

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6586462号
(P6586462)

(45) 発行日 令和1年10月2日(2019.10.2)

(24) 登録日 令和1年9月13日(2019.9.13)

(51) Int.Cl.		F I	
GO 1 N	22/04 (2006.01)	GO 1 N	22/04 A
GO 1 N	22/00 (2006.01)	GO 1 N	22/00 S
GO 1 S	13/95 (2006.01)	GO 1 S	13/95
GO 1 W	1/11 (2006.01)	GO 1 W	1/11 Z

請求項の数 13 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2017-531064 (P2017-531064)
 (86) (22) 出願日 平成28年6月8日(2016.6.8)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2016/066985
 (87) 国際公開番号 W02017/018062
 (87) 国際公開日 平成29年2月2日(2017.2.2)
 審査請求日 平成30年4月13日(2018.4.13)
 (31) 優先権主張番号 特願2015-148468 (P2015-148468)
 (32) 優先日 平成27年7月28日(2015.7.28)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 日本国(JP)

(73) 特許権者 000166247
 古野電気株式会社
 兵庫県西宮市芦原町9番52号
 (72) 発明者 箕輪 昌裕
 兵庫県西宮市芦原町9番52号 古野電気
 株式会社内
 審査官 藤田 都志行

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 水蒸気観測装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

大気中に含まれる水蒸気の量を算出する水蒸気観測装置であって、
 互いに周波数が異なる第1送信波及び第2送信波を送波する送波部と、
 前記水蒸気を通過した前記送信波が地表部分又は水面に反射して帰来する反射波を受信
 波として受波する受波部と、

前記第1送信波から得られる前記受信波としての第1受信波、から生成される第1受信
 情報と、前記第2送信波から得られる前記受信波としての第2受信波、から生成される第
 2受信情報とに基づき、前記送信波が通過した領域に含まれる前記水蒸気の量を算出する
 算出処理部と、

を備えていることを特徴とする、水蒸気観測装置。

【請求項2】

請求項1に記載の水蒸気観測装置において、
 前記算出処理部は、前記第1受信情報としての第1受信信号と、前記第2受信情報とし
 ての第2受信信号とのレベル差に基づき、前記送信波が通過した領域に含まれる前記水蒸
 気の量を算出することを特徴とする、水蒸気観測装置。

【請求項3】

請求項2に記載の水蒸気観測装置において、
 前記算出処理部は、
 前記レベル差として、前記送信波が反射する反射地点からの前記第1受信信号と、前記

反射地点からの前記第2受信信号と、のレベル差を検出するレベル差検出部と、
前記レベル差検出部で検出された前記レベル差を、前記送波部の設置位置である基準位置から前記反射地点までに含まれる水蒸気の量に換算する水蒸気量換算部と、
を有していることを特徴とする、水蒸気観測装置。

【請求項4】

請求項3に記載の水蒸気観測装置において、
前記算出処理部は、前記基準位置から前記反射地点までに含まれる前記水蒸気の量と、前記基準位置からの距離とに基づき、前記基準位置と前記反射地点との間の任意の地点における水蒸気の量を算出する水蒸気量算出部、を更に有していることを特徴とする、水蒸気観測装置。

10

【請求項5】

請求項4に記載の水蒸気観測装置において、
前記水蒸気量換算部は、前記基準位置から複数の前記反射地点のそれぞれまでの間に含まれる水蒸気の量を、前記基準位置からの距離位置と前記水蒸気の量とで特定される座標上にプロットすることにより累積水蒸気量グラフを生成し、
前記水蒸気量算出部は、前記累積水蒸気量グラフを微分することにより各前記反射地点における水蒸気の量を算出することを特徴とする、水蒸気観測装置。

【請求項6】

請求項3に記載の水蒸気観測装置において、
前記水蒸気量換算部は、前記基準位置を基準とした方位が同じであり且つ前記送波部からの距離が異なる2つの前記反射地点のそれぞれまでに含まれる水蒸気量を算出し、
前記算出処理部は、前記水蒸気量換算部で算出された2つの前記水蒸気量に基づき、2つの前記反射地点の間の領域の水蒸気量を算出する水蒸気量算出部、を更に有していることを特徴とする、水蒸気観測装置。

20

【請求項7】

請求項1から請求項6のいずれか1項に記載の水蒸気観測装置において、
前記送波部及び前記受波部は、これらが一体に形成された送受波部として設けられていることを特徴とする、水蒸気観測装置。

【請求項8】

大気中に含まれる水蒸気の量を算出する水蒸気観測装置であって、
互いに周波数が異なる第1送信波及び第2送信波を送波する送波部と、
前記送波部と異なる位置に配置されて前記水蒸気を通過した前記送信波を受信波として受波する受波部と、

30

前記第1送信波から得られる前記受信波としての第1受信波、から生成される第1受信情報と、前記第2送信波から得られる前記受信波としての第2受信波、から生成される第2受信情報とに基づき、前記送信波が通過した領域に含まれる前記水蒸気の量を算出する算出処理部と、

を備え、

前記算出処理部は、前記第1受信情報としての第1受信信号と、前記第2受信情報としての第2受信信号とのレベル差に基づき、前記送信波が通過した領域に含まれる前記水蒸気の量を算出することを特徴とする、水蒸気観測装置。

40

【請求項9】

請求項8に記載の水蒸気観測装置において、
前記送波部の設置位置である基準位置を基準とした方位が同じであり且つ前記送波部からの距離が異なる位置に配置された少なくとも2つの前記受波部、を備えていることを特徴とする、水蒸気観測装置。

【請求項10】

請求項9に記載の水蒸気観測装置において、
格子状又は放射状に配置された複数の前記受波部を備えていることを特徴とする、水蒸気観測装置。

50

【請求項 1 1】

請求項 1 から請求項 1 0 のいずれか 1 項に記載の水蒸気観測装置において、前記算出処理部によって算出された前記水蒸気の量の指標を表示する表示器、を更に備えていることを特徴とする、水蒸気観測装置。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 に記載の水蒸気観測装置において、前記表示器は、前記算出処理部によって算出された前記水蒸気の量の分布を前記指標として表示することを特徴とする、水蒸気観測装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 から請求項 1 0 のいずれか 1 項に記載の水蒸気観測装置において、前記算出処理部によって算出された前記水蒸気の量の指標又は分布を外部装置に出力するインターフェース、を更に備えていることを特徴とする、水蒸気観測装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、大気中に含まれる水蒸気を観測する水蒸気観測装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から知られている水蒸気観測装置として、例えば特許文献 1 の請求項 4 には、水蒸気による減衰量または移相量に格差がある 2 つの異なる周波数で気象目標に照射された送信波に応じて、前記気象目標から気象レーダの空中線系に個別に到来する反射波のレベル L_1 、 L_2 、または位相 ϕ_1 、 ϕ_2 を計測する雑音計測手段と、前記気象目標の方向における水蒸気の量または分布に、前記レベルの差 ($= L_1 - L_2$) または前記位相の差 ($\phi_1 - \phi_2$) を換算する換算手段と、を備えた水蒸気観測装置が開示されている。この水蒸気観測装置によれば、水蒸気の分布を、気象目標から到来した反射波に基づいて求めることができる。なお、特許文献 1 では、上記気象物標として雨雲が例示されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2 0 1 3 - 2 2 4 8 8 4 号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、上記気象目標としての雨雲は、その位置及び大きさが時々刻々と変化するため、所望の位置における水蒸気量を算出しようとした場合、その位置よりも遠方に雨雲が存在しない場合、水蒸気量を算出することができない。

