

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-532579  
(P2017-532579A)

(43) 公表日 平成29年11月2日(2017.11.2)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)  
GO 1 W 1/12 (2006.01) GO 1 W 1/12 G

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2017-535961 (P2017-535961)	(71) 出願人	517104747 レユニワット
(86) (22) 出願日	平成27年9月24日 (2015. 9. 24)		フランス国・エフ-97490・サント ニ・リュ ドゥ ラ グアドループ ムー フィア・14・ザク フシュロル
(85) 翻訳文提出日	平成29年4月17日 (2017. 4. 17)	(74) 代理人	100098394 弁理士 山川 茂樹
(86) 国際出願番号	PCT/EP2015/071959	(74) 代理人	100064621 弁理士 山川 政樹
(87) 国際公開番号	W02016/046309	(72) 発明者	ベルタン, クレマン フランス国・エフ-24500・フォンロ ック・ル フリカンドー・(番地なし)
(87) 国際公開日	平成28年3月31日 (2016. 3. 31)	(72) 発明者	クロ, シルヴァン フランス国・エフ-75019・パリ・リ ュ ドゥ ラ ヴィレット・18
(31) 優先権主張番号	1459124		最終頁に続く
(32) 優先日	平成26年9月26日 (2014. 9. 26)		
(33) 優先権主張国	フランス (FR)		

(54) 【発明の名称】 空の観察領域内の雲を特定及び監視するための検出装置及び方法

(57) 【要約】

本願発明は、地上から観察される空の領域内の1つ以上の雲を特定及び追跡するための検出装置及び方法に関する。本願発明によれば、以下のステップ：

a) 空の観察領域により放射される熱赤外線束の少なくとも幾つかが収集され、少なくとも1つの熱赤外線検出装置(12)へ送信され、該少なくとも1つの熱赤外線検出装置(12)は、設定された波長帯域において上記束を感知可能な少なくとも1つのセンサを有するステップ；

b) 地表面における空気の実際の気温及び実際の相対湿度の少なくとも1つの測定が実行され、かつ、該測定結果から、鉛直気温及び水蒸気の分布が推定されるステップ；

c) 上述の様に推定された上記鉛直気温及び水蒸気分布のために参照空により放射される熱赤外線信号に関するデータセットが、模擬または取得されるステップ；

d) 上記空の観察領域内に1つ以上の雲が存在するかどうかを判定するために、上述の様に模擬または取得された上記データセットが、上記少なくとも1つのセンサに

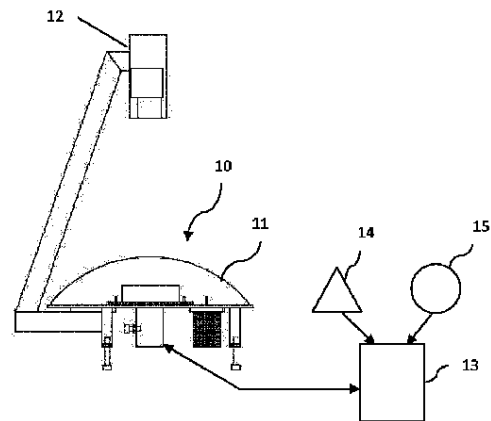


Figure 1

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

地上から観察される空の領域内の 1 つ以上の雲を特定及び追跡するための検出方法であつて、以下のステップ：

a) 空の観察領域により放射される熱赤外線束の少なくとも幾つかが収集され、少なくとも 1 つの熱赤外線検出装置 ( 1 2 ) へ送信され、該少なくとも 1 つの熱赤外線検出装置 ( 1 2 ) は、設定された波長帯域において前記束を感知可能な少なくとも 1 つのセンサを有するステップ；

b) 地表面における空気の実際の気温及び実際の相対湿度の少なくとも 1 つの測定が実行され、かつ、該測定結果から、鉛直気温及び水蒸気の分布が推定されるステップ；

c) 上述の様に推定された前記鉛直気温及び水蒸気分布のために参照空により放射される熱赤外線信号に関するデータセットが、模擬または取得されるステップ；

d) 前記空の観察領域内に 1 つ以上の雲が存在するか否かを判定するために、上述の様に模擬または取得された前記データセットが、前記少なくとも 1 つのセンサにより測定されたデータセットから差し引かれるステップ；並びに

e) 上述の様に取得されたデータセットは、前記空の観察における各雲の光学的厚さ及び / または高度を計算するために処理されるステップ

が実行されることを特徴とする検出方法。

**【請求項 2】**

ステップ a) に先立ち、前記熱赤外線検出装置 ( 1 2 ) の前記少なくとも 1 つのセンサは、大気温における単一の基準面を用いて、調整されることを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 3】**

前記データセット処理ステップ e) は、放射伝達モデルを反転させて、光学的厚さの水平空間分布、及び / または、前記空の観察領域内における単一の雲層若しくは全ての雲の高度、を判定可能とするステップを含むことを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の方法。

**【請求項 4】**

関心波長域における各雲の光学的厚さを計算するために、雲モデルが、事前に模擬され、各雲により放射される放射物は、前記の様に決定された雲モデルに応じて、模擬されることを特徴とする、請求項 3 に記載の方法。

**【請求項 5】**

1 つ以上の雲は実質透明であり、晴れた空の鉛直気温及び水蒸気分布は、前記データセット処理ステップ e) において、各雲の光学的厚さ及び / または高度を推定するために、使用されることを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の方法。

