

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6152123号  
(P6152123)

(45) 発行日 平成29年6月21日(2017.6.21)

(24) 登録日 平成29年6月2日(2017.6.2)

(51) Int.Cl.	F 1
B64C 31/06 (2006.01)	B 64 C 31/06
B64C 27/02 (2006.01)	B 64 C 27/02
G08G 5/00 (2006.01)	G 08 G 5/00
	A

請求項の数 14 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2014-559958 (P2014-559958)	(73) 特許権者 514218229 ベースティングス, グレゴリー ハワード アメリカ合衆国 98253 ワシントン 州, グリーンバンク, リリー レーン 1 71
(86) (22) 出願日	平成25年2月27日 (2013.2.27)	(73) 特許権者 514218230 ラング, デーヴィッド アメリカ合衆国 98070 ワシントン 州, バション, エスタブリュー ホーソー ン レーン 7923
(65) 公表番号	特表2015-514617 (P2015-514617A)	(73) 特許権者 514151638 カルバリー, グラント ハワード アメリカ合衆国 98250 ワシントン 州, フライディ ハーバー, スリー メド ース レーン 261
(43) 公表日	平成27年5月21日 (2015.5.21)	
(86) 國際出願番号	PCT/US2013/027911	
(87) 國際公開番号	W02013/130526	
(87) 國際公開日	平成25年9月6日 (2013.9.6)	
審査請求日	平成28年2月8日 (2016.2.8)	
(31) 優先権主張番号	61/634,423	
(32) 優先日	平成24年2月29日 (2012.2.29)	
(33) 優先権主張国	米国(US)	

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】係留ジャイログライダーのコントロールシステム

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

少なくとも一機の、少なくとも一つの飛行ミッションに整合し、合致する飛行経路に沿って係留されたジャイログライダーの、以下を含むコントロールシステム：

- リポジトリーを持つ、以下を受け取り、保存するように適応された学習およびライブラリーマネージャー、

少なくとも一つの飛行ミッションに関連する少なくとも一つの動的要素に対応する、少なくとも一つの計測され、シミュレートされ、ないしは計算された第一の値；

少なくとも一つの飛行ミッションに関連する既定の設定に対応する、少なくとも一つの第二の値；および

少なくとも一つのストアされた第一の値および少なくとも一つのストアされた第二の値が含まれる、ストアされた集合に関連するストアされた飛行経路であって、少なくとも一つの飛行ミッションに対応するもの；

- 少なくとも一つの動的要素の現行の状態に対応する、現行の第一の値を受け取るよう適応された入力マネージャー；

- 少なくとも一機の係留されたジャイログライダーの少なくとも一つの現行の飛行ミッションに関連する第二の値を受け取るよう適応された設定マネージャー；

- 以下を含む飛行経路コントローラー：

少なくとも一つの現行の第一の値と少なくとも一つの第二の値および少なくとも一つの現行の飛行ミッションのためにストアされた少なくとも一つの集合に沿ったストアされた

10

20

飛行経路が含まれる現行の集合を受け取るよう適応された飛行経路ジェネレータであって、加えて、受け取った少なくとも一つの現行の第一の値に対し、受け取った少なくとも一つのストアされた第一の値を参照して反復比較、分析、シミュレーション、最適化、テスト、ランキング、評価、フィルタリングのうち少なくとも一つを実行し、少なくとも一つの修正された第一の値を算出し、受け取った少なくとも一つの第二の値と共にこの算出した値を用いて、確定された、少なくとも一つの現行の飛行ミッションに関連する、少なくとも一つの飛行経路を生成するよう適応されたもの；および

修正された第一の値、第二の値と少なくとも一つの現行の飛行ミッションのため確定された飛行経路を含む現行の集合をストアされた集合に追加するよう適応されたエディター；および

・修正された第一の値を受け取り、モニタリングを行うよう適応された活動プロセッサーであって、加えて、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーを確定された飛行経路に乗せ、その位置を全般的に維持するため、少なくとも一つの飛行管理デバイス、発電コントローラー、張力管理手段、地上基地管理デバイスに対する、修正された第一の値の配信、セグメント化、変換、置き換えのうち少なくとも一つを実行するよう適応されたもの。

#### 【請求項 2】

請求項 1 のコントロールシステムであって、その飛行経路コントローラーは、以下のうち少なくとも一つを含むもの：

・複数の地上基地の、少なくとも一つのファームの一部に合致する領空に関連する可変の地理空間および時間における風の包絡線および少なくとも一機の係留されたジャイログライダーの位置、状態および性能特性に対応する飛行エンベロープを予測ないしは確定するよう適応された予測の手段；

・少なくとも一つの現行の飛行ミッションに基づき、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーの各々の安全の状態および性能確保の確実性を検知するよう適応されたイベントマネージャーであって、加えて即時にとるべき修正行動または他の飛行ミッションへの切り替えを指示する機能を持つよう適応されたもの；および

・少なくとも一つ第一の値を報告するよう適応された報告手段。

#### 【請求項 3】

請求項 1 のコントロールシステムであって、飛行ミッションには、滞空時間、観察エリア、識別されモニタされた要点およびそれらに続いて実施された行動、通信、収集された地球工学的データー、土木工学的データー、機械工学的データー、航空データー、気候データー、発電した電力、需要、価格設定、交渉に関連した発電のタイミング、質、量のデーターのうち少なくとも一つを含む計測可能な出力が対応するもの。

#### 【請求項 4】

請求項 1 のコントロールシステムであって、飛行ミッションが監視、通信、地球工学、機体の測位、発電および推進力を含む群から選択されるもの。

#### 【請求項 5】

請求項 1 のコントロールシステムであって、動的要素には直近の風力ベクトル、風力予測、基地の位置、障害物、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーの地理空間位置、直近のジャイログライダーおよびそれらの係留索の地理空間位置、地理空間速度、係留索張力、伸張された係留索の長さ、係留索の挙動、係留索の保守状態、有効荷重、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーの状態、機上電源、通信手段、基地への送電網による電源および補助電源、ミッションの状態、関連する市場と顧客の状況、少なくとも一つの飛行ミッションに関連する計測可能な出力のうち少なくとも一つが含まれるもの。

#### 【請求項 6】

請求項 1 のコントロールシステムであって、第二の値は、閾値、範囲、限度、運転目標、少なくとも一つの飛行ミッションの仕様、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーないしは関連の部品の仕様、部品および係留索のシリアルナンバー、登録番号、仕様

10

20

30

40

50

、材料、重量を含む、デバイス、システムの管理状況または論理的パラメーターを表現するために用いられ、固定値、範囲、配列または固定値、範囲または値の配列を返す数学的関数のうちの少なくとも一つであるもの。

【請求項 7】

請求項 1 のコントロールシステムであって、飛行管理デバイスは修正された第一の値を受け取り、さらに、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーの挙動を制御する、推力、ピッチ、ロール、ヨー角、発電、係留索関連機能、有効荷重関連機能、報告機能、タイミングおよび同期機能を含む手段や手法を管理するために適応されたものである。

【請求項 8】

請求項 1 のコントロールシステムであって、張力管理手段は修正された第一の値を受け取り、さらに、係留索の張力、有効荷重、巻き戻し速度、延長をモニタリングし、制御して関連するデーターを入力マネージャーに送信するように適応されたものである。

【請求項 9】

請求項 1 のコントロールシステムであって、発電コントローラーは修正された第一の値を受け取り、モニタリングを行い、さらに、係留索の巻出し工程には発電ブレーキとして、巻き戻し工程にはウィンチとして作動する電動発電機を制御するために適応されたものである。

【請求項 10】

請求項 1 のコントロールシステムであって、基地管理デバイスは稼働およびミッションコントローラと共に少なくとも一つの現行の飛行ミッションに関連する計測可能な出力を、品質、量、価格設定を含み、また関連する商業団体の直近の設備、コントロールシステム、ネットワークに参加するための入札およびコストをオプションとして含む、市場に基づく設定およびシミュレーション、予測、見込のうち少なくとも一つに基づいて比較し、さらに、設定マネージャーに比較結果を通信するように適応されたもの。

【請求項 11】

少なくとも一つの飛行ミッションに合致する飛行経路に沿って、係留されたジャイログライダーを制御する、以下の段階を含む方法：

- ・少なくとも一つの飛行ミッションに関連する、少なくとも一つの動的要素に対応する、少なくとも一つの計測され、シミュレートされ、計算された第一の値を受け取り、リポジトリにストアする；
- ・少なくとも一つの飛行ミッションに関連する、前もって決められた設定に対応する少なくとも一つの第二の値を受け取り、リポジトリにストアする；
- ・リポジトリにある、少なくとも一つの飛行ミッションに対応する飛行経路を受け取り、ストアする、ストアされた飛行経路は少なくとも一つのストアされた第一の値および少なくとも一つのストアされた第二の値を含むストアされた集合に関連付けされる；
- ・少なくとも一つの動的要素に関する現行の状態に対応する現行の第一の値を受け取る；
- ・少なくとも一つの現行の飛行ミッションに関連する第二の値を受け取る；
- ・少なくとも一つの現行の飛行ミッションに関連する少なくとも一つのストアされた集合に沿った少なくとも一つの飛行経路を受け取る；
- ・受け取った少なくとも一つの現行の第一の値に対し、受け取った少なくとも一つのストアされた第一の値を参照して反復比較、分析、シミュレーション、最適化、テスト、ランキング、評価、フィルタリングの少なくとも一つを実行する；
- ・以降の処理で、受け取った少なくとも一つの第二の値と共に使用する、少なくとも一つの修正された第一の値を算出する；
- ・少なくとも一つの現行の飛行ミッションに関連する少なくとも一つの確定した飛行経路を生成する；
- ・少なくとも一つの現行の飛行ミッションのための、修正された第一の値、対応する第二の値、確定した飛行経路を含む集合をストアされている集合に追加する；
- ・修正された第一の値を受け取り、モニタリングを行う；

10

20

30

40

50

- ・修正された第一の値の配信、セグメント化、変換、置き換えのうち、少なくとも一つを実行する。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 の方法であって、現行の第一の値を受け取る段階には、少なくとも一つの直近の風力ベクトル、風力予測、基地の場所、障害物、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーの地理空間位置、直近のジャイログライダーおよびそれらの係留索の地理空間位置、地理空間速度、係留索張力、伸張された係留索の長さ、係留索の拳動、係留索の保守状態、有効荷重、機上電源、通信手段、基地への送電網による電源および補助電源、ミッションの状態、関連する市場と顧客の状況、少なくとも一つの飛行ミッションに関連する計測可能な出力のうち少なくとも一つを確定する段階が含まれるもの。

10

【請求項 1 3】

請求項 1 1 の方法であって、少なくとも一つの飛行経路を生成する段階に以下のうち少なくとも一つの段階が含まれるもの:

- ・複数の地上基地の、少なくとも一つのファームの一部に合致する領空に関連する可変の地理空間および時間における風の包絡線および少なくとも一機の係留されたジャイログライダーの位置、状態および性能特性に対応する飛行エンベロープを予測ないしは確定する段階;
- ・少なくとも一つの現行の飛行ミッションに基づき、係留されたジャイログライダーの各々の安全の状態および性能確保の確実性を検知し、加えて即時にとるべき修正行動または他の飛行ミッションへの切り替えを指示する段階;および
- ・少なくとも一つ第一の値を報告する段階。

20

【請求項 1 4】

請求項 1 1 の方法であって、修正された第一の値の配信、セグメント化、変換、置き換えのうち少なくとも一つを実行する段階に、以下の段階のうち少なくとも一つが含まれるもの:

- ・修正された第一の値を受け取り、さらに、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーの拳動を制御する、推力、ピッチ、ロール、ヨー角、発電、係留索関連機能、有効荷重関連機能、報告機能、タイミングおよび同期機能を含む手段や手法を用いて制御を行う段階;
- ・修正された第一の値を受け取り、さらに、係留索の張力、有効荷重、巻き戻し速度、延長をモニタリングし、制御して関連するデーターを入力マネージャーに送信する段階;
- ・修正された第一の値を受け取り、モニタリングを行い、さらに、係留索の巻出し行程には発電ブレーキとして、巻き戻し行程には原動機として作動する電動発電機を制御する段階;および
- ・少なくとも一つの現行の飛行ミッションに関連する計測可能な出力を、品質、量、価格設定を含み、また関連する商業団体の直近の設備、コントロールシステム、ネットワークに参加するための入札およびコストをオプションとして含む、市場に基づく設定およびシミュレーション、予測、見込のうち少なくとも一つに基づいて比較し、さらに、設定マネージャーに比較結果を通信する段階。

30

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【 0 0 0 1 】

開示の分野

本開示はコントロールシステムに関するものである。特に、係留されたジャイログライダーのコントロールシステムに関するものである。

【 0 0 0 2 】

定義

本明細書で使用する「飛行経路」という表現は、計算され、経験済み、またはシミュレーションを行った、望ましい飛行の経路であり、係留索の角度や張力、回転状態および位置状態を示すベクトルや係留索の角加速度などを含む、飛行経路を識別することのできる

50

指標を持つものを指すが、これらに限定するものではない。

【0003】

本明細書で使用する「ストアされた飛行経路」という表現は、すでに経験されている飛行経路に沿って確定された飛行経路であって、本質的には、確定された飛行経路であり実際に飛行が行われたことのあるものをさすが、これらに限定するものではない。

【0004】

本明細書で使用する「飛行ミッション」とは、計測可能な出力を生成する活動を指すが、これらに限定するものではない。

【0005】

本明細書で使用する「係留されたジャイログライダーの状態」とは、ジャイログライダーと係留索の現行の作動状態および飛行コントロールシステムに関連する手段の作動状態を指すがこれらに限定するものではない。 10

【0006】

本明細書で使用する「性能確保の確実性」という表現は、単なるデバイス、コンポーネント、アセンブリ、システム、保守や運用上の欠陥や故障が全システムと全ての付属のシステムを契約上、実践上の債務の発生や人命の損失を含む財産、人間への経済的、物理的損害、危害の危険に晒すことの、材料、使用、重量、目的適合性を含む多くのデバイス、作動手段、作動手法および由来、権原、権利者の決定への連続的な依存の度合いを指すがこれらに限定するものではない。

【0007】

本明細書で使用する「障害物」という表現は、固定された、または浮遊している物および制限された空域を指すがこれらに限定するものではない。 20

【0008】

本明細書で使用する「現行」という表現は、最初の数値、飛行ミッションなどに関連して使用する時、少なくとも1機のジャイログライダーの選択されたミッションに関連する数値や状態を指す。

【0009】

本明細書で使用する「実質的に少なくとも一つの現行飛行ミッションに関連する、少なくともひとつの既定の飛行経路」という表現は、容認できる許容値の限度内にある、選択された飛行ミッションに関連する既定の飛行経路を指すがこれらに限定するものではない。 30  
。例えば、選択された飛行ミッションが1000Wの電力を発電しているとすると。既定の飛行経路によれば、期待される1000Wの電力を発電できるか、少なくとも前もって決められた許容値の範囲にある、例えば許容値を10%とすれば、900Wの電力を得ることができるであろう。

【0010】

本明細書で使用する「動的要素」という表現は、直近の風力ベクトル、風力予想、ベースステーションの位置、障害物、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーの地理空間位置、直近のジャイログライダーおよびそれらの係留索の地理空間位置、地理空間速度、係留索張力、伸張された係留索の長さ、係留索の挙動、係留索の保守状態、搭載機材、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーの状態、機上電源、通信手段、基地への送電網による電源および補助電源、ミッションの状態、関連する市場と顧客の状況、少なくとも一つの飛行ミッションに関連する計測可能な出力のうち少なくとも一つを指すが、これらに限定するものではない。 40

【0011】

本明細書ではこれらの定義を当技術分野における定義に加えて使用する。

【背景技術】

【0012】

風力は価値創造の選択肢として有力視されるべき生産手段である。同様に、多くの機材、管理方法、手法、場所、付帯する市場、ミッション情報は、風力に関連するもう一つの価値創造の選択肢を形成している。係留されたジャイログライダーのコントロールシステ 50

ムはこれらの2つの価値創造の可能性を結合させ、性能確保の確実性と価値創造の確実性を向上する。加えて、係留索自体の物理的存在、課題、一体性、完全性、寿命、寿命までのコスト、性能、安全およびシステムの係留索への依存からなる第3の課題解決を提供する。

【0013】

地上の風力発電システムの発展経緯上注視すべき点として、以下の5つの点を挙げるこ  
とが出来る：

【0014】

第一に、風力に含まれるエネルギーを他の有用な形式のエネルギーに変換する目的で使  
用される機材は、一般的に一定の地点に固定され、断続的な地上風力を有効に取得するため、その方向を変更する旋回軸を持ち、ないしは方向変更のための付随機構を別に備えているが、設置場所が固定されていることとその高さが一般的には、超低空飛行である地形追隨飛行の高度を超える程度であることに制限されている。

10

【0015】

第二に、風力発電とは、一般的な認識では、絶えず風速が変動し、平均の風速でも一日の時間帯、季節によって変動がある断続的なものであり、これに対応すべきコントロールシステムがあり、通常は風の現況に応じて機材の方向を変え、加えてエネルギー変換を最適なものし、コストとリスクを最小にする各種の調整機構を持っていると理解されている。加えて、これには、機材自体に対する危険な状況や周囲にある財産や人間に対する危険を低減する機構が含まれると理解されている。

20

【0016】

第三に、当技術分野で知られている地上風力発電装置の特性では、風速の増大に伴って発電電力も増加することが示されているが、過剰な風力エネルギーが機材や付属装置類を破壊する可能性がある点までに限定され、それ以上のエネルギーは放棄される。このため、風力発電は、高い風速に恵まれた時点であっても、比較的低い風速の時の性能に制限される。また、発電そのものは実質的な影響をもたらす程度に断続したものであり、運転を維持できる風が吹くかどうかに全く依存するものである。

【0017】

第四に、地上風力タービンは大型で頑丈な固定建造物であり、一般的には、高さは200から500フィートほどで、風力エネルギーを捉えるための巨大な回転翼を持つ。その建造には大量の鋼鉄や他の資材を要し、加えて強固で永続的な耐久性をもつ基礎構造物、支持構造物が必要である。これらは、一方ではクリーンエネルギーの必要に応えるものとされるが、他方で多くの人に自然の景観を害するものとみなされうる。地上風力タービンの設計と運用では、2乗3乗の法則が示すような、構造物の巨大化、重量化に伴った、最終的に得られる性能の減少が見られる。

30

【0018】

第五に、複数の地上風力タービンは、一般的には互いに独立した単体のユニットとして稼働する。断続的なエネルギー源として、各々の出力は増減するにせよ、各ユニットの出力は、総合的な性能を発揮する全体の出力の一部となる。一般的に地上風力タービン単体の電気的、機械的故障や構造上の不具合、他の物理的な障害は、隣接して設置されているグループ、クラスター や風力基地の他のユニットとは無関係である。

40

【0019】

固定された地上風力発電システムは、一定の場所に風が吹くことを待機するのみで、風力が得られるときはその条件に合せて調整されるが、その運用は以上に示したような明確な限界から逃れられない。このことは、可能性ある風力を探索し、概ねすべての高度、地点、地理空間位置における風であっても、効果的に風力を捕獲する、新しい係留されたジャイログライダーの機動性と対照的である。加えて、多様な機器、航法、コントロール、運用戦略により、上空の現在利用可能な風力および風力予想から最適な風を選択し、発電量を最大化することができる。上空の風力は、空気密度の大きな変動があるほか、地上に比べて約50倍ものエネルギー量をもつことなど、その性質に明確な違いが見られる。固定

50

された地上風力発電システムは、本質的に固定された発電量（立ち上がりが急峻であるが、以降平坦な発電曲線をもつ）を得るために設計されるが、固定された設置場所の風の有無による限界をもつ。このような固定システムの性能は、以下の両方の状態に左右される：A) 稼働し、発電している状態、および、B) 稼働せず、発電していない状態。これらの状態は、各々概ね数時間の期間続くものである。

#### 【0020】

コントロールシステムにより想定される係留されたジャイログライダーによる発電は、地上風力タービンには見られない、他の状態を導入する。その作動には、以下が含まれる、1) 十分な風力が得られる間に運動エネルギーを取り出す発電行程および次の発電行程のためにジャイログライダーを再配置する再帰行程として区別され、規則的に繰り返される行程からなる、コントロールされた航法による発電サイクルの状態。レシプロ機関内にあるピストンの運動を連想させる規則的な往復移動である、2) 発電行程にて大きなエネルギーを得、再帰行程はより少ない力（エネルギー消費）で行う、非対称性をもった運転を行う機能、3) 一定の地理空間位置で空転を行う、静止状態を可能とする機能。自動車ではクラッチによりエンジンとトランスミッション間を切断することに例えることができる、4) ある地理空間位置から他の位置へと移動する機能、5) 複数のジャイログライダー間で、発電行程、再帰行程のリズムを調整し、総合的な電力生産が調和のとれたものとする機能。多気筒エンジンで、シリンダの組み合わせにより一定の出力を供給することに例えることができる、6) ジャイログライダー群およびそれらの係留索を、各機の地理空間に関する排他的要件を満たし、付属するシステムや係留索を保護し、また衝突や索の絡みを避けるため隣接する機体や係留索からの距離を確保し、想定される、ないしは実際の事故等の危害を防ぐため、各々および全体を安全に管理する機能、7) 一機または複数のジャイログライダー、係留索、地上ステーションや隣接する他の設備、資産、人に危険をもたらす、またはもたらす可能性があるエラー状態や他の状況における、配置、地理空間位置、航法、地上システムおよびその付属システムを含む全付属システムおよび係留索の健全性、充足度、性能維持を管理する機能。

#### 【0021】

それゆえ、係留されたジャイログライダーには、その機動性を活用するために、既存のものと根本的に違うコントロールシステムを必要としているのである。係留されたジャイログライダーに関する風力や運動の法則、傾向を観察し、検知し、計算され、シミュレーションに応用し、実時間ないしは事前、事後での分析を行うことができる。また、過去の運転性能や経験を集積し、ログ、アルゴリズム、専用計算機、飛行管理ライブラリ、構造、機能、管理、運用に関する要素の一意な識別とその概念上の定義またはその特性の概要、係留索上に設置されたものを含むスマートセンサーやスマートセンサ網、付属する通信、信号、送信機材や地形追隨飛行の高度である上空からのジャイログライダーの観察、管理、操縦のための機材を含むコントロールシステムの機材、手法、管理戦略の構築に活用することができる。このような観察、検知、計算、シミュレーション、分析やシステムの合成は、概してすべての高度、地理空間位置、地理空間次元、期間における直近の風量記録や予想およびすべての方向に向けた機動的なジャイログライダーの航法や地上、上空の風力に対し、または地上ステーションに対して、近隣の他機と連携して航行した軌跡を含む。

#### 【0022】

定められた場所以外に風力を求めることのできない地上風力タービンと違い、係留されたジャイログライダー、地上ステーション、風力、気象予測およびコントロールシステムを組み合わせることにより、風力を検索し、利用可能なものを識別して、風力の選択肢から発電およびシステムの運転やグライダーの他の応用に適切な風力を選択して利用する、ないしはその予測をすることが想定される。また、一般的に、利用可能な風の選択肢により、地上風力に対比して継続的な性能の発揮を可能とすることも想定に含まれる。しかし、ここに示すコントロールシステムと共にした、先行技術によるジャイログライダーの飛行管理が示す地理空間位置を含む、係留されたジャイログライダーの現存する、または可