【0005】

本発明は、上記課題を解決するためのものであり、その目的は、所望の位置の水蒸気量を確実に算出することである。

【課題を解決するための手段】

40

【0006】

(1) 上記課題を解決するために、この発明のある局面に係る水蒸気観測装置は、大気中に含まれる水蒸気の量を算出する水蒸気観測装置であって、互いに周波数が異なる第 1 送信波及び第 2 送信波を送波する送波部と、前記水蒸気を通過した前記送信波が地表部分又は水面に反射して帰来する反射波を受信波として受波する受波部と、前記第 1 送信波から得られる前記受信波としての第 1 受信波、から生成される第 1 受信情報と、前記第 2 送信波から得られる前記受信波としての第 2 受信波、から生成される第 2 受信情報とに基づき、前記送信波が通過した領域に含まれる前記水蒸気の量を算出する算出処理部と、を備えている。

【0007】

50

なお、上述した地表部分とは、地上における表面部分のことであり、地面、山、岩壁、
或いは建築物等が含まれる。また、上述した水面には、海面、湖面等が含まれる。

【0008】

(2) 好ましくは、前記算出処理部は、前記第1受信情報としての第1受信信号と、前記第2受信情報としての第2受信信号とのレベル差に基づき、前記送信波が通過した領域に含まれる前記水蒸気の量を算出する。

【0009】

(3) 更に好ましくは、前記算出処理部は、前記レベル差として、前記送信波が反射する反射地点からの前記第1受信信号と、前記反射地点からの前記第2受信信号と、のレベル差を検出するレベル差検出部と、前記レベル差検出部で検出された前記レベル差を、前記送波部の設置位置である基準位置から前記反射地点までに含まれる水蒸気の量に換算する水蒸気量換算部と、を有している。

10

【0010】

(4) 更に好ましくは、前記算出処理部は、前記基準位置から前記反射地点までに含まれる前記水蒸気の量と、前記基準位置からの距離とに基づき、前記基準位置と前記反射地点との間の任意の地点における水蒸気の量を算出する水蒸気量算出部、を更に有している。

【0011】

(5) 更に好ましくは、前記水蒸気量換算部は、前記基準位置から複数の前記反射地点のそれぞれまでの間に含まれる水蒸気の量を、前記基準位置からの距離位置と前記水蒸気の量とで特定される座標上にプロットすることにより累積水蒸気量グラフを生成し、

20

前記水蒸気量算出部は、前記累積水蒸気量グラフを微分することにより各前記反射地点における水蒸気の量を算出する。

【0012】

(6) 好ましくは、前記水蒸気量換算部は、前記基準位置を基準とした方位が同じであり且つ前記送波部からの距離が異なる2つの前記反射地点のそれぞれまでに含まれる水蒸気量を算出し、前記算出処理部は、前記水蒸気量換算部で算出された2つの前記水蒸気量に基づき、2つの前記反射地点の間の領域の水蒸気量を算出する水蒸気量算出部、を更に有している。

【0013】

30

(7) 好ましくは、前記送波部及び前記受波部は、これらが一体に形成された送受波部として設けられている。

【0014】

(8) 上記課題を解決するために、この発明のある局面に係る水蒸気観測装置は、大気中に含まれる水蒸気の量を算出する水蒸気観測装置であって、互いに周波数が異なる第1送信波及び第2送信波を送波する送波部と、前記送波部と異なる位置に配置されて前記水蒸気を通過した前記送信波を受信波として受波する受波部と、前記第1送信波から得られる前記受信波としての第1受信波、から生成される第1受信情報と、前記第2送信波から得られる前記受信波としての第2受信波、から生成される第2受信情報とに基づき、前記送信波が通過した領域に含まれる前記水蒸気の量を算出する算出処理部と、を備えている。

40

【0015】

(9) 好ましくは、前記算出処理部は、前記第1受信情報としての第1受信信号と、前記第2受信情報としての第2受信信号とのレベル差に基づき、前記送信波が通過した領域に含まれる前記水蒸気の量を算出する。

【0016】

(10) 更に好ましくは、前記水蒸気観測装置は、前記送波部の設置位置である基準位置を基準とした方位が同じであり且つ前記送波部からの距離が異なる位置に配置された少なくとも2つの前記受波部、を備えている。

【0017】

50

(11) 好ましくは、前記水蒸気観測装置は、格子状又は放射状に配置された複数の前記受波部を備えている。

【0018】

(12) 好ましくは、前記水蒸気観測装置は、前記算出処理部によって算出された前記水蒸気の量の指標を表示する表示器、を更に備えている。

【0019】

(13) 更に好ましくは、前記表示器は、前記算出処理部によって算出された前記水蒸気の量の分布を前記指標として表示する。

【0020】

(14) 好ましくは、前記水蒸気観測装置は、前記算出処理部によって算出された前記水蒸気の量の指標又は分布を外部装置に出力するインターフェース、を更に備えている。

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、所望の位置の水蒸気量を確実に算出できる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本発明の実施形態に係る水蒸気観測装置の構成を示すブロック図である。

【図2】図1に示す算出処理部の構成を示すブロック図である。

【図3】(A)は、第1受信信号に基づいて生成される第1エコーグラフを示す図であり、(B)は、第2受信信号に基づいて生成される第2エコーグラフを示す図である。

【図4】(A)は、レベル差グラフを示す図であり、(B)は、累積水蒸気量グラフを示す図である。

【図5】アンテナから送波された第1及び第2の送信波と、特定の反射対象(地表部分又は水面)で反射して帰来する第1及び第2の受信波とを模式的に示す図である。

【図6】距離位置毎水蒸気量グラフを示す図である。

【図7】操作・表示装置に表示される水蒸気分布図の一例を示す図であって、その一部を拡大して示す図である。

【図8】変形例に係る水蒸気観測装置の構成を示すブロック図である。

【図9】図8に示す送波ユニット及び受波ユニットの位置関係を模式的に示す平面図である。

【図10】図8に示す算出処理部の構成を示すブロック図である。

【図11】送波用アンテナによって送波された第1及び第2の送信波が各受波用アンテナによって受信波として受波される様子を模式的に示す図である。

【図12】変形例に係る水蒸気観測装置が有する送波ユニット及び受波ユニットの位置関係を模式的に示す平面図であって、図9に対応させて示す図である。

【図13】変形例に係る水蒸気観測装置の算出処理部の構成を示すブロック図である。

【図14】変形例に係る水蒸気観測装置の送波ユニット及び受波ユニットの位置関係を模式的に示す図であって、図9に対応させて示す図である。

【図15】変形例に係る水蒸気観測装置の構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

図1は、本発明の実施形態に係る水蒸気観測装置1の構成を示すブロック図である。以下では、本発明の実施形態に係る水蒸気観測装置1について、図を参照して説明する。図1に示す水蒸気観測装置1は、水蒸気量を観測可能な観測領域内の各地点に含まれる水蒸気量を算出することにより、当該観測領域における水蒸気量の分布を算出可能に構成されている。

