

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-290704
(P2008-290704A)

(43) 公開日 平成20年12月4日(2008.12.4)

(51) Int.Cl.

B64C 25/32 (2006.01)
B64C 29/00 (2006.01)

F 1

B 6 4 C 25/32
B 6 4 C 29/00

テーマコード (参考)

A

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L 外国語出願 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2008-42051 (P2008-42051)
 (22) 出願日 平成20年2月22日 (2008.2.22)
 (31) 優先権主張番号 11/752,497
 (32) 優先日 平成19年5月23日 (2007.5.23)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 500575824
 ハネウェル・インターナショナル・インコ
 ーポレーテッド
 アメリカ合衆国ニュージャージー州079
 62-2245, モーリスタウン, コロン
 ピア・ロード 101, ピー・オー・ボッ
 クス 2245
 (74) 代理人 100089705
 弁理士 社本 一夫
 (74) 代理人 100140109
 弁理士 小野 新次郎
 (74) 代理人 100075270
 弁理士 小林 泰
 (74) 代理人 100080137
 弁理士 千葉 昭男

最終頁に続く

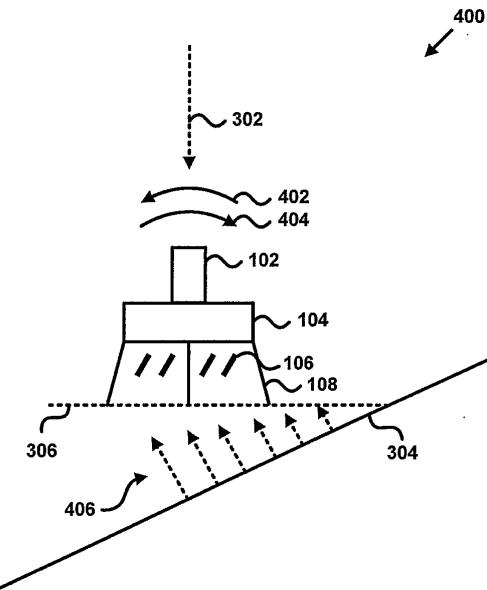
(54) 【発明の名称】 傾斜表面上での垂直離陸及び着陸方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 傾斜表面上で離陸及び着陸を行うことができる無人航空機を提供する。

【解決手段】 離陸及び着陸モードが、垂直離陸及び着陸(VTO)無人航空機(UAV)の飛行制御システムに付加される。離陸及び着陸モードは、飛行制御システム及びVTO-UAVの既存の制御表面及びスロットル制御に利用できるデータを使用する。その結果、VTO-UAVは、傾斜表面上でUAVを平行にするように設計された着陸ギヤを使用することなく、傾斜表面上で離陸及び着陸を行うことができる。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

傾斜表面上に無人航空機を着陸させる方法であって、
 傾斜表面の上方で垂直に下降させる工程と；
 傾斜表面により生じる圧力差を検出する工程と；
 圧力差により生じる運動に対抗する工程と；
 無人航空機が傾斜表面に接触した時点を検出する工程と；
 無人航空機が傾斜表面に接触したときに、無人航空機が傾斜表面に着陸してしまうまで、
 無人航空機を回転させる工程と；を組み合わせてなる方法。

【請求項 2】

10

傾斜表面から無人航空機を垂直に離陸させる方法であって、
 発進指令を受け取る工程と；
 姿勢方位を決定する工程と；
 重力に対抗するように無人航空機の羽根を方位決めする工程と；
 傾斜表面から無人航空機の着陸ギヤを引き離すように推力を増大させる工程と；
 傾斜表面から実質上垂直に上昇させる工程と；を組み合わせてなる方法。

【請求項 3】

20

傾斜表面上での垂直離陸及び着陸のための方法であって、
 傾斜表面に対して実質上垂直に最初に上昇するように無人航空機の少なくとも 1 つの羽根及び推力を調整するような離陸モードを、無人航空機の飛行制御システムに提供する工程と；

無人航空機が着陸してしまうまで、接触地点のまわりで無人航空機を回転させるように、無人航空機が接触地点で傾斜表面に接触してしまったことを検出したときに、無人航空機の少なくとも 1 つの羽根及び推力を調整するような着陸モードを、無人航空機の飛行制御システムに提供する工程と；を有することを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

