

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7488339号
(P7488339)

(45)発行日 令和6年5月21日(2024.5.21)

(24)登録日 令和6年5月13日(2024.5.13)

(51)国際特許分類 F I
G 0 1 W 1/00 (2006.01) G 0 1 W 1/00 C

請求項の数 18 (全26頁)

(21)出願番号	特願2022-535114(P2022-535114)	(73)特許権者	522228252 大韓民国 気象庁長 KOREA METEOROLOGIC AL ADMINISTRATION 大韓民国、07062 ソウル トンジャ ク-グ、ヨイデバン-ロ 16-ギル、 61 61, Yeouidaebang-ro 16-gil, Dongjak-gu Seoul 07062, Republ ic of Korea
(86)(22)出願日	令和4年4月4日(2022.4.4)	(74)代理人	100130111 弁理士 新保 育
(65)公表番号	特表2023-536555(P2023-536555 A)	(72)発明者	クオン、ス ヒョン 大韓民国、08618 ソウル クムチョ 最終頁に続く
(43)公表日	令和5年8月28日(2023.8.28)		
(86)国際出願番号	PCT/KR2022/004786		
(87)国際公開番号	WO2022/265200		
(87)国際公開日	令和4年12月22日(2022.12.22)		
審査請求日	令和4年6月8日(2022.6.8)		
(31)優先権主張番号	10-2021-0077356		
(32)優先日	令和3年6月15日(2021.6.15)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	韓国(KR)		

(54)【発明の名称】 二重偏波変数基盤ブライトバンド探知結果を利用した反射因子補正方法とこれを遂行するための記録媒体および装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

二重偏波変数の観測誤差を補正し偏波抑圧比 (D_r) を算出する前処理段階；

特定仰角データから生成された準鉛直プロファイルから抽出されたブライトバンド (B_B) の高度を利用して、ブライトバンド (B_B) と非ブライトバンド ($nonB_B$) 領域の二重偏波変数を分析して各特性変数のメンバーシップ関数 (MF) および加重値を算出するファジィ分類器生成段階；

仰角別にファジィ分類器と偏波抑圧比 (D_r) を利用してブライトバンド (B_B) を探知するブライトバンド探知段階；および、

仰角別にブライトバンド (B_B) 領域の反射因子 (Z) データを平均して生成した反射因子見かけプロファイルを利用して算出した補正係数に基づいて探知されたブライトバンド (B_B) 領域の反射因子過大観測を補正する反射因子補正段階；を含み、前記前処理段階は、(1) 一定仰角以上である特定仰角及び特定仰角未満の仰角での二重偏波レーダの観測値から、観測誤差を補正して偏波抑圧比 (D_r) を算出し、(2) 前記一定仰角以上である特定仰角に対応する特定高度における二重偏波レーダの観測値から、準鉛直プロファイルを生成し、

前記ファジィ分類器生成段階は、(3) 前記特定高度における該準鉛直プロファイルから抽出されたブライトバンド (B_B) の領域を利用して、ブライトバンド (B_B) と非ブライトバンド ($nonB_B$) 領域の反射因子 (Z)、反射因子差 (Z_{DR})、偏波間相関係数 (h_v)、偏波抑圧比 (D_r) である二重偏波変数の少なくとも2つを分析し、該二重

10

20

偏波変数について、該二重偏波変数の値毎の正規化された頻度であるメンバーシップ関数 (MF) および二重偏波変数の値毎のブライバンド (BB) と非ブライバンド ($nonBB$) についてのメンバーシップ関数 (MF) におけるグラフの下部領域が重複する部分の面積に対応する加重値を算出し、ファジィ分類器として生成し、

前記ブライバンド探知段階は、(4) 特定仰角未満の仰角における二重偏波変数に前記メンバーシップ関数 (MF) 及び加重値を適用して、二重偏波変数毎の加重値を用いて算出されるブライバンド (BB) による影響度を示すメンバーシップ関数 (MF) 値を計算し、総メンバーシップ関数値 ($MVtotal$) と特定仰角未満の仰角における偏波抑圧比 (Dr) を利用してブライバンド (BB) を探知し、

特定仰角とは異なる仰角については、特定仰角で求めたメンバーシップ関数 (MF) と観測データから二重偏波変数毎の加重値を用いて算出されるブライバンド (BB) による影響度を示す総メンバーシップ関数値 ($MVtotal$) を求めて、ブライバンド (BB) の上下限を求め、

(5) 探知した前記特定仰角未満の仰角におけるブライバンド領域の反射因子 (Z) データについて、同一高度のデータを異なる方位で平均して反射因子見かけプロファイルを生成し、

前記反射因子補正段階は、(6) 生成した該反射因子見かけプロファイルを利用して補正係数を算出し、

(7) 算出した該補正係数に基づいてブライバンド (BB) 領域の反射因子過大観測を補正する

ことを特徴とする二重偏波変数基盤ブライバンド探知結果を利用した反射因子補正方法。

【請求項 2】

前記前処理段階は、

反射因子 (Z) および反射因子差 (Z_{DR}) に対して遮蔽による電力損失を補正する段階；

反射因子 (Z) および反射因子差 (Z_{DR}) に対して降雨減衰補正を遂行する段階；

信号対雑音比 (SNR) を利用して偏波間相関係数 (h_v) を補正する段階；および、偏波間相関係数 (h_v) および反射因子差 (Z_{DR}) に基づいて偏波抑圧比 (Dr) を算出する段階；を含む

請求項 1 に記載の二重偏波変数基盤ブライバンド探知結果を利用した反射因子補正方法。

【請求項 3】

前記ブライバンド探知段階は、

各特性変数の加重値を利用して観測データのブライバンド (BB) による影響度を表す総メンバーシップ関数値 ($MVtotal$) を算出する段階；

総メンバーシップ関数値 ($MVtotal$) と偏波抑圧比 (Dr) を利用してブライバンド (BB) を判別する段階；

各仰角で方位角を基準として各セクター別総メンバーシップ関数値 ($MVtotal$) を高度により平均して生成した総メンバーシップ関数値 ($MVtotal$) プロファイルおよびレーダビームの中心温度を高度により平均した温度平均プロファイルを利用して誤探知された領域を除去する段階；および、

中間値フィルタを適用してブライバンド (BB) 探知結果を平滑化する段階；を含む請求項 1 に記載の二重偏波変数基盤ブライバンド探知結果を利用した反射因子補正方法。

【請求項 4】

前記ブライバンド (BB) を判別する段階は、

偏波間相関係数 (h_v) が予め設定された第 1 しきい値以下である場合、総メンバーシップ関数値 ($MVtotal$) が予め設定された第 2 しきい値を超過する場合、および偏波間相関係数 (h_v) が前記第 1 しきい値を超過する場合、偏波抑圧比 (Dr) が予め設定された第 3 しきい値以上の場合、ブライバンド (BB) の候補として区別する段階；を含む

10

20

30

40

50

請求項 3 に記載の二重偏波変数基盤ブライトバンド探知結果を利用した反射因子補正方法。

【請求項 5】

前記ブライトバンド (BB) を判別する段階は、

ブライトバンド (BB) の候補のうちレーダから距離により SNR が予め設定された第 4 しきい値を超過するか、反射因子 (Z) が予め設定された第 5 しきい値を超過するか、レーダビーム上端部の温度が予め設定された第 6 しきい値未満であるかまたはレーダビーム下端部の温度が予め設定された第 7 しきい値を超過する場合、ブライトバンド (BB) として判別する段階；をさらに含む

請求項 4 に記載の二重偏波変数基盤ブライトバンド探知結果を利用した反射因子補正方法。

【請求項 6】

前記誤探知された領域を除去する段階は、

各仰角で方位角を基準として各セクター別総メンバーシップ関数値 (MVtotal) を高度により平均して総メンバーシップ関数値 (MVtotal) プロファイルおよびレーダビームの中心温度を高度により平均して温度平均プロファイルを生成する段階；

予め設定した値以上の高仰角に対して平均総メンバーシップ関数値 (MVtotal) が最大である高度を基準高度に設定して、平均総メンバーシップ関数値 (MVtotal) が予め設定された第 8 しきい値未満となる最初の高度をブライトバンド (BB) の上限および下限高度に設定する段階；および、

予め設定した値未満の低仰角に対して平均温度が 0 である高度を基準高度に設定して、ブライトバンド (BB) の上限および下限高度を基準高度より予め設定した高度だけ高いか低く、総メンバーシップ関数値 (MVtotal) の平均が前記第 8 しきい値未満である高度に設定する段階；を含む

請求項 3 に記載の二重偏波変数基盤ブライトバンド探知結果を利用した反射因子補正方法。

【請求項 7】

前記誤探知された領域を除去する段階は、

仰角にかかわらず平均温度が一定範囲内である高度内で、平均総メンバーシップ関数値 (MVtotal) の最大値が前記第 8 しきい値未満であり特定距離で平均温度が零下である場合、上限高度を再設定する段階；をさらに含む

請求項 6 に記載の二重偏波変数基盤ブライトバンド探知結果を利用した反射因子補正方法。

【請求項 8】

前記反射因子補正段階は、

各仰角別降水エコー対比ブライトバンド (BB) エコーの比が一定の比以上である場合、ブライトバンド (BB) 領域の反射因子 (Z) データを平均して反射因子見かけプロファイルを生成する段階；

