(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4201468号
(P4201468)

(45)発行日　平成20年12月24日(2008.12.24)　(24)登録日　平成20年10月17日(2008.10.17)

(51)Int.Cl.		F I		
B64D 1/22	(2006.01)	B64D	1/22	
B64C 13/18	(2006.01)	B64C	13/18	Z
B64C 19/02	(2006.01)	B64C	19/02	
B64C 27/04	(2006.01)	B64C	27/04	
G01S 5/14	(2006.01)	G01S	5/14	

請求項の数 2　(全 17 頁)

(21)出願番号　特願2000-265830(P2000-265830)
(22)出願日　平成12年9月1日(2000.9.1)
(65)公開番号　特開2002-68091(P2002-68091A)
(43)公開日　平成14年3月8日(2002.3.8)
審査請求日　平成19年4月23日(2007.4.23)

(73)特許権者　000005348
富士重工業株式会社
東京都新宿区西新宿一丁目７番２号
(74)代理人　100100354
弁理士　江藤　聡明
(72)発明者　竹原　猛志
東京都新宿区西新宿１丁目７番２号　富士重工業株式会社内

審査官　杉山　悟史

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ヘリコプタによるスリングシステム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

複数のヘリコプタに各々ワイヤを吊下して、これらワイヤによりスプレッダーバーを吊架し、該スプレッダーバーにスリングワイヤを懸架して、スリングワイヤにより貨物を吊架して運搬するヘリコプタによるスリングシステムにおいて、

上記複数のヘリコプタのうち所定の１機をマスター機、他機をスレーブ機とし、

上記マスター機及びスレーブ機には、各々速度検出手段、高度検出手段、機体姿勢検出手段、位置検出手段及び操舵量検出手段を設けると共に、

上記マスター機には、

スリング飛行のプログラムを格納すると共に、該プログラムに従って自機の飛行を制御するためのマスター制御器と、

該マスター制御器からの指令を操舵量に変換して自機の操舵装置を操舵すると共に、該マスター機の上記操舵量検出手段で検出される自機の操舵装置の操舵量を速度量に変換して上記マスター制御器に供給するマスター飛行制御手段とを設け、

上記スレーブ機には、

上記プログラムに従って自機の飛行を制御するためのスレーブ制御器と、

該スレーブ制御器からの指令を操舵量に変換して自機の操舵装置を操舵すると共に、該スレーブ機の上記操舵量検出手段で検出される自機の操舵装置の操舵量を速度量に変換して上記スレーブ制御器に供給するスレーブ飛行制御手段とを設け、

上記ワイヤには、

該ワイヤの張力を検出するワイヤ張力検出手段と、
該ワイヤの縦横位置を検出して上記スプレッダーバーの離着陸を検出するためのワイヤ縦横位置検出手段とを設け、
上記スリングワイヤには、
該スリングワイヤの張力を検出するスリングワイヤ張力検出手段と、
該スリングワイヤの縦横位置を検出して上記貨物の離着陸を検出するためのスリングワイヤ縦横位置検出手段とを設け、
上記マスター制御器と上記スレーブ制御器とを情報伝達手段を介して結合して、上記マスター機及びスレーブ機によるスリング飛行を制御することを特徴とするヘリコプタによるスリングシステム。

【請求項２】
上記マスター機及びスレーブ機の各位置検出手段は、ディファレンシャルＧＰＳにより自機位置を検出することを特徴とする請求項１に記載のヘリコプタによるスリングシステム。

【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、複数のヘリコプタにより貨物を吊架して運搬するスリングシステムに関する。
【０００２】
【従来の技術】
従来、ヘリコプタのスリング運用は単機のヘリコプタを用いて行われている。このスリング運用については、主に米軍において単機のヘリコプタによりスリングされた貨物の運動や、機体を含めたシステムの運動の解析や実験が多数行われ、これにより得られた速度や機動に関する制限、貨物の最適な吊るし方等のノウハウが現在のスリング運用規程の基礎となっている。
【０００３】
また、スリング運用の際に貨物の動揺を抑制する方法も、従来種々提案されている。例えば、特開平７－２８５４９９号公報には、スリングして運搬する長尺物資に略上下方向に向けて垂直安定板を取り付け、垂直安定板により長尺物資の動揺を抑制するようにしたものが開示されている。
【０００４】
この単機のヘリコプタによるスリング運用は、飛行規程に規定される制限内で熟練した操縦士により慎重に実行されることにより、十分な安全性が確保され、現在のヘリコプタ運用には欠かせない形態となっている。
【０００５】
一方、単機によるスリング運用の概念を発展して、例えば図１２、図１３或いは図１４に示すように、複数のヘリコプタによって貨物をスリングして運搬する構想もある。
【０００６】
図１２に示すスリングシステムは、２機のヘリコプタ１０１、１０２を用い、これらヘリコプタ１０１、１０２に各々ワイヤ１０４を懸架してスプレッダーバー１０５をその両端部において吊架し、更にスプレッダーバー１０５の両端部に各々スリングワイヤ１０６を懸架して、これらスリングワイヤ１０６により貨物１０８を吊架し、スプレッダーバー１０５によりヘリコプタ１０１と１０２の間隔を保ちながら貨物１０８を運搬するものである。
【０００７】
図１３に示すスリングシステムは、２機のヘリコプタ１１１、１１２を用い、ヘリコプタ１１１、１１２に各々スリングワイヤ１１４を懸架して長尺の貨物１１５を、貨物１１５の両端部において直接吊架して運搬するものである。
【０００８】
また、図１４に示すスリングシステムは、３機のヘリコプタ１２１、１２２、１２３を用

い、これらヘリコプタ１２１、１２２、１２３に各々ワイヤ１２５を懸架して三角形状に連結した三本のスプレッダーバー１２７を各々の頂点部において吊架し、更にこれらスプレッダーバー１２７を連結した三角形の頂点部に各々スリングワイヤ１３０を懸架して、これらのスリングワイヤ１３０により貨物１３３を吊架し、三本のスプレッダーバー１２７により３機のヘリコプタ１２１、１２２、１２３の相互の間隔を保ちながら貨物１３３を運搬するものである。

【０００９】

上記の複数のヘリコプタを用いるスリングシステム（以下、Multi-Helicopter Sling System の頭文字を取ってＭＨＳＳとも言う）では、重量の大きい貨物の運搬が可能であることから、従来の単機による空輸限界を越える作業が可能になると共に、複数の小型のヘリコプタを用いることができるので、大型のヘリコプタを用いる場合に比べて維持費等が少なくなり、経済的に有利となる。

【００１０】

このＭＨＳＳ運用に際しては、複数のヘリコプタのうちの１機をマスター機とし、他のヘリコプタをスレーブ機として、マスター機及びスレーブ機の全てに熟練操縦士を搭乗させ、スレーブ機の操縦士にはマスター機の操縦士からの適切かつ絶対的な指示のもとに機体を操縦させるようにして、マスター機の操縦士によりシステム全体を誘導することが考えられる。

