

(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2010-535344

(P2010-535344A)

(43) 公表日 平成22年11月18日(2010.11.18)

(51) Int.Cl.
G 0 1 S 13/95 (2006.01)F I
G O 1 S 13/95テーマコード (参考)
5 J O 7 0

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 31 頁)

(21) 出願番号 特願2010-520135 (P2010-520135)
 (86) (22) 出願日 平成20年7月29日 (2008. 7. 29)
 (85) 翻訳文提出日 平成22年3月24日 (2010. 3. 24)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2008/071495
 (87) 国際公開番号 W02009/045618
 (87) 国際公開日 平成21年4月9日 (2009. 4. 9)
 (31) 優先権主張番号 11/830, 574
 (32) 優先日 平成19年7月30日 (2007. 7. 30)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 592246587
 コロラド ステート ユニバーシティー
 リサーチ ファウンデーション
 アメリカ合衆国 コロラド州 80522
 フォート コリンズ ビー オー ボッ
 クス 483
 (74) 代理人 100076428
 弁理士 大塚 康德
 (74) 代理人 100112508
 弁理士 高柳 司郎
 (74) 代理人 100115071
 弁理士 大塚 康弘
 (74) 代理人 100116894
 弁理士 木村 秀二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パラメトリック時間領域手法を用いた地上反射波軽減

(57) 【要約】

手法及びシステムは、レーダを用いた注目領域の調査のために開示される。レーダ信号は注目領域へ伝播される。注目領域に散乱された、サンプリングされた時間領域レーダデータは収集される。尤度関数は、定義されたパラメータセットに対する、注目領域のパラメトリックモデルのサンプリングされた時間領域データを用いて計算される。パラメータセットは尤度関数の極値を見つけるために変更される。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーダを用いた注目領域の調査方法であって、
前記注目領域へレーダ信号を伝播する伝播手段と、
前記注目領域内に散乱された、サンプリングされた時間領域レーダデータを収集する収集手段と、

定義されたパラメータセットに対する、前記注目領域のパラメトリックモデルのサンプリングされた時間領域データを用いて、尤度関数を計算する計算手段と、

前記尤度関数の極値を求めるために、前記定義されたパラメータセットを変更する変更手段とを有することを特徴とする調査方法。

10

【請求項 2】

前記極値は大域的な極値であることを特徴とする請求項 1 に記載の調査方法。

【請求項 3】

前記極値は局所的な極値であることを特徴とする請求項 1 に記載の調査方法。

【請求項 4】

前記極値は最小値であることを特徴とする請求項 1 に記載の調査方法。

【請求項 5】

前記尤度関数は

$$L(\theta) = \ln(|\mathbf{R}(\theta)|) + \text{tr}(\mathbf{R}^{-1}(\theta)\hat{\mathbf{R}}_v)$$

20

であり、ここで R は要素を有する共分散行列

$$R[k, l] = P_p \exp\left[-\frac{8\pi^2 \sigma_p^2 (k-l)^2 T_s^2}{\lambda^2}\right] \exp\left[-j \frac{4\pi \bar{v} (k-l) T_s}{\lambda}\right] + \\ + P_c \exp\left[-\frac{8\pi^2 \sigma_c^2 (k-l)^2 T_s^2}{\lambda^2}\right] + \frac{2T_s}{\lambda} \sigma_N^2 \delta(k-l),$$

