

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2021-188955
(P2021-188955A)

(43) 公開日 令和3年12月13日(2021. 12. 13)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
GO 1 W 1/00 (2006. 01)	GO 1 W 1/00 A	2 F O 7 3
GO 8 C 15/00 (2006. 01)	GO 8 C 15/00 G	
B 6 4 C 39/02 (2006. 01)	B 6 4 C 39/02	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 (22) 出願日	特願2020-92149 (P2020-92149) 令和2年5月27日 (2020. 5. 27)	(71) 出願人 306024148 公立大学法人秋田県立大学 秋田県秋田市下新城野字街道端西2 4 1 - 4 3 8 (74) 代理人 100097113 弁理士 堀 城之 (74) 代理人 100162363 弁理士 前島 幸彦 (74) 代理人 100194283 弁理士 村上 大勇 (72) 発明者 木口 倫 秋田県秋田市下新城野字街道端西2 4 1 - 4 3 8 公立大学法人秋田県立大学内
		最終頁に続く

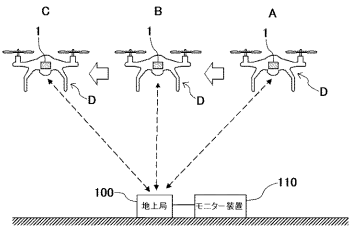
(54) 【発明の名称】 大気環境測定方法

(57) 【要約】

【課題】 3次元空間内の様々な箇所において高い時間分解能で大気環境を測定する。

【解決手段】 ドローンDは白矢印で図示されるように空中の地点A 地点B 地点C間を移動し、その飛行の制御は地上局100によって行われるPM_{2.5}を検知する環境センサが搭載機器1に設けられる。気象条件を測定するための気象計測センサも搭載される。ドローンD自身の位置を認識する位置認識部も搭載される。同様に搭載された通信部は、双方向通信が可能な非商用無線による通信を行う。この非商用無線は近距離通信用のものであり、その伝送距離は最大で1000m程度に設定される。制御部は、環境センサ、気象条件センサ、位置認識部の測定結果を対応付けた上で、小型のハードディスクや不揮発性メモリで構成された記憶部に記憶させることができる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

大気における環境特性を測定する大気環境測定方法であって、
前記環境特性を測定する環境センサと、
近距離無線通信によって双方向通信を行う通信部と、
を搭載した無人飛行体を 3 次元空間中の一定の領域内を飛行させ、
地上に配置された地上局に対して、前記領域内の複数の場所における前記環境センサの
測定結果を前記通信部によって送信し、
前記地上局において、前記環境特性の前記領域内の分布を認識することを特徴とする大
気環境測定方法。

10

【請求項 2】

自身の位置情報を認識する位置認識部を前記無人飛行体に搭載し、
前記環境センサの測定結果と共に、対応する前記位置情報を前記地上局に対して前記通
信部によって送信することを特徴とする請求項 1 に記載の大気環境測定方法。

【請求項 3】

気象条件を測定する気象計測センサを前記無人飛行体に搭載し、
前記環境センサの測定結果と共に、対応する前記気象計測センサの測定結果を前記地上
局に対して前記通信部によって送信することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の大気環
境測定方法。

【請求項 4】

複数の場所において得られた前記環境センサの測定結果をそれぞれ記憶する記憶部を前
記無人飛行体に搭載し、
前記記憶部に記憶された複数の前記測定結果を一括して前記地上局に対して前記通信部
によって送信することを特徴とする請求項 1 から請求項 3 までのいずれか 1 項に記載の大
気環境測定方法。

20

【請求項 5】

前記環境センサは、大気中の微小粒子状物質濃度を測定することを特徴とする請求項 1
から請求項 4 までのいずれか 1 項に記載の大気環境測定方法。

【請求項 6】

前記通信部の伝送距離は 1 0 0 0 m 以下に設定されたことを特徴とする請求項 1 から請
求項 5 までのいずれか 1 項に記載の大気環境測定方法。

30

【請求項 7】

前記通信部は、IEEE 802.15.4 に準拠して動作することを特徴とする請求項
1 から請求項 6 までのいずれか 1 項に記載の大気環境測定方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、大気の状態を複数の箇所で測定する大気環境測定方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