**【請求項 6】**

少なくとも 4 . 6 ステラジアンの上からの空の観察領域を定義する光学センサは、前記光学センサにより検出される各雲の特徴及び色から、対応する雲のタイプを判定し、該判定結果から、前記空の観察領域内に存在する各雲の高度の範囲を推定するために使用されることを特徴とする、請求項 1 から請求項 5 の何れかに記載の方法。

**【請求項 7】**

測定計器により感知された輝度、並びに、雲及びその下に位置する大気層について作成された輝度間における関係を想定すると共に、ルックアップテーブルを実行することにより、雲の高度を判定するステップを含むことを特徴とする、請求項 1 から請求項 6 の何れかに記載の方法。

**【請求項 8】**

航空機の通った後に残される航跡雲を分析することにより、較正点を設定するステップを含むことを特徴とする、請求項 1 から請求項 7 の何れかに記載の方法。

**【請求項 9】**

請求項 1 から請求項 8 の何れかに記載された様な、空の領域内の 1 つ以上の雲を特定及

10

20

30

40

50

び追跡する方法を実行するための検出装置であって、前記領域は地上から観察され、前記装置は：

円錐状または凸状の湾曲した鏡面(11)を有する鏡(11)であり、該鏡面は、前記空の観察領域により放射される少なくとも幾つかの熱赤外線束を収集し、少なくとも1つの熱赤外線検出装置(12)へ方向を変えるために、前記少なくとも1つの熱赤外線検出装置(12)へ向かう前記鏡(11)、

設定された波長帯域内の前記束を感知可能な少なくとも1つのセンサを有する少なくとも1つの熱赤外線検出装置であり、各センサは、測定信号を放射する前記熱赤外線検出装置(12)；

前記1つ以上のセンサにより放射される信号を処理するための手段(13)；並びに、  
地表面における空気の実際の気温及び実際の相対湿度を測定するための、前記処理手段に接続されている少なくとも1つの温度計(14)及び少なくとも1つの湿度計(15)を有し、

前記処理手段(13)は、前記装置及び前記1つ以上の雲の間の大気の影響を補正するために、前記測定の結果から、鉛直気温及び水蒸気分布を判定可能とする装置。

【請求項10】

前記少なくとも1つの熱赤外線検出装置(12)は、赤外線放射を感知可能な複数の要素を有し、該感知可能な要素は、マトリックス状に配列されたマイクロボロメータであることを特徴とする、請求項9に記載の装置。

【請求項11】

前記1つ以上のセンサにより放射される少なくとも前記の信号は、無線通信信号であり、前記処理手段(13)は、前記1つ以上のセンサにより放射される前記無線通信信号を受信するための受信手段を有することを特徴とする、請求項9または10に記載の装置。

【請求項12】

前記少なくとも1つの検出装置(12)を前記鏡(11)から離す距離をDとし、前記少なくとも1つの検出装置(12)の開口角をAとすると、前記鏡(11)は、 $D \times \tan(A/2)$ と少なくとも同等の半径Rを有することを特徴とする、請求項9から請求項11の何れかに記載の装置。

【請求項13】

前記装置は、例えば、該装置の配置場所に関する計測データ等のデータを収集するために、及び/または、前記処理手段により得られる結果に関するデータを送信するために、GSM/GPRS/UMTS移動体ネットワーク上、固定回線ネットワーク上、または、Wi-Fi無線通信ネットワーク上でさえも通信するための手段を有することを特徴とする、請求項9から請求項12の何れかに記載の装置。

【請求項14】

前記観察領域内の各雲の時刻 $t + t$ における動き及び変化は、時刻 $t$ に得られたデータセットから判定され、そのデータセットは、請求項1から請求項8の何れかに記載の、空の領域内の1つ以上の雲を特定及び追跡するための方法により得られ、前記領域は、地上から観察されることを特徴とする、空内の1つ以上の雲の位置を予測するための方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願発明は、雲の物理的特性を、特に概算により特定すると共に、地上からの観察下におかれる空の領域内の1つ以上の雲を追跡するための検出装置及び方法に関する。

【0002】

本願発明は、実際の計測条件を決定し、短期的な計測予測を実行可能とする方法にも関する。

【背景技術】

【0003】

従来、スカイカバーは、人間の観察者により地上から評価されている。観察者が所定の

10

20

30

40

50

立体角の下で観察する地平線は、観察者が推定されたスカイカバーを評価するであろう空の半球体を規定する。

【0004】

単なる例として、空が覆われる、すなわち、完全に曇りであると言われる場合、その推定されるスカイカバーは、8オクタに等しい。従って、スカイカバーを測定するための単位、すなわちオクタは、空の半球体の8分の1に相当する。

【0005】

しかしながら、上記概算の経験的特徴は、益々厳格になる信頼性、及び昨今の活動分野において求められる精度要求に適合しない。

【0006】

実例として、航空分野においては、航空機のパイロットは、離着陸するために、空港周辺の計測条件、特にスカイカバーに関する正確な知識をもたなければならない。

【0007】

同様に、太陽光発電所により生成された発電力は、気候変数、特にスカイカバーに強く依存するため、断続的となる可能性がある。

【0008】

具体的には、上記発電所の太陽光パネル上の少なくとも一部に雲の影が掛かることにより、発電量が減少する可能性がある。

【0009】

このため、送電システム運用者は、主システムの安定性を維持するために、システム安定化手段を用いて、太陽光による発電の減少を補償しなければならない。

【0010】

1つの例として、これらの安定化手段は、短期と予測される発電減少の場合には電気システムに電力を送り出す一方、長期と予測される発電減少の場合にはガスタービンに電力を送り出す、簡易なバッテリーであってもよい。

