

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5999963号  
(P5999963)

(45) 発行日 平成28年9月28日(2016.9.28)

(24) 登録日 平成28年9月9日(2016.9.9)

(51) Int. Cl. F 1  
GO 1 W 1/10 (2006.01) GO 1 W 1/10 E

請求項の数 3 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2012-91992 (P2012-91992)	(73) 特許権者	000004330
(22) 出願日	平成24年4月13日 (2012.4.13)		日本無線株式会社
(65) 公開番号	特開2013-221787 (P2013-221787A)		東京都三鷹市下連雀5丁目1番1号
(43) 公開日	平成25年10月28日 (2013.10.28)	(74) 代理人	100126561
審査請求日	平成27年4月7日 (2015.4.7)		弁理士 原嶋 成時郎
		(72) 発明者	能木場 裕也
			東京都三鷹市下連雀五丁目1番1号 日本無線株式会社内
		(72) 発明者	高松 政彦
			東京都三鷹市下連雀五丁目1番1号 日本無線株式会社内
		(72) 発明者	曲淵 正敏
			東京都三鷹市下連雀五丁目1番1号 日本無線株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 気象予測支援装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

高度に応じた積乱雲の表面の温度 T を赤外線領域で計測する温度計測手段と、  
前記温度 T の前記高度に対する変化率 T の分布の経過に基づいて、前記積乱雲の急速な成長の可能性を識別する成長監視手段と  
を備えたことを特徴とする気象予測支援装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の気象予測支援装置において、  
前記急速な成長の可能性が識別された積乱雲の位置を気象レーダの指示画像にマッピングし、前記指示画像に重畳する指示支援手段を備え、  
前記温度計測手段は、  
前記気象レーダによって行われるスキャンに同期して前記積乱雲の表面の温度を計測する  
ことを特徴とする気象予測支援装置。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の気象予測支援装置において、  
前記温度計測手段は、  
気象レーダの空中線系に支持され、または前記高度に応じた前記積乱雲の表面の温度を前記空中線系に同期して計測する  
ことを特徴とする気象予測支援装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、積乱雲の成長の監視および予測を支援し、気象レーダとの併用が可能な気象予測支援装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

気象レーダは、積乱雲その他の気象目標に電波を照射し、その電波の反射波が到来する時刻およびレベルで示される指示画像を指示画面に表示することにより、降雨域の位置、移動方向、速度その他の様々な気象情報の把握を可能とする。

10

## 【0003】

図4は、従来の気象レーダの構成例を示す図である。

従来の気象レーダ20では、送受信部21のアンテナ端子に空中線系22が接続され、その送受信部21の復調出力は信号処理部23の入力に接続される。信号処理部23の出力は指示部24の入力に接続され、これらの送受信部21、信号処理部23および指示部24には、制御部25の対応する入出力ポートが接続される。空中線系22は、制御部25の配下で旋回角や仰角の設定および可変が図られ、これらの旋回角や仰角で示される方向に所定の幅の主ローブを有する開口アンテナとして構成される。

## 【0004】

このような構成の気象レーダ装置では、各部は、制御部25の配下で以下の通りに連係することにより、所定の地域に位置する積乱雲等を検出し、かつ気象情報を取得する。

20

## 【0005】

送受信部21は、送信波を所定の周期で生成する。空中線系22は、制御部25の配下で反復して行われるボリュームスキャンに供され、このようなボリュームスキャンによる覆域に上記送信波を照射する。

## 【0006】

なお、このようなボリュームスキャンは、気象レーダ20によって行われるスキャンの一形態であり、例えば、図5(a)~(e)に示されるように、ボリュームスキャン、RHISキャン、セクターRHISキャン、セクターPPISキャン、PPISキャン等の何れであってもよい。

30

覆域に位置する積乱雲等において送信波が反射することによって発生した反射波は、空中線系22に到来する。

## 【0007】

送受信部21は、このような反射波を受信して復調することによって上記スキャンに同期した復調信号を生成する。信号処理部23は、その復調信号に、グランドクラッタの除去、MTI(Moving Target Indicator)等のレーダ信号処理を施すことによって、上記積乱雲等に関する気象情報を取得し、さらに、指示部24に備えられた表示装置(図示されない。)の指示画面にこれらの気象情報および積乱雲等の地理的な位置を出力する。