【0024】

[全体構成]

水蒸気観測装置1は、図1に示すように、アンテナ2と、送受信装置3と、算出処理部10と、操作・表示装置4(表示器)とを備えている。

10

20

30

40

50

【0025】

アンテナ2は、指向性の強いパルス状電波（送信波）を送波可能なレーダアンテナである。また、アンテナ2は、物標からの反射波を受波するように構成されている。アンテナ2から送波された送信波は、距離方向（アンテナ2を中心とした径方向）に向かって進む際、その途中に存在する水蒸気を通過した後に地表部分又は水面（主に海面）で反射し、受信波としてアンテナ2で受波される。水蒸気観測装置1は、パルス状電波を送波してから反射波を受波するまでの時間を測定する。これにより、水蒸気観測装置1は、該水蒸気観測装置1（より正確には、アンテナ2）から物標までの距離を検出することができる。アンテナ2は、水平面上で360°回転可能に構成されている。アンテナ2は、パルス状電波の送波方向を変えながら（アンテナ角度を変えながら）、電波の送受信を所定のタイミ

10

【0026】

なお、以下の説明では、パルス状電波を送波してから次のパルス状電波を送波するまでの動作を「スイープ」という。また、電波の送受信を行いながらアンテナを360°回転させる動作を「スキャン」と呼ぶ。

【0027】

また、アンテナ2は、互いに周波数が異なる2種類の送信波及び受信波を送受信可能に構成されている。本実施形態では、アンテナ2からは、10GHz程度の周波数を有する第1送信波、及び22GHz程度の周波数を有する第2送信波、が送波される。アンテナ2から送波された第1送信波及び第2送信波は、それぞれ、水蒸気を通過した後に地表部分又は水面で反射し、第1受信波及び第2受信波として、アンテナ2に受波される。第1送信波及び第2送信波は、交互に送波されてもよく、或いは同時に送波されてもよい。また、アンテナ2で受波された第1受信波及び第2受信波は、それぞれ、第1受信信号（第1受信情報）及び第2受信信号（第2受信情報）に変換される。

20

【0028】

ここで、本実施形態において、上述のような10GHz程度の周波数を有する送信波と、22GHz程度の周波数を有する第2送信波とを用いる理由について説明する。10GHz程度の周波数を有する電磁波の減衰定数（0.01dB/km未満）のうち水蒸気に起因する部分は非常に小さい。すなわち、10GHz送信波は、水蒸気中を進んでも該水蒸気によって大きく減衰することはない。一方、22GHz程度の周波数を有する電磁波の減衰定数（0.3dB/km程度）のうち水蒸気に起因する部分は比較的大きい。すなわち、第2送信波は、水蒸気中を進むことにより該水蒸気に起因して大きく減衰する。本実施形態に係る水蒸気観測装置1では、詳しくは後述するが、この特性を利用して各地点における水蒸気量を推定している。

30

【0029】

送受信装置3は、送受切替部5と、信号発生器6と、送信機7と、受信機8とを備えている。送受切替部5は、送信時には、送信機7からアンテナ2に送信信号が送られる接続に切り替える。また、送受切替部5は、受信時には、アンテナ2からの受信信号（電気信号）が受信機8に送られる接続に切り替える。

40

【0030】

信号発生器6は、アンテナ2から送波される第1送信波及び第2送信波の基となる送信信号を生成する。この送信信号は、送信機7で増幅された後、送受切替部5を介してアンテナ2へ出力される。

【0031】

受信機8は、アンテナ2から出力された受信信号（第1受信信号及び第2受信信号）を増幅し、増幅した受信信号をA/D変換する。その後、受信機8は、デジタル信号に変換された前記受信信号を、算出処理部10に対して出力する。

【0032】

50

図2は、図1に示す算出処理部10の構成を示すブロック図である。算出処理部10は、受信機8から出力された第1受信信号及び第2受信信号に基づき、観測領域内の各地点における水蒸気量を算出するように構成されている。算出処理部10は、図2に示すように、第1エコーレベル算出部11と、第2エコーレベル算出部12と、レベル差検出部13と、水蒸気量換算部14と、距離位置毎水蒸気量算出部15と、を備えている。この算出処理部10は、例えば図示しないプロセッサ(CPU、FPGA等)及びメモリ等のデバイスで構成される。例えば、CPUがメモリからプログラムを読み出して実行することにより、算出処理部10を、第1エコーレベル算出部11、第2エコーレベル算出部12、レベル差検出部13、水蒸気量換算部14、及び距離位置毎水蒸気量算出部15として機能させることができる。

10

【0033】

第1エコーレベル算出部11は、アンテナ2の設置位置である基準位置を基準とした各方位方向から到来する第1送信波の反射波(第1受信波)から得られる受信信号(第1受信信号)に基づき、各方位方向における各距離位置からのエコーレベル(信号強度)を算出する。図3(A)は、横軸を距離位置とし且つ縦軸を各距離位置から帰来するエコー信号のエコーレベルとした座標上に、ある方位方向からのエコー信号を構成する各サンプルをプロットしたグラフ(第1エコーグラフEG₁)である。第1エコーレベル算出部11は、図3(A)に示すような第1エコーグラフEG₁を、方位毎に生成する。なお、上述した距離位置とは、アンテナ2を基準とした場合において、該アンテナ2からその距離だけ離れた位置を指す。例えば、ある方位方向における距離位置が1kmの位置とは、当該ある方位方向に沿った位置であってアンテナ2から1km離れた位置のことである。

20

【0034】

第2エコーレベル算出部12は、アンテナ2を基準とした各方位方向から到来する第2送信波の反射波(第2受信波)から得られる受信信号(第2受信信号)に基づき、各方位方向における各距離位置からのエコーレベルを算出する。図3(B)は、横軸を距離位置とし且つ縦軸を各距離位置から帰来するエコー信号のレベルとした座標上に、ある方位方向からのエコー信号を構成する各サンプルをプロットしたグラフ(第2エコーグラフEG₂)である。第2エコーレベル算出部12は、図3(B)に示すような第2エコーグラフEG₂を、方位毎に生成する。