【0011】

しかしながら、これらの安定化手段の実施は、生成される太陽光発電量を予測する手段が正確性及び信頼性を欠くことから、現在では最適化されていない。

【0012】

上述の様なデータの不足は、直接的なコスト（燃料消費、発電所の経年劣化）に加えて、時期尚早に稼働した場合の二酸化炭素（ $\text{CO}_2$ ）の発生等の間接的なコストを生じさせる。

【0013】

それにも拘らず、太陽光は、依然として、尽きることのない比較的クリーンなエネルギー源である。このため、運用中の太陽光発電所の数は、相当に増加しており、今後何年かに渡り、増加し続けるであろう。

【0014】

空の領域内の雲を特定及び追跡することを目的とした技術的な解決手段は、この数年間に渡り、提案されてきた。

【0015】

そのために、雲の赤外線放射を記録し、その記録から例えば気温等の所定の特徴を判定することを目的として、赤外線ビデオカメラが使用されてきた。後者からは、対応する雲の高度を推定することができる。

【0016】

しかしながら、このような測定方法は、赤外線ビデオカメラ、及び測定対象となる1つ以上の雲の間に位置する大気の影響を考慮していないため、信頼性に欠けると言われている。

【0017】

その上、介在する大気の影響は、所定の関心波長域において、大きくなる可能性がある。

10

20

30

40

50

## 【0018】

従って、地上から観察される空の領域内において1つ以上の雲を正確に特定し、その各々を追跡するために、検出装置及び1つ以上の雲の間に位置する大気の影響を低減させることのできる検出装置及び方法が早急に必要とされている。

## 【0019】

上記事情から、本願発明の目的は、空の所定の観察領域内の1つ以上の雲を、地上から特定し追跡するための検出方法及び装置であって、設計及び運用が簡易であると共に信頼性が高く正確な検出方法及び装置を提供することである。

## 【0020】

本願発明の別の目的は、昼夜無く運用可能であると共に、頑強かつ保守の容易な故に低費用な、上述の検出装置を提供することである。その様な検出装置によれば、好都合に、人里離れた場所においても、自動運転が可能であろう。

10

## 【0021】

本願発明の更に別の目的は、例えば、時刻 $t$ の30分前といった短期的予測を行うことにより、太陽光発電所の方向へ進む1つ以上の雲に起因する陰影効果による太陽光パネルの日射の結果として生じる減衰を、高精度に判定可能とする方法を提供することである。

## 【0022】

その様な方法により、主システム運用者は、短期間に渡って予期される、太陽光発電のレベルに関する信頼性の高い情報を得られるため、システム安定化手段を、より容易に管理することができるであろう。

20

## 【発明の概要】

## 【0023】

従って、本願発明は、地上から観察される空の領域内の1つ以上の雲を特定及び追跡するための検出方法に関する。

## 【0024】

本願発明によれば、以下のステップが実行される：

a) 空の観察領域により放射される熱赤外線束(フラックス)の少なくとも幾つかが収集され、少なくとも1つの熱赤外線検出装置へ送信され、該少なくとも1つの熱赤外線検出装置は、設定された波長帯域において上記束を感知可能な少なくとも1つのセンサを有するステップ；

30

b) 地表面における空気の実際の気温及び実際の相対湿度の少なくとも1つの測定が実行され、かつ、該測定結果から、鉛直気温及び水蒸気の分布が推定されるステップ；

c) 上述の様に推定された上記鉛直気温及び水蒸気分布のために参照空により放射される熱赤外線信号に関するデータセットが、模擬(シミュレーション)または取得されるステップ；

d) 上記空の観察領域内に1つ以上の雲が存在するか否かを判定するために、上述の様に模擬または取得された上記データセットが、上記少なくとも1つのセンサにより測定されたデータセットから差し引かれるステップ；並びに

e) 上述の様に取得されたデータセットは、上記空の観察における各雲の光学的厚さ及び/または高度を計算するために処理されるステップ。

40

## 【0025】

“地上”という表現は、海面、あるいは、例えば高層建築物等の建造物または住居の例えば最上部等の一部に対して正または負の高度を場合により有する、地上の表面を意味するものと解される。従って、本願発明に係る方法は、例えば、車両、航空機、または衛星等に搭載された測定装置に関するものではない。

## 【0026】

放射に対する雲の影響がその光学的厚さに依存するのと同様に、地上における雲の影の動きは、雲の高度に依存する。

## 【0027】

本願発明に係る検出方法は、好都合に、実際に行われた測定の結果から大気の影響を低

50

減させた後に、空の観察領域内の各雲の光学的厚さ及び高度を判定することにより、予測精度を改善することを可能とする。

【0028】

大気放射は、可降水量列 ( $PWVC = W_p$ )、及び(上半球光束において  $L_s$  と表される)地上の気温に依存するため、アフィン相関関数は、以下の様に表現することができる：

$$L_{sky} = A \times L_s \times W_p + B \times W_p + C \times L_c + D$$

【0029】

可降水量列は、ラジオゾンデにより測定可能である、または、以下のレイタン関係式を用いて推定可能である：

$$\ln(W_p) = a \times T_{dew} + b$$

【0030】

一組の閾値は、参照空及び各雲の間における輝度温度の差分である  $T_b$  の関数として熱画像を分割するために決定される。これらの閾値は、熱赤外線検出装置の技術的特徴に基づき、推定される。