【００１１】

このように、複数のヘリコプタのうちの１機のマスター機のみがシステム全体の誘導を司り、他のヘリコプタはマスター機の操縦士からの指示に従って操縦するシステム制御方法の概念は、マスター・スレーブ制御と呼ぶことができ、このシステム制御方法を発展させれば、ヘリコプタの機体数が増えても、複数のスレーブ機に厳密な順位付けを行うことにより、理論上はシステムを制御することが可能となる。

【００１２】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上記構想のＭＨＳＳでは、マスター機及びスレーブ機の各操縦士として、充分に訓練された熟練した操縦士が必要になると共に、各操縦士相互間の極めて緊密な連携が必要となる。

【００１３】

しかも、マスター機の操縦士は、単機でのスリング運用とは比べものにならない程の高いワークロードに曝されることになる。即ち、マスター機の操縦士は、単機でのスリング運用と同様に、スリングする貨物の誘導を第１にして自機の操縦を行うが、同時にシステム全体をどの方向或いは高度にするか、そのためにはスレーブ機をどの方角、高度に操縦させれば良いか等の指示をスレーブ機毎に無線を介して音声により指示する必要がある。

【００１４】

また、スレーブ機に与えた指示に対して、スレーブ機の操縦士から機体性能の制限や地理的な制限で達成不能であることが知らされれば、マスター機の操縦士は、即座にシステムの飛行経路を修正して、全体が破綻しないようにコントロールする必要がある。

【００１５】

この操縦士のワークロードを軽減する方法としては、例えば高度保持や水平飛行等の機能を有する自動飛行制御装置（ＡＦＣＳ）を利用したり、各機に副操縦士を搭乗させることが考えられるが、ＡＦＣＳは単機での運用しか考慮されていないため実用化には不十分であり、また副操縦士を搭乗させることは人件費等の増加となって運用コストの点で不利となる。

【００１６】

なお、上記のＭＨＳＳ運用に関しては、例えば AHS Journal Vol.30 "Simulation of the Helicopter Sling Load Systems" において運動の解析等の研究が行われているが、この研究においても実用化に足る明快なシステム像は得られていない。

【００１７】

以上のことから、ＭＨＳＳは未だ実用化されるに至っていない。

【００１８】

従って、かかる点に鑑みてなされた本発明の目的は、特に、従来の単機でのヘリコプタ運用能力を損なうことなく、複数のヘリコプタによる貨物のスリング運搬を安全かつ簡単に実施できるヘリコプタによるスリングシステムを提供することにある。

【００１９】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成する請求項１に記載のヘリコプタによるスリングシステムの発明は、複数のヘリコプタに各々ワイヤを吊下して、これらワイヤによりスプレッダーバーを吊架し、該スプレッダーバーにスリングワイヤを懸架して、スリングワイヤにより貨物を吊架して運搬するヘリコプタによるスリングシステムにおいて、上記複数のヘリコプタのうち所定の１機をマスター機、他機をスレーブ機とし、上記マスター機及びスレーブ機には、各々速度検出手段、高度検出手段、機体姿勢検出手段、位置検出手段及び操舵量検出手段を設けると共に、上記マスター機には、スリング飛行のプログラムを格納すると共に、該プログラムに従って自機の飛行を制御するためのマスター制御器と、該マスター制御器からの指令を操舵量に変換して自機の操舵装置を操舵すると共に、該マスター機の上記操舵量検出手段で検出される自機の操舵装置の操舵量を速度量に変換して上記マスター制御器に供給するマスター飛行制御手段とを設け、上記スレーブ機には、上記プログラムに従って自機の飛行を制御するためのスレーブ制御器と、該スレーブ制御器からの指令を操舵量に変換して自機の操舵装置を操舵すると共に、該スレーブ機の上記操舵量検出手段で検出される自機の操舵装置の操舵量を速度量に変換して上記スレーブ制御器に供給するスレーブ飛行制御手段とを設け、上記ワイヤには、該ワイヤの張力を検出するワイヤ張力検出手段と、該ワイヤの縦横位置を検出して上記スプレッダーバーの離着陸を検出するためのワイヤ縦横位置検出手段とを設け、上記スリングワイヤには、該スリングワイヤの張力を検出するスリングワイヤ張力検出手段と、該スリングワイヤの縦横位置を検出して上記貨物の離着陸を検出するためのスリングワイヤ縦横位置検出手段とを設け、上記マスター制御器と上記スレーブ制御器とを情報伝達手段を介して結合して、上記マスター機及びスレーブ機によるスリング飛行を制御することを特徴とする。

【００２０】

請求項１の発明によると、複数のヘリコプタのうちの１機をマスター機、他機をスレーブ機として、マスター機のマスター制御器とスレーブ機のスレーブ制御器とを情報伝達手段を介して結合し、マスター制御器に格納されたスリング飛行のプログラムに従って、マスター・スレーブ制御によりマスター機及びスレーブ機による貨物のスリング飛行を制御するので、従来の単機でのヘリコプタ運用能力を損なうことなく、複数のヘリコプタによる貨物のスリング運搬を安全かつ簡単に実施することが可能となる。

【００２２】

また、マスター機及びスレーブ機の相対位置を常に適正に保ちながら、離着陸を含む貨物のスリング運搬が安全かつ簡単に実施することが可能になる。

【００２３】

請求項２に記載の発明は、請求項１に記載のヘリコプタによるスリングシステムにおいて、上記マスター機及びスレーブ機の各位置検出手段は、ディファレンシャルＧＰＳにより自機位置を検出することを特徴とする。

【００２４】

請求項２の発明によると、マスター機及びスレーブ機の相対位置をより高精度で検出することができるので、マスター機及びスレーブ機の相対位置をより適正に保つことが可能になる。