大気環境の評価において測定する対象として、例えば粉塵に対応した $PM_{2.5}$ （直径
2.5 μm 以下の微小粒子状物質）濃度がある。この測定は、地上における様々な箇所の
みならず、上空においても同様に様々な箇所でも行われる。このためには、このような測
定を行うセンサ（環境センサ）を搭載した有人の航空機や無人飛行体（ドローン）が用い
られる。この場合、特許文献 1 に記載されるように、アクチュエータによって取り込まれ
た空気中の $PM_{2.5}$ 等を測定する環境センサが用いられる。

40

【0003】

また、大気環境の評価のためには、この環境センサによる測定結果を一定の範囲にわた
る 3 次元分布として得ることが必要な場合もあり、かつこの測定結果を例えば 1 時間以内
の短い時間間隔（例えば数秒間隔）で得ることが必要な場合もある。このため、特許文献

50

2には、上記のような環境センサを搭載した複数のドローンの隊列を制御して、大気環境の測定を行う技術が記載されているこの場合においては、各ドローンは自動自律飛行するように設定され、自身の位置を認識することによって、3次元空間中における所望の形態の隊列を一定時間維持してホバリングするように設定され、その間に測定が行われる。この隊列のパターンとしては、様々な形態のものを設定することができ、これに応じてこの隊列が形成される空間領域中の測定結果の分布が測定される。

【0004】

この場合においては、各ドローンにおいて、上記の環境センサの他に、気象条件（気温、湿度、気圧、風向等）を測定するためのセンサも搭載され、これらの測定結果を記憶する記憶装置も搭載される。各ドローンは自動自律制御により飛行するため、GPS信号等を用いて認識された自身の位置情報や、この飛行のために必要なデータも、この記憶装置に記憶される。各ドローンにおける上記の環境センサによる測定結果は、上記の気象条件や位置情報等と共に、地上に送信される。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2019-027778号公報

【特許文献2】特開2019-196047号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0006】

上記のような大気環境の評価として、例えば野焼き（野外での焼却作業）によって発生した微小粒子状物質（例えばPM_{2.5}）の評価がある。この場合においては、予め定められた地点ではなく、風向きや状況に応じた様々な地点（場所、高度）においてこの測定を行うことによって、例えばこの浮遊粒子の発生箇所を推定することができる。この際、風速（大気の流れの速度）が大きい場合には、発生箇所の位置精度を高くするためには、測定の時間分解能が高い（時間間隔が短い）ことが要求され、例えば数秒間隔でこの測定を行う必要がある場合もある。

【0007】

特許文献2に記載の技術においては、多数のドローンが同時に制御されて隊列が形成された上で測定が行われるため、このような状況に応じて臨機応変に、かつ短い時間間隔で測定を行う用途には適さなかった。また、このような機能を有する自動自律飛行型のドローンの構成は複雑となり、消費電力が大きくなるため、飛行時間（測定可能時間）も短くなった。

30

【0008】

このため、3次元空間内の様々な箇所において高い時間分解能で大気環境を測定できる技術が求められた。

【0009】

本発明は、かかる問題点に鑑みてなされたものであり、上記問題点を解決する発明を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、上記課題を解決すべく、以下に掲げる構成とした。

本発明の大気環境測定方法は、大気における環境特性を測定する大気環境測定方法であって、前記環境特性を測定する環境センサと、近距離無線通信によって双方向通信を行う通信部と、を搭載した無人飛行体を3次元空間中の一定の領域内を飛行させ、地上に配置された地上局に対して、前記領域内の複数の場所における前記環境センサの測定結果を前記通信部によって送信し、前記地上局において、前記環境特性の前記領域内の分布を認識することを特徴とする。

本発明の大気環境測定方法は、自身の位置情報を認識する位置認識部を前記無人飛行体

50

に搭載し、前記環境センサの測定結果と共に、対応する前記位置情報を前記地上局に対して前記通信部によって送信することを特徴とする。

本発明の大気環境測定方法は、気象条件を測定する気象計測センサを前記無人飛行体に搭載し、前記環境センサの測定結果と共に、対応する前記気象計測センサの測定結果を前記地上局に対して前記通信部によって送信することを特徴とする。

本発明の大気環境測定方法は、複数の場所において得られた前記環境センサの測定結果をそれぞれ記憶する記憶部を前記無人飛行体に搭載し、前記記憶部に記憶された複数の前記測定結果を一括して前記地上局に対して前記通信部によって送信することを特徴とする。

