

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6161638号
(P6161638)

(45) 発行日 平成29年7月12日 (2017. 7. 12)

(24) 登録日 平成29年6月23日 (2017. 6. 23)

(51) Int. Cl.		F I	
B 6 4 C	13/18	(2006. 01)	B 6 4 C 13/18 E
G 0 5 D	1/10	(2006. 01)	G 0 5 D 1/10
B 6 4 C	39/02	(2006. 01)	B 6 4 C 39/02

請求項の数 15 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2014-556547 (P2014-556547)	(73) 特許権者	500520743
(86) (22) 出願日	平成24年12月12日 (2012. 12. 12)		ザ・ボーイング・カンパニー
(65) 公表番号	特表2015-512818 (P2015-512818A)		The Boeing Company
(43) 公表日	平成27年4月30日 (2015. 4. 30)		アメリカ合衆国、60606-2016
(86) 国際出願番号	PCT/US2012/069235		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	W02013/119317	(74) 代理人	100109726
(87) 国際公開日	平成25年8月15日 (2013. 8. 15)		弁理士 園田 吉隆
審査請求日	平成27年12月8日 (2015. 12. 8)	(74) 代理人	100101199
(31) 優先権主張番号	13/368, 831		弁理士 小林 義敦
(32) 優先日	平成24年2月8日 (2012. 2. 8)	(72) 発明者	スピネッリ, チャールズ ビー.
(33) 優先権主張国	米国 (US)		アメリカ合衆国 イリノイ 60606-2016, シカゴ, ノース リバーサイド プラザ 100

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 定常バンク角旋回を使用した風算出システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

無人航空機を運航する方法であって、
前記無人航空機を、前記無人航空機の所期の地上航跡を横切って、定常バンク角で飛行させるステップと、

前記無人航空機の前記所期の地上航跡を横切って、前記定常バンク角で飛行する前記無人航空機的位置群を使用して、風についての情報を特定するステップと、

前記情報により特定された偏流修正角を特定することによって特定された前記風に基づいて、前記所期の地上航跡上を飛行するよう前記無人航空機の機首方位を調整することにより、前記所期の地上航跡上を飛行するよう前記無人航空機の飛行を調整するステップと
、を含む、方法。

10

【請求項 2】

前記無人航空機を、前記無人航空機の前記所期の地上航跡を横切って、前記定常バンク角で飛行させる前記ステップと、前記無人航空機の前記所期の地上航跡を横切って、前記定常バンク角で飛行する前記無人航空機の前記位置群を使用して前記風についての前記情報を特定する前記ステップと、特定された前記風に基づいて、前記所期の地上航跡を飛行するよう前記無人航空機の前記飛行を調整する前記ステップと、が、前記無人航空機のコンピュータシステムにより自動的に実施される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記無人航空機を、前記無人航空機の前記所期の地上航跡を横切って、前記定常バンク

20

角で飛行させるステップは、

前記無人航空機を、前記無人航空機の前記所期の地上航跡を横切って、機動地上航跡に沿って前記定常バンク角で飛行させるステップを含み、

前記機動地上航跡は、前記無人航空機が機動飛行を実施する際にたどる地上航跡である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記無人航空機を、前記無人航空機の前記所期の地上航跡を横切って、前記定常バンク角で飛行させるステップは、

前記無人航空機を、前記無人航空機の前記所期の地上航跡を横切って、前記定常バンク角を伴う旋回にて飛行させるステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 5】

前記定常バンク角は第 1 のバンク角であり、前記無人航空機を、前記無人航空機の前記所期の地上航跡を横切って、前記定常バンク角で飛行させるステップは、

前記無人航空機を、前記無人航空機の前記所期の地上航跡を横切って、前記第 1 のバンク角で第 1 の旋回にて飛行させるステップを含み、さらに、

前記無人航空機を、前記無人航空機の前記所期の地上航跡を前記所期の地上航跡の反対方向から横切って、第 2 の定常バンク角で第 2 の旋回にて飛行させるステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記無人航空機の前記所期の地上航跡を横切って、前記定常バンク角で飛行する前記無人航空機の前記位置群を使用して前記風についての前記情報を特定するステップは、前記第 1 の定常バンク角と前記第 2 の定常バンク角とで飛行する前記無人航空機の前記位置群を使用して、前記風についての前記情報を特定するステップを含む、請求項 5 に記載の方法。

20

【請求項 7】

前記無人航空機が前記定常バンク角で飛行する間、前記無人航空機の前記位置群を記録するステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記所期の地上航跡を横切る際の前記無人航空機の対気速度機首真方位を特定するステップであって、前記無人航空機の前記所期の地上航跡を横切って、前記定常バンク角で飛行する前記無人航空機の前記位置群を使用して前記風についての前記情報を特定するステップは、前記無人航空機の前記位置群、前記定常バンク角、及び真対気速度を使用して前記風についての前記情報を特定するステップを含む、特定す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 9】

前記風についての前記情報を特定するステップは、風ベクトルを特定するステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

機動地上航跡に沿って定常バンク角で飛行する航空機についての情報を受信するように構成されるコンピュータシステムを含み、前記機動地上航跡は前記航空機の所期の地上航跡を横切り、前記コンピュータシステムは、前記機動地上航跡に沿った前記航空機の位置群から風についての情報を特定するように構成され、

40

前記機動地上航跡は、前記航空機が機動飛行を実施する際にたどる地上航跡である、航空機管理システム。

【請求項 11】

前記コンピュータシステムは、特定された前記風に基づいて、前記所期の地上航跡上を飛行するよう前記航空機の飛行を調整するようにさらに構成される、請求項 10 に記載の航空機管理システム。

【請求項 12】

前記航空機は無人航空機であり、特定された前記風に基づいて前記所期の地上航跡上を

50

飛行するよう前記航空機の前記飛行を調整するように構成されるうえで、前記コンピュータシステムは、特定された前記風の情報を使用して偏流修正角を特定し、前記無人航空機が前記所期の地上航跡上を飛行するよう前記無人航空機の機首方位を調整するように構成される、請求項 1 1 に記載の航空機管理システム。

【請求項 1 3】

前記コンピュータシステムは、前記所期の地上航跡に沿って前記定常バンク角で飛行する航空機についての情報を自動的に受信するように構成され、前記機動地上航跡は前記航空機の前記所期の地上航跡を横切り、前記コンピュータシステムは前記航空機の前記機動地上航跡に沿った前記位置群から前記風についての前記情報を特定するように構成されている、請求項 1 0 に記載の航空機管理システム。

10

【請求項 1 4】

前記航空機は前記定常バンク角で旋回にて飛行し、前記航空機は前記所期の地上航跡を横切る、請求項 1 0 に記載の航空機管理システム。

【請求項 1 5】

前記風についての前記情報は風ベクトルを含む、請求項 1 0 に記載の航空機管理システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は概して航空機に関し、具体的には無人航空機（U A V s）の運航に関する。さらに具体的に本開示は、航路において横風が考慮されない場合にコース修正の反復を減少するために、定常バンク角度の使用により自動的に判定された偏流修正角から、機首方位の自動的に算出することに関する。

20

【背景技術】

【0 0 0 2】

風は航空機の飛行に影響する環境因子である。例えば追い風は航空機の移動方向へと吹く風である。追い風は航空機の相対的な対地速度を増加させ、目的地への到着に要する合計時間を減少させ得る。これに対し向かい風は航空機の移動方向と反対に吹く風であり、追い風とは逆の効果を有する。