見かけプロファイルからブライトバンド (BB) 上端部 - 最頂点、最頂点 - 下端部、上端部 - 下端部に対する高度による反射因子傾きを算出する段階；

ブライトバンド (BB) として探知された領域に対してブライトバンド (BB) の最頂点を基準として反射因子補正係数を計算する段階；

算出された補正係数に基づいて観測された反射因子 (Z) と補正後の反射因子 (Z) の差値である反射因子補正值を算出する段階；および、

算出された補正值を観測された反射因子 (Z) に適用する段階；を含む

請求項 1 に記載の二重偏波変数基盤ブライトバンド探知結果を利用した反射因子補正方法。

【請求項 9】

補正された反射因子 (Z) および反射因子補正值を保存する結果保存段階；をさらに含む

請求項 1 に記載の二重偏波変数基盤ブライトバンド探知結果を利用した反射因子補正方法。

【請求項 10】

請求項 1 ないし 9 のいずれかに記載された前記二重偏波変数基盤ブライトバンド探知結果を利用した反射因子補正方法を遂行するためのコンピュータプログラムが記録されたことを特徴とするコンピュータで読み取り可能な保存媒体。

【請求項 11】

10

20

30

40

50

二重偏波変数観測誤差を補正して偏波抑圧比 (D_r) を算出する前処理部；

特定仰角データから生成された準鉛直プロファイルから抽出されたブライバンド (B_B) の高度を利用して各特性変数のメンバーシップ関数 (MF) および加重値を生成するファジィ分類器生成部；

仰角別に総メンバーシップ関数値 (MV_{total}) と偏波抑圧比 (D_r) を利用してブライバンド (B_B) を探知するブライバンド探知部；および、

仰角別にブライバンド (B_B) 領域の反射因子 (Z) データを平均して生成した反射因子見かけプロファイルを利用して算出した補正係数に基づいて探知されたブライバンド (B_B) 領域の反射因子過大観測を補正する反射因子補正部；を含み、

前記前処理部は、(1) 一定仰角以上である特定仰角及び特定仰角未満の仰角での二重偏波レーダの観測値から、観測誤差を補正して偏波抑圧比 (D_r) を算出し、

(2) 前記一定仰角以上である特定仰角に対応する特定高度における二重偏波レーダの観測値から、準鉛直プロファイルを生成し、

前記ファジィ分類器生成部は、(3) 前記特定高度における該準鉛直プロファイルから抽出されたブライバンド (B_B) の領域を利用して、ブライバンド (B_B) と非ブライバンド ($nonB_B$) 領域の反射因子 (Z)、反射因子差 (Z_{DR})、偏波間相関係数 (h_v)、偏波抑圧比 (D_r) である二重偏波変数の少なくとも2つを分析し、該二重偏波変数について、該二重偏波変数の値毎の正規化された頻度であるメンバーシップ関数 (MF) および二重偏波変数の値毎のブライバンド (B_B) と非ブライバンド ($nonB_B$) についてのメンバーシップ関数 (MF) におけるグラフの下部領域が重複する部分の面積に対応する加重値を算出し、ファジィ分類器として生成し、

前記ブライバンド探知部は、(4) 特定仰角未満の仰角における二重偏波変数に前記メンバーシップ関数 (MF) 及び加重値を適用して、二重偏波変数毎の加重値を用いて算出されるブライバンド (B_B) による影響度を示す総メンバーシップ関数値 (MV_{total}) を計算し、メンバーシップ関数 (MF) 値と特定仰角未満の仰角における偏波抑圧比 (D_r) を利用してブライバンド (B_B) を探知し、

特定仰角とは異なる仰角については、特定仰角で求めたメンバーシップ関数 (MF) と観測データから二重偏波変数毎の加重値を用いて算出されるブライバンド (B_B) による影響度を示す総メンバーシップ関数値 (MV_{total}) を求めて、ブライバンド (B_B) の上下限を求め、

(5) 探知した前記特定仰角未満の仰角におけるブライバンド (B_B) 領域の反射因子 (Z) データについて、同一高度のデータを異なる方位で平均して反射因子見かけプロファイルを生成し、

前記反射因子補正部は、(6) 生成した該反射因子見かけプロファイルを利用して補正係数を算出し、

(7) 算出した該補正係数に基づいてブライバンド (B_B) 領域の反射因子過大観測を補正する

ことを特徴とする二重偏波変数基盤ブライバンド探知結果を利用した反射因子補正装置。

【請求項12】

前記前処理部は、

反射因子 (Z) および反射因子差 (Z_{DR}) に対して遮蔽による電力損失を補正するビーム遮蔽補正部；

反射因子 (Z) および反射因子差 (Z_{DR}) に対して降雨減衰補正を遂行する降雨減衰補正部；

信号対雑音比 (SNR) を利用して偏波間相関係数 (h_v) を補正する h_v 補正部；および、

偏波間相関係数 (h_v) および反射因子差 (Z_{DR}) に基づいて偏波抑圧比 (D_r) を算出する D_r 計算部；を含む

請求項11に記載の二重偏波変数基盤ブライバンド探知結果を利用した反射因子補正装置。

10

20

30

40

50

【請求項 1 3】

前記ブライバンド探知部は、

各特性変数の加重値を利用して観測データのブライバンド (BB) による影響度を表す総メンバーシップ関数値 (MV_{total}) を算出するメンバーシップ関数値算出部；
総メンバーシップ関数値 (MV_{total}) と偏波抑圧比 (D_r) を利用してブライバンド (BB) を判別するブライバンド判別部；

各仰角で方位角を基準として各セクター別総メンバーシップ関数値 (MV_{total}) を高度により平均して生成した総メンバーシップ関数値 (MV_{total}) プロファイルおよびレーダビームの中心温度を高度により平均した温度平均プロファイルを利用して誤探知された領域を除去する誤探知除去部；および、

中間値フィルタを適用してブライバンド (BB) 探知結果を平滑化する平滑化部；を含む

請求項 1 1 に記載の二重偏波変数基盤ブライバンド探知結果を利用した反射因子補正装置。

【請求項 1 4】

前記ブライバンド判別部は、

偏波間相関係数 (h_v) が予め設定された第 1 しきい値以下である場合、総メンバーシップ関数値 (MV_{total}) が予め設定された第 2 しきい値を超過する場合、および偏波間相関係数 (h_v) が前記第 1 しきい値を超過する場合、偏波抑圧比 (D_r) が予め設定された第 3 しきい値以上の場合、ブライバンド (BB) の候補として区別する
請求項 1 3 に記載の二重偏波変数基盤ブライバンド探知結果を利用した反射因子補正装置。

【請求項 1 5】

前記ブライバンド判別部は、

ブライバンド (BB) の候補のうちレーダから距離により SNR が予め設定された第 4 しきい値を超過するか、反射因子 (Z) が予め設定された第 5 しきい値を超過するか、レーダビーム上端部の温度が予め設定された第 6 しきい値未満であるかまたはレーダビーム下端部の温度が予め設定された第 7 しきい値を超過する場合、ブライバンド (BB) として判別する

請求項 1 4 に記載の二重偏波変数基盤ブライバンド探知結果を利用した反射因子補正装置。

【請求項 1 6】

前記誤探知除去部は、

各仰角で方位角を基準として各セクター別総メンバーシップ関数値 (MV_{total}) を高度により平均して総メンバーシップ関数値 (MV_{total}) プロファイルおよびレーダビームの中心温度を高度により平均して温度平均プロファイルを生成し、

予め設定した値以上の高仰角に対して平均総メンバーシップ関数値 (MV_{total}) が最大である高度を基準高度に設定して、平均総メンバーシップ関数値 (MV_{total}) が予め設定された第 8 しきい値未満となる最初の高度をブライバンド (BB) の上限および下限高度に設定し、

予め設定した値未満の低仰角に対して平均温度が 0 である高度を基準高度に設定して、ブライバンド (BB) の上限および下限高度を基準高度より予め設定した高度だけ高いか低く、総メンバーシップ関数値 (MV_{total}) の平均が前記第 8 しきい値未満である高度に設定し、

仰角にかかわらず平均温度が一定範囲内である高度内で、平均総メンバーシップ関数値 (MV_{total}) の最大値が前記第 8 しきい値未満であり特定距離で平均温度が零下である場合、上限高度を再設定する

請求項 1 3 に記載の二重偏波変数基盤ブライバンド探知結果を利用した反射因子補正装置。

【請求項 1 7】

10

20

30

40

50

前記反射因子補正部は、

各仰角別降水エコー対比ブライトバンド (BB) エコーの比が一定の比以上である場合、ブライトバンド (BB) 領域の反射因子 (Z) データを平均して反射因子見かけプロファイルを生成するプロファイル生成部；

見かけプロファイルからブライトバンド (BB) 上端部 - 最頂点、最頂点 - 下端部、上端部 - 下端部に対する高度による反射因子傾きを算出する変化率算出部；

ブライトバンド (BB) として探知された領域に対してブライトバンド (BB) の最頂点を基準として反射因子補正係数を計算する補正係数算出部；

算出された補正係数に基づいて観測された反射因子 (Z) と補正後の反射因子 (Z) の差値である反射因子補正値を算出する補正値算出部；および、

算出された補正値を観測された反射因子 (Z) に適用する補正値適用部；を含む請求項 1 1 に記載の二重偏波変数基盤ブライトバンド探知結果を利用した反射因子補正装置。

【請求項 1 8】

補正された反射因子 (Z) および反射因子補正値を保存する結果保存部；をさらに含む請求項 1 1 に記載の二重偏波変数基盤ブライトバンド探知結果を利用した反射因子補正装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は二重偏波変数基盤明るい帯探知結果を利用した反射度補正方法、これを遂行するための記録媒体および装置に関し、さらに詳細にはファジィ論理と偏波消滅度を利用して明るい帯を探知し、反射度見かけプロファイルの生成を通じて反射度補正係数を算出して明るい帯による反射度過大観測を補正する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

