

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2019年3月21日(21.03.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/054232 A1

- (51) 国際特許分類:  
B64D 25/00 (2006.01) H04B 7/185 (2006.01)  
B64C 39/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/032732
- (22) 国際出願日: 2018年9月4日(04.09.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2017-177009 2017年9月14日(14.09.2017) JP
- (71) 出願人: ソフトバンク株式会社(SOFTBANK CORP.) [JP/JP]; 〒1057317 東京都港区東新橋一丁目9番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 若林 祐介(WAKABAYASHI Yusuke); 〒1057317 東京都港区東新橋一丁目9番1号 ソフトバンク株式会社内 Tokyo (JP). 山元 惇

(YAMAMOTO Atsushi); 〒1057317 東京都港区東新橋一丁目9番1号 ソフトバンク株式会社内 Tokyo (JP). 本久 貴志(MOTOHISA Takashi); 〒1057317 東京都港区東新橋一丁目9番1号 ソフトバンク株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 黒田 壽, 外(KURODA Hisashi et al.); 〒2220033 神奈川県横浜市港北区新横浜3-7-3 リーフスクエア新横浜ビル7階 黒田国際特許事務所 Kanagawa (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) Title: FAILURE/FALLING-RESPONSIVE HAPS

(54) 発明の名称: 故障落下対応型HAPS

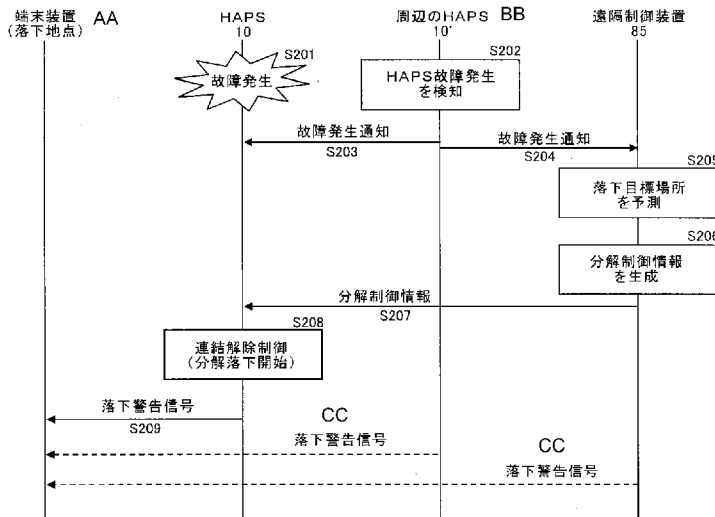


FIG. 14

(57) Abstract: Provided is a communication relay device with which it is possible to stably achieve a three-dimensional network, such as 5G mobile communication, across a wide area, and with which it is possible to increase stability during failure or falling. An aerial-floating-type communication relay device comprising a wireless relay station that performs wireless communication with a terminal device, and a floating body that is controlled via an autonomous control or an external control so as to be positioned in an airspace at a prescribed altitude, wherein when a failure occurs accompanying the fall of the communication relay device, the communication relay device is caused to fall at a predicted prescribed fall target location on the basis of information about surrounding air currents.

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,  
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,  
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,  
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

---

(57) 要約: 第5世代移動通信等の3次元化したネットワークを広域にわたって安定に実現することができるとともに、故障落下時の安全性を高めることができる通信中継装置を提供する。端末装置との間で無線通信を行う無線中継局と、自律制御又は外部から制御により所定高度の空域に位置するように制御される浮揚体と、を備える空中浮揚型の通信中継装置であって、通信中継装置自身の下降を伴う故障が発生したとき、周辺気流の情報に基づいて予測される所定の落下目標場所に通信中継装置自身を落下させる。

## 明 細 書

発明の名称：故障落下対応型HAPS

### 技術分野

[0001] 本発明は、第5世代通信の3次元化ネットワークの構築に適したHAPS（高高度プラットフォーム局）の故障落下への対応に関するものである。

### 背景技術

[0002] 従来、移動通信システムの通信規格である3GPPのLTE（Long Term Evolution）-Advanced（非特許文献1参照）を発展させたLTE-Advanced Proと呼ばれる通信規格が知られている（非特許文献2参照）。このLTE-Advanced Proでは、近年のIoT（Internet of Things）向けデバイスへの通信を提供するための仕様が策定された。更に、IoT向けデバイス等の多数の端末装置（「UE（ユーザ装置）」、「移動局」、「通信端末」ともいう。）への同時接続や低遅延化などに対応する第5世代の移動通信が検討されている（例えば、非特許文献3参照）。

### 先行技術文献

#### 非特許文献

- [0003] 非特許文献1：3GPP TS 36.300 V10.12.0（2014-12）。
- 非特許文献2：3GPP TS 36.300 V13.5.0（2016-09）。
- 非特許文献3：G. Romano, 「3GPP RAN progress on “5G”」, 3GPP, 2016.

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] 上記第5世代移動通信等においてIoT向けデバイスを含む端末装置との間の無線通信にて、伝搬遅延が低く、広範囲の多数の端末と同時接続でき、

高速通信可能で、単位面積あたりのシステム容量の大きい3次元化したネットワークを広域にわたって安定に実現するという課題がある。また、このような3次元化したネットワークの実現する装置の故障時の安全性を高めるという課題がある。

### 課題を解決するための手段

[0005] 本発明の一態様に係る通信中継装置は、端末装置との間で無線通信を行う無線中継局と、自律制御又は外部から制御により所定高度の空域に位置するように制御される浮揚体と、を備える空中浮揚型の通信中継装置であって、前記通信中継装置自身の下降を伴う故障が発生したとき、周辺気流の情報に基づいて予測される所定の落下目標場所に前記通信中継装置自身を落下させる手段を備える。

[0006] 前記通信中継装置において、連結解除可能な連結部で連結された複数の部分構造体で構成され、前記複数の部分構造体の連結を選択的に解除する連結解除機構と、前記複数の部分構造体が前記落下目標場所に落下するように前記連結解除機構による連結解除を制御する制御部と、を備えてもよい。

前記制御部は、前記連結を解除する連結部の位置及び個数並びに前記連結を解除するタイミングの少なくとも一つを制御してもよい。

また、前記制御部は、前記複数の部分構造体の連結解除の複数種類の組み合わせから、前記落下目標場所への落下の確率が最も高い連結解除の組み合わせを選択して前記部分構造体に分解するように制御してもよい。

また、前記通信中継装置において、前記複数の部分構造体はそれぞれ、前記部分構造体が落下する場所に位置する端末装置に落下警報信号を送信しながら落下してもよい。

[0007] また、前記通信中継装置において、前記通信中継装置自身の高度の変化を検知し、その高度の変化に基づいて前記故障の発生を検知する手段を備えてもよいし、前記通信中継装置自身の下降を伴う故障の発生に関する情報を外部装置から受信する手段を備えてもよい。

また、前記通信中継装置において、前記落下目標場所を予測する手段を備

えてもよいし、前記落下目標場所に関する情報を外部装置から受信する手段を備えてもよい。

[0008] また、前記通信中継装置において、前記外部装置は、前記通信中継装置を管理する地上又は上空の管理装置であってもよい。前記外部装置は、端末装置との間で無線通信を行う無線中継局と自律制御又は外部から制御により所定高度の空域に位置するように制御される浮揚体とを備えた周辺に位置する一又は複数の他の通信中継装置であってもよい。

[0009] また、前記通信中継装置において、前記落下目標場所は、前記故障の発生時における周辺気流の風速及び風向と、前記故障が発生した通信中継装置の移動速度及び移動方向と、前記故障が発生した通信中継装置又はその通信中継装置を構成する前記複数の部分構造体の質量若しくは質量及び外形サイズとに基づいて予測されたものであってもよい。

また、前記通信中継装置において、前記落下目標場所は、前記通信中継装置又は前記複数の部分構造体について互いに異なる複数種類の条件で実行された複数回の落下試験により得られた機械学習の結果に基づいて予測されることを特徴とする通信中継装置。

[0010] また、前記通信中継装置において、前記通信中継装置自身の落下が予測される場所に位置する端末装置に落下警告信号を送信しながら落下してもよい。

また、前記通信中継装置において、周辺に位置する他の通信中継装置に下降を伴う故障が発生したとき、前記他の通信中継装置又はその部分構造体の落下が予測される場所に位置する端末装置に落下警告信号を送信してもよい。

また、前記通信中継装置において、周辺に位置する他の通信中継装置の高度の変化を検知し、その高度の変化に基づいて前記他の通信中継装置の下降を伴う故障の発生を検知してもよい。

[0011] また、前記通信中継装置においては、地面又は海面との間の所定のセル形成目標空域に3次元セルを形成し、前記セル形成目標空域の高度は10[k

m] 以下であってもよい。前記セル形成目標空域の高度は50[m]以上1[km]以下であってもよい。

また、前記通信中継装置において、前記浮揚空域の高度は100[km]以下であってもよい。前記浮揚体は、高度が11[km]以上及び50[km]以下の成層圏に位置してもよい。

[0012] 本発明の他の態様に係るシステムは、前記いずれかの通信中継装置を複数備えるシステムであって、前記複数の通信中継装置はそれぞれ、前記通信中継装置の位置情報及び予定経路情報を互いに交換し、互いに所定距離以下又は所定距離未満の範囲に近づかないように移動経路を制御する。

[0013] 本発明の更に他の態様に係る管理装置は、前記いずれかの通信中継装置を管理する地上又は上空に位置する管理装置である。

前記管理装置において、前記故障が発生した通信中継装置の落下目標場所を予測し、その予測した落下目標場所に関する情報を、前記故障が発生した通信中継装置に送信してもよい。

また、前記管理装置において、前記通信中継装置又はその部分構造体の落下が予測される場所に位置する端末装置に落下警告信号を送信してもよい。

[0014] 本発明によれば、第5世代移動通信等においてIoT向けデバイスを含む端末装置との間の無線通信の伝搬遅延が低く、広範囲の多数の端末装置と同時接続でき、高速通信可能で、単位面積あたりのシステム容量の大きい3次元化したネットワークを広域にわたって安定に実現することができるとともに、故障時の安全性を高めることができる。

### 図面の簡単な説明

[0015] [図1]図1は、本発明の一実施形態に係る3次元化ネットワークを実現する通信システムの全体構成の一例を示す概略構成図である。

[図2]図2は、実施形態の通信システムに用いられるHAPSの一例を示す斜視図である。

[図3]図3は、実施形態の通信システムに用いられるHAPSの他の例を示す側面図である。

[図4]図4は、実施形態の複数のH A P Sで上空に形成される無線ネットワークの一例を示す説明図である。

[図5]図5は、更に他の実施形態に係る3次元化ネットワークを実現する通信システムの全体構成の一例を示す概略構成図である。

[図6]図6は、実施形態のH A P Sの無線中継局の一構成例を示すブロック図である。

[図7]図7は、実施形態のH A P Sの無線中継局の他の構成例を示すブロック図である。

[図8]図8は、実施形態のH A P Sの無線中継局の更に他の構成例を示すブロック図である。

[図9]図9は、H A P Sの編隊飛行時の衝突による故障発生の一例を示す説明図である。

[図10]図10は、編隊飛行中のH A P Sの衝突回避飛行制御の一例を示すフローチャートである。

[図11]図11は、編隊飛行中のH A P Sの衝突回避飛行の一例を示す説明図である。

[図12A]図12Aは、複数の部分構造体からなるH A P Sの一例を示す上面図である。

[図12B]図12Bは、図12AのH A P Sの連結解除された分解後の部分構造体を示す上面図である。

[図13]図13は、実施形態のH A P Sにおける部分構造体の連結解除の制御系の一例を示すブロック図である。

[図14]図14は、実施形態の通信システムにおけるH A P Sの故障発生時の制御の一例を示すシーケンス図である。

[図15]図15は、H A P Sの分解落下の様子の一例を示す説明図である。

[図16]図16は、実施形態の通信システムにおける遠隔制御装置（管制センター）のH A P S落下管理データベースを用いた集中管理処理の一例を示すフローチャートである。

## 発明を実施するための形態

[0016] 以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。

図1は、本発明の一実施形態に係る通信システムの全体構成の一例を示す概略構成図である。

本実施形態に係る通信システムは、多数の端末装置への同時接続や低遅延化などに対応する第5世代移動通信の3次元化ネットワークの実現に適する。

なお、本明細書に開示する通信システム、無線中継局、基地局、リピータ及び端末装置に適用可能な移動通信の標準規格は、第5世代の移動通信の標準規格、及び、第5世代以降の次々世代の移動通信の標準規格を含む。

[0017] 図1に示すように、通信システムは、複数の空中浮揚型の通信中継装置としての高高度プラットフォーム局（HAPS）（「高高度疑似衛星」ともいう。）10、20を備えている。HAPS10、20は、所定高度の空域に位置して、所定高度のセル形成目標空域40に図中ハッチング領域で示すような3次元セル（3次元エリア）41、42を形成する。HAPS10、20は、自律制御又は外部から制御により地面又は海面から100[km]以下の高高度の空域（浮揚空域）50に浮遊あるいは飛行して位置するように制御される浮揚体（例えば、ソーラープレーン、飛行船）に、無線中継局が搭載されたものである。