【0031】

好都合には、参照空は、晴れた空の領域である。好適には、異なる鉛直気温及び水蒸気分布について上記参照空により放射される熱赤外線信号に関するデータセットは、格納装置内に格納される。従って、これらのデータセットに容易にアクセスして、ステップ b) にて推定される上記鉛直気温及び水蒸気分布に対応するデータセットを読み込むことができる。

【0032】

代替的には、例えば、コンピュータ等の演算装置を有する処理手段により、その様なデータセットが模擬され、または、計算さえされるものとしてもよい。

【0033】

更に、本願発明に係る方法は、地表面にて行われる実測の結果に基づき、上記鉛直気温及び水蒸気分布を推定することを可能とする。

【0034】

従って、地上の気温、及び地表面における空気の湿度のこの様な測定により、好都合に、実施の複雑な補助手段により通常得られる、気温の鉛直変動及び水蒸気の情報に代替することが可能となる。単なる例として、一般的に、鉛直分布は、衛星データから導出されるか、または、気象観測気球により得られるデータからさえも導出される。

【0035】

地表面にて行われる実測結果からの所定の場所における鉛直気温及び水蒸気分布の上記推定は、要求される信頼性を満たす。上記推定は、例えば、事前に作成された大気プロファイル等の既知データ、並びに、衛星及び気象観測気球により得られるデータから生成され、かつ、季節及び気候帯により平均化されたこれらのプロファイル(分析結果)に基づいて、実行される；これらのデータは、格納装置内に記録され、かつ、適切なデータ処理を行うソフトウェアパッケージがインストールされた、例えばコンピュータ等の演算装置を有する処理手段へアクセス可能である。

【0036】

その各々が独自の効果を奏し、かつ、技術的に可能な多くの組合せにおいて結合し得る、上述した方法の様々な特定の実施形態においては：ステップ a) に先立ち、上記熱赤外線検出装置の少なくとも1つのセンサは、大気温における単一の基準面を用いて、調整される。このことは、熱赤外線検出装置の前に配置されたブラックシールドの問題でもあり得る。そのオフセット量は、温度計を用いて測定される、シャッターの気温により、算出される。

【0037】

上記データセット処理ステップ e) は、放射伝達モデルを反転させて、光学的厚さの水平空間分布、及び/または、空の上記観察領域内における単一の雲層若しくは全ての雲の

10

20

30

40

50

高度、を判定可能とするステップを含む。

【0038】

好適には、関心波長域における各雲の光学的厚さを計算するために、雲モデルが、事前に決定され、各雲により放射される放射物は、上記の様に決定された雲モデルに応じて、模擬される。

【0039】

上記少なくとも1つの温度計、及び上記少なくとも1つの湿度計から配信される、地上の測定結果により、上記処理手段は、放射伝達モデルの反転を確実に行うソフトウェアパッケージに基づき、処理ステップを介して、理想的な解決手段に向かうことができる。

【0040】

具体的には、ステップb)における地上での測定から推定される、鉛直気温及び水蒸気のプロファイルは、計測状態の要素として知られている。未知の要素は、雲の高度及び/または光学的厚さである。上記モデルの反転は、放射伝達モデルにより模擬される熱赤外線放射、及びセンサにより測定される熱赤外線放射の間の差を最小化する理想的な解決手段(高度/光学的厚さの組合せ)を求めることに帰着する。これを為すために、反転を行うソフトウェアパッケージは、鉛直気温/水蒸気のプロファイルの値を一定に維持しつつ、上記(高度/光学的厚さの)組合せの値を変化させる。この様に、処理手段は、気温及び水蒸気の測定により、理想的な解決手段に向かうことを可能とする。

【0041】

少なくとも4.6ステラジアンの上からの空の観察領域を定義する光学センサは、上記光学センサにより検出される各雲の特徴(テクスチャ)及び色から、対応する雲のタイプを判定し、該判定結果から、上記空の観察領域内に存在する各雲の高度の範囲を推定するために使用される。

【0042】

この光学センサにより、データセットを処理するためのソフトウェアパッケージは、上記空の観察領域内において検出され易い雲のタイプを、事前に学習することができる。上記領域は、検出装置の設置場所に依存する。この様にして、データ処理ステップe)は容易化される。

【0043】

好適には、少なくとも4.6ステラジアンの空の観察領域は、魚眼レンズを有する光学センサにより、取得される。好都合には、この魚眼レンズは、少なくとも150°と同等のフィールド幅を有するであろう。単なる例として、このレンズは、場合によっては、全ての方向に180°の撮像領域を有する円形の魚眼レンズであり、このため、環状に境界を有する画像を提供するであろう。

【0044】

本願発明の別の主題は、上述した様な空の領域内の1つ以上の雲を特定及び追跡する方法を実行するための検出装置であり、上記領域は地上から観察され、上記装置は：円錐状または凸状の湾曲した鏡面を有する鏡であり、該鏡面は、上記空の観察領域により放射される少なくとも幾つかの熱赤外線束を収集し、少なくとも1つの熱赤外線検出装置へ方向を変えるために、上記少なくとも1つの熱赤外線検出装置へ向かう上記鏡、設定された波長帯域内の上記束を感知可能な少なくとも1つのセンサを有する少なくとも1つの熱赤外線検出装置であり、各センサは、測定信号を放射する上記熱赤外線検出装置；上記1つ以上のセンサにより放射される信号を処理するための手段；並びに、地表面における空気の実際の気温及び実際の相対湿度を測定するための、上記処理手段に接続されている少なくとも1つの温度計及び少なくとも1つの湿度計を有し、上記処理手段は、上記装置及び上記1つ以上の雲の間の大気の影響を補正するために、上記測定の結果から、鉛直気温及び水蒸気分布を判定可能とする。