## 【0008】

なお、本発明に関連した先行技術としては、以下に列記する特許文献1および特許文献2があった。

40

(1)「任意の地点から雲等を観測する装置であって、前記地点から所定の視野角を有し、前記観測対象からの光を受ける受光手段と、前記受光手段から得られた信号を使用して前記観測対象の温度情報を算出する演算手段とを備える」ことによって、「簡易で、かつ所定の精度を確保できる」点に特徴がある雲等の観測装置およびその観測方法...特許文献1

## 【0009】

(2)「気象擾乱の所定の状態値である第1の物理量の分布を計測し、前記第1の物理量以外の気象擾乱の所定の状態値である第2の物理量の分布を計測し、前記気象擾乱の移動ベクトルを前記第2の物理量を用いて算出し、前記移動ベクトルに基づいて、2時刻で計測された第2の物理量の分布を比較照合し、第2の物理量の時間による変化の特性を示す発

50

達特性曲線を同定する処理と、所定時刻における前記第1の物理量の分布と前記第2の物理量の分布とを比較照合し、前記第1の物理量と前記第2の物理量の関係を示す相関関係曲線を同定する処理と、前記移動ベクトル、前記発達特性曲線および前記相関関係曲線に基づいて、所定時間先の前記第1の物理量の状態を予測することにより、気象擾乱の状態を予測する」ことにより、「気象擾乱のセルの発達フェーズの違いを考慮して、レーダー雨量計による計測値の短時間先予測、及び、予測結果を表示す」点に特徴がある気象擾乱の予測方法...特許文献2

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】特開2004-170350号公報

【特許文献2】特開平9-72965号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

ところで、従来の気象レーダでは、積乱雲の成長の初期段階においては、その積乱雲が急速に成長して局所的に豪雨をもたらす可能性が高いにもかかわらず、降雨量が所定の閾値を上回る前に受信される反射波が微弱であるために、スイープやスキャンの周期の短縮等が図られても、検知の速度や精度は十分には高められない。

【0012】

したがって、突発的な豪雨の予測は、必ずしも時間的に十分な余裕をもって実現されるとは限らなかった。

【0013】

なお、従来、積乱雲や雨雲の様子は気象衛星を介して赤外線領域でとらえることは可能であった。

しかし、このようにしてとらえられた雨雲の様子は、地上から見える様子とは異なるために、上記豪雨の予測の時間的な余裕や精度の十分な確保には寄与しなかった。

【0014】

また、上記積乱雲の成長については、数値モデルに当てはめることによる時間軸上における圧縮されたシミュレーションは、数学的には可能であっても、実際には、以下に列記する事由により実現や採用が困難であった。

【0015】

(1) 積乱雲における風、温度、雨滴(水滴)の形成や移動等の気象現象の空間的なスケールおよび時間的なスケールは、既存の気象シミュレーションで実現可能な数値モデルにおける最小の格子間隔(2キロメートル)が適用できない程度に小さい。

【0016】

(2) 数値モデルに取り込むことが可能な観測データは、項目および数量の双方の面で十分ではなく、これらの観測データの初期値の精度も実際の気象現象のスケールに整合する程度には十分ではない。

【0017】

(3) 上記数値モデルに基づく演算の結果は、一般に、その数値モデルの前提となる大気状態と、格子毎の初期値や境界条件との僅かな違いとによって大きく左右され、しかも、このような大気状態が一般に不安定であるために、許容可能な限度で安定に得ることは困難であった。

【0018】

しかし、近年、都市部については、突発的な豪雨の確度が高く速やかな予測の要求が急速に高まりつつあり、このような要求を満たす技術の確立が強く要望されていた。

【0019】

本発明は、気象レーダの性能に支障を来すことなく積乱雲の成長の速度や過程を精度よく速やかに識別できる気象予測支援装置を提供することを目的とする。

10

20

30

40

50

## 【課題を解決するための手段】

## 【0020】

請求項1に記載の発明では、温度計測手段は、高度に応じた積乱雲の表面の温度 $T$ を赤外線領域で計測する。成長監視手段は、前記温度 $T$ の前記高度に対する変化率 $T$ の分布の経過に基づいて、前記積乱雲の急速な成長の可能性を識別する。