10

20

30

40

50

能性ある、ないしは期待される基地および基地の空域である地理空間に、十分な風量が合理的に用意されていることの保証は存在しないことが起こり得る。

### 【0023】

一般的には、係留されたジャイログライダーは地理空間に固定されたものと見られるが、実は機動的で強力な航空機であり、個別に、または同時に、グループ、クラスター、群やこれらの組み合わせとして、多次元に、地理空間の多くの方向に航行し、上昇、降下、旋回などの航行のための姿勢制御を行って電力を生産することができる。係留されたジャイログライダーのコントロールシステムは、係留による航空特性、空力弹性特性上の課題への対応を含み、係留されていない航空機のコントロールシステムとは異なるものである。係留されたジャイログライダーは、標準的に複雑な張力構造である。一般的には、係留された航空機、とりわけジャイログライダーは、地上基地のアンカーと回転翼先端の2点の間に働く張力が掛かっている。この張力は、回転翼ハブ、係留索により伝達されている。ジャイログライダーの胴体、コントロール機器および地上基地に置かれる要素は、典型的な張力構造物設計の明確な例外であり、システムにおいて重要な力が加わるだけでなく、その力の制御、管理を行う。ジャイログライダーの設計において、ジャイログライダーが同じように地上のアンカーから糸を伝わる力と風力が働く凧のようなものであるとして、その凧の構造体および表面を空中のアンカーとして考えたとき、その空中のアンカーの分析や表現は複雑なものとなる。このように、相対的な上昇、降下、左右旋回、または、コンパスによる航行や地上の基準点を参照する航法やベクトルのみでは、同時に発生し、またコントロールシステムが検出、検知、計算し、航行システムや管理のシステム、係留索、地上基地管理、ファーム管理、物理的な安全、電気的な安全および情報の安全のシステムおよび他の付属システムへ送信する多くの線形、非線形の現象および力を分析するには不十分である。また、「最適」という言葉は、時間の経過とコントロールシステムのシミュレーション、合成、予測、実行、取得経験の能力により、「最適な性能」に最も近づくために常時行われる学習と適応の結果得られるものといえる。「最適な性能」とは、最高の性能、最低の性能を含めたあらゆる範囲にある性能となりうるもので、目標とするものであって、非確実性や線形、非線形の複雑性を踏まえたものである。係留されたジャイログライダーおよびコントロールシステムを取り巻く多様な動的、物理的条件を一体として捉えた形態が、係留されたジャイログライダーの性能や特性を決定する。

### 【発明の概要】

### 【発明が解決しようとする課題】

### 【0024】

本開示によれば、少なくとも一機の、少なくとも一つの飛行ミッションに整合し、合致する飛行経路に沿って係留されたジャイログライダーの、以下を含むコントロールシステムが提供される：

- ・リポジトリを持つ、以下を受け取り、保存するように適応された学習およびライブラリーマネージャー；

少なくとも一つの飛行ミッションに関連する少なくとも一つの動的要素に対応する、少なくとも一つの計測され、シミュレートされ、ないしは計算された第一の値；

少なくとも一つの飛行ミッションに関連する既定の設定に対応する、少なくとも一つの第二の値；および

少なくとも一つのストアされた第一の値および少なくとも一つのストアされた第二の値が含まれる、ストアされた集合に関連するストアされた飛行経路であって、少なくとも一つの飛行ミッションに対応するもの；

- ・少なくとも一つの動的要素の現行の状態に対応する、現行の第一の値を受け取るよう適応された入力マネージャー；

- ・少なくとも一機の係留されたジャイログライダーの少なくとも一つの現行の飛行ミッションに関連する第二の値を受け取るよう適応された設定マネージャー；

- ・以下を含む飛行経路コントローラー；

少なくとも一つの現行の第一の値と少なくとも一つの第二の値および少なくとも一つの

10

20

30

40

50

現行の飛行ミッションのためにストアされた少なくとも一つの集合に沿ったストアされた飛行経路が含まれる現行の集合を受け取るよう適応された飛行経路ジェネレータであって、加えて、受け取った少なくとも一つの現行の第一の値に対し、受け取った少なくとも一つのストアされた第一の値を参照して反復比較、分析、シミュレーション、最適化、テスト、ランキング、評価、フィルタリングのうち少なくとも一つを実行し、少なくとも一つの修正された第一の値を算出し、受け取った少なくとも一つの第二の値と共にこの算出した値を用いて、確定された、実質的に少なくとも一つの現行の飛行ミッションに関連する、少なくとも一つの飛行経路を生成するよう適応されたもの;および

修正された第一の値、第二の値と少なくとも一つの現行の飛行ミッションのため確定された飛行経路を含む現行の集合をストアされた集合に追加するよう適応されたエディター;および

・修正された第一の値を受け取り、モニタリングを行うよう適応された活動プロセッサーであって、加えて、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーを確定された飛行経路に乗せ、その位置を全般的に維持するため、少なくとも一つの飛行管理デバイス、発電コントローラー、張力管理手段、地上基地管理デバイスに対する、修正された第一の値の配信、セグメント化、変換、置き換えのうち少なくとも一つを実行するよう適応されたもの。

#### 【0025】

加えて、以上の飛行経路コントローラーは、以下のうち少なくとも一つを含む:

・複数の地上基地の、少なくとも一つのファームの一部に合致する領空に関連する可変の地理空間および時間における風の包絡線および少なくとも一機の係留されたジャイログライダーの位置、状態および性能特性に対応する飛行エンベロープを予測ないしは確定するよう適応された予測の手段;

・少なくとも一つの現行の飛行ミッションに基づき、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーの各々の安全の状態および性能確保の確実性を検知するよう適応されたイベントマネージャーであって、加えて即時にとるべき修正行動または他の飛行ミッションへの切り替えを指示する機能を持つよう適応されたもの;および

・少なくとも一つ第一の値を報告するよう適応された報告手段。

#### 【0026】

標準として、現行の飛行ミッションには、滞空時間、観察エリア、識別されモニタされた要点およびそれらに続いて実施された行動、通信、収集された地球工学的データー、土木工学的データー、機械工学的データー、航空データー、気候データー、発電した電力、需要、価格設定、交渉に関連した発電のタイミング、質、量のデーターのうち少なくとも一つを含む計測可能な出力が対応する。

#### 【0027】

標準として、現行の飛行ミッションは監視、通信、地球工学、機体の測位、発電および推進力を含む群から選択される。

#### 【0028】

標準として、動的要素には直近の風力ベクトル、風力予測、基地の位置、障害物、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーの地理空間位置、直近のジャイログライダーおよびそれらの係留索の地理空間位置、地理空間速度、係留索張力、伸張された係留索の長さ、係留索の拳動、係留索の保守状態、搭載機材、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーの状態、機上電源、通信手段、基地への送電網による電源および補助電源、ミッションの状態、関連する市場と顧客の状況、少なくとも一つの飛行ミッションに関連する計測可能な出力のうち少なくとも一つが含まれる。

#### 【0029】

標準として、第二の値は、閾値、範囲、限度、運転目標、少なくとも一つの飛行ミッションの仕様、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーないしは関連の部品の仕様、部品および係留索のシリアルナンバー、登録番号、仕様、材料、重量を含む、デバイス、システムの管理状況または論理的パラメーターを表現するために用いられ、固定値、範

10

20

30

40

50

囲、配列または固定値、範囲または値の配列を返す数学的関数のうちの少なくとも一つである。

【0030】

本開示によれば、飛行管理デバイスは修正された第一の値を受け取り、さらに、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーの挙動を制御する、推力、ピッチ、ロール、ヨー角、発電、係留索関連機能、搭載機材関連機能、報告機能、タイミングおよび同期機能を含む手段や手法を管理するために適応されたものである。

【0031】

また、本開示によれば、張力管理手段は修正された第一の値を受け取り、さらに、係留索の張力、搭載機材、巻き戻し速度、延長をモニタリングし、制御して関連するデータを入力マネージャーに送信するように適応されたものである。 10

【0032】

加えて、本開示によれば、発電コントローラーは修正された第一の値を受け取り、モニタリングを行い、さらに、係留索の巻出し行程には発電ブレーキとして、巻き戻し行程には原動機として作動する電動発電機を制御するために適応されたものである。

【0033】

さらに加えて、本開示によれば、基地管理デバイスは稼働およびミッションコントローラと共に少なくとも一つの現行の飛行ミッションに関連する計測可能な出力を、品質、量、価格設定を含み、また関連する商業団体の直近の設備、コントロールシステム、ネットワークに参加するための入札およびコストをオプションとして含む、市場に基づく設定およびシミュレーション、予測、見込のうち少なくとも一つに基づいて比較し、さらに、設定マネージャーに比較結果を通信するように適応されたものである。 20

【0034】

本開示によれば、少なくとも一つの飛行ミッションに合致する飛行経路に沿って、係留されたジャイログライダーを制御する、以下の段階を含む方法が提供される：

- ・少なくとも一つの飛行ミッションに関連する、少なくとも一つの動的要素に対応する、少なくとも一つの計測され、シミュレートされ、計算された第一の値を受け取り、リポジトリにストアする；
- ・少なくとも一つの飛行ミッションに関連する、前もって決められた設定に対応する少なくとも一つの第二の値を受け取り、リポジトリにストアする； 30
- ・リポジトリにある、少なくとも一つの飛行ミッションに対応する飛行経路を受け取り、ストアする。ストアされた飛行経路は少なくとも一つのストアされた第一の値および少なくとも一つのストアされた第二の値を含むストアされた集合に関連付けされる；
- ・少なくとも一つの動的要素に関する現行の状態に対応する現行の第一の値を受け取る；
- ・少なくとも一つの現行の飛行ミッションに関連する第二の値を受け取る；
- ・少なくとも一つの現行の飛行ミッションに関連する少なくとも一つのストアされた集合に沿った少なくとも一つの飛行経路を受け取る；
- ・受け取った少なくとも一つの現行の第一の値に対し、受け取った少なくとも一つのストアされた第一の値を参照して反復比較、分析、シミュレーション、最適化、テスト、ランディング、評価、フィルタリングの少なくとも一つを実行する； 40
- ・以降の処理で、受け取った少なくとも一つの第二の値と共に使用する、少なくとも一つの修正された第一の値を算出する；
- ・少なくとも一つの現行の飛行ミッションに実質的に関連する少なくとも一つの確定した飛行経路を生成する；
- ・少なくとも一つの現行の飛行ミッションのため、修正された第一の値、対応する第二の値、確定した飛行経路を含む集合をストアされている集合に追加する；
- ・修正された第一の値を受け取り、モニタリングを行う；
- ・修正された第一の値の配信、セグメント化、変換、置き換えのうち、少なくとも一つを実行する。

【0035】

10

20

30

40

50

標準として、現行の第一の値を受け取る段階には、少なくとも一つの直近の風力ベクトル、風力予測、基地の場所、障害物、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーの地理空間位置、直近のジャイログライダーおよびそれらの係留索の地理空間位置、地理空間速度、係留索張力、伸張された係留索の長さ、係留索の挙動、係留索の保守状態、搭載機材、機上電源、通信手段、基地への送電網による電源および補助電源、ミッションの状態、関連する市場と顧客の状況、少なくとも一つの飛行ミッションに関連する計測可能な出力のうち少なくとも一つを確定する段階が含まれる。

#### 【0036】

加えて、少なくとも一つの飛行経路を生成する段階には以下のうち少なくとも一つの段階が含まれる：

10

- ・複数の地上基地の、少なくとも一つのファームの一部に合致する領空に関連する可変の地理空間および時間における風の包絡線および少なくとも一機の係留されたジャイログライダーの位置、状態および性能特性に対応する飛行エンベロープを予測ないしは確定する段階；
- ・少なくとも一つの現行の飛行ミッションに基づき、係留されたジャイログライダーの各々の安全の状態および性能確保の確実性を検知し、加えて即時にとるべき修正行動または他の飛行ミッションへの切り替えを指示する段階；および
- ・少なくとも一つ第一の値を報告する段階。