明るい帯は、レーダビームが降雪粒子が 0 高度を通過しながら降雨粒子に変わる融解層を通過して反射度 Z が過大観測される現象をいう。降雪粒子は 0 付近で溶け始め、誘電率の変化によって Z が高くなる。

【0003】

明るい帯による Z 過大観測は、 Z に基づいた降水量推定時に過大推定を引き起こすため、正確な降水推定のためには明るい帯を探知し補正しなければならない。

【0004】

単偏波レーダを利用した研究は殆ど Z プロファイルから明るい帯を探知した。 Z 鉛直構造に基づいた明るい帯の探知は、非気象エコー（地形エコーなど）が混在され明るい帯がレーダを中心に同心円の形態で現れない低高度角資料の明るい帯を探知するのに限界がある。また、夏場を除いて地上の近くに現れる明るい帯は全体の構造を観測することができないため活用が制限的であるという問題がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】大韓民国登録特許第 10 - 1255966 号

【文献】大韓民国登録特許第 10 - 1483617 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の技術的課題はこのような点に鑑みたもので、本発明の目的は二重偏波変数基盤明るい帯探知結果を利用した反射度補正方法を提供することである。

【0007】

本発明の他の目的は、前記二重偏波変数基盤明るい帯探知結果を利用した反射度補正方

10

20

30

40

50

法を遂行するためのコンピュータプログラムが記録された記録媒体を提供することである。

【0008】

本発明のさらに他の目的は、前記二重偏波変数基盤明るい帯探知結果を利用した反射度補正方法を遂行するための装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

前記の本発明の目的を具現するための一実施例に係る二重偏波変数基盤明るい帯探知結果を利用した反射度補正方法は、二重偏波変数の観測誤差を補正して偏波消滅度を算出する前処理段階；特定高度角資料から生成された準 - 鉛直分布から抽出された明るい帯の高度を利用して、明るい帯と非明るい帯領域の二重偏波変数を分析して各特性変数の所属関数および加重値を算出するファジィ分類器生成段階；高度角別にファジィ分類器と偏波消滅度を利用して明るい帯を探知する明るい帯探知段階；および高度角別に明るい帯領域の反射度資料を平均して生成した反射度見かけプロファイルを利用して算出した補正係数に基づいて探知された明るい帯領域の反射度過大観測を補正する反射度補正段階；を含む。

10

【0010】

本発明の実施例で、前記前処理段階は、反射度および差等反射度に対して遮蔽による電力損失を補正する段階；反射度および差等反射度に対して降雨減衰補正を遂行する段階；信号対雑音比（SNR）を利用して交差相関係数を補正する段階；および交差相関係数および差等反射度に基づいて偏波消滅度を算出する段階；を含むことができる。

【0011】

20

本発明の実施例で、前記ファジィ分類器生成段階は、一定高度角以上の特定高度角資料から準 - 鉛直分布を生成する段階；生成された準 - 鉛直分布から明るい帯の高度を抽出する段階；抽出された明るい帯の高度を基準として明るい帯と非明るい帯領域を区分する段階；および正規化された頻度分布から各特性変数の所属関数（MF）を算出し、所属関数から加重値を決定する段階；を含むことができる。

【0012】

本発明の実施例で、前記明るい帯探知段階は、各特性変数の加重値を利用して観測資料の明るい帯による汚染度を表す総所属値を算出する段階；総所属値と偏波消滅度を利用して明るい帯を判別する段階；各高度角で方位角を基準として各セクター別総所属値を高度により平均して生成した総所属値プロファイルおよびレーダビームの中心温度を高度により平均した温度平均プロファイルを利用して誤探知された領域を除去する段階；および中間値フィルタを適用して明るい帯探知結果を平滑化する段階；を含むことができる。

30

【0013】

本発明の実施例で、前記明るい帯を判別する段階は、交差相関係数が予め設定された第1しきい値以下である場合、総所属値が予め設定された第2しきい値を超過する場合、および交差相関係数が前記第1しきい値を超過する場合、偏波消滅度が予め設定された第3しきい値以上の場合、明るい帯の候補として区別する段階；を含むことができる。

【0014】

本発明の実施例で、前記明るい帯を判別する段階は、明るい帯の候補のうちレーダから距離によりSNRが予め設定された第4しきい値を超過するか、反射度が予め設定された第5しきい値を超過するか、レーダビーム上端部の温度が予め設定された第6しきい値未満であるかまたはレーダビーム下端部の温度が予め設定された第7しきい値を超過する場合、明るい帯として判別する段階；をさらに含むことができる。

40

【0015】

本発明の実施例で、前記誤探知された領域を除去する段階は、各高度角で方位角を基準として各セクター別総所属値を高度により平均して総所属値プロファイルおよびレーダビームの中心温度を高度により平均して温度平均プロファイルを生成する段階；予め設定した値以上の高高度角に対して平均総所属値が最大である高度を基準高度に設定して、平均総所属値が予め設定された第8しきい値未満となる最初の高度を明るい帯の上限および下限高度に設定する段階；および予め設定した値未満の低高度角に対して平均温度が0 であ

50

る高度を基準高度に設定して、明るい帯の上限および下限高度を基準高度より予め設定した高度だけ高いか低く、総所属値の平均が前記第 8 しきい値未満である高度に設定する段階；を含むことができる。

【 0 0 1 6 】

本発明の実施例で、前記誤探知された領域を除去する段階は、高度角にかかわらず平均温度が一定範囲内である高度内で、平均総所属値の最大値が前記第 8 しきい値未満であり特定距離で平均温度が零下である場合、上限高度を再設定する段階；をさらに含むことができる。

【 0 0 1 7 】

本発明の実施例で、前記反射度補正段階は、各高度角別降水エコー対比明るい帯エコーの比が一定の比以上である場合、明るい帯領域の反射度資料を平均して反射度見かけプロファイルを生成する段階；見かけプロファイルから明るい帯上端部 - 最頂点、最頂点 - 下端部、上端部 - 下端部に対する高度による反射度傾きを算出する段階；明るい帯として探知された領域に対して明るい帯の最頂点を基準として反射度補正係数を計算する段階；算出された補正係数に基づいて観測された反射度と補正後の反射度の差値である反射度補正値を算出する段階；および算出された補正値を観測された反射度に適用する段階；を含むことができる。

10

【 0 0 1 8 】

本発明の実施例で、前記二重偏波変数基盤明るい帯探知結果を利用した反射度補正方法は、補正された反射度および反射度補正値を保存する結果保存段階；をさらに含むことができる。

20

【 0 0 1 9 】

前記本発明の他の目的を具現するための一実施例に係るコンピュータで読み取り可能な保存媒体には、前記二重偏波変数基盤明るい帯探知結果を利用した反射度補正方法を遂行するためのコンピュータプログラムが記録されている。

【 0 0 2 0 】

前記本発明のさらに他の目的を具現するための一実施例に係る二重偏波変数基盤明るい帯探知結果を利用した反射度補正装置は、二重偏波変数観測誤差を補正して偏波消滅度を算出する前処理部；特定高度角資料から生成された準 - 鉛直分布から抽出された明るい帯の高度を利用して各特性変数の所属関数および加重値を生成するファジィ分類器生成部；高度角別に総所属値と偏波消滅度を利用して明るい帯を探知する明るい帯探知部；および高度角別に明るい帯領域の反射度資料を平均して生成した反射度の見かけプロファイルを利用して算出した補正係数に基づいて探知された明るい帯領域の反射度過大観測を補正する反射度補正部；を含む。

30

【 0 0 2 1 】

本発明の実施例で、前記前処理部は、反射度および差等反射度に対して遮蔽による電力損失を補正するビーム遮蔽補正部；反射度および差等反射度に対して降雨減衰補正を遂行する降雨減衰補正部；信号対雑音比 (S N R) を利用して交差相関係数を補正する h_v 補正部；および交差相関係数および差等反射度に基づいて偏波消滅度を算出する D_r 計算部；を含むことができる。

40

【 0 0 2 2 】

本発明の実施例で、前記ファジィ分類器生成部は、一定高度角以上の特定高度角資料から準 - 鉛直分布を生成する Q V P 生成部；生成された準 - 鉛直分布から明るい帯の高度を抽出する明るい帯高度抽出部；明るい帯の高度を基準として明るい帯と非明るい帯領域を区分する明るい帯区別部；および正規化された頻度分布から各特性変数の所属関数 (M F) を算出し、所属関数から加重値を決定する加重値決定部；を含むことができる。

【 0 0 2 3 】

本発明の実施例で、前記明るい帯探知部は、各特性変数の加重値を利用して観測資料の明るい帯による汚染度を表す総所属値を算出する総所属値算出部；総所属値と偏波消滅度を利用して明るい帯を判別する明るい帯判別部；各高度角で方位角を基準として各セクター

50

別総所属値を高度により平均して生成した総所属値プロファイルおよびレーダビームの中心温度を高度により平均した温度平均プロファイルを利用して誤探知された領域を除去する誤探知除去部；および中間値フィルタを適用して明るい帯探知結果を平滑化する平滑化部；を含むことができる。

【0024】

本発明の実施例で、前記明るい帯判別部は、交差相関係数が予め設定された第1しきい値以下である場合、総所属値が予め設定された第2しきい値を超過する場合、および交差相関係数が前記第1しきい値を超過する場合、偏波消滅度が予め設定された第3しきい値以上の場合、明るい帯の候補として区別することができる。