## 【0021】

すなわち、積乱雲は、降雨が伴わないあるいは微量であるために気象レーダでは検出できない成長の初期段階であっても、その内部の乾燥した領域を上昇気流および下降気流に乗って通過する氷晶の昇華熱による急速な冷却に起因する温度の高度に対する変化率 $T$ の増加として、急速な成長の初期段階の識別が可能となる。

10

## 【0026】

請求項2に記載の発明では、請求項1に記載の気象予測支援装置において、指示支援手段は、前記急速な成長の可能性が識別された積乱雲の位置を気象レーダの指示画像にマッピングし、前記指示画像に重畳する。前記温度計測手段は、前記気象レーダによって行われるスキャンに同期して前記積乱雲の表面の温度を計測する。

## 【0027】

すなわち、積乱雲の成長の速度や過程は、気象レーダの指示画面を介して簡便に通知される。

## 【0028】

請求項3に記載の発明では、請求項1または請求項2の何れか1項に記載の気象予測支援装置において、前記温度計測手段は、気象レーダの空中線系に支持され、または前記高度に応じた前記積乱雲の表面の温度を前記空中線系に同期して計測する。

20

## 【0029】

すなわち、積乱雲の発達過程は、電波と、赤外線領域における光学的な領域との双方において、指示画像等における複雑なマッピングの処理の過程を経ることなく早期に精度よく監視可能となる。

## 【発明の効果】

## 【0030】

本発明によれば、積乱雲の急速な成長に伴う突発的な豪雨の予測が早期に精度よく実現される。

30

## 【0031】

また、本発明によれば、精度よく地形や地物の多様な分布に適応することにより、積乱雲の急速な成長に伴う突発的な豪雨の予測がさらに精度よく早期に実現される。

## 【0032】

さらに、本発明によれば、様々なニーズに適応可能となり、価格性能比や信頼性が総合的に高められる。

## 【0033】

また、本発明によれば、気象レーダの機能および付加価値が高められ、突発的な豪雨を含む気象の予測が精度よく円滑に実現される。

40

## 【0034】

したがって、本発明によれば、コストが大幅に増加することなく、気象予報の精度および迅速性が高められる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0035】

【図1】本発明の一実施形態を示す図である。

【図2】本実施形態の動作を説明する図である。

【図3】本実施形態において制御部が行う処理のフローチャートである。

【図4】従来の気象レーダの構成例を示す図である。

【図5】気象レーダによって行われるスキャンの形態を示す図である。

50

**【発明を実施するための形態】****【0036】**

以下、図面に基づいて本発明の実施形態について詳細に説明する。

図1は、本発明の一実施形態を示す図である。

図において、図4に示すものと機能および構成が同じものについては、同じ符号を付与し、ここではその説明を省略する。

**【0037】**

本実施形態と図4に示す従来例との構成の相違点は、以下の通りに構成された気象レーダ10が気象レーダ20に代えて備えられた点にある。

(1) 制御部25に代えて制御部11が備えられる。

10

**【0038】**

(2) 空中線系22の開口面の頂部に支持され、光学的に撮像可能な被写界（以下、単に「被写界」という。）にその空中線系22の主ローブで示される照射域を包含する赤外線センサ12が備えられる。

(3) 制御部11の特定の入出力ポートに接続され、かつ上記赤外線センサ12を駆動するセンサ駆動部13が備えられる。

**【0039】**

図2は、本実施形態の動作を説明する図である。

図3は、本実施形態において制御部が行う処理のフローチャートである。

以下、図1～図3を参照して本実施形態の動作を説明する。

20

**【0040】**

本発明の特徴は、本実施形態では、既述のスキャンに並行して制御部11がセンサ駆動部13を介して赤外線センサ12と連絡することによって後述する通りに行う処理の手順にある。

**【0041】**

なお、制御部11は、従来例と同様に空中線系22、送受信部21および信号処理部23と連絡することにより、スキャンを行い、信号処理部23によって積乱雲等に関して得られた気象情報および位置を取得する。

**【0042】**

制御部11は、既述のスキャンに同期して、赤外線センサ12によってとらえられ、かつセンサ駆動部13を介して与えられる赤外線領域の光学像を取り込んで蓄積する（図2ステップS1）。