#### 【0037】

標準として、修正された第一の値の配信、セグメント化、変換、置き換えのうち少なくとも一つを実行する段階には、以下の段階のうち少なくとも一つが含まれる：

20

- ・修正された第一の値を受け取り、さらに、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーの挙動を制御する、推力、ピッチ、ロール、ヨー角、発電、係留索関連機能、搭載機材関連機能、報告機能、タイミングおよび同期機能を含む手段や手法を用いて制御を行う段階；
- ・修正された第一の値を受け取り、さらに、係留索の張力、搭載機材、巻き戻し速度、延長をモニタリングし、制御して関連するデーターを入力マネージャーに送信する段階；
- ・修正された第一の値を受け取り、モニタリングを行い、さらに、係留索の巻出し行程には発電ブレーキとして、巻き戻し行程には原動機として作動する電動発電機を制御する段階；および
- ・少なくとも一つの現行の飛行ミッションに関連する計測可能な出力を、品質、量、価格設定を含み、また関連する商業団体の直近の設備、コントロールシステム、ネットワークに参加するための入札およびコストをオプションとして含む、市場に基づく設定およびシミュレーション、予測、見込のうち少なくとも一つに基づいて比較し、さらに、設定マネージャーに比較結果を通信する段階。

30

#### 【0038】

本開示の内容は添付の図表と共に以下の説明でさらに明確なものとするが、これらの図表は本開示の形態のうち、典型例を説明するのみのものであり、本開示の範囲を限定するものではない。以下に添付図表の概要を示す。

#### 【図面の簡単な説明】

40

#### 【0039】

【図1】図1は本開示による、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーのコントロールシステムのフローチャートを示す。

【図2】図2は図1で示したシステムのブロックダイアグラムである。

【図3】図3は図1で示したコントロールシステムの、風力予測に関連する要素の略図である。

【図4】図4は、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーの、反復する往復航行を図示している。

【図5】図5は、本開示による少なくとも一機の係留されたジャイログライダーコントロールシステムの一般的目標およびそれに対応する特性や機能を示す略図である。さらに

50

【図6】図6は、ビジネスとしての目標と図5の一般的目標の結びつきを示す略図である。

【発明を実施するための形態】

【0040】

本開示を構成する要素は、本開示に添付されている図による全般的な説明のように、多様な様相で組み合わされ、実現することが可能であることは容易に理解できるであろう。従って以下の、本開示によるシステムの実施例の図示によるより詳細な説明は、本開示の特許請求範囲を限定するものではなく、単に本開示の多様な様相のうちのいくつかを表現するものである。実施例は、全編において部品等の各々に同一の数字を付して説明しているため、図表を参照することにより理解を深めることができる。

10

【0041】

風力自体により稼働する係留されたジャイログライダーは、週、月単位にもおよぶ長期間、地表からや寒帯、亜熱帯ジェット気流の高度までに渡る、高高度における継続的で管理された航行を実際のものとした。このような特性から生ずるべき当初の商業化の範囲は、ジャイログライダー数万機規模の運用の可能性を示唆するものである。これらのグライダーは、単独で、ないしは連携した航空機群として高高度またはジェット気流における風力ファームを構成し、かつてない風力の価値を創生する。直接の風力利用に加えて、広範囲に広がって運行するこのような係留航空機の機上のセンサーや計測器により得られる大気情報、航空情報や他の計測情報が存在し、これらは広範囲な地域における時間差の無い情報源として活用することが可能である。係留されたジャイログライダーと航行情報は相互に依存する関係にあるといえる。

20

【0042】

本開示が提供するコントロールシステムは、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーを、持続している、または予測される風力の選択肢の中で、風力、ジャイログライダーの性能、飛行の特性、基地の特性のうちの少なくとも4つの特性の選択肢の相互作用を管理しながら航行させ、少なくとも一つの飛行ミッションに合致した計測可能な出力を得、出力の向上を可能とする機能、運用上の要因について対処するように構成されている。

【0043】

本開示によるコントロールシステムを持った係留されたジャイログライダーの飛行ミッションは、標準として、監視、通信、地球工学的および建造の要素（機体材料費用の負担、土木工学、気候情報収集を含む）、機体の測位、発電および推進力、ミッション間の空転運転を含む。それに応じて、計測可能な出力には、選択された飛行ミッションに対応する滞空時間、収集された土木工学的データや気候データ、観察エリア、識別され要点およびそれらに続いて実施された行動、通信、収集された地球工学的データ、発電した電力、需要、価格設定、交渉に関連した発電のタイミング、質、量のデータが含まれる。ジャイログライダーは基地に係留されている。基地には、オプションとして、エネルギー生産のサブシステムが含まれる。係留されたジャイログライダーの飛行経路はミッションの目標に基づき、現在または予測された風力特性である空気密度、風速や他の特性を含む風力の条件と基地による係留されたジャイログライダーの制御に貢献するパラメーターに合致するよう算出される飛行エンベロープに含まれている。これらのパラメーターには係留されたジャイログライダーの特性、同時に存在する、ないしは予想される複数の風力およびそれらの特性、基地の地理空間位置、搭載機材が存在する場合はその特性、運用上の要素の特性、ビジネスの目的および運用上の各要因が含まれる。

30

【0044】

代わりとして、飛行経路は、前もって確定している飛行経路のライブラリーより、現在の、または予測される風力または風力エンベロープ、係留されたジャイログライダーの特性、運用上の要素の特性、フクスチャや機能部品の一意のシリアルナンバーや他の識別コード、それらの仕様、材料、重量およびミッションの目標、ビジネスの目的、経済的要因、運営上の要因に基づき選択される。

40

50

## 【0045】

搭載機材が存在する場合はそれを支持し、管理システムの計算を助けるために、フィクスチャおよび機能部品に一意のシリアルナンバーおよび他の識別コードをもつ単独のジャイログライダーまたは複数の、グループ、クラスターまたは群として集団で運転されている係留されたジャイログライダーは、それらの単一または集団の飛行が調和のとれた形で制御されている時、機能的な運用の可能性と性能確保の確実性を持つ。一意のIDやコードは品質管理、ライセンスや認証に関する義務の遂行、由来、権原、権利者の決定に関する識別や資金調達上の要件、ガバナンス上の要件に関する識別にも利用するものである。

## 【0046】

一般的な、係留されたジャイログライダーの運用原理およびこれらの制御はGrant Calverleyによる特許出願US20110266809に開示されている。さらに、Grant CalverleyとScott WebsterによるNo.US13/709,201では効果的なロープ張力の利用の方法が開示されている。他の複数の特許出願で、飛行体による発電における制御の工夫が開示されている。特許出願US7656053は、凧の牽引行程と再帰行程に見られる張力の比率から、発電への利用に注目したものである。特許出願US20080210826は接続する糸の長さを増減することによる凧の動きの制御について開示している。さらに特許出願US20110025061は凧を上空に保つ、複数の回転翼をもつ係留されたプラットホームについて開示している。既知の技術において知られている係留されたジャイログライダーは、コンピューターシミュレーションによるもののみであり、単独ないしは群をなすジャイログライダーの管理についての包括的で最適化された解法は示されていない。学習およびライブラリーマネージャーがミッションにおいて計算の度に活用するデーターをストアし、また、周辺機器や計算を必要とせず、実時間で再生することにより障害許容力を向上しコストを削減することを可能とする飛行経路をストアするための時間が必要である。

10

20

## 【0047】

本開示による一機または群をなす係留されたジャイログライダーのためのコントロールシステムは、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーを選択された飛行ミッションに適合した、好ましい飛行経路に乗せ、全般的に経路に維持することを目的としている。さらに、各飛行ミッションには、計測可能な出力が対応している。

## 【0048】

図1において、最初に少なくとも一つの飛行ミッションが確定する。各飛行ミッションには、直近の風力ベクトル、風力予測、基地の位置、障害物、選択されたミッションに含まれるジャイログライダーの地理空間位置、直近のジャイログライダーおよびそれらの係留索の地理空間位置、地理空間速度、係留索張力、伸張された係留索の長さ、係留索の拳動、係留索の保守状態、搭載機材、機上電源、報告手段、通信手段、基地への送電網による電源および補助電源、ミッションの状態、関連する市場と顧客の状況、飛行ミッションに関連する計測可能な出力のうち少なくとも一つの動的要素が関連している。これらの動的要素の少なくとも一つに対応する第一の値が計測、シミュレートまたは計算される。

30

## 【0049】

次の段階には、あらかじめ決められた、選択されたミッションに関連する第二の値が含まれる。この第二の値は閾値、範囲、限度、運転目標、少なくとも一つの飛行ミッションの仕様、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーないしは関連の部品の仕様、部品および係留索のシリアルナンバー、登録番号、仕様、材料、重量を含む、デバイス、システムの管理状況または論理的パラメーターを表現するために用いられ、固定値、範囲、配列または固定値、範囲または値の配列を返す数学的関数のうちの少なくとも一つである。

40

## 【0050】

各飛行ミッションは、少なくとも一つの飛行経路に対応する。飛行経路には、少なくとも一つの第一の値と少なくとも一つの第二の値からなる集合が対応している。本開示によるコントロールシステムは、飛行ミッションに合致した各飛行経路毎にストアされた第一の値と第二の値の集合を持つリポジトリを含む学習およびライブラリーマネージャーと

50

共に提供される。

【0051】

現行の飛行ミッションにおける第二の値が確定すると、少なくとも一つのストアされた第一の値を参照して反復比較、分析、シミュレーション、最適化、テスト、ランキング、評価、フィルタリングのうち少なくとも一つが実行され、修正された第一の値を算出し、第二の値と共にこの算出した値を用いて、好ましい飛行ミッションに関連する少なくとも一つの修正された飛行経路を生成する。

【0052】

修正された第一の値、対応する第二の値および少なくとも概ね現行の飛行ミッションに合致する修正された飛行経路からなる現行の集合が確定すると、この現行の集合は学習およびライブラリーマネージャーのリポジトリにストアされた集合として追加され、このようにして飛行コントロールシステムの学習を可能とする。

10

【0053】

係留されたジャイログライダーを確定された飛行経路に乗せ、その位置を全般的に維持するため、少なくとも一つの飛行管理デバイス、発電コントローラー、張力管理手段、地上基地管理デバイスに対する、修正された第一の値の配信、セグメント化、変換または置き換えが行われる。修正され、実行された飛行経路は、経験済みの飛行経路になり、再度学習およびライブラリーマネージャーのリポジトリにストアされる。

【0054】

本開示の飛行コントロールシステムによる飛行経路の決定について、以下に例として取り上げる方程式の助けにより説明する。この方程式は、ある計測可能な出力を得るために好ましい飛行ミッションに合致する飛行経路に対応する第一の値、第二の値を表現する変数を含むが、単に仮定の飛行経路計算手法を例示するためだけのものである。第一の値は、選択されたミッションのための変数であり、一方、第二の値は複数のミッションに関連し、選択されたミッションでは固定されている変数である。

20

【0055】

仮定として、説明を容易にするため、学習およびライブラリーマネージャーのリポジトリにストアされているある飛行経路が以下のように表現できることとする。

【数1】

$$Ax^m + By^n + Cz^{mno} + D\left(\frac{t}{u}\right) \tan\beta \sin\Phi \cos\delta + \dots = \psi$$