30

【0035】

レベル差検出部13は、第1エコーレベル算出部11によって算出されたある地点(反射地点)から帰来する第1受信波のエコーレベルと、第2エコーレベル算出部12によって算出された前記ある地点から帰来する第2受信波のエコーレベルと、のレベル差Lvを算出する。レベル差検出部13は、観測領域内の各地点において、このレベル差Lvを算出する。図4(A)は、横軸を距離位置とし且つ縦軸を各距離位置における前記レベル差Lvとした座標上に、ある方位方向において距離位置ごとに算出された前記レベル差Lvをプロットしたグラフ(レベル差グラフDG)である。すなわち、図4(A)に示すグラフは、図3(A)に示す第1エコーグラフEG₁と、図3(B)に示す第2エコーグラフEG₂との差分をとることにより生成されたグラフである。レベル差検出部13は、図4に示すようなレベル差グラフDGを、方位毎に生成する。

40

【0036】

図4(B)は、水蒸気量換算部14によって生成されたグラフであって、図4(A)の縦軸を水蒸気量に換算したグラフである。水蒸気量換算部14は、レベル差検出部13によって検出された地点毎のレベル差Lvを、水蒸気量に換算する。具体的には、水蒸気量換算部14は、距離位置毎のレベル差Lvと、基準位置(アンテナ2の位置)から各距離位置までの範囲に含まれる水蒸気量との間に対応関係があることを利用して、距離位置毎のレベル差Lvを、各距離位置までの範囲に含まれる水蒸気量に換算する。水蒸気量換算部14によって生成されるグラフ(図4(B)参照)では、横軸が距離位置を示し、縦軸が基準位置から各距離位置までの範囲に含まれる水蒸気の量に対応している。すなわち、このグラフは、横軸方向に沿って水蒸気量が徐々に増える累積水蒸気量グラフAW

50

Gとして生成される。

【0037】

ここで、上述した距離位置毎のレベル差とアンテナ2から各距離位置までの範囲に含まれる水蒸気量との間に対応関係がある理由について、説明する。図5は、アンテナ2から送波された第1及び第2の送信波と、特定の反射対象（地表部分又は水面）で反射して帰来する第1及び第2の受信波とを模式的に示す図である。図5では、第1及び第2の送信波のエコー強度が10、第1受信波のエコー強度が7、第2受信波のエコー強度が6、となっている例を挙げている。なお、図5においては、地表部分（又は水面）を模式的に三角形形状で図示しているが、実際には、地表部分（又は水面）は、送受信波の進行方向に沿って広がっている。

10

【0038】

上述したように、10GHz程度の周波数を有する電磁波は、水蒸気に起因して大きく減衰することがない。よって、第1送信波のエコー強度10と第1受信波のエコー強度7との差（すなわち、第1送信波の減衰量）は、水蒸気以外の要因に起因するものと考えられる。一方、22GHz程度の周波数を有する電磁波は、水蒸気に起因して大きく減衰する。よって、第2送信波のエコー強度10と第2受信波のエコー強度6との差（すなわち、第2送信波の減衰量）は、水蒸気及び水蒸気以外の要因に起因するものと考えられる。これにより、第1受信波のエコー強度7と第2受信波のエコー強度6とのレベル差Lvは、送信波が通過した領域Zに含まれる水蒸気量に起因するものと考えられることができる。よって、前記レベル差Lvとアンテナ2から各距離位置までの範囲に含まれる水蒸気量との間に対応関係がある、と考えることができる。

20

【0039】

図6は、距離位置毎水蒸気量算出部15によって生成された距離位置毎水蒸気量グラフWGであって、図4(B)に示すグラフ（累積水蒸気量グラフAWG）を距離位置毎に微分して得られるグラフ、である。距離位置毎水蒸気量算出部15は、水蒸気量換算部14によって生成された累積水蒸気量グラフAWGを距離方向に微分した距離位置毎水蒸気量グラフWGを生成する。距離位置毎水蒸気量算出部15は、アンテナ2を基準とした方位毎に上記距離位置毎水蒸気量グラフWGを生成し、それらを統合して、アンテナ2を中心とした各方位の各距離位置における水蒸気量を示す水蒸気分布図DMを生成する。

30

【0040】

図7は、操作・表示装置4に表示される水蒸気分布図DMの一例を示す図であって、その一部を拡大して示す図である。操作・表示装置4には、図7に示すように、距離位置毎水蒸気量算出部15によって生成された水蒸気分布図DMが表示される。操作・表示装置4では、水蒸気観測装置1が設置された地点を含む地図上の各地点に、水蒸気量に対応した色調が表示される。これにより、ユーザは、地図上の各地点における水蒸気量を把握することができる。なお、図7では、上述した色を、ドットの密度に対応させて示している。具体的には、水蒸気量が多い地点には高密度のドットが表示され、水蒸気量が少ない地点には、低密度のドットが表示されている。

【0041】

[効果]

以上のように、本実施形態に係る水蒸気観測装置1では、水蒸気による減衰の度合いが異なる2つの周波数帯（10GHz付近及び22GHz付近）の電磁波の反射波から得られる第1受信信号と第2受信信号とに基づき、電磁波が通過した領域に含まれる水蒸気量を算出している。こうすると、水蒸気以外の要因による送信波の減衰量を除去することが可能となり、水蒸気による送信波の減衰量のみを抽出することができる。これにより、電磁波が通過した領域に含まれる水蒸気量を算出することができる。

40

【0042】

しかも、水蒸気観測装置1によれば、水蒸気を通過した後に地表部分又は水面に反射して帰来する反射波を、受信波として受波している。地球における表面部分は、前記地表部分及び水面（主に海面）によって構成されていると考えることができる。よって、当該地

50

表部分及び水面の反射波に基づいて水蒸気量を算出することで、アンテナ 2 の設置位置を適切に選択することにより、地上における全ての領域の水蒸気量を算出することが可能となる。

【 0 0 4 3 】

従って、水蒸気観測装置 1 によれば、所望の位置の水蒸気量を確実に算出することができる。

【 0 0 4 4 】

また、水蒸気観測装置 1 によれば、第 1 受信信号と第 2 受信信号とのレベル差に基づき、電磁波が通過した領域に含まれる水蒸気量を算出している。こうすると、水蒸気以外の要因による送信波の減衰量が適切に除去され、水蒸気による送信波の減衰量のみが抽出される。これにより、電磁波が通過した領域に含まれる水蒸気量を算出することができる。

10

【 0 0 4 5 】

また、水蒸気観測装置 1 によれば、レベル差検出部 1 3 及び水蒸気量換算部 1 4 を用いることにより、アンテナ 2 の設置位置から受信信号の反射地点までに含まれる水蒸気量を適切に算出することができる。

【 0 0 4 6 】

また、水蒸気観測装置 1 では、電磁波を送受波可能な送受波部としてのアンテナ 2 を設けているため、電磁波を送信する部分及び受波する部分を一体にできる。その結果、水蒸気観測装置 1 全体をコンパクト化できる。