【0 0 0 3】

30

他のタイプの風もまた航空機の飛行の地上航跡に影響を及ぼす。地上航跡は、航空機直下の地表における航空機の経路である。より詳細には地上航跡は、所定のコース又は地表における北に対しての移動方向である。例えば横風は、航空機をコースから外れて偏流させ得る風の一部分である。機首方位は航空機の前後軸が磁北に対して指している方向である。

【0 0 0 4】

所定の地上航跡に沿ったコースが維持されるよう、横風に応じて航空機の機首方位に対する調整がなされ得る。これらの調整は通常、風向及び風速の知識を有することを含む。

【0 0 0 5】

通常、風についての情報は観測気球の使用を介して得た情報から算出される。観測気球から得られた情報は、航空交通管制業務など地上位置により使用される。観測気球は、種々の場所の観測気球の位置を記録するように構成される装備を含む。観測気球はまた、観測気球が大気中を移動する際の風速及び風向などの他の情報を記録するように構成される。

40

【0 0 0 6】

しかしながらこれらの観測気球は、風について望まれる情報を十分に提供しないことがある。例えば観測気球は通常、風の鉛直分布しか提供しない。より広範囲の風についての情報を提供するために、追加の観測気球が使用され得る。こういった観測気球の使用は、所望よりも高価で時間の浪費となり得る。さらに観測気球の使用は、民間機の飛行空路として使用されるエリアなど、エリアによっては現実的でない場合もある。無人航空機の運航時は、風に関する情報が得られない空域内及び空域上でのコース決定が発生し得る。

50

【0007】

さらに、2 次的なソースから風の情報を受信するためには、航空機が航空交通管制からその情報を受信するように構成されるハードウェアを必要とする。無人航空機の場合、風に対するコース修正角度の判定のために、風の情報の受信に必要なシステムを搭載することが、パイロード規定及びパイロードスペース規定から禁じられ得る。

【0008】

したがって、上述した問題の一部と、起こりうる他の問題とを考慮する方法と装置を有することが好ましい。

【発明の概要】

【0009】

例示的实施形態で、航空機の運航方法が提示される。航空機は、航空機の所定の地上航跡を横切って定常バンク角で飛行する。定常バンク角で飛行する航空機の位置を使用して、情報は風について特定される。

【0010】

別の実施例では、無人航空機の運航方法が提示される。無人航空機は所定の地上航跡上を定常バンク角で横切って飛行する。無人航空機が定常バンク角で飛行する間、その無人航空機の位置が特定される。無人航空機と定常バンク角を使用して、風速及び風向が特定される。無人航空機は、風速及び風向を使用して所定の地上航跡上を飛行するよう運航される。

【0011】

さらなる実施例では、航空機管理システムはコンピュータシステムを備える。コンピュータシステムは、機動地上航跡 (maneuver ground track) に沿って定常バンク角で飛行する航空機についての情報を受信するように構成される。機動地上航跡は航空機の所定の地上航跡を横切る。コンピュータシステムは、機動地上航跡に沿った航空機の位置から風についての情報を特定するようさらに構成される。

【0012】

特徴及び機能は、本開示の様々な実施形態で独立に実現することが可能であるか、以下の説明及び図面を参照してさらなる詳細が理解されうる、さらに別の実施形態で組み合わせることが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0013】

例示的な実施形態の特徴と考えられる新規の機能は、添付の特許請求の範囲に規定される。しかしながら、例示的な実施形態と、好ましい使用モードと、さらにはその目的及び利点とは、添付図面を参照して本開示の例示的な実施形態の後述の詳細な説明を読むことにより最もよく理解されるであろう。

【0014】

【図1】例示的实施形態による航空機環境を示す。

【図2】例示的实施形態による、風情報を特定するために航空機により実施される機動飛行の図である。

【図3】例示的实施形態による航空機環境のブロック図である。

【図4】例示的实施形態によるデータ処理システムの図である。

【図5】例示的实施形態による航空機運航プロセスのフロー図である。

【図6】例示的实施形態による、風情報を使用した航空機運航プロセスのフロー図である。

【図7】例示的实施形態による、無人航空機運航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】

例示的な実施形態は、一又は複数の異なる検討事項を認識し、且つ考慮している。例えば、風を考慮して偏流修正角を特定するように構成された装備のない例えば無人航空機などの航空機でも、所望の手法で運航できるようにするような風についての情報を特定し得る

10

20

30

40

50

ということ、種々の例示的实施形態は認識し考慮する。

【0016】

例示的实施形態は、航空機は定常バンク角旋回で飛行し得るということを認識し考慮する。航空機が飛行する各周回航路の中心点からの偏位又は偏流は、風に関する情報を特定するのに使用され得る。周回航路など所定の地上航跡からの偏位が増加すると、無人航空機の航続距離が減少して目的の使命を遂行することが難しくなり得るということを、例示的实施形態は認識し考慮する。

【0017】

しかしながら、種々の例示的实施形態は、このタイプのプロセスは航空機の使命に適用しない時間と資源とを使用することがあるということを認識し考慮する。例えば、航空機近傍の風を特定するための周回飛行は、本来ならば航空機を航路に沿って飛行させるのに使用するべき時間と燃料とを浪費してしまう。結果として航空機が所望の航続距離を有しない。

10

【0018】

ここで図面を、特に図1を参照すると、例示的な実施形態による航空機環境が示される。航空機環境100は、航空機102が運航される環境の一例である。この実施例では、航空機102は無人航空機(UAV)104の形態である。

【0019】

この例では図示のように、航空機102は遠隔位置106から制御される。遠隔位置106は様々な形態をとりうる。例えば図示のように、遠隔位置106は建物、移動体、航空交通管制塔、船舶、地上局、又は他の適切な位置であり得る。

20

【0020】

図示のように航空機102は、実際の航路が所定の地上航跡110に従うよう、選択された機首方位で空中を飛行する。換言すれば、所定の地上航跡110に従う所望のコース108は、偏流修正角109となった、風114に関連する機首方位107方向への飛行の結果である。偏流修正角109は、風114が存在するとき、所定の地上航跡110に従っている際の所望のコース108と所定の地上航跡110上の飛行に必要なとされる機首方位107との間の角度である。

【0021】

例示的实施形態で所定の地上航跡110は、航空機102に対して計画された、地表112上の航路である。所定の地上航跡110は、限定しないが、航空機102のオペレータ又は他の適切なソースにより飛行計画において設定され得る。

30

【0022】

所定の地上航跡110上での飛行を維持することは、任意の数の様々な理由から望ましい。アイテムに関して使用する「任意の数の」アイテムは、一又は複数のアイテムを意味する。例えば、「任意の数の様々な理由」は、一又は複数の様々な理由を意味する。

【0023】

所定の地上航跡110上での飛行を維持する理由のひとつは、航空機102が所定の地上航跡110に沿って地表112の監視を実施しているかもしれないからである。所定の地上航跡110からの偏位により、所定の地上航跡110に沿った地表112の情報取得ができなくなることがある。より詳細には、航空機102が所定の地上航跡110からあまりにも偏位してしまうと、航空機102は地表112上の対象物の画像や映像の撮影が不可能となる。他の場合では、航空機を所定の地上航跡110上で飛行させることが、航空機が互いに対して所望よりも接近飛行しすぎないように交通を管理する計画の一部であり得る。