【００２９】

【発明の実施の形態】

以下、本発明のヘリコプタによるスリングシステムの実施の形態について、図１乃至図１１により説明する。

【００３０】
図１は本発明を実施するＭＨＳＳの概要を示す図であり、図２はヘリコプタの操舵装置を示す図、図３はシステムブロック図、図４はシステム全体の管制フローチャート、図５は各機体の位置検出を説明するための図、図６は離陸モードにおけるマスター機とスレーブ機とのフローチャート、図７は離陸モード時の上昇速度例を示す図、図８から図１１は離陸モード時の順次の飛行状態を示す図である。
【００３１】
図１に示すＭＨＳＳは、２機のヘリコプタ１、２を用い、これらヘリコプタ１、２に各々ワイヤ４を吊下してスプレッダーバー５をその両端部において吊架し、更にスプレッダーバー５の両端部に各々スリングワイヤ６を懸架して、これら両スリングワイヤ６により貨物８を吊架し、一方のヘリコプタ１をマスター機、他方のヘリコプタ２をスレーブ機として、スプレッダーバー５によりマスター機１とスレーブ機２との間隔を保ちながら貨物８をスリングして運搬するものである。
【００３２】
各ワイヤ４は、ワイヤ張力検出器１１を介して対応するマスター機１又はスレーブ機２に吊下すると共に、各ワイヤ４には、スプレッダーバー５への連結部近傍に、主として離着陸時にワイヤ４が縦位置にあるか横位置にあるかを検出してスプレッダーバー５と地面との位置関係を検出するためのワイヤ縦横位置検出器１２を取り付ける。
【００３３】
また、各スリングワイヤ６も、スリングワイヤ張力検出器１３を介してスプレッダーバー５に懸架すると共に、貨物８の近傍には、主として離着陸時にスリングワイヤ６が縦位置にあるか横位置にあるかを検出して貨物８と地面との位置関係を検出するためのスリングワイヤ縦横位置検出器１４を取り付ける。
【００３４】
マスター機１及びスレーブ機２の各操舵装置には、図２に示すように、操縦桿１５を操舵してＭ／Ｒ縦サイクリック・ピッチを調整する縦サイクリック用アクチュエータ１６及びＭ／Ｒ横サイクリック・ピッチを調整する横サイクリック用アクチュエータ１７と、コレクティブコントロールペダル１８を操舵してＭ／Ｒコレクティブ・ピッチを調整するコレクティブ用アクチュエータ１９と、ヨーコントロールペダル２０を操舵してＴ／Ｒピッチを調整するヨー用アクチュエータ２１とを設ける。
【００３５】
また、マスター機１には、図３にシステムブロック図を示すように、マスター制御器２３及びマスター飛行制御器２４を設ける。マスター制御器２３は、主としてシステムを管理するもので、ＭＨＳＳのプログラムを格納して自機の飛行を制御する。このマスター制御器２３には、機体に共通に設けられている各種機体センサ、即ち対気速度計２５、高度計２６、機体姿勢計２７、外気温度計２８、加速度計２９、及び位置検出装置３０を接続すると共に、ワイヤ４に関するワイヤ張力検出器１１及びワイヤ縦横位置検出器１２、スリングワイヤ６に関するスリングワイヤ張力検出器１３及びスリングワイヤ縦横位置検出器１４を接続し、更にマスター／スレーブモード選択スイッチ３１を接続する。
【００３６】
マスター飛行制御器２４は、自機の操舵装置を制御するもので、マスター制御器２３からの制御指令に基づいて操舵装置の適正な操舵量を算出し、その算出した操舵量を対応するアクチュエータ１６、１７、１９、２１に供給して、操縦桿１５、コレクティブコントロールペダル１８、及びヨーコントロールペダル２０を操舵する。また、このマスター飛行制御器２４には、操舵装置の操舵量を検出するパイロット操舵量検出装置３２を接続し、このパイロット操舵量検出装置３２で検出された操舵量を速度量に変換してマスター制御器２３に供給する。
【００３７】
スレーブ機２もマスター機１と同様に構成し、このスレーブ機２のスレーブ制御器とマスター機１のマスター制御器２３とをケーブル３３を介して接続して、マスター機１とスレ

ーブ機２との間で情報を伝達しながらマスター・スレーブ制御によりシステムを運用する。

【００３８】

なお、図１ではスレーブ機２を１機としたが、図３に示すようにスレーブ機２を複数ｎ機用いる場合には、各スレーブ機を上記と同様に構成する。この場合、スプレッダーバー５は（ｎ＋１）本をエンドレスに連結して多角形状とし、その各頂点部にマスター機１を含む各機からワイヤ張力検出器１１を介してワイヤ４を連結すると共に、スリングワイヤ張力検出器１３を介してスリングワイヤ６を連結して貨物８を吊架するようにする。また、各ワイヤ４にはスプレッダーバー５との連結部近傍にスプレッダーバー５と地面との位置関係を検出するためのワイヤ縦横位置検出器１２を取り付けると共に、各スリングワイヤ６にも貨物８との連結部近傍に貨物８と地面との位置関係を検出するためのスリングワイヤ縦横位置検出器１４を取り付け、対応する機の各検出器１１、１２、１３、１４を当該機の制御器に接続して、各スレーブ機２のスレーブ制御器とマスター機１のマスター制御器２３とを各々ケーブル３３を介して接続する。

【００３９】

本実施の形態では、図４にシステム全体の管制フローチャートを示すように、スリングシステムの開始において、先ず複数機による運用か単機による運用かを判断し、複数機による運用の場合には、各機においてマスター／スレーブモード選択スイッチ３１により自機がマスター機かスレーブ機かを選択してから飛行モードに移行する。飛行モードでは、先ず離陸モードを行い、その後、水平加速、水平（巡行）飛行、旋回、及び水平減速の各飛行モードを適宜選択的に行い、最後に着陸モードを行ってスリングシステムを終了する。

【００４０】

なお、各飛行モードにおいて、いずれかの機が性能低下や故障により飛行が継続できなくなった場合には、緊急システムとして飛行条件を変更して飛行を継続するか、或いは貨物８を切り離してスリングシステムを終了する。また、単機による運用の場合には、単機自動飛行システムに移行する。

【００４１】

ここで、各機の位置検出装置３０では、例えばディファレンシャルＧＰＳ（以下、Ｄ－ＧＰＳと略記する）により自機の３次元位置を計測すると共に、他機との３次元相対位置を計測する。このＤ－ＧＰＳでは、例えば図５に示すように位置が正確に判明している地上局３５を用い、各機及び地上局３５において同じＧＰＳ衛星３６を用いて同時に位置計測を行う。その結果、地上局３５の計測値に生じる計測誤差が各機での計測値にも存在するものとして、各機での計測値を地上局３５での計測誤差によって補正する。或いは、地上局３５と４個のＧＰＳ衛星との合計５個の信号を用いて各機の位置を計測する。また、単にマスター機１とスレーブ機２との間の３次元相対位置を計測する場合には、同時に同じＧＰＳ衛星からの信号を使って各々の３次元位置を計測する。

【００４２】

このように、自機の３次元位置及び他機との３次元相対位置をＤ－ＧＰＳにより計測することで、各位置を例えば約１０ｃｍの誤差範囲の高精度で計測することができる。

【００４３】

本実施の形態では、基本的には、各機において地上局３５を使用して各々の正確な３次元位置を計測し、その結果からスレーブ機１がマスター機２との３次元相対位置を把握する。このため、マスター機１からはスレーブ機２に位置計測命令と、マスター機１の各３次元位置情報と、補正情報とを送信し、スレーブ機２ではそれらの情報を受信して自機の３次元位置を計測し、適正な位置を取るように操縦すると共に、自機の３次元位置をマスター機１に送信する。

【００４４】

また、地上局３５が使用できない場合には、マスター機１はスレーブ機２に位置計測命令を送信すると共に、自機位置を計測してその結果をスレーブ機２に送信し、スレーブ機２はマスター機１からの位置計測命令により自機位置を計測して、計測位置とマスター機１

の位置情報とにより相対位置を把握する。

【００４５】

なお、図５では、マスター機１と２機のスレーブ機２との合計３機を用いて、貨物８をスリング運搬する場合を示している。

【００４６】

次に、上記の離陸、水平加速、水平巡行、旋回、減速及び着陸の各飛行モードについて説明する。

【００４７】

（離陸モード）

離陸は、マスター機１のマスター制御器２３に記憶したプログラムに従って、高度を参照しながら上昇速度又は加速度を制御することにより、垂直上昇のみが可能で、面内横滑りしないように行う。ただし、機首方向については、マスター機１の操縦士がヨーコントロールペダル２０を踏むことにより上昇中も任意に設定できるようにする。