[0018] HAPS10、20の位置する空域50は、例えば、高度が11[km]以上及び50[km]以下の成層圏の空域である。この空域50は、気象条件が比較的安定している高度15[km]以上25[km]以下の空域であってもよく、特に高度がほぼ20[km]の空域であってもよい。図中のH<sub>rs l</sub>及びH<sub>rs u</sub>はそれぞれ、地面（GL）を基準にしたHAPS10、20の位置する空域50の下端及び上端の相対的な高度を示している。

[0019] セル形成目標空域40は、本実施形態の通信システムにおける1又は2以上のHAPSで3次元セルを形成する目標の空域である。セル形成目標空域40は、HAPS10、20が位置する空域50と従来のマクロセル基地局

等の基地局 90 がカバーする地面近傍のセル形成領域との間に位置する、所定高度範囲（例えば、50 [m] 以上 1000 [m] 以下の高度範囲）の空域である。図中の H c l 及び H c u はそれぞれ、地面（G L）を基準にしたセル形成目標空域 40 の下端及び上端の相対的な高度を示している。

[0020] なお、本実施形態の 3 次元セルが形成されるセル形成目標空域 40 は、海、川又は湖の上空であってもよい。

[0021] H A P S 10, 20 の無線中継局はそれぞれ、移動局である端末装置と無線通信するためのビーム 100, 200 を地面に向けて形成する。端末装置は、遠隔操縦可能な小型のヘリコプター等の航空機であるドローン 60 に組み込まれた通信端末モジュールでもよいし、飛行機 65 の中でユーザが使用するユーザ装置であってもよい。セル形成目標空域 40 においてビーム 100, 200 が通過する領域が 3 次元セル 41, 42 である。セル形成目標空域 40 において互いに隣り合う複数のビーム 100, 200 は部分的に重なってもよい。

[0022] H A P S 10, 20 の無線中継局はそれぞれ、地上又は海上に設置された中継局であるフィーダ局（ゲートウェイ）70 を介して、移動通信網 80 のコアネットワークに接続されている。H A P S 10, 20 とフィーダ局 70 との間の通信は、マイクロ波などの電波による無線通信で行ってもよいし、レーザ光などを用いた光通信で行ってもよい。

[0023] H A P S 10, 20 はそれぞれ、内部に組み込まれたコンピュータ等で構成された制御部が制御プログラムを実行することにより、自身の浮揚移動（飛行）や無線中継局での処理を自律制御してもよい。例えば、H A P S 10, 20 はそれぞれ、自身の現在位置情報（例えば G P S 位置情報）、予め記憶した位置制御情報（例えば、飛行スケジュール情報）、周辺に位置する他の H A P S の位置情報などを取得し、それらの情報に基づいて浮揚移動（飛行）や無線中継局での処理を自律制御してもよい。

[0024] また、H A P S 10, 20 それぞれの浮揚移動（飛行）や無線中継局での処理は、移動通信網 80 の通信センター等に設けられた管理装置としての遠

隔制御装置 85 によって制御できるようにしてもよい。この場合、HAPS 10, 20 は、遠隔制御装置 85 からの制御情報を受信したり遠隔制御装置 85 に各種情報を送信したりできるように制御用通信端末装置（例えば、移動通信モジュール）が組み込まれ、遠隔制御装置 85 から識別できるように端末識別情報（例えば、IP アドレス、電話番号など）が割り当てられるようにしてもよい。制御用通信端末装置の識別には通信インターフェースの MAC アドレスを用いてもよい。また、HAPS 10, 20 はそれぞれ、自身又は周辺の HAPS の浮揚移動（飛行）や無線中継局での処理に関する情報や各種センサなどで取得した観測データなどの情報を、遠隔制御装置 85 等の所定の送信先に送信するようにしてもよい。

[0025] セル形成目標空域 40 では、HAPS 10, 20 のビーム 100, 200 が通過していない領域（3次元セル 41, 42 が形成されない領域）が発生するおそれがある。この領域を補完するため、図 1 の構成例のように、地上側又は海上側から上方に向かって放射状のビーム 300 を形成して 3次元セル 43 を形成して ATG (Air To Ground) 接続を行う基地局（以下「ATG局」という。）30 を備えてもよい。

[0026] また、ATG局 30 を用いずに、HAPS 10, 20 の位置やビーム 100, 200 の発散角（ビーム幅）等を調整することにより、HAPS 10, 20 の無線中継局が、セル形成目標空域 40 に 3次元セルがくまなく形成されるように、セル形成目標空域 40 の上端面の全体をカバーするビーム 100, 200 を形成してもよい。

[0027] なお、前記 HAPS 10, 20 で形成する 3次元セルは、地上又は海上に位置する端末装置との間でも通信できるよう地面又は海面に達するように形成してもよい。

[0028] 図 2 は、実施形態の通信システムに用いられる HAPS 10 の一例を示す斜視図である。

図 2 の HAPS 10 は、ソーラープレーンタイプの HAPS であり、長手方向の両端部側が上方に沿った主翼部 101 と、主翼部 101 の短手方向の

一端縁部にバス動力系の推進装置としての複数のモータ駆動のプロペラ 103 とを備える。主翼部 101 の上面には、太陽光発電機能を有する太陽光発電部としての太陽光発電パネル（以下「ソーラーパネル」という。） 102 が設けられている。また、主翼部 101 の下面の長手方向の 2 箇所には、板状の連結部 104 を介して、ミッション機器が収容される複数の機器収容部としてのポッド 105 が連結されている。各ポッド 105 の内部には、ミッション機器としての無線中継局 110 と、バッテリー 106 とが収容されている。また、各ポッド 105 の下面側には離発着時に使用される車輪 107 が設けられている。ソーラーパネル 102 で発電された電力はバッテリー 106 に蓄電され、バッテリー 106 から供給される電力により、プロペラ 103 のモータが回転駆動され、無線中継局 110 による無線中継処理が実行される。

[0029] ソーラープレーンタイプの HAPS 10 は、例えば旋回飛行を行ったり 8 の字飛行を行ったりすることにより揚力で浮揚し、所定の高度で水平方向の所定の範囲に滞在するように浮揚することができる。なお、ソーラープレーンタイプの HAPS 10 は、プロペラ 103 が回転駆動されていないときは、グライダーのように飛ぶこともできる。例えば、昼間などのソーラーパネル 102 の発電によってバッテリー 106 の電力が余っているときに高い位置に上昇し、夜間などのソーラーパネル 102 で発電できないときにバッテリー 106 からモータへの給電を停止してグライダーのように飛ぶことができる。

[0030] また、HAPS 10 は、他の HAPS や人工衛星と光通信に用いられる通信部としての 3 次元対応指向性の光アンテナ装置 130 を備えている。なお、図 2 の例では主翼部 101 の長手方向の両端部に光アンテナ装置 130 を配置しているが、HAPS 10 の他の箇所に光アンテナ装置 130 を配置してもよい。なお、他の HAPS や人工衛星と光通信に用いられる通信部は、このような光通信を行うものに限らず、マイクロ波などの電波による無線通信などの他の方式による無線通信であってもよい。

[0031] 図3は、実施形態の通信システムに用いられるHAPS20の他の例を示す斜視図である。

図3のHAPS20は、無人飛行船タイプのHAPSであり、ペイロードが大きいため大容量のバッテリーを搭載することができる。HAPS20は、浮力で浮揚するためのヘリウムガス等の気体が充填された飛行船本体201と、バス動力系の推進装置としてのモータ駆動のプロペラ202と、ミッション機器が收容される機器收容部203とを備える。機器收容部203の内部には、無線中継局210とバッテリー204とが收容されている。バッテリー204から供給される電力により、プロペラ202のモータが回転駆動され、無線中継局210による無線中継処理が実行される。

[0032] なお、飛行船本体201の上面に、太陽光発電機能を有するソーラーパネルを設け、ソーラーパネルで発電された電力をバッテリー204に蓄電するようにしてもよい。

[0033] また、無人飛行船タイプのHAPS20も、他のHAPSや人工衛星と光通信に用いられる通信部としての3次元対応指向性の光アンテナ装置230を備えている。なお、図3の例では飛行船本体201の上面部及び機器收容部203の下面部に光アンテナ装置230を配置しているが、HAPS20の他の部分に光アンテナ装置230を配置してもよい。なお、他のHAPSや人工衛星と光通信に用いられる通信部は、このような光通信を行うものに限らず、マイクロ波などの電波による無線通信などの他の方式による無線通信を行うものであってもよい。

[0034] 図4は、実施形態の複数のHAPS10, 20で上空に形成される無線ネットワークの一例を示す説明図である。

複数のHAPS10, 20は、上空で互いに光通信によるHAPS間通信ができるように構成され、3次元化したネットワークを広域にわたって安定に実現することができるロバスト性に優れた無線通信ネットワークを形成する。この無線通信ネットワークは、各種環境や各種情報に応じたダイナミックルーティングによるアドホックネットワークとして機能することもできる

。前記無線通信ネットワークは、２次元又は３次元の各種トポロジーを有するように形成することができ、例えば、図４に示すようにメッシュ型の無線通信ネットワークであってもよい。

[0035] 図５は、他の実施形態に係る通信システムの全体構成の一例を示す概略構成図である。

なお、図５において、前述の図１と共通する部分については同じ符号を付し、その説明は省略する。

[0036] 図５の実施形態では、ＨＡＰＳ１０と移動通信網８０のコアネットワークとの間の通信を、フィーダ局７０及び低軌道の人工衛星７２を介して行っている。この場合、人工衛星７２とフィーダ局７０との間の通信は、マイクロ波などの電波による無線通信で行ってもよいし、レーザ光などを用いた光通信で行ってもよい。また、ＨＡＰＳ１０と人工衛星７２との間の通信については、レーザ光などを用いた光通信で行っている。

[0037] 図６は、実施形態のＨＡＰＳ１０、２０の無線中継局１１０、２１０の一構成例を示すブロック図である。

図５の無線中継局１１０、２１０はリピータータイプの無線中継局の例である。無線中継局１１０、２１０はそれぞれ、３Ｄセル形成アンテナ部１１１と、送受信部１１２と、フィード用アンテナ部１１３と、送受信部１１４と、リピーター部１１５と、監視制御部１１６と、電源部１１７とを備える。更に、無線中継局１１０、２１０はそれぞれ、ＨＡＰＳ間通信などに用いる光通信部１２５と、ビーム制御部１２６とを備える。

[0038] ３Ｄセル形成アンテナ部１１１は、セル形成目標空域４０に向けて放射状のビーム１００、２００を形成するアンテナを有し、端末装置と通信可能な３次元セル４１、４２を形成する。送受信部１１２は、３Ｄセル形成アンテナ部１１１とともに第一無線通信部を構成し、送受共用器（ＤＵＰ：ＤＵＰlexer）や増幅器などを有し、３Ｄセル形成アンテナ部１１１を介して、３次元セル４１、４２に在圏する端末装置に無線信号を送信したり端末装置から無線信号を受信したりする。

- [0039] フィード用アンテナ部 113 は、地上又は海上のフィーダ局 70 と無線通信するための指向性アンテナを有する。送受信部 114 は、フィード用アンテナ部 113 とともに第二無線通信部を構成し、送受共用器（DUP : Duplexer）や増幅器などを有し、フィード用アンテナ部 113 を介して、フィーダ局 70 に無線信号を送信したりフィーダ局 70 から無線信号を受信したりする。
- [0040] リピーター部 115 は、端末装置との間で送受信される送受信部 112 の信号と、フィーダ局 70 との間で送受信される送受信部 114 の信号とを中継する。リピーター部 115 は、周波数変換機能を有してもよい。
- [0041] 監視制御部 116 は、例えば CPU 及びメモリ等で構成され、予め組み込まれたプログラムを実行することにより、HAPS 10, 20 内の各部の動作処理状況を監視したり各部を制御したりする。特に、監視制御部 116 は、制御プログラムを実行することにより、プロペラ 103, 202 を駆動するモータ駆動部 141 を制御して、HAPS 10, 20 を目標位置へ移動させ、また、目標位置近辺に留まるように制御する。
- [0042] 電源部 117 は、バッテリー 106, 204 から出力された電力を HAPS 10, 20 内の各部に供給する。電源部 117 は、太陽光発電パネル等で発電した電力や外部から給電された電力をバッテリー 106, 204 に蓄電させる機能を有してもよい。
- [0043] 光通信部 125 は、レーザ光等の光通信媒体を介して周辺の他の HAPS 10, 20 や人工衛星 72 と通信する。この通信により、ドローン 60 等の端末装置と移動通信網 80 との間の無線通信を動的に中継するダイナミックルーティングが可能になるとともに、いずれかの HAPS が故障したときに他の HAPS がバックアップして無線中継することにより移動通信システムのロバスト性を高めることができる。
- [0044] ビーム制御部 126 は、HAPS 間通信や人工衛星 72 との通信に用いるレーザ光などのビームの方向及び強度を制御したり、周辺の他の HAPS（無線中継局）との間の相対的な位置の変化に応じてレーザ光等の光ビームに

よる通信を行う他のHAPS（無線中継局）を切り替えるように制御したりする。この制御は、例えば、HAPS自身の位置及び姿勢、周辺のHAPSの位置などに基づいて行ってもよい。HAPS自身の位置及び姿勢の情報は、そのHAPSに組み込んだGPS受信装置、ジャイロセンサ、加速度センサなどの出力に基づいて取得し、周辺のHAPSの位置の情報は、移動通信網80に設けた遠隔制御装置85又は他のHAPS管理サーバから取得してもよい。