本発明の大気環境測定方法において、前記環境センサは、大気中の微小粒子状物質濃度を測定することを特徴とする。

本発明の大気環境測定方法において、前記通信部の伝送距離は1000m以下に設定されたことを特徴とする。

本発明の大気環境測定方法において、前記通信部は、IEEE802.15.4に準拠して動作することを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

本発明は以上のように構成されているので、3次元空間内の様々な箇所において高い時間分解能で大気環境を測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の実施の形態に係る大気環境測定方法において用いられるドローンと地上局の関係を示す図である。

【図2】本発明の実施の形態に係る大気環境測定方法においてドローンに搭載される搭載機器の構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

本発明の実施の形態に係る大気環境測定方法について説明する。この大気環境測定方法においては、特許文献2に記載の技術と同様に、ドローン（無人飛行体）と、これに搭載された環境センサが用いられる。

【0014】

図1は、この大気環境測定方法において用いられるドローンDと地上の1点に固定された単一の地上局100等の関係を示す。地上局100と接続されたモニター装置110によって、ドローンD側の測定結果を認識し、これをディスプレイ等を用いて表示させることができる。ドローンDは白矢印で図示されるように空中の地点A 地点B 地点C間を移動し、その飛行の制御は地上から行われる。特許文献2に記載の技術とは異なり、地上からその飛行状況が制御できる限りにおいて、ドローンDは自動自律飛行型である必要はない。ドローンDの飛行の制御は地上局100から行ってもよく、他の設備から行ってもよい。ただし、この飛行の制御は本願発明とは無関係であり、かつ周知の構成要素によるために、これに関わる構成要素の記載は図1、2においては省略されている。

【0015】

特許文献2に記載の技術では、多数のドローンの隊列によって測定結果の3次元空間分布が得られたが、この大気環境測定方法においては、搭載機器1が搭載された単体のドローンDを所望の上記の経路で飛行させることによって測定結果の3次元空間分布が得られる。

【0016】

図2は、搭載機器1の構成を示す図である。ここで、ドローンDの飛行の制御のための構成要素は周知のものであるために、その記載は除外され、大気環境の測定に関する構成要素のみが記載されている。

【0017】

10

20

30

40

50

ここでは、測定対象となるのは大気の $PM_{2.5}$ であるため、 $PM_{2.5}$ を検知する環境センサ10が搭載機器1に設けられる。この環境センサ10は、試料（吸引された大気）に対して搭載されたLEDが発した光を照射し、その散乱光の強度を測定することによって、 $PM_{2.5}$ 濃度（単位 $\mu g/cm^3$ ）を認識し、電氣的に出力信号として発する。環境センサ10としては、このように $PM_{2.5}$ 濃度の測定値を電氣的に出力することができるものであれば、他の方式のものを用いることもできる。

【0018】

また、気象条件を測定するための気象計測センサ20も搭載される。ここで測定される気象条件は実際には気温（外気温）、気圧、湿度等があり、それぞれを測定するための個別のセンサが設けられているが、ここではこれらを全て含んだ単体の気象計測センサ20として示されている。これにより、環境センサ10による測定結果が得られた点における上記の気象条件を認識することができる。

【0019】

また、ドローンD自身の位置をGPS信号を受信することによって認識する位置認識部30も搭載される。これにより、環境センサ10による測定結果が得られた点の位置情報を認識することができる。

【0020】

同様に搭載された通信部40は、双方向通信が可能な非商用無線による通信を行う。この非商用無線は近距離通信用のものであり、その伝送距離は最大で1000m程度に設定され、使用のための免許や登録を要しないものが特に好ましく用いられる。このため、通信部40の消費電力を小さくすることができ、電源（図2においては図示省略）を含めた場合でもこの搭載機器1を小型軽量とすることができる。具体的には、通信部40としては、2.4GHz帯で動作しIEEE802.15.4に準拠した通信モジュール（例えばXbee：登録商標）等を用いることができる。この場合における通信の相手は、地上局100である。

【0021】

制御部50は、環境センサ10、気象計測センサ20、位置認識部30と通信部40を制御し、環境センサ10、気象計測センサ20、位置認識部30の各測定結果を通信部40によって無線通信によって出力することができる。また、位置認識部30は、通信部40とは別系統の無線通信によって出力をしてもよい。