【0025】

本発明の実施例で、前記明るい帯判別部は、明るい帯の候補のうちレーダから距離によりSNRが予め設定された第4しきい値を超過するか、反射度が予め設定された第5しきい値を超過するか、レーダビーム上端部の温度が予め設定された第6しきい値未満であるかまたはレーダビーム下端部の温度が予め設定された第7しきい値を超過する場合、明るい帯として判別することができる。

【0026】

本発明の実施例で、前記誤探知除去部は、各高度角で方位角を基準として各セクター別総所属値を高度により平均して総所属値プロファイルおよびレーダビームの中心温度を高度により平均して温度平均プロファイルを生成し、予め設定した値以上の高高度角に対して平均総所属値が最大である高度を基準高度に設定して、平均総所属値が予め設定された第8しきい値未満となる最初の高度を明るい帯の上限および下限高度に設定し、予め設定した値未満の低高度角に対して平均温度が0である高度を基準高度に設定して、明るい帯の上限および下限高度を基準高度より予め設定した高度だけ高いか低く、総所属値の平均が前記第8しきい値未満である高度に設定し、高度角にかかわらず平均温度が一定範囲内である高度内で、平均総所属値の最大値が前記第8しきい値未満で平均温度が零下である場合、上限高度を再設定することができる。

【0027】

本発明の実施例で、前記反射度補正部は、各高度角別降水エコー対比明るい帯エコーの比が一定の比以上である場合、明るい帯領域の反射度資料を平均して反射度見かけプロファイルを生成するプロファイル生成部；見かけプロファイルから明るい帯上端部 - 最頂点、最頂点 - 下端部、上端部 - 下端部に対する高度による反射度傾きを算出する変化率算出部；明るい帯として探知された領域に対して明るい帯の最頂点を基準として反射度補正係数を計算する補正係数算出部；算出された補正係数に基づいて観測された反射度と補正後の反射度の差値である反射度補正値を算出する補正値算出部；および算出された補正値を観測された反射度に適用する補正値適用部；を含むことができる。

【0028】

本発明の実施例で、前記二重偏波変数基盤明るい帯探知結果を利用した反射度補正装置は、補正された反射度および反射度補正値を保存する結果保存部；をさらに含むことができる。

【発明の効果】**【0029】**

このような二重偏波変数基盤明るい帯探知結果を利用した反射度補正方法によると、明るい帯の二重偏波変数特性を分析してファジィ論理によって明るい帯汚染度を算出し、探知された明るい帯に対する反射度見かけプロファイルを利用して反射度補正係数を算出する。したがって、レーダボリューム資料の格子基盤明るい帯を探知して過大観測された反射度資料を補正することができ、補正された反射度を利用して降水量推定正確度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】**【0030】**

【図1】本発明の一実施例に係る二重偏波変数基盤明るい帯探知結果を利用した反射度補

10

20

30

40

50

正装置のブロック図である。

【図 2】図 1 の前処理部の詳細ブロック図である。

【図 3】図 1 のファジィ分類器生成部の詳細ブロック図である。

【図 4】明るい帯と非明るい帯領域の定義を説明するための図面である。

【図 5 a】明るい帯と非明るい帯領域で特性変数別所属関数を示す図面である。

【図 5 b】明るい帯と非明るい帯領域で特性変数別所属関数を示す図面である。

【図 5 c】明るい帯と非明るい帯領域で特性変数別所属関数を示す図面である。

【図 5 d】明るい帯と非明るい帯領域で特性変数別所属関数を示す図面である。

【図 6】図 1 の明るい帯探知部の詳細ブロック図である。

【図 7】明るい帯領域での総所属値分布を示す図面である。

10

【図 8 a】セクター別総所属値と温度平均プロファイルの例示を示す図面である。

【図 8 b】セクターとウィンドウの大きさの定義を説明するための図面である。

【図 9】図 1 の反射度補正部の詳細ブロック図である。

【図 10 a】反射度見かけプロファイルを示す図面である。

【図 10 b】補正係数の算出の例示を示す図面である。

【図 11】本発明の一実施例に係る二重偏波変数基盤明るい帯探知結果を利用した反射度補正方法のフローチャートである。

【図 12】図 11 の明るい帯探知段階を説明する詳細フローチャートである。

【図 13】図 11 の明るい帯探知段階を説明する詳細フローチャートである。

【図 14】図 11 の反射度補正段階を説明する詳細フローチャートである。

20

【発明を実施するための形態】

【0031】

後述する本発明に対する詳細な説明は、本発明が実施され得る特定の実施例を例示として図示する添付図面を参照する。これら実施例は当業者が本発明を実施できるように充分かつ詳細に説明される。本発明の多様な実施例は互いに異なるが相互に排他的である必要はないことが理解されるべきである。例えば、ここに記載されている特定の形状、構造および特性は、一実施例に関連して本発明の精神および範囲を逸脱することなく他の実施例で具現され得る。また、それぞれの開示された実施例内の個別構成要素の位置または配置は、本発明の精神および範囲を逸脱することなく変更され得る。したがって、後述する詳細な説明は限定的な意味ではなく、本発明の範囲は、適切に説明されるのであれば、その請求項が主張するものと均等なすべての範囲とともに添付された請求項によってのみ限定される。図面で類似する参照符号は多様な側面に亘って同一または類似する機能を指し示す。

30

【0032】

以下、図面を参照して本発明の好ましい実施例をより詳細に説明することにする。

図 1 は、本発明の一実施例に係る二重偏波変数基盤明るい帯探知結果を利用した反射度補正装置のブロック図である。

【0033】

本発明に係る二重偏波変数基盤明るい帯探知結果を利用した反射度補正装置（10、以下、装置）は、二重偏波変数で算出した偏波消滅度をファジィ分類器に追加して明るい帯を探知し、反射度見かけプロファイルを利用して明るい帯領域の過大観測された反射度補正技術を提供する。

40

【0034】

図 1 を参照すると、本発明に係る装置 10 は前処理部 110、ファジィ分類器生成部 130、明るい帯探知部 150 および反射度補正部 170 を含む。前記装置 10 は結果保存部 190 をさらに含むことができる。

【0035】

本発明の前記装置 10 は二重偏波変数基盤明るい帯探知結果を利用した反射度補正を遂行するためのソフトウェア（アプリケーション）が設置されて実行され得、前記前処理部 110、前記ファジィ分類器生成部 130、前記明るい帯探知部 150、前記反射度補正部 170 および前記結果保存部 190 の構成は、前記装置 10 で実行される前記二重偏波変

50

数基盤明るい帯探知結果を利用した反射度補正を遂行するためのソフトウェアによって制御され得る。

【0036】

前記装置10は別途の端末であるかまたは端末の一部のモジュールであり得る。また、前記前処理部110、前記ファジィ分類器生成部130、前記明るい帯探知部150、前記反射度補正部170および前記結果保存部190の構成は統合モジュールで形成されるか、一つ以上のモジュールからなり得る。しかし、これとは反対に各構成は別途のモジュールからなってもよい。

【0037】

前記装置10は移動性を有するか固定され得る。前記装置10は、サーバー(server)またはエンジン(engine)の形態であり得、デバイス(device)、機構(apparatus)、端末(terminal)、UE(user equipment)、MS(mobile station)、無線機器(wireless device)、携帯機器(handheld device)等の他の用語で呼ばれ得る。

10

【0038】

前記装置10は運営体制(Operation System; OS)、すなわちシステムに基づいて多様なソフトウェアを実行するか製作することができる。前記運営体制はソフトウェアが装置のハードウェアを使用できるようにするためのシステムプログラムであって、アンドロイド(登録商標)OS、iOS、ウインドウモバイルOS、パダOS、シンビアンOS、ブラックベリーOSなどのモバイルコンピュータ運営体制およびウインドウ系列、リナックス(登録商標)系列、ユニックス系列、MAC、AIX、HP-UXなどのコンピュータ運営体制をすべて含むことができる。

20

【0039】

前記前処理部110は二重偏波変数の観測誤差を補正して偏波消滅度を算出する。

【0040】

融解層で溶けている降雪粒子をレーダが観測すると誘電率によってZが増加し、大気水象体の形に関連した差等反射度が増加する。レーダビームの観測ボリューム内大気水象体の種類の均質性に関連した交差相関係数(h_v)、大気水象体の軸比(axis ratio)に関連した線形消滅度(linear depolarization ratio、LDR)も明るい帯探知に有用なレーダ観測変数である。

30

【0041】

LDR変数観測のためには一つの偏波モードのみ送信する特別な観測戦略が要求されるので、水平偏波と垂直偏波を同時送受信(simultaneous transmission and receiving、STAR)する現業用二重偏波レーダはLDR資料を獲得できない。

【0042】

最近、STARモードで運営されるレーダで観測可能な変数である h_v 、 Z_{DR} 資料を利用して偏波消滅度(depolarization ratio、 D_r)を算出することによって、LDR変数に代わって品質管理、明るい帯探知、ひょうの探知、降雪粒子の形の区分などに活用している。したがって、本発明はZ、 Z_{DR} 、 h_v 、 D_r をファジィ分類器の特性変数として使い、各変数に対して観測誤差を補正する前処理過程を遂行する。

40

【0043】

図2を参照すると、本発明の一実施例に係る前処理部110はビーム遮蔽補正部111、降雨減衰補正部113、 h_v 補正部115および D_r 計算部117を含むことができる。

【0044】

前記ビーム遮蔽補正部111および前記降雨減衰補正部113は、レーダで観測された資料である反射度Zと差等反射度 Z_{DR} に対して部分ビーム遮蔽、降雨減衰による反射度損失を補正する。遮蔽率は遮蔽による電力損失率を意味し、水平に約30m解像度の数値標高モデル(digital elevation model、DEM)資料を利用して標準大気でのビーム屈折とガウシアンビームパターンを仮定して算出した($BBF=1$ は完