40

【0024】

一実施例で航空機102の所定の地上航跡110に沿った飛行の維持は、移動体が常に友軍の近傍にあり既知の敵軍の位置からは離れていることを確認するために実施され得る。これにより航空機102は、航空機102の即時復帰が必要となるような飛行中の緊急事態からも安全に復帰できる。

50

【0025】

これらの実施例では風114が、航空機102を所定の地上航跡110から偏位させ得る環境条件の一例である。風114についての情報を伴い、航空機102は所定の地上航跡110に沿った飛行を維持するよう運航される。これらの実施例で風114は横風である。

【0026】

これらの実施例で航空機102は、航空機102の近傍に存在する風114を特定する手法で運航される。風114が航空機102の所定の地上航跡110上の飛行に潜在的に影響する時、風114は航空機102の近傍にある。

【0027】

風114についての情報特定は、航空機102の又は航空機116など他の航空機の運航に使用される。この実施例で、航空機102はこの情報を航空機116へと直接伝送する。

10

【0028】

他の実施例で航空機102はこの情報を遠隔位置106へと伝送する。次に遠隔位置106はこの情報を、航空機116又は風114についての情報を必要とする何らかの他の航空機へと伝送する。

【0029】

さらに別の実施例で航空機116が無人航空機である場合、航空機116はまた、遠隔位置106の又は他の遠隔位置のオペレータにより制御され得る。このオペレータは風114についての情報を、航空機116の運航に使用することができる。

20

【0030】

これらの実施例で航空機102は、航空機102が所定の地上航跡110から、風114の特定のための他の技術を使用しなければならないほど偏位させないような手法で運航され得る。これらの実施例で航空機102の真対気速度は、航空機102が飛行する気団に対する航空機102の速度である。

【0031】

ここで図2を参照すると、例示的实施形態による、風についての情報特定のため航空機により実施される機動飛行が示される。この実施例では、航空機102は位置200にあり所定の地上航跡110に沿って飛行する。航空機102の所定の地上航跡110に沿った飛行に影響する状態で風114が存在するか否かを判定することが、ある時点で望ましくなる。

30

【0032】

位置200は航空機102の所定の地上航跡110に対する位置である。位置200は2次元座標系を使用して計測される。この実施例ではX軸202及びY軸201が平面を地表112に対して画定する。いくつかの実施例では、座標系は緯度及び経度の形態をとる。

【0033】

航空機102は所定の地上航跡110に対して機動飛行を実施するため、所定の地上航跡110から偏位する。航空機102の使命への影響を最小限又は望ましいまでに抑えるよう、この機動飛行は短時間である。風114についての情報特定のために機動飛行が実施される。

40

【0034】

これらの実施例では、航空機102が機動地上航跡203に沿って機動飛行を実施する一方、航空機102についての情報が特定される。例えば、限定しないが、初期機首方位、真対気速度、位置、バンク角は、航空機102について特定され得るいくつかの情報のタイプである。

【0035】

この実施例で航空機102により実施される機動飛行は、航空機102が定常バンク角で旋回する一又は複数のバンク機動飛行(banking maneuvers)であり得

50

る。この機動飛行では、機動地上航跡 203 上で所定の地上航跡 110 を横切ることが含まれる。これらの実施例では、機動地上航跡 203 上を飛行する航空機 102 が所定の地上航跡 110 を一定の機首方位で横切る。換言すれば、航空機 102 が位置 206 において機動地上航跡 203 に沿って所定の地上航跡 110 を横切る間、航空機 102 は方向を変更しない。この実施例で対気速度機首真方位 (true airspeed heading) は未知であるが、航空機 102 が機動飛行を実施する間に特定される航空機 102 の情報を使用して解明され得る。

【0036】

例えば航空機 102 の位置 205 に示すように、航空機 102 は所定の地上航跡 110 の横へと飛行する。位置 205 から航空機 102 は、機動地上航跡 203 に沿って位置 206 へと、所定の地上航跡 110 を横切って飛行する。実施例で、この部分の機動はウィングレベルで飛行されている。換言すれば、約ゼロのバンク角が使用されている。

10

【0037】

図示のように航空機 102 は、機動地上航跡 203 に従う時には所定の地上航跡 110 を横切って飛行する。航空機 102 が位置 206 の近傍に到達する時、定常バンク角が航空機 102 により使用される。機動地上航跡 203 は、機動飛行の実施時、旋回する際に航空機 102 により飛行される定常バンク角に起因する地上航跡である。

【0038】

これらの実施例においてバンク角は、航空機 102 が航空機の前後軸 208 について傾斜する角度である。前後軸 208 は航空機 102 の中心を通して延びる軸である。

20

【0039】

図示のように角度 210 は航空機 102 の、所定の地上航跡 110 に対する機動地上航跡 203 の角度である。例えば、機動地上航跡 203 に沿って飛行するために航空機 102 により実施される機動飛行での旋回は、約 45 度である角度 210 を伴って所定の地上航跡 110 を横切る。当然、この横断は特定の実装により他の角度で実施されることもできる。実施例では、角度 210 の正確な数値は不明かもしれない。この実施例で航空機 102 により飛行されるバンク角は約 5 度であり得る。

【0040】

同様に角度 212 も、航空機 102 が所定の地上航跡 110 を位置 214 で横切る際の一定の角度である。角度 212 は、特定の実装により角度 210 と同じ又は異なり得る。

30

【0041】

航空機 102 は第 2 の定常バンク角を伴って、所定の地上航跡 110 を位置 214 で横切って飛行する。この第 2 の定常バンク角は、航空機 102 が所定の地上航跡 110 を位置 206 で横切って飛行した定常バンク角と同じであり得る。この例では定常バンク角を伴った旋回方向が反対方向である。

【0042】

これらの実施例では、航空機 102 が所定の地上航跡 110 を位置 206 で横切る角度が未知であるが、航空機 102 のこの機動飛行における初期機首方位と関連している。初期機首方位は風 114 についての情報特定に使用され得るデータの 1 つである。初期機首方位は後述する最小二乗法を使用して特定され得る。

40

【0043】

これらの実施例で、航空機 102 は位置群 216 を特定する。位置群 216 は、航空機 102 が機動地上航跡 203 上での飛行中に特定する地上位置である。位置群 216 は、位置群 216 が航空機 102 により計測される際の正確さにより、機動地上航跡 203 に沿った位置と同じか又は異なり得る。

【0044】

位置群 216 は任意の数の様々な方法で特定することができる。例えば、位置群 216 は航空機 102 に搭載の位置特定システムを使用して特定され得る。搭載された位置測定システムは例えば、全地球測位システム受信機であり得る。この実施例で位置 216 群は航空機 102 により記録される。位置特定システムの正確さによって、位置群 216 が機動

50

地上航跡 2 0 3 を厳密に追跡しないこともある。位置群 2 1 6 の機動地上航跡 2 0 3 からの偏位量は、航空機 1 0 2 により使用される搭載された位置測定システムの正確さによる。

【0 0 4 5】

風 1 1 4 が存在しない場合、位置群 2 1 6 は無風地上航跡 2 1 7 に沿った位置と同じになり得る。風 1 1 4 の存在により、一又は複数の位置 2 1 6 は、無風地上航跡 2 1 7 の対応する位置とは異なる結果となる。換言すれば、位置群 2 1 6 のうち 1 つの位置は、風 1 1 4 が無い場合の航空機 1 0 2 に予想される無風地上航跡 2 1 7 に沿った対応する位置とは異なり得る。