$k, l = 1, \dots, N$

であり、

30

T_s は測定された信号のサンプル、

λ はレーダ信号の波長、

j は

$$\sqrt{-1}$$

、及び

σ はクロネッカー関数であり、

前記パラメータセットは

降水量信号の強さである P_p 、

降水スペクトル幅である σ_p 、

降水量の平均速度である

40

$\bar{v}$

、

反射波の強さである P_c 、

反射波スペクトル幅である σ_c 、及び

ノイズの強さである σ_N^2

を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の調査方法。

【請求項 6】

前記サンプリングされた時間領域レーダデータを取得する取得手段は、取得された、不均一な時間において分布された時間領域レーダデータを備えることを特徴とする請求項 1

50

に記載の調査方法。

【請求項 7】

後に取得された時間領域レーダデータ間の時間間隔の比は実質的に 2 : 3 であることを特徴とする請求項 6 に記載の調査方法。

【請求項 8】

後に取得された時間領域レーダデータ間の時間間隔の比は実質的に 3 : 4 であることを特徴とする請求項 6 に記載の調査方法。

【請求項 9】

レーダを用いて注目領域を調査するレーダシステムであって、

レーダ信号を伝播するレーダ源と、

レーダデータを収集するレーダ検出器と、

前記レーダ源、及び前記レーダ検出器と通信する計算システムであって、前記計算システムは処理装置及び前記処理装置と対になるメモリを備え、前記メモリは、前記レーダシステムの命令操作のために、前記注目領域の調査が具現されたコンピュータ読み取り可能なプログラムを有する、コンピュータ読み取り可能な記録媒体である計算システムとを備え、

前記コンピュータ読み取り可能なプログラムは、

前記レーダ源を用いて、前記注目領域に前記レーダ信号を伝播するための伝播指示と、

前記レーダ検出器を用いて、前記注目領域内に散乱された、サンプリングされた時間領域レーダデータを収集する収集指示と、

定義されたパラメータセットに対する、前記注目領域のパラメトリックモデルのサンプリングされた時間領域データを用いて、尤度関数を前記処理装置で計算するための計算指示と、

前記尤度関数の極値を前記処理装置で求めるために、前記定義されたパラメータセットを変更するための変更指示を有することを特徴とするレーダシステム。

【請求項 10】

前記極値は大域的な極値であることを特徴とする請求項 9 に記載のレーダシステム。

【請求項 11】

前記極値は局所的な極値であることを特徴とする請求項 9 に記載のレーダシステム。

【請求項 12】

前記極値は最小値であることを特徴とする請求項 9 に記載のレーダシステム。

【請求項 13】

前記尤度関数は

$$L(\theta) = \ln(|\mathbf{R}(\theta)|) + \text{tr}(\mathbf{R}^{-1}(\theta)\hat{\mathbf{R}}_v)$$

であり、ここで R は要素を有する共分散行列

$$R[k, l] = P_p \exp\left[-\frac{8\pi^2 \sigma_p^2 (k-l)^2 T_s^2}{\lambda^2}\right] \exp\left[-j \frac{4\pi \bar{v} (k-l) T_s}{\lambda}\right] + P_c \exp\left[-\frac{8\pi^2 \sigma_c^2 (k-l)^2 T_s^2}{\lambda^2}\right] + \frac{2T_s}{\lambda} \sigma_N^2 \delta(k-l),$$

$k, l = 1, \dots, N$

であり、

T_s は測定された信号のサンプル、

λ はレーダ信号の波長、

j は

$$\sqrt{-1}$$

10

20

30

40

50

、及び

σ はクロネッカー関数であり、
前記パラメータセットは
降水量信号の強さである P_p 、
降水スペクトル幅である σ_p 、
降水量の平均速度である

$\bar{v}$

、

反射波の強さである P_c 、
反射波スペクトル幅である σ_c 、及び
ノイズの強さである σ_N^2

10

を備えることを特徴とすることを特徴とする請求項 9 に記載のレーダシステム。

【請求項 14】

前記サンプリングされた時間領域レーダデータを取得するための取得指示は、不均一な時間において分布された時間領域のレーダデータを取得するための指示を含むことを特徴とする請求項 9 に記載のレーダシステム。

【請求項 15】

後に取得された時間領域レーダデータ間の時間間隔の比は実質的に 2 : 3 であることを特徴とする請求項 9 に記載のレーダシステム。

20

【請求項 16】

後に取得された時間領域レーダデータ間の時間間隔の比は実質的に 3 : 4 であることを特徴とする請求項 9 に記載のレーダシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願は、概ねレーダに関する。さらに具体的には、本願は、パラメトリック時間領域手法 (PTDM: Parametric Time-Domain Method) を用いて、レーダへの地上反射波の寄与の軽減に関する。