【００４８】

この離陸モードは、大きく以下の２つのフェーズに分かれる。

(1) 機体が接地した状態から、機体、スプレッダーバー及び貨物を順次に持ち上げ、超低空ホバリングを維持する。

(2) ホバリングから適正な加速度で上昇し、事前に予め地上でプログラミングした高度で停止する。

【００４９】

以下、図６に示すマスター機とスレーブ機とのフローチャート、図７に示す上昇速度例、及び図８から図１１に示す順次の飛行状態説明図により、離陸モードについて説明する。なお、ここでは２機のスレーブ機２を用いるものとする。

【００５０】

先ず、全機のエンジンが始動して離陸がＯＫになったら、マスター機１の操縦士により離陸モードを選択してマスター制御器２３に入力し、マスター機１のマスター制御器２３から各スレーブ機２のスレーブ制御器に対応するケーブル３３を介してプログラムされた上昇速度情報を送信する。

【００５１】

マスター機１では、自機のマスター制御器２３からの上昇速度情報をマスター飛行制御器２４に供給して、マスター機１の特性に合わせて操舵量を補正し、その補正された操舵量に基づいて縦サイクリック用、横サイクリック用、コレクティブ用、及びヨー用の４個のアクチュエータ１６、１７、１９、２１のうちの所要のアクチュエータにより操舵装置を操舵する。

【００５２】

また、各スレーブ機２では、マスター機１から送信された上昇速度情報を自機のスレーブ制御器を経てスレーブ飛行制御器に供給して、同様に各スレーブ機２の特性に合わせて操舵量を補正し、その補正された操舵量に基づいて所要のアクチュエータにより操舵装置を操舵する。これにより各機は、プログラムされた略同等の上昇速度で離陸を開始する。

【００５３】

なお、この離陸初期においては、例えば図７に示すように、離陸開始から１０sec までに１m／sec の低速度に達するように上昇速度を連続的に増加させ、その後は１m／sec の低速度を維持して上昇させる（低速等速上昇）。

【００５４】

上昇中、各機では、高度計２６、ワイヤ張力検出器１１、ワイヤ縦横位置検出器１２、スリングワイヤ張力検出器１３、及びスリングワイヤ縦横位置検出器１４により、自機の高度、スプレッダーバー５を吊架したワイヤ４の張力及び縦横位置、貨物８を吊架したスリングワイヤ６の張力及び縦横位置を計測し、各スレーブ機２ではこれらの計測値を各々ケーブル３３を経てマスター機１に送信する。

【００５５】

また、マスター機１は、各スレーブ機２との相対位置が適正となるように各スレーブ機２に修正指令を送信しながら上昇する。この相対位置の修正は、各機に搭載された位置検出装置３０からのＤ－ＧＰＳによる３次元位置情報を受信して行い、その高度がプログラムされている高度に対してある範囲を越えた場合に、上昇速度の増減で指示する。各スレーブ機２は、この上昇速度の変化分を操舵量に変換して操舵する。

【００５６】

低速等速上昇により、図８に示すように全機がスプレッダーバー５の離陸直前の位置に到達して、各ワイヤ縦横位置検出器１２においてワイヤ４の縦位置が検出されたら、その時点でプログラムに従ってマスター機１から各スレーブ機２に上昇速度を微速度、例えば図７に示すように０．１ｍ／sec まで下げる指令を送信し、これにより各ワイヤ張力検出器１１で検出されるワイヤ４の張力が略一定値となるまで全機を微速度で上昇させる（微速上昇）。

【００５７】

この微速上昇により、各ワイヤ張力が略一定値になったことが検出されたら、上昇速度を再び低速度まで連続的に増加して、スプレッダーバー５を持ち上げる。

【００５８】

その後、全機が適切な相対位置を保ちながら上昇して（低速等速上昇）、図９に示すように貨物８の離陸直前の位置に到達し、各スリングワイヤ縦横位置検出器１４においてスリングワイヤ６の縦位置が検出されたら、その時点で再びマスター機１から各スレーブ機２に上昇速度を微速度まで下げる指令を送信し、各スリングワイヤ張力検出器１３で検出されるスリングワイヤ６の張力がほぼ一定値に落ち着くまで全機を微速度で上昇させる（微速上昇）。

【００５９】

この微速上昇により、各スリングワイヤ６の張力がほぼ一定値になったことが検出されたら、上昇速度を上記の低速度まで連続的に増加させ、図１０に示すように貨物８を持ち上げる。

【００６０】

その後、全機を適切な相対位置を保ちながら、図１１に示すように所定の高度まで低速等速上昇させる。

【００６１】

なお、上昇中、各機は、機体姿勢、速度、加速度、風向き、ワイヤ４の縦横位置及びスリングワイヤ６の縦横位置等を監視して横滑りしないように制御するが、これらの操舵は他の機体には伝達せず、また各スレーブ機２はマスター機１のマスター制御器２３からの指令を優先して処理する。

【００６２】

（水平加速モード）

ヘリコプタの水平加速は、操縦桿１５を前方へ出す操舵、即ちサイクリック操舵と、コレクティブコントロールペダル１８を踏み込む操舵、即ちＭ／Ｒコレクティブ操舵との連携により、いわゆるカップリングの特性を考慮した操舵により得られる。また、マスター機１のマスター制御器２３の故障等により、自動操縦から突然手動操縦に切り替わった事態を考慮すると、デカップリングは行わない方がシステムとして有利である。そこで、水平加速モードでのマスター機１の操縦方法は、基本的には従来の単機運用時と同じとする。

【００６３】

また、水平加速においては、貨物８の振動の収束の早さが重要であり、スリング運用では空気力は振動の減衰項として働くので、出来るだけ早く所望の速度に達するのが望ましい。

【００６４】

しかし、ロータ性能以上の加速は失速を引き起こし、１機でも失速に陥ると、高度の低下や系の不安定を引き起こして、システム全体のバランスを取り戻すのが困難になることが予想されるので、マスター機１及び各スレーブ機２の中で、最小の性能の機体の限界加速

度を上限として水平加速を行う。

【００６５】

このように、水平加速は、マスター機１の操縦士の操縦で行うが、その加速度は全機の性能から決定し、もし誤って過大な操舵が行われても、各機の性能を越える操舵は行わないようにする。即ち、最小の性能の機体の限界加速度に抑えるように、各機の飛行制御器により操舵装置を制御する。

【００６６】

先ず、マスター機１の操縦士は、加速のための操舵を行う。この操舵量は、パイロット操舵量検出装置３２で検出し、マスター飛行制御器２４で水平加速度に変換してマスター制御器２３に供給し、このマスター制御器２３から各々ケーブル３３を経て対応するスレーブ機２に送信する。