【0045】

上記検出装置は、地上に設置されることが意図されており、好都合に、昼夜双方において動作可能である。夜間における検出により、雲底の動きを夜明け前に追跡することがで

10

20

30

40

50

きるため、日中における最初の動きを予測することが可能となる。

【0046】

このため、凸状の湾曲した鏡面は、球状、楕円状、または放物線状に凸形状の鏡面であってもよい。円錐状の鏡面は、好都合に、例えば60°及び90°の間に形成される様な非常に高い天頂角における検出を、改善することもできる。

【0047】

好適には、上記少なくとも1つの温度計、及び上記少なくとも1つの湿度計は、上記測定を、上記処理手段、または、上記データを記録すると共に上記処理手段に接続された格納装置に対して行うために、無線通信手段を有する。

【0048】

上記検出装置の様々な特定の実施形態においては、その各々が独自に特定の効果を奏し、かつ、技術的に可能な多くの組合せにおいて結合し得：上記少なくとも1つの熱赤外線検出装置は、赤外線放射を感知可能な複数の要素を有し、該感知可能な要素は、マトリックス（行列）状に配列されたマイクロボロメータである。

【0049】

自動較正機能を有するその様な熱赤外線検出装置は、例えば、大気温での基準面に関し、黒体を用いた事前の較正を要しないことから、現存する装置を、低コスト化すると共に、迅速に実行可能とする。

【0050】

更に、感知可能な要素は、冷却システムを必要としないため、上記装置は、非常に容易に使用することができ、かつ、完全に自立的な動作が可能である。

【0051】

上記装置は、少なくとも2つの異なるフィルタを有するフィルタホイールを有する。

【0052】

各フィルタは、上記熱赤外線検出装置の上記少なくとも1つのセンサにより熱赤外線束が受光される前に、上記検出装置により受光された熱赤外線束を、選択的にフィルタリング可能とする。

【0053】

好適には、上述の熱赤外線検出装置は、フィルタ及び各フィルタにより測定される空内の1つ以上の対象物に関するデータ；並びに、空内の特定対象物の測定用に選択するための上記ホイールのフィルタを特定可能とするデータを格納する格納装置を有する。後者のデータは、処理手段が制御信号を可動要素へ向けることができる様に、上記フィルタホイールを移動させるための要素に向けられるものとしてもよい。上記フィルタホイールは、適切なフィルタが、空の観察領域内の上記対象物の測定のために配置される様に、上記可動要素により移動される。

【0054】

同様に、格納装置は、選択された上記ホイールのフィルタに応じて熱赤外線検出装置を構成する方法に関するデータセットを格納するものとしてもよい。

【0055】

上記1つ以上のセンサにより放射される少なくとも上記の信号は、無線通信信号であり、上記処理手段は、上記1つ以上のセンサにより放射される上記無線通信信号を受信するための受信手段を有する。

【0056】

これらの無線通信信号は、以下のプロトコル：IEEE 802.11 b/g/n (Wi-Fi)、IEEE 802.15.1 (Bluetooth (登録商標))、IEEE 802.16 (WiMax)、ZigBee IEEE 802.15.4、または、GSM (登録商標)若しくはGPRSにさえ、基づくものであってもよい。

【0057】

当然のことながら、上記処理手段は、無線通信信号を放射及び受信するための手段を有するものとしてもよい。

10

20

30

40

50



## 【0058】

上記少なくとも1つの検出装置を上記鏡から離す距離をDとし、上記少なくとも1つの検出装置の開口角をAとすると、上記鏡は、 $D \times \tan(A/2)$ と少なくとも同等の半径Rを有する。

## 【0059】

これにより、所定の小さな束に関する、検出装置の解像度は、大幅に改善される。

## 【0060】

上記装置は、例えば、該装置の配置場所に関する計測データ等のデータを収集するために、及び/または、上記処理手段により得られる結果に関するデータ(例えば、画像若しくは測定結果)を送信するために、GSM/GPRS/UMTS移動体ネットワーク上、10

## 【0061】

好適には、上記装置は、上記データを記録するための格納装置も有する。上記格納装置は、上記処理手段が上記データにアクセス可能な様に、任意であるが、他のデータをその中に格納可能な様に、上記処理手段に接続されている。

## 【0062】

好適には、上記装置は、空の上記観察領域内に存在する1つ以上の雲の特性の判定に使用されるであろう補完データを得るために、光度計、及び、ライダーまたはレーダーの測定システムを有する。20

## 【0063】

また、本願発明は、空内の1つ以上の雲の位置を予測するための方法にも関する。

## 【0064】

本願発明によれば、上記観察領域内の各雲の時刻 $t + t$ における動き及び変化は、時刻 $t$ に得られたデータセットから判定される。そのデータセットは、例えば、上述した様な空の領域内の1つ以上の雲を特定及び追跡するための方法により得られ、上記領域は、地上から観察される。

## 【0065】

単なる例として、雲の動きの上記概算の処理は、熱赤外線検出装置を用いて連続して得られる、空の観察領域の画像、及び、上記領域内の雲の動きを検出するために使用される画像処理方法である“オプティカルフロー”に基づき、実行される。30

## 【0066】

本願発明は、様々な技術分野：空中偵察：空の状態の自動偵察；衛星及び光学通信受信端末間のレーザ通信に適した時間窓の判定または予測；例えば、車両、航空機に組み込まれた端末による地上からの信号の受信；天文学に適用可能である。