30

-----> 方程式 1

ただし、

A, B, C, D, ……選択されたミッションに合致する飛行経路において固定され、前もって決められた第二の値を示す；

変数x, y, z, t, u, ……第一の値を示す；

m, n, o, …空気力学的性質に基づく指數である；および

は、係留索の角度、張力、回転準位、位置準位、ベクトル含む係留索の角加速度などで、飛行経路を示すものである。

40

【0056】

以上に説明したように、本開示によるコントロールシステムは、以上に示した動的要素の少なくともいずれかに対応する第一の値 $x_1, y_1, z_1, t_1, u_1, \dots$ を受け取る。第二の値A, B, C, D, ……は、選択された飛行ミッションにおいてはあらかじめ決められた値である。比較、分析、最適等の演算を現行の第一の値 $x_1, y_1, z_1, t_1, u_1, \dots$ に対し、方程式1を許容される誤差の範囲内で満たす、修正された第一の値の集合 $x_2, y_2, z_2, t_2, u_2, \dots$ が得られるまで反復して行い、機体を飛行経路に乗せ、経路を全般的に維持する。修正された第一の値の複数の集合から、ひとつまたは複数の集合を選択し、飛行ミッションに少なくとも概ね合致する飛行経路を

50

確定する。飛行経路 が得られると、第二の値A, B, C, D,…… に沿って修正された第一の値 $x_2$ ,  $y_2$ ,  $z_2$ ,  $t_2$ ,  $u_2$ ,  $v_2$ ,  $w_2$ ,  $u_2$ ,  $v_2$ ,  $w_2$ , ……は飛行経路 に対応する追加のストアされた集合としてリポジトリにストアされる。さらに、修正された第一の値 $x_2$ ,  $y_2$ ,  $z_2$ ,  $t_2$ ,  $u_2$ ,  $v_2$ ,  $w_2$ ,  $u_2$ ,  $v_2$ ,  $w_2$ , ……は少なくとも一つの付属管理システムに対し適切に配信、セグメント化、変換、置き換えが行われる。

【0057】

図1に示すような 標準的なフローチャートにある判断プロセスは、一つまたは複数の価値関数より飛行経路を生成することを考えて行われる。これらの価値関数は、第一の値、第二の値および直近の風力ベクター、ジャイログライダー自体とその飛行のための要素、係留索と付属システムの挙動などに対応する動的要素に関連する値を含むものである。第一の値、第二の値は予測、計測値が持ちうる明示、暗示の制約に制限されることも、されないことも考えられ、結果、ミッションに対してプラス、マイナスの影響を及ぼすことも、影響を及ぼさないことも起こりうる。

【0058】

ミッションの目標が発電行程における「賞味平均電気出力（NAP）」である場合について説明する。NAPの最適化は、「係留索張力が仕様の制限値を超えないこと」などといった、現実の航行制限に対する配慮により実現する。これらの諸条件は、以下のように、1サイクルで取得した正味エネルギーをサイクルに要した時間で割った値とする分析的な表現により示すことができる：

【数2】

$$NAP = \left[ \frac{NE}{Tend - Tstart} \right]$$

ただし、

NAP は発電行程毎の正味の平均電気出力である；これは、最適な飛行経路の模索におけるミッションの目標値である；

NE は、発電行程毎の正味の取得電力である；

Tstart はジャイログライダーの発電行程の開始時間である；および

Tend はジャイログライダーの発電行程の終了時間である。

正味の取得電力(NE)は、地上基地の巻き上げ機構により行われた仕事量（巻出し行程の発生エネルギーと巻き戻し行程が必要とするエネルギー）の積分として表現できる，

【数3】

$$NE = \int_{Tstart}^{Tend} s * [Tw] * d\phi$$

ただし、

s は少なくとも一つの第一の値に基づく移動分を示す値である；

Tw は計測可能な値である、巻き取り機における係留索張力である；

d $\phi$

は、巻き取り機のキャプスタンの回転による変位の微分である；

Tstart はジャイログライダーの発電行程の開始時間である；

および

Tend はジャイログライダーの発電行程の終了時間である。

【0059】

一般的には、パラメーターNE、NAP、Tw および

d $\phi$

はすべて本開示の第一の値、第二の値または測定値の明示または暗示の関数ないしは第一の値、第二の値または測定値に依存ないしは関連する値であることに留意してほしい。こ

10

20

30

40

50

のことば、分析的な表現として以下のように示すことができる；

つまり、

【数4】

$NE=fNE(x_1, y_1, z_1 \dots; x_2, y_2, z_2 \dots; m_1, m_2, m_3 \dots)$

$NAP=fNAP(x_1, y_1, z_1 \dots; x_2, y_2, z_2 \dots; m_1, m_2, m_3 \dots)$

$TW=fTW(x_1, y_1, z_1 \dots; x_2, y_2, z_2 \dots; m_1, m_2, m_3 \dots)$

$d\emptyset=f d\emptyset(x_1, y_1, z_1 \dots; x_2, y_2, z_2 \dots; m_1, m_2, m_3 \dots)$

10

ただし、

$x_1, y_1, z_1 \dots$  は第一の値を示す；

$x_2, y_2, z_2 \dots$  は固定された第二の値の集合を示す；

$m_1, m_2, m_3 \dots$  は測定値の集合を示す；

$fXXX \dots$  は関数または変数との依存、関連の存在を示す。

【0060】

現実的な操業状態を想定すると、NAPの最大化は、係留索の過負荷や折れ曲がりの原因となる挙動に対する防護などに起因する、ミッションの制約の中で行われなければならない。この制約の下での好ましい条件を表現するものとして、補助的な制限方程式を以下の不等式として示す，

20

【数5】

$TW(x_1, y_1, z_1 \dots; x_2, y_2, z_2 \dots; m_1, m_2, m_3 \dots) < y_1$

ただし、

$y_1$  は第二の値であり、ミッションでは超えてはならない係留索張力を示す値である。

【0061】

上記の明示された制約のもと、ジャイログライダーの運行は、飛行経路の各点に対応した、なるべく大きな上昇が得られるように行う（効果的な係留索の伸張力が得られる）べきものである。このような状態に置かれたジャイログライダーは、各飛行状態において予測される最大の上昇をもたらす回転翼の設定値の集計に対応する第一の値の集合として表現される。例えば、ある高度と空気密度、風力強度、回転翼の迎え角(AOA)における、最大の上昇をもたらす回転翼の集団的設定条件を示す値である。従って、飛行システムの学習手段およびライブラリー管理手段および手法は、空気力学的条件に対応する値を持つ第一の値の集計を含むものである。この集計から、第二の値として最適な回転翼の集団的設定を確定することができる。集団的設定は、以下のように示すことができる，

30

【数6】

$COL=fCOL(x_1, y_1, z_1 \dots; x_2, y_2, z_2 \dots; m_1, m_2, m_3 \dots)$ 。

【0062】

この集団的設定は、現存する飛行挙動と合せて、計測による回転翼の回転レート、RPMの第一の値を求めることができる。動的風力ベクトルおよび他の飛行条件により、RPMの第一の値は不得策とみなされるべき条件および範囲外の第二の値に対応してしまう可能性がある。例えば、回転翼や他のシステムの構造的一体性を脅かすほどの高回転であったり、自転の継続が危うくなるほどの低回転である。このことによって、飛行経路の計算と最適化に制約を加えることが必要となる。この制約は、以下の二つの不等式により示される。

40

【数7】

$RPM(x_1, y_1, z_1 \dots; x_2, y_2, z_2 \dots; m_1, m_2, m_3 \dots) > RPM_{min}$

$RPM(x_1, y_1, z_1 \dots; x_2, y_2, z_2 \dots; m_1, m_2, m_3 \dots) < RPM_{max}$

50

## 【0063】

以上すべてにより、連立した非線形の方程式を、現代的な多変量非線形制御理論における数々の技法を用いた数値解法によって処理する必要が生じる。そのようにして得た解は、ジャイログライダーの飛行経路および飛行経路に達するために当初の制御条件の両方を示す第一の値の集合である。

## 【0064】

この例は簡単な説明に重きを置いた例であることに留意すべきで、シミュレーション、テストや最適化などの本開示の実際の応用では係留索、回転翼ハブ、回転翼、付属システムの健全性を確保するための様々な制約が多く加えられるべきである。

## 【0065】

係留索の寿命を延ばすためのバランスよいトレードオフを考えた時、電力の市場価格のオファーが低い場合における現実的な制限として、張力を最高許容値以下に抑えることが挙げられる。オファーが高い場合は、制限を許容値までに引き上げることが考えられる。

## 【0066】

本開示による飛行コントロールシステムは、ミッションの適時的、選択的、強制的副次的目的についても配慮している。例えば、副次的で強制的なミッションとは、特定の時間および地理空間における風力および気候データーの最低限の収集を行い、加えて風力ベクトルを検知し、認識されているミッションがより生産的なものとなるエンベロープを確定するために行われるものである。

## 【0067】

図2は、本開示が提供する少なくとも一機の係留されたジャイログライダーのコントロールシステムの主要コンポーネントを示す。これらとその機能について以下に説明する。

## 【0068】

入力マネージャー 10: 入力マネージャー 10 は、飛行コントロールシステムの運用に関連する、直近の風力ベクトル、風力予測、基地の位置、障害物、選択された飛行ミッションの係留されたジャイログライダーの地理空間位置、直近のジャイログライダーおよびそれらの係留索の地理空間位置、地理空間速度、係留索張力、係留索の挙動、係留索の保守状態、搭載機材、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーの状態、機上電源、係留されたジャイログライダーの状態、通信手段、基地への送電網による電源および補助電源、ミッションの状態、関連する市場と顧客の状況、第一の値を構成する飛行ミッションに関連する計測可能な出力のうち少なくとも一つを含む動的要素の現行の状態を示す、計測され、シミュレートされまたは計算された値を受け取る。

## 【0069】

設定マネージャー 12: 設定マネージャー 12 は閾値、範囲、限度、運転目標、選択された飛行ミッションの仕様、係留されたジャイログライダーおよび部品の仕様、部品および係留索のシリアルナンバー、登録番号、仕様、材料、重量を含む、デバイス、システムの管理状況または論理的パラメーターを表現するために用いられる、相対的に固定されている第二の値を構成する固定値、範囲、配列または固定値、範囲または値の配列を返す数学的関数のうちの少なくとも一つを受け取る。これらの第二の値は、ミッション間で変動するが、ある選択されたミッション内においては相対的に固定された値である。

## 【0070】

学習およびライブラリーマネージャー 40: 本開示の学習およびライブラリーマネージャー 40 は、必要な、諸要件を含めた多変数非線形連立方程式の演算において値の集合を初期化し、結果の最適化を容易にすることに貢献し、例えば、ミッション別の計測可能な出力ための、風力、航行、係留されたジャイログライダーの性能と基地のエンベロープ、少なくとも一つの飛行経路であって機体の制御と設定、係留索、係留索の伸張手段、発電、基地の管理手段および関連するビジネスとミッションの管理手段を含むもの、以上のうちの少なくとも二つの相乗によりもたらされる可能性による、臨機検知手法や最適化手法を有効なものとする。ストアされた集合のリポジトリは、現行の飛行ミッションに最適な飛行経路に最も近い経路の確定において、飛行コントロールシステムのガイドラインとして

10

20

30

40

50

機能する。

【0071】

飛行経路コントローラー50: 飛行経路コントローラー50 は、入力マネージャー10より第一の値を、また設定マネージャー12より第二の値を受け取る。飛行経路コントローラー50 は、飛行経路ジェネレータ16とエディター20を含む。飛行経路ジェネレータ16は、受け取った現行のミッションに関する現行の第一の値に対し、ストアされている第一の値を含むストアされている集合を参照して反復比較、分析、シミュレーション、最適化、テスト、ランキング、評価、フィルタリングの少なくとも一つを実行し、修正された現行の第一の値を計算する。計算された値と現行の第二の値を使用して、好ましい飛行経路に合致する少なくとも一つの修正された飛行経路を生成する。エディター20は修正された第一の値、対応する第二の値および修正された飛行経路を含む現行の値の集合をストアされた集合に追加する。さらに、ジャイログライダーの回転翼の特性や状態は複数の要素により示される。これらの要素には、ミッションと係留されたジャイログライダーの制御に貢献する本質的性質が含まれる。飛行経路ジェネレータ16には、回転翼に関する要素の有限の実装が含まれる。