【0 0 4 6】

これらの実施例では航空機 1 0 2 の位置群 2 1 6、定常バンク角、真対気速度が、風 1 1 4 についての情報特定に使用され得る。風 1 1 4 について特定されたこの情報は、風速及び風向の値を含み得る。このプロセスは、風速及び風向の値をこれらのパラメータの最良値として特定する最小二乗解析を含み得る。

【0 0 4 7】

風 1 1 4 についての情報特定を伴い、航空機 1 0 2 が風 1 1 4 の存在下で所定の地上航跡 1 1 0 に沿って飛行するよう、航空機 1 0 2 の運航は調整される。特に航空機 1 0 2 の機首方位 1 0 7 が、航空機 1 0 2 が所定の地上航跡 1 1 0 を維持するよう調整される。所定の地上航跡 1 1 0 を維持するためにバンク旋回機動飛行 (banking turn maneuvers) を反復する必要なく、この調整がなされ得る。

【0 0 4 8】

さらに、機動地上航跡 2 0 3 に沿った機動飛行により算出された風データは、航空機 1 0 2 が周回飛行するような他の方法と比べて、依然としてほぼ所定の地上航跡 1 1 0 に沿って飛行する運航のために使用される。さらに風 1 1 4 についての情報により、風 1 1 4 が他の航空機の飛行にも影響するほどの近傍にある場合には、これら他の航空機の飛行も、所定の地上航跡に沿うよう調整され得る。

【0 0 4 9】

このタイプの機動飛行は、航空機 1 0 2 が無人航空機 1 0 4 の形態をとる場合特に有益である。機動飛行、風情報の特定、図 1 の偏流修正角 1 0 9 の特定、機首方位 1 0 7 の調整、又は何らかのこれらの組み合わせは無人航空機 1 0 4 により自動的に実施される。換言すれば、無人航空機 1 0 4 が所定の地上航跡 1 1 0 上の飛行を維持するためのこれらのタスクを、無人航空機 1 0 4 の遠隔オペレータが実施する必要がなくなる。

【0 0 5 0】

ここで図 3 を参照すると、例示的实施形態による航空機環境のブロック図が示される。この実施例で図 1 の航空機環境 1 0 0 は、航空機環境 3 0 0 の一実装例である。

【0 0 5 1】

図示のように任意の数の航空機 3 0 2 が航空機環境 3 0 0 内で運航される。この実施例では、任意の数の航空機 3 0 2 のうち航空機 3 0 4 が所定の地上航跡 3 0 6 上を飛行する。これらの実施例では風 3 0 8 が、航空機 3 0 4 の所定の地上航跡 3 0 6 に対する運航に影響する。

【0 0 5 2】

これらの実施例で風特定器 3 1 0 は、風 3 0 8 に関する情報 3 1 2 を特定するために使用される。これらの実施例で、情報 3 1 2 は風ベクトル 3 1 4 の形態をとる。風ベクトル 3 1 4 は風 3 0 8 の風速 3 1 6 及び風 3 0 8 の風向 3 1 8 を含む。

【0 0 5 3】

これらの実施例で風特定器 3 1 0 は、ハードウェア、ソフトウェア、又はこれら 2 つの組み合わせで実装される。これらの実施例で風特定器 3 1 0 は、コンピュータシステム 3 2 0 内で実装される。これらの実施例で風特定器 3 1 0 は、航空機 3 0 4 に位置する。

【0 0 5 4】

図示のように航空機 3 0 4 は、風 3 0 8 についての情報 3 1 2 を特定するために風特定器

10

20

30

40

50

310により使用される情報322を、飛行中に生成する。具体的には、情報322は機動飛行324中に生成される。機動飛行324は所定の地上航跡306から偏位する機動飛行であり、所定の地上航跡306に対して実施される。

【0055】

図示のように、情報322は航空機304のセンサシステム326を使用して生成される。センサシステム326は位置測定システムを含む。位置測定システムは例えば、慣性測定ユニット、全地球測位システム受信機、対気速度計、高度計、姿勢センサ、外気温プローブ、及び、航空機304の位置群についての情報を生成するように構成された他の適切なタイプのシステムであり得る。

【0056】

これらの実施例では、情報322は機動飛行324を実施中の航空機304の速度328、航空機304のバンク角329、及び航空機304の測定された位置群330を含む。バンク角は姿勢センサにより生成された情報から特定される。

【0057】

さらに、コンピュータシステム320は情報322を使用して真対気速度331を特定する。真対気速度331の特定に使用される情報322の例は例えば、対気速度較正データからの指示対気速度、圧縮率補正、及び空気密度を含む。対気速度較正データは指示対気速度から較正対気速度への補正である。圧縮率補正は較正から等価対気速度への補正である。この補正は低亜音速ではごくわずかである。空気密度は気圧高度及び外気温から算出される。

【0058】

これらの実施例において、機動飛行324は任意の数の旋回332の形態をとる。例えば、任意の数の旋回332のうちの第1旋回333は第1の定常バンク角334で実施される。換言すれば、これらの実施例で航空機304のバンク角は第1旋回中ほぼ同じである。

【0059】

機動飛行324の任意の数の旋回332はまた、第2旋回336も含む。第2旋回336は第2の定常バンク角338を使用して実施される。特定の実装により、第1の定常バンク角334及び第2の定常バンク角338は同じ大きさであり得るが反対方向であり得る。

【0060】

第1旋回333は機動地上航跡344上にあり、所定の地上航跡306上を横切る。機動地上航跡344は位置群352を含む。これらの実施例では、第2旋回336も機動地上航跡344上にあり、航空機304が所定の地上航跡306を2回目に横切る結果となる。これらの実施例で、無風地上航跡354は、航空機304が風308に影響下になく機動飛行324を実施中に航空機304が飛行するべき航空機304の位置群356を含む。

【0061】

これらの実施例で、航空機304により生成される情報322は、既定の間隔での情報322生成を含み得る。特定の実装によるが、これらの実施例で機動飛行324の任意の数の旋回332は、第2旋回336を含まずに第1旋回333のみを含み得る。第1旋回333から生成された情報322が、風308についての情報312を特定するのに十分な量の情報322を提供するかもしれない。さらに他の実施例では、第1旋回333と第2旋回336に加えて追加の旋回が存在し得る。

【0062】

これらの実施例で第1旋回333及び第2旋回336は互いに、所定の地上航跡306に対して反対方向である。第1の定常バンク角334及び第2の定常バンク角338は例えば、10度、5度、又は何らかの他の適切な値であり得る。

【0063】

風308についての情報312の特定において、風308が航空機304の運航に影響し

10

20

30

40

50

ない場合、機動地上航跡 3 4 4 に沿って飛行中の航空機 3 0 4 の測定位置群 3 3 0 は、無風地上航跡 3 5 4 の位置群 3 5 6 に一致するはずである。測定位置群 3 3 0 のいずれかと機動地上航跡 3 4 4 との間に偏位が存在する場合、風 3 0 8 は、航空機 3 0 4 の航空機環境 3 0 0 内を飛行中の運航に影響を与える十分な力を有する。