【背景技術】

【0002】

30

気象レーダシステムの基本的な目的の一つは、降水量の定量的尺度を提供するために、地球を取り巻く大気をサンプリングすることである。従来の気象レーダは、大抵は 100 キロメートルのオーダーの広範囲にわたる許容範囲を供給している。従来のレーダシステムがどのように機能するかを表す一般的な図式は、図 1 に示される。この図では、レーダは丘や山 104 のような隆起した地理的特徴の頂点に配置される。レーダは、距離に応じて近似的に線形に伝播する電磁ビーム 108 を生成する。図では、ビーム 108 の幅が、レーダからの距離に応じてどのように増大するかが示されている。システム 100 がサンプリングしようとする、存在しえる気象パターン 116 のさまざまな例は、地球の表面 112 の上方の異なる位置に示される。

【0003】

40

気象レーダでは、地上のターゲットからくる信号は、反射波を示す。一般的には、レーダ信号の品質の改良、及び定量的な適用のために、全レーダ信号への地上波の寄与を軽減することが好ましい。このような軽減は、従来はゼロ近傍のドップラー周波数にノッチフィルタを適用することにより達成されている。このような手法の主な弱点は、特に気象エコーが小さな視線速度を有するケースにおける信号損失である。レーダ信号処理装置の最近の製品は、反射波の抑制の改良が可能である。例えば、一つの手法では、刻まれたスペクトル線を補間する高度スペクトルフィルタを用いることにより、ノッチフィルタの影響を補正する。スペクトルフィルタ技術の制限は、スペクトルモーメント測定値において有限のサンプリング長によって生じる、スペクトル漏損効果である。結果として、スペクトル処理は、反射波と信号の比率を抑える場合の、反射波の抑制の効果には限界がある。

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従って、地上反射波の効果を軽減する改良のために、上述した技術の全般的な要求は存続している。

【課題を解決するための手段】

【0005】

発明の実施形態は、レーダ観測における地上反射波を軽減するために、パラメトリック時間領域手法（PTDM）を用いる。従って、このような実施形態は、レーダを用いた注目領域の調査方法を与える。レーダ信号は注目領域へ伝播される。注目領域に散乱された、サンプリングされた時間領域レーダデータは収集される。尤度関数は、定義されたパラメータセットに対する、注目領域のパラメトリックモデルのサンプリングされた時間領域データを用いて計算される。パラメータセットは尤度関数の極値を見つけるために変更される。

10

【0006】

ある実施形態において、極値は大域的な極値であり、一方で他の実施形態では極値は局所的な極値である。極値は最小値であってもよい。

【0007】

特有の実施形態では、尤度関数は

【0008】

20

【数1】

$$L(\theta) = \ln(|\mathbf{R}(\theta)|) + \text{tr}(\mathbf{R}^{-1}(\theta)\hat{\mathbf{R}}_v)$$

であり、ここでRは要素を有する共分散行列

【0009】

【数2】

$$R[k, l] = P_p \exp\left[-\frac{8\pi^2 \sigma_p^2 (k-l)^2 T_s^2}{\lambda^2}\right] \exp\left[-j \frac{4\pi \bar{v} (k-l) T_s}{\lambda}\right] + \\ + P_c \exp\left[-\frac{8\pi^2 \sigma_c^2 (k-l)^2 T_s^2}{\lambda^2}\right] + \frac{2T_s}{\lambda} \sigma_N^2 \delta(k-l),$$

30

$k, l = 1, \dots, N$ である。

【0010】

T_s は測定された信号のサンプル、 λ はレーダ信号の波長、 j は

$$\sqrt{-1}$$

、及び δ はクロネッカー関数である。

【0011】

40

パラメータセットは、降水量信号の強さである P_p 、降水スペクトル幅である σ_p 、降水量の平均速度である

$$\bar{v}$$

、反射波の強さである P_c 、反射波スペクトル幅である σ_c 、及びノイズの強さである σ_N^2 を備える。

【0012】

ある事例では、取得された、サンプリングされた時間領域レーダデータは、取得された、不均一な時間において分布された時間領域レーダデータを備える。例えば、ある特定の実施形態では後に取得された時間領域レーダデータ間の時間間隔の比は実質的に2:3である。別の特定の実施形態では、後に取得された時間領域レーダデータ間の時間間隔の比