30

米国政府は D A R P A により裁定された契約番号 H R 0 0 1 1 - 0 5 - C - 0 0 4 3 に従って本発明におけるある権利を取得した。本発明は一般に垂直離陸及び着陸に関し、特に、傾斜表面上での垂直離陸及び着陸に関する。

【背景技術】

【0002】

今まで、無人航空機 (U A V ; Unmanned Air Vehicles) は典型的には固定翼航空機であった。しかしながら、他の形式の U A V が軍事及び民間の双方の使用のために現在開発されている。現在開発されている 1 つの形式の U A V はダクトファン式の垂直離陸及び着陸 (V T O L) 航空機である。 V T O L - U A V は「複雑な」地形として普通に表現される窮屈な都会領域及び郊外領域のような種々の領域において作動することができる。

【0003】

40

V T O L - U A V は、垂直に発進し、予め計画した飛行計画に沿って飛行し、そして垂直に着陸するために U A V を一般に必要とする自動的な特務 (autonomous missions) を遂行するように設計される。例えば、特務で飛行している間のある時点で、 U A V は「高所 (perch) 及び凝視 (stare) 」観察を遂行することを期待することができる。高所及び凝視観察では、 U A V は垂直に着陸し、(可能ならエンジン停止状態で長期間にわたって) 観察を遂行し、垂直に離陸することが必要となる。

【0004】

特務では、 V T O L - U A V は整備されていない地面又は航空機のデッキ上で離陸及び着陸を行う必要があることがある。離陸及び着陸表面は平坦でないことがあり、例えば、 30 度又はそれ以上の大きな角度まで傾斜していることがある。伝統的には、機械的な着陸ギヤ機構は、 U A V が傾斜表面上で垂直に離陸及び着陸できるように、 U A V を水平に

50

するように設計されていた。不運にも、このような機械的な着陸ギヤ機構は、UAVの耐久性及び飛行性能の双方に対して妥協できるようにするために、複雑で重い。更に、ある機械的な着陸ギヤ機構は10度又はそれ以下の傾斜に限定され、これは、UAVがある地形状態で特務を遂行するのを制限してしまうことがある。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

従って、傾斜を補償するための機械的な着陸ギヤ機構を使用せずに、VTOL-UAVが傾斜表面上で垂直に離陸及び着陸できるようにするのが有益である。

【課題を解決するための手段】

【0006】

傾斜表面上で無人航空機を着陸させるための方法が開示される。この方法は傾斜表面の上方で垂直に下降させる工程と、傾斜表面により生じる圧力差を検出する工程と、圧力差により生じる運動に対抗する工程と、無人航空機が傾斜表面に接触する時点を検出する工程と、無人航空機が傾斜表面に接触したときに、無人航空機が傾斜表面上に着陸してしまうまで、無人航空機を回転させる工程とを有する。

【0007】

圧力差により生じる運動に対抗するために、無人航空機の羽根を調整することができる。更に、圧力差により生じる運動に対抗するために無人航空機のスロットルを調整することができる。無人航空機の飛行制御システムは着陸接触状態を検出することができる。無人航空機を回転させるために、無人航空機の羽根を調整することができる。羽根の調整は、無人航空機が傾斜表面に接触したときに生じる運動に対抗するように羽根を動かす工程を有することができる。更に、航空機の下降速度を制御するために無人航空機のスロットルを調整することができる。スロットルの調整は重力に対抗するようにスロットルを増大させる工程を有することができる。

【0008】

傾斜表面から無人航空機を垂直に離陸させるための方法も開示される。この方法は発進指令を受け取る工程と、姿勢方位を決定する工程と、重力に対抗するように無人航空機の羽根を方位決めする工程と、無人航空機の着陸ギヤを傾斜表面から引き離すように推力を増大させる工程と、傾斜表面から実質上垂直に上昇させる工程とを有する。

【0009】

姿勢方位の決定は、無人航空機が傾斜表面上に位置しているか否かを特定することができる。羽根の方位決めは姿勢方位の決定に基づいて羽根を正の角度に調整する工程を含むことができる。方法はまた傾斜表面の上方のある距離へ実質上垂直に上昇させる工程を有することができる。

