

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5592394号
(P5592394)

(45) 発行日 平成26年9月17日(2014.9.17)

(24) 登録日 平成26年8月8日(2014.8.8)

(51) Int.Cl.
B 6 4 D 39/06 (2006.01)

F I
B 6 4 D 39/06

請求項の数 9 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2011-542094 (P2011-542094)	(73) 特許権者	500520743
(86) (22) 出願日	平成20年12月17日 (2008.12.17)		ザ・ボーイング・カンパニー
(65) 公表番号	特表2012-512104 (P2012-512104A)		The Boeing Company
(43) 公表日	平成24年5月31日 (2012.5.31)		アメリカ合衆国、60606-1596
(86) 国際出願番号	PCT/US2008/087260		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	W02010/071643	(74) 代理人	100109726
(87) 国際公開日	平成22年6月24日 (2010.6.24)		弁理士 園田 吉隆
審査請求日	平成23年11月28日 (2011.11.28)	(74) 代理人	100101199
前置審査			弁理士 小林 義教
		(72) 発明者	シュペーア, トーマス, イー.
			アメリカ合衆国, ワシントン 98198, デモイン, サウス 214番 ストリート 426

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料補給ブームに掛かる力の自動的軽減

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

燃料補給ブーム(316)に掛かる力(333)を管理する方法であって、
燃料補給ブーム(316)に関連する力センサ(326)から力情報(626)を受け取るステップ(800)、

燃料補給ブーム(316)に掛かる力(333)から力測定の任意の数の誤差を除いた力を特定することにより、フィルタ済み力情報(634)を生成するステップ(802)、及び

燃料補給ブーム(316)のフィルタ済み力情報(634)を、燃料補給ブーム(316)が位置する航空機(100)の動圧(638)の平方根で除算して得られた値を使用して、力に基づくコマンド(640)を生成するステップ(804)であって、力に基づくコマンド(640)は、燃料補給ブームの運動を制御するように利用可能であり、それにより力情報によって表される力を軽減するステップと、を含む方法。

【請求項2】

力に基づくコマンド(640)をオペレータコマンド(642)と組み合わせることにより、燃料補給ブーム(316)を制御するアクチュエータシステム(323)に対するコマンド(646)を形成するステップ(920)を更に含み、アクチュエータシステム(323)が力生成システム(341)を制御する、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

10

20

力測定の任意の数の誤差が、雑音、センサ許容誤差、及びセンサ偏り誤差のうちの少なくとも一つである、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記特定するステップ (8 0 2) が、
力測定の任意の数の誤差と関連する力情報 (6 2 6) を制限することにより、低域フィルタを通過した力情報 (7 4 2) を形成するステップ (9 0 8)、及び
平滑化された力情報 (7 3 8) から低域フィルタを通過した力情報 (7 4 2) を減算することにより、フィルタ済み力情報 (6 3 4) を形成するステップ (9 0 9)
を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記制限するステップ (9 0 8) が、
力情報 (6 2 6) から雑音を除去することにより、平滑化された力情報 (7 3 8) を生成するステップ (9 0 4)、
平滑化された力情報 (7 3 8) の一部をセンサ許容誤差の範囲内に制限することにより、センサ許容差に制限された力情報 (7 4 0) を形成するステップ (9 0 6)、及び
センサ許容差に制限された力情報 (7 4 0) の一部をセンサ偏り誤差の範囲内に制限することにより、低域フィルタを通過した力情報 (7 4 2) を形成するステップ (9 0 8)
を含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

フィルタ済み力情報 (6 3 4) が、レシーバー航空機 (3 0 3) と接触しない飛行の間に燃料補給ブーム (3 1 6) に掛かる力 (3 3 3) に関するものである、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

燃料補給ブーム (3 1 6) に関連する力センサ (3 2 6) から力情報 (6 2 6) を受け取り (8 0 0)、燃料補給ブーム (3 1 6) に掛かる力 (3 3 3) から力測定の任意の数の誤差を除いた力を特定することにより、フィルタ済み力情報 (6 3 4) を生成し (8 0 2)、且つ燃料補給ブーム (3 1 6) のフィルタ済み力情報 (6 3 4) を、燃料補給ブーム (3 1 6) が位置する航空機 (1 0 0) の動圧 (6 3 8) の平方根で除算して得られた値を使用して、力に基づくコマンド (6 4 0) を生成する (8 0 4) 制御プロセス (3 3 9) であって、力に基づくコマンド (6 4 0) は、燃料補給ブームの運動を制御するように利用可能であり、それにより力情報によって表される力を軽減する、制御プロセス (3 3 9)、並びに

格納している制御プロセス (3 3 9) を実行するコンピュータ (3 3 8) を備える装置。

【請求項 8】

力情報 (6 2 6) を生成する、燃料補給ブーム (3 1 6) に関連するセンサシステム (3 0 6) を更に備え、

センサシステム (3 0 6) が力センサ (3 2 6) とストレインスリーブ (3 2 1) とを含み、該力センサ (3 2 6) が該ストレインスリーブ (3 2 1) 上に配置される、請求項 7 に記載の装置。

【請求項 9】

アクチュエータシステム (3 2 3) を更に備えており、制御プロセス (3 3 9) が、更に、力に基づくコマンド (6 4 0) をオペレータコマンド (6 4 2) と組み合わせることにより、燃料補給ブーム (3 1 6) を制御するアクチュエータシステム (3 2 3) に対するコマンド (6 4 6) を形成し (9 2 0)、アクチュエータシステム (3 2 3) が力生成システム (3 4 1) を制御する、請求項 7 に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

本発明は、概して航空機に関し、具体的には航空機の燃料補給に関する。更に具体的には、本発明は、燃料補給ブームを制御するための方法、装置、及びコンピュータで使用可能なプログラムコードに関する。

【背景技術】

【0002】

空中燃料補給は、一つの航空機から別の航空機へと燃料を移す方法である。燃料の移送元の航空機をタンカーと呼び、燃料を受け取る他方の航空機をレシーバーと呼ぶ。この種のプロセスは様々な種類の航空機に適用可能であり、そのような航空機には、限定しないが、例えば固定翼航空機及び/又はヘリコプターが含まれる。

【0003】

燃料補給に共通の方式には、ブーム及びレセプタクルシステムを伴うものがある。ブームにより、固定チューブ及びテレスコープ式チューブをタンカー航空機に搭載することができる。これらのチューブは、燃料補給ブーム又はテレスコープ式燃料補給ブームとも呼ばれる。燃料補給ブームは、タンカー航空機の後部に取り付けられて、タンカーに対するx軸及びy軸に沿った動きを可能にする柔軟な燃料補給ブームとなることができる。オペレータは、レシーバー航空機に燃料を移すために、レシーバー航空機上のレセプタクルに挿入するように燃料補給ブームを延長及び/又は配置することができる。

【0004】

更に、燃料補給ブームのオペレータは、燃料補給ブームのピッチ及びヨーを制御するために、燃料補給ブームのラダベーターを制御することができる。燃料補給ブームが柔軟性を有することで、燃料補給ブームのオペレータが操縦桿を操作して燃料補給ブームを動作させる場合に燃料補給ブームの位置決め新たな課題が生じうる。燃料補給ブームはピッチ及びヨー旋回を使用する場合があるので、ラダベーターが「V」字形状にあるとき、ラダベーターが一斉に又は一緒に動く可能性がある。

【0005】

燃料補給ブームとレシーバー航空機のレセプタクルとが物理的に接触することにより、燃料補給ブームとレセプタクルとの間の力が増大しうる。このような力は、レシーバー航空機が横方向及び/又は垂直方向に動いており、且つ/又は燃料補給ブームの操縦面が適切にトリムされていないことにより、燃料補給ブームがレセプタクルと直接一直線上に並ばないことに起因している。燃料補給ブームとレシーバーとの接触により生成される負荷は、燃料補給ブームが命令された位置に移動することを妨げうる。このような負荷により、ブームが屈曲し、不安定となる場合がある。更に、このような負荷は、燃料補給ブームの破損又は切断を引き起こす可能性がある。燃料補給ブームを動かすことによりこのような負荷を軽減すると、燃料ブームがレシーバーと共に動くことが許容され、レシーバーの運動の自由度が増大しうる。

【0006】

既存の解決法は、自動負荷軽減システム(A L A S)を使用して燃料補給ブームを動かすことにより負荷を軽減する。負荷を軽減することに加えて、自動負荷軽減システムは、燃料補給ブームが自由飛行状態とレシーバーと接触している状態との間で突然遷移することに対処可能である。現在の解決策は、燃料補給ブームが自由飛行にある状態とレシーバーと連結している状態とをそれぞれ別の動作モードとして使用することにより、このような遷移に対処する。このようなモードは、オペレータが手動で起動することができる。

【0007】

このような別個のモードは、自動負荷軽減システムが誤った時間に誤ったモードに陥る可能性を招く。更に、このようなモードの手動による起動は、燃料の転送に掛かる時間を引き延ばし、またレセプタクルの外側領域へのレシーバー航空機の不慮の衝突に繋がらう。誤った時間に誤ったモードで動作する自動負荷軽減システムは、燃料補給ブームの不安定化を招きうる。

【0008】

加えて、現在の解決法では、自動負荷軽減システムと、燃料補給ブームのオペレータと

10

20

30

40

50

が、同時に燃料補給ブームを制御することができない。つまり、オペレータが燃料補給ブームを制御できない期間が生じることがある。これは、自動負荷軽減システムの動作の精度が低下している場合に問題を呈しうる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