[0045] 図7は、実施形態のHAPS10、20の無線中継局110、210の他の構成例を示すブロック図である。

図7の無線中継局110、210は基地局タイプの無線中継局の例である。

なお、図7において、図6と同様な構成要素については同じ符号を付し、説明を省略する。図7の無線中継局110、210はそれぞれ、モデム部118を更に備え、リピーター部115の代わりに基地局処理部119を備える。更に、無線中継局110、210はそれぞれ、光通信部125とビーム制御部126とを備える。

[0046] モデム部118は、例えば、フィーダ局70からフィード用アンテナ部113及び送受信部114を介して受信した受信信号に対して復調処理及び復号処理を実行し、基地局処理部119側に出力するデータ信号を生成する。また、モデム部118は、基地局処理部119側から受けたデータ信号に対して符号化処理及び変調処理を実行し、フィーダ用アンテナ部113及び送受信部114を介してフィーダ局70に送信する送信信号を生成する。

[0047] 基地局処理部119は、例えば、LTE/LTE-Advancedの標準規格に準拠した方式に基づいてベースバンド処理を行うe-NodeBとしての機能を有する。基地局処理部119は、第5世代又は第5世代以降の次々世代等の将来の移動通信の標準規格に準拠する方式で処理するものであってもよい。

[0048] 基地局処理部119は、例えば、3次元セル41、42に在圏する端末装

置から3Dセル形成アンテナ部111及び送受信部112を介して受信した受信信号に対して復調処理及び復号処理を実行し、モデム部118側に出力するデータ信号を生成する。また、基地局処理部119は、モデム部118側から受けたデータ信号に対して符号化処理及び変調処理を実行し、3Dセル形成アンテナ部111及び送受信部112を介して3次元セル41, 42の端末装置に送信する送信信号を生成する。

[0049] 図8は、実施形態のHAPS10, 20の無線中継局110, 210の更に他の構成例を示すブロック図である。

図8の無線中継局110, 210はエッジコンピューティング機能を有する高機能の基地局タイプの無線中継局の例である。なお、図8において、図6及び図7と同様な構成要素については同じ符号を付し、説明を省略する。図8の無線中継局110, 210はそれぞれ、図7の構成要素に加えてエッジコンピューティング部120を更に備える。

[0050] エッジコンピューティング部120は、例えば小型のコンピュータで構成され、予め組み込まれたプログラムを実行することにより、HAPS10, 20の無線中継局110, 210における無線中継などに関する各種の情報処理を実行することができる。

[0051] 例えば、エッジコンピューティング部120は、3次元セル41, 42に在圏する端末装置から受信したデータ信号に基づいて、そのデータ信号の送信先を判定し、その判定結果に基づいて通信の中継先を切り換える処理を実行する。より具体的には、基地局処理部119から出力されたデータ信号の送信先が自身の3次元セル41, 42に在圏する端末装置の場合は、そのデータ信号をモデム部118に渡さずに、基地局処理部119に戻して自身の3次元セル41, 42に在圏する送信先の端末装置に送信するようにする。一方、基地局処理部119から出力されたデータ信号の送信先が自身の3次元セル41, 42以外の他のセルに在圏する端末装置の場合は、そのデータ信号をモデム部118に渡してフィーダ局70に送信し、移動通信網80を介して送信先の他のセルに在圏する送信先の端末装置に送信するようにする。

。

[0052] エッジコンピューティング部120は、3次元セル41、42に在圏する多数の端末装置から受信した情報を分析する処理を実行してもよい。この分析結果は3次元セル41、42に在圏する多数の端末装置に送信したり移動通信網80のサーバ装置などに送信したりしてもよい。

[0053] 無線中継局110、210を介した端末装置との無線通信の上りリンク及び下りリンクの複信方式は、特定の方式に限定されず、例えば、時分割複信（Time Division Duplex：TDD）方式でもよいし、周波数分割複信（Frequency Division Duplex：FDD）方式でもよい。また、無線中継局110、210を介した端末装置との無線通信のアクセス方式は、特定の方式に限定されず、例えば、FDMA（Frequency Division Multiple Access）方式、TDMA（Time Division Multiple Access）方式、CDMA（Code Division Multiple Access）方式、又は、OFDMA（Orthogonal Frequency Division Multiple Access）であってもよい。また、前記無線通信には、ダイバーシティ・コーディング、送信ビームフォーミング、空間分割多重化（SDM：Spatial Division Multiplexing）等の機能を有し、送受信両方で複数のアンテナを同時に利用することにより、単位周波数当たりの伝送容量を増やすことができるMIMO（多入力多出力：Multi-Input and Multi-Output）技術を用いてもよい。また、前記MIMO技術は、1つの基地局が1つの端末装置と同一時刻・同一周波数で複数の信号を送信するSU-MIMO（Single-User MIMO）技術でもよいし、1つの基地局が複数の異なる通信端末装置に同一時刻・同一周波数で信号を送信又は複数の異なる基地局が1つの端末装置に同一時刻・同一周波数で信号を送信するMU-MIMO（Multi-User MIMO）技術であってもよい。

[0054] 本実施形態において、H A P S 1 0 が上空で故障して落下し、落下地点に被害が発生するおそれがある。例えば、図 9 に示すように複数の H A P S 1 0 が編隊を組んで飛行する場合、隣り合う H A P S 1 0 同士が衝突して故障し、故障した H A P S 1 0 が下降して落下すると、落下地点に被害が発生するおそれがある。

[0055] そこで、本実施形態では、H A P S 1 0 の運用時の安全性を高めるために、以下に示すような H A P S の飛行制御と故障落下時の対策を行っている。例えば、本実施形態では、H A P S の編隊飛行時に H A P S 1 0 同士が互いに通信して衝突を回避するように飛行制御している。

[0056] 図 1 0 は編隊飛行中の H A P S 1 0 の衝突回避飛行制御の一例を示すフローチャートであり、図 1 1 は編隊飛行中の H A P S 1 0 の衝突回避飛行の一例を示す説明図である。なお、ここでは、ソーラープレーンタイプの H A P S 1 0 のみの例であるが、無人飛行船タイプの H A P S 2 0 であってもよいし、これらの H A P S 1 0 , 2 0 が混在していてもよい。

[0057] 図 1 0 において、本実施形態の複数の H A P S 1 0 が編隊飛行する場合、H A P S 1 0 は、光通信などの H A P S 間通信により、所定の一定時間ごとに周辺の H A P S 1 0 ' に対して通信確立のための所定の信号を無線送信し ( S 1 0 1 ) 、その送信信号に対する応答信号 ( A C K 信号 ) の受信を待つ。応答信号 ( A C K 信号 ) を受信すると ( S 1 0 2 で Y e s ) 、H A P S 1 0 は、周辺の H A P S 1 0 ' との間で通信を確立し ( S 1 0 3 ) 、現在位置情報と飛行予定の経路情報とを交換する ( S 1 0 4 ) 。H A P S 1 0 は、周辺の H A P S 1 0 ' から受信した現在位置情報と飛行予定の経路情報とに基づいて衝突可能性があると判断した場合 ( S 1 0 5 で Y e s ) 、H A P S 1 0 を中心とした一定範囲のエリア 1 0 R 内に周辺の H A P S 1 0 ' が入らないように ( 図 1 1 参照 ) 、H A P S 1 0 自身の飛行経路を変更する ( S 1 0 6 ) 。この情報交換及び飛行経路変更は、衝突の可能性がなくなるまで繰り返し ( S 1 0 4 ~ S 1 0 6 ) 、その後、H A P S 間の通信を切断する ( S 1 0 7 ) 。

[0058] なお、図10の例では、HAPS10自身の飛行経路を変更しているが、HAPS10を中心とした一定範囲のエリア10R内に周辺のHAPS10'が入らないように、HAPS10から周辺のHAPS10'に飛行制御情報を送信することにより、周辺のHAPS10'の飛行経路を変更させてもよい。また、HAPS10の周辺のHAPS10'に衝突しない飛行制御は、各HAPSの位置情報などに基づいて遠隔制御装置85から手動で遠隔的に行ってもよい。

[0059] また、本実施形態では、HAPS10の故障時の安全性を高めるため、HAPS10の下降を伴う故障が発生したとき、故障したHAPS101による被害を低減するように、周辺気流の情報に基づいて安全な落下目標場所を予測し、HAPS10を分解してできるだけ前記安全な落下目標場所に落下させている。

[0060] 図12A及び図12Bは連結解除可能な連結部151, 152で連結された複数の部分構造体10A~10Eで構成したHAPS10の説明図である。図12Aは複数の部分構造体10A~10EからなるHAPS10の一例を示す上面図であり、図12Bは同HAPS10の連結解除された分解後の部分構造体10A~10Eを示す上面図である。また、図13はHAPS10における部分構造体10A~10Eの連結解除の制御系の一例を示すブロック図である。

[0061] なお、図12A及び図12BはHAPS10を構成する部分構造体10A~10Eの数が5の場合について示しているが、部分構造体の数は2~4でもよいし、6以上であってもよい。また、部分構造体10A~10Eの連結部の位置や構造は図示のものに限定されない。また、図12A及び図12Bでは、HAPS10が尾翼150を有する場合について示しているが、本実施形態のHAPS10において、尾翼は必須ではなく、尾翼150及びその連結部152を備えていなくてもよい。

[0062] 図12A、図12B及び図13に示す構成例において、HAPS10の部分構造体10A~10Eは、主翼部101の複数の連結部151と、複数の

尾翼１５０の連結部１５２とにより連結されている。複数の連結部１５１及び１５２はそれぞれ、互いに対向するように組み合わせられて連結する２つの連結部構成部材１５１Ａ～１５１Ｅ，１５２Ａ～１５２Ｅで構成されている。複数の部分構造体１０Ａ～１０Ｅの連結を選択的に解除する連結解除機構は、対応する連結部構成部材同士を選択的に結合したり分離したりすることができる。連結解除機構としては、各種機構を用いることができ、例えば、電磁石を用いた結合・分離機構、クランプやバネなどを用いた機械的な結合・分離機構、又はそれらを組み合わせた機構を用いることができる。機械的な結合・分離機構は、サーボのようなアクチュエータを有し、電気信号でもって結合を解除できるものであってもよい。また、連結解除機構は、ジュール熱を利用した形状記憶合金や熱可塑性樹脂の変形による解除機構を有するものであってもよい。

[0063] 制御部１５３は、ＨＡＰＳ１０の下降を伴う故障が発生した旨の故障発生通知を受けると、周辺気流の情報に基づいて予測される安全な落下目標場所にＨＡＰＳ１０を落下させるように生成された分解制御情報に基づいて連結解除機構１５４を制御する。連結解除機構１５４は、制御部１５３からの制御信号に基づいて、複数の連結部１５１及び１５２の一部又は全部の連結を解除する。

[0064] なお、図１３の制御系において、制御部１５３は、複数の連結部１５１及び１５２のうち連結を解除する連結解除対象の連結部の位置及び個数（分裂数）並びに連結を解除するタイミング（例えば、時刻情報）の少なくとも一つを制御してもよい。また、制御部１５３は、部分構造体１０Ａ～１０Ｅの連結解除の複数種類の組み合わせから、安全な落下目標場所への落下の確率が最も高い連結解除の組み合わせを選択して部分構造体に分解するように制御してもよい。この連結解除の組み合わせの選択情報は、制御部１５３に送られる分解制御情報に含めてもよい。

[0065] 図１４は実施形態の通信システムにおけるＨＡＰＳ１０の故障発生時の制御の一例を示すシーケンス図である。また、図１５は、ＨＡＰＳ１０の分解

落下の様子の一例を示す説明図である。なお、図14では、HAPS10の故障発生を周辺のHAPS10'が検知する場合について示しているが、HAPS10の故障発生をそのHAPS10自身が検知してもよい。また、周辺のHAPS10'が複数存在している場合、HAPS10の故障発生を検知した周辺のHAPS10'がその検知結果を他の周辺のHAPS10'に通知するようにしてもよい。

[0066] 図14において、HAPS10に下降を伴う故障が発生すると(S201)、その故障が、外部装置としての周辺の一又は複数のHAPS10'で検知される(S202)。例えば、周辺のHAPS10'は、HAPS10との間で光通信などによるHAPS間通信を行うことによりHAPS10が所定の閾値以上の下降を検知した場合、HAPS10の故障が発生したと判断する。周辺のHAPS10'は、HAPS10の故障発生を検知すると、その故障発生通知をHAPS10と、地上又は海上の管制センターに設けられた管理装置(外部装置)としての遠隔制御装置85とに送信する(S203, S204)。

[0067] 遠隔制御装置85は、HAPS10の故障発生通知を周辺のHAPS10'から受信すると、HAPS10の周辺気流の情報に基づいてHAPS10(部分構造体10A~10E)の安全な落下目標場所を予測する(S205)。例えば、遠隔制御装置85は、故障の発生時における周辺気流の風速及び風向と、故障が発生したHAPS10の移動速度及び移動方向と、故障が発生したHAPS10又はそのHAPS10を構成する複数の部分構造体10A~10Eの質量若しくは質量及び外形サイズとに基づいて、HAPS10の部分構造体10A~10Eそれぞれの安全な落下目標場所を予測する。遠隔制御装置85は、その安全な落下目標場所にHAPS10(部分構造体10A~10E)を落下させるように分解制御情報を生成し(S206)、HAPS10に送信する(S207)。この分解制御情報には、前述の連結解除の組み合わせの選択情報を含めてもよい。