【0 0 6 4】

これらの実施例で、理論上の位置は、機動地上航跡 3 4 4 に沿って飛行する航空機 3 0 4 の位置群 3 5 2 の位置である。風 3 0 8 についての情報 3 1 2 の特定において、航空機 3 0 4 の理論上の位置は、下記の方程式を使用して風特定器 3 1 0 により算出され得る。

$$\frac{dx}{dt} = v \cdot \cos(A_z) + v_{wind.x} \quad 10$$

(1)

$$\frac{dy}{dt} = v \cdot \sin(A_z) + v_{wind.y}$$

(2)

ここで A_z は、任意の時間 t における航空機 3 0 4 の対気速度機首真方位である。この実施例では、航空機 3 0 4 の速度は任意の数の種々の方法を用いて特性評価される。例えば航空機 3 0 4 の速度は、指示対気速度、真対気速度、及び対地速度を使用して表され得る。これらの各速度の機首方位は、特定のタイプの速度に対する航空機の磁気方位である。例えば、指示対気速度及び真対気速度は同じ方向であるが異なる大きさを有し得る。対地速度は航空機の地面に沿った速度であり、指示及び真対気速度に比べて、風の効果により異なる方向及び異なる大きさを有し得る。

20

【0 0 6 5】

バンク機動飛行に沿った任意の点において、 $A_z = A_{z \cdot initial} + A_{z \cdot t}$ である。これらの実施例で、時間 t はバンク機動飛行が開始される時点に対して測定される。例えば機動飛行は、航空機 3 0 4 が 1 度目に所定の地上航跡 3 0 6 を横切る時点で開始される。 x 及び y 座標の方向は任意である。機首真方位角比 Q は、以下の方程式を使用して算出され得る。

30

$$Q = \frac{g \cdot \tan(\phi)}{V_T}$$

(3)

ここで、

$$Q := \frac{dA_z}{dt}$$

40

であり、 Q は機首真方位角比 度/秒、であり、 $g = 32.2 \text{ ft} / \text{s}^2$ であり、 ϕ = バンク角 度、及び、 V_T = 真速度 (ft / s) である。

【0 0 6 6】

方程式 1 及び 2 を積分すると以下の方程式が得られる。

$$fx(A_{z0}, v_{wind.x}, j) := x_j - \frac{v_T}{Q} \cdot \sin(A_{z0} + Q \cdot time_j) - v_{wind.x} \cdot time_j - \left(x_1 - \frac{v_T}{Q} \cdot \sin(A_{z0}) \right)$$

(4)

$$fy(A_{z0}, v_{wind,y}, j) := y_j - y_1 + \frac{v_T}{Q} \cdot \cos(A_{z0} + Q \cdot time_j) - v_{wind,y} \cdot time_j - \frac{v_T}{Q} \cdot \cos(A_{z0})$$

(5)

これらの実施例で時間 j は、定常バンク角を使用した旋回の開始から測定された時間である。全測定位置群 330 に対する方程式 (4) 及び (5) の二乗及び加算、並びに A_z についての微分により以下が得られる。

$$\frac{dfx}{dA_z}(A_{z0}, v_{wind,x}) := \sum_{j=1}^{J_{\max}} [fx(A_{z0}, v_{wind,x}, j) \cdot (-\cos(A_{z0} + Q \cdot time_j) + \cos(A_{z0}))] \quad 10$$

(6)

$$\frac{dfy}{dA_z}(A_{z0}, v_{wind,y}) := \sum_{j=1}^{J_{\max}} [fy(A_{z0}, v_{wind,y}, j) \cdot (-\sin(A_{z0} + Q \cdot time_j) + \sin(A_{z0}))]$$

(7)

全測定位置群 330 に対する方程式 (4) 及び (5) の二乗及び加算、並びに $V_{wind,x}$ 及び $V_{wind,y}$ についての微分により以下が得られる。

$$\frac{dfx}{dv_{wind,x}}(A_{z0}, v_{wind,x}) := \sum_{j=1}^{J_{\max}} [fx(A_{z0}, v_{wind,x}, j) \cdot (-time_j)] \quad 20$$

(8)

$$\frac{dfy}{dv_{wind,y}}(A_{z0}, v_{wind,y}) := \sum_{j=1}^{J_{\max}} [fy(A_{z0}, v_{wind,y}, j) \cdot (-time_j)]$$

(9)

方程式 6 及び 7 を足し、並びに方程式 8 及び 9 を使用して以下の方程式となる。

30

$$\frac{dfx}{dA_z}(A_{z0}, v_{wind,x}) + \frac{dfx}{dA_z}(A_{z0}, v_{wind,y}) = 0$$

(10)

$$\frac{dfx}{dv_{wind,x}}(A_{z0}, v_{wind,x}) = 0$$

(11)

$$\frac{dfy}{dv_{wind,y}}(A_{z0}, v_{wind,y}) = 0 \quad 40$$

(12)

【0067】

方程式 10、11 及び 12 は、 A_{z0} 、 $V_{wind,x}$ 、及び $V_{wind,y}$ に対して解かれる。機動飛行 324 中に測定された測定位置群 330 は方程式の x 及び y に対して使用され、全測定位置群 330 に最小二乗解析が実施される。この最小二乗解析は、測定位置と理論上の位置との間の差を最小化することにより、初期の対気速度機首真方位、 $V_{wind,x}$ 、及び $V_{wind,y}$ の 3 つの未知数に対する最良値を判定する。これらの実

50

施例では、初期の対気速度機首真方位は、航空機 304 が機動飛行 324 の実施中に所定の地上航跡 306 を横切って飛行するのと同じ機首方位である。 $V_{wind, x}$ 及び $V_{wind, y}$ から風速及び風向が判定され得る。測定位置は、航空機 304 により特定される測定位置群 330 の位置である。

【0068】

この手法により風特定器 310 は、真対気速度 331、バンク角 329、及び機動飛行 324 中に記録された測定位置群 330 を使用する。この実施例で他に必要な情報はない。

【0069】

この手法で風特定器 310 は、風速 316 及び風向 318 のような、風 308 についての情報 312 を特定する。風 308 についての情報 312 が特定されたので、風 308 についてのこの情報を、航空機 304 を所定の地上航跡 306 に従って運航させるのに使用することができる。

10

【0070】

さらに、航空機 304 が所定の地上航跡 306 に沿って移動する間、機動飛行 324 は任意の回数実施され得る。付加的に、航空機 304 は情報 312 を、任意の数の航空機 302 のうちの他の航空機に伝送することもできる。例えば航空機 304 はこの情報を、任意の数の航空機 302 のうちの他の航空機に直接伝送し得る。他の実施例では情報 312 は遠隔位置 347 へと伝送される。次に遠隔位置 347 は情報 312 を、任意の数の航空機 302 のうちの他の航空機に送信し得る。

20

【0071】

次に図 4 を注目する。図 4 は、例示の実施形態によるデータ処理システムを示す図である。データ処理システム 400 を使用して、図 3 のコンピュータシステム 320 に含まれる一又は複数のコンピュータを実装することができる。この実施例では、データ処理システム 400 は通信フレームワーク 402 を含み、これによりプロセッサユニット 404、メモリ 406、固定記憶域 408、通信ユニット 410、入出力 (I/O) ユニット 412、及び表示ユニット 414 間の通信が行われる。この実施例において通信フレームワーク 402 はバスシステムの形態である。