【0010】

傾斜表面上で垂直に離陸及び着陸させるための方法も開示される。この方法は無人航空機の飛行制御システムにおいて離陸モードを提供する工程を有する。離陸モードは傾斜表面に実質上垂直に最初に上昇させるように無人航空機の少なくとも1つの羽根及び推力を調整する。方法はまた無人航空機の飛行制御システムにおいて着陸モードを提供する工程を有する。着陸モードは、無人航空機が着陸するまで接触地点のまわりで無人航空機を回転させるように、無人航空機が接触地点で傾斜表面に接触したことを検出したときに、無人航空機の少なくとも1つの羽根及び推力を調整する。

【0011】

離陸モードは姿勢方位の決定に基づいて羽根を調整することができる。着陸モードは上り坂方向に無人航空機を回転させることができる。更に、着陸モードは接触地点により生じる運動に対抗する。当業者なら、これらの及び他の態様及び利点は、添付図面を適切に参照して以下の詳細な説明を読むことにより、明らかとなろう。更に、この課題を解決するための手段は単なる例であり、特許請求の範囲で規定するような本発明の要旨を限定する意図のものではない。

10

20

30

40

50

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

添付図面に関連して現時点で好ましい実施の形態を以下に説明するが、種々の図面において、同様の符号は同様の素子を示す。図1は垂直離陸及び着陸（V T O L）無人航空機（U A V）100のブロック線図である。典型的には、U A V 1 0 0 は胴体102と、ダクト104と、制御羽根106と、着陸ギヤ108とを有する。U A V 1 0 0 の重心114は典型的には制御羽根106の上方に位置する。U A V 1 0 0 は他の素子をも含み、任意の特定のV T O L - U A V のデザインに限定されない。例えば、U A V 1 0 0 は有機航空機（O A V）又は小型航空機（M A V）とすることができる。

【0013】

胴体102は、U A V 1 0 0 の他の素子を収容するハウジングとすることができます。胴体102はU A V 1 0 0 を駆動するエンジン及びエンジンのためのガソリンのような燃料の貯蔵部を収容することができます。胴体102はまた、飛行制御システム110及び道案内システム112のような航空機の作動のための素子を収容することができます。

【0014】

飛行制御システム110は、飛行中のU A V 1 0 0 を制御するためにプロセッサ、データ記憶装置及びモード制御ソフトウェアを有することができます。飛行制御システム110は、道案内システム112及び（又は）U A V 1 0 0 のオペレータから入力を受け取る。入力及び着陸飛行制御モードや離陸飛行制御モードのようなモード形式に応じて、飛行制御システム110は、U A V 1 0 0 の運動を制御するように羽根及びスロットルを調整できる。

【0015】

道案内システム112は、慣性測定センサ、総括位置決め衛星（G P S）センサ、地上レベルセンサ、気圧センサ、磁気計、速度センサ及び加速度計を有することができます。さらに、道案内システム112はプロセッサ及びデータ記憶装置を有することができます。道案内アルゴリズムはデータ記憶装置内に貯蔵することができます。道案内システム112はセンサからデータを受け取ることができ、プロセッサは出力として道案内結果を提供するように道案内アルゴリズムを実行することができる。道案内結果はU A V 1 0 0 の位置、標高、地面からの高さ、姿勢（例えば縦揺れ、横揺れ、偏揺れ）、姿勢率、速度及び（又は）時間の見積もり値とすることができます。

【0016】

ダクト104は、揚力を提供するためにダクト104を通して空気を吸引するファンを有する。ファンは、ダクト104の頂部を通して空気を吸引し、推力を提供するために底部から空気を排出させる。ダクト104とファンとの組み合わせにより生じる推力はU A V 1 0 0 の停空飛翔即ちホバリング及び飛行を可能にするのに十分なほど強力である。制御羽根106はダクト104内に位置するファンの下方に位置することができる。制御羽根106はU A V 1 0 0 のために進路決めする推力を提供する。