[0068] なお、前記落下目標場所の予測及び分解制御情報の生成は、HAPSの落

下に関する過去の落下時の情報や落下試験時の情報を記憶した記憶手段としてのデータベース（「HAPS落下管理データベース（DB）」ともいう。）を参照して行ってもよい。HAPS落下管理データベースには、周辺気流の風速及び風向、HAPSの移動速度及び移動方向並びにHAPS又はその部分構造体の質量若しくは質量及び外形サイズと、落下場所との相関の大きさを示す情報を含んでもよい。ここで、落下場所のデータは、HAPS又は部分構造体の落下下降前の位置を基準にした相対的な位置データ（例えば、半径及び方向）であってもよい。

[0069] HAPS10は、遠隔制御装置85から分解制御情報を受信すると、その分解制御情報に基づいて、複数の連結部151及び152の一部又は全部の連結を解除するように制御する（S208）。前述のように、HAPS10は、複数の連結部151及び152のうち連結を解除する連結解除対象の連結部の位置及び個数を制御する連結解除制御を実行する。この連結解除制御では、連結を解除するタイミングの制御を含めてもよい。

[0070] HAPS10の所定の連結部で分解された部分構造体10A～10Eはそれぞれ、図15に示すように分解落下を開始し、安全な落下目標場所に落下していく。これにより、HAPS10の故障時における落下場所での被害の発生を回避を抑制し、安全性を高めることができる。特に、本実施形態では、HAPS10を部分構造体10A～10Eに分解して落下させることにより、予測した安全な落下目標場所に落下する確率を高めることができる。

[0071] なお、上記図14の制御例において、HAPS10の部分構造体10A～10Eはそれぞれ、各部分構造体が落下する地上又は海上の落下場所に位置する近隣のユーザ装置（UE）などの端末装置に落下警報信号（落下アラーム）を送信しながら落下してもよい（S209）。この場合、部分構造体10A～10Eは、周辺のHAPS10'を介して端末装置に落下警告信号を送信できるように制御用通信端末装置（例えば、移動通信モジュール）及び非常用電源が組み込まれ、周辺のHAPS10'や端末装置から識別できるように端末識別情報（例えば、IPアドレス、電話番号など）が割り当てら

れるようにしてもよい。落下警報信号を受信した端末装置のユーザは建物などの屋内に避難することができる。

[0072] また、落下警報信号は、H A P S 1 0 又はその部分構造体 1 0 A ~ 1 0 E が安全な落下目標場所に落下できない場合、すなわち、落下目標場所からずれた場所（実際の落下場所）に向けて下降している場合に、実際の落下場所に位置するユーザ装置などの端末装置に送信してもよい。

[0073] また、故障で下降している H A P S 1 0 又はその部分構造体 1 0 A ~ 1 0 E が通信できない状態になった場合、その故障で下降している H A P S 1 0 の周辺に位置する一又は複数の周辺の H A P S ' は、遠隔制御装置 8 5 や、前記安全な落下目標場所又は前記実際の落下場所に位置するユーザ装置などの端末装置に、落下警告信号（落下アラーム）を送信してもよい。また、遠隔制御装置 8 5 は、前記安全な落下目標場所又は前記実際の落下場所に位置するユーザ装置などの端末装置に、落下警告信号を送信してもよい。

[0074] また、上記図 1 4 の制御例において、故障が発生した H A P S 1 0 が自身の高度の変化を検知し、その高度の変化に基づいて故障の発生を検知してもよい。また、故障が発生した H A P S 1 0 は、自身の下降を伴う故障の発生に関する情報（故障発生通知）を遠隔制御装置 8 5 から受信してもよい。

[0075] また、上記図 1 4 の制御例において、故障が発生した H A P S 1 0 が落下目標場所を予測して分解制御情報を生成してもよい。また、前記周辺の H A P S 1 0 ' が落下目標場所を予測して分解制御情報を生成し、その生成した分解制御情報を落下目標場所に関する情報として H A P S 1 0 に送信してもよい。

[0076] また、本実施形態において、前記落下目標場所は、H A P S 1 0 又はその H A P S 1 0 を構成する複数の部分構造体 1 0 A ~ 1 0 E について実行された落下試験及びその試験データを用いた機械学習により得られた H A P S 落下管理データベースに基づいて予測してもよい。

[0077] 図 1 6 は、実施形態の通信システムにおける遠隔制御装置 8 5 （管制センター）の H A P S 落下管理データベースを用いた集中管理処理の一例を示す

フローチャートである。

図16において、遠隔制御装置85は、HAPS10又は複数の部分構造体10A～10Eそれぞれについて互いに異なる複数種類の条件で試行された複数回の落下試験について、試験結果のデータを収集する(S301)。試験結果のデータは、試験時の気流の風速及び風向のデータと、実際に落下した落下場所のデータとを含む。試験結果のデータは、落下前のHAPS10又は部分構造体10A～10Eの移動速度及び移動方向のデータと、HAPS10又は部分構造体10A～10Eの質量若しくは質量及び外形サイズのデータとを含んでもよい。また、試験結果のデータは、落下試験に用いる試験装置から受信して取得してもよいし、落下試験のオペレータなどが入力することで取得してもよい。

[0078] 次に、遠隔制御装置85は、HAPS10又は部分構造体10A～10Eの落下試験の試験結果のデータに基づいて機械学習を実行する(S302)。この機械学習は、例えば、人工知能(AI)により、気流の風速及び風向、HAPS又は部分構造体の移動速度及び移動方向並びにHAPS又は部分構造体の質量若しくは質量及び外形サイズと、HAPS又は部分構造体が実際に落下した落下場所との間の相関の大きさを計算して求めるように行う。ここで、落下場所のデータは、HAPS又は部分構造体の落下下降前の位置を基準にした相対的な位置データ(例えば、半径及び方向)であってもよい。

[0079] 次に、遠隔制御装置85は、前記機械学習の結果に基づいて、HAPS及び部分構造体の落下場所の予測精度を高めるように、HAPS落下管理データベースを更新する(S303)。

[0080] 次に、運用中のHAPS10の下降を伴う故障が検知されると、遠隔制御装置85は、その故障HAPSに関する故障HAPS情報を受信する(S304)。故障HAPS情報は、例えば、故障の発生時における周辺気流の風速及び風向と、故障が発生したHAPS10の移動速度及び移動方向と、故障が発生したHAPS10又はそのHAPS10を構成する複数の部分構造

体１０Ａ～１０Ｅの質量若しくは質量及び外形サイズとを含む。

[0081] 遠隔制御装置８５は、受信した故障ＨＡＰＳ情報とＨＡＰＳ落下管理データベースとに基づいて、ＨＡＰＳ１０又は部分構造体１０Ａ～１０Ｅの安全な落下目標場所を予測し（Ｓ３０５）、ＨＡＰＳ１０の分解制御情報を生成し（Ｓ３０６）、生成した分解制御情報を前記故障したＨＡＰＳ１０に送信する（Ｓ３０７）。ここで、分解制御情報は、ＨＡＰＳ１０の複数の連結部１５１及び１５２のうち連結を解除する連結解除対象の連結部の位置及び個数を指定する情報を含む。分解制御情報は、連結を解除するタイミング（例えば、時刻情報）を含んでもよい。また、分解制御情報は、部分構造体１０Ａ～１０Ｅの連結解除の複数種類の組み合わせから、安全な落下目標場所への落下の確率が最も高い連結解除の組み合わせを選択する選択情報を含んでもよい。

[0082] 上記分解制御情報に基づいて分解したＨＡＰＳ１０の部分構造体１０Ａ～１０Ｅが落下した後、遠隔制御装置８５は、その落下結果データを受信して落下目標場所の予測精度を高めるように機械学習を行い、ＨＡＰＳ落下管理データベースを更新してもよい（Ｓ３０８，Ｓ３０２，Ｓ３０３）。落下結果データは、ＨＡＰＳ１０の部分構造体１０Ａ～１０Ｅが実際に落下した落下場所の情報を含む。落下結果データは、ＨＡＰＳ１０の部分構造体１０Ａ～１０Ｅが落下している落下中に測定された複数の高度における気流の風速及び風向を含んでもよいし、落下中に測定された部分構造体１０Ａ～１０Ｅの落下速度などの装置状態情報を含んでもよい。また、落下結果データは、通信機能を有している落下したＨＡＰＳ１０又は部分構造体１０Ａ～１０Ｅから受信してもよいし、落下したＨＡＰＳ１０の周辺に位置していた周辺のＨＡＰＳ１０'から受信してもよい。

[0083] なお、本明細書で説明された処理工程並びにＨＡＰＳ１０，２０等の通信中継装置の無線中継局、フィーダ局、遠隔制御装置、端末装置（ユーザ装置、移動局、通信端末）及び基地局における基地局装置の構成要素は、様々な手段によって実装することができる。例えば、これらの工程及び構成要素は

、ハードウェア、ファームウェア、ソフトウェア、又は、それらの組み合わせで実装されてもよい。

[0084] ハードウェア実装については、実体（例えば、無線中継局、フィード局、基地局装置、無線中継局装置、端末装置（ユーザ装置、移動局、通信端末）、遠隔制御装置、ハードディスクドライブ装置、又は、光ディスクドライブ装置）において前記工程及び構成要素を実現するために用いられる処理ユニット等の手段は、1つ又は複数の、特定用途向けIC（ASIC）、デジタルシグナルプロセッサ（DSP）、デジタル信号処理装置（DSPD）、プログラマブル・ロジック・デバイス（PLD）、フィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ（FPGA）、プロセッサ、コントローラ、マイクロコントローラ、マイクロプロセッサ、電子デバイス、本明細書で説明された機能を実行するようにデザインされた他の電子ユニット、コンピュータ、又は、それらの組み合わせの中に実装されてもよい。

[0085] また、ファームウェア及び／又はソフトウェア実装については、前記構成要素を実現するために用いられる処理ユニット等の手段は、本明細書で説明された機能を実行するプログラム（例えば、プロシージャ、関数、モジュール、インストラクション、などのコード）で実装されてもよい。一般に、ファームウェア及び／又はソフトウェアのコードを明確に具体化する任意のコンピュータ／プロセッサ読み取り可能な媒体が、本明細書で説明された前記工程及び構成要素を実現するために用いられる処理ユニット等の手段の実装に利用されてもよい。例えば、ファームウェア及び／又はソフトウェアコードは、例えば制御装置において、メモリに記憶され、コンピュータやプロセッサにより実行されてもよい。そのメモリは、コンピュータやプロセッサの内部に実装されてもよいし、又は、プロセッサの外部に実装されてもよい。また、ファームウェア及び／又はソフトウェアコードは、例えば、ランダムアクセスメモリ（RAM）、リードオンリーメモリ（ROM）、不揮発性ランダムアクセスメモリ（NVRAM）、プログラマブルリードオンリーメモリ（PROM）、電氣的消去可能PROM（EEPROM）、FLASHメモ

モリ、フロッピー（登録商標）ディスク、コンパクトディスク（CD）、デジタルバーサタイルディスク（DVD）、磁気又は光データ記憶装置、などのような、コンピュータやプロセッサで読み取り可能な媒体に記憶されてもよい。そのコードは、1又は複数のコンピュータやプロセッサにより実行されてもよく、また、コンピュータやプロセッサに、本明細書で説明された機能性のある態様を実行させてもよい。

[0086] また、本明細書で開示された実施形態の説明は、当業者が本開示を製造又は使用するのを可能にするために提供される。本開示に対するさまざまな修正は当業者には容易に明白になり、本明細書で定義される一般的原理は、本開示の趣旨又は範囲から逸脱することなく、他のバリエーションに適用可能である。それゆえ、本開示は、本明細書で説明される例及びデザインに限定されるものではなく、本明細書で開示された原理及び新規な特徴に合致する最も広い範囲に認められるべきである。

## 符号の説明

- [0087] 10 HAPS（ソーラープレーンタイプ）  
10A～10E 部分構造体  
20 HAPS（飛行船タイプ）  
40 セル形成目標空域  
41, 42, 43 3次元セル  
50 HAPSが位置する空域  
60 ドローン  
65 飛行機  
70 フィーダ局  
72 人工衛星  
75 マイクロ波給電局  
80 移動通信網  
85 遠隔制御装置（管制センター）  
100, 200, 300 ビーム

- 1 0 1 主翼部
- 1 0 2 ソーラーパネル（太陽光発電パネル）
- 1 0 3, 2 0 2 プロペラ
- 1 0 4 連結部
- 1 0 5 ポッド
- 1 0 6 バッテリー
- 1 0 7 車輪
- 1 0 8 受電用ポッド
- 1 1 0, 2 1 0 無線中継局
- 1 1 1 3次元（3D）セル形成アンテナ部
- 1 1 2 送受信部
- 1 1 3 フィード用アンテナ部
- 1 1 4 送受信部
- 1 1 5 リピーター部
- 1 1 6 監視制御部
- 1 1 7 電源部
- 1 1 8 モデム部
- 1 1 9 基地局処理部
- 1 2 0 エッジコンピューティング部
- 1 2 5 光通信部
- 1 2 6 ビーム制御部
- 1 3 0, 2 3 0 光アンテナ装置
- 1 4 1 モータ駆動部
- 1 5 0 尾翼
- 1 5 1, 1 5 2 連結部
- 1 5 1 A～1 5 1 E 連結解除後の連結部構成部材
- 1 5 2 A～1 5 2 E 連結解除後の連結部構成部材
- 1 5 3 制御部