【0022】

また、制御部50は、環境センサ10、気象計測センサ20、位置認識部30の測定結果を対応付けた上で、半導体メモリで構成された記憶部60に記憶させることができる。このため、制御部50は、上記のように無線通信によって出力する測定結果として、リアルタイムの測定結果以外にも、記憶部60に記憶された測定結果も同様に出力することができる。送信されるリアルタイムの測定結果が出力される場合には、送信されるのはその時点における環境センサ10、気象計測センサ20、位置認識部30の一組の測定結果となるのに対して、記憶部60に記憶された測定結果が出力される場合には、記憶された複数組の測定結果が一括して出力される。なお、記憶部60としては、半導体メモリとして、SRAMやDRAM等の揮発性メモリや、不揮発性のフラッシュメモリ等を用いることができ、制御部50となるマイクロコンピュータと一体化されたものを用いることもできる。また、半導体メモリ以外でも、小型軽量のハードディスクを用いることもできる。

【0023】

図1の構成においては、この出力は、地上の1点に固定された単一の地上局100で受信される。環境センサ10の測定結果と、この測定結果に対応した位置情報とに基づいて、この測定結果（ $PM_{2.5}$ ）の空間分布を認識し、これをモニター装置110を用いて表示させることができる。この際、 $PM_{2.5}$ だけではなく、各位置情報に対応して気象計測センサ20によって測定された気象条件も認識することができる。

【0024】

この際、通信部40による前記の伝送距離は短いため、通信部40（ドローンD）が地

10

20

30

40

50

地上局 100 と通信可能な範囲は限定される。通信部 40 では双方向通信が可能であるため、制御部 50 は、例えば通信部 40 側から地上局 100 へのリアルタイムでの環境センサ 10、気象計測センサ 20、位置認識部 30 の測定結果を送信した後において、地上局 100 側からの信号（例えばアンサーバック信号）を通信部 40 に受信させることができる。このため、制御部 40 は、現在の位置において地上局 100 との間の通信が可能であるか否かを判定することができる。

【0025】

これらの間の通信が可能であったと判定された場合には、上記のリアルタイムでの測定結果は、地上局 100 側で受信されていると制御部 50 が認識する。一方、これらの間の通信が可能でなかったと認識された場合には、これより後のタイミングで再び通信部 40 と地上局 100 との間の通信が可能となった時点で、通信が不可能であった時点における測定結果を記憶部 60 から読み出し、再び通信部 40 から送信することができる。ただし、測定結果を厳密にリアルタイムで送信する必要はなく、例えば測定毎に測定結果を記憶部 60 に記憶し、地上局 60 からの指令によって、記憶された測定結果を通信部 40 から送信させてもよい。いずれの場合においても、記憶部 60 を用いることによって、全ての測定結果をリアルタイムで送信することは不要となる。

【0026】

このため、ドローン D が地上局 100 から制御可能な範囲にある限り、環境センサ 10、気象計測センサ 20、位置認識部 30 の測定結果を地上局 100 で受信することができる。このため、ドローン D を 3 次元空間内の所望の領域中を飛行させ、この領域内の各点における上記の測定結果を地上局 100 が受信することができる。

【0027】

図 1 の構成においては 1 機のドローン D（搭載機器 1）が用いられたが、特許文献 2 に記載の技術と同様に、同時に複数のドローン D（搭載機器 1）を用い、測定点数を増やすことも可能である。

【0028】

このように、双方向通信が可能な近距離無線通信をする通信部 40 を用いることによって、ドローン D を用いて PM_{2.5} 等の環境特性の 3 次元空間分布を容易に測定することができる。この際、通信部 40 で用いられる無線通信としては、前記のような非商用の近距離無線通信を用いることができるため、この測定のための構成全体を安価とすることができる。

【0029】

なお、上記の例では、通信部 40 においては IEEE 802.15.4 に準拠した通信モジュールが用いられた。しかしながら、同様に双方向で近距離無線通信が可能であれば、他の形式の通信モジュールを用いることができる。この場合における伝送距離が長いことは不要であり、伝送距離が 1000 m 以下のものを用いることができる。このため、通信部 40 として消費電力の小さな通信モジュールを用いることができる。この際、前記の Xbee のように、免許や登録を要せずに使用でき、かつ低消費電力の通信モジュールを用いることができる。なお、ここでいう伝送距離とは、遮蔽物のない大気中における電波到達距離である。