したがって、上述の問題の一又は複数、並びにその他起こりうる問題を克服できる方法、装置、及びコンピュータプログラムコードを提供することが望まれている。

【課題を解決するための手段】

【0010】

有利な一実施形態では、燃料補給ブームに掛かる力を管理する方法が提示される。燃料補給ブームに関連する力センサから力情報が受け取られる。燃料補給ブームに掛かる任意の数の空力荷重以外に燃料補給ブームに掛かる力が特定されて、フィルタ済み力情報が形成される。燃料補給ブームのフィルタ済み力情報を使用して、力に基づくコマンドが生成される。

【0011】

別の有利な実施形態による装置は、制御プロセスと、制御プロセスを格納するコンピュータとを含む。制御プロセスは、燃料補給ブームに関連する力センサから力情報を受け取ることができる。制御プロセスは、燃料補給ブームに掛かる力から、力測定の任意の数の誤差を除いた力を特定することにより、フィルタ済み力情報を形成することができる。制御プロセスは、燃料補給ブームのフィルタ済み力情報を使用して、力に基づくコマンドを生成することができる。コンピュータは、この制御プロセスを実行することができる。

【0012】

本発明の特徴、機能、及び利点は、種々の実施形態において単独で達成することができるか、又はまた別の実施形態において組み合わせることができる。これら実施形態の更なる詳細について、後述の説明及び添付図面を参照することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

有利な実施形態の新規の特長と考えられる特徴は、特許請求の範囲に規定される。しかしながら、有利な実施形態、並びに好ましい使用モード、更なる目的、及びその利点は、本発明の有利な一実施形態に関する後述の詳細な説明を、添付図面と併せて参照することにより最もよく理解されるであろう。

【0014】

【図1】図1は、有利な一実施形態を実施できる航空機の線図である。

【図2】図2は、例示的な一実施例によるデータ処理システムの線図である。

【図3】図3は、有利な一実施形態による燃料補給環境の線図である。

【図4】図4は、有利な一実施形態による燃料補給環境の一実装形態の線図である。

【図5】図5は、有利な一実施形態による燃料補給ブームの更に詳細な図である。

【図6】図6は、有利な一実施形態による燃料補給ブームの制御環境の制御データのフロー図である。

【図7】図7は、有利な一実施形態による、燃料補給ブームに掛かる力を軽減するコマンドを生成するための制御則の線図である。

【図8】図8は、有利な一実施形態による、燃料補給ブームに掛かる力を管理するプロセスのフロー図である。

【図9】図9は、有利な一実施形態による、燃料補給ブームに掛かる力を軽減するプロセスのフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

更に詳細に図面を参照し、本発明の実施形態について、例えば図1に示す航空機100のような航空機の観点から説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 6 】

図 1 は、有利な一実施形態を実施することができる航空機の線図である。この実施例では、図 1 の航空機 1 0 0 は、複数のシステム 1 0 4 及び内装 1 0 6 と共に機体 1 0 2 を含むことができる。システム 1 0 4 の実施例は、推進システム 1 0 8、電気システム 1 1 0、油圧システム 1 1 2、環境システム 1 1 4、及び燃料補給システム 1 1 6 のうちの一又は複数を含む。任意の数の他のシステムが含まれてもよい。図示の実施例における燃料補給システム 1 1 6 の範囲内で、他の有利な実施形態が実施可能である。航空宇宙産業における実施例を示したが、他の有利な実施形態は、自動車産業といった他の産業に適用することができる。

【 0 0 1 7 】

図 2 は、例示的な一実施形態によるデータ処理システムの線図である。データ処理システム 2 0 0 は、航空機 1 0 0 内に配置できるデータ処理システムの一実施例である。例えば、データ処理システム 2 0 0 は、電気システム 1 1 0、及び/又は燃料補給システム 1 1 6 の一部とすることができる。データ処理システム 2 0 0 は、燃料補給ブームの動きを管理するための他のプロセスを実施してもよい。この実施例では、データ処理システム 2 0 0 は通信ファブリック 2 0 2 を含み、通信ファブリック 2 0 2 は、プロセッサユニット 2 0 4、メモリ 2 0 6、固定記憶領域 2 0 8、通信ユニット 2 1 0、入力/出力 (I/O) ユニット 2 1 2、及びディスプレイ 2 1 4 の間に通信を提供する。

【 0 0 1 8 】

プロセッサユニット 2 0 4 は、メモリ 2 0 6 にロードすることが可能なソフトウェアに対する指令を実行する機能を有する。プロセッサユニット 2 0 4 は、特定の実装形態に応じて、一又は複数のプロセッサからなる組とすることができるか、又はマルチプロセッサコアとすることができる。更に、プロセッサユニット 2 0 4 は、一又は複数のヘテロジニアスプロセッサシステムを使用して実施することができる。ヘテロジニアスプロセッサシステムでは、単一のチップ上にメインプロセッサと二次プロセッサが存在する。別の実施例では、プロセッサユニット 2 0 4 は、同種の複数のプロセッサを含む対称マルチプロセッサシステムとすることができる。

【 0 0 1 9 】

メモリ 2 0 6 及び固定記憶領域 2 0 8 は、記憶デバイスの例である。記憶デバイスは、一時的に、及び/又は恒久的に情報を記憶することができる。このような実施例では、メモリ 2 0 6 は、例えば、ランダムアクセスメモリ、或いは、その他適切なあらゆる揮発性又は非揮発性記憶デバイスとすることができる。

【 0 0 2 0 】

固定記憶領域 2 0 8 は、特定の实装形態に応じて様々な形態をとることができる。例えば、固定記憶領域 2 0 8 は、一又は複数の構成部品又はデバイスを含むことができる。例えば、固定記憶領域 2 0 8 は、ハードドライブ、フラッシュメモリ、再書き込み可能な光ディスク、再書き込み可能な磁気テープ、或いはそれらの何らかの組み合わせとすることができる。固定記憶領域 2 0 8 によって使用される媒体は取り外し可能でもよい。例えば、取り外し可能なハードドライブを固定記憶領域 2 0 8 に使用することができる。

【 0 0 2 1 】

このような実施例の通信ユニット 2 1 0 は、他のデータ処理システム又はデバイスとの通信を提供する。このような実施例では、通信ユニット 2 1 0 はネットワークインターフェースカードである。通信ユニット 2 1 0 は、有線及び無線通信リンクの一方又は両方を使用して通信を提供することができる。

【 0 0 2 2 】

入力/出力ユニット 2 1 2 は、データ処理システム 2 0 0 に接続できる他のデバイスとのデータの入出力を可能にする。例えば、入力/出力ユニット 2 1 2 は、キーボード及びマウスによるユーザ入力のための接続を提供することができる。更に、入力/出力ユニット 2 1 2 は、出力をプリンタに送信することができる。ディスプレイ 2 1 4 は、ユーザに対して情報を表示する機構となる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 3 】

オペレーティングシステム及びアプリケーション、又はプログラムに対する指令は、固定記憶領域 2 0 8 に位置している。このような指令は、メモリ 2 0 6 にロードして、プロセッサユニット 2 0 4 により実行することができる。異なる実施形態のプロセスは、コンピュータで実施される指令を使用してプロセッサユニット 2 0 4 によって実行される。そのような指令は、メモリ 2 0 6 のようなメモリに位置させることができる。これらの指令は、プログラムコード、コンピュータで使用可能なプログラムコード、又はコンピュータで読み取り可能なプログラムコードと呼ばれ、プロセッサユニット 2 0 4 内のプロセッサによって読み取られ、実行される。異なる実施形態のプログラムコードは、種々の物理的な又は有形のコンピュータで読み取り可能な媒体、例えばメモリ 2 0 6 又は固定記憶領域 2 0 8 上で具現化することができる。

10

【 0 0 2 4 】

プログラムコード 2 1 6 は、選択的取り外しが可能なコンピュータで読み取り可能な媒体 2 1 8 上に関数形式で位置させ、データ処理システム 2 0 0 にロード又は転送してプロセッサユニット 2 0 4 により実行することができる。プログラムコード 2 1 6 及びコンピュータで読み取り可能な媒体 2 1 8 は、このような実施例では、コンピュータプログラム製品 2 2 0 を形成する。一実施例では、コンピュータで読み取り可能な媒体 2 1 8 は、例えば、光ディスク又は磁気ディスクといった有形形態をとることができ、このような形態の媒体は、固定記憶領域 2 0 8 の一部であるドライブ又は他のデバイスに挿入又は配置されて、固定記憶領域 2 0 8 の一部であるハードディスクのような、記憶デバイス上に転送される。

20

【 0 0 2 5 】

有形の形態では、コンピュータで読み取り可能な媒体 2 1 8 は、データ処理システム 2 0 0 に接続されたハードドライブ、サムドライブ、又はフラッシュメモリといった固定記憶領域の形態をとることもできる。コンピュータで読み取り可能な媒体 2 1 8 の有形形態は、コンピュータで記録可能な記憶媒体 2 1 9 でもよい。場合によっては、コンピュータで読み取り可能な媒体 2 1 8 は取り外し不能である。

【 0 0 2 6 】

別の構成では、プログラムコード 2 1 6 は、コンピュータで読み取り可能な媒体 2 1 8 から、通信ユニット 2 1 0 への通信リンク 2 2 2 を介してデータ処理システム 2 0 0 へ、及び / 又は接続部 2 2 4 を介して入力 / 出力ユニット 2 1 2 へ、転送することができる。この実施例の通信リンク 2 2 2 及び接続部 2 2 4 は、有線でも無線でもよい。コンピュータで読み取り可能な媒体 2 1 8 は、非有形媒体の形態をとることもでき、例えば、プログラムコード 2 1 6 を含む無線伝送又は通信リンクとすることができる。