1 5 4 連結解除機構

## 請求の範囲

- [請求項1]            端末装置との間で無線通信を行う無線中継局と、  
自律制御又は外部から制御により所定高度の空域に位置するように制御される浮揚体と、を備える空中浮揚型の通信中継装置であって、  
前記通信中継装置自身の下降を伴う故障が発生したとき、周辺気流の情報に基づいて予測される所定の落下目標場所に前記通信中継装置自身を落下させる手段を備えることを特徴とする通信中継装置。
- [請求項2]            請求項1の通信中継装置において、  
連結解除可能な連結部で連結された複数の部分構造体で構成され、  
前記複数の部分構造体の連結を選択的に解除する連結解除機構と、  
前記選択的に連結が解除された部分構造体が前記落下目標場所に落下するように前記連結解除機構による連結解除を制御する制御部と、  
を備えることを特徴とする通信中継装置。
- [請求項3]            請求項2の通信中継装置において、  
前記制御部は、前記連結を解除する連結部の位置及び個数並びに前記連結を解除するタイミングの少なくとも一つを制御することを特徴とする通信中継装置。
- [請求項4]            請求項2又は3の通信中継装置において、  
前記制御部は、前記複数の部分構造体の連結解除の複数種類の組み合わせから、前記落下目標場所への落下の確率が最も高い連結解除の組み合わせを選択して前記部分構造体に分解するように制御することを特徴とする通信中継装置。
- [請求項5]            請求項2乃至4のいずれかの通信中継装置において、  
前記複数の部分構造体はそれぞれ、前記部分構造体が落下する場所に位置する端末装置に落下警報信号を送信しながら落下することを特徴とする通信中継装置。
- [請求項6]            請求項1乃至5のいずれかの通信中継装置において、  
前記通信中継装置自身の高度の変化を検知し、その高度の変化に基

づいて前記故障の発生を検知する手段を備えることを特徴とする通信中継装置。

[請求項7]           請求項1乃至6のいずれかの通信中継装置において、  
前記通信中継装置自身の下降を伴う故障の発生に関する情報を外部装置から受信する手段を備えることを特徴とする通信中継装置。

[請求項8]           請求項1乃至7のいずれかの通信中継装置において、  
前記落下目標場所を予測する手段を備えることを特徴とする通信中継装置。

[請求項9]           請求項1乃至8のいずれかの通信中継装置において、  
前記落下目標場所に関する情報を外部装置から受信する手段を備えることを特徴とする通信中継装置。

[請求項10]           請求項7又は9の通信中継装置において、  
前記外部装置は、前記通信中継装置を管理する地上又は上空の管理装置であることを特徴とする通信中継装置。

[請求項11]           請求項7又は9の通信中継装置において、  
前記外部装置は、端末装置との間で無線通信を行う無線中継局と自律制御又は外部から制御により所定高度の空域に位置するように制御される浮揚体とを備えた周辺に位置する一又は複数の他の通信中継装置であることを特徴とする通信中継装置。

[請求項12]           請求項1乃至11のいずれかの通信中継装置において、  
前記落下目標場所は、前記故障の発生時における周辺気流の風速及び風向と、前記故障が発生した通信中継装置の移動速度及び移動方向と、前記故障が発生した通信中継装置又はその通信中継装置を構成する前記複数の部分構造体の質量若しくは質量及び外形サイズとに基づいて予測されることを特徴とする通信中継装置。

[請求項13]           請求項1乃至12のいずれかの通信中継装置において、  
前記落下目標場所は、前記通信中継装置又は前記複数の部分構造体について互いに異なる複数種類の条件で実行された複数回の落下試験

により得られた機械学習の結果に基づいて予測されることを特徴とする通信中継装置。

[請求項14]       請求項1乃至13のいずれかの通信中継装置において、  
前記通信中継装置自身の落下が予測される場所に位置する端末装置に落下警告信号を送信しながら落下することを特徴とする通信中継装置。

[請求項15]       請求項1乃至14のいずれかの通信中継装置において、  
周辺に位置する他の通信中継装置に下降を伴う故障が発生したとき、前記他の通信中継装置又はその部分構造体の落下が予測される場所に位置する端末装置に落下警告信号を送信することを特徴とする通信中継装置。

[請求項16]       請求項1乃至15のいずれかの通信中継装置において、  
周辺に位置する他の通信中継装置の高度の変化を検知し、その高度の変化に基づいて前記他の通信中継装置の下降を伴う故障の発生を検知することを特徴とする通信中継装置。

[請求項17]       請求項1乃至16のいずれかの通信中継装置において、  
地面又は海面との間の所定のセル形成目標空域に3次元セルを形成し、  
前記セル形成目標空域の高度は10[km]以下であり、  
前記浮揚体が位置する空域の高度は100[km]以下であることを特徴とする通信中継装置。

[請求項18]       請求項1乃至17のいずれかの通信中継装置を複数備えるシステムであって、  
前記複数の通信中継装置はそれぞれ、前記通信中継装置の位置情報及び予定経路情報を互いに交換し、互いに所定距離以下又は所定距離未満の範囲に近づかないように移動経路を制御することを特徴とするシステム。

[請求項19]       請求項1乃至17のいずれかの通信中継装置を管理する地上又は上

空に位置する管理装置であって、

前記故障が発生した通信中継装置の落下目標場所を予測し、その予測した落下目標場所に関する情報を、前記故障が発生した通信中継装置に送信することを特徴とする管理装置。

[請求項20]

請求項19の管理装置において、

前記通信中継装置又は前記部分構造体の落下が予測される場所に位置する端末装置に落下警告信号を送信することを特徴とする管理装置。

[図1]

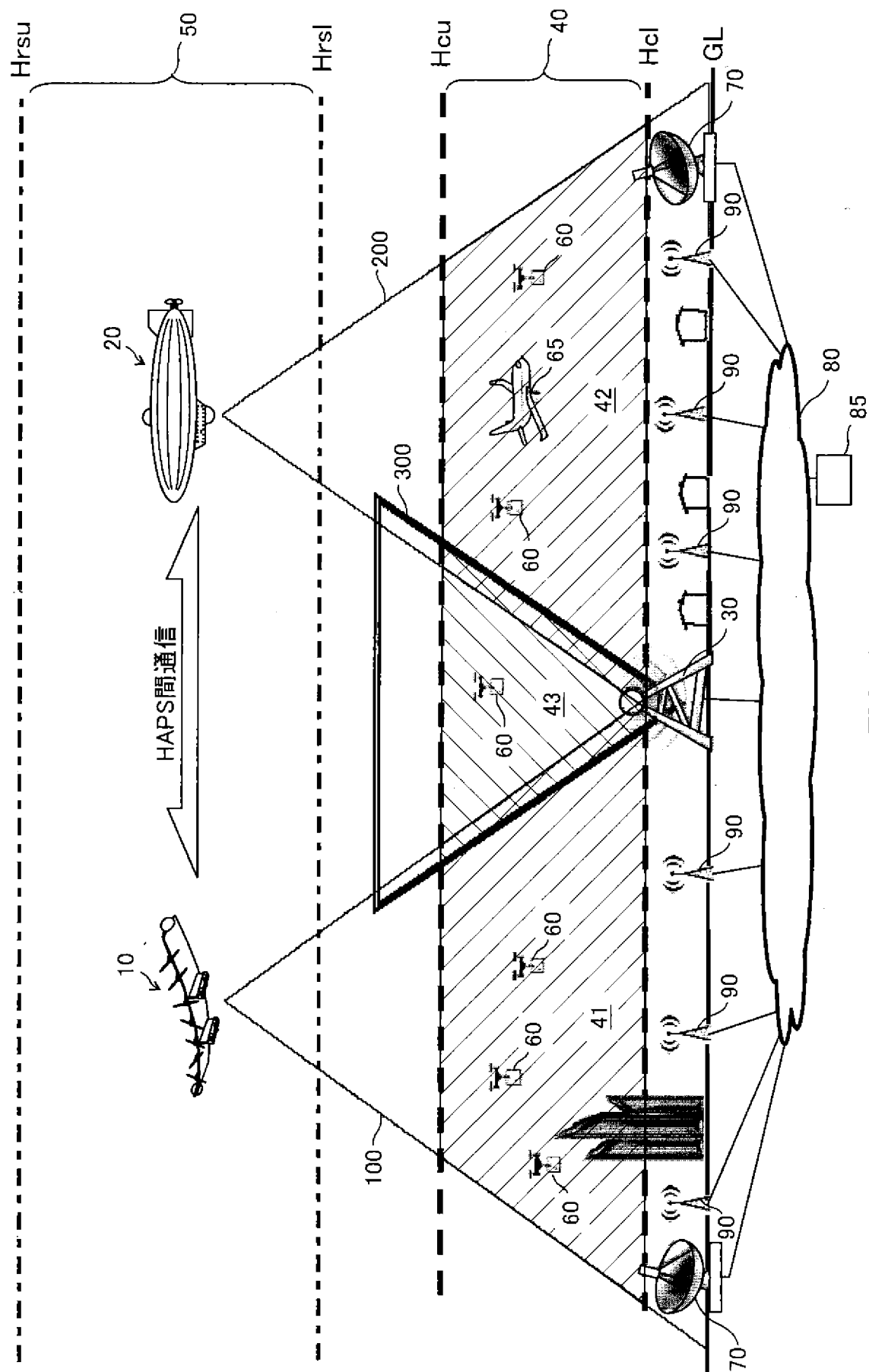


FIG. 1

[図2]

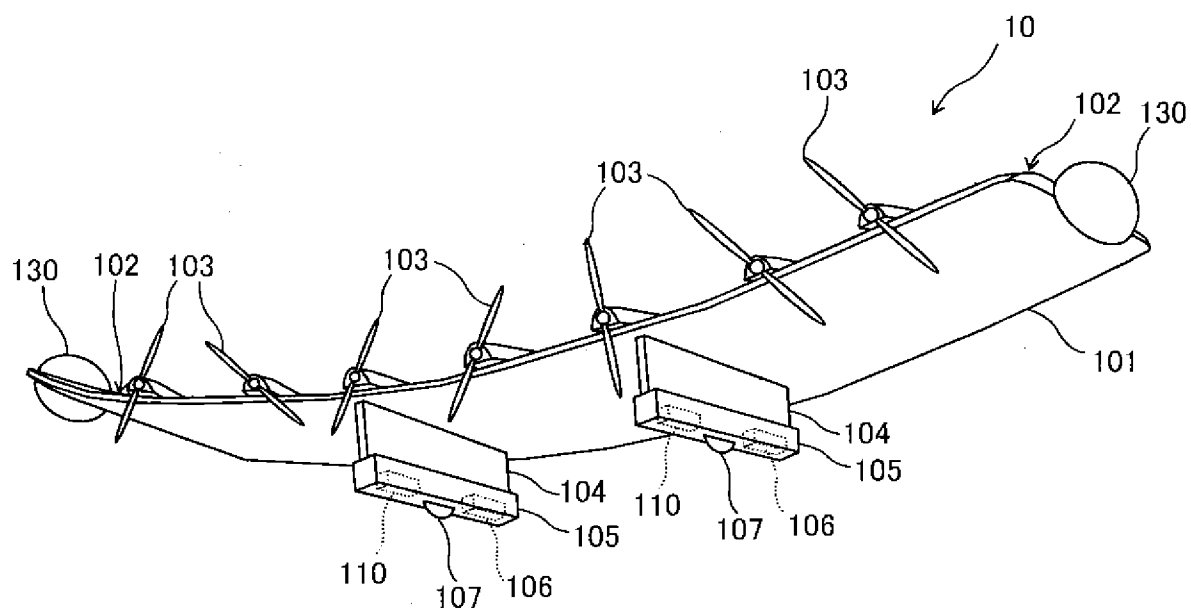


FIG. 2

[図3]

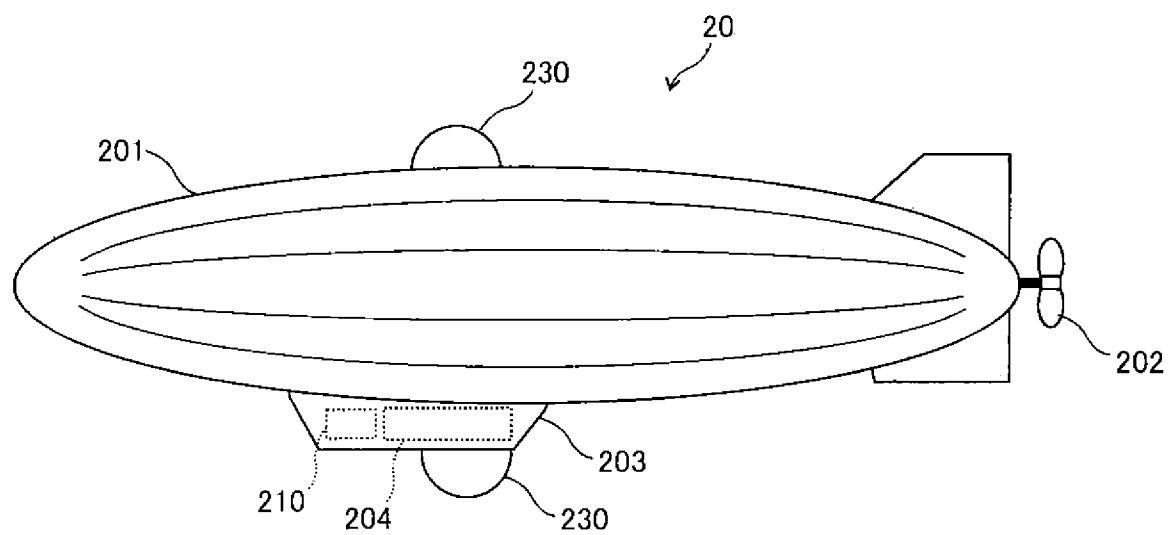


FIG. 3

[図4]