【００６７】

各スレーブ機２では、マスター機１からの水平加速度を当該スレーブ機２のスレーブ制御器で受信してスレーブ飛行制御器に供給し、スレーブ飛行制御器で操舵量に変換して操舵装置に操舵を指令する。なお、各スレーブ機２での水平加速度の操舵量への変換は、各機の特性を考慮して行う。これにより、全ての機体に等しい水平加速度が得られるようになる。

【００６８】

その後、機体が目標速度に近づき、マスター機１の操縦士が徐々に加速度を小さくすることにより、最終的にシステムは目標速度に安定する。

【００６９】

この水平加速の間のマスター機１の操舵は、全てのスレーブ機２に送信されてスレーブ機２の操舵が変更される。更に、各スレーブ機２では、マスター機１からの指令による操舵の他に、Ｄ－ＧＰＳにより自機とマスター機１との相対位置を検出して、正規の位置となるように加速度の修正を行う。この相対位置の修正は、マスター機１との距離が所定値からずれたとき、この間に平均ずれ速度よりも小さい速度で所定値に戻すように操舵することにより行われる。

【００７０】

（水平巡行モード）

水平巡行は、所定の高度を所定の速度で飛行するだけなので、マスター機１は自機の機体センサで高度、姿勢及び位置を判断し、自機の目標の高度及び速度を維持して水平飛行するように、微小な修正操舵を加えて自機の水平飛行を継続する。このときの修正操舵は各スレーブ機２には伝えられない。

【００７１】

また、各スレーブ機２は、自機の高度及び姿勢、マスター機１との相対位置が各々所定の範囲に収まるように自動修正操舵を行いながら水平飛行を継続する。ここで、マスター機１との相対位置の修正は、上記の水平加速の場合と同様にして行われる。

【００７２】

（旋回モード）

旋回は、高度の増減を伴わない面内旋回とする。この旋回では、貨物８の遠心力によって内側の機体に貨物の荷重が分担される。この結果、内側の機体が失速してシステムとしての安定を失うことがあるので、旋回時には貨物８の荷重の分担を一定に維持するようにシステム全体を傾斜させる。また、旋回では、内側の機体の速度が遅く、外側の機体の速度が速くなるので、外側の機体の速度性能、及びロータ性能の差による旋回能力や横滑り特性を考慮して行う。

【００７３】

そこで、本実施の形態では、水平巡行飛行の速度で、スプレッダーバー５を含む貨物８の重心の高度変化がないように、予め決定されている旋回ルートで旋回を行う。各機の旋回ルート及び操舵指令は、マスター機１との相対位置と、その時の速度とを時間の関数として、各機の制御器に記憶しておく。

【００７４】
旋回ルート及び旋回開始時期はマスター機１から指示し、旋回開始時期に達したら、各機の制御器は自機の飛行制御器に速度指令を送り、これにより飛行制御器は速度を操舵量に変換して自機の操舵装置を操舵する。
【００７５】
旋回中、各スレーブ機２はＤ－ＧＰＳにより自機とマスター機１との相対位置を検出し、その相対位置関係が所定の範囲に収まるように修正操舵する。この修正操舵は水平巡行飛行の場合と同じであり、その操舵は他の機には伝えない。
【００７６】
（減速モード）
減速では、貨物８の振動を効果的に抑えるように、貨物８の質量をｍ、システム全体の質量をＭとするとき、その速度において貨物８が受けている空気力のＭ／ｍの前進方向の推力成分を減じるように操縦する。具体的には、貨物８に作用する進行方向に対して逆向きの空気力による力と、減速による進行方向への加速度による力（慣性力）とを釣り合わせる。
【００７７】
即ち、空気力による力をｆｖ、減速による慣性力をｆｍとすると、
ｆｖ＝ｋ・ｖ^2（ｋ：形状による係数、ｖ：貨物の速度）
ｆｍ＝ｍ・ｖ′（ｍ：貨物の質量、ｖ′：加速度）
であるから、機体の水平飛行速度をＶｃｒ、減速開始からの時間をｔとして、
ｖ＝Ｖｃｒ／｛１＋（ｋ／ｍ）・Ｖｃｒ・ｔ｝
ｖ′＝－｛（ｋ／ｍ）・Ｖｃｒ^2｝／｛１＋（ｋ／ｍ）・Ｖｃｒ・ｔ｝^{2}
となるように減速する。ただし、ｖ＝０となる時間は無限大であるから、一定の制限を設けてフレアによる減速を行い、最後の停止操作では、有害でない範囲で貨物８の揺れを残してホバリング状態に入る。
【００７８】
この減速飛行はどの機も同じであるので、各機は各々の特性を考慮して操舵方法を決定し、その操舵量を時間の関数として各機の制御器に記憶しておく。
【００７９】
マスター機１は減速の指令を減速開始の時期と共に各スレーブ機２に送信し、減速開始時期に達したら各機は各々の制御器に記憶されている操舵量で操舵して減速する。この飛行モードでも、各スレーブ機２は、Ｄ－ＧＰＳにより自機とマスター機１との相対位置を監視し、自機とマスター機１との相対位置関係が所定の範囲に収まるように修正操舵を行いながら飛行する。
【００８０】
（着陸モード）
着陸は、地上誘導員とマスター機１の操縦士との無線連絡で行われることもあるが、プログラムされた下降速度でも行われる。このプログラムされた下降速度での着陸モードでは、例えば上記した離陸モードとは逆のパターン、即ち図７において上昇速度を下降速度とし、時間軸の正方向を逆方向としたパターンで行なう。
【００８１】
先ず、第１の設定高度まで所定の低速度で下降したら、下降速度を所定の微速まで低下させて、微速下降しながら各スリングワイヤ縦横位置検出器１４がスリングワイヤ６の横位置を検出することによって貨物８の接地を検出する。
【００８２】
貨物８の接地を検出したら、下降速度を所定の低速度に上げて第２の設定高度まで下降し、その後、再び上記の微速まで下降速度を低下させて、微速下降しながら各ワイヤ縦横位置検出器１２がワイヤ４の横位置を検出することによってスプレッダーバー５の着地を検出する。
【００８３】

スプレッダーバー５の着地を検出したら、下降速度を所定の低速度に上げて下降し、その後、下降速度を低下させながら機体を着地させる。

【００８４】

この下降の間、マスター機１は各スレーブ機２の高度を監視し、各スレーブ機２に適正な相対位置をとるように修正指令を与える。

【００８５】

以上、各飛行モードについて説明したが、マスター機１は、飛行中にマスター制御器２３において各スレーブ機２からの速度、高度及び位置の各情報を絶えず受信して各スレーブ機２の状態を把握しているので、いずれかの機が性能低下または故障等により飛行が継続できなくなったときには、マスター機１のマスター制御器２３は操縦士に異常を知らせると共に、対応処理を実行する。

【００８６】

この対応処理では、条件を変更すればホバリングを含む飛行が可能な場合には、可能な飛行条件に変更して飛行を続行し、飛行続行が不可能な場合には、マスター機１の操縦士に不可能がことを知らせ、これにより操縦士において貨物８の投下を含む対策を講じさせるようにする。