30

【 0 0 2 7 】

幾つかの例示的な実施形態では、プログラムコード 2 1 6 は、ネットワークを介して、データ処理システム 2 0 0 内で使用されるデータ処理システム、又は別のデバイスから、固定記憶領域 2 0 8 へとダウンロードすることができる。例えば、サーバデータ処理システム内のコンピュータで読み取り可能な記憶媒体に格納されたプログラムコードは、ネットワークを介して、サーバからデータ処理システム 2 0 0 へダウンロードすることができる。プログラムコード 2 1 6 を供給するデータ処理システムは、サーバコンピュータ、クライアントコンピュータ、又はプログラムコード 2 1 6 の格納及び伝送を行うことができるその他何らかのデバイスとすることができる。

40

【 0 0 2 8 】

データ処理システム 2 0 0 に示される種々の構成部品は、アーキテクチャを限定するものではなく、他の実施形態が実施可能である。他の例示的な実施形態は、データ処理システム 2 0 0 について示されたものに加えた構成部品又はそれらの代わりに構成部品を含むデータ処理システムにおいて実施可能である。

【 0 0 2 9 】

図 2 に示される他の構成部品に関しては、図示された実施例に変更を加えることができ

50

る。プログラムコードを実行することができる任意のハードウェアデバイス又はシステムを使用して、他の実施形態が実施可能である。一実施例として、データ処理システムは、無機構成部品と統合された有機構成部品を含むことができ、及び/又は人を除く有機構成部品から全体を構成することができる。例えば、記憶デバイスは、有機半導体から構成することができる。

【0030】

別の実施例として、データ処理システム200の記憶デバイスは、データを格納できる任意のハードウェア装置とすることができる。メモリ206、固定記憶領域208、及びコンピュータで読み取り可能な媒体218は、有形の記憶デバイスの例である。

【0031】

別の実施例では、バスシステムは、通信ファブリック202を実施するために使用することができる、システムバス又は入力/出力バスといった一又は複数のバスから構成することができる。言うまでもなく、バスシステムは、バスシステムに取り付けられる種々の構成部品又はデバイス間でデータ伝送を可能にする任意の適切な種類のアーキテクチャを使用して実施することができる。加えて、通信ユニットは、モデム、又はネットワークアダプタといったデータ伝送及びデータ受信に使用される一又は複数のデバイスを含むことができる。更に、メモリは、例えば、通信ファブリック202内に存在しうるメモリコントローラハブ及びインターフェースに見られるようなキャッシュ又はメモリ206とすることができる。

【0032】

種々の有利な実施形態は、レシーバー航空機の運動、燃料補給ブームと、接触する燃料補給ブームのレセプタクルとの不整列、及び/又は燃料補給ブームの制御面の不十分なトリミングにより、燃料補給ブームに掛かる力が増大しうることを認識している。このような力により、燃料補給ブームが、望ましくない位置及び/又は燃料補給ブームのオペレータが命令していない位置に動く可能性がある。種々の有利な実施形態は、燃料補給ブームに掛かるこのような力により、ブームが屈曲及び不安定化しうることも認識している。

【0033】

このような力を軽減するための負荷軽減システムに現在利用可能な解決法では、オペレータは、常に燃料補給を完全に制御することができない。更に、現在利用可能な負荷軽減システムは、これらの負荷軽減システムが誤った時に誤ったモードで動作することがありうる別個の手動モードで動作する場合がある。これは、システムの故障又はヒューマンエラーに起因しうる。加えて、これらのモードの手動での起動は、燃料補給ブームとレシーバー航空機との不慮の衝突を招く可能性があり、これにより燃料補給ブーム及び/又はレシーバー航空機が損傷する可能性がある。

【0034】

図3は、有利な一実施形態による燃料補給環境の線図である。この実施例では、タンカー航空機301について燃料補給環境300が実施可能である。タンカー航空機301は、図1の航空機100の一実施例である。燃料補給環境300は、レシーバー航空機303も含むことができる。

【0035】

タンカー航空機301は、オペレータ燃料補給ステーション302、燃料補給ブームユニット304、燃料補給制御システム308、及び/又はその他の適切な構成部品を含むことができる。このような実施例では、オペレータ燃料補給ステーション302、燃料補給ブームユニット304、及び燃料補給制御システム308は、図1の燃料補給システム116の一部でありうる。例えば、図2のデータ処理システム200といった一又は複数のデータ処理システムを使用して、種々の構成部品を実装することができる。

【0036】

オペレータ燃料補給ステーション302は、オペレータ312が燃料補給ブームユニット304を制御する場所となる。オペレータ燃料補給ステーション302は、燃料補給制御システム308にオペレータ入力347を送信することができる。すると、燃料補給制

10

20

30

40

50

御システム 308 は、燃料補給ブーム 316 を制御するために燃料補給ブームユニット 304 に送られるコマンド 314 を生成することができる。例えば、コマンド 314 に含まれるコマンド 315 は、燃料補給ブーム 316 を動かすことができる。

【0037】

燃料補給ブームユニット 304 は、燃料補給ブーム 316、センサシステム 306、ケーブルシステム 327、及びアクチュエータシステム 323 を含むことができる。燃料補給ブーム 316 は、固定チューブ 317、テレスコープ式チューブ 318、ノズル 320、ストレインスリーブ 321、及び位置決めシステム 322 を有することができる。ストレインスリーブ 321 は、ノズル 320 に取り付けることができる。この実施例では、位置決めシステム 322 は任意の数の力生成器とすることができる。本明細書において使用される場合、アイテムの任意の数とは、一又は複数のアイテムを意味する。例えば、任意の数の力生成器は、一又は複数の力生成器である。

10

【0038】

この特定の実施例では、位置決めシステム 322 は、力生成システム 341 の形態をとることができる。このような実施例では、力生成システム 341 は、ラダベーター 329 の形態をとることができる。言うまでもなく、他の有利な実施形態では、力生成システム 341 は、限定しないが、例えば操縦面、その他の空力学的力生成器、及び/又は他の何らかの適切な力生成器といった他の生成器の形態をとることができる。このような実施例では、ラダベーター 329 は、固定チューブ 317 上に「V字」型に配置することができる。

20

【0039】

アクチュエータシステム 323 は、燃料補給ブームユニット 304 が取り付けられたタンカー航空機 301 に対して燃料補給ブーム 316 を動かすことができる。このような実施例では、アクチュエータシステム 323 は、アクチュエータ 325 を含むことができる。燃料補給ブーム 316 を動かすことにより、アクチュエータシステム 323 の制御下において、ブームの角度 343 及びブームの長さ 330 を変更することができる。

【0040】

アクチュエータ 325 は、位置決めシステム 322 内のラダベーター 329 を制御して、燃料補給ブーム 316 のブームの角度 343 を変更することができる。更に、燃料補給ブーム 316 のブームの角度 343 を変更するために、ケーブルシステム 327 を起動することができる。

30

【0041】

このような実施例では、ブームの長さ 330 は、固定チューブ 317 の長さ、と、テレスコープ式チューブ 318、ノズル 320、及びストレインスリーブ 321 の長さとの和とすることができる。

【0042】

テレスコープ式チューブ 318 は、固定チューブ 317 に対して移動することにより、燃料補給ブーム 316 内のテレスコープ式チューブ 318 の延長部 332 を提供することができる。このような実施例では、テレスコープ式チューブ 318 の延長部 332 は、アクチュエータシステム 323 内部のアクチュエータ 325 により制御される。テレスコープ式チューブ 318 の延長部 332 は変化させることができる。延長部 332 が変化すると、燃料補給ブーム 316 の長さ 330 が変化しうる。ブームの長さ 330 は、ブームの長さ 330 を短縮するか又は延長するように延長部を変化させることにより、変化させることができる。ブームの長さ 330 は、センサシステム 306 を使用して特定することができる。

40

【0043】

センサシステム 306 は、限定しないが、例えば、慣性測定ユニット 335、位置センサ 337、力センサ 326、大気データシステム 328、及びその他適切なセンサを含むことができる。慣性測定ユニット 335 は、燃料補給ブーム 316 の三つの軸の加速度及び速度を特定することができる。位置センサ 337 は、ブームの角度 343 を特定するた

50

めに使用することができる。更に、位置センサ 337 は、燃料補給ブーム 316 の延長部 332 の長さを特定するために使用することができる。位置センサ 337 は、限定しないが、例えばポテンシオメータ又はその他何らかの適切な位置センサの形態の位置センサを使用して実装することができる。位置センサ 337 は、一又は複数の位置センサとすることができる。

【0044】

力センサ 326 は、レシーバー航空機 303 との接触に起因して燃料補給ブーム 316 に掛かる力 333 を特定するために使用することができる。力センサ 326 は、燃料補給ブーム 316 のノズル 320 に取り付けられたストレインスリーブ 321 上に配置することができる。センサシステム 306 は大気データシステム 328 を含むことができ、大気データシステム 328 は、タンカー航空機 301 の動圧 336 を測定するために使用することができる。

10

【0045】

このような実施例では、燃料補給制御システム 308 は制御コンピュータ 338 を有することができる。制御コンピュータ 338 は、制御コンピュータ 338 上で実行されるプロセスを有することができる。制御プロセス 339 は制御則を有することができる。この制御則は、燃料補給ブームユニット 304 を制御するために燃料補給制御システム 308 内の制御コンピュータ 338 上で実行されるプロセスの実施例である。燃料補給制御システム 308 は、オペレータ燃料補給ステーション 302 内のディスプレイ 340 上に表示させるために、オペレータ燃料補給ステーション 302 に情報を送り返すことができる。オペレータ燃料補給ステーション 302 は、オペレータコマンド 344 を生成するための操縦桿 342 を含むこともでき、オペレータコマンド 344 は燃料補給制御システム 308 に送られて処理される。オペレータコマンド 344 は、燃料補給ブーム 316 を所望の位置へ動かすコマンドを含むことができる。