50

全損失を意味する)。観測誤差別 Z 、 Z_{DR} 補正値は以下の数式 1 および数式 2 のように計算され得る。

【 0 0 4 5 】

【数 1】

$$\text{ビーム遮蔽: } \Delta Z_{H,blokcage} = -10 \log_{10}(1-BBF), BBF = \text{遮蔽率}$$

【 0 0 4 6 】

【数 2】

$$\text{降雨減衰: } \Delta Z_{H,attenuation} = 2 \sum_{i=1}^n A_i$$

$$A = 3.348 \times 10^{-6} Z_H^{0.755}$$

$$\Delta Z_{DR} = \Delta Z_{DR} * 0.22$$

10

【 0 0 4 7 】

ρ_{hv} はレーダ受信機、導波管、アンテナなどによる雑音の影響を受ける。前記 ρ_{hv} 補正部 1 1 5 は雑音によって偏向された (biased) ρ_{hv} を補正するために、以下の数式 3 のように信号対雑音比 (signal to noise ratio、SNR) を利用することができる。

【 0 0 4 8 】

【数 3】

$$\rho_{hv} = \rho_{hv}^{(m)} \left(1 + \frac{1}{SNR} \right)$$

20

【 0 0 4 9 】

ここで、 $\rho_{hv}^{(m)}$ は観測された ρ_{hv} 、 ρ_{hv} は補正された ρ_{hv} を表し、snr は線形単位 (linear unit) の SNR ($= \rho_{hv} = 10^{0.1SNR(dB)}$) を意味する。特に、低い SNR の降雪エコーで 0.98 以下の ρ_{hv} は明るい帯探知性能を低下させるためこれを補正しなければならない。

30

【 0 0 5 0 】

D_r 計算部 1 1 7 は交差相関係数および差等反射度に基づいて偏波消滅度を算出する。 D_r は STAR モードで運営されるレーダの ρ_{hv} と Z_{DR} 資料を利用して以下の数式 4 のように算出することができる。

【 0 0 5 1 】

【数 4】

$$D_r = \frac{1 + Z_{dr}^{-1} - 2\rho_{hv}Z_{dr}^{-1/2}}{1 + Z_{dr}^{-1} + 2\rho_{hv}Z_{dr}^{-1/2}}$$

40

【 0 0 5 2 】

ここで、 Z_{dr} は線形単位 (linear unit) の差等反射度を意味する。

50

【 0 0 5 3 】

前記ファジィ分類器生成部 1 3 0 は、準 - 鉛直分布から抽出された明るい帯の高度内での二重偏波変数の分布を利用して加重値および所属関数を生成する。図 3 を参照すると、前記ファジィ分類器生成部 1 3 0 は Q V P 生成部 1 3 1、明るい帯高度抽出部 1 3 3、明るい帯区別部 1 3 5 および加重値決定部 1 3 7 を含むことができる。

【 0 0 5 4 】

一般的に、低高度角（例えば、0 . 7 °）と高高度角（例えば、7 . 5 °）に対する Z、_{h v} 映像を比較すると、高高度角では Z、_{h v} 領域ですべて明るい帯の境界が明確に区分されるが、_{h v} 映像で明るい帯領域が反射度映像に比べて多少狭い。低高度角では Z 映像で明るい帯の境界を把握し難い反面、_{h v} 映像で明るい帯の境界が明確に現れる。

10

【 0 0 5 5 】

前記 Q V P 生成部 1 3 1 は明るい帯の形態がレーダを中心に同心円で現れる高高度角の資料を利用して、準 - 鉛直分布を生成して明るい帯と非明るい帯領域での特性変数を分析する。明るい帯特性分析結果に基づいてファジィ分類器生成のための訓練した資料として使うことができる。

【 0 0 5 6 】

一実施例で、ファジィ分類器生成のための明るい帯特性値析のために、7 ° 高度角資料から生成した準 - 鉛直分布 (Q u a s i - V e r t i c a l P r o f i l e、Q V P) を利用した。準 - 鉛直分布は、特定高度角で二重偏波変数を方位角方向に平均して降水システムの鉛直構造を分析する技術である。高い高度角を利用すれば、二重偏波変数の雑音を最小化して降水システムの鉛直構造分析に有利である。前記明るい帯高度抽出部 1 3 3 は各二重偏波変数に対する準 - 鉛直分布と座標系回転方法を利用して明るい帯を探知することができる。

20

【 0 0 5 7 】

その結果、準 - 鉛直分布で二重偏波変数の最大値または最小値で明るい帯の最頂点（略 4 . 5 k m）が位置した。明るい帯領域で _{h v} は 0 . 9 7 以下と低く、D_r は - 2 0 . 0 d B 以上の値を見せた。

【 0 0 5 8 】

例えば、前記明るい帯区別部 1 3 5 で明るい帯領域と非明るい帯領域の区分には、準 - 鉛直分布から抽出した明るい帯上端部、下端部を利用することができる。図 4 を参照すると、明るい帯領域は上端部 ~ 下端部（斜線を引いた領域）、非明るい帯領域は 1 . 5 k m 高度 ~ 下端部 - 5 個のゲート、上端部 + 5 個のゲート ~ 最大距離までに設定した。

30

【 0 0 5 9 】

前記加重値決定部 1 3 7 は正規化された頻度分布から各特性変数の所属関数 (M F) を算出し、所属関数から加重値を決定することができる。明るい帯特性変数別所属関数 (m e m b e r s h i p f u n c t i o n、M F) は以下の数式 5 のように正規化された頻度分布から算出することができる。

【 0 0 6 0 】

【数 5】

$$MF_{BB_i}(x) = \frac{F_{BB_i}(x)}{F_{nonBB_i}(x) + F_{BB_i}(x)}$$

40

【 0 0 6 1 】

ここで、F (i) は正規化された頻度分布、M F (i) は所属関数、i は特性変数 (Z、Z_{DR}、_{h v}、D_r) を意味する。図 5 a ~ 図 5 d は各変数別所属関数であり、所属関数の算出には総 7 個の層雲形降水の事例を利用した。各特性変数に対する加重値 (w e i g h t i n g、W (i)) は以下の数式 6 のように所属関数を利用して算出することがで

50

きる。

【 0 0 6 2 】

【 数 6 】

$$W_i = \frac{1}{A_i} / \sum_{i=1}^4 \frac{1}{A_i}$$

【 0 0 6 3 】

ここで、 A_i は明るい帯と非明るい帯の所属関数重なり領域の面積を意味する。

【 0 0 6 4 】

前記明るい帯探知部 1 5 0 はファジィ分類器およびセクター別総所属値 / 温度プロファイルを利用して明るい帯を探知する。

【 0 0 6 5 】

図 6 は、ファジィ分類器を利用した明るい帯探知部に対するブロック図である。前記明るい帯探知部 1 5 0 は前記ファジィ分類器生成部 1 3 0 で生成されたファジィ分類器に基づいて観測資料の明るい帯による汚染度（総所属値）を算出し、総所属値と D_r を利用して明るい帯を判別する。また、セクター基盤総所属値 / 温度平均プロファイルを利用して非気象エコー（青など）や低品質の観測資料によって明るい帯として誤探知された領域を除去し、中間値フィルタを適用して明るい帯探知結果を平滑化する。

【 0 0 6 6 】

このために、前記明るい帯探知部 1 5 0 は総所属値算出部 1 5 1、明るい帯判別部 1 5 3、誤探知除去部 1 5 5 および平滑化部 1 5 7 を含むことができる。

【 0 0 6 7 】

前記総所属値算出部 1 5 1 で総所属値（ MV_{total} ）は以下の数式 7 のように各変数別加重値を利用して算出することができる。

【 0 0 6 8 】

【 数 7 】

$$MV_{total} = \frac{\sum_{i=1}^4 MV_i \times W_i}{\sum_{i=1}^4 W_i}$$

【 0 0 6 9 】

図 7 は総 5 個の降水事例に対する反射度準 - 鉛直分布で探知した明るい帯領域での総所属値分布である。明るい帯領域で総所属値はほとんど 0.7 ~ 1.0 の間に分布し、0.3 を明るい帯探知のためのしきい値に決定した。0.3 以下の値は準 - 鉛直分布内で高い h_v を見せた領域である。準 - 鉛直分布で明るい帯領域に含まれるが h_v が高い領域が存在する。

【 0 0 7 0 】

このような短所を解決するために、前記明るい帯判別部 1 5 3 は、 h_v が低い領域はファジィ分類器、 h_v が高い領域は D_r を利用して明るい帯探知を探知する。

【 0 0 7 1 】

前記明るい帯判別部 1 5 3 は、格子基盤の明るい帯探知のために開発したファジィ分類器と D_r しきい値を利用して明るい帯を探知する。この時、 h_v 範囲によりファジィ論理と D_r を適用する。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 2 】

例えば、 h_v が0.97以上である領域に対して総所属値が0.3以上、0.97を超過する領域に対して D_r が-20. dB以上であれば、明るい帯に分類することができる。

【 0 0 7 3 】

高度角によるSNRと h_v 分布で、低高度角では低いSNR領域でビーム遮蔽によって h_v が低く、高高度角では降雪領域で h_v が低い。高度角が高いほど明るい帯の位置がレーダから近くなる。したがって、明るい帯とビーム遮蔽または降雪領域を区分するために、反射度が15 dBZ以上であり、以下の数式8のようにレーダから距離によりSNRしきい値以上であれば、明るい帯として探知することができる。