【００８７】

本実施の形態によるＭＨＳＳによると、複数のヘリコプタのうちの１機をマスター機１とし、他をスレーブ機２して、マスター機１のマスター制御器２３とスレーブ機２のスレーブ制御器とをケーブル３３を介して接続し、各機の３次元位置及び各機相互間の３次元相対位置をＤ－ＧＰＳにより計測しながら、マスター制御器２３に格納されたスリング飛行のプログラムに従って、マスター・スレーブ制御によりマスター機１及びスレーブ機２によるスリング飛行を制御して貨物８を運搬するようにすることから、従来の単機でのヘリコプタ運用能力を損なうことなく、複数のヘリコプタの相対位置を高精度に保ちながら、貨物８を安全かつ簡単にスリング運搬することができる。

【００８８】

なお、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨に逸脱しない範囲で種々変更可能である。例えば、上記実施の形態では、情報伝達手段としてケーブル３３を用いて、マスター機１とスレーブ機２との間で相互に情報を伝達するようにしたが、ケーブル３３に代えて光ファイバを用いたり、無線通信手段を用いることもできる。例えば光ファイバを用いる場合には、大量の情報を伝達することができると共に、電磁波の強い空域でも情報を確実に伝達することができるので、より高精度の制御を安定して行うことができ、また無線通信手段を用いる場合には、ケーブルや光ファイバを用いる場合のような結線作業が不要になると共に、運用中のこれらの不慮の切断も生じることがないので、安定した情報伝達が可能となる。

【００８９】

また、貨物８にＤ－ＧＰＳによる位置検出装置や加速度検出器を取り付け、これらの出力をマスター機１のマスター制御器２３に入力して、より高精度のＭＨＳＳを構築することもできる。

【００９０】

更に、上記実施の形態では、各ワイヤ４にワイヤ縦横位置検出器１２を取り付けたが、任意の１本のワイヤ４にのみワイヤ縦横位置検出器１２を取り付けて運用することもできる。同様に、スリングワイヤ縦横位置検出器１４についても、任意の１本のスリングワイヤ６にのみ取り付けて運用することもできる。

【００９１】

【発明の効果】

以上説明した本発明のヘリコプタによるスリングシステムによると、複数のヘリコプタのうちの１機をマスター機、他機をスレーブ機として、マスター機のマスター制御器とスレーブ機のスレーブ制御器とを情報伝達手段を介して結合し、マスター制御器に格納されたスリング飛行のプログラムに従って、マスター・スレーブ制御によりマスター機及びスレ

ーブ機による貨物のスリング飛行を制御することから、従来の単機でのヘリコプタ運用能力を損なうことなく、複数のヘリコプタによる貨物のスリング運搬を安全かつ簡単に実施することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明によるヘリコプタによるスリングシステムの概要を示す図である。

【図２】同じく、図１に示すヘリコプタの操舵装置を示す図である。

【図３】同じく、ヘリコプタによるスリングシステムの全体ブロック図である。

【図４】同じく、ヘリコプタによるスリングシステムの運用を説明する管制フローチャートである。

【図５】同じく、ヘリコプタによるスリングシステムにおいて各機体の位置検出を説明するための図である。

【図６】同じく、図４に示す離陸モードでのマスター機及びスレーブ機の動作を説明するフローチャートである。

【図７】同じく、離陸モード時の上昇速度例を示す図である。

【図８】同じく、離陸モードでのスプレッダーバーの離陸直前状態を示す図である。

【図９】同じく、離陸モードでの貨物の離陸直前状態を示す図である。

【図１０】同じく、離陸モードでの貨物の離陸直後の状態を示す図である。

【図１１】同じく、離陸モードでの貨物離陸後の低速等速上昇状態を示す図である。

【図１２】従来のヘリコプタによるスリングシステムの一例を説明するための図である。

【図１３】同じく、他の例を説明するための図である。

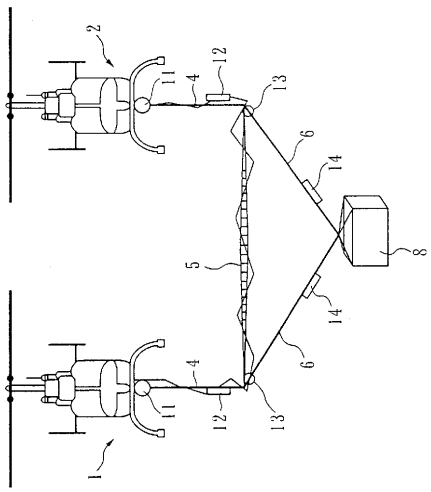
【図１４】同じく、更に他の例を説明するための図である。

【符号の説明】

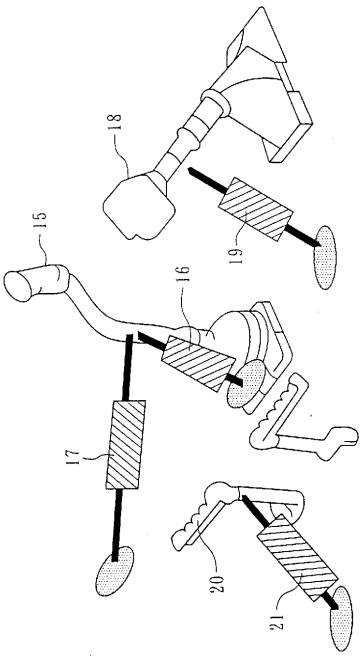
１　ヘリコプタ（マスター機）
２　ヘリコプタ（スレーブ機）
４　ワイヤ
５　スプレッダーバー
６　スリングワイヤ
８　貨物
１１　ワイヤ張力検出器
１２　ワイヤ縦横位置検出器
１３　スリングワイヤ張力検出器
１４　スリングワイヤ縦横位置検出器
１５　操縦桿
１６　縦サイクリック用アクチュエータ
１７　横サイクリック用アクチュエータ
１８　コレクティブコントロールバー
１９　コレクティブ用アクチュエータ
２０　ヨーコントロールペダル
２１　ヨー用アクチュエータ
２３　マスター制御器
２４　マスター飛行制御器
２５　対気速度計
２６　高度計
２７　機体姿勢計
２８　外気温度計
２９　加速度計
３０　位置検出装置
３１　マスター／スレーブモード選択スイッチ
３２　パイロット操舵量検出装置
３３　ケーブル