20

【0046】

燃料補給制御システム 308 は、コマンド 314 を生成する制御プロセッサ 339 を使用してオペレータコマンド 344 を処理することができる。コマンド 314 は、オペレータ燃料補給ステーション 302 において生成されるオペレータコマンド 344 の修正及び/又は制限の結果でありうる。

【0047】

制御プロセス 339 は、燃料補給ブームユニット 304 を制御して、燃料補給ブーム 316 に掛かる力 333 を軽減するプロセッサを含むことができる。このようなプロセッサは、例えば、力軽減システム 345 及びコマンド合算プロセス 346 を含むことができる。力軽減システム 345 は、例えば、カフィルタリングプロセス 349 及び力に基づくコマンド生成プロセス 350 といったプロセスを含むことができる。力軽減システム 345 及びコマンド合算プロセス 346 を使用して、例えば、ブームの屈曲を低減し、且つブームの破損及び/又は切断を防ぐために力 333 を軽減するコマンド 315 のようなコマンドを生成することができる。コマンド 315 は、燃料補給ブーム 316 を、レシーバー航空機 303 のレセプタクル 351 と更に直接的に一線上に並ぶ位置へと動かすことができる。このような実施例では、レセプタクル 351 は、燃料補給ブーム 316 のノズル 320 のレセプタクルとすることができる。レセプタクル 351 は、燃料 320 により燃料を受け取ることができる。

30

40

【0048】

燃料補給環境 300 を示すこの図は、物理的又はアーキテクチャ的限定を意図しているものではなく、異なる燃料供給環境が実施可能である。例えば、図示の構成部品に加えた又は替えた他の構成部品を使用することができる。また、幾つかの有利な実施形態では、燃料補給環境 300 に使用される構成部品の数は、図示されたものより少なくともよい。

【0049】

一実施例として、幾つかの有利な実施形態では、オペレータ燃料補給ステーション 30

50

2及び燃料補給制御システム308は、単一の構成部品又はシステムに統合することができる。また別の有利な実施形態では、燃料補給ブームユニット304に加えて、複数の追加の燃料補給ブームユニットを使用することができる。

【0050】

図4は、有利な一実施形態による燃料補給環境の一実装形態の図である。この実施例では、燃料補給環境400は、図3の燃料補給環境300の実装形態の一例である。

【0051】

この実施例では、航空機402の切開図が示されている。航空機402は、胴体404、翼406及び408、尾翼410、並びにエンジン412及び414を有することができる。この実施例では、航空機402は、オペレータ燃料補給ステーション416、補助燃料タンク418及び420、並びに燃料補給ブーム422を含むことができる。異なる有利な実施形態では、オペレータ燃料補給ステーション416のオペレータは、燃料補給ブーム422を制御して、燃料補給動作を実行することができる。

10

【0052】

燃料補給制御システム424は、オペレータ燃料補給ステーション416のオペレータが生成するオペレータコマンドにตอบสนองして、燃料補給ブーム422に対して適切なコマンドを生成することができる。燃料補給制御システム424が命令できる様々な作業には、限定しないが、例えば、燃料補給ブーム422の運動が含まれる。

【0053】

図5は、有利な一実施形態による燃料補給ブームを更に詳しく示している。この実施例では、燃料補給ブーム422の拡大図が示されている。

20

【0054】

燃料補給ブーム422は、固定チューブ500、テレスコープ式チューブ502、ノズル504、ラダベーター506及び508、並びにストレインスリーブ510を含むことができる。テレスコープ式チューブ502は、矢印514の方向に沿って伸縮自在である。燃料補給ブーム422は、矢印516が示すアジマス方向にも動くことができる。燃料補給ブーム422の、矢印514の方向に沿った縦方向の運動と、矢印516が示すアジマス方向に沿った運動は、ラダベーター506及び508を使用して制御することができる。このような実施例では、ラダベーター506及び508は、図3の位置決めシステム322に含まれるラダベーター329の実施例である。図示のこのような実施例では、ラダベーター506及び508は「V字」形状に構成することができる。ノズル504上のストレインスリーブ510は、ストレインスリーブ321の一実施例であり、例えば、図3の力センサ326のような、燃料補給ブーム422上にかかる力を測定するためのセンサを有することができる。

30

【0055】

図6は、有利な一実施形態による、燃料補給ブーム制御環境の制御データのフロー図です。燃料補給ブーム制御環境600は、操縦桿602、制御コンピュータ604、アクチュエータシステム606、及び燃料補給ブームユニット608を含むことができる。

【0056】

このような実施例では、燃料補給ブーム制御環境600は、図3の燃料補給環境300の実装形態の一例を表わしている。操縦桿602は、図3のオペレータ燃料補給ステーション302内の操縦桿342の一実施例でありうる。制御コンピュータ604は、制御コンピュータ338の実装形態の一例でありうる。制御コンピュータ604は、例えば制御則605のようなプロセスを実行するために使用することができる。制御則605は、例えばプロセス339に含まれるプロセスの例でありうる。アクチュエータシステム606は、アクチュエータシステム323の実装形態の一例でありうる。燃料補給ブームユニット608は、燃料補給ブームユニット304の実装形態の一例でありうる。

40

【0057】

このような実施例では、燃料補給ブームユニット608は燃料補給ブーム610を含むことができ、燃料補給ブーム610は力生成システム611を有することができる。力生

50

成システム 6 1 1 は操縦面 6 1 2 を含むことができる。操縦面 6 1 2 はラダベーター 6 1 4 の形態をとることができ、ラダベーター 6 1 4 はアクチュエータシステム 6 0 6 によって制御することができる。更に、燃料補給ブーム 6 1 0 は、ノズル 6 1 3 と、ノズル 6 1 3 上に位置するストレインスリーブ 6 1 5 とを含むことができる。

【 0 0 5 8 】

燃料補給ブームユニット 6 0 8 は、燃料補給ブーム 6 1 0 上に取り付けられた及び／又は搭載されたセンサ 6 1 6 も含むことができる。センサ 6 1 6 は、空力データシステム 6 1 7、位置センサ 6 1 8、慣性測定ユニット (I M U) 6 2 0、及び力センサ 6 2 1 を含むことができる。

【 0 0 5 9 】

センサ 6 1 6 は、加速度、速度、及び位置情報を制御コンピュータ 6 0 4 に送ることができる。具体的には、この実施例では、位置センサ 6 1 8 は、制御コンピュータ 6 0 4 に位置情報 6 2 2 を送ることができ、慣性測定装置 6 2 0 は加速度情報 6 2 4 及び角速度情報 6 2 5 を制御コンピュータ 6 0 4 に送ることができる。位置情報 6 2 2 及び加速度情報 6 2 4 は制御コンピュータ 6 0 4 に送られて、制御コンピュータ 6 0 4 内部のプロセスにより使用される。

【 0 0 6 0 】

力センサ 6 2 1 は、力フィルタリングプロセス 6 3 2 で使用するために、例えば力情報 6 2 6 のような力情報を制御コンピュータ 6 0 4 に送ることができる。力情報 6 2 6 は、燃料補給ブーム 6 1 0 に掛かる力に関する情報とすることができる。力情報 6 2 6 は、垂直方向の力 6 2 8 と、水平方向の力 6 3 0 とに関する情報を含むことができる。垂直な力 6 2 8 は、縦方向に、又は航空機の面に対する垂直軸に沿って、燃料補給ブーム 6 1 0 に掛かる力とすることができる。水平方向の力 6 3 0 は、アジマス方向に、又は航空機の面に対する水平軸に沿って、燃料補給ブーム 6 1 0 に掛かる力とすることができる。

【 0 0 6 1 】

力フィルタリングプロセス 6 3 2 で力情報 6 2 6 を使用することにより、フィルタ済み力情報 6 3 4 を生成することができる。力フィルタリングプロセス 6 3 2 は、外乱及び／又は雑音を力情報 6 2 6 から取り除くことができ、力情報 6 2 6 を平滑化してフィルタ済み力情報 6 3 4 を生成することができる。フィルタ済み力情報 6 3 4 は、次いで力に基づくコマンド生成プロセス 6 3 6 に送られる。更に、空力データシステム 6 1 7 は、動圧 6 3 8 の形態の動圧情報を、力に基づくコマンド生成プロセス 6 3 6 で使用するために制御コンピュータ 6 0 4 に送信することができる。力に基づくコマンド生成プロセス 6 3 6 は、動圧 6 3 8 を使用してフィルタ済み力情報 6 3 4 を修正することにより、力に基づくコマンド 6 4 0 を生成することができる。力に基づくコマンド 6 4 0 は、コマンド合算プロセス 6 4 4 に送られる。

【 0 0 6 2 】

このような実施例では、操縦桿 6 0 2 は、燃料補給オペレータが例えばオペレータコマンド 6 4 2 のようなオペレータコマンドを生成するために使用できる飛行操縦桿とすることができる。オペレータコマンド 6 4 2 は、制御コンピュータ 6 0 4 に送られて、コマンド合算プロセス 6 4 4 によって使用される。コマンド合算プロセス 6 4 4 は、オペレータコマンド 6 4 2 と力に基づくコマンド 6 4 0 とを合算することにより、コマンド 6 4 6 を生成することができる。コマンド 6 4 6 は、燃料補給ブーム 6 1 0 の運動を制御するアクチュエータシステム 6 0 6 に送られて、力情報 6 2 6 を減らすことができる。このようにして、力フィルタリングプロセス 6 3 2、力に基づくコマンド生成プロセス 6 3 6、及びコマンド合算プロセス 6 4 4 は、燃料補給ブーム 6 1 0 の力情報 6 2 6 を継続的に減らすために使用することができる。