20

【 0 0 4 7 】

また、水蒸気観測装置 1 では、アンテナ 2 の位置を基準とした同じ方位の各地点におけるレベル差 L_v を検出し、当該レベル差 L_v を水蒸気量に換算している。上述のように、レベル差 L_v と、アンテナ 2 から各距離位置までの範囲に含まれる水蒸気量との間には対応関係があるため、該レベル差 L_v を検出することにより、アンテナ 2 から各距離位置までの範囲に含まれる水蒸気量の量を適切に算出することができる。

【 0 0 4 8 】

また、水蒸気観測装置 1 では、累積水蒸気量グラフ A W G を微分することにより、各地点における水蒸気量を算出している。これにより、各地点における水蒸気量を適切且つ容易に算出することができる。

30

【 0 0 4 9 】

また、水蒸気観測装置 1 では、各地点における水蒸気量が、その水蒸気量を表す指標としての色調によって示される。これにより、ユーザは、各地点に含まれる水蒸気量を容易に把握することができる。

【 0 0 5 0 】

また、水蒸気観測装置 1 では、アンテナ 2 を中心とした各方位の各距離位置における水蒸気量を示す水蒸気分布図 D M が操作・表示装置 4 に表示される。これにより、ユーザは、観測領域内における水蒸気の分布を把握することができる。

【 0 0 5 1 】

[変形例]

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はこれらに限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない限りにおいて種々の変更が可能である。

40

【 0 0 5 2 】

(1) 図 8 は、変形例に係る水蒸気観測装置 1 a の構成を示すブロック図である。また、図 9 は、図 8 に示す送波ユニット 2 0 (送波用アンテナ 2 a) 及び受波ユニット 2 1 (受波用アンテナ 2 b) の位置関係を模式的に示す平面図である。図 9 では、送波ユニット 2 0 の位置がハッチング無しの丸印で、受波ユニット 2 1 の位置がハッチング有りの丸印で、それぞれ模式的に図示されている。本変形例に係る水蒸気観測装置 1 a は、送信波を送波する側のユニットである送波ユニット 2 0、受信波を受波する側のユニットである複数の受波ユニット 2 1、算出処理部 1 0 a、及び操作・表示装置 4 を備えている。

50

【 0 0 5 3 】

送波ユニット 2 0 は、送波用アンテナ 2 a と、信号発生器 6 と、送信機 7 と、を備えている。送波用アンテナ 2 a は、送信波を送波するためのものであって、上記実施形態のアンテナ 2 と同様、第 1 送信波及び第 2 送信波のそれぞれを送波可能に構成されている。送波ユニット 2 0 では、信号発生器 6 で生成された、第 1 送信波及び第 2 送信波のそれぞれの基となる送信信号が、送信機 7 で増幅された後、アンテナ 2 a へ出力される。

【 0 0 5 4 】

各受波ユニット 2 1 は、送波ユニット 2 0 と異なる位置に配置されている。各受波ユニット 2 1 は、図 9 に示すように、送波ユニット 2 0 を中心として格子状に配列されている。各受波ユニット 2 1 は、受波用アンテナ 2 b 及び受信機 8 a を備えている。

10

【 0 0 5 5 】

受波用アンテナ 2 b は、受信波を受波するためのものであって、上記実施形態のアンテナ 2 と同様、第 1 受信波及び第 2 受信波のそれぞれを受波可能に構成されている。受波用アンテナ 2 b で受波された受信波は、上記実施形態の場合と同様、第 1 受信信号及び第 2 受信信号に変換された後、対応する受信機 8 a で増幅及び A / D 変換され、無線等によって算出処理部 1 0 a に送信される。

【 0 0 5 6 】

図 1 0 は、図 8 に示す算出処理部の構成を示すブロック図である。また、図 1 1 は、送波用アンテナ 2 a によって送波された第 1 及び第 2 の送信波が各受波用アンテナ 2 b によって受信波として受波される様子を模式的に示す図である。なお、図 1 1 では、同じ方位に沿って直線状に並ぶ受波ユニットの位置を破線によって模式的に示している。また、図 1 1 では、受波ユニットの符号を、送波用アンテナ 2 a に近い方から順に、2 1 a、2 1 b、2 1 c、としている。

20

【 0 0 5 7 】

算出処理部 1 0 a は、図 1 0 に示すように、第 1 エコーレベル算出部 1 1 a と、第 2 エコーレベル算出部 1 2 a と、レベル差検出部 1 3 a と、水蒸気量換算部 1 4 a と、距離位置毎水蒸気量算出部 1 5 a と、を備えている。

【 0 0 5 8 】

第 1 エコーレベル算出部 1 1 a は、送波用アンテナ 2 a から送波された第 1 送信波のうち受波用アンテナ 2 b に到達した第 1 受信波から得られた第 1 受信信号のエコーレベルを算出する。第 1 エコーレベル算出部 1 1 a は、各受波用アンテナ 2 b で得られた第 1 受信信号のエコーレベルを算出する。

30

【 0 0 5 9 】

第 2 エコーレベル算出部 1 2 a は、送波用アンテナ 2 a から送波された第 2 送信波のうち受波用アンテナ 2 b に到達した第 2 受信波から得られた第 2 受信信号のエコーレベルを算出する。第 2 エコーレベル算出部 1 2 a は、各受波用アンテナ 2 b で得られた第 2 受信信号のエコーレベルを算出する。

【 0 0 6 0 】

レベル差検出部 1 3 a は、各受波用アンテナ 2 b で得られた第 1 受信信号のエコーレベルと、同じ受波用アンテナ 2 b で得られた第 2 受信信号のエコーレベルと、のレベル差を検出する。

40

【 0 0 6 1 】

水蒸気量換算部 1 4 a は、レベル差検出部 1 3 によって検出された、受波ユニット 2 1 毎のレベル差を、水蒸気量に換算する。具体的には、水蒸気量換算部 1 4 は、受波ユニット 2 1 毎に検出されたレベル差と、送波ユニット 2 0 から各受波ユニット 2 1 までの範囲に含まれる水蒸気量との間に対応関係があることを利用して、受波ユニット 2 1 毎に検出されたレベル差を、送波ユニット 2 0 から各受波ユニット 2 1 までの範囲に含まれる水蒸気量に換算する。