３５　　地上局
３６　　ＧＰＳ衛星

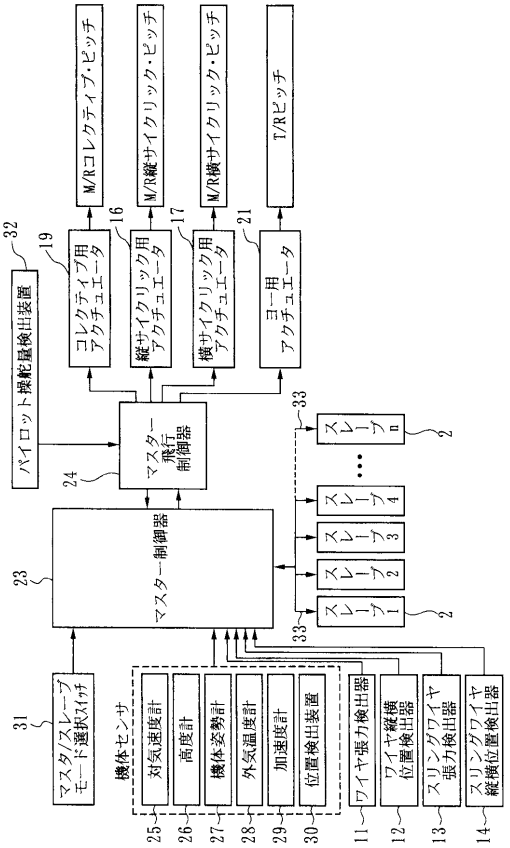
【図１】



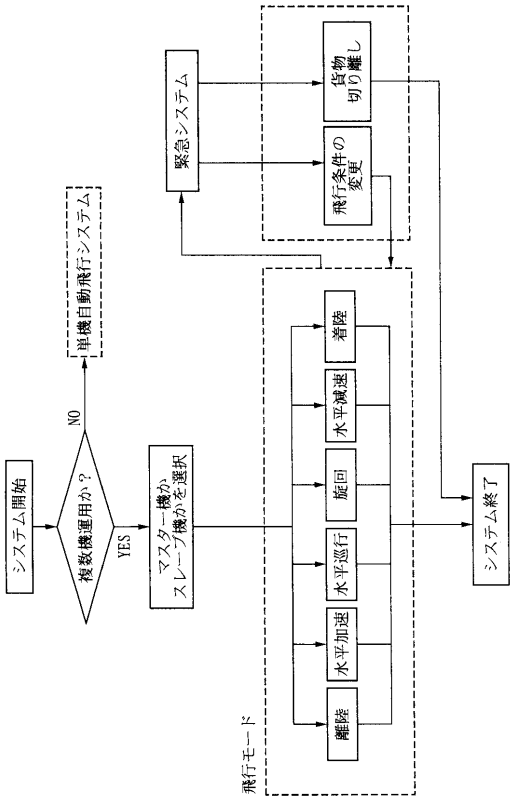
【図２】



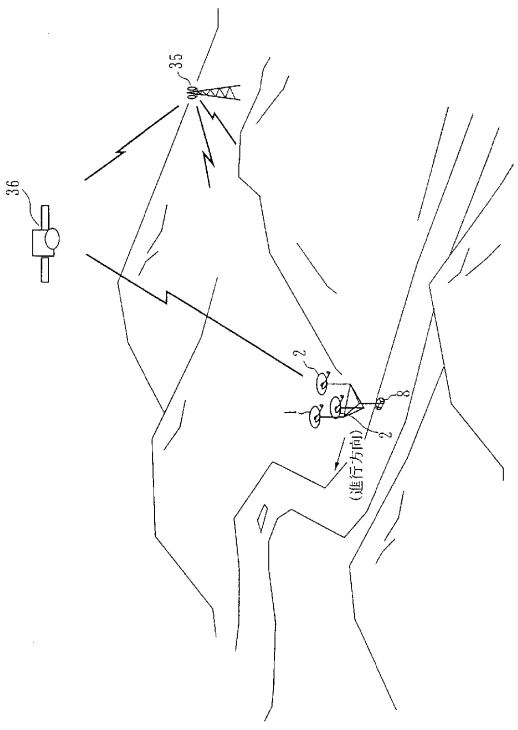
【図３】


パイロット操舵量検出装置
32
19
M/Rコレクティブ・ピッチ
M/R縦サイクリック・ピッチ
M/R横サイクリック・ピッチ
T/Rピッチ
コレクティブ用アクチュエータ
16
縦サイクリック用アクチュエータ
17
横サイクリック用アクチュエータ
21
ヨー用アクチュエータ
マスター飛行制御器
24
マスター制御器
23
スレーブ1
スレーブ2
スレーブ3
スレーブ4
スレーブn
33
2
マスタ/スレーブモード選択スイッチ
31
機体センサ
対気速度計
高度計
機体姿勢計
外気温度計
加速度計
位置検出装置
25
26
27
28
29
30
ワイヤ張力検出器
ワイヤ縦横位置検出器
スリングワイヤ張力検出器
スリングワイヤ縦横位置検出器
11
12
13
14

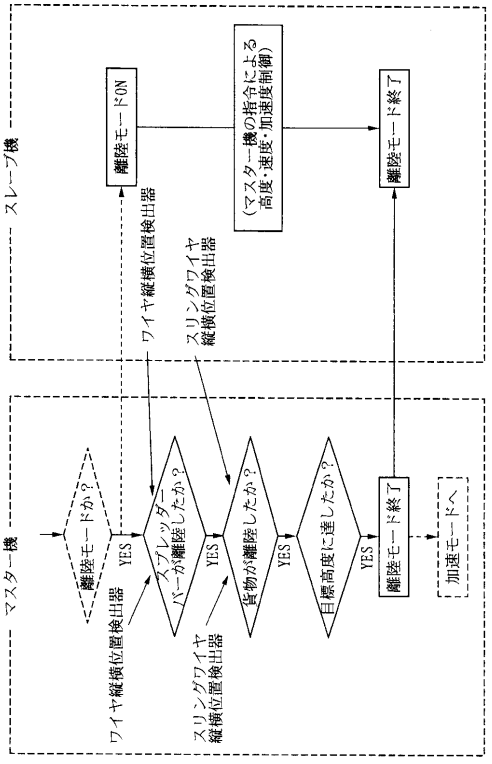
【図４】


システム開始
複数機運用か？
NO
YES
単機自動飛行システム
マスター機かスレーブ機かを選択
緊急システム
飛行条件の変更
貨物切り離し
飛行モード
離陸
水平加速
水平巡行
旋回
水平減速
着陸
システム終了

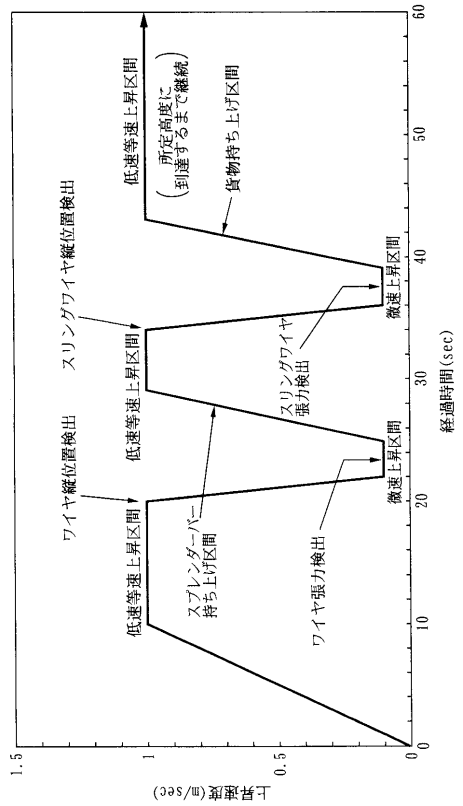
【図５】


35
36
2
8
(進行方向)