【0072】

プロセッサユニット 404 は、メモリ 406 に読み込まれるソフトウェアに対する命令を実行するよう機能する。プロセッサユニット 404 は、特定の実装に応じて、任意の数のプロセッサ、マルチプロセッサコア、又は他の形式のプロセッサであってもよい。さらにいくつかの実施例では、図 3 の風特定器 310 がプロセッサユニット 404 のようなハードウェアを使用して実装され得る。

30

【0073】

メモリ 406 及び固定記憶域 408 は、記憶デバイス 416 の例である。記憶デバイスは、例えば、限定しないが、データ、機能的な形態のプログラムコード、及び／又は他の適切な情報などの情報を、一時的に及び／又は永続的に記憶することができる任意の個数のハードウェアである。記憶デバイス 416 は、これらの実施例ではコンピュータ可読記憶装置と称されることもある。これらの実施例で、メモリ 406 は例えば、ランダムアクセスメモリまたは任意の他の適切な揮発性または不揮発性の記憶装置であってもよい。固定記憶域 408 は特定の実装に応じて様々な形態をとり得る。

40

【0074】

例えば固定記憶域 408 は、一又は複数のコンポーネント又はデバイスを含み得る。例えば固定記憶域 408 は、ハードドライブ、フラッシュメモリ、書換え型光ディスク、書換え可能磁気テープ、又はそれらの何らかの組み合わせである。固定記憶域 408 によって使用される媒体は着脱式であってもよい。例えば、着脱式ハードドライブは固定記憶域 408 に使用することができる。

【0075】

これらの実施例で通信ユニット 410 は、他のデータ処理システムまたはデバイスとの通信を提供する。これらの実施例では、通信ユニット 410 はネットワークインタフェース

50

カードである。

【0076】

入出力ユニット412は、データ処理システム400に接続される他の装置とのデータの入出力を可能にする。例えば、入出力ユニット412は、キーボード、マウス、及び／又は他の何らかの好適な入力デバイスを介してユーザ入力への接続を提供することができる。さらに入出力ユニット412は、プリンタに出力を送信することができる。ディスプレイ414は、ユーザに対して情報を表示する機構を提供する。

【0077】

オペレーティングシステム、アプリケーション、及び／又はプログラムに対する命令は、通信フレームワーク402を介してプロセッサユニット404と通信する記憶デバイス416内に置かれる。様々な実施形態でのプロセスは、コンピュータに実装された命令を使用するプロセッサユニット404によって実行可能であり、これらの命令はメモリ406などのメモリに配置することができる。

10

【0078】

これらの命令は、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、又はコンピュータ可読プログラムコードと呼ばれ、プロセッサユニット404内のプロセッサによって読取及び実行することができる。様々な実施形態のプログラムコードは、メモリ406または固定記憶域408等、様々な物理的なまたはコンピュータ可読記憶媒体上に実装され得る。

【0079】

プログラムコード418は、選択的に着脱可能でコンピュータ可読媒体420上に機能的な形態で配置され、プロセッサユニット404での実行用のデータ処理システム400に読込み又は転送することができる。プログラムコード418及びコンピュータ可読媒体420は、このような実施例ではコンピュータプログラム製品422を形成する。一実施例では、コンピュータ可読媒体420は、コンピュータ可読記憶媒体424又はコンピュータ可読信号媒体426であってもよい。

20

【0080】

これらの実施例では、コンピュータ可読記憶媒体424は、プログラムコード418を伝播又は伝送する媒体よりはむしろプログラムコード418を保存するために使用される物理的な又は有形の記憶デバイスである。代替的には、プログラムコード418は、コンピュータ可読信号媒体426を使用してデータ処理システム400に転送することができる。コンピュータ可読信号媒体426は例えば、プログラムコード418を含む伝播されたデータ信号であってもよい。例えば、コンピュータ可読信号媒体426は、電磁信号、光信号、及び／又は他の任意の好適な形式の信号である。このような信号は、無線通信リンク、光ファイバケーブル、同軸ケーブル、有線、及び／又は他の適切な種類の通信リンクといった通信リンクによって転送され得る。

30

【0081】

データ処理システム400に例示されている種々のコンポーネントは、アーキテクチャ的に制限するものではなく、種々の実施形態が実行可能である。各種例示的な実施形態は、データ処理システム400の例示コンポーネントに加えた及び／又は代えたコンポーネントを含む、データ処理システム内に実装できる。図4に示した他のコンポーネントが、実施例と異なることがある。様々な実施形態を、プログラムコード418を実行できる任意のハードウェアデバイスまたはシステムを使用して実装できる。

40

【0082】

図3の航空機環境300及び図4のデータ処理システム400の図解は、例示的な実施形態が実装される方法に対する物理的又は構造的な制限を示唆することを意図していない。図示したコンポーネントに加えてまたは代えて、他のコンポーネントを使用できる。いくつかのコンポーネントは不要になることがある。また、いくつかの機能コンポーネントを図解するためにブロックが提示されている。例示的な実施形態を実装する際、1つ以上のこれらのブロックを結合、分割したり、あるいは1つ以上のこれらのブロックを別のプロ

50

ックに結合および分割できる。

【0083】

例えば風特定器310が航空機304ではなく遠隔位置347に位置し得る。例えば風特定器310は、遠隔位置347のコンピュータシステム又は他のハードウェアに実装され、遠隔位置347は例えば建物、別の航空機、船舶、又は他の適切な遠隔位置などのプラットフォームであり得る。さらに航空機304は、任意の数の様々な形態をとり得る。例えば航空機304は、飛行機、ヘリコプター、無人航空機、又は他の適切なタイプの航空機であり得る。

【0084】

他の例として、風特定器310のハードウェアはコンピュータシステム320とは別のタイプのハードウェアを使用して実装され得る。例えば、ハードウェアは回路システム、集積回路、特定用途向け集積回路（ASIC）、プログラマブル論理デバイス、または任意の数の操作を実行するように構成された何らかの他の適切な種類のハードウェアの形を取り得る。

10

【0085】

プログラム可能論理デバイスにより、デバイスは任意の数の工程を実施するように構成されている。デバイスは後で再構成することができるか、又は任意の数の工程を実行するように恒久的に構成することができる。プログラマブル論理デバイスの例としては、たとえば、プログラマブル論理アレイ、プログラマブルアレイ論理、フィールドプログラマブル論理アレイ、フィールドプログラマブルゲートアレイ、および他の適切なハードウェアデバイスが挙げられる。加えて、これらのプロセスは無機的なコンポーネントと統合された有機的なコンポーネント内で実行されてよく、及び／又はこれらのプロセスは人間以外の有機的なコンポーネントで全体的に構成されてよい。

20

【0086】

図1及び2に示される様々なコンポーネントは、図3のコンポーネントと結合すること、図3のコンポーネントと併用すること、又はこれら2つの場合の組み合わせが可能である。さらに、図1と2に示されるコンポーネントの一部は、図3と4のブロック図に示されたコンポーネントの物理的実装の例である。

【0087】

次に図5を参照すると、例示的实施形態による航空機の運航プロセスのフロー図が描かれている。図5に示すプロセスは、図1の航空機環境100又は図3の航空機環境300で実装することができる。