50

は実質的に 3 : 4 である。

【 0 0 1 3 】

注目領域を調査する手法は、レーダ源、レーダ検出器、及び計算機を備えるレーダシステムにおいて具現化されてもよい。レーダ源はレーダ信号を伝播するために構成され、レーダ検出器はレーダデータを収集するために構成される。計算システムは、レーダ源及びレーダ検出器と通信される。計算システムは、処理装置及び処理装置と対になるメモリを備える。メモリは、具体化されたコンピュータ読み取り可能なプログラムの中に有する、コンピュータ読み取り可能な記録媒体を備える。コンピュータ読み取り可能なプログラムは、上述した手法に従って注目領域を調査するためのレーダシステムの命令操作の指示を有する。

10

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 4 】

本発明の本質及び利点のさらなる理解は、明細書の残りの部分及び図面の参照によって実現されよう。図では、同様の参照ラベルは、数枚の図面の始めから終わりまで、同様の要素を参照するために用いられる。場合によっては参照ラベルは、後ろにラテン文字の添え字が続く、数字部分を含む。参照ラベルの数字部分だけの参照は、異なるラテン文字の添え字の数字部分を有する全ての参照ラベルを全体で参照することを目的としている。

【図 1】従来のレーダシステムの実施の略図を示す。(全米科学アカデミーのレポート「複合地域にわたる鉄砲水の予測」から複製した)

【図 2 A】発明の実施形態において、地上反射波を軽減するためのパラメトリック時間領域手法を要約するフローチャートである。

20

【図 2 B】発明の手法が具体化されるだろう計算システムの略図である。

【図 3 A】、

【図 3 B】高度スペクトルフィルタ及び P T D M を用いた、スペクトルモーメント推定技術の性能を評価するための、模擬スペクトルを示す。

【図 4 A】、

【図 4 B】、

【図 4 C】、

【図 4 D】第 1 の測定シナリオの、高度スペクトルフィルタ及び P T D M を用いた反射波の軽減を比較する模擬スペクトルを示す。

30

【図 5 A】、

【図 5 B】、

【図 5 C】、

【図 5 D】第 2 の測定シナリオの、高度スペクトルフィルタ及び P T D M を用いた反射波の軽減を比較する模擬スペクトルを示す。

【図 6】P T D M の、時間をずらしたパルス繰り返し時間 (P R T) シーケンスへの応用を図示する。

【図 7 A】、

【図 7 B】時間をずらした P R T 観測による速度推定値の誤差を示す。

【図 8】P T D M によって、2 つの伝送方式における時間をずらした P R T 観測から得られた速度推定値の、バイアス及び標準偏差を示す。

40

【図 9 A】、

【図 9 B】、

【図 9 C】、

【図 9 D】得られた及び推定された、特殊なレーダによって計測された小量の降水量のスペクトルグラフを示す。

【図 1 0 A】、

【図 1 0 B】2 つの気象エコーの状態かにおいて、P T D M が推定したスペクトルグラフを示す。

【図 1 1 A】、

50

【図 1 1 B】、

【図 1 1 C】、

【図 1 1 D】、

【図 1 1 E】特定のレーダによって収集された吹雪のデータに P T D M の適用例を示す。

【図 1 2 A】、

【図 1 2 B】P T D M 及び高度スペクトルフィルタが推定した、反射性の違いを示す。

【図 1 3 A】、

【図 1 3 B】、

【図 1 3 C】、

【図 1 3 D】、

10

【図 1 3 E】特定のレーダからの観測における、P T D M の性能を図示する。

【図 1 4 A】、

【図 1 4 B】、

【図 1 4 C】、

【図 1 4 D】特定のレーダを用いて収集されたデータの速度推定を示す。

【発明を実施するための形態】

【0015】

発明の実施形態では、レーダの地上反射波を軽減するためにパラメトリック時間領域手法を用いる。低い仰角において、降水量のドップラーパワースペクトルは、ガウス関数形式に従って考えられてもよい。これはパラメトリックスペクトルモーメント推定量の構造を許容し、最大尤度推定量の分散は漸近的にクレマー・ラオ下界に到達するので、このようなアプローチは、より正確な評価を供給するかも知れない。多くのレーダ観測は、地上反射波スペクトルが、ゼロの中心周波数及び 0.1 から 0.4 m/s の間のスペクトル幅を用いて、ガウス関数形式に従うことで、詳細に近似値が求められるかもしれないことを示している。