【0017】

着陸ギヤ108は、飛行していないときのU A V 1 0 0 を支持し、飛行後のU A V 1 0 0 の着陸を可能にする構造体である。着陸ギヤ108は固定の又は活動的な着陸ギヤ機構とすることができます。例えば、着陸ギヤ108は3点支柱又は着陸リングを有することができる。図1に示すように、着陸ギヤ108は3点支柱を有する；しかし、本発明はこの形式の着陸ギヤに限定されない。

着陸飛行制御モード

図2は、傾斜部上での垂直着陸のための方法200のフローチャートである。ブロック202において、U A V 1 0 0 は既存の飛行制御モードの下に垂直下降を開始する。図3は傾斜表面304の上方で垂直下降302しているV T O L - U A V 1 0 0 の絵図300である。

【0018】

着陸飛行制御モードは、オペレータにより手動で、又は、U A V 1 0 0 が傾斜表面30

10

20

30

40

50

4の上方の所定の高さにあることをUAVの地上レベル(AGL)センサが決定したときに自動的に、開始される。着陸飛行制御モードは、好ましくは飛行制御システム110により実行されるソフトウェアプログラムである。着陸飛行制御モードは道案内システム112から導き出されたデータからUAV100の姿勢方位を監視する。通常の下降においては、UAV100は姿勢306の上方にあり、この場合、面圧がUAV100に影響を及ぼし、下方のダクト104を横切る圧力差は均一である。ブロック204において、UAV100は、図4に示すような圧力差406を検出する。圧力差406は圧力センサを使用せずに姿勢データから推測することができる。代わりに、圧力差406は圧力センサを使用して検出することができる。

【0019】

10

図4は、傾斜表面304の上方で更に下降するときのVTO-L-UAV100の絵図400である。傾斜表面304に向かって下降しているとき、下方のダクト104を横切る圧力差406は均一ではなくなる。飛行制御システム110は、UAV100が体験する圧力差406を検出し、これを補償するように作動できる。

【0020】

ブロック206において、飛行制御システム110は、羽根160を変調し、スロットルを制御することにより、圧力差406を検出し、これを補償する。飛行制御システム110は、対抗羽根運動402により、面圧によって生じる運動404に対抗する。羽根の偏向は表面の傾斜度に基づき変更することができ、一方、スロットルの設定は航空機の下降速度を維持するような推力に基づく。

20

【0021】

ブロック208において、飛行制御システム110は、図5に示すような着陸接触状態を検出する。図5は、UAV100が接触地点502で傾斜表面304に接触した後のUAV100の絵図500である。傾斜表面304との接触が飛行制御システム110によっては修正できないような方位の変化を生じさせたとき、着陸接触状態の要件が満たされる。この状態は道案内システム112内に含まれる既存の船内センサにより検出することができる。

【0022】

30

ブロック210において、着陸接触状態が検出された後、羽根106は図5に示すように上り坂方向においてUAV100に回転を与えるために推力を提供するように調整される。対抗羽根運動504は接触地点502により生じる運動506に対抗するように設計される。スロットルはまた、羽根106の遷移中にUAV100上の重力に対抗するには十分大きいが、傾斜部304から着陸ギヤ108を引き離すほどには大きくない推力を提供するように、図8に示すように変調される。

【0023】

ブロック212において、UAV100は、図6に示すように傾斜表面304上に着陸する。図6はUAV100が傾斜表面304上に着陸した後のUAV100の絵図600である。着陸飛行制御は、すべての着陸ギヤ108が傾斜表面304に接触するまで、接触地点502のまわりでUAV100を制御された割合で枢動させるように羽根106を調整する。この時点で、着陸状態の要件が満たされる。

40

【0024】

着陸状態は、スロットルの連続する減少に拘わらず航空機の姿勢角度率のゼロへの減少として既存の船内センサにより検出することができる。着陸状態のための補助的な条件は、UAV100が航空機の特定の傾き(tip-over)角度を満たしたことを船内センサが検出することである。着陸状態の要件が満たされたとき、スロットルは、UAV100を完全に着地させるようにゼロ又はアイドル状態に減少する。着陸飛行制御モード手順中の予期されるスロットル設定及び羽根の偏向は図8に示す。