## 【0067】

本願発明の他の効果、目的、特定の特徴は、説明を目的として添付図面を参照した、全く限定されることのない以下の記載から、より明確になるであろう：

## 【図面の簡単な説明】

## 【0068】

【図1】図1は、本願発明のある特定の実施形態に係る、地上から観察される、空の領域内の雲を特徴付けて追跡するための検出装置を概略的に示す；40

【図2】図2は、図1の検出装置を用いて得られる原画像を示す；

【図3】図3は、図1の装置の温度計及び湿度計を用いた実測から判定される鉛直気温及び水蒸気分布に関し、晴れた空により放射される熱赤外線信号を示す；

【図4】図4は、多数の輝度温度の測定結果に基づく、様々な輝度温度の種類についての、天頂角の関数としての輝度温度勾配の経験的判定を示す；

【図5】図5は、図2に示す画像についての頂点aにおける同等の輝度温度を示す；

【図6】図6は、地上から観察される、空の領域の画像であり、図3に基づいて補正された画像を示す。50

## 【発明を実施するための形態】

## 【0069】

最初に、図面は実寸に比例するものではない。

## 【0070】

図1は、本願発明のある特定の実施形態に係る、地上から観察される、空の領域内の雲を特徴付けて追跡するための検出装置を示す。

## 【0071】

検出装置は、湾曲した球状鏡面11を有する鏡10を有する。

## 【0072】

鏡面11は、鏡面11から距離dをおいてこの鏡の光軸上に配置された熱赤外線ビデオカメラ12へ向けられる。これにより、検出装置の小型化が確保される。

## 【0073】

好都合に、本実施例では、装置の小型化を保つために、熱赤外線ビデオカメラ12の開口角は62°に等しく、また、このビデオカメラ12が鏡10から離間する距離dは0.3mであるので、球面鏡の直径は0.36mである。

## 【0074】

鏡11の表面により、地上から観察される、空の領域により放射される少なくとも幾つかの熱赤外線束の収集、及び、収集された束の方向を熱赤外線ビデオカメラ12の方向へ変更することが実現される。

## 【0075】

この熱赤外線ビデオカメラ12は、設定された波長帯域内において熱赤外線束を感知可能なセンサ（不図示）であり、各々が測定信号を放射するセンサを有する。好都合に、これらのセンサは、本実施例では、マトリックス状に配列されたマイクロボロメータである。

## 【0076】

凸状の球面鏡10は、熱赤外線ビデオカメラ12を用いた赤外線測定に適した波長帯域において反射する光学コーティングにより被覆される。

## 【0077】

1つの例として、この光学コーティングは、例えば、7.5~14ミクロン、より好ましくは9~14ミクロンといった、少なくとも、ビデオカメラのセンサが感知可能な波長帯域において、反射する。

## 【0078】

また、上記装置は、センサにより放射される信号を処理するための手段13も有する。これらの処理手段13は、本実施例では、センサから受信される信号を処理し、上記信号を格納、及び/または、通信手段を介して遠隔地へ上記信号を送信するために、1つ以上のデータ処理用ソフトウェアパッケージが実行されるコンピュータを有する。

## 【0079】

また、上記装置は、地表面における空気の実際の気温及び実際の相対湿度を測定するために、鏡10のすぐ近傍に配置された温度計14及び湿度計15も有する。また、これら2つの計器は、これらの計器により出力される信号を格納及び処理するために、該信号を受信する上記処理手段13に接続される。

## 【0080】

処理手段13は、地表面において実行される実測の結果から、上記装置及び1つ以上の雲の間の大気の影響を補正する働きをするであろう鉛直気温及び水蒸気分布を判定することを可能とする。

## 【0081】

図2~図6は、上述した検出装置を用いて実行される例示的な測定を示す。

## 【0082】

上記測定は良好な結果を示すが、例えば晴れた空等の参照空により大気の影響を補正することは、実際の状況（曇り空または晴れた空）に応じて補正頂点温度： $T = (T_h - a$

10

20

30

40

50

)  $\times (\quad / 90)^b + a$  を判定可能とする適応補正を用いることで、更に改善可能である。ここで、 $T_h$  は水平温度 (K)、 $b$  は経験的勾配パラメータ、 $\quad$  は天頂角 (rad)、 $a$  は頂点温度 (K) である。

【0083】

輝度温度は、問題の頂点における高度的及び光学的厚さの観点から、雲の状態を表す。

【0084】

最低気温は、(雲の無い)晴れた空の気温であり、最高気温は、最も低くかつ最も不透明な雲の気温である。介在する全ての気温は、他の一対の高度的/光学的厚さに対応する。

【0085】

上記の補正により、所与の天頂角における同等の輝度温度を、判定することができる。

【0086】

図4は、多数の輝度温度の測定結果(1つの測定結果は1つの点(ドット)により表される)に基づく、様々な輝度温度の種類についての、天頂角の関数としての輝度温度勾配(熱赤外線信号)の経験的判定を示す。図3に示す様に晴れた空の場合には、上記勾配は目に見える。

【0087】

画像の各画素について、以下のステップが実行される：

参照勾配が、ベクトル  $a$  の頂点輝度温度の各々について算出されるステップ、及び

画素が、参照勾配と比較されるステップ(図4の破線曲線、 $x$ 軸は天頂角(rad)を表し、 $y$ 軸は温度(K)を表す)。

【0088】

補正に使用されるであろう画素は、最近傍勾配の頂点輝度温度である。

【0089】

上記モデルは、画像内に含まれる情報に対応付けられると、全ての画像について、同等の頂点輝度温度  $a$  を判定することが可能となる(図5、 $x$ 軸は天頂角(rad)を表し、 $y$ 軸は温度(K)を表す)。