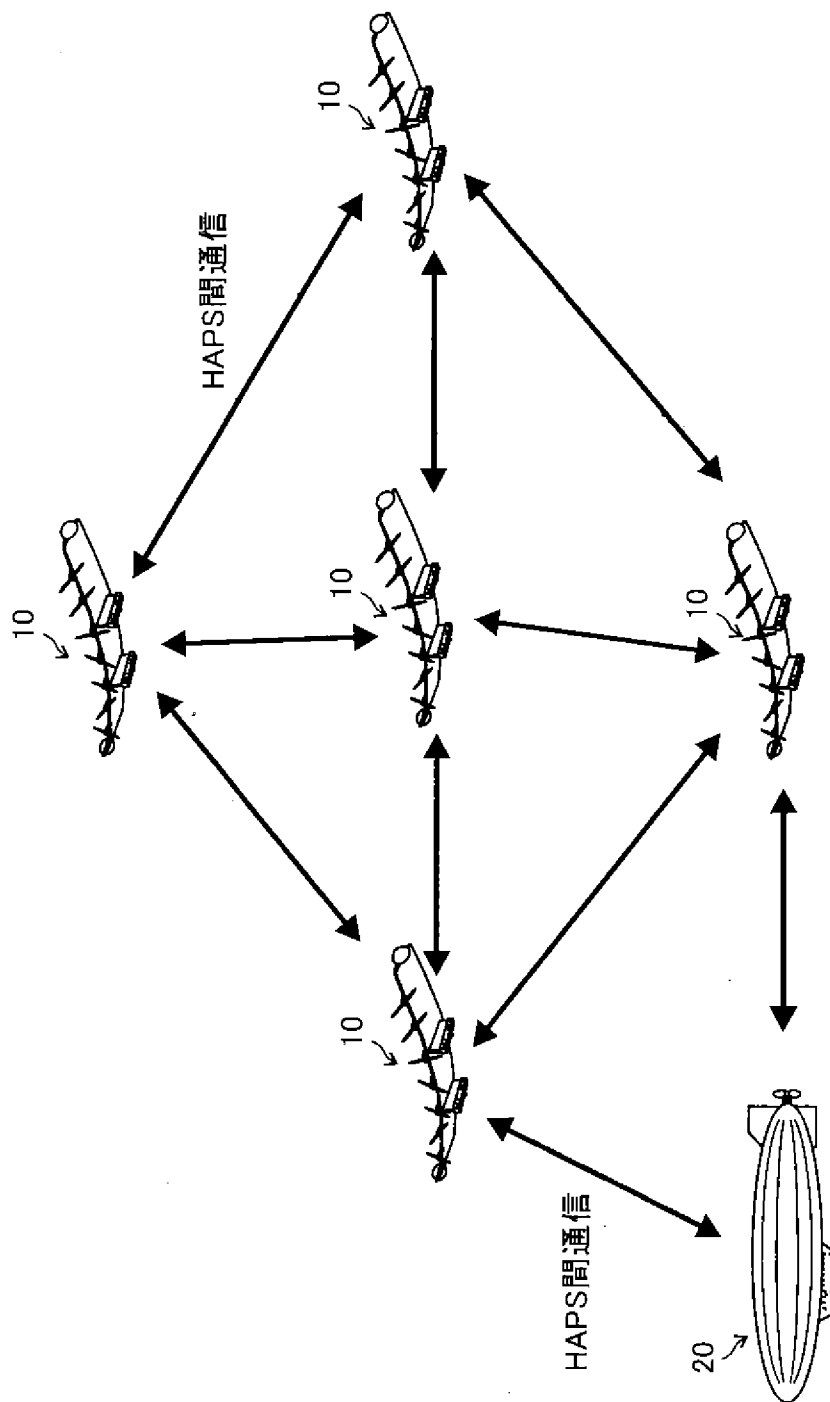


FIG. 4



[図6]

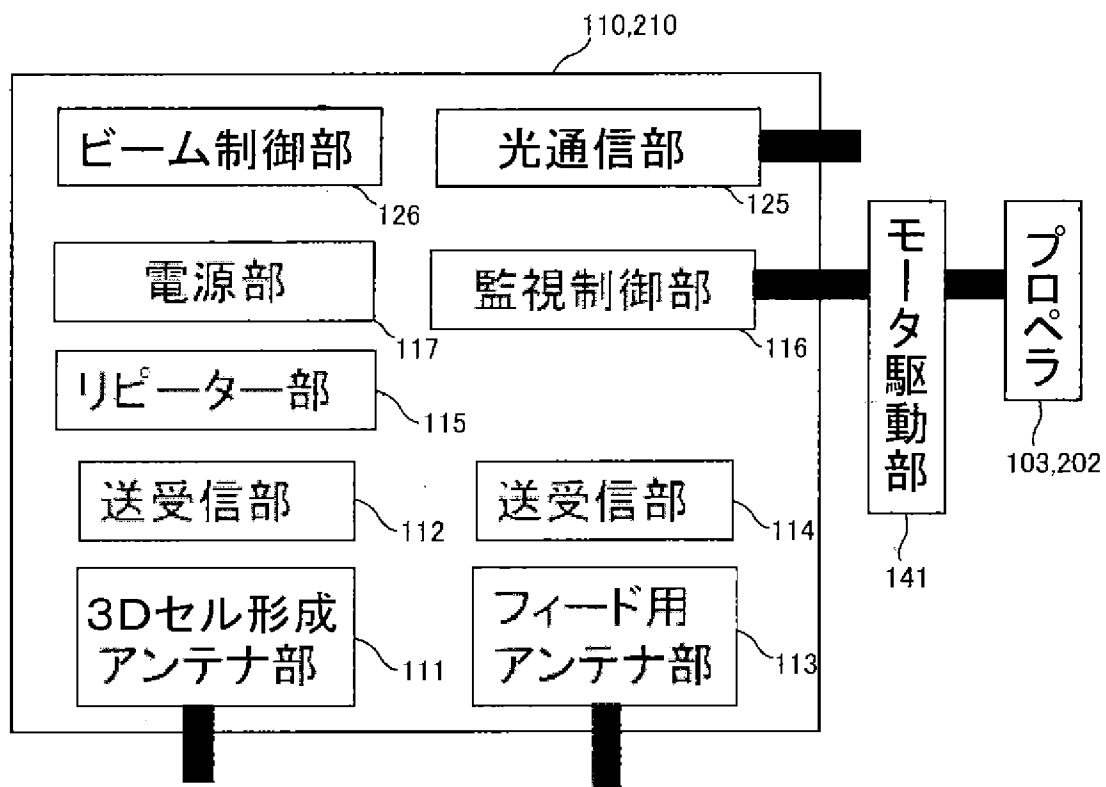


FIG. 6

[図7]

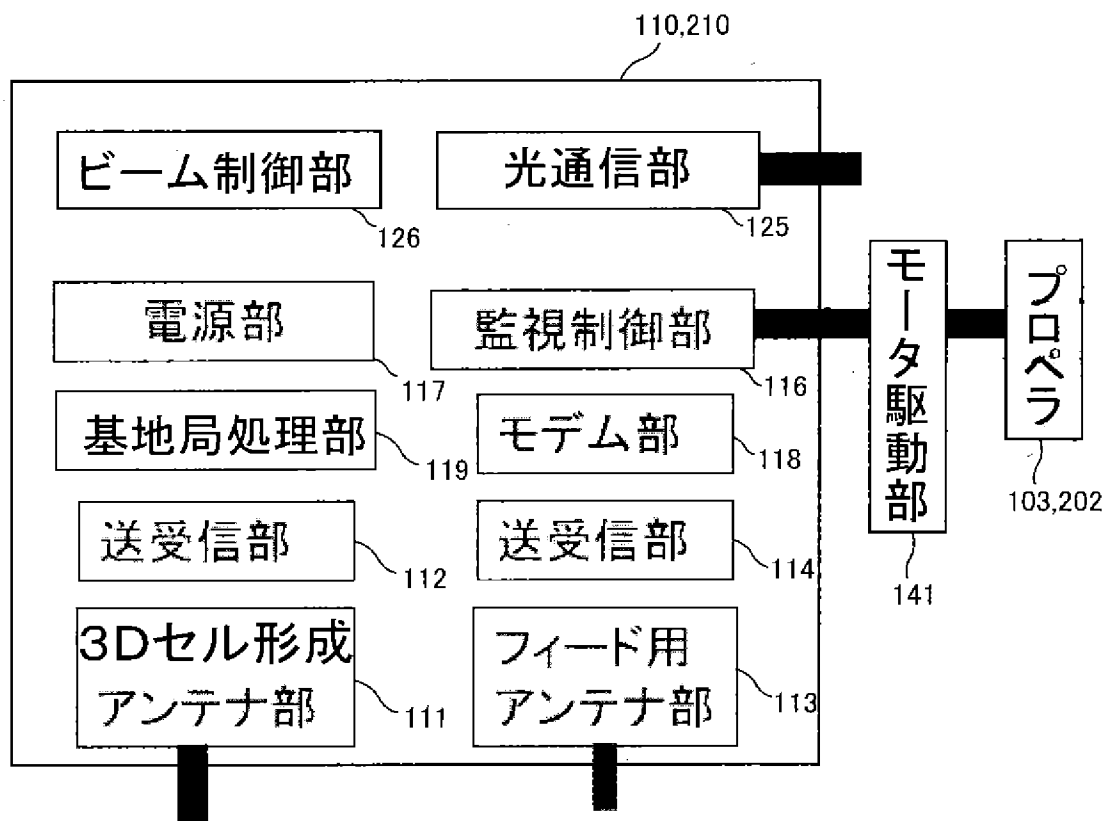


FIG. 7

[図8]

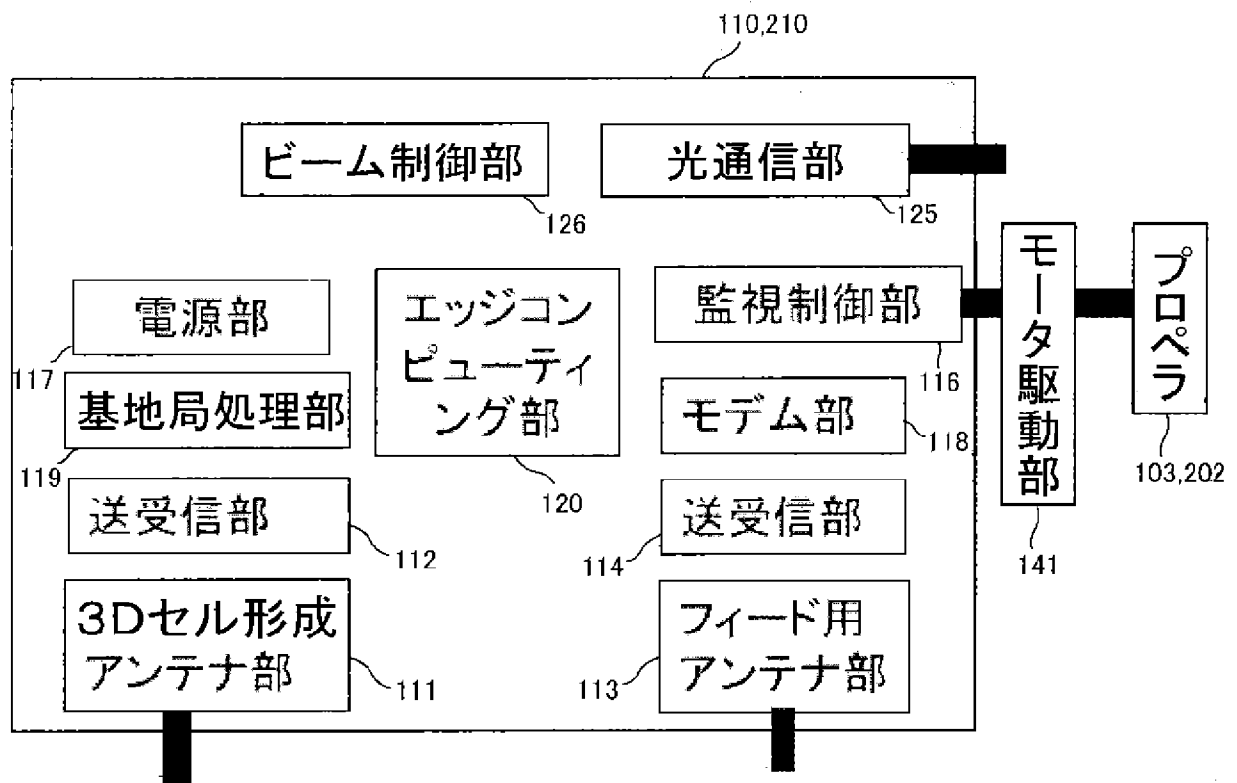


FIG. 8

[図9]