【 0 0 6 3 】

図 6 の燃料補給ブーム制御環境 6 0 0 の図は、物理的及び／又はアーキテクチャ的制限を意図するものではなく、燃料補給ブームを制御することにより、燃料補給ブームに掛かる力を軽減することができる。例えば、他の有利な実施形態では、力フィルタリングプロ

10

20

30

40

50

セス 632 は、制御コンピュータ 604 内部の一のプロセス又は制御則として、或いは複数のプロセス又は制御側として、実施することができる。他の幾つかの有利な実施形態では、カフィルタリングプロセス 632 及び力に基づくコマンド生成プロセス 636 は、一のプロセスとして実施することができる。また別の有利な実施形態では、力に基づくコマンド生成プロセス 636 及びコマンド合算プロセス 644 は一のプロセスに組み合わせることができる。

【0064】

図 7 は、有利な一実施形態による、燃料補給ブームに掛かる力を軽減するためのコマンドを生成する制御則の線図である。制御則 700 は、例えば図 6 の制御則 605 であり、例えば図 6 の制御コンピュータ 604 のような制御コンピュータにおいて実施することができる。

10

【0065】

制御則 700 は、力軽減システム 701 及びコマンド合算ユニット 706 を含むことができる。力軽減システム 701 は、カフィルタリングユニット 702 及び力に基づくコマンド生成器 704 を含むことができる。カフィルタリングユニット 702 は、カフィルタリングプロセス 632 の一実装形態であり、力に基づくコマンド生成器 704 は、図 6 の力に基づくコマンド生成プロセス 636 の一実装形態である。更に、コマンド合算ユニット 706 は、コマンド合算プロセス 644 の一実装形態である。

【0066】

カフィルタリングユニット 702 は、乗算器 708、二次フィルタ 710、及び非線形フィルタ 712 を含むことができる。非線形フィルタ 712 は、センサ許容差リミッタ 714、低域フィルタ 716、及び減算器 718 を含むことができる。力に基づくコマンド生成器 704 は、動圧リミッタ 720、平方根 722、除算器 724、利得 726、及び力に基づくコマンドリミッタ 728 を含むことができる。コマンド合算ユニット 706 は、加算器 703 を含むことができる。

20

【0067】

この実施例では、力情報 732 とカシステムイネーブル 734 とは、カフィルタリングユニット 702 内の乗算器 708 によって乗算され、使用可能な力情報 736 を生成する。力情報 732 は、例えば図 6 のカセンサ 621 のようなカセンサによって供給される力情報でありうる。力情報 732 は、垂直方向の力 628 及び水平方向の力 630 のうちの一方に関する情報とすることができる。カシステムイネーブル 734 は、カセンサが故障している可能性があるかどうか、及び/又はオペレータが力軽減システム 701 をオン又はオフにしたかどうかを示す値を有する信号とすることができる。カセンサが故障した場合、及び/又は力軽減システム 701 のスイッチが切られた場合、カシステムイネーブル 734 は値「0」をとることができる。それ以外の場合、カシステムイネーブル 734 は値「1」をとることができる。

30

【0068】

このように、使用可能な力情報 736 は、例えば力に基づくコマンド 640 のような力に基づくコマンドを生成する際に使用される力情報 732 の値をとることができるか、又は、ヌル値の、力に基づくコマンドが生成されることを示す値「0」をとることができる。使用可能な力情報 736 は、入力として二次フィルタ 710 に送られて、平滑化された力情報 738 を生成することができる。二次フィルタ 710 は、使用可能な力情報 736 から外乱及び/又は雑音を除去し、使用可能な力情報 736 を平滑化することができる。したがって、平滑化された力情報 738 は、外乱及び/又は雑音を含まない力情報である。平滑化された力情報 738 は、入力として非線形フィルタ 712 内部のセンサ許容差リミッタ 714 へ送られる。

40

【0069】

センサ許容差リミッタ 714 は、センサ許容差リミッタ 714 の値の範囲内の力情報の処理を可能にする。このような実施例では、センサ許容差リミッタ 714 は、カセンサ許容誤差の値の範囲内の力に関する力情報を通させることができる。カセンサ許容誤差は

50

、力センサ 6 2 1 のセンサ許容差とすることができる。例えば、力センサ 6 2 1 は、約 ± 1 0 0 ポンドの力のセンサ許容誤差を有することができる。センサ許容差リミッタ 7 1 4 により、センサ許容差リミッタを通過した力情報 7 4 0 が生成されて、入力として低域フィルタ 7 1 6 に送られる。

【 0 0 7 0 】

低域フィルタ 7 1 6 は、更に、高周波数成分を排除して低周波数成分を通過させることにより、センサ許容差リミッタ通過力情報 7 4 0 をフィルタリングすることができる。このような実施例では、低周波数成分は、センサ偏り誤差の範囲内の力を含みうる。このような実施例では、センサ偏り誤差は、空気、風、及びノ又は自由飛行中の他の何らかの適切な因子に起因する低周波数の力である。

10

【 0 0 7 1 】

例えば、力センサ 6 2 1 は、自由飛行の間に風にあたるノズル 6 1 3 に起因する約 ± 4 0 ポンドの力を測定することができる。この力は、センサ偏り誤差の範囲内の低周波数の力でありうる。このような実施例では、センサ偏り誤差は、閾値、一定の範囲の値、又はその他何らかの適切な値とすることができる。このようにして、低域フィルタ 7 1 6 は、自由飛行の間のセンサ偏り誤差の範囲内の燃料補給ブーム 6 1 0 の力情報を通過させる一方で、レシーバー航空機との接触に起因すると思われる力の力情報を排除することができる。

【 0 0 7 2 】

自由飛行の間のセンサ偏り誤差に起因する力は、低周波数の力でありうる。低域フィルタ 7 1 6 は、低域フィルタを通過した力情報 7 4 2 を生成することができ、次いでこの情報 7 4 2 を、減算器 7 1 8 で平滑化された力情報 7 3 8 から減算することにより、フィルタ済み力情報 7 4 4 が生成される。この実装形態は、センサ許容誤差に起因する力の力情報と、センサ偏り誤差に起因する低周波数の力とを無視することを可能にする。自由飛行の間に測定されうるこのような一定の力及びノ又はセンサ偏り誤差は無視できる。

20

【 0 0 7 3 】

フィルタ済み力情報 7 4 4 は、力情報 7 3 2 の原因がセンサ偏り誤差及びノ又は自由飛行の間の空力荷重のみである場合、ヌル値をとることができる。フィルタ済み力情報 7 4 4 がヌル値であると、ヌルの、力に基づくコマンドが生成される。したがって、この実装形態は、このようにして、力軽減システム 7 0 1 がオンになっていることを、自由飛行の間も含めて常に可能にし、オペレータ入力を必要としない。力軽減システム 7 0 1 は、力情報 7 3 2 の値が、ブームを屈曲させる及びノ又は不安定にするのに十分に大きいとき、力に基づくコマンドを生成することができる。フィルタ済み力情報 7 4 4 は、力に基づくコマンド生成器 7 0 4 のドラバ 7 2 4 に入力として送られる。

30

【 0 0 7 4 】

この実施例では、動圧 7 4 6 は、図 6 の動圧 6 3 8 とすることができる。動圧 7 4 6 は、動圧リミッタ 7 2 0 に送られて、リミッタを通過した動圧 7 4 8 を生成する。動圧リミッタ 7 2 0 は、除算器 7 2 4 において、フィルタ済み力情報 7 4 4 がゼロで除されることを防ぐことができる。このようにして、動圧リミッタ 7 2 0 は、動圧 7 4 6 が、例えば航空機が地上にあって動いていないときなどに、動圧がゼロである場合、ゼロが除算器 7 2 4 の分母とならないことを保証する。

40

【 0 0 7 5 】

リミッタを通過した動圧 7 4 8 は、次いで平方根 7 2 2 に送られて、リミッタ通過動圧の平方根 7 5 0 を生成する。リミッタ通過動圧の平方根 7 5 0 は、動圧 7 4 6 が変動パラメータである場合、力情報 7 3 2 に影響する変動パラメータを考慮するために使用することができる。このようにして、力軽減システム 7 0 1 は、フィルタ済み力情報 7 4 4 の適応制御を使用することにより、飛行条件、特に変動する動圧に対する感受性を許容することができる。動圧 7 4 6 は、飛行中に変動しうる航空機に速度に依存する。

【 0 0 7 6 】

除算器 7 2 4 を用いてフィルタ済み力情報 7 4 4 をリミッタ通過動圧の平方根 7 5 0 で

50

除することにより、動圧を加味した力情報 7 5 2 が生成される。動圧を加味した力情報 7 5 2 には、次いで利得 7 2 6 において K が乗じられる。このような実施例では、K は、力軽減システム 7 0 1 の感受性を調整することにより、力に基づくコマンドの生成の安定性及び性能を向上させるように特定された利得とすることができる。即ち、利得 7 2 6 は、動圧を加味した力情報 7 5 2 に適用されると力軽減システム 7 0 1 の安定性を向上させるように選択された値とすることができる。利得 7 2 6 は、シミュレーション又は飛行試験データに基づくシステム同定を用いて伝達関数を取得することにより選択することができる。次いで、利得 7 2 6 は、力軽減システム 7 0 1 の安定性の維持と最も矛盾のない値に設定される。利得 7 2 6 は、燃料補給ブーム 6 1 0 を制御するためのコマンドでありうる力に基づくコマンド 7 5 4 を、出力として生成することができる。