30

【0088】

この実施例でプロセスは、航空機が所定の地上航跡の横へと飛行するよう、航空機を旋回させる（作業500）。次いで航空機は、機動地上航跡に沿って飛行するよう、機動地上航跡が所定の地上航跡を横切るような一定の機首方位で旋回する（作業502）。この時点で機動飛行の定常バンク角が発生する。所定の地上航跡の1つの側へと飛行し、次に、所定の地上航跡へと戻って一定の機首方位で対気速度機首真方位Az0で飛行することは、この実施例における機動飛行の一部である。

【0089】

このプロセスにより、航空機が定常バンク角で機動地上航跡に沿って飛行するために旋回する間、航空機についての情報収集がなされる（作業504）。この情報は例えば、航空機の位置群、航空機の数、及び他の適切な情報を含む。次いでプロセスは、機動地上航跡に対しての航空機の位置群から、風に対する風ベクトルを特定する（作業506）。作業506には航空機に関する他の情報の使用も含まれ得る。

40

【0090】

例えば、バンク角、航空機の記録された位置群、航空機の算出された真対気速度、及び他の適切な情報など、他の情報が上述の方程式に対して使用され得る。航空機が所定の地上航跡を横切る際の航空機の初期の対気速度機首真方位、及び風情報などの情報は、上述の方程式を使用して特定され得る。

50

【0091】

次いでプロセスは、風情報を使用して航空機を運航し（作業508）、その後終了する。作業508においては、航空機が所定の地上航跡に沿って飛行するよう、航空機に対する調整がなされ得る。これらの調整は例えば、操縦翼面構成の変更、推力の変更、及び他の適切な調整である。この手法で航空機は所定の地上航跡に、より近接して飛行するよう運航され得る。

【0092】

次に図6を参照すると、例示的实施形態による、風情報を使用した航空機の運航プロセスのフロー図が描かれる。図6のプロセスは、図5の作業508に対して実施される作業の一例である。

10

【0093】

プロセスは、風情報を使用して偏流修正角を特定することにより開始される（作業600）。次いでプロセスは、航空機が所定の地上航跡上を飛行するよう、航空機の機首方位を調整し（作業602）、次いでプロセスは終了する。

【0094】

これらの実施例では、図6のプロセスが航空機により自動的に実施される。図5及び図6の作業は、任意の数の様々な方法で実施され得る。例えば、これらの作業が航空機のコンピュータシステムにより自動的に実施されてもよい。このコンピュータシステムは航空機に位置してもよく、適応した遠隔位置にあってもよい。この実施例で自動的に作業を実施することは、作業の実施を開始させるユーザ入力が必要とせずに作業が実施されるということである。

20

【0095】

ここで図7を参照すると、例示的实施形態による、無人航空機の運航プロセスのフロー図が示される。このプロセスは図1の無人航空機104のような、無人航空機において実装され得る。様々な作業がユーザ入力が必要とせずに自動的に実施される。

【0096】

プロセスは、無人航空機を、所定の地上航跡を一定の機首方位で横切るよう機動飛行させることにより開始される（作業700）。実施例では所定の地上航跡は約ゼロのバンク角で横切られる。換言すれば、これらの実施例では、所定の地上航跡は、無人航空機の翼が水平であるように横切られる。

30

【0097】

次いで無人航空機は旋回に入り、旋回中は定常バンク角を維持する（作業702）。この旋回により無人航空機は所定の地上航跡を横切ることになる。

【0098】

機動飛行の実施中、無人航空機の位置群は測定され記録される（作業704）。次いで無人航空機は、真対気速度、バンク角、及び機動飛行中に記録された位置群を使用して、風についての情報を特定する（作業706）。風情報には風速及び風向が含まれる。換言すれば、この風情報は無人航空機が遭遇した風のベクトルである。

【0099】

無人航空機は、風情報に基づいて偏流修正角を特定する（作業708）。次いで、修正角を使用して機首方位が特定される（作業710）。実施例で、この機首方位は無人航空機の、真対気速度に対する機首方位である。この機首方位は偏流修正コース機首方位（wind correction course heading）と称され得る。次いで無人航空機は、所定の地上航跡上の飛行をほぼ維持するよう機首方位を使用して飛行し（作業712）、その後プロセスは終了する。

40

【0100】

図示した種々の実施形態でのフロー図及びブロック図は、装置及び方法のいくつかの可能な実装の構造、機能、及び操作を示している。その際、フロー図又はブロック図の各ブロックは、作業又はステップのモジュール、セグメント、機能及び／又は部分を表わしている。例えば、一又は複数のブロックは、ハードウェア内のプログラムコードとして、又は

50

プログラムコードとハードウェアの組合せとして実装可能である。ハードウェア内に実装した場合、ハードウェアは、例えば、フロー図又はブロック図の一又は複数の操作を実施するように製造又は構成された集積回路の形態をとりうる。

【0101】

例えば、風についての情報を別の航空機での使用のために伝送する作業に、作業508は置き換えられ得る。この第2の航空機は、風についての情報を特定するのに使用される航空機の近傍にある。このプロセスはまた、定期的に、又は所定の地上航跡の様々な部分で反復され得る。

【0102】

このように、様々な例示的实施形態は航空機の運航のための方法及び装置を提供する。様々な例示的实施形態は、所定の地上航跡に沿った航空機の飛行に影響を与え得る風についての情報を特定する能力を提供する。

10

【0103】

例示的实施形態の一又は複数により、航空機のための風情報の特定が、観測気球など他の機構を使用することなく可能となる。さらに、風について特定された情報が、観測気球などの他の機構を使用するよりも正確である。実施例では、航空機の飛行に実際に影響する風について情報を特定するために、機動飛行を実施する航空機に対する風の効果が使用される。

【0104】

また、一又は複数の例示的实施形態は、航空機と航空交通管制との間の情報伝送を含まない。この手法で、航空機の運航における風情報の特定のための追加装備は不要である。結果として、航空機における重量、費用及び複雑さが抑えられる。

20

【0105】

例示的实施形態のいくつかの代替的実装では、ブロックに記載された一つ又は複数の機能は、図中に記載の順序を逸脱して現れることがある。例えば、含まれる機能性によっては、連続して示される2つのブロックは実質的に同時に実行される場合があり、又はブロックは時に逆の順序で実行されうる。また、フロー図又はブロック図に描かれているブロックに加えて他のブロックが追加されることもありうる。

【0106】

したがって、一又は複数の例示的实施形態は、航空機の地上航跡上の飛行に影響する風についての情報を特定する方法及び装置を提供する。特に、一又は複数の例示的实施形態は、無人航空機の運航に適用され得る。

30

【0107】

実施例では、航路において横風が考慮されない場合にコース修正の反復を減少するために、風について特定された情報を伴って、定常バンク角を使用し自動判定された偏流修正角からの機首方位の自動算出が使用される。

【0108】

上述した様々な実施形態の説明は、例示及び説明を目的とするものであり、完全な説明であること、又はこれらの実施形態を開示された形態に限定することを意図していない。当業者には、多くの修正例及び変形例が自明である。さらに、異なる例示的な実施形態は、他の例示的な実施形態とは異なる特徴を提供することができる。選択された一又は複数の実施形態は、実施形態の原理、実際の用途を最もよく説明するため、及び他の当業者に対し、様々な実施形態の開示内容と、考慮される特定の用途に適した様々な修正との理解を促すために選択及び記述されている。

40

【0109】

代替的实施形態は以下のように記載される。

【0110】

条項 1.