30

**【0043】**

このようにして取り込まれた光学像は、一般に、既述の赤外線センサ12の被写界に位置する積乱雲等の表面の温度分布を示す。

本実施形態では、制御部11は、積乱雲等の形成のメカニズムおよび成長の過程にかかわる下記の気象学的な現象に整合した処理を行う。

**【0044】**

(1) 積乱雲は、地上における大気の動き等の下で発生した強い上昇気流が成長して立ち上り、頂部が「かなとこ雲」として成層圏の下部にまで達する場合がある。

40

(2) 積乱雲の成長の初期段階では、上記上昇気流によって降水セルが発達し、かつ頂部が急速に高くなると共に、内部で雨粒が発生しても上方に巻き上げられるために降雨を伴い難い。

**【0045】**

(3) このような成長が進むと、氷晶や雨粒の発生が急激に加速され、これらの氷晶や雨粒が上昇気流に抗して落下する過程で生じる摩擦により空気も多く下降するために、下降気流も並行して発生する。

**【0046】**

(4) これらの上昇気流と下降気流とでそれぞれ運ばれる氷晶等の衝突や摩擦により静電気が発生し、その静電気の放電現象として落雷が発生し得る。

50

## 【 0 0 4 7 】

(5) 上記積乱雲が位置する空間の内、乾燥した領域を下降気流に乗って下降する氷晶は、昇華熱により周辺の空気を急速に冷却し、このような冷却に応じて下降気流のさらなる増加をもたらされる。

## 【 0 0 4 8 】

(6) このようにして増加した下降気流は、積乱雲の底部より地上にまで吹き付けられる(突)風となり、その積乱雲で発生して残存する雨粒が降り続くことにより、積乱雲が衰退して消滅する。

## 【 0 0 4 9 】

また、上記積乱雲の成長期ないし成熟期では、上昇気流が強いほど、下降気流も増加して既述の昇華熱による急速な空気の冷却も加速されるために、図2に示すように、高さに対する温度の低下率  $T$  が大きくなる場合がある。

10

## 【 0 0 5 0 】

制御部11は、積乱雲等が形成されるメカニズムおよび成長の過程と、既述の高さに対する温度の低下率  $T$  とを前提として、以下の処理を行う。

## 【 0 0 5 1 】

(1) スキャンが行われた3次元の空間に対するマッピングの下で、既述の通りに記憶された赤外線領域の光学像が区分されてなるブロック毎に、温度を求める(図2ステップS2)。なお、このような温度は、「温度が高い目標ほど、一般に、放射する赤外線の強度が高く、波長域では、このような強度が最大である波長が該当する目標の温度に反比例する」ことをよりどころとして求められる。

20

## 【 0 0 5 2 】

(2) 上記ブロックを赤外線センサ12に最も近い位置にある(気象)目標の表面に個別に対応付ける(図2ステップS3)。

(3) このような対応付けの下で、積乱雲である可能性がある目標の高さ方向における温度の分布を求める(図2ステップS4)。

## 【 0 0 5 3 】

(4) 既述のスキャンとのマッピングの下で、指示画面上における位置を求め(図2ステップS5)、信号処理部23と指示部24との双方または何れか一方と連係することにより、「急速な成長の可能性がある積乱雲」の存在およびその位置を可視情報として操作者に通知する(図2ステップS6)。

30

## 【 0 0 5 4 】

すなわち、未発達であるために降雨が始まっていない、あるいは降雨量が微量である状況であっても、急速に発達する可能性が高い積乱雲の存在および位置が早期に精度よく識別可能となる。

## 【 0 0 5 5 】

したがって、本実施形態によれば、気象レーダの基本的な構成が大幅に変更されることなく、例えば、急速に発達した積乱雲によってもたらされる突発的な豪雨(都市型豪雨)の予測が従来例より大幅に早く高い確度で実現される。

## 【 0 0 5 6 】

なお、本実施形態では、赤外線センサ12が空中線系22に支持され、両者は、既述のスキャンの下で一体となって可動する。

40

## 【 0 0 5 7 】

しかし、本発明はこのような構成に限定されず、上記温度の変化率  $T$  の識別の実時間性が確保され、かつ空中線系22の主ローブによる放射域に所定の精度で被写界を有するならば、赤外線センサ12は、空中線系22以外の部材や機構に支持されてもよい。

## 【 0 0 5 8 】

また、このような赤外線センサ12は、必ずしも、光学的な被写界を物理的に可変するための可動機構を備えなくてもよく、例えば、このような被写界が区分されてなる部分被写界を有する複数の赤外線センサを有し、これらの赤外線センサの内、好適な光学系が制