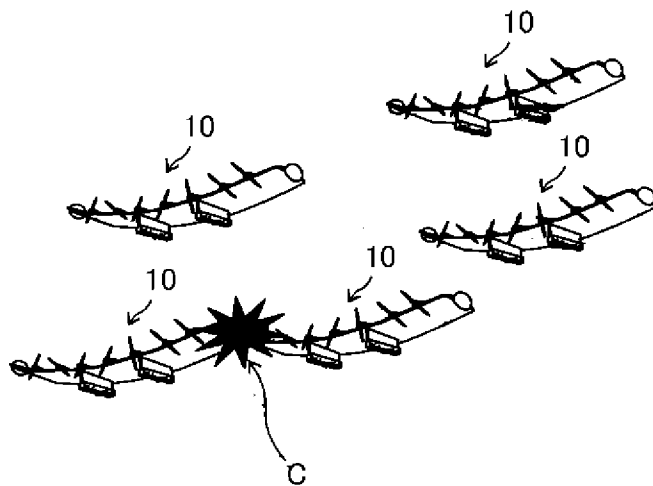


FIG. 9

[図10]

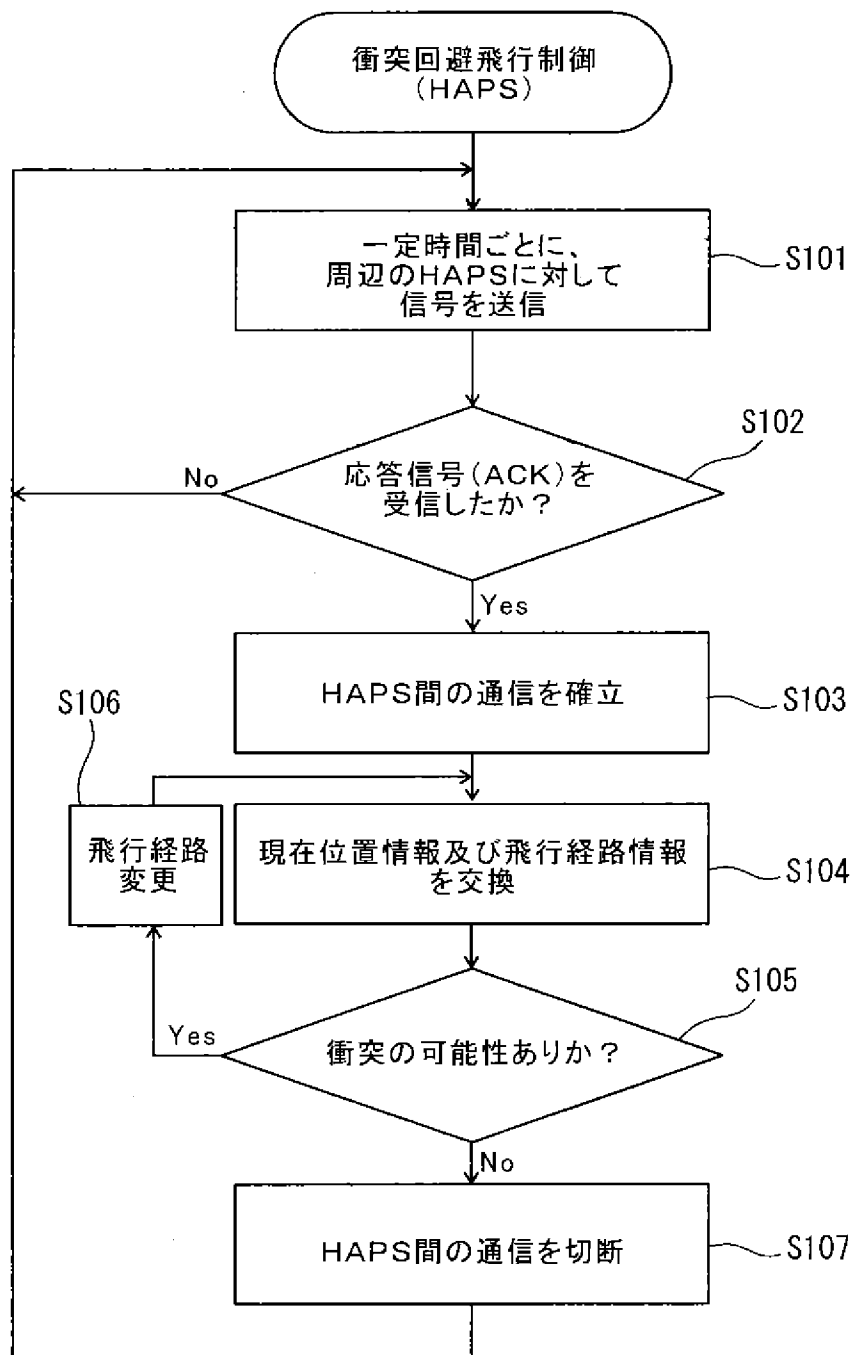


FIG. 10

[図11]

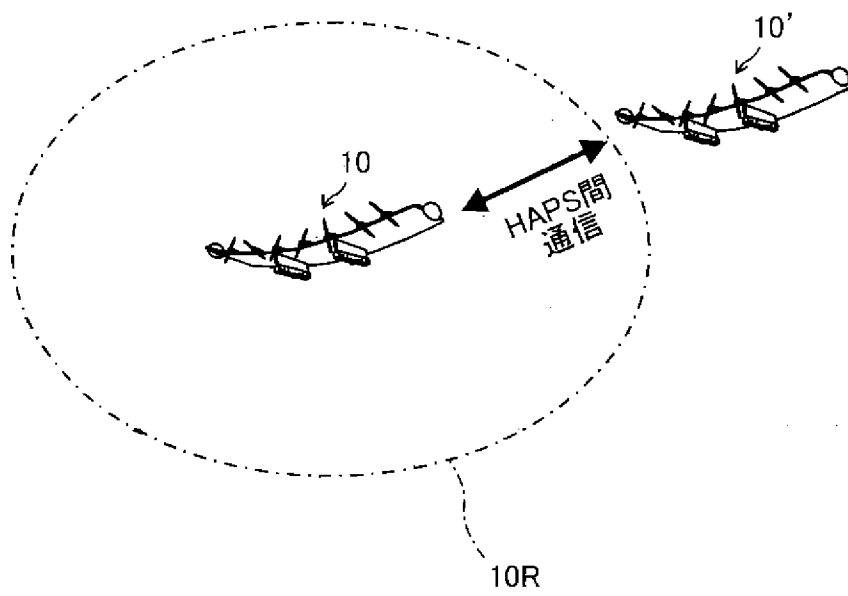


FIG. 11

[FIG. 12A]

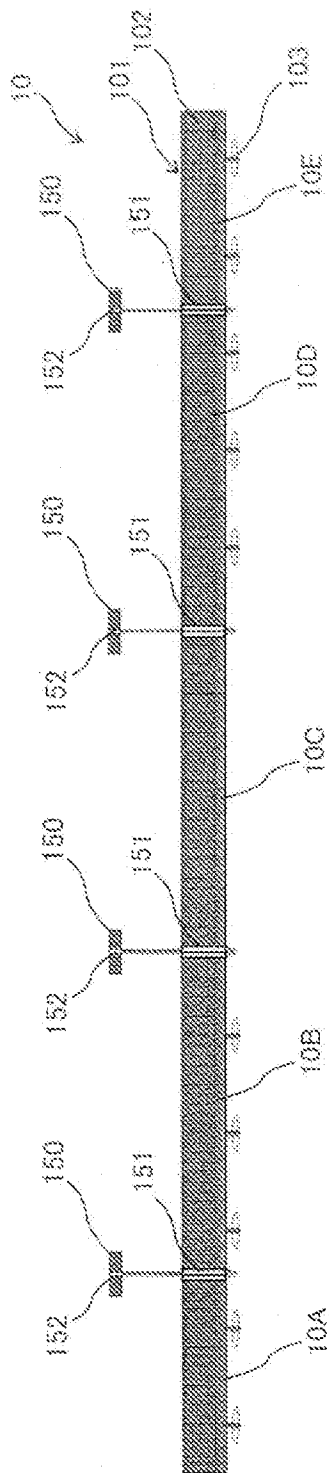


FIG. 12A

[FIG. 12B]

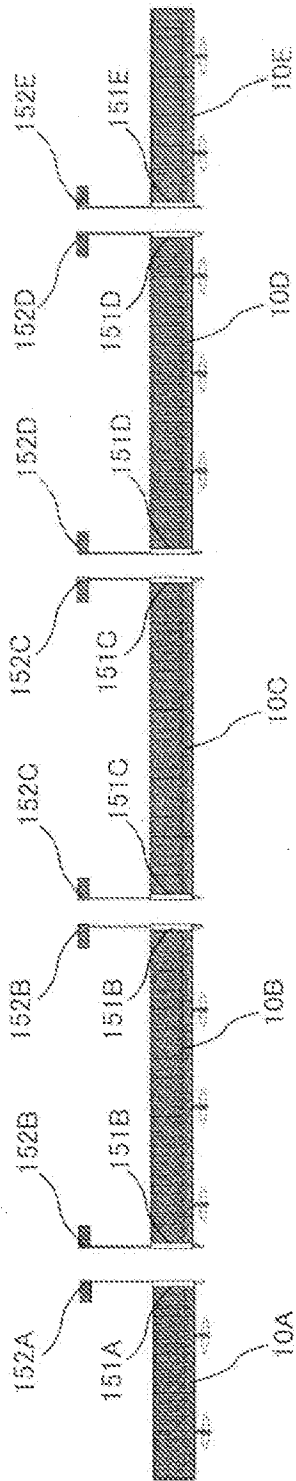


FIG. 12B

[図13]

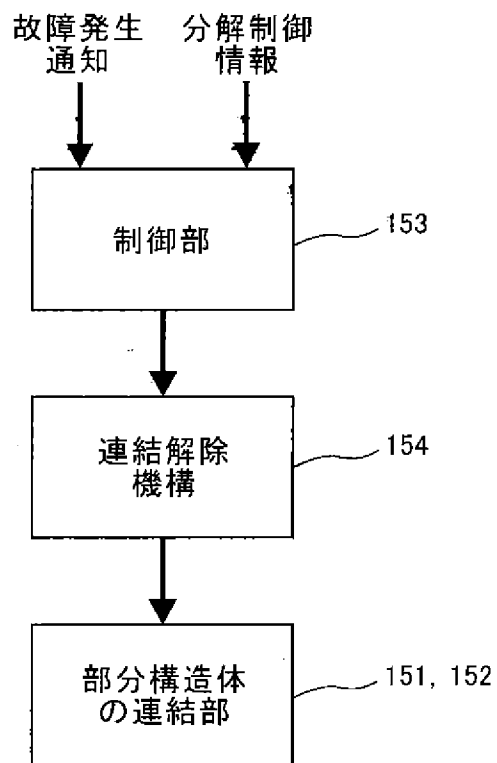


FIG. 13

[図14]

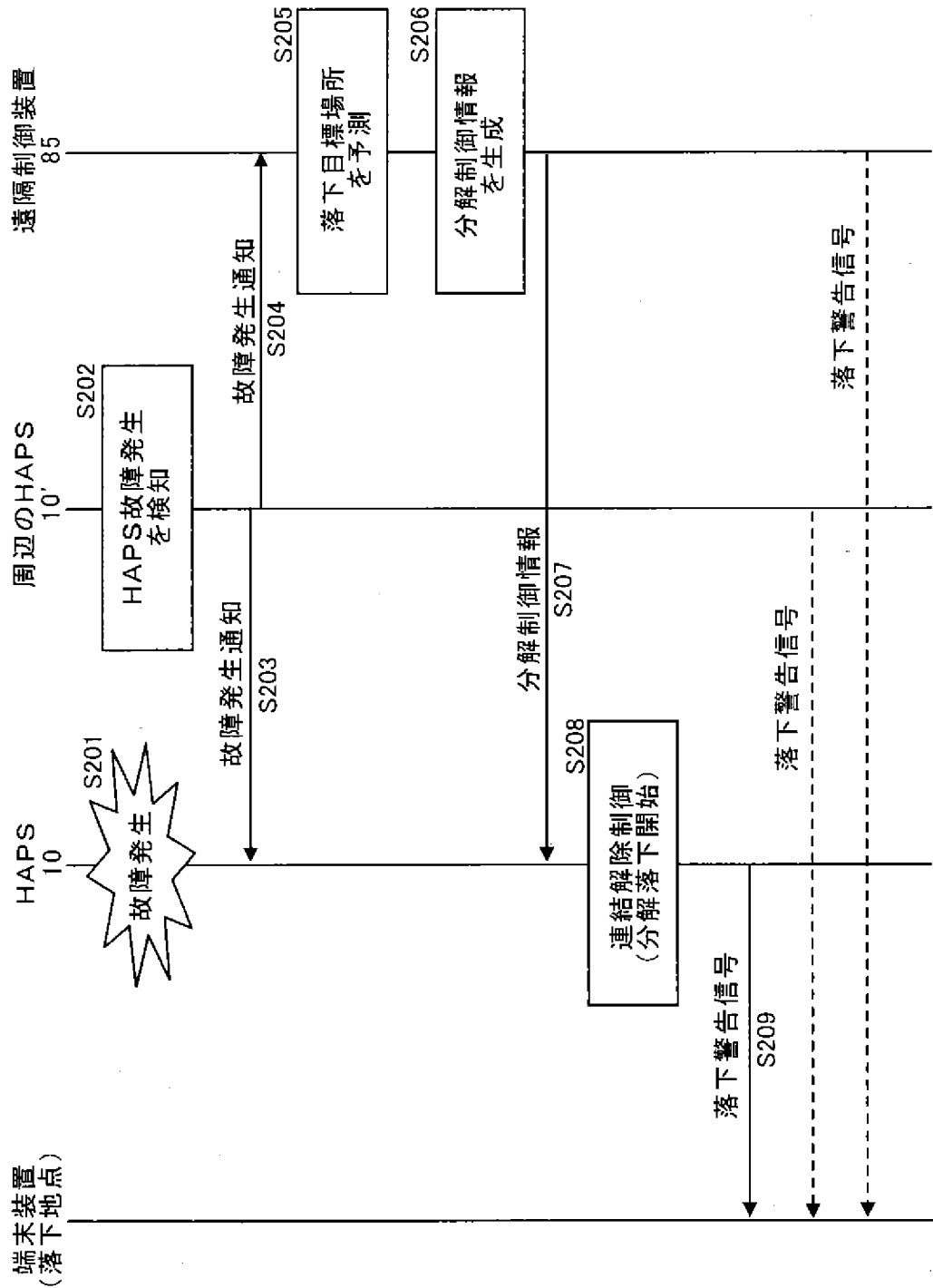


FIG. 14

[図15]