【 0 0 6 2 】

距離位置毎水蒸気量算出部 1 5 a は、同じ方位に直線状に並ぶ受波ユニット 2 1 のうち

50

隣接する受波ユニット（図 1 1 に示す例の場合、受波ユニット 2 1 a 及び 2 1 b、受波ユニット 2 1 b 及び 2 1 c）のそれぞれで算出された水蒸気量の差を算出することにより、観測領域内の各地点（観測領域内に含まれる各小領域）における水蒸気量を算出する。具体的には、距離位置毎水蒸気量算出部 1 5 a は、図 1 1 を参照して、受波ユニット 2 1 b で算出された水蒸気量（すなわち、領域 Z a, Z b に含まれる水蒸気量）と、受波ユニット 2 1 a で算出された水蒸気量（すなわち、領域 Z a に含まれる水蒸気量）との差をとることにより、領域 Z b に含まれる水蒸気量を算出する。同様に、距離位置毎水蒸気量算出部 1 5 a は、受波ユニット 2 1 c で算出された水蒸気量（すなわち、領域 Z a, Z b, Z c に含まれる水蒸気量）と、受波ユニット 2 1 b で算出された水蒸気量（すなわち、領域 Z a, Z b に含まれる水蒸気量）との差をとることにより、領域 Z c に含まれる水蒸気量を算出する。距離位置毎水蒸気量算出部 1 5 a は、方位方向に隣接するその他の受波ユニットについても同様の処理を行う。これにより、本変形例に係る水蒸気観測装置 1 a でも、上記実施形態に係る水蒸気観測装置 1 の場合と同様、観測領域内の各地点における水蒸気量が算出される。

10

【 0 0 6 3 】

【 効果 】

以上のように、本変形例に係る水蒸気観測装置 1 a では、送波用アンテナ 2 a と受波用アンテナ 2 b とを異なる位置に配置している。そして、受波用アンテナ 2 b が受波した互いに周波数が異なる第 1 及び第 2 の受信波の差に基づき、当該受信波が通過した領域に含まれる水蒸気量を算出している。水蒸気観測装置 1 a の場合、受波用アンテナ 2 b の配置を、送波用アンテナ 2 a との間で水蒸気量を算出したい領域を挟むように設定することで、所望の位置の水蒸気量を確実に算出することができる。

20

【 0 0 6 4 】

また、水蒸気観測装置 1 a では、送波用アンテナ 2 a を基準とした方位が同じであり且つ送波用アンテナ 2 a からの距離が異なるように、2 つの受波用アンテナ 2 b（例えば、図 1 1 を参照して、受波ユニット 2 1 a 及び 2 1 b の受波用アンテナ、受波ユニット 2 1 b 及び 2 1 c の受波用アンテナ）を配置している。水蒸気観測装置 1 a の場合、水蒸気量を算出したい領域を挟むようにこれら 2 つの受波用アンテナ 2 b を配置することで、送波用アンテナ 2 a の位置に関わらず、所望の位置の水蒸気量を確実に算出することができる。

30

【 0 0 6 5 】

また、水蒸気観測装置 1 a では、受波用アンテナ 2 b を格子状に配置しているため、当該受波用アンテナ 2 b が格子状に配置された領域内の各小領域における水蒸気量を算出することができる。

【 0 0 6 6 】

(2) 図 1 2 は、変形例に係る水蒸気観測装置が有する送波ユニット 2 0 及び受波ユニット 2 1 の位置関係を模式的に示す平面図であって、図 9 に対応させて示す図である。図 8 及び図 9 に示す変形例では、受波ユニット 2 1 を格子状に配列したが、これに限らない。具体的には、図 1 2 に示すように、送波ユニット 2 0 を基準とした方位が同じであり且つ送波ユニット 2 0 からの距離が異なる位置に、2 つの受波ユニット 2 1 を配置してもよい。この変形例の場合、例えば水蒸気量を観測したい領域を挟むように 2 つの受波ユニット 2 1 を設置することで、必要な受波ユニット 2 1 の数を少なくしつつ、所望の領域における水蒸気量を観測することができる。

40

【 0 0 6 7 】

(3) 上記実施形態では、1 つのアンテナ 2 によって送信波の送波及び受信波の受波を行ったが、これに限らず、送波用のアンテナと受波用のアンテナとを設け、それらを別々の位置に配置してもよい。

【 0 0 6 8 】

(4) 上記実施形態では、送信波として、1 0 G H z 程度の周波数を有する電磁波と、2 2 G H z 程度の周波数を有する電磁波とを用いたが、これに限らない。具体的には、減

50

衰定数のうち水蒸気に起因する部分が互いに異なる送信波であれば、どのような周波数帯の電磁波を送信波として用いてもよい。

【 0 0 6 9 】

(5) 図 1 3 は、変形例に係る水蒸気観測装置の算出処理部 1 0 b の構成を示すブロック図である。上述した実施形態では、距離位置毎水蒸気量算出部 1 5 を設け、観測領域内の各地点における水蒸気量を算出したが、これに限らない。具体的には、本変形例のように、距離位置毎水蒸気量算出部 1 5 を省略した構成であってもよい。この場合、各方位における、アンテナ 2 の位置から各地点までの領域に含まれる水蒸気量を算出することができる。

【 0 0 7 0 】

(6) 上述した実施形態に係る水蒸気観測装置 1 では、累積水蒸気量グラフ A W G (図 4 (B) 参照) を距離方向に微分して、方位毎に各距離位置における水蒸気量を算出したが、これに限らず、2つの地点のそれぞれにおけるレベル差 L v を検出した後、これらのレベル差 L v の差分をとることにより、水蒸気量を算出してよい。このとき、上述した2つの地点を、水蒸気量を算出したい領域を挟むように選択することにより、所望領域に含まれる水蒸気量を、図 8 に示すように複数の受波用アンテナを設置することなく算出することができる。

【 0 0 7 1 】

(7) 上記実施形態では、操作・表示装置 4 に水蒸気分布図 D M が表示される例を挙げて説明したが、これに限らない。具体的には、例えば一例として、所定地点における水蒸気量が数値として操作・表示装置 4 に表示されてもよい。

【 0 0 7 2 】

(8) 図 1 4 は、変形例に係る水蒸気観測装置の送波ユニット 2 2 及び受波ユニット 2 3 の位置関係を模式的に示す図であって、図 9 に対応させて示す図である。図 8 から図 1 1 を用いて説明した変形例では、図 9 に示すように、受波ユニット 2 1 を格子状に配列したが、これに限らず、その他の配列であってもよい。具体的には、図 1 4 に示すように、送波ユニット 2 2 を中心として受波ユニット 2 3 を放射状に配列してもよい。更には、受波ユニットを、2次元状でなく、3次元状に配置してもよい。

【 0 0 7 3 】

(9) 図 1 5 は、変形例に係る水蒸気観測装置 1 b の構成を示すブロック図である。本変形例に係る水蒸気観測装置 1 b は、上記実施形態に係る水蒸気観測装置 1 と比べて、操作・表示装置 4 を備えておらず、その代わりに、水蒸気分布図 D M に関するデータを外部装置 5 0 に出力するためのインターフェース 1 6 を備えている。インターフェース 1 6 としては、例えば一例として、ケーブルが接続されるコネクタ等が挙げられる。外部装置 5 0 としては、例えば一例として、水蒸気分布図 D M が表示されるディスプレイ等が挙げられる。この水蒸気観測装置 1 b によれば、算出処理部 1 0 によって算出された水蒸気量に関する情報を、外部の装置に表示させることができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 4 】