10

【 0 0 7 7 】

力に基づくコマンド 7 5 4 は、力に基づくコマンドのリミッタ 7 2 8 に送られて、リミッタを通過した力に基づくコマンド 7 5 6 を生成することができる。リミッタを通過した力に基づくコマンド 7 5 6 は、次いで、コマンド合算ユニット 7 0 6 内の加算器 7 3 0 に送られて、オペレータコマンド 7 5 8 と合算される。オペレータコマンド 7 5 8 は、例えばオペレータコマンド 6 4 2 のようなオペレータコマンドとすることができる。リミッタを通過した力に基づくコマンド 7 5 6 と、オペレータコマンド 7 5 8 とを合算することにより、リミッタを通過した力に基づくコマンド 7 5 6 がオペレータコマンド 7 5 8 と合算されて、ブームの屈曲を制御する力情報 7 3 2 を軽減するコマンド 7 6 0 を生成することができる。力に基づくコマンドのリミッタ 7 2 8 により、オペレータは、常に燃料補給ブーム 6 1 0 の完全な制御を維持することができる。オペレータは、力に基づくコマンドのリミッタ 7 2 8 により、リミッタを通過した力に基づくコマンド 7 5 6 をいつでも無効にすることができる。

20

【 0 0 7 8 】

力軽減システム 7 0 1 のこの実装形態により、オペレータは、例えば操縦桿 6 0 2 のような操縦桿を使用してオペレータコマンドを生成し、力軽減システム 7 0 1 と共に作業することにより、力情報 7 3 2 によって表わされる力を軽減することができる。この実装形態により、オペレータは、自身は作業をせずに、力軽減システム 7 0 1 に燃料補給ブーム 6 1 0 を制御させることもできる。

【 0 0 7 9 】

更に、この実装形態は、オペレータが、力軽減システム 7 0 1 のスイッチを切って、操縦桿 6 0 2 を使用して、力情報 7 3 2 によって表わされる力の軽減を完全に制御することを可能にする。この実施例では、オペレータコマンド 7 5 8 及びリミッタを通過した力に基づくコマンド 7 5 6 は、互いに排他的でなくともよい。したがって、力軽減システム 7 0 1 は、このようにして、燃料補給ブーム 6 1 0 の力情報 6 2 6 を使用して燃料補給ブーム 6 1 0 に掛かる力を制御するコマンドを生成することにより、ブームの屈曲及び不安定性を軽減する方法を提供する。このような実施例では、力軽減システム 7 0 1 は、コマンド 7 6 0 を生成するために、垂直方向の力 6 2 8 及び水平方向の力 6 3 0 について同時に実装可能である。

30

【 0 0 8 0 】

図 8 は、有利な一実施形態による、燃料補給ブームに掛かる力を管理するためのプロセスのフロー図である。図 8 のプロセスは、例えば図 6 の燃料補給ブーム制御環境 6 0 0 のような燃料補給ブーム制御環境内において実施することができる。

40

【 0 0 8 1 】

このプロセスは、燃料ブーム 6 1 0 に関連する力センサ 6 2 1 から力情報を受け取ることにより開始される (工程 8 0 0) 。力情報 6 2 6 は、垂直方向の力 6 2 8 及び / 又は水平方向の力 6 3 0 に関する力情報とすることができる。次いで、プロセスは、力測定値に含まれる任意の数の誤差以外に燃料補給ブーム 6 1 0 に掛かる力を特定することにより、フィルタ済み力情報 6 3 4 を形成する (工程 8 0 2) 。このような実施例では、工程 8 0 2 は、力情報 6 2 6 から、雑音、センサ許容誤差、及びセンサ偏り誤差を除去することに

50

より実行することができる。次いで、プロセスは、燃料補給ブーム610のフィルタ済み力情報634を使用して力に基づくコマンド640を生成することができる(工程804)、その後プロセスは終了する。

【0082】

図9は、有利な一実施形態による、燃料補給ブームに掛かる力を軽減するためのプロセスのフロー図である。図9のプロセスは、例えば図7の制御則700のような制御則内で実施可能である。

【0083】

このプロセスは、力センサから力情報を受け取ることにより開始される(工程900)。この力情報は、燃料補給ブームに掛かる力に関する力情報732とすることができる。次いで、プロセスは、力センサが故障しているかどうか、及び/又は力軽減システムのスイッチが切れているかどうかを決定することができる(工程902)。このような実施例では、この力軽減システムは、図7の力軽減システム701とすることができる。センサが故障しておらず、力軽減システム701のスイッチが入っていれば、プロセスは、力情報から外乱及び/又は雑音を取り除いて、平滑化された力情報を生成することができる(工程904)。

【0084】

次いで、平滑化された力情報を、センサ許容誤差の範囲内の力に関する情報だけを含むように制限することにより、センサ許容差に制限された力情報を生成することができる(工程906)。ここでプロセスは、更に、センサ許容差に制限された力情報を、自由飛行の間に発生するセンサ偏り誤差に起因する力に関する情報だけを含むように制限することにより、低域フィルタを通過した力情報を生成することができる(工程908)。工程908は、例えば低域フィルタ716のような低域フィルタを使用して実行することができる。

【0085】

次いでプロセスは、平滑化された情報から低域フィルタを通過した情報を減算することにより、フィルタ済み力情報を生成することができる(工程909)。プロセスは、次いで、力がセンサ許容誤差及び/又は自由飛行の間のセンサ偏り誤差のみに起因するものであるかどうかを決定することができる(工程910)。この決定は、工程909の結果を使用して行うことができる。力がセンサ許容誤差及び/又はセンサ偏り誤差のみに起因するものでない場合、プロセスは、フィルタ済み力情報を生成することができる(工程912)。フィルタ済み力情報は、平滑化情報から低域フィルタを通過した情報を減算した結果とすることができる。次いで、フィルタ済み力情報は、変動する動圧を考慮するために修正される(工程914)。フィルタ済み力情報を更に修正して、力に基づくコマンドが生成される(工程916)。工程916は、例えば利得726のような利得を使用して実行することができる。

【0086】

次いで、プロセスは、必要であれば力に基づくコマンドを無効にする工程を許可するように、力に基づいたコマンドを制限することができる(工程918)。プロセスは、力に基づくコマンドをオペレータコマンドと組み合わせることにより、燃料補給ブームを動かして、力情報により表わされる燃料補給ブームに掛かる力を軽減するコマンドを生成することができる(工程920)。その後プロセスは終了する。

【0087】

工程910に戻る。力がセンサ許容誤差及び/又はセンサ偏り誤差にのみ起因する場合、プロセスは、ヌルの、力に基づくコマンドを生成する(工程922)。この実施例では、平滑化された力情報から低域フィルタを通過した力情報を減算することにより、力軽減システム701のプロセスにおいて使用される力がヌル又はゼロとなりうる。次いでプロセスは工程920へと継続し、その後終了する。同様に、工程902に戻ると、センサが故障している場合及び/又は力軽減システムのスイッチが切れている場合、プロセスは、工程922に進んで、ヌルの、力に基づくコマンドを生成することができる。次いでプロ

10

20

30

40

50

セスは工程 9 2 0 に進み、その後終了する。

【 0 0 8 8 】

本明細書に示す種々の実施形態のフロー図及びブロック図は、装置、方法、及びコンピュータプログラム製品に可能な複数の実装形態の、アーキテクチャ、機能性、及び動作を示している。これに関し、フロー図又はブロック図の各ブロックは、コンピュータで使用可能又は読み取り可能なプログラムコードの一のモジュール、セグメント、又は部分を表わし、一又は複数の特定の機能を実施するための、一又は複数の実行可能な指令を含む。

【 0 0 8 9 】

幾つかの異なる実装形態では、ブロックに記された一又は複数の機能は、図に示された順番で発生しなくてもよい。例えば、場合によっては、連続して示された二つのブロックは、その機能性によってはほぼ同時に行われてもよい。

10

【 0 0 9 0 】

種々の有利な実施形態は、すべてハードウェアの実施形態、すべてソフトウェアの実施形態、又はハードウェア要素とソフトウェア要素とを両方含む実施形態の形態をとることができる。幾つかの実施形態は、限定しないが、例えば、ファームウェア、常駐ソフトウェア、及びマイクロコードといった形態を含むソフトウェアに実装される。

【 0 0 9 1 】

更に、種々の実施形態はコンピュータプログラム製品の形態をとることができ、このコンピュータプログラム製品には、指令を実行するコンピュータ、或いは任意のデバイス又はシステムによって使用されるプログラムコードを供給するか、又は指令を実行するコンピュータ、或いは任意のデバイス又はシステムに接続される、コンピュータで使用可能な媒体又はコンピュータで読み取り可能な媒体からアクセス可能である。本明細書の目的のために、コンピュータで使用可能な媒体又はコンピュータで読み取り可能な媒体は、一般に、指令を実行するシステム、装置、又はデバイスによって使用されるプログラムを収容、格納、通信、伝播、又は運搬するか、或いは指令を実行するシステム、装置、又はデバイスに接続される任意の有形装置とすることができる。

20

【 0 0 9 2 】

コンピュータで使用可能な媒体又はコンピュータで読み取り可能な媒体は、限定しないが、例えば、電子的、磁氣的、光学的、電磁的、赤外線、又は半導体のシステム、或いは伝搬媒質とすることができる。コンピュータで読み取り可能な媒体の非限定的な例には、半導体又はソリッドステートメモリ、磁気テープ、取り外し可能なコンピュータディスクレット、ランダムアクセスメモリ (RAM)、読み取り専用メモリ (ROM)、剛性の磁気ディスク、及び光ディスクが含まれる。光ディスクは、コンパクトディスク - 読み取り専用メモリ (CD-ROM)、コンパクトディスク - 読み取り / 書き込み (CD-R/W)、及びDVDを含むことができる。