【0090】

図6は、処理後に補正された画像を示す。

【0091】

変形例として、鉛直気温及び湿度分布を合成すると共に、放射伝達モデルの入力としてプロファイルを用いることにより、晴天輝度を得る代わりに、本願発明に係る状況下では、利用可能な保存された気象データから生成される多数のプロファイルに基づき、全ての可能な晴天輝度を模擬することが可能である。この変形例に係る状況下においては、模擬された輝度、及び、(同位置において同時に測定された)関連する測定露点温度間の相関関係が求められる。該相関関係から、露点温度及び晴天輝度間における経験的(二次)関係が、推定される。

【0092】

本願発明に係る方法の状況下において実行される測定手段は、地上の気温及び湿度を測定する。露点温度は、該測定の結果から、マグナスターテンス式を用いて推定される。経験的關係に基づき、上記露点温度に対応する晴天輝度が得られる。

【0093】

ある実施形態では、データセット処理のステップ  $e$ ) は、放射伝達モデルを反転させて、空の上記観察領域内の単一の雲層または全ての雲の、光学的な厚さ及び/または高度の水平空間分布を判定可能とするステップを有する。計器により感知されたその底部の気温が、所定時間における空の所定点において、事前に規定された閾値よりも高い場合には、雲は、“厚い”と言われる。事前に、所定の場所について、(所定の季節及び所定の地域状況下において現実的に予期され得る)何れかのタイプの厚い雲の輝度が、雲の物理的特性(少なくとも、高度、及び幾何学的厚さ)及び微物理的特性(少なくとも、雲を形成する水または氷の粒子の直径、粒子濃度、及び光学的厚さ)に基づき、放射伝達モデルによ

10

20

30

40

50

り作成される。これらの特性の値は、季節、問題の地理的な場所、及び問題の時間の計測条件に関し、現実的な雲となる様に選択される。その後、この輝度は、様々な高度について判定される。また、雲の下の晴れた（曇っていない）大気の部分の輝度も作成される。本願発明に係る方法の状況下においては、測定計器により感知された輝度、並びに、厚い雲及びその下に位置する大気層について作成された輝度間において、以下の関係が想定される：

$L(\text{計器}) = L(\text{厚い雲}) + L(\text{雲の下の晴れた空}) = L(\text{厚い雲}) + x * L(\text{完全に晴れた空})$

【0094】

L（厚い雲）及びxは、高度とは無関係であることが想定される。

10

【0095】

ルックアップ（参照）テーブルの構成は、所定の晴天輝度値：高度、測定計器により感知された輝度、x、雲の下の大気輝度、及び雲の輝度に関連付けられている。全ての必要なルックアップテーブルは、少なくとも1つの現実的に予期され得る晴天輝度値毎に、事前に構築される。

【0096】

一旦、測定計器により感知された輝度の測定結果が取得された後、周知の晴天輝度値は、適切なルックアップテーブルを選択し、該テーブルから雲の高度を推定するために、使用される。

【0097】

20

空が晴天のとき、本願発明に係る方法の状況下において実行される計器は、航空機の通った後に残される航跡雲（または飛行機雲）を感知するものとしてもよい。飛行機雲が感知されると、例えば、[www.flightradar24.com](http://www.flightradar24.com)上で利用可能なデータ等の公の航空交通データの参照により、上記飛行機雲を生成した航空機の高度、ひいては観察された雲の高度を、30cm（1フィート）以内の精度で知ることができる。その後、測定計器により感知されたこの人工雲の輝度により、雲の輝度及び高度間における確かな関連性を、推定することができる。これにより、較正点を、高高度（約12000m）において設定することができる。従って、同一の視野内にまたは何時間も確実に観察され、上記航空機の通路に追従または先行する雲に関する追加情報が提供される結果、大気の状態が晴天輝度を有意に変更しなかったとの想定が可能となる。