- 1 , 1 a , 1 b 水蒸気観測装置
- 2 アンテナ (送波部、受波部、送受波部)
- 2 a 送波用アンテナ (送波部)
- 2 b 受波用アンテナ (受波部)
- 1 0 , 1 0 a , 1 0 b 算出処理部

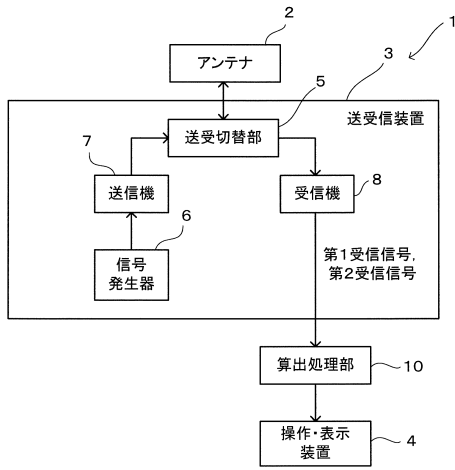
10

20

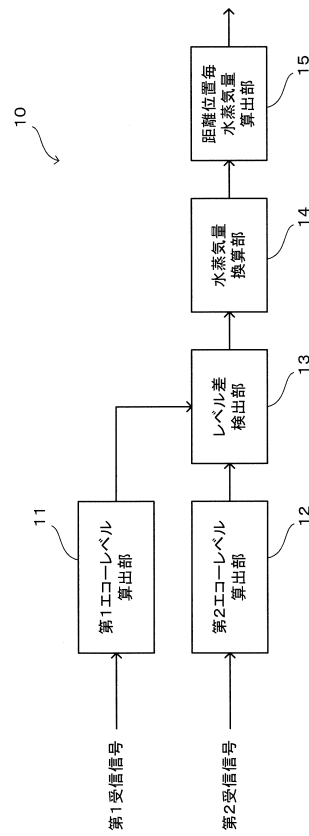
30

40

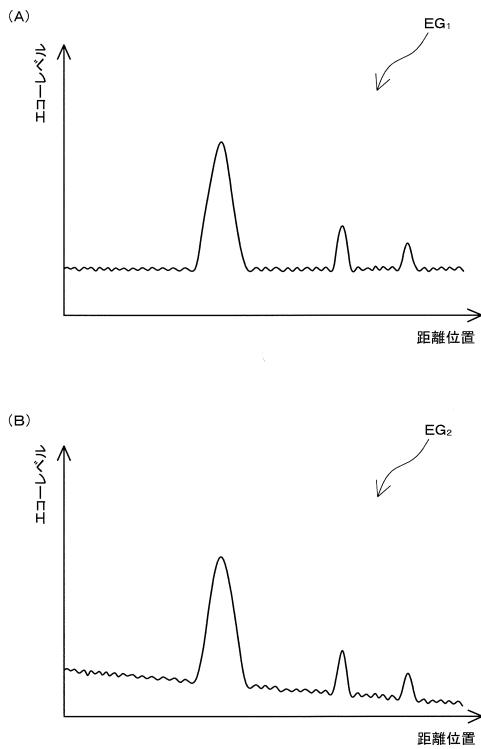
【図1】



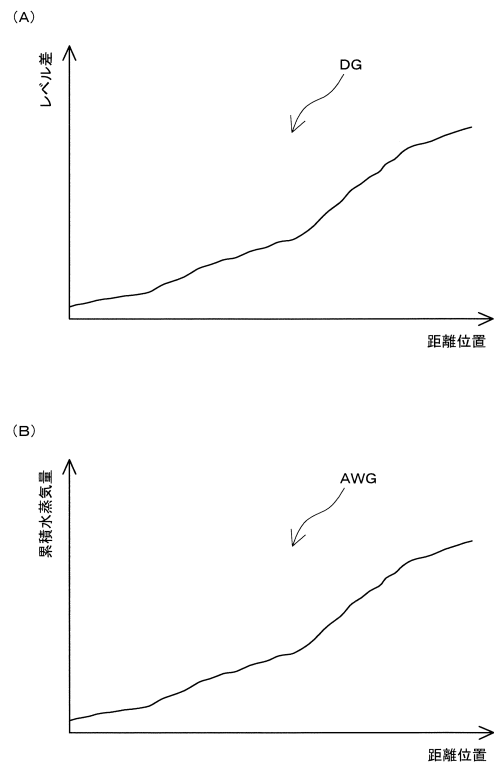
【図2】



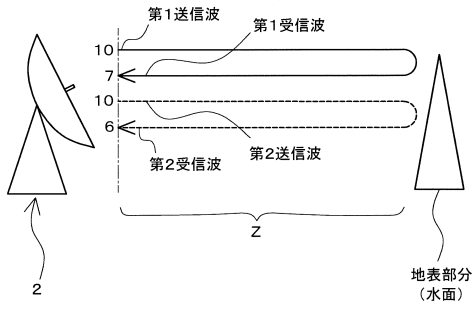
【図3】



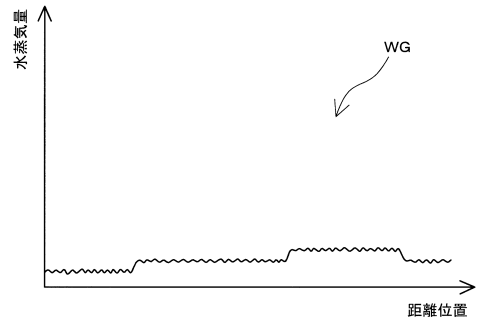
【図4】



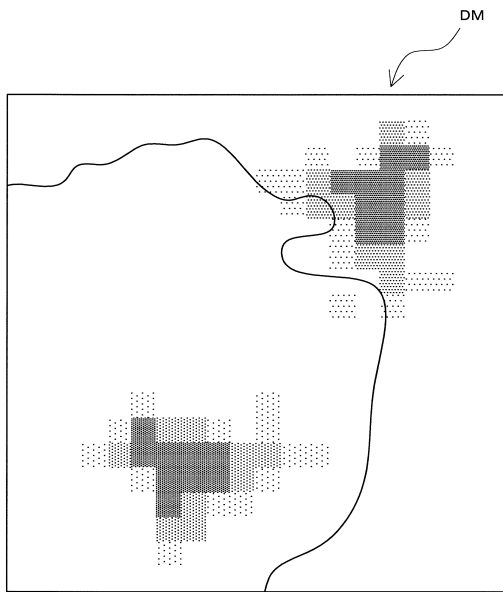
【図5】



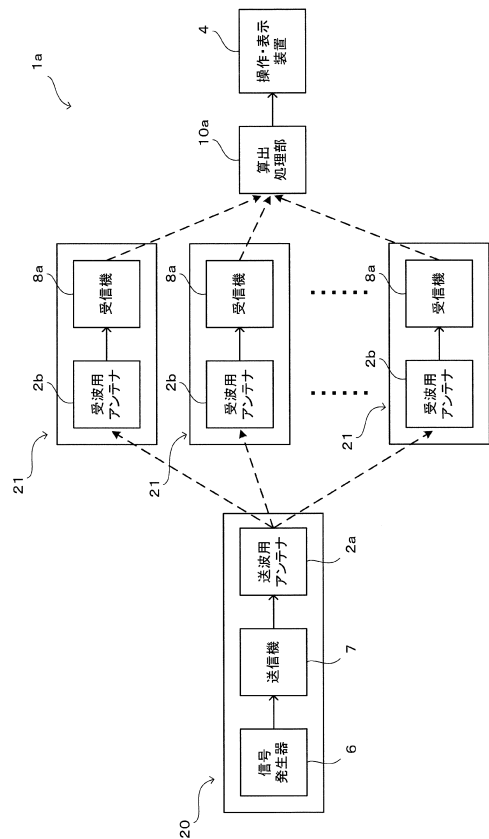
【図6】



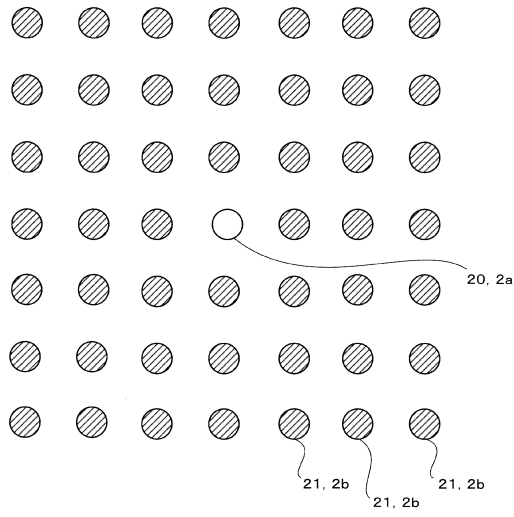