30

【 0 0 9 3 】

更に、コンピュータで使用可能な媒体又はコンピュータで読み取り可能な媒体は、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード又はコンピュータで使用可能なプログラムコードを収容又は格納することができ、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード又はコンピュータで使用可能なプログラムコードがコンピュータ上で実行されると、このコンピュータで読み取り可能なプログラムコード又はコンピュータで使用可能なプログラムコードにより、コンピュータは、通信リンクを介して別のコンピュータに、読み取り可能なプログラムコード又は使用可能なプログラムコードを伝送する。このような通信リンクは、限定しないが、例えば有線又は無線の媒体を使用することができる。

40

【 0 0 9 4 】

コンピュータで読み取り可能なプログラムコード又はコンピュータで使用可能なプログラムコードを格納及び / 又は実行するために適したデータ処理システムは、システムバスなどの通信ファブリックによりメモリ要素に直接的又は間接的に連結された、一又は複数のプロセッサを含む。メモリ要素は、プログラムコードが実際に実行される間に使用されるローカルメモリと、大容量記憶装置と、コンピュータで読み取り可能なプログラムコード又

50

はコンピュータで使用なプログラムコードの実行中に大容量記憶装置からコードを読み出す回数を減らすために、少なくともいくつかのコードを一時的に格納するキャッシュメモリとを含みうる。

【 0 0 9 5 】

入力/出力、又はI/Oデバイスは、直接、又は介在性のI/Oコントローラにより、システムに連結することができる。これらのデバイスは、限定しないが、例えば、キーボード、タッチスクリーンディスプレイ、及びポインティングデバイスを含むことができる。異なる通信アダプタをシステムに連結することにより、構内ネットワーク又は公衆ネットワークを介在させて、データ処理システムを、他のデータ処理システム、或いは離れて位置するプリンタ又は記憶デバイスに連結させることもできる。非限定的な例は、モデム及びネットワークアダプタであり、これらは現在利用できる種類の通信アダプタのごく一部である。

10

【 0 0 9 6 】

種々の有利な実施形態は、例示及び説明を目的として提示されたのであって、完全なものではなく、開示された形態の実施形態に限定されるものではない。多数の修正及び変更が可能であることは当業者には明らかであろう。更に、種々の有利な実施形態は、他の有利な実施形態とは異なる利点を提供しうる。

【 0 0 9 7 】

選択された一又は複数の実施形態は、実施形態の原理、実用的な用途を最もよく説明するため、及び他の当業者が、特定の用途に適した種々の修正を含めて種々の実施形態の開示内容を理解できるように、選ばれて説明されたものである。

20

また、本発明は以下に記載する態様を含む。

(態 様 1)

燃料補給ブーム(316)に掛かる力(333)を管理する方法であって、
燃料補給ブーム(316)に関連する力センサ(326)から力情報(626)を受け取るステップ(800)、

燃料補給ブーム(316)に掛かる力(333)から力測定の任意の数の誤差を除いた力を特定することにより、フィルタ済み力情報(634)を生成するステップ(802)、及び

燃料補給ブーム(316)のフィルタ済み力情報(634)を使用して、力に基づくコマンド(640)を生成するステップ(804)
を含む方法。

30

(態 様 2)

力に基づくコマンド(640)をオペレータコマンド(642)と組み合わせることにより、燃料補給ブーム(316)を制御するアクチュエータシステム(323)に対するコマンド(646)を形成するステップ(920)

を更に含む、態様1に記載の方法。

(態 様 3)

アクチュエータシステム(323)が力生成システム(341)を制御する、態様2に記載の方法。

40

(態 様 4)

力測定の任意の数の誤差が、雑音、センサ許容誤差、及びセンサ偏り誤差のうち少なくとも一つである、態様1に記載の方法。

(態 様 5)

前記特定するステップ(802)が、
力測定の任意の数の誤差と関連する力情報(626)を制限することにより、低域フィルタを通過した力情報(742)を形成するステップ(908)、及び

平滑化された力情報(738)から低域フィルタを通過した力情報(742)を減算することにより、フィルタ済み力情報(634)を形成するステップ(909)
を含む、態様1に記載の方法。

50

(態様 6)

前記制限するステップ (9 0 8) が、
力情報 (6 2 6) から雑音を除去することにより、平滑化された力情報 (7 3 8) を生成するステップ (9 0 4)、
平滑化された力情報 (7 3 8) の一部をセンサ許容誤差の範囲内に制限することにより、センサ許容差に制限された力情報 (7 4 0) を形成するステップ (9 0 6)、及び
センサ許容差に制限された力情報 (7 4 0) の一部をセンサ偏り誤差の範囲内に制限することにより、低域フィルタを通過した力情報 (7 4 2) を形成するステップ (9 0 8) を含む、態様 5 に記載の方法。

(態様 7)

力情報 (6 2 6) から雑音を除去することにより、平滑化された力情報 (7 3 8) を生成するステップ (9 0 4) が、
二次フィルタ (7 1 0) を用いて力情報 (6 2 6) をフィルタリングして力情報 (6 2 6) から雑音を除去することにより、平滑化された力情報 (7 3 8) を形成するステップ (9 0 4)
を含む、態様 6 に記載の方法。

(態様 8)

平滑化された力情報 (7 3 8) の一部をセンサ許容誤差の範囲内に制限することにより、センサ許容差に制限された力情報 (7 4 0) を形成するステップ (9 0 6) が、
平滑化された力情報 (7 3 8) の一部をセンサ許容誤差の範囲内に制限するリミッタ (7 1 4) を用いて、平滑化された力情報 (7 3 8) を制限することにより、センサ許容差に制限された力情報 (7 4 0) を形成するステップ (9 0 6)
を含む、態様 6 に記載の方法。

(態様 9)

センサ許容差に制限された力情報 (7 4 0) の一部をセンサ偏り誤差の範囲内に制限することにより、低域フィルタを通過した力情報 (7 4 2) を形成するステップ (9 0 8) が、
センサ偏り誤差の範囲内にあるセンサ許容差に制限された力情報 (7 4 0) の部分を通過させる低域フィルタ (7 1 6) を使用して、センサ許容差に制限された力情報 (7 4 0) をフィルタリングすることにより、低域フィルタを通過した力情報 (7 4 2) を形成するステップ (9 0 8)
を含む、態様 6 に記載の方法。

(態様 1 0)

前記生成するステップ (8 0 4) が、
燃料補給ブーム (3 1 6) のフィルタ済み力情報 (6 3 4) と、燃料補給ブーム (3 1 6) が位置する航空機 (1 0 0) の動圧 (6 3 8) とを使用して、力に基づくコマンド (6 4 0) を生成するステップ (9 1 6) であって、力に基づくコマンド (6 4 0) が、燃料補給ブーム (3 1 6) に掛かる力 (3 3 3) を軽減するものである、ステップ (9 1 6)
を含む、態様 1 に記載の方法。

(態様 1 1)

力センサ (3 2 6) が燃料補給ブーム (3 1 6) 上のストレインスリーブ (3 2 1) に配置される、態様 1 に記載の方法。

(態様 1 2)

フィルタ済み力情報 (6 3 4) が、レシーバー航空機 (3 0 3) と接触しない飛行の間に燃料補給ブーム (3 1 6) に掛かる力 (3 3 3) に関するものである、態様 1 に記載の方法。

(態様 1 3)

燃料補給ブーム (3 1 6) に関連する力センサ (3 2 6) から力情報 (6 2 6) を受け取り (8 0 0)、燃料補給ブーム (3 1 6) に掛かる力 (3 3 3) から力測定の任意の数

10

20

30

40

50

の誤差を除いた力を特定することにより、フィルタ済み力情報（６３４）を生成し（８０２）、且つ燃料補給ブーム（３１６）のフィルタ済み力情報（６３４）を使用して、力に基づくコマンド（６４０）を生成する（８０４）制御プロセス（３３９）、並びに格納している制御プロセス（３３９）を実行するコンピュータ（３３８）を備える装置。

（態様１４）

力情報（６２６）を生成する、燃料補給ブーム（３１６）に関連するセンサシステム（３０６）

を更に備える、態様１３に記載の装置。

（態様１５）

センサシステム（３０６）が力センサ（３２６）を含んでいる、態様１４に記載の装置。

（態様１６）

力センサ（３２６）が配置されるストレインスリーブ（３２１）

を更に備える、態様１５に記載の装置。

（態様１７）

航空機（１００）、及び

コンピュータ（３３８）と共に航空機（１００）に配置される燃料補給ブーム（３１６）

を更に備える、態様１３に記載の装置。

（態様１８）

アクチュエータシステム（３２３）を更に備えており、制御プロセス（３３９）が、更に、力に基づくコマンド（６４０）をオペレータコマンド（６４２）と組み合わせることにより、アクチュエータシステム（３２３）に対し、燃料補給ブーム（３１６）を制御するコマンド（６４６）を形成する、態様１３に記載の装置。