【0072】

飛行経路コントローラー50 は、さらに、予測手段 14、イベントマネージャー 18および報告手段22のうちの少なくとも一つを含む。

【0073】

予測手段14: 予測手段14 は少なくともある風力ファームの一部にある複数の基地の領域に関する可変の地理空間次元および時間における風力エンベロープ（有限の風力エネルギーであって正確に検知ないしは確定できないことがあるものの特性）、ジャイログライダーの可能なすべての位置に対応する飛行エンベロープおよびジャイログライダーの性能エンベロープを求める。代わりに、現行の風力の状態と風力エンベロープが求められ、係留されたジャイログライダーの可能なすべての位置により定義される既定の飛行エンベロープの既定の飛行時間の間の可変のエネルギー量を含有する風力エンベロープが予測される。予測手段14 は、標準として、係留されたジャイログライダーのコントロールシステムからみてローカルまたはリモートといえる場所に置かれ、加えて自律したデータ収集、計算、メッセージング機能を持つ、統合され、または独立して、ないしは付属の他のシステムと協調、協働して作動する計算の手段である。

【0074】

イベントマネージャー18: イベントマネージャー18 は選択された飛行ミッションに基づき係留されたジャイログライダー各々の安全の状態と性能確保の確実性を確定し、また、加えて、即時にとるべき修正行動または他の飛行ミッションへの切り替えを指示する。イベントマネージャー18 はこのようにして、目的、一体性、保守、修正、予防に関する健全性の検知を行い適切な応答を発するるために用意されている。ミッションの安全という特性は少なくとも以下の4つの側面から決まる。1) 衝突などの場合にみられる、運用の側面、2) 切断や他の損壊など係留索に関するもの 3) ジャイログライダー、係留索、基地、付属システムのモニタリングによる障害予知、予防と寿命の最適化、ライフタイムコスト低減の側面 4) ミッションにおける実際の性能や確実性を低下させる他の要因。

【0075】

報告手段22: 報告手段22 は、風力、大気、航空力学的、機械工学的データのうち少なくとも一つに関連するデータの報告を行う。

【0076】

活動プロセッサー24: 活動プロセッサー24 は、修正された現行の第一の値を受け取り、係留されたジャイログライダーを確定された飛行経路に乗せ、その位置を全般的に維持するため、少なくとも一つの飛行管理デバイス26、発電コントローラー28、張力管理手段36、地上基地管理デバイス30に対する、修正された第一の値の配信、セグメント化、変換または置き換えが行われる。活動プロセッサー24 は、代わりに、少なくとも一つの自動操縦機構に修正された第一の値と対応する第二の値の入力を提供することでガイダンスを

10

20

30

40

50

行き、好ましい飛行経路を達成することもできる。

【0077】

飛行管理デバイス26 - 飛行管理デバイスは、活動プロセッサー24 から修正された第一の値を受け取り、以下が含まれる制御手段および手法群を用いてジャイログライダーおよび付属システムの挙動を制御する。

【0078】

推力の増減-回転翼に関連する多くの制御手法、手段群により、回転翼のエレメントの風力に対する向きを変化させ、それにより空気力学的、物理的性質を変えることにより推力を調整する。また、機体に対する向きを変え、航行特性、空力弾性、回転翼特性、求心力や他の力を変えることにより、推力を増減し、ないしは、ジャイログライダーの一つないしは複数の制御軸に対して対称、非対称な推力制御を行う。推進システム上の主要な制御手法群である。 10

【0079】

ピッチ-機体の横断軸に対する姿勢制御群で、例えば機首の上下に関連する。

【0080】

ロール-機体の縦断軸に対する姿勢制御群である。

【0081】

ヨー-機体の垂直軸に対する姿勢制御群である。

【0082】

機上発電量の増減- 回転翼に掛るトルクを増減する制御群である。または、ジャイログライダーないしは係留索の牽引運動の加減を含む、該当する他のエネルギー変換機構の挙動の制御である。 20

【0083】

係留索関連機能- 係留索を固定し、動かし、その接点やジャイログライダーの推力、揚力の中心に対する索の形状を操作する制御群である。ジャイログライダーの姿勢制御群にある制御も一部含まれる。また、索の張力のモニタリング、増減を行う制御群や、係留索をジャイログライダーから切り離す操作を含む、安全装置の制御群も含まれる。

【0084】

搭載機材関連機能 - ジャイログライダーに搭載され、または係留索に取り付けられた機材や搭載機材等により制御される付属品を起動し、電源、通信、入力値や設定値などの情報や他のサービスを提供し、制御、管理する制御手法群である。 30

【0085】

タイミングおよび同期機能- 単体または複数のジャイログライダー、ないしはそれらの付属デバイス、センサー、スマートセンサーのネットワーク、特殊計算機、管理システムがもつ時間に基づくパラメーターを確定し、保持し、それらの同期を行う制御手法群である。

【0086】

発電コントローラー28: 発電コントローラー28 は係留索の巻出し行程で発電ブレーキとして作用し、巻き戻し行程で巻き上げ原動機として作動する発電電動機の制御を行うため、活動プロセッサー24 から修正された現行の第一の値を受け取り、モニタリングを行う。 40

【0087】

張力管理手段36: 張力管理手段36は張力を維持、増加、減少させ、また、係留索の払い出しと巻き取りを停止、加速、減速させ、伸展の長さを調整するため、活動プロセッサー24 から修正された現行の第一の値を受け取る。また、係留索の張力と動きを検知し、モニタリングを行い、その結果となるデーターを入力マネージャー10へ送る。

【0088】

基地制御デバイス30: 基地制御デバイス30 は、ビジネスおよびミッションコントローラー32 と共に、品質、量、価格設定を含み、また関連する商業団体の直近の設備、コントロールシステム、ネットワークに参加するための入札およびコストをオプションとして 50

含む、市場に基づく設定およびシミュレーション、予測、見込に基づき、計測可能な出力38の比較を行い、比較結果を設定マネージャーに送る。

【0089】

ビジネスおよびミッションコントローラー32: ビジネスおよびミッションコントローラー32は、品質、量、価格設定を含み、また関連する商業団体の直近の設備、コントロールシステム、ネットワークに参加するための入札およびコストをオプションとして含む、市場に基づく設定およびシミュレーション、予測、見込に基づき、計測可能な出力の比較を行い、比較結果を設定マネージャー12に送る。

【0090】

係留索保守状態監視手段34: 係留索保守状態監視手段34は係留索の健全性を以下により検知する。a) 巻き取り、巻き戻し、伸展長さ、巻き取り長さ、ストレス、特記すべき事象(事故)等を含む、係留索の使用経過の記録による検知。b) レーザーやX線、超音波、温度、外観検査を含む材質検査による検知。c) 寸法や表面特性(摩擦による摩耗や他の消耗、折れ曲がり)、砂、液体やその他の付着、吸着物の検知。d) コーティング剤、摩耗サイン、内蔵マーカーなど、強度、柔軟性、可塑性や他の性質が変化したことを示す指標による検知。

10

【0091】

計測可能な出力38: 計測可能な出力38には、滞空時間、観察エリア、識別された要点およびそれらに続いて監視され、実施された行動、通信、収集された地球工学的データー、収集された土木工学的データーや気候データー、発電した電力およびシミュレーション、予測、期待、または、需要、価格設定、交渉に関連した発電のタイミング、質、量のデーターのうち少なくとも一つが含まれる。

20

【0092】

ジャイログライダーの位置は係留索、基地のアンカー点、基地のアンカー点に結ばれたジャイログライダーが飛行できるすべての地理空間位置を含む基地の領域、同じまたは他のミッションに参加している他の係留されたジャイログライダーおよびそれらの係留索の位置、近隣にある他のジャイログライダーの位置および他のいかなる地理空間的存在、構造物、制限空域であって、飛行またはミッションに影響するものに制限される。

【0093】

図3は、図1で示したコントロールシステムの、風力予測に関連する要素の略図である。

30

【0094】

右向きの矢印で示された風力ベクトル  $T_{.4}$  は、ジェット気流を含む、多くの高度において存在する風力の動的な挙動を示している。例えば、直近の風力の挙動は継続する、ないしは変化することを仮定して、風力ベクトルには、現行のもの、測定されたもの、シミュレートされたものがあると考えることが出来る。

【0095】

特定の高度における橙円により示されたグローバル予測システム(GSF)が予測した風力  $T_{.3}$  は、同等の情報源から得られるシミュレーションデーターを表現したものである。これは、一般的に上空に存在する風力であって、ミリバール値で表記される(1ミリバール=100 N/m<sup>2</sup>の大気圧)ものであり、現行の風力ベクトルや直接に観測された風力ベクトルに関するものではなく、他の特定の時間と地理空間における情報でもない。このシミュレーションにより得られたデーターは、一般的に観測気球や商用、軍用機による(それぞれ直接の目視、計算による)事象観測や地上、衛星上の観測システムやセンサーで得た、例えば水蒸気追跡、雲の観測や他の間接的観測で得た、比較的少数の情報入力による気象モデルによって計算されたものである。

40

【0096】

ジャイログライダーに取り付けられたセンサー群  $T_{.2}$  は継続的に飛行するジャイログライダーおよびその係留索、機体によって複数の高度、地理空間位置、時刻に保持されており、互いに、また中央の設備とデーターを送受信することができる。

50

## 【0097】

ウインドシャドー  $T_{-1}$  は、自由に流れている風力ベクトルにジャイログライダーの機体や他の流れを妨げ、方向を変える物体により加えられた変化を示す。このことは測定器または風上、風下の風力ベクトルの比較により、直接または間接的に観測することができる。

## 【0098】

ローカル風量ベクトルおよびセンサー  $T_0$  はジャイログライダーに近接する風力ベクトルと各ジャイログライダーないしはその係留索に固定されたセンサーであり、各データーを入力マネージャー10へ送信することができる。

## 【0099】

基地Aは地形追隨飛行高度までの高さに、地上の有限の位置に固定され、または、可変の位置に置くことも、固定することもできる車両に固定されている。基地Aには、張力管理手段36およびシステムの運用に必要であって基地間および中央とのデーター送受信ができる付属の機材が含まれる。

## 【0100】

基地エンベロープBは、基地Aに近接する、係留されたジャイログライダーの航行が現実的であるとみなされた地形追隨飛行高度以上の高さにある地理空間領域を示す。この領域において、好ましい風力ベクトル  $T_0$ 、風力エンベロープC、飛行エンベロープDおよび飛行経路Eを検索し、計測可能な出力38を生成する。地理空間領域は一般的に、実際の領域の境界面を概ね表す、傾いた逆円錐形の領域の上部を示すP-Mの線と、逆になることにより下に向いた円錐の頂点を示す、基地の点Aにより表現される。また円錐の内面にある最低の飛行高度面L-Rから円錐底面に相当する最高の飛行高度面P-Mまでの逆円錐台様の空域は基地エンベロープBに含まれる空間である。その寸法や角度は直近の風力ベクトルやジャイログライダーの飛行性能エンベロープF、係留索およびミッションに依存する。

## 【0101】

点線 A-L-M は一方が基地Aにアンカーされている係留索と係留索の他方の端近くに結び付けられたジャイログライダーを示す。係留索は、点線L-Rが示す係留されたジャイログライダーの安全で十分な運用が可能な最低の高度から、点線M-Pが示す係留されたジャイログライダーの安全で十分な運用が可能な最高の高度までの区間で上昇する。

## 【0102】

風力エンベロープ C は多次元の地理空間・時間変数群であり、現行の、ないしは計測、予測された、またはシミュレートされた特定の風力ベクトルを表現するものである。風力エンベロープはどのような次元、規模、地理空間位置にあるものでもよく、他の風力エンベロープと合併することもできる。

## 【0103】

飛行エンベロープ D は多次元の可変地理空間・時間変数群であり、ジャイログライダーの位置として可能なすべての計測、予測された、またはシミュレートされた地理空間位置を表現し、その制限を特定するために使用される。飛行エンベロープはどのような次元、規模、地理空間位置にあるものでもよく、他の飛行エンベロープと合併することもできるが現実の問題として2つ以上のジャイログライダーがジャイログライダーおよび係留索を囲む最低の隣接地理空間領域を含む同じ空域を同時に共有することはできない。

