛行することが可能であろう。UAV12を用いて、即時分析(すなわち、本質的に即座の分析)に用いる

10

20

30

40

50

ことができる下げ翼または補助翼の位置といった固定翼航空機の画像または音声データを入手してもよい。あるいは、収集された検査データは、UAV12の各々によりセーブされ、後に分析のためにダウンロードされてもよい。

【0033】

システム10の利点は特に、各UAV12により獲得されたデータを集中検査ステーション18へ即時にダウンリンクすることにより、データの即時分析を可能とするか、または後の分析のためにセーブしてもよいことである。ダウンリンクのためにより広い帯域幅が必要な映像のようなデータに対して、この特徴は、ダウンリンクの帯域幅が限られており、かつ、検査中の構造物におけるいかなる潜在的なキズも人間の安全または財産を脅かす状況を生み出すような性質のものではないある用途においては、有利であるかもしれない。車およびトラックの交通量の多い橋上のように主要な構造上のキズを即座に知らせることが重要であろうさらに他の用途も存在する。そのような場合、橋上で主要な構造上のキズが発見されれば、システム10の即時ダウンリンク能力により、獲得した検査画像が即時に処理できるようになるだろう。

10

【0034】

システム10および方法論はまた、水中に沈んでいるかまたは部分的に沈んでいる構造物の検査に関して、特に有用であると理解される。適切な沈めることができる無人輸送手段を用いることにより、橋、石油掘削施設の沈んでいる部分および船舶の沈んでいる部分の画像または映像といった検査データを分析のために入手することができる。

【0035】

システム10のさまざまな実施形態はすべて、人間のオペレータが各検査輸送手段を操縦する必要も、各検査輸送手段を遠隔制御する必要もないという利点を提供する。数多くの用途において、これは、大幅なコスト節減をもたらすと予想される。システム10はまた、人間の安全または健康を著しい危険に晒すであろう検査用途において人間の操縦士を用いなくてもよいという観点からも有益である。

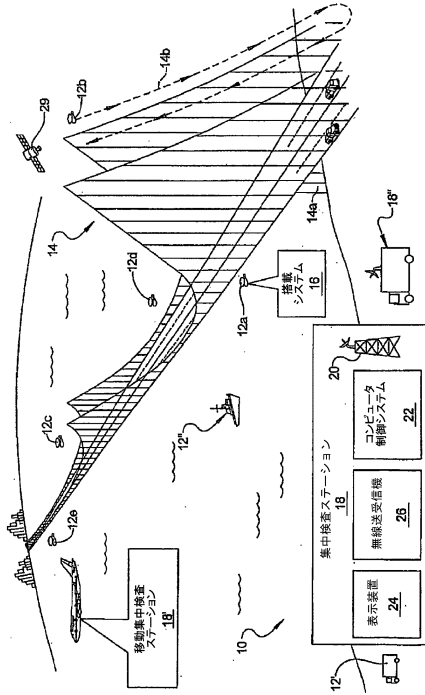
20

【0036】

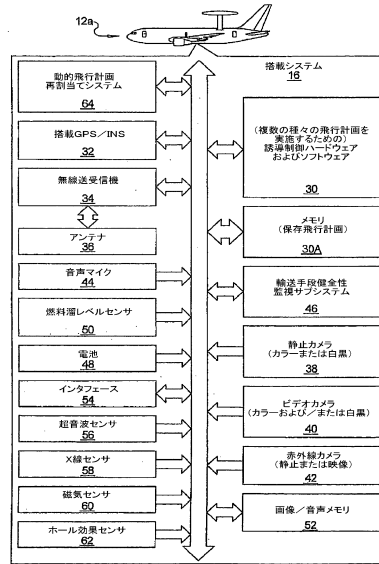
さまざまな実施形態を説明したが、当業者は、本開示から逸脱することなく行われる可能性のある変更または変形を認識するだろう。実施例は、さまざまな実施形態を例示するものであり、本開示を限定するよう意図されてはいない。したがって、説明および請求項は、関連する先行技術を鑑みて必要であるような限定のみとともに寛大に解釈されるべきである。

30

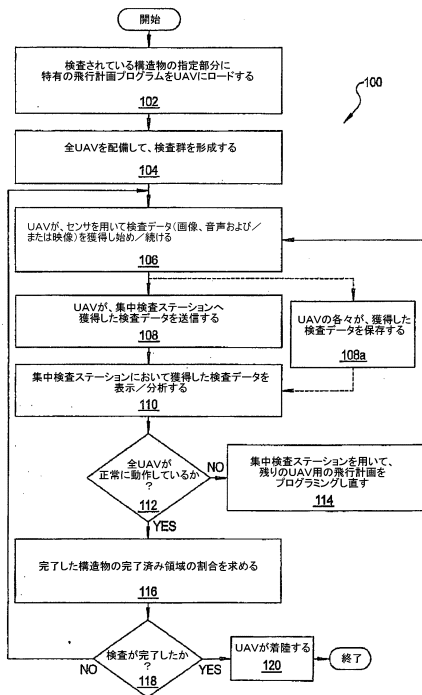
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

- (72)発明者 マンスリー, アリ, アール.
アメリカ合衆国 ワシントン 98012, ボセル, 31番 ドライブ エスイー. 170
24
- (72)発明者 サード, イマッド, ダブリュ.
アメリカ合衆国 ワシントン 98059, レントン, エルマ アヴェニュー エヌ.イー.
2214

審査官 小野寺 麻美子

- (56)参考文献 特開昭60-210108(JP,A)
特開2006-027448(JP,A)
特開2008-105591(JP,A)
特表2009-540685(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N	21/84	-	G01N	21/958
B64D	47/00			
G03B	15/00			
G01B	11/00	-	G01B	11/30
H02G	1/00	-	H02G	1/10
B64C	39/00			