50

御部 1 1 やセンサ駆動部 1 3 の配下で適宜選択されてもよい。

【 0 0 5 9 】

さらに、赤外線センサ 1 2 の被写界は、空中線系 2 2 の主ローブによって形成される照射域を所定の精度で包含し、かつ積乱雲の高さ方向における温度の変化率  $T$  の識別の実時間性が確保されるならば、必ずしも、スキャンに同期して変更され（切り替えられ）なくてもよい。

【 0 0 6 0 】

また、本発明は、積乱雲のような分布目標に限定されず、形状、サイズ、位置、速度の全てまたは一部が温度の分布（高さ方向に限定されない。）に基づいて識別可能であるならば、多様な目標に適用可能である。

10

【 0 0 6 1 】

さらに、本発明は、既述の構成に限定されず、同等の作用効果を奏するならば、機能分散や負荷分散が多様に図られた系として構成されてもよく、このような系を構成する要素の何れも、共通のサイトや地点に設置されなくてもよく、例えば、地理的に隔たったサイトに設置されて通信路を介して関係可能に構成されてもよい。

【 0 0 6 2 】

また、赤外線センサ 1 2 は、複数のサイトに分散されて配置された場合には、これらのサイトと積乱雲等の目標との間における地理的なプロフィール（地物の配置が含まれてもよい。）が考慮されることにより、異なる方向から見た該当する目標の高さ方向における温度の変化率が総合的に勘案されることにより、所在の識別に併せて、急速な成長（の可能性）の予測が精度よく図られてもよい。

20

【 0 0 6 3 】

さらに、本発明は、上述した実施形態に限定されず、本発明の範囲において多様な実施形態の構成が可能であり、構成要素の全てまたは一部に如何なる改良が施されてもよい。

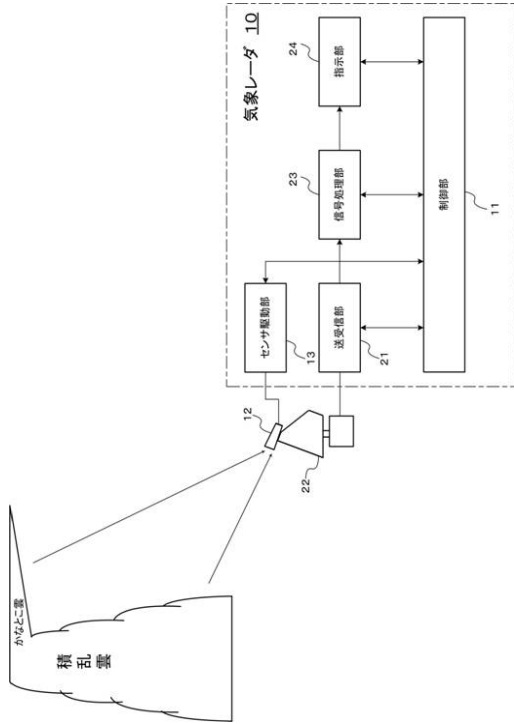
【 符号の説明 】

【 0 0 6 4 】

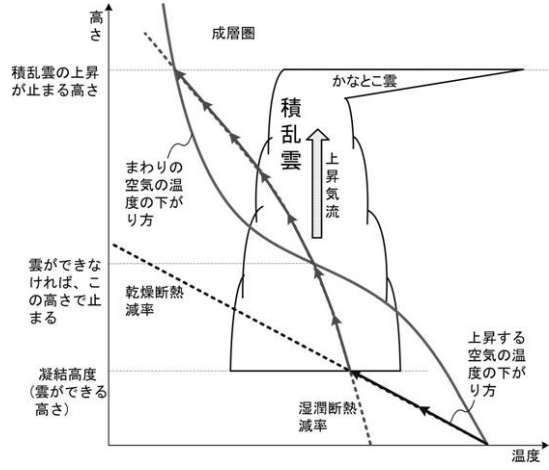
- 1 0 , 2 0  気象レーダ
- 1 1 , 2 5  制御部
- 1 2  赤外線センサ
- 1 3  センサ駆動部
- 2 1  送受信部
- 2 2  空中線系
- 2 3  信号処理部
- 2 4  指示部