## 【0104】

飛行経路 E は多次元の線形な地理空間位置であり、現行、予測された、またはシミュレートされたものであって、係留されたジャイログライダーに与えられるものである。係留されたジャイログライダーの係留索のすべての地理空間位置および状態に対する飛行経路は図示されていないが、ジャイログライダーの滞空位置から基地Aまで伸びるものである。

## 【0105】

ジャイログライダーの性能エンベロープF は多次元の地理空間領域であって、可能なすべての地理空間位置を表現する。加えて、ジャイログライダーおよび係留索の挙動が a)

10

20

30

40

50

安全である b)制御可能である c)安全でない d)制御不能である e)安全で制御可能な飛行に戻る位置はどこかを示す。

【0106】

飛行経路始点  $T_0$  は現行のジャイログライダーの状態と位置を示す地理空間位置と時間である。ないしは、状態と位置の順列における、最初の予想点ないしは現行の点を示すものである。

【0107】

風上における係留索最低角度Gは、点線A-Mの角度で、ジャイログライダーの係留索と基地Aから垂直に伸びるベクトルを表現し、それ以下の角度での飛行は非実用的とされる角度である。

10

【0108】

点線A-R-Sは一方を基地Aにアンカーした係留索と、係留索のもう一方の端近くに固定された飛行しているジャイログライダーを示している。係留索は点線L-Rが示すジャイログライダーの安全で十分な運用に必要な最低高度から上昇する。

【0109】

風下における係留索最高角度Hは、点線A-Sの角度で、ジャイログライダーの係留索と基地Aから垂直に伸びるベクトルを表現し、それ以上の角度での飛行は非実用的とされる角度である。

【0110】

地上風力タービンKは、地形追随飛行高度までの高度ないしは海面、水路の高さに固定された剛構造物であり、近接する風力にのみ応答し、他の風力を検索したり、他の風力を活用するために、時期を同じくして他の地理空間位置へ移動することができないものである。

20

【0111】

障害物Xは、基地エンベロープB、風力エンベロープC、飛行エンベロープD、飛行経路Eに交差し、ウインドシャドー $T_{-1}$ を形成することがある物体、または基地Aないしはいかなるシステムの要素、制御、システム自体の問題のない運用に危険をもたらしないしは干渉する物体である。

【0112】

図4は、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーが行う反復した往復運動を示したものである。各ジャイログライダーは標準としてジャイログライダーの飛行性能エンベロープと一つまたは複数の風力エンベロープの内にある複数の飛行経路を持ち、係留索の張力を増加させ、高度を保ち、不可抗力が発生する事態や過剰な張力による索の切断を防ぐように飛行する。

30

【0113】

図5 本開示による少なくとも一機の係留されたジャイログライダーコントロールシステムの一般的目標およびそれらに対応する特性や機能を示す略図である。本開示によるコントロールシステムは以下の8つの一般的目標のうち少なくとも一つが該当する少なくとも一機のジャイログライダーについて最適な飛行経路の確定を模索する：1)飛行の試行，2)飛行しない，3)飛行を継続する，4)飛行を改善する，5)強制的に飛行する。また、以下は図示していないが、6)問題を回避しながら飛行する，7)基地へ戻る 8)基地のシステムを管理する。

40

【0114】

「飛行の試行」という目標は、他のジャイログライダーが飛行していることを観測した時、オペレーターが経験により適切な風力の他にも飛行に有効な外的要因が揃っていると信じる時や予測される時、市場の状況や市場の予測、ないしは風力の状態や電力市場の需要が改善へ向かう傾向が見られる場合、同様の性質や要件を持つミッションが良好な状態にある場合、ジャイログライダーの飛行が強制され、ないしは必要な場合などに任意に決定することができる。この目標とその決定は人的な介入が必要なことも、不要なこともあります、特別な装置や設備により全自動化することも、人的介入により開始することも可能で

50

ある。

【0115】

「飛行しない」という目的は、単に、不適切な状態や一つまたは複数の予測が不適切な状態を示唆している場合、他の同様な特性、要件をもつミッションにおいて不適切な状態である場合、飛行が禁止され、または制限されている事態に基づいて任意に決定することができる。「飛行しない」という目的は係留されたジャイログライダーを地形追隨飛行高度から基地へ戻し、着陸させる決定の結果、採用されることがある。この目標とその決定は人的な介入が必要なことも、不要なこともあり、特別な装置や設備により全自動化することも、人的介入により開始することも可能である。

【0116】

「飛行しない」という目的は、他の係留されたジャイログライダーの飛行結果が貧弱であろうという観測やオペレーターの経験により不適切な風力の他にも飛行に不適切な外的要因が揃っていると信じる時や予測される時 市場の状況や市場の予測が良くなく、ないしは風力の状態や電力市場の需要がマイナスへ向かう傾向が見られる場合、飛行が禁止され、または制限されている場合や「飛行しない」が強制され、または現行の飛行の終了が必要な場合に基づいて任意に決定することができる。この目標とその決定は人的な介入が必要なことも、不要なこともあり、特別な装置や設備により全自動化することも、人的介入により開始することも可能である。

【0117】

「飛行を改善する」という目的は、計測可能な出力またはミッションの結果を改善するための決定であり、他の係留されたジャイログライダーの飛行結果が貧弱であろうという観測やオペレーターの経験により適切・不適切な風力の他にも飛行に適・不適な外的要因が揃っていると信じる時や予測される時 市場の状況や市場の予測が良いまたは悪い、同様の性質や要件を持つミッションが良好・貧弱な状態にある場合、ないしは風力の状態や電力市場の需要が改善またはマイナスへ向かう傾向が見られる場合、飛行が強制され、または必要とされている場合、ないしは禁止され、制限されている場合に基づいて、コントロールシステムが生産の最適化を行い、計測可能な出力を増やしつつコストと危険を低減することが出来る範囲で、任意に決定することができる。この目標とその決定は人的な介入が必要なことも、不要なこともあり、特別な装置や設備により全自動化することも、人的介入により開始することも可能である。

【0118】

さらに、「飛行を改善する」という目的は、単に、適切・不適切な状態や一つまたは複数の予測が適切・不適切な状態を示唆している場合、飛行が強制され、ないしは必要とされる事態、または飛行が禁止され、ないしは制限されている事態に基づいて、コントロールシステムが生産の最適化を行い、計測可能な出力を増やしつつコストと危険を低減することが出来る範囲で、任意に決定することができる。「飛行しない」という目的は係留されたジャイログライダーを地形追隨飛行高度から基地へ戻し、着陸させる決定の結果、採用されることがある。この目標とその決定は人的な介入が必要なことも、不要なこともあります、特別な装置や設備により全自動化することも、人的介入により開始することも可能である。

【0119】

「強制的に飛行する」という目的は、飛行が必要であるという場合を含み、業務上の契約により、また当局の命令や要請により任意に決定することができる。この目的の決定は、現在の状況や予測される状況に影響されることも、されないこともある。この決定により、係留されたジャイログライダーの飛行を開始することも、すでに飛行中のものの飛行を継続させることも起こりうる。この目標とその決定は人的な介入が必要なことも、不要なこともあります、特別な装置や設備により全自動化することも、人的介入により開始することも可能である。

【0120】

「問題を回避しながら飛行する」という目的は、単純な現況の観察や予想により、また

10

20

30

40

50

は、係留されたジャイログライダー、その近くにあるジャイログライダーや係留索に問題が発生していることや問題が発生する可能性および原因を示す何等かの警報または信号を受け取ることにより任意に決定することができる。

【0121】

「問題を回避しながら飛行する」という目的は、係留されたジャイログライダーや近くにあるジャイログライダーおよび係留索の安全を確保し、ないしはコストと危険を回避し、計測可能な出力の減少を予防するために他の目的より優先され、自動化された決定とすることができる。この目標とその決定は人的な介入が必要なことも、不要なこともあります、特別な装置や設備により全自動化することも、人的介入により開始することも可能である。

10

【0122】

図6はビジネスにおける目標と図5の一般的目標の関連を示した略図である。各行には、FとHを付けて示した項目があり、Fは予測を、Hは経緯、記録をしめす。0は初期値を示し、1および1'はジャイログライダーの配置、10は風力の決定、10'は決定されたプロセスが遂行された時を示す。

【0123】

本開示のある形態によれば、以上までに説明されている係留されたジャイログライダーのコントロールシステムの飛行経路コントローラーは、複数のジャイログライダーにおける一意の識別子、抽象化または合成された特性、由来の「DNA」や、権原、権利者の決定に関する識別、構造、機能、運用のコンポーネント、搭載機器が存在する場合の搭載機器、これらの固定具、これらのコンポーネント、係留索、基地、ファーム、他の付属システムを含む一意のシリアルナンバーおよびIDコードを確定し、認識し、認証するように設定されている。以上の一意のシリアルナンバーやコードおよびその有効性、偽造や変造の有無、目的適合性、破損の状態、欠損はコントロールシステムの処理に入力される。

20

【0124】

本開示が提供する技術的進歩は開示に経済的意味を加味するものであり、それには以下に示す係留されたジャイログライダーのコントロールシステムの実現が含まれる。

【0125】

既定の計測可能なパラメーターを生成する少なくとも一機の係留されたジャイログライダーのコントロールシステム。

30

【0126】

発電を行う少なくとも一機の係留されたジャイログライダーのコントロールシステム。

【0127】

性能発揮の信頼性が確実であって、望ましい計測可能なパラメーターの減少を最低限に食い止める、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーのコントロールシステム。

【0128】

計測可能であり生成された価値と、同様に計測可能な価値による投資、労力、搭載機器(存在する場合)、係留索、基地、ファーム、関連システムなどの存在と運用維持の費用の関係が、コントロールシステムと付属のビジネスおよびミッションコントロールシステムにより常時計算および確定可能な、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーのコントロールシステム。

40

【0129】

計測可能であり生成された価値の取得が現行ないしは予測される風力および風力エンベロープの選択肢によって可能となる少なくとも一機の係留されたジャイログライダーのコントロールシステム。これらの風力は地理空間の風力エンベロープ内に存在し、風速、方向などの性質が変化する風力を表現する他のサブコンポーネントと共に直接、間接的に確定される。係留されたジャイログライダーの基地周辺における風力の性質は、風力エンベロープの確定に影響するが、基地周辺とは、近隣のこととも、数千マイル離れた地点を指すこともあり、上空をも含む、全方向へと伸びる領域である。本開示の他の形態によれば、地理空間の風力エンベロープは、係留されたジャイログライダーのミッションに沿った飛

50

行経路の計算を行う時、ミッションの選択肢の管理を行う時や計測可能な出力発生時を含む機会においてミッションに有効とされる時、同様または異なる地理空間的様相をもつ複数の地理空間の風力エンベロープに分割される。計算により、風力エンベロープを区別することで、より多くの価値を生成できる風力であって、係留されたジャイログライダーの性能特性、搭載機器、地理空間位置に合致したものを見つけることができる。

【0130】

性能発揮および性能維持の確実性の両方の最適化と既定の計測可能なパラメーターの低下をもたらす要因を最低にすることを模索する、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーのコントロールシステム。計測可能なパラメーターは風力エンベロープの選択肢のうち価値の生産に適しているものと、適していないものの差である。当該システムは、他のジャイログライダーや類似の物への接近による危険、制限区域や禁止区域、ジャイログライダーの係留索、基地、部品、ファーム、コントロールシステム、付属システムにとつて危険な区域などに起因する飛行の制限に留意しつつ、適した風力の領域で飛行を制御することができる。