【図7】



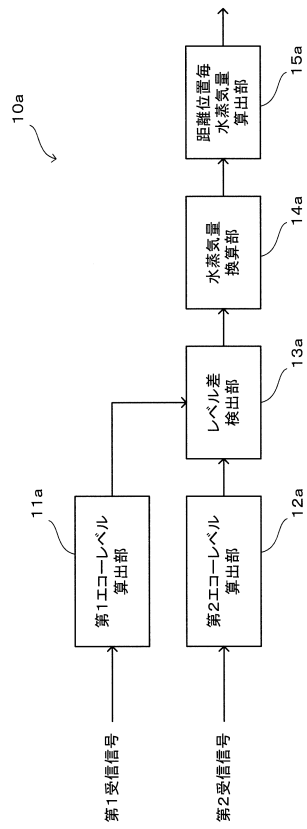
【図8】



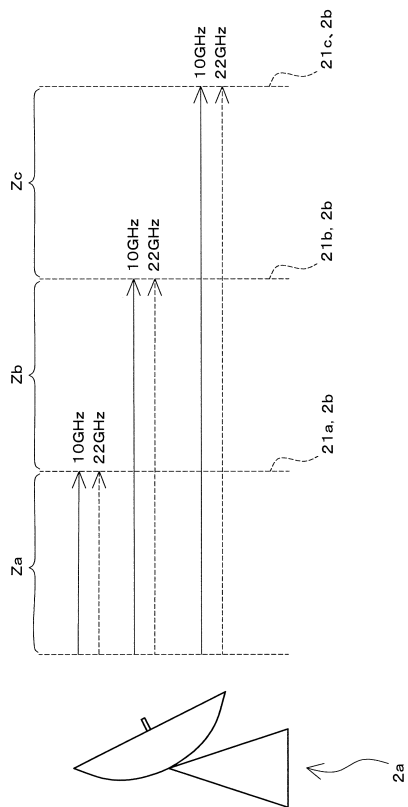
【図9】



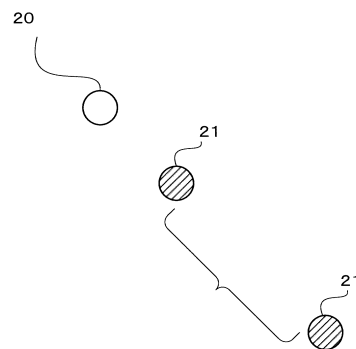
【図10】



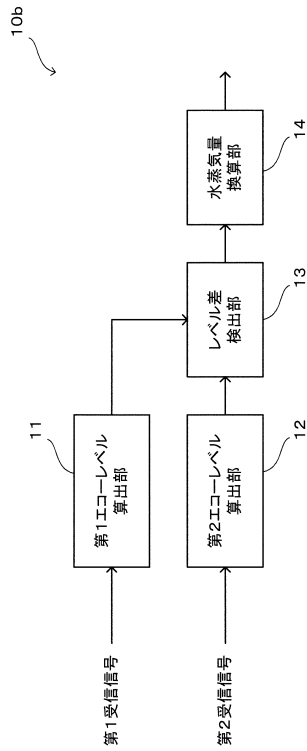
【図11】



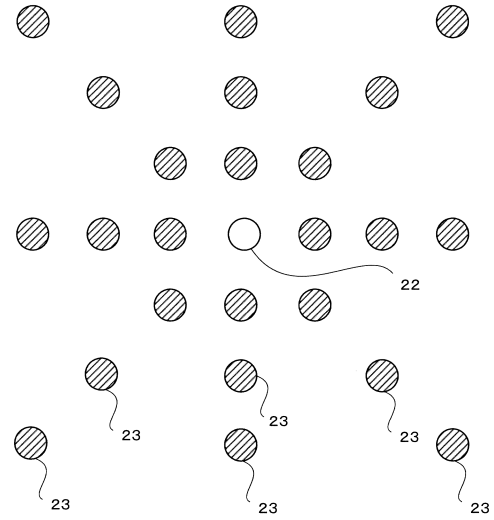
【図12】



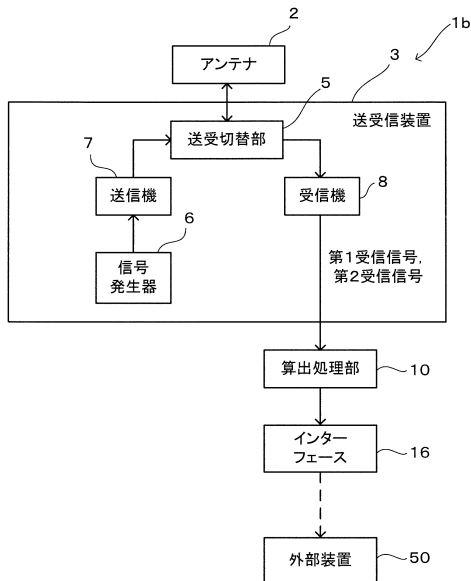
【図13】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平02 - 280083 (JP, A)
特開2013 - 224884 (JP, A)
特開昭50 - 062083 (JP, A)
中国特許出願公開第102636500 (CN, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 22/00 - 22/04
G01S 13/95
G01W 1/11