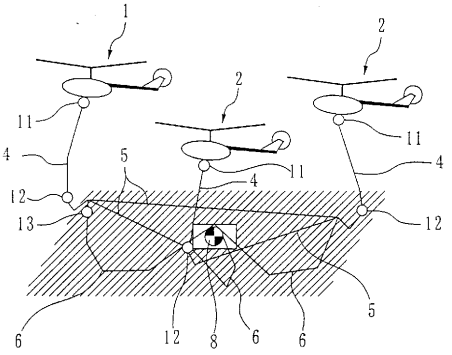
【図６】


スレーブ機
マスター機
離陸モードON
(マスター機の指令による高度・速度・加速度制御)
離陸モード終了
ワイヤ縦横位置検出器
スリングワイヤ縦横位置検出器
離陸モードか？
YES
スプレッダーが離陸したか？
貨物が離陸したか？
目標高度に達したか？
離陸モード終了
加速モードへ

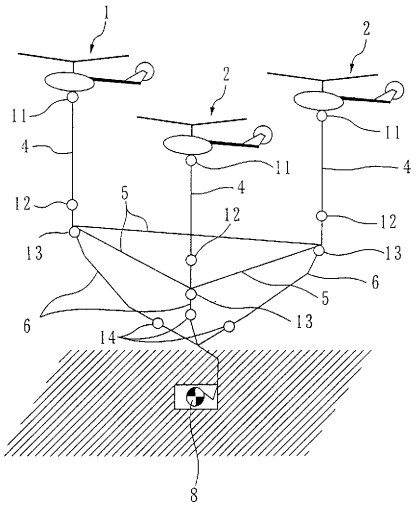
【図７】


上昇速度(m/sec)
経過時間(sec)
低速等速上昇区間
ワイヤ縦位置検出
スプレンダーバー持ち上げ区間
低速等速上昇区間
スリングワイヤ縦位置検出
ワイヤ張力検出
微速上昇区間
低速等速上昇区間
スリングワイヤ張力検出
微速上昇区間
貨物持ち上げ区間
低速等速上昇区間
(所定高度に到達するまで継続)

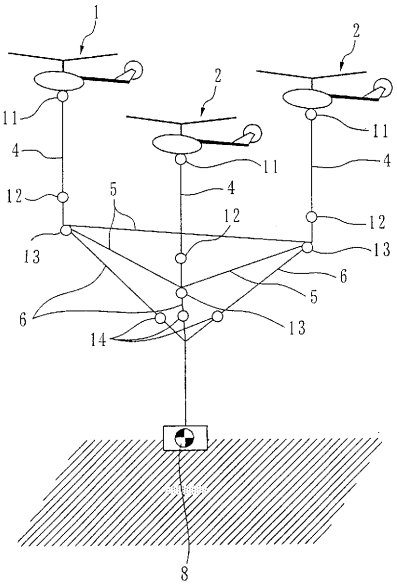
【図８】



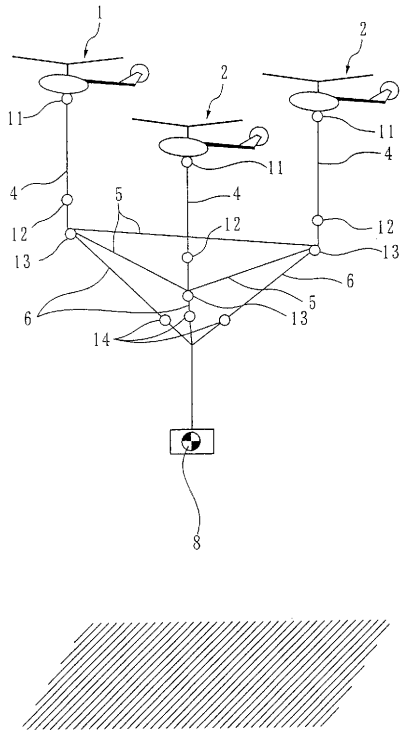
【図９】



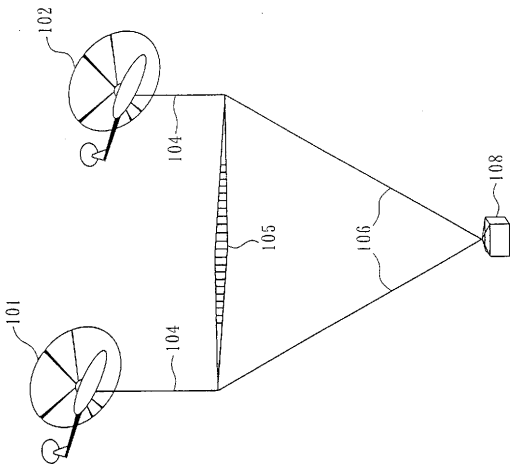
【図１０】



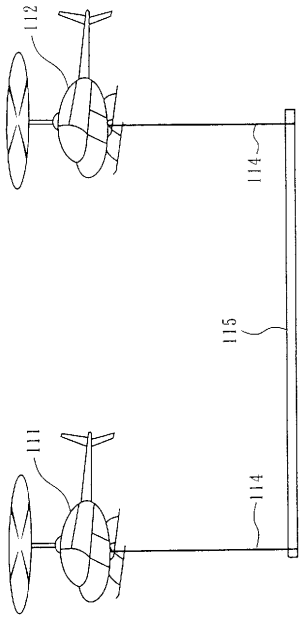
【図１１】



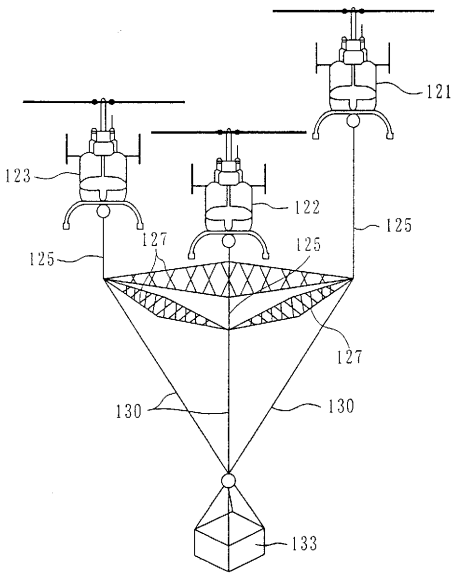
【図１２】



【図１３】



【図１４】



フロントページの続き

(56)参考文献 米国特許第０３７４３２１４（ＵＳ，Ａ）
米国特許第０２７３０３９８（ＵＳ，Ａ）
特開平１１－１３９３９６（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－２８５４９９（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－１９３５７４（ＪＰ，Ａ）
特開昭４８－０３５５９３（ＪＰ，Ａ）
特開昭４８－０２４５００（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
B64D 1/00 - 1/22
B64C 13/00 - 13/50
B64C 19/00 - 19/02
B64C 27/00 - 27/82
G01S 5/00 - 5/30