10

【0131】

航行に必要な計算が、現行の位置を示す飛行エンベロープにより行われ、すべての地理空間、時間の指定においても一つまたは複数の風力エンベロープに含まれている少なくとも一機の係留されたジャイログライダーのコントロールシステム。計算は、性能特性とジャイログライダー、搭載機器（存在するとき）、係留索、基地の飛行制御および運用コンポーネント、ファーム、コントロールシステムおよび付属システムの性能特性、さらに基地の地理空間位置とそれに地理空間的性質により制限されている。

20

【0132】

シミュレーション、分析、継続的計算、最適化、学習や他の技法により、多変数で、連立した線形、非線形の現象に関する問題の解決能力がシステム自体により向上し、性能、性能維持の確実性の向上とコストと価値損失の危険の低減が行われる、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーのコントロールシステム。

【0133】

地上で停止し、稼働していない時および運行中を含め、隨時、係留されたジャイログライダーと搭載機器（存在するとき）の運用と航行を管理し制御するために必要なすべての手段を含んだ、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーのコントロールシステム。

30

【0134】

地上で停止し、稼働していない時および運行中を含め、隨時、係留された搭載機器（存在するとき）が必要とする、係留されたジャイログライダーの運用と航行を管理し制御するために必要なすべての手段を含んだ、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーのコントロールシステム。

【0135】

性能、性能維持の確実性の向上とコストと価値損失の危険の低減の目的で合理的に必要とされるすべてのシステムの運用を管理し制御するために必要なすべての手段を含んだ、少なくとも一機の係留されたジャイログライダーのコントロールシステム。

40

【0136】

以上に説明された係留されたジャイログライダーの運行においてコントロールシステムがもたらす、主たる計測可能な価値（経済的利益や他の特有の利益）がなければ、政府が現に商用、軍用航空に有効に利用されている空域を割き、継続的な発電の操業に向けることは困難となるであろう。つまり、このコントロールシステムが有効活用を可能とする、情報によって確定された適切な風力の応用がなければ、ジャイログライダーの航行によって得られる当初の観測データーからなる副次的な価値も低下し、ないしは非現実的なものとなってしまうであろう。

【0137】

本開示が提供するこのような、また他の技術的進歩は、大量の説明と添付されている図

50

表により示されている。

**【0138】**

特定の実施例は、現行の知識をもとに、簡単にその変更や適用を行い、基本的概念から出発することなく、即にその広い応用ができるよう、また、類推による理解を深めることのできるよう、発明の性質を全般的に示したものである。本文で使用した表現や用語は説明を目的とするもので、限定を目的としないことを理解すべきである。さらに、実施例は、好ましい物を取り上げてはいるが、技能ある者は、それら実施例に変更を加えて、実施例の意図と適用範囲を継承しつつその応用ができる事を認識できるであろう。ここで示されている例は、専ら実施例の理解を容易にし、専門的知識を持つ物がその実現を容易にするためのものであり、実施例の適用範囲を限定するためのものではない。

10

**【0139】**

本仕様書全体で使用されている"含む" ("comprise" / "comprises" / "comprising")なる言葉もしくはその変形は、陳述された要素、整数またはステップの包含を暗示するが、その他の要素、整数またはステップの除外を暗示しないと理解される。

**【0140】**

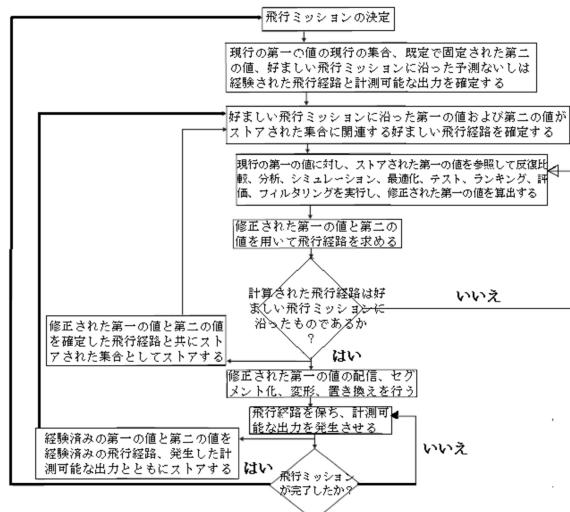
"少なくとも" / "少なくともひとつ" ("at least" / "at least one")なる表現の使用は、使用を1つまたはそれ以上の望ましい目的または結果を得るか達成するため、公開特許の具体化中に入れてもよいので、1つまたはそれ以上の要素または成分あるいは数量の使用を示唆する。

**【0141】**

ここで示されたさまざまな物理パラメータ、寸法、量の数値は近似値にすぎず、本発明とその請求項では、そこに示された物理パラメータ、容積、量の数値よりも高い値も、相反する記述がない限りは、許容されることが予想される。

20

**【図1】**



**【図2】**

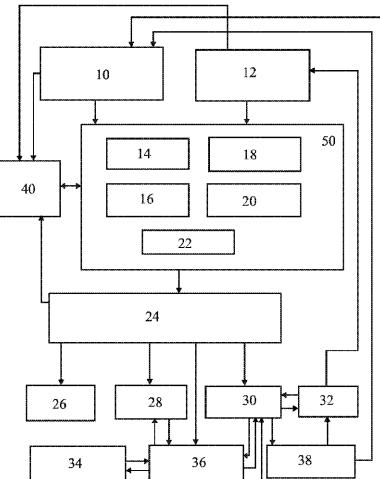
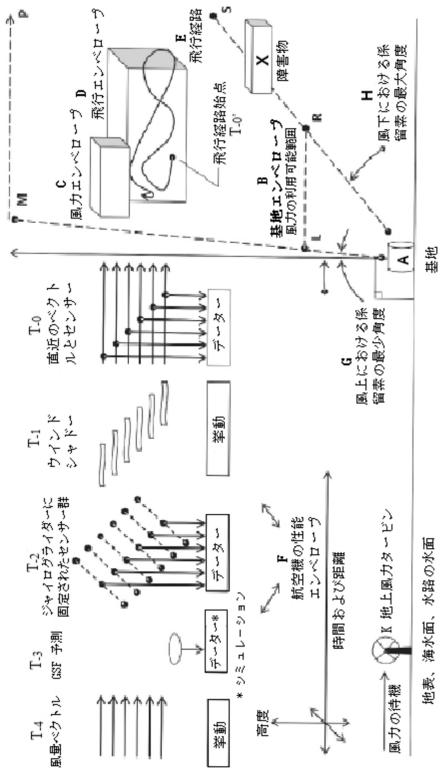
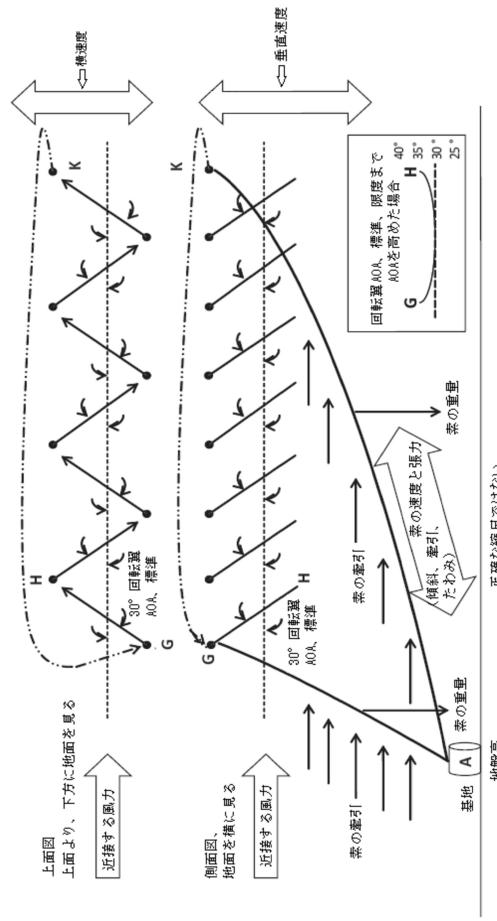


FIGURE 2

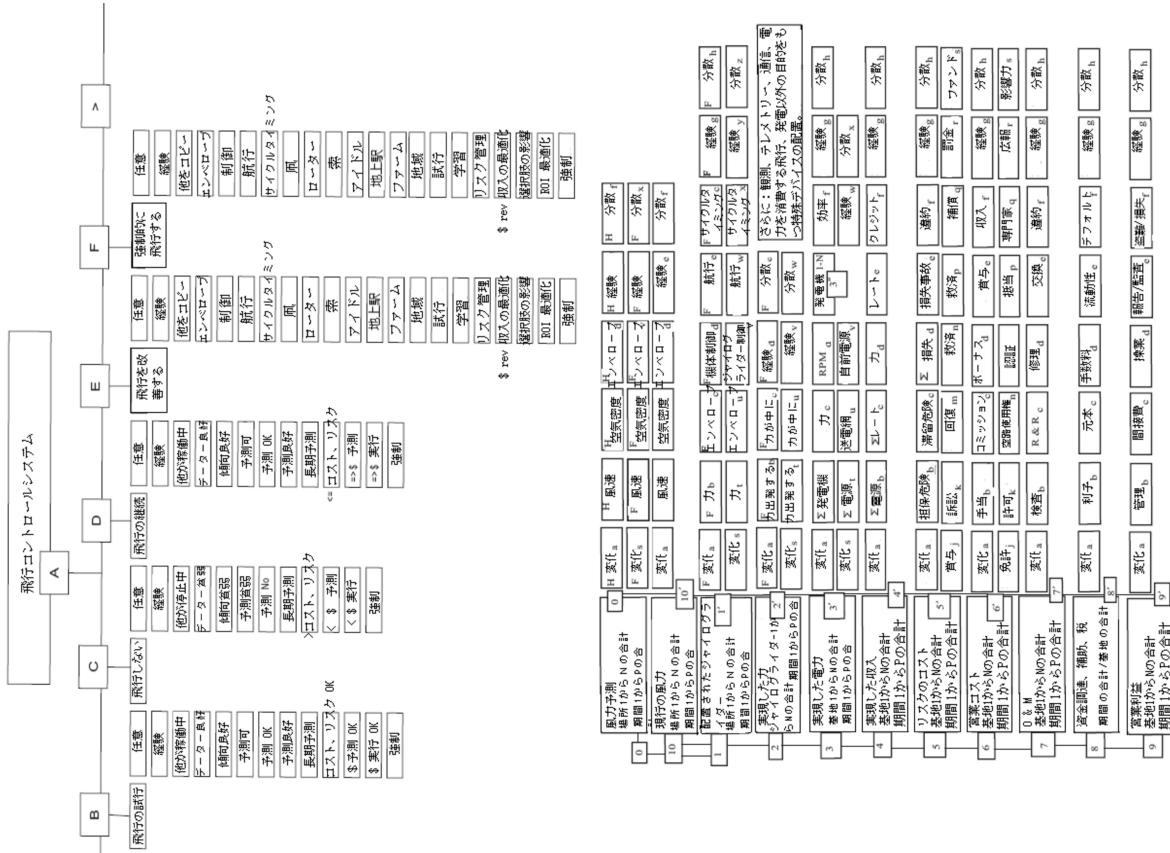
【図3】



〔 図 4 〕



【 図 5 】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100077012

弁理士 岩谷 龍

(72)発明者 ヘースティングス, グレゴリー ハワード

アメリカ合衆国 98253 ワシントン州, グリーンバンク, リリー レーン 171

(72)発明者 ラング, デーヴィッド

アメリカ合衆国 98070 ワシントン州, バション, エスダブリュー ホーソーン レーン  
7923

(72)発明者 カルバリー, グラント ハワード

アメリカ合衆国 98250 ワシントン州, フライディ ハーバー, スリー メドース レーン  
261

審査官 志水 裕司

(56)参考文献 米国特許第06254034(US, B1)

国際公開第2011/087541(WO, A2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B64C 27/02

B64C 31/06

B64C 39/02

F03D 5/00

F03D 7/00

G05D 1/00

G05D 1/08

G08G 5/00