30

【 図 1 】

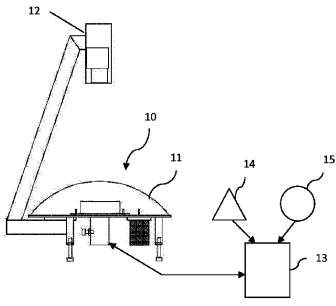


Figure 1

【 図 2 】

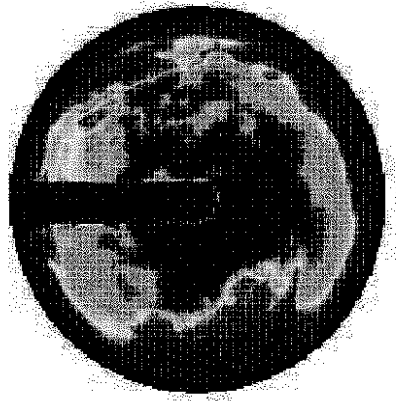


Figure 2

【 図 3 】

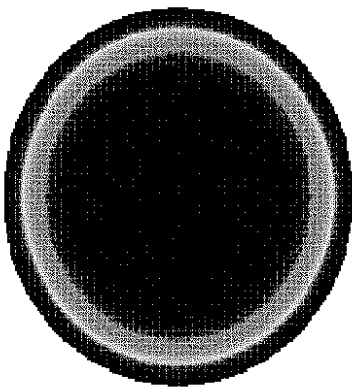


Figure 3

【 図 4 】

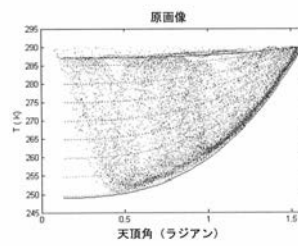


Figure 4

【 図 5 】

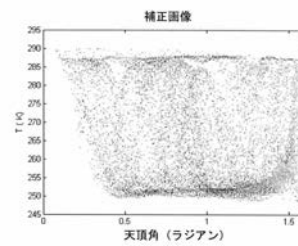
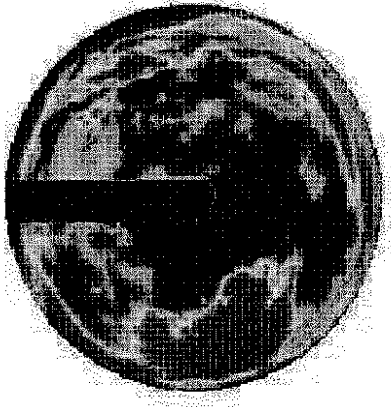


Figure 5

【 図 6 】



**Figure 6**

## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2015/071959
---------------------------------------------------

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. G01W1/10 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01W G01J		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Paul W Nugent ET AL: "Infrared cloud imaging in support of Earth-space optical communication", OPTICS EXPRESS, vol. 17, n°10, 11 May 2009, 28 April 2009 (2009-04-28), pages 7862-7872, XP055170537, Retrieved from the Internet: URL:http://www.opticsinfobase.org/DirectPDFAccess/20EA5CCD-A81F-E646-B249B2928ED61CA8_179345/oe-17-10-7862.pdf?da=1&id=179345&seq=0&mobile=no [retrieved on 2015-02-18]	1-6,9-14
A	the whole document	7,8
A	FR 2 363 790 A1 (ELTRO GMBH [DE]) 31 March 1978 (1978-03-31) figure 2	9
	----- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 2015		Date of mailing of the international search report  04/12/2015
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  Rosello Garcia, M

1

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2015/071959

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	W0 2013/124432 A1 (REUNIWATT [FR]) 29 August 2013 (2013-08-29) page 7, line 17 - line 19 -----	6

1



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/071959

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
FR 2363790	A1	31-03-1978	DE 2639539 A1	09-03-1978
			FR 2363790 A1	31-03-1978
			GB 1584427 A	11-02-1981
			IT 1091152 B	26-06-1985
			NL 7709724 A	06-03-1978
			US 4171911 A	23-10-1979
-----				
WO 2013124432	A1	29-08-2013	EP 2817663 A1	31-12-2014
			FR 2987455 A1	30-08-2013
			WO 2013124432 A1	29-08-2013
-----				

## RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2015/071959

<b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b> INV. G01W1/10 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
<b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b>		
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G01W G01J		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	Paul W Nugent ET AL: "Infrared cloud imaging in support of Earth-space optical communication", OPTICS EXPRESS, vol. 17, n°10, 11 May 2009, 28 avril 2009 (2009-04-28), pages 7862-7872, XP055170537, Extrait de l'Internet: URL:http://www.opticsinfobase.org/DirectPDFAccess/20EA5CCD-A81F-E646-B249B2928ED61CA8_179345/oe-17-10-7862.pdf?da=1&id=179345&seq=0&mobile=no [extrait le 2015-02-18]	1-6,9-14
A	le document en entier	7,8
A	FR 2 363 790 A1 (ELTRO GMBH [DE]) 31 mars 1978 (1978-03-31) figure 2	9
	----- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents		<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent		"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date		"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)		"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens		"Z" document qui fait partie de la même famille de brevets
"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale	
26 novembre 2015	04/12/2015	
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé	
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Rosello Garcia, M	

1

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Demande internationale n°

PCT/EP2015/071959

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	W0 2013/124432 A1 (REUNIWATT [FR]) 29 août 2013 (2013-08-29) page 7, ligne 17 - ligne 19 -----	6

1

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2015/071959

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2363790	A1	31-03-1978	DE 2639539 A1	09-03-1978
			FR 2363790 A1	31-03-1978
			GB 1584427 A	11-02-1981
			IT 1091152 B	26-06-1985
			NL 7709724 A	06-03-1978
			US 4171911 A	23-10-1979
-----				
WO 2013124432	A1	29-08-2013	EP 2817663 A1	31-12-2014
			FR 2987455 A1	30-08-2013
			WO 2013124432 A1	29-08-2013
-----				

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, 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

(72)発明者 シュミュツ, ニコラ  
フランス国・エフ - 6 7 8 0 0 ・ウーンナム・リュ ダンドロー・6

(72)発明者 リアンドラ, オリヴィエ  
フランス国・エフ - 0 5 0 0 0 ・ヌフ・ローシュ・(番地なし)

(72)発明者 セバスチャン, ニコラ  
フランス国・エフ - 9 7 4 0 0 ・サン - ドニ・リュ ジェネラル ド ゴール・9 2

(72)発明者 ラリル, サミュエル  
フランス国・エフ - 9 7 4 1 0 ・サン ピエール・アヴェニュー デュ プレジダン フランソワ  
ミッテラン・1 1 0 ・アパルトマン・1・テール サンテ

## 【要約の続き】

より測定されたデータセットから差し引かれるステップ;並びに

e) 上述の様に取得されたデータセットは、上記空の観察における各雲の光学的厚さ及び/または高度を計算するために処理されるステップ

が実行される。

## 【選択図】図1