20

【0016】

発明の手法の大まかな概説は、図 2 A のフローチャートによって提供される。手法は、ブロック 204 として表された、注目領域にレーダ信号を伝播することにより始まればよい。サンプリングされた時間領域データは、ブロック 208 で収集され、注目領域の時間領域パラメトリックモデルのパラメータを決定するために用いられる。特有のモデルは、以下に示されるが、発明の別の実施形態は、異なるパラメトリックを用いてもよい。

30

【0017】

ブロック 212 で、モデルは初期パラメータセットを用いて初期化される。手法の次のステップでパラメータセットは変化し、注目領域を正確に記述するモデルのパラメータを決定することになっている。それ故に、ブロック 216 で、パラメトリックモデルは、初期パラメータセットとともにサンプリングデータに適用される。サンプリングデータは、異なる実施形態において、均一にまたは不均一にサンプリングされてもよい。パラメトリックモデルの適用は、特徴付ける注目領域において、パラメータセットがどれほど適しているかの基準として働く、尤度関数 L を計算するために用いられる。尤度関数 L は、パラメータ空間における尤度関数の局所的極値での最適な近似が実現されるために構成されてもよい。図 2 A の例は、尤度関数 L の極小値が求められる実施形態を図示している。しかしながら、この図に限定されることを意味せず、即ち尤度関数 L の極小値が最適な近似を定義する、別の実施形態も存在する。

40

【0018】

従って、尤度関数はブロック 220 のモデル及び、ブロック 224 でなされる局所的極値が存在するか否かの判別で計算される。局所的極値が存在しない場合、モデルのパラメータはブロック 232 で変更され、手順は繰り返される。即ち、パラメトリックモデルは、ブロック 220 での新しい尤度関数 L の計算、及びブロック 224 での局所的極値が存在するかどうかの新たな試行を許容するために、ブロック 216 で新しいパラメータセットが適用される。ブロック 232 で実行されるかもしれないパラメータ変化には多くの方

50

法があり、これらの方法は本技術分野に属する当業者に知られている。例えば、いくつかの実施形態では、多次元パラメータ空間の１次元で局所的極値が見つかるように、ブロック２３２に到達するにつき１つのパラメータの値を、即ちこれに続いて、他の次元の局所的極値を見つけるために他のパラメータの変化し、パラメータ空間の全ての次元の局所的極値が見つかるまで繰り返される。他の実施形態では、複数のパラメータは、ブロック２３２で変化されてもよい。モデルパラメータの変化の異なる手法は、注目領域の物理的特性によって少なくとも一部が決まる局所的極値への収束率を伴う、異なる実施形態で用いられてもよい。

【００１９】

図２Ａに関連して述べられる尤度関数Ｌの局所的極値の測定は、図２Ｂに概略的に示されるような、個々のシステム要素が分離またはより結合された方式でどのように実装されていてもよいかが図示されている計算装置に実装されてもよい。装置２５０は、バス２７６を介して電氣的に連結されたハードウェア要素を備えていることが示されている。ハードウェア要素は処理装置２５２、入力装置２５４、出力装置２５６、記憶装置２５８、コンピュータ読み取り可能記録媒体リーダ２６０ａ、通信システム２６４、ＤＳＰや特殊用途プロセッサ等の処理加速装置２６６、及びメモリ２６８を含む。コンピュータ読み取り可能記録媒体リーダ２６０ａは、さらにコンピュータ読み取り可能記録媒体２６０ｂが接続される。コンピュータ読み取り可能記録媒体２６０ｂは、リモート、ローカル、固定及び着脱可能で包括的に表される記録装置、さらにコンピュータ読み取り可能情報を含む一時的及び恒久的の少なくともいずれかの記録媒体のいずれの組み合わせであってもよい。通信システム２６４は、有線、無線、モデム、及びその他の形式の接続インタフェースの少なくともいずれかを備えてよく、データがレーダから収集されることを許容する。場合によってはこのようなデータ収集は、環境の固有パラメータを評価する通信システムによって、リアルタイムで実行される。

【００２０】

計算装置２５０は、オペレーティングシステム２７４、及び発明の手法を実装するために作られたプログラムのようなその他のプログラムコード２７２を含む、ワーキングメモリ２７０に一般的に設置されるものとして示される、ソフトウェア要素も備える。本発明