無人航空機を運航する方法であって、
無人航空機を、所定の地上航跡を横切って定常バンク角で飛行させることと、

50

無人航空機が定常バンク角で飛行する間、無人航空機の位置群を特定することと、無人航空機の定常バンク角と位置群とを使用して風速及び風向を特定することと、風速及び風向を使用して、所定の地上航跡上を飛行するよう無人航空機を運航することとを含む方法。

【0111】

条項 2.

無人航空機の位置群を使用して無人航空機の真対気速度を特定することであって、無人航空機の位置群と定常バンク角とを使用して風速及び風向を特定することは、無人航空機の位置群、定常バンク角、及び無人航空機の真対気速度を使用して風速及び風向を特定することを含む、特定すること
をさらに含む、条項 1に記載の方法。

10

【0112】

条項 3.

風速及び風向を使用して、所定の地上航跡上を飛行するよう無人航空機を運航することは、
風速及び風向を使用して偏流修正角を特定することと、
無人航空機が所定の地上航跡上を飛行するよう無人航空機の機首方位を調整することとを含む、条項 1に記載の方法。

条項 4.

前記コンピュータシステムは、前記所定の地上航跡に沿って前記定常バンク角で飛行する航空機についての情報を自動的に受信するように構成され、前記機動地上航跡は前記航空機の前記所定の地上航跡を横切り、前記コンピュータシステムは前記航空機の前記機動地上航跡に沿った前記位置群から前記風についての前記情報を特定する、
条項 1に記載の航空機管理システム。

20

【0113】

条項 5.

航空機は無人航空機である、条項 4に記載の航空機管理システム。

【0114】

条項 6.

コンピュータシステムは航空機又は遠隔位置のうちの少なくとも1つに位置する、条項 4に記載の航空機管理システム。

30

このように、様々な例示的实施形態は航空機の運航のための方法及び装置を提供する。様々な例示的实施形態は、所定の地上航跡に沿った航空機の飛行に影響を与え得る風についての情報を特定する能力を提供する。

例示的实施形態の一又は複数により、航空機のための風情報の特定が、観測気球など他の機構を使用することなく可能となる。さらに、風について特定された情報が、観測気球などの他の機構を使用するよりも正確である。実施例では、航空機の飛行に実際に影響する風について情報を特定するために、機動飛行を実施する航空機に対する風の効果が使用される。

また、一又は複数の例示的实施形態は、航空機と航空交通管制との間の情報伝送を含まない。この手法で、航空機の運航における風情報の特定のための追加装備は不要である。結果として、航空機における重量、費用及び複雑さが抑えられる。

40

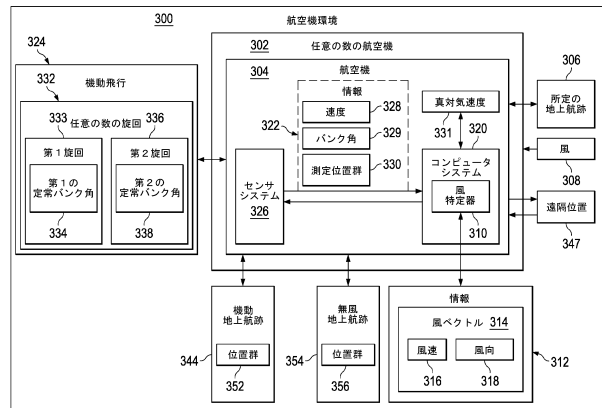
例示的实施形態のいくつかの代替の実装では、ブロックに記載された一つ又は複数の機能は、図中に記載の順序を逸脱して現れることがある。例えば、含まれる機能性によっては、連続して示される2つのブロックは実質的に同時に実行される場合があり、又はブロックは時に逆の順序で実行されうる。また、フロー図又はブロック図に描かれているブロックに加えて他のブロックが追加されることもありうる。

したがって、一又は複数の例示的实施形態は、航空機の地上航跡上の飛行に影響する風についての情報を特定する方法及び装置を提供する。特に、一又は複数の例示的实施形態は、無人航空機の運航に適用され得る。

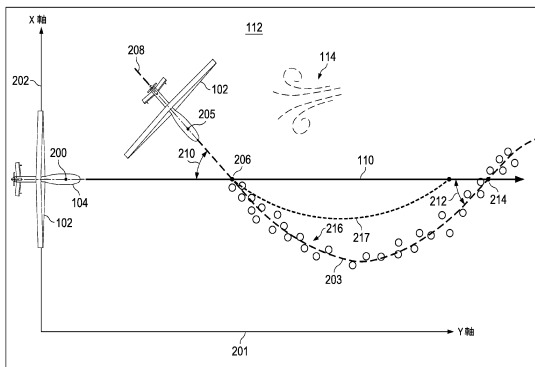
50

上述した様々な実施形態の説明は、例示及び説明を目的とするものであり、完全な説明であること、又はこれらの実施形態を開示された形態に限定することを意図していない。当業者には、多くの修正例及び変形例が自明である。さらに、異なる例示的な実施形態は、他の例示的な実施形態とは異なる特徴を提供することができる。選択された一又は複数の実施形態は、実施形態の原理、実際の用途を最もよく説明するため、及び他の当業者に対し、様々な実施形態の開示内容と、考慮される特定の用途に適した様々な修正との理解を促すために選択及び記述されている。

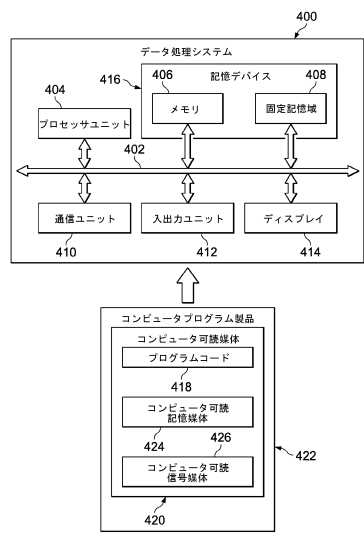
【図 3】



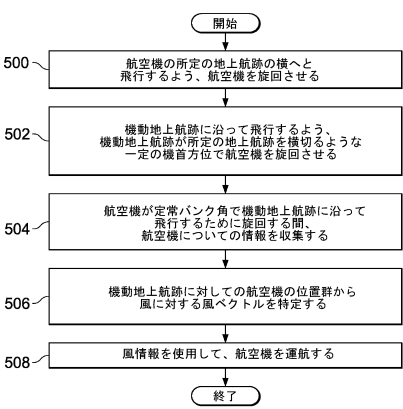
【図 2】



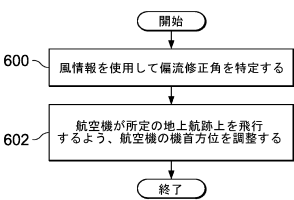
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 テイラー, ボビー ディー.
アメリカ合衆国 イリノイ 60606-2016, シカゴ, ノース リバーサイド プラザ
100

審査官 前原 義明

(56)参考文献 特開2008-207705 (JP, A)
米国特許第05051750 (US, A)
米国特許出願公開第2005/0094851 (US, A1)
米国特許第06092007 (US, A)
米国特許出願公開第2002/0193916 (US, A1)
特開2011-246105 (JP, A)
特開2005-219699 (JP, A)
特開2004-322965 (JP, A)
特開2000-159192 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B64C 13/18
B64C 39/02
G05D 1/10