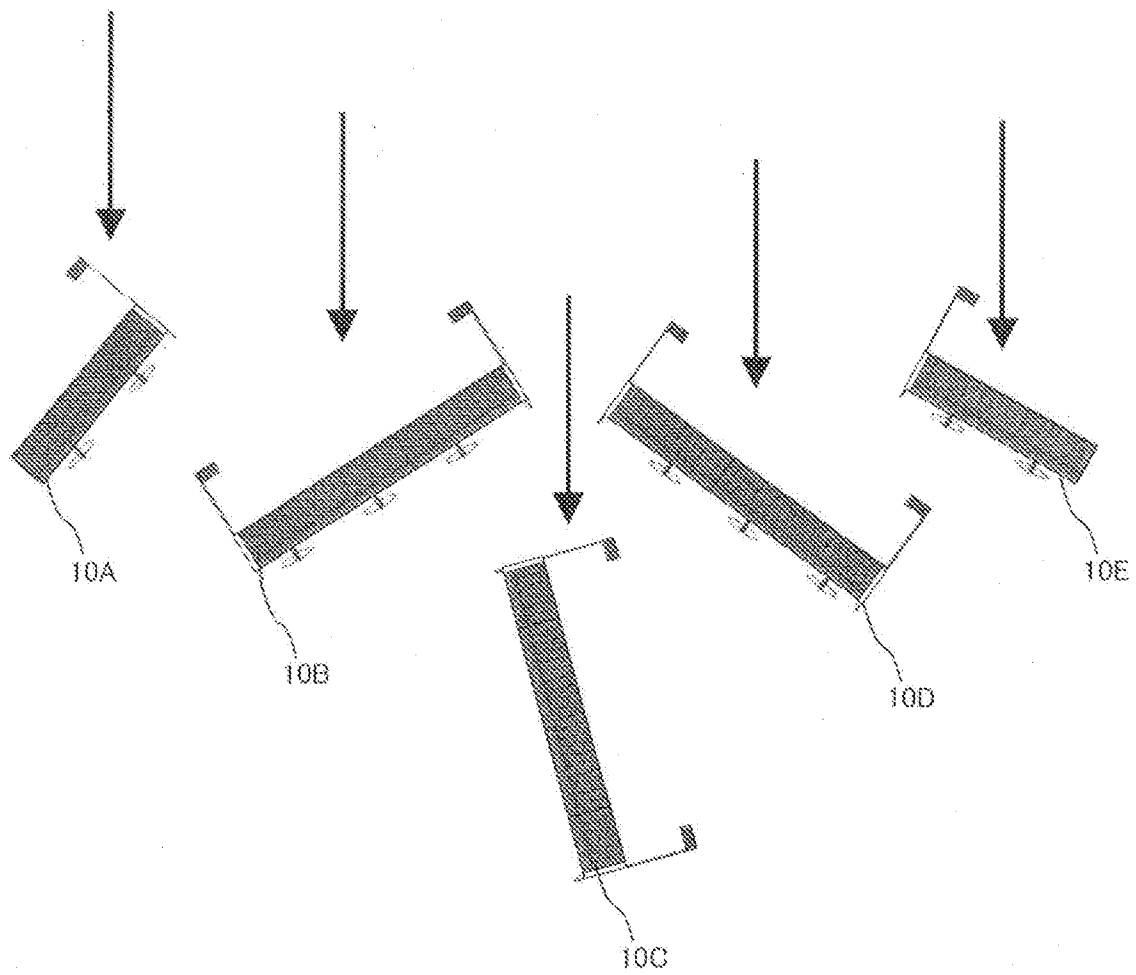


FIG. 15

[図16]

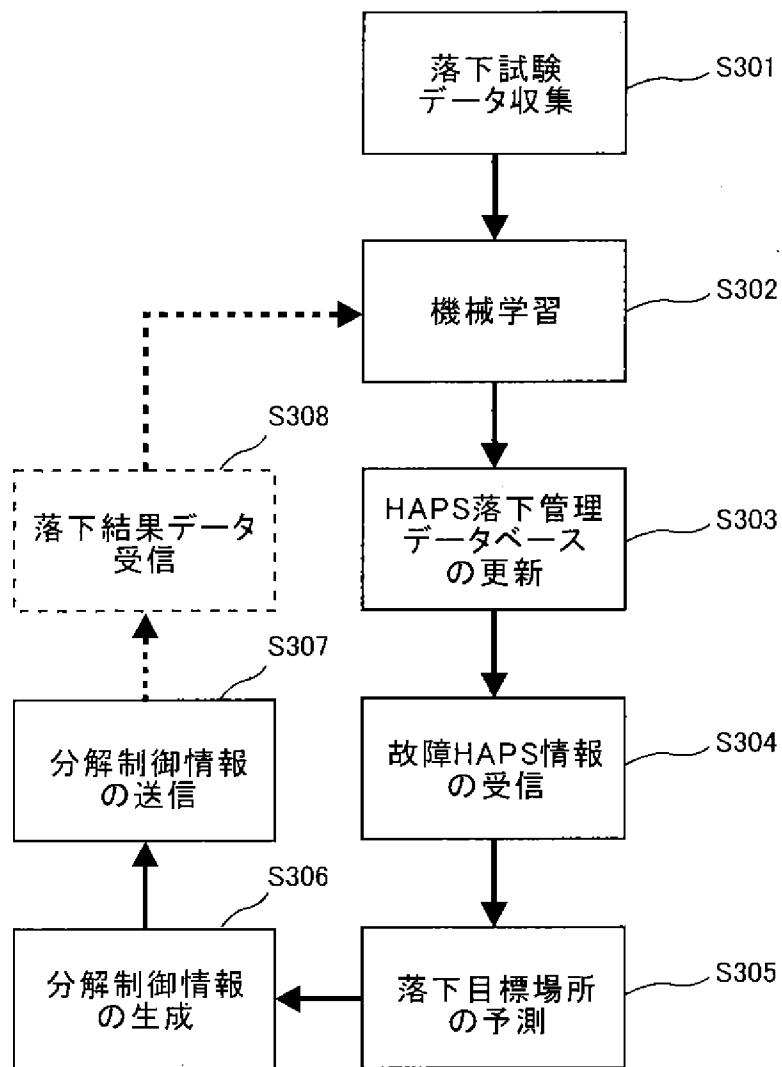


FIG. 16

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/032732

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B64D25/00 (2006.01) i, B64C39/02 (2006.01) i, H04B7/185 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. B64D25/00, B64C39/02, H04B7/185

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                                                          |           |
|----------------------------------------------------------|-----------|
| Published examined utility model applications of Japan   | 1922-1996 |
| Published unexamined utility model applications of Japan | 1971-2018 |
| Registered utility model specifications of Japan         | 1996-2018 |
| Published registered utility model applications of Japan | 1994-2018 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                         | Relevant to claim No.                       |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Y<br>A    | JP 2000-168693 A (NEC CORP.) 20 June 2000, paragraphs [0013]-[0014], [0019], [0021]-[0025], fig. 1-5 (Family: none)                                                                        | 1, 6-10, 12-13, 17-19<br>2-5, 11, 14-16, 20 |
| Y<br>A    | US 2015/0153740 A1 (ELBIT SYSTEMS, LTD.) 04 June 2015, paragraphs [0027], [0029], [0043], [0069], [0073]-[0076], [0078], [0090]-[0093], fig. 2-3, 5-6 & WO 2013/124852 A1 & CN 104246641 A | 1, 6-10, 12-13, 17-19<br>2-5, 11, 14-16, 20 |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
26 November 2018 (26.11.2018)

Date of mailing of the international search report  
11 December 2018 (11.12.2018)

Name and mailing address of the ISA/  
Japan Patent Office  
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,  
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/032732

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                       | Relevant to claim No. |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y<br>A    | US 2011/0025549 A1 (ELIA SYSTEMS LTD.) 03 February 2011, paragraph [0049] & WO 2009/083967 A2                                                            | 13<br>1, 8, 12        |
| Y         | JP 2004-88654 A (TELECOMMUNICATION ADVANCEMENT ORGANIZATION OF JAPAN) 18 March 2004, paragraphs [0033]-[0035], fig. 1-4 (Family: none)                   | 17                    |
| Y<br>A    | JP 2005-82018 A (NATIONAL AEROSPACE LABORATORY OF JAPAN) 31 March 2005, paragraphs [0029]-[0032], fig. 7-9 (Family: none)                                | 18<br>7, 9-11, 16     |
| A         | US 2007/0252035 A1 (HUBEARD, James E. JR.) 01 November 2007 (Family: none)                                                                               | 1                     |
| A         | JP 9-503892 A (INTERNATIONAL MULTI-MEDIA CORPORATION) 15 April 1997 & GB 2296634 A & WO 1995/004407 A1 & FR 2712128 A1 & CN 1132008 A & KR 10-0442209 B1 | 1                     |
| A         | WO 2016/171120 A1 (PRODRONE CO., LTD.) 27 October 2016 & US 2018/0134379 A1                                                                              | 2-5                   |
| A         | JP 2017-136879 A (SOKEN, INC.) 10 August 2017, paragraph [0031] (Family: none)                                                                           | 6                     |
| E, A      | JP 2018-157522 A (SOFTBANK CORP.) 04 October 2018 (Family: none)                                                                                         | 1, 17                 |

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B64D25/00(2006.01)i, B64C39/02(2006.01)i, H04B7/185(2006.01)i

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B64D25/00, B64C39/02, H04B7/185

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

|             |            |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報   | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2018年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2018年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2018年 |

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                                                                                                   | 関連する<br>請求項の番号                                    |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Y<br>A          | JP 2000-168693 A（日本電気株式会社）2000.06.20,<br>段落[0013]-[0014], [0019], [0021]-[0025], 図1-5<br>（ファミリーなし）                                                                                  | 1, 6-10,<br>12-13, 17-19<br>2-5, 11,<br>14-16, 20 |
| Y<br>A          | US 2015/0153740 A1 (ELBIT SYSTEMS, LTD) 2015.06.04,<br>段落[0027], [0029], [0043], [0069], [0073]-[0076], [0078],<br>[0090]-[0093], 図2-3, 5-6<br>& WO 2013/124852 A1 & CN 104246641 A | 1, 6-10,<br>12-13, 17-19<br>2-5, 11,<br>14-16, 20 |

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

26.11.2018

国際調査報告の発送日

11.12.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

志水 裕司

3D

9528

電話番号 03-3581-1101 内線 3341

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                                                                                     |                   |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                                                                   | 関連する<br>請求項の番号    |
| Y<br>A                | US 2011/0025549 A1 (ELTA SYSTEMS LTD.) 2011.02.03,<br>段落[0049]<br>& WO 2009/083967 A2                                                               | 13<br>1, 8, 12    |
| Y                     | JP 2004-88654 A (通信・放送機構) 2004.03.18,<br>段落[0033]-[0035], 図 1-4<br>(ファミリーなし)                                                                        | 17                |
| Y<br>A                | JP 2005-82018 A (独立行政法人航空宇宙技術研究所) 2005.03.31,<br>段落[0029]-[0032], 図 7-9<br>(ファミリーなし)                                                                | 18<br>7, 9-11, 16 |
| A                     | US 2007/0252035 A1 (HUBBARD, James E. JR.) 2007.11.01<br>(ファミリーなし)                                                                                  | 1                 |
| A                     | JP 9-503892 A (インターナショナル マルチメディア<br>コーポレーション) 1997.04.15<br>& GB 2296634 A & WO 1995/004407 A1 & FR 2712128 A1<br>& CN 1132008 A & KR 10-0442209 B1 | 1                 |
| A                     | WO 2016/171120 A1 (株式会社プロドローン) 2016.10.27<br>& US 2018/0134379 A1                                                                                   | 2-5               |
| A                     | JP 2017-136879 A (株式会社SOKEN) 2017.08.10,<br>段落[0031]<br>(ファミリーなし)                                                                                   | 6                 |
| E, A                  | JP 2018-157522 A (ソフトバンク株式会社) 2018.10.04<br>(ファミリーなし)                                                                                               | 1, 17             |