【 0 0 7 4 】

【 数 8 】

$$SNR_{threshold} = 70.0 - 25.0 \times \log_{10}(range + 15.0)$$

【 0 0 7 5 】

ここで、 $range$ はレーダから距離(km)を意味する。

【 0 0 7 6 】

また、明るい帯可能域を制限するために、レーダビーム上端部(T_{btop})と下端部(T_{bbot})の温度がそれぞれ10より低く、-10より高い時に明るい帯として探知することができる。

【 0 0 7 7 】

前記誤探知除去部155はセクター基盤で総所属値/温度平均プロファイルを利用して誤探知された領域を除去する。

【 0 0 7 8 】

明るい帯探知アルゴリズムは ρ_{hv} と D_r 値に大きく依存する。入力資料として品質管理後の資料を利用しているが、品質管理で除去されなかった ρ_{hv} 値が低い非気象エコー(青エコーなど)は明るい帯として誤探知される。このような問題を解決するために、総所属値(\overline{MV})と温度(\overline{T})平均プロファイルを利用して誤探知領域を除去する。

【 0 0 7 9 】

各高度角で方位角を基準として各セクター別総所属値プロファイルは総所属値を高度により平均して生成し、温度プロファイルはレーダビームの中心温度を高度により平均して生成する。

【 0 0 8 0 】

図8aはセクター別総所属値と温度平均プロファイル、図8bはセクター/ウインドウの大きさを示す。ウインドウの大きさは総所属値と温度平均プロファイル計算範囲を、セクターの大きさはしきい値適用範囲を意味する。明るい帯プロファイル生成時に観測ノイズを減らすために、セクターよりウインドウの大きさを広く設定することができる。

【 0 0 8 1 】

一実施例で、明るい帯の形態が主に同心円の形態で現れる3°以上の高高度角に対して、平均総所属値(\overline{MV})が最大である高度を基準高度(H_{ref})に設定して \overline{MV} が0.2未満となる最初の高度を明るい帯の上限(下限)高度に設定することができる。また、3°未満の低高度角に対して平均温度(\overline{T})が0°Cである高度を基準高度(H_{ref})に決定した後、明るい帯の上限(下限)高度を基準高度より1.0km高く(低く)、総所属値の平均が0.2以下である高度に設定することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 2 】

また、降雪事例に対する明るい帯誤探知を減らすために、高度角にかかわらず \bar{T} が $-5 \sim 5^\circ\text{C}$ である高度内で \overline{MV} 最大値が 0.2 未満であり、10 番目のビンで \bar{T} が零下であれば降雪事例と判断し、上限高度を 10 番目のビンに再設定することができる。

【 0 0 8 3 】

これに伴い、青エコー以外にも低高度角で残っている非降水エコーを明るい帯として誤探知する現象を改善することができる。本発明は低品質の二重偏波変数は明るい帯を誤探知する原因となり、総所属値 / 温度平均プロファイルの適用を通じてこれを改善することができる。

10

【 0 0 8 4 】

前記平滑化部 157 は中間値フィルタを適用して明るい帯探知結果を平滑化する。ここで、中間値フィルタは点エコー形態の探知結果を除去するために適用する。

【 0 0 8 5 】

例えば、該当ゲートを基準として、両側の方位角 5 個のゲート ($3^\circ \times 5 \text{ gate}$) ウィンドウ内でエコーが 50% 未満に存在すれば非明るい帯 (NBB) に分類し、ウィンドウ内でエコーが 50% 以上存在する場合、中間値で代替することができる。

【 0 0 8 6 】

前記反射度補正部 170 は反射度見かけプロファイルを利用して算出した補正係数で明るい帯領域の反射度過大観測を補正する。

20

【 0 0 8 7 】

図 9 は、前記明るい帯探知部 150 の明るい帯探知結果を利用した反射度補正部のブロック図である。図 9 を参照すると、前記反射度補正部 170 はプロファイル生成部 171、変化率算出部 173、補正係数算出部 175、補正值算出部 177 および補正值適用部 179 を含む。

【 0 0 8 8 】

前記反射度補正部 170 は明るい帯によって汚染された領域の反射度を平均した見かけプロファイルから反射度変化率を算出して反射度補正係数を算出する。算出された補正係数を観測された反射度に適用して明るい帯による反射度過大観測を補正する。

30

【 0 0 8 9 】

前記プロファイル生成部 171 は明るい帯による反射度過大観測を補正するために、反射度見かけプロファイル (Apparent vertical profile of reflectivity, AVPR) を生成する。AVPR は高度角別に明るい帯領域の反射度資料を平均して生成した。この時、該当距離で降水エコー対比明るい帯エコーの数が例えば、10% 以上である場合にのみ反射度を平均することができる。

【 0 0 9 0 】

図 10a は AVPR の例示であって、AVPR 内で反射度が最も強く明るい帯領域の ρ_{hv} 値が 0.97

以下である高度を明るい帯の最頂点高度 (h_{peak}) と定義し、AVPR で最上端と最下端の高度をそれぞれ h_{top} 、 h_{bottom} と定義した。

40

【 0 0 9 1 】

前記変化率算出部 173 は明るい帯上端部 - 最頂点 ()、最頂点 - 下端部 ()、上端部 - 下端部 () に対する高度による反射度変化量 (または反射度傾き) は最小自乗法を利用して算出することができる。

【 0 0 9 2 】

50

前記補正係数算出部175は明るい帯として探知された領域に対して、明るい帯の最頂点を基準として数式9と数式10を利用して反射度補正係数(correction factor、CF)を計算することができる。 h_{peak} が1.5kmより低く、上端部の厚さが下端部の厚さより厚い場合、明るい帯の下端部をすべて観測することができなかつたものと判断して、明るい帯の最頂点の反射度とAVPRを利用してCFを算出する。

【0093】

前記補正值算出部177は算出された高度別CFを利用して数式11のように明るい帯として探知された領域での反射度を補正する。したがって、CFが1であれば反射度を補正せず、CFが低いほど補正率が高い(図10b)。反射度補正值(ΔZ)は数式12のように観測された反射度($Z_{measured}$)と補正後の反射度($Z_{corrected}$)の差で算出する。

10

【0094】

前記補正值適用部179は算出された補正值を観測された反射度に適用する。明るい帯の高度が方位角別に大きい差を見せる場合、CFをレーダ方位角を基準として各セクタ別にAVPRを生成することができ、同じ過程をセクタ別に繰り返して反射度を補正することができる。

20

【0095】

【数9】

if $h_{peak} < 1.5 \text{ km}$ and $h_{peak} - h_{bottom} < h_{top} - h_{peak}$

$$CF(h) = \frac{Z_{top}}{AVPR(h)}$$

else

$$CF(h) = \frac{Z_{bot} + \gamma(h - h_{bot})}{Z_{bot} + \beta(h - h_{bot})} \quad (h \leq h_{peak})$$

30

【0096】

【数10】

$$CF(h) = \frac{Z_{top} - \alpha(h_{bot} - h)}{Z_{top} - \gamma(h_{top} - h)} \quad (h > h_{peak})$$

40

【0097】

【数11】

$$Z_{corrected} = Z_{measured} * CF(h)$$

【0098】

【数12】

50

$$\Delta Z = Z_{corrected} - Z_{measured}$$

【0099】

本発明に係るレーダ2.1°、3.2°高度角資料に対する明るい帯補正結果、明るい帯によって過大観測された反射度領域で反射度補正後の反射度が減少したし、水平的に連続的な分布を見せた。

【0100】

前記結果保存部190は前記反射度補正部170で補正された反射度と明るい帯による反射度過大観測補正值(ΔZ)を保存する。

10

【0101】

図11は、本発明の一実施例に係る二重偏波変数基盤明るい帯探知結果を利用した反射度補正方法のフローチャートである。

【0102】

本実施例に係る二重偏波変数基盤明るい帯探知結果を利用した反射度補正方法は、図1の装置10と実質的に同じ構成で進行され得る。したがって、図1の装置10と同じ構成要素は同じ図面番号を付与し、重複する説明は省略する。

20

【0103】

また、本実施例に係る二重偏波変数基盤明るい帯探知結果を利用した反射度補正方法は、二重偏波変数基盤明るい帯探知結果を利用した反射度補正を遂行するためのソフトウェア(アプリケーション)により実行され得る。

【0104】

本発明は明るい帯の二重偏波変数特性を分析して、レーダボリューム資料で明るい帯によって汚染された領域を探知して過大観測されたZ資料を補正する。

【0105】

図11を参照すると、本実施例に係る二重偏波変数基盤明るい帯探知結果を利用した反射度補正方法は、二重偏波変数の観測誤差を補正し、偏波消滅度を算出する前処理過程を遂行する(段階S10)。

30

【0106】

これに伴い、前記前処理段階(段階S10)は、反射度および差等反射度に対して遮蔽による電力損失率を補正する段階、反射度および差等反射度に対して降雨減衰補正を遂行する段階、信号対雑音比(SNR)を利用して交差相関係数を補正する段階および交差相関係数および差等反射度に基づいて偏波消滅度を算出する段階を含むことができる。

【0107】

前処理が完了すると、特定高度角資料から生成された準-鉛直分布から抽出された明るい帯の高度を利用して、明るい帯と非明るい帯領域の二重偏波変数を分析して各特性変数の所属関数および加重値を算出してファジィ分類器を生成する(段階S30)。ここで、特性変数は反射度Z、差等反射度Z_{DR}、交差相関係数(ρ_{hv})、偏波消滅度(D_r)を含むことができる。