【0030】

また、上記の例では、ドローン D の位置情報は測定結果の一つとしてドローン D 側から地上局 100 に送信されるものとしたが、例えばドローン D の位置と時刻の関係が正確に制御される場合においては、ドローン D 側で位置情報を正確に認識しなくとも、地上局 100 側でドローン D の位置を認識することができる。この場合においては、環境センサ 10 の測定結果が測定時刻に対応して得られ、これらの対応関係が地上局 100 側に送信されれば、地上局 100 において、上記と同様にこの測定結果の 3 次元分布を認識することができる。このため、この場合には、搭載機器に位置認識部 30 を設けなくともよい。同様に、ドローン D による気象条件の測定が必要でない場合には、搭載機器に気象計測センサ 20 を設けなくともよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 1 】

また、上記の例では、環境センサ 1 0 が $PM_{2.5}$ を測定するものとしたが、大気環境の評価のために用いられる他の物理量を測定するためのセンサを環境センサ 1 0 として用いることができる。このような物理量として、目的に応じて、例えば、大気中の微小粒子状物質の評価指標となるものとして、上記の $PM_{2.5}$ の他に $PM_{1.0}$ や PM_{10} を測定してもよい。また、大気中の粉塵（エアロゾル）、ガス状物質（ CO 、 CO_2 濃度、 NH_3 、 CH_4 、 H_2 、 C_2H_5OH 、 C_3H_8 、 C_4H_{10} 、揮発性有機化合物等）、放射性物質等の濃度等を測定してもよい。あるいは、これらの測定を適宜組み合わせて同時に行ってもよい。こうした場合においても、上記の構成によってその 3 次元空間分布やその経時変化の測定を特に容易に行うことができるため、上記の方法は有効である。

10

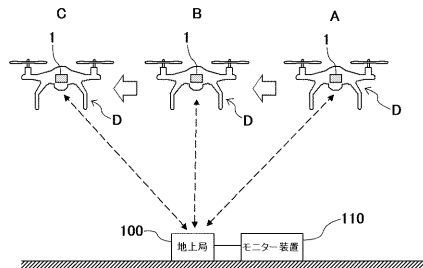
【 符号の説明 】

【 0 0 3 2 】

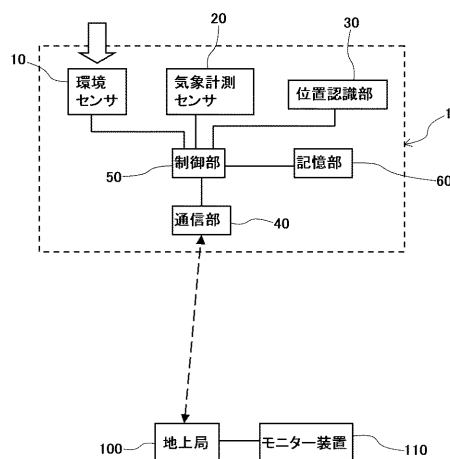
- 1 搭載機器
- 1 0 環境センサ
- 2 0 気象計測センサ
- 3 0 位置認識部
- 4 0 通信部
- 5 0 制御部
- 6 0 記憶部
- 1 0 0 地上局
- 1 1 0 モニター装置
- D ドローン（無人飛行体）

20

【 図 1 】



【 図 2 】



フロントページの続き

(72)発明者 永吉 武志

秋田県南秋田郡大潟村字南 2 - 2 公立大学法人秋田県立大学内

(72)発明者 千葉 崇

秋田県秋田市下新城中野字街道端西 2 4 1 - 4 3 8 公立大学法人秋田県立大学内

(72)発明者 井上 誠

秋田県秋田市下新城中野字街道端西 2 4 1 - 4 3 8 公立大学法人秋田県立大学内

(72)発明者 間所 洋和

秋田県由利本荘市土谷字海老ノ口 8 4 - 4 公立大学法人秋田県立大学内

F ターム(参考) 2F073 AA01 AA02 AA16 AA19 AA22 AA23 AA31 AA40 AB01 AB04

BB01 BC02 CC03 CC05 CC12 CD11 DD02 DE06 DE13 EE01

EE11 EF09 FF01 FG01 FG02 GG01 GG05