離陸飛行制御モード

図7は、傾斜表面304からの(図6に示すような)垂直離陸602のための方法700のフロー・チャートである。ブロック702において、UAV100はオペレータから発

50

進指令を受け取る。発進制御を受け取ったとき、離陸飛行制御モードが開始される。離陸飛行制御モードは好ましくは飛行制御システム 110 により実行されるソフトウェアプログラムである。

【0025】

ブロック 704 において、離陸飛行制御モードは、例えば、道案内システム 112 により導き出されたデータから UAV100 の姿勢方位を決定する。道案内システム 112 により測定されるような姿勢は、UAV100 が傾斜表面 304 上に位置していることを表示することができる。

【0026】

ブロック 706 において、離陸飛行制御モードは、船内センサによる重力の方向(vector)に関する航空機の姿勢の決定に基づき、図 6 に示すような正の角度に羽根 106 を方位決めする。スロットルが離陸推力を発生させるように増大したとき、羽根 106 は、UAV100 が傾斜表面 304 から着陸ギヤ 108 を実質上同時に引き離すために予め位置するように、航空機の重心 114 に関する重力に対抗するように方位決めされる。離陸飛行制御モード手順中の予期されるスロットル設定及び羽根の偏向は図 9 に示す。

10

【0027】

ブロック 708 において、UAV100 は、最初は離陸表面に実質上垂直に、上昇を開始する。UAV100 が傾斜表面 304 の上方の距離 902 に達したとき、既存の飛行制御が開始されて、UAV100 を、ホバリング又は通常の飛行への遷移のための完全な姿勢へ移行させる。例えば、UAV100 は離陸表面の上方の数ダクト直径分の距離内で垂直上昇を開始することができる。

20

【0028】

UAV の飛行制御システムに離陸及び着陸モードを付加することにより、着陸ギヤはもはや傾斜表面 304 に対して UAV100 を水平にする必要がなくなる。その結果、UAV100 は種々の地形に対して一層の特務を履行することができる。UAV100 の軍事用及び商業用（例えば警察、消防士、国境警備、森林サービス及び安全保障）の双方の使用は UAV100 の改善された多能から有益になることができる。

30

【0029】

図示の実施の形態は、単なる例であり、本発明の要旨を限定するものとして受け取るべきではないことを理解すべきである。例えば、本発明は他の VTOL 航空機に使用することができる。特許請求の範囲は特記しない限り説明した順番又は素子に限定されるものとして読むべきではない。それ故、特許請求の範囲の要旨及び精神内に入るすべての実施の形態及びその等価物は本発明として請求される。

40

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図 1】1 つの例に係る、垂直離陸及び着陸（VTOL）無人航空機（UAV）のブロック線図である。

【図 2】1 つの例に係る、傾斜部上での垂直着陸の方法のフローチャートである。

【図 3】1 つの例に係る、傾斜部の上方で垂直に下降している図 1 に示す VTOL - UAV の絵図である。

【図 4】1 つの例に係る、傾斜部の上方で垂直に下降している図 1 に示す VTOL - UAV の別の絵図である。

【図 5】1 つの例に係る、航空機が傾斜部に接触した後の図 1 に示す VTOL - UAV の絵図である。

【図 6】1 つの例に係る、航空機が傾斜部上に着陸した後の図 1 に示す VTOL - UAV の絵図である。

【図 7】1 つの例に係る、傾斜部から垂直離陸する方法のフローチャートである。

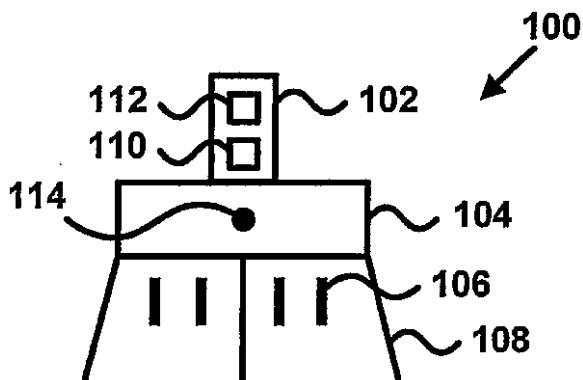
【図 8】1 つの例に係る、着陸中のスロットル及び羽根の偏向と姿勢との関係を示すチャートである。