30

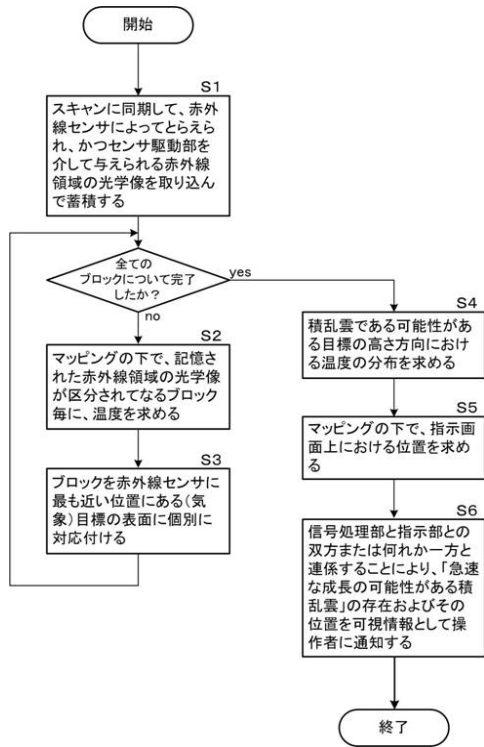
【図1】



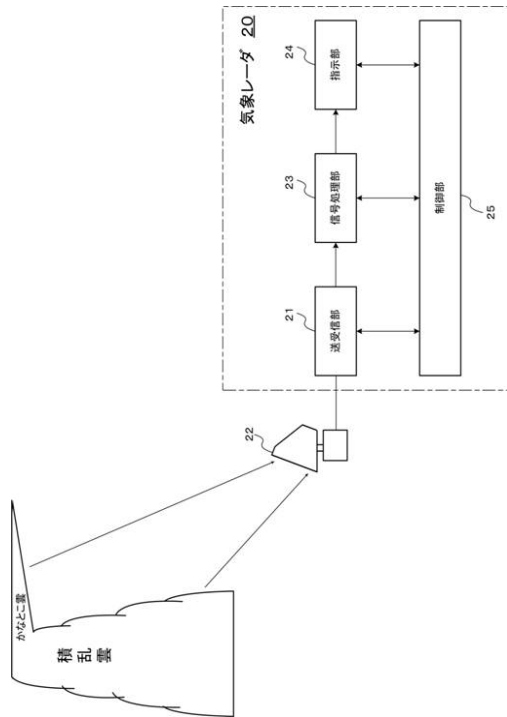
【図2】



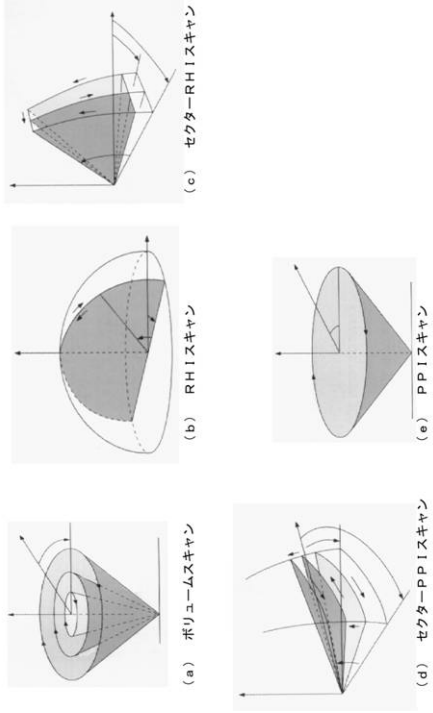
【図3】



【図4】



【 図 5 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 河原 登  
東京都三鷹市下連雀五丁目1番1号 日本無線株式会社内
- (72)発明者 鈴木 司  
東京都三鷹市下連雀五丁目1番1号 日本無線株式会社内

審査官 田中 秀直

- (56)参考文献 特開2000-206245(JP,A)  
特開平07-110378(JP,A)  
特開2002-040162(JP,A)  
新野宏、他、大気の大気と渦の数値シミュレーション、日本数値流体力学学会誌、2001年10月、第9巻第5号、P.141-152、URL、<http://www2.nagare.or.jp/jscfd/j-jscfd/95/95p2.pdf>  
Petr Chylek, et al., Comparison of near-infrared and thermal infrared cloudphase detections, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, 2006年, VOL. 111, URL, <http://www.atmos.washington.edu/~qfu/Publications/jgr.chylek.2006.pdf>

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G01W 1/00-1/18  
JSTPlus(JDreamIII)