40

【0108】

ファジィ分類器を生成する段階(段階S30)は、一定高度角以上の特定高度角資料から準-鉛直分布を生成する段階、生成された準-鉛直分布から明るい帯の高度を抽出する段階、明るい帯の高度を基準として明るい帯と非明るい帯を区分する段階および正規化された頻度分布から各特性変数の所属関数(MF)を算出し、所属関数から加重値を決定する段階を含むことができる。

【0109】

ファジィ分類器が生成されると、各特性変数の加重値、偏波消滅度およびセクター別総所

50

属値と温度プロファイルを利用して明るい帯を探知する（段階 S 5 0）。

【 0 1 1 0 】

図 1 2 を参照すると、明るい帯を探知する段階（段階 S 5 0）は、まず各特性変数の加重値を利用して観測資料の明るい帯による汚染度を表す総所属値を算出する（段階 S 5 1）。

【 0 1 1 1 】

総所属値と偏波消滅度を利用して明るい帯を判別する（段階 S 5 1）。例えば、交差相関係数が予め設定された第 1 しきい値（例えば、0.97）以下である場合（段階 S 5 2）、総所属値が予め設定された第 2 しきい値（例えば、0.3）を超過する場合（段階 S 5 3）および交差相関係数が前記第 1 しきい値を超過する場合（段階 S 5 2）、偏波消滅度が予め設定された第 3 しきい値（例えば、20）以上の場合、明るい帯の候補として区別することができる（段階 S 5 4）。その他の場合には非明るい帯として判別する（段階 S 5 7）。

10

【 0 1 1 2 】

その後、明るい帯の候補のうち、レーダから距離により SNR が予め設定された第 4 しきい値を超過するか、反射度が予め設定された第 5 しきい値（例えば、15.0）を超過するか、レーダビーム上端部の温度が予め設定された第 6 しきい値（例えば、10）未満であるかまたはレーダビーム下端部の温度が予め設定された第 7 しきい値（例えば、-10）を超過する場合（段階 S 5 5）、明るい帯として判別することができる（段階 S 5 6）。その他の場合には非明るい帯として判別する（段階 S 5 7）。

【 0 1 1 3 】

明るい帯を判別した後、各高度角で方位角を基準として、各セクター別総所属値を高度により平均して生成した総所属値プロファイルおよびレーダビームの中心温度を高度により平均した温度平均プロファイルを利用して誤探知された領域を除去することができる。

20

【 0 1 1 4 】

図 1 3 を参照すると、前記誤探知された領域を除去する段階は、各高度角でセクター別に総所属値を高度により平均して総所属値プロファイルおよびレーダビームの中心温度を高度により平均して温度平均プロファイルを生成する（段階 S 6 1）。

【 0 1 1 5 】

予め設定した値（例えば、3°）以上の高高度角に対して（段階 S 6 2）、平均総所属値が最大である高度を基準高度に設定して、平均総所属値が予め設定された第 8 しきい値（例えば、0.2）未満となる最初の高度を明るい帯の上限および下限高度に設定することができる（段階 S 6 4）。

30

【 0 1 1 6 】

予め設定した値未満の低高度角に対して（段階 S 6 2）、平均温度が 0 である高度を基準高度に設定して、明るい帯の上限および下限高度を基準高度より予め設定した高度だけ高いか低く、総所属値の平均が前記第 8 しきい値（例えば、0.2）未満の高度に設定することができる（段階 S 6 3）。

【 0 1 1 7 】

また、高度角にかかわらず平均温度が一定範囲内である高度内で、平均総所属値の最大値が前記第 8 しきい値未満であり特定距離で平均温度が零下である場合（段階 S 6 5）、該当高度（例えば、10 番目のピン）を上限高度に再設定することができる（段階 S 6 6）。

40

【 0 1 1 8 】

誤探知された領域を除去後、中間値フィルタを適用して明るい帯探知結果を平滑化することができる。

【 0 1 1 9 】

高度角別に明るい帯領域の反射度資料を平均して生成した反射度見かけプロファイルを利用して算出した補正係数に基づいて探知された明るい帯領域の反射度過大観測を補正する（段階 S 7 0）。

【 0 1 2 0 】

図 1 4 を参照すると、前記反射度補正段階（段階 S 7 0）は、各高度角別に降水エコー対

50

比明るい帯エコーの比が一定の比以上である場合、明るい帯領域の反射度資料を平均して反射度見かけプロファイルを生成する（段階 S 7 1）。

【 0 1 2 1 】

見かけプロファイルから明るい帯上端部 - 最頂点、最頂点 - 下端部、上端部 - 下端部に対する高度による反射度傾きを算出し（段階 S 7 2）、明るい帯として探知された領域に対して明るい帯の最頂点を基準として反射度補正係数を計算する（段階 S 7 3）。

【 0 1 2 2 】

算出された補正係数に基づいて観測された反射度と補正後の反射度の差値である反射度補正值を算出し（段階 S 7 4）、算出された補正值を観測された反射度に適用することができる（段階 S 7 5）。

【 0 1 2 3 】

また、二重偏波変数基盤明るい帯探知結果を利用した反射度補正方法は補正された反射度および反射度補正值を保存する結果保存段階（段階 S 9 0）をさらに含むことができる。

【 0 1 2 4 】

本発明は、二重偏波変数で算出した偏波消滅度をファジイ分類器に追加して、明るい帯探知に活用したし、総所属値 / 温度プロファイルを利用して明るい帯探知正確度を向上させた。また、反射度見かけプロファイルを利用した明るい帯補正技術を開発した。

【 0 1 2 5 】

このような、二重偏波変数基盤明るい帯探知結果を利用した反射度補正方法は、アプリケーションで具現されたり多様なコンピュータ構成要素を通じて遂行され得るプログラム命令語の形態で具現されてコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録され得る。前記コンピュータ読み取り可能な記録媒体はプログラム命令語、データファイル、データ構造などを単独でまたは組み合わせて含むことができる。

【 0 1 2 6 】

前記コンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録されるプログラム命令語は、本発明のために特別に設計されて構成されたものであり、コンピュータソフトウェア分野の当業者に公知になっている使用可能なものであってもよい。

【 0 1 2 7 】

コンピュータ読み取り可能な記録媒体の例には、ハードディスク、フロッピーディスクおよび磁気テープのような磁気媒体、CD-ROM、DVDのような光記録媒体、フロプティカルディスク (floptical disk) のような磁気 - 光媒体 (magneto-optical media)、およびROM、RAM、フラッシュメモリなどのようなプログラム命令語を保存し遂行するように特別に構成されたハードウェア装置が含まれる。

【 0 1 2 8 】

プログラム命令語の例には、コンパイラによって作られるような機械語コードだけでなく、インタプリタなどを使ってコンピュータによって実行され得る高級言語コードも含まれる。前記ハードウェア装置は本発明に係る処理を遂行するために一つ以上のソフトウェアモジュールとして作動するように構成され得、その逆も同じである。

【 0 1 2 9 】

以上、実施例を参照して説明したが、該当技術分野の熟練した当業者は下記の特許請求の範囲に記載された本発明の思想および領域から逸脱しない範囲内で本発明を多様に修正および変更できる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 1 3 0 】

気象レーダ資料は降水量の推定、実況予測、水文気象などで重要な資料として活用されるため、気象および防災サービス分野、土木および水文分野などに有用に活用することができる。また、関連民間機関と学界で高い正確度のレーダ資料を確保するために該当技術に対する関心度が高いため、市場性や企業化の展望が明るい。

【 符号の説明 】

10

20

30

40

50

【 0 1 3 1 】

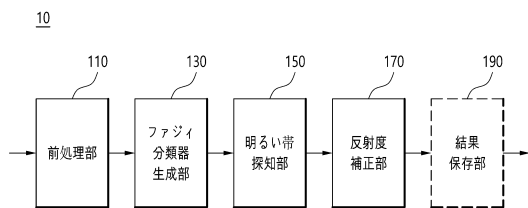
- 1 0 : 二重偏波変数基盤明るい帯探知結果を利用した反射度補正装置
- 1 1 0 : 前処理部
- 1 3 0 : ファジィ分類器生成部
- 1 5 0 : 明るい帯探知部
- 1 7 0 : 反射度補正部
- 1 9 0 : 結果保存部
- 1 1 1 : ビーム遮蔽補正部
- 1 1 3 : 降雨減衰補正部
- 1 1 5 : P_{hv} 補正部
- 1 1 7 : D_r 計算部
- 1 3 1 : QVP生成部
- 1 3 3 : 明るい帯高度抽出部
- 1 3 5 : 明るい帯区別部
- 1 3 7 : 加重値決定部
- 1 5 1 : 総所属値算出部
- 1 5 3 : 明るい帯判別部
- 1 5 5 : 誤探知除去部
- 1 5 7 : 平滑化部
- 1 7 1 : プロファイル生成部
- 1 7 3 : 変化率算出部
- 1 7 5 : 補正係数算出部
- 1 7 7 : 補正值算出部
- 1 7 9 : 補正值適用部