【図 9】1 つの例に係る、離陸中のスロットル及び羽根の偏向と姿勢との関係を示すチャ

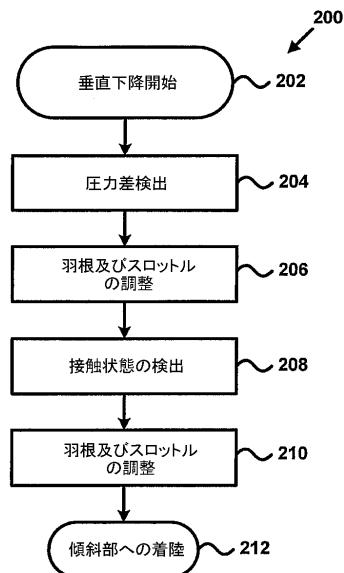
50

ー ト で あ る 。

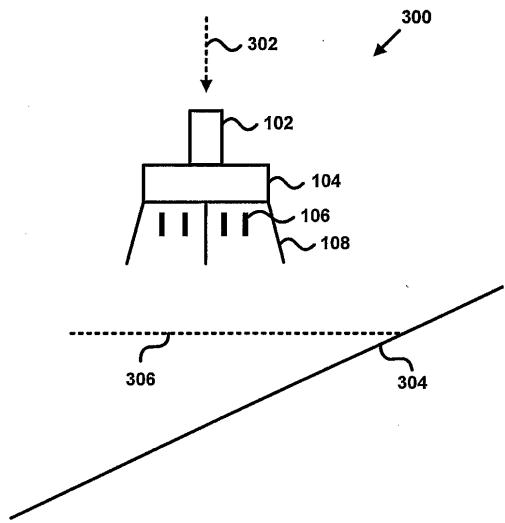
【図 1】



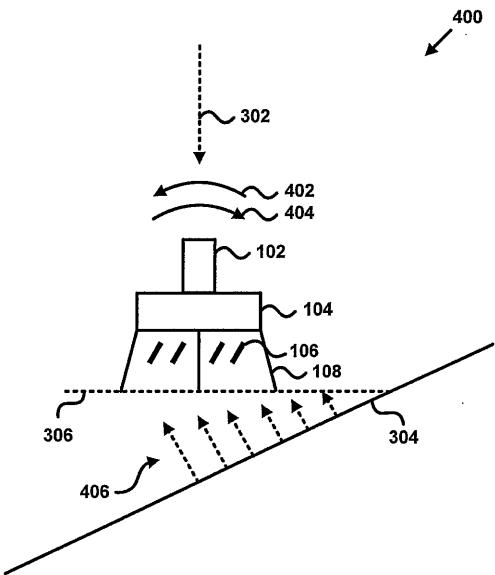
【図 2】



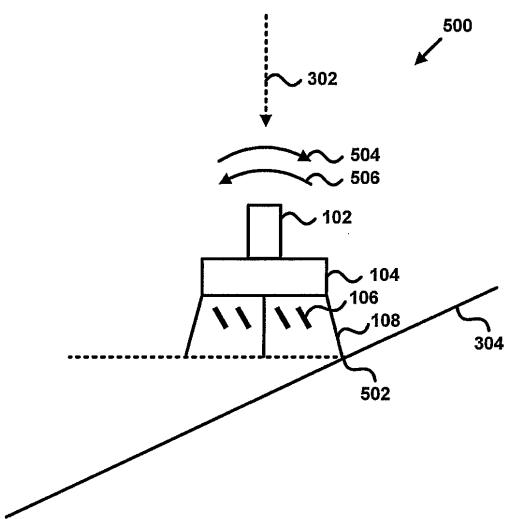
【図3】



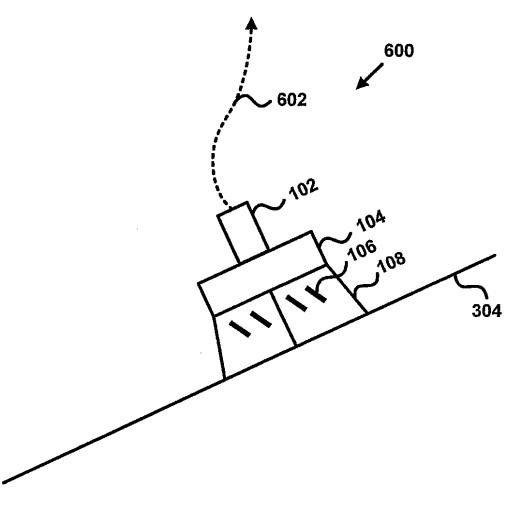
【図4】



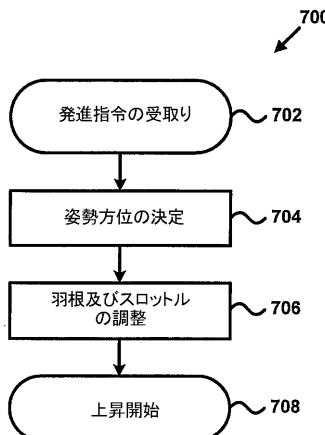
【図5】



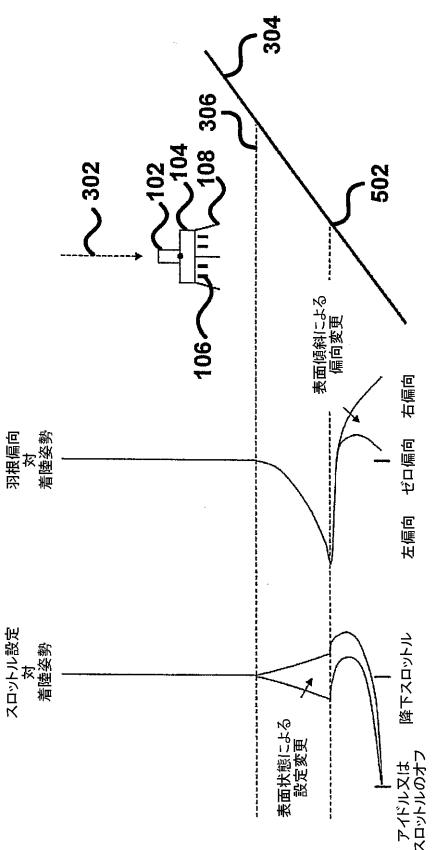