（態様１９）

アクチュエータシステム（３２３）が力生成システム（３４１）を制御する、態様１８に記載の装置。

（態様２０）

力測定の任意の数の誤差が、雑音、センサ許容誤差、及びセンサ偏り誤差のうちの少なくとも一つである、態様１３に記載の装置。

（態様２１）

燃料補給ブーム（３１６）に掛かる力（３３３）から力測定の任意の数の誤差を除いた力を特定することにより、フィルタ済み力情報（６３４）を生成するステップ（８０２）において、制御プロセス（３３９）が、力測定の任意の数の誤差に関連する力情報（６２６）を制限することにより、低域フィルタを通過した力情報（７４２）を形成するステップ（９０８）、並びに平滑化された力情報（７３８）から、低域フィルタを通過した力情報（７４２）を減算することにより、フィルタ済み力情報（６３４）を形成するステップ（９０９）を行う、態様１３に記載の装置。

（態様２２）

力測定の任意の数の誤差に関連する力情報（６２６）を制限することにより、低域フィルタを通過した力情報（７４２）を形成するステップ（９０８）において、制御プロセス（３３９）が、力情報（６２６）から雑音を除去することにより、平滑化された力情報（７３８）を形成するステップ（９０４）、平滑化された力情報（７３８）をセンサ許容誤差の範囲内に制限することにより、センサ許容差に制限された力情報（７４０）を形成するステップ（９０６）、並びに、センサ許容誤差に制限された力情報（７４０）の一部をセンサ偏り誤差の範囲内に制限することにより、低域フィルタを通過した力情報（７４２）を形成するステップ（９０８）を行う、態様２１に記載の装置。

（態様２３）

力情報（６２６）から雑音を除去することにより、平滑化された力情報（７３８）を形

10

20

30

40

50

成するステップ(904)において、制御プロセス(339)が、二次フィルタ(710)を使用して力情報(626)から雑音を除去することにより、平滑化された力情報(738)を形成するステップ(904)を行う、態様22に記載の装置。

(態様24)

平滑化された力情報(738)をセンサ許容誤差の範囲内に制限することにより、センサ許容差に制限された力情報(740)を形成するステップ(906)において、制御プロセス(339)が、平滑化された力情報(738)の一部をセンサ許容誤差の範囲内に制限するリミッタ(714)を用いて、平滑化された力情報(738)を制限することにより、センサ許容差に制限された力情報(740)を形成するステップ(906)を行う、態様22に記載の装置。

(態様25)

力測定の任意の数の誤差により生じた力(333)を含むセンサ許容差に制限された力情報(740)の一部を制限することにより、低域フィルタを通過した力情報(742)を形成するステップ(908)において、制御プロセス(339)が、センサ偏り誤差の範囲内にあるセンサ許容差に制限された力情報(740)の部分を通させる低域フィルタ(716)を用いて、センサ許容差に制限された力情報(740)をフィルタリングすることにより、低域フィルタを通過した力情報(742)を形成するステップ(908)を行う、態様22に記載の装置。

【図1】

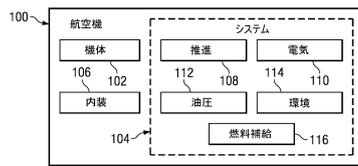


FIG. 1

【図2】

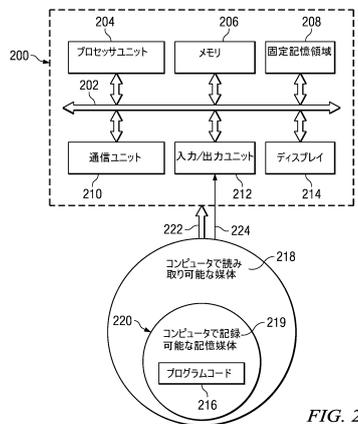


FIG. 2

【図3】

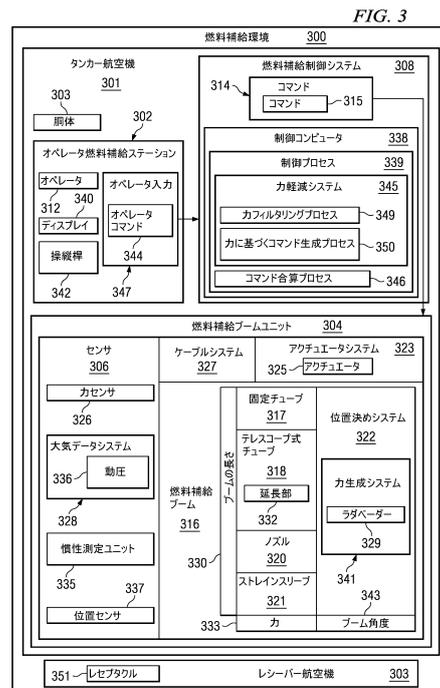
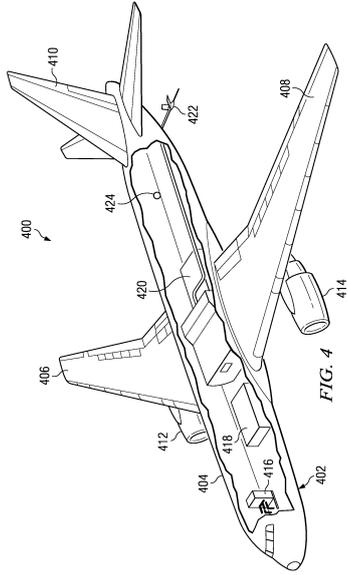
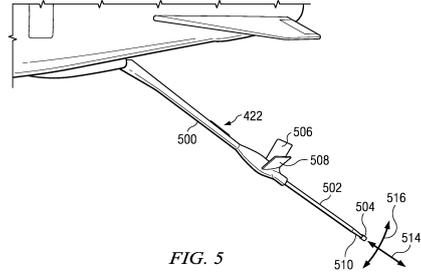


FIG. 3

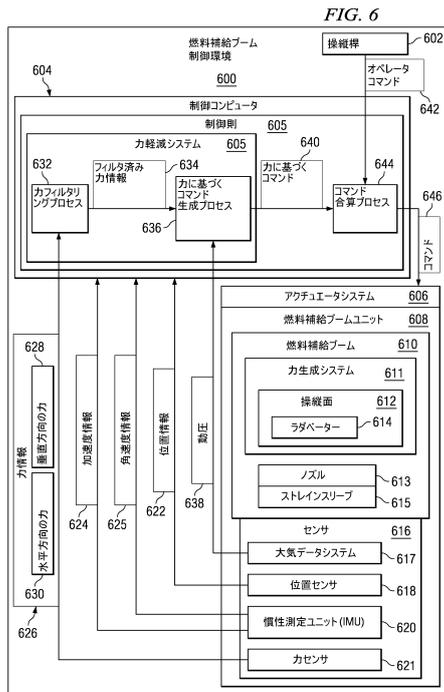
【図4】



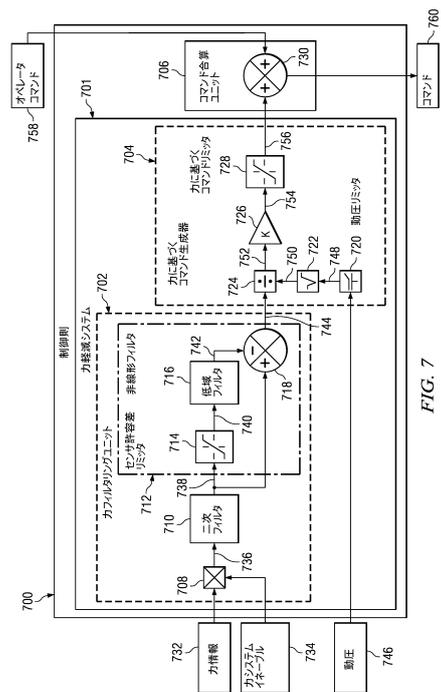
【図5】



【図6】



【図7】



【 図 8 】

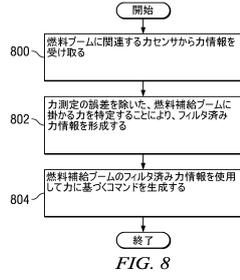


FIG. 8

【 図 9 】

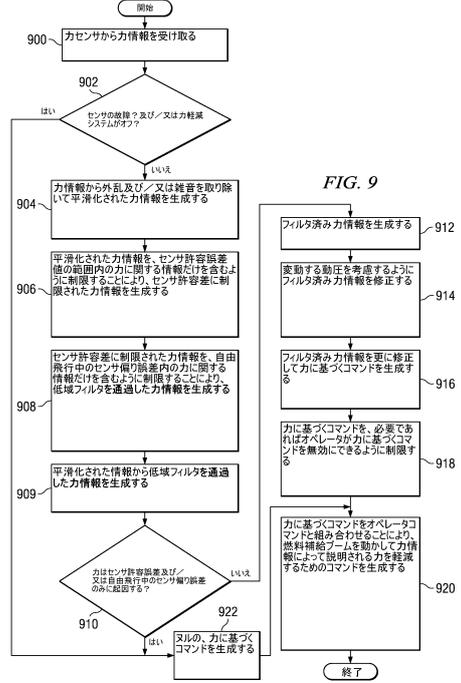


FIG. 9

フロントページの続き

- (72)発明者 ハッチャー, ジャスティン, シー.
アメリカ合衆国, ワシントン 98058, レントン, サウスイースト 188番 プレイ
ス 13003
- (72)発明者 マスグレイヴ, ジェフリー, エル.
アメリカ合衆国, ワシントン 98058, レントン, サウスイースト 188番 プレイ
ス 13022

審査官 黒田 暁子

- (56)参考文献 欧州特許出願公開第01894840(EP, A1)
米国特許第06084371(US, A)
米国特許第06272924(US, B1)
米国特許出願公開第2003/0205643(US, A1)
独国特許出願公開第03432468(DE, A1)
特表2000-509343(JP, A)
特表2004-504210(JP, A)
特開平07-027774(JP, A)
特開平04-314699(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B64D 39/06