10

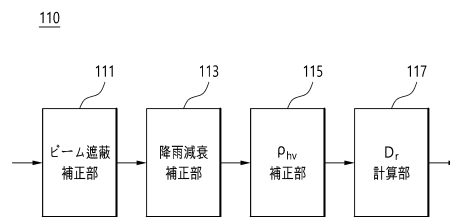
20

【 図 面 】

【 図 1 】



【 図 2 】

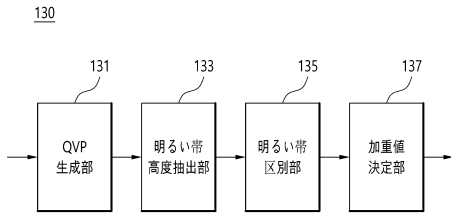


30

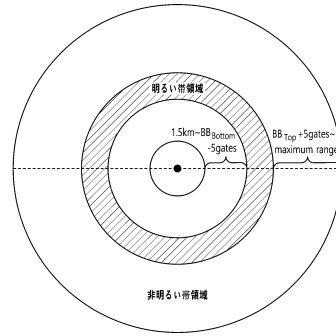
40

50

【 図 3 】

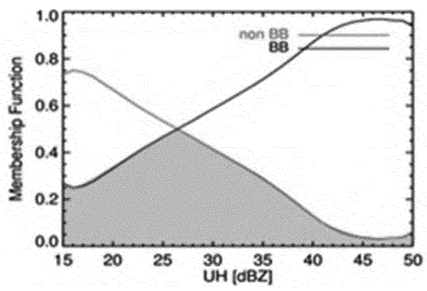


【 図 4 】

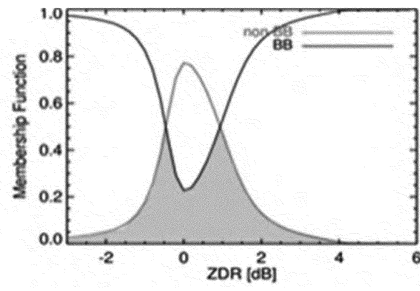


10

【 図 5 a 】

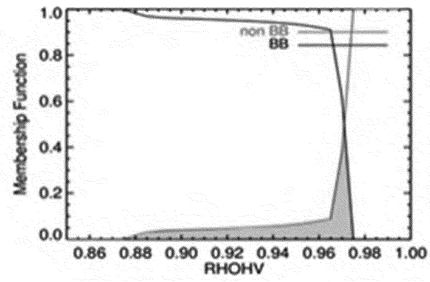


【 図 5 b 】

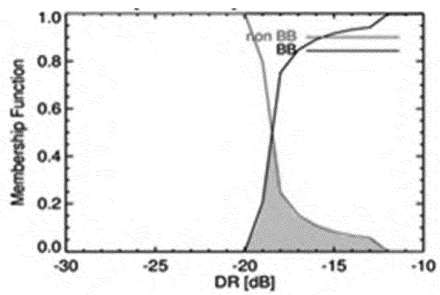


20

【 図 5 c 】



【 図 5 d 】

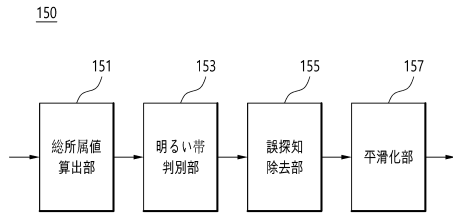


30

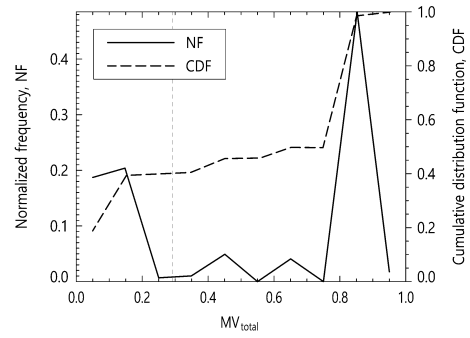
40

50

【図6】

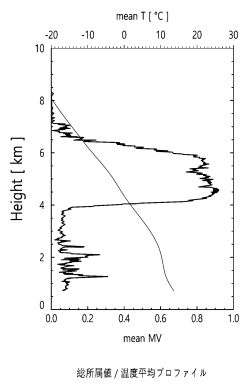


【図7】

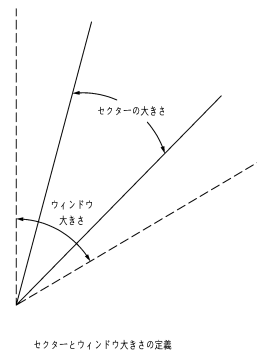


10

【図8a】

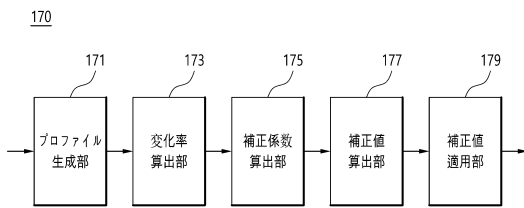


【図8b】

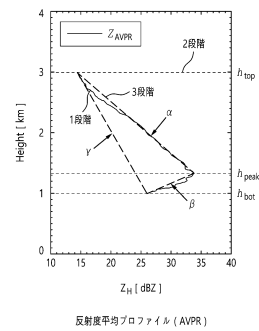


20

【図9】



【図10a】

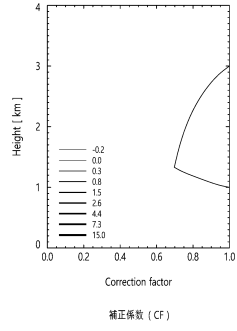


30

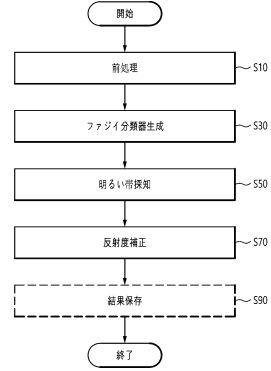
40

50

【図 10 b】

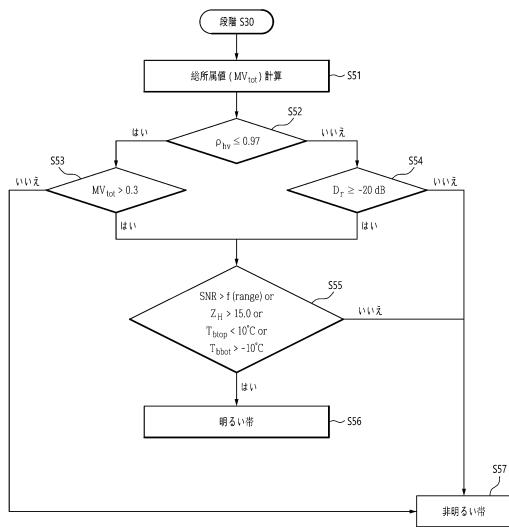


【図 11】

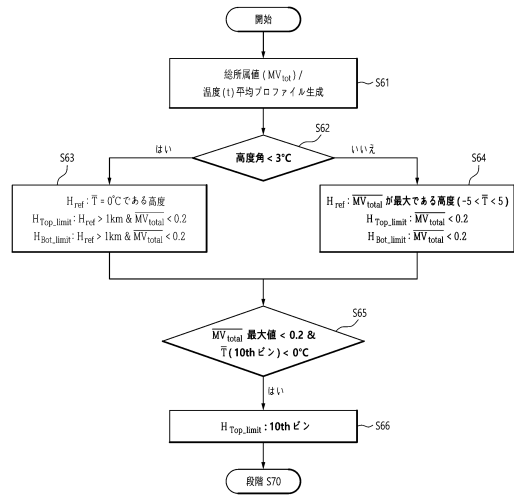


10

【図 12】



【図 13】



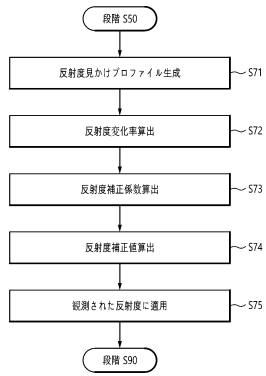
20

30

40

50

【 図 14 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- ン - グ、トクサン - ロ 5 1 - ギル、 1 1 - 3 4 0 3 ホ
- (72)発明者 イ、ジョン ウン
大韓民国、 1 4 3 4 6 キョンギ - ド クァンミョン - シ、ヤンジ - ロ、 1 6、 1 0 9 ドン 4 0 1 ホ
- (72)発明者 ジョン、ソン ファ
大韓民国、 0 7 0 6 3 ソウル トンジャク - グ、ヨイデバン - ロ 1 0 - ギル、 1 3、 1 0 3 ドン
9 0 3 ホ
- 審査官 福田 裕司
- (56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 1 5 / 0 1 4 5 7 1 7 (U S , A 1)
韓国登録特許第 1 0 - 2 1 9 4 4 2 7 (K R , B 1)
韓国登録特許第 1 0 - 2 1 1 3 6 7 3 (K R , B 1)
Jeong-Eun Lee et al. , Characteristics of the Bright Band Based on Quasi-Vertical Profiles of
Polarimetric Observations from an S-Band Weather Radar Network , Remote Sensing , 202
0年 , No.12,4061 , pp.1-18 , DOI:10.3390/rs12244061
M.A.Rico-Ramirez et al , Correction of the bright band using dual-polarisation radar , Atmo
spheric Science Letters , 2005年 , Vol.6 , PP.40-46 , DOI:10.1002/asl.89
Alexander Ryzhkov et al. , Quasi-Vvertical Profiles - A New Way to Look at Polarimetric Ra
dar Data , American Meteorological Society , 2016年 , Vol.33 , pp.551-562 , DOI:10.117
5/JTECH-D-15-0020.1
中北 英一 他 , 最新型偏波レーダを用いた氷相降水粒子タイプの混在状態推定に関する研
究 , 京都大学防災研究所年報 , 2010年 , 第 5 3 号 B , pp.433-445
真木 雅之 他 , X - バンド偏波レーダーによる降水観測技術の開発及び社会実装 , 天気 , V
ol.64,No.12 , 2017年 , pp.849-872
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
G 0 1 W 1 / 0 0 ~ 1 / 1 7