【図6】



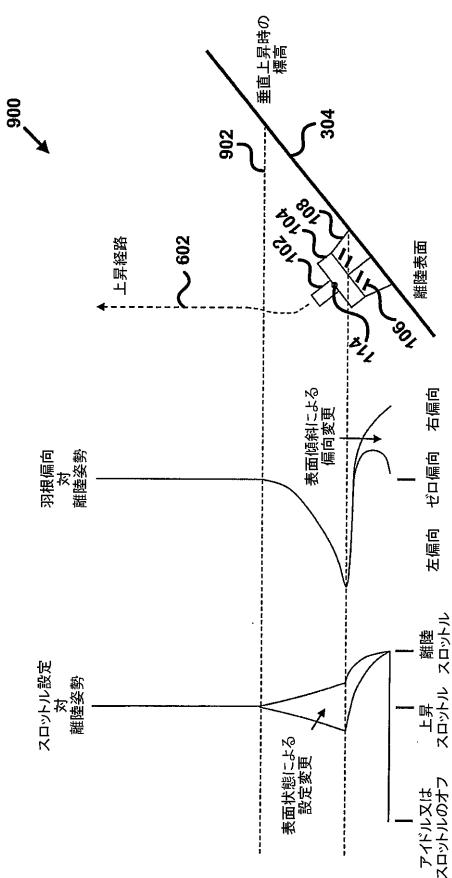
〔 図 7 〕



【 四 8 】



【 9 】



フロントページの続き

(74)代理人 100096013

弁理士 富田 博行

(74)代理人 100093713

弁理士 神田 藤博

(72)発明者 ディヴィッド・シー・ハーシグ

アメリカ合衆国ニューメキシコ州, アルバカーキ, ビッグ・ホーン・リッジ・ドライブ・ノースイースト 377

(72)発明者 スティーブン・ディー・マーティンズ

アメリカ合衆国ニューメキシコ州 87122, アルバカーキ, イーグル・スプリングス・ドライブ・ノースイースト 8631

【外国語明細書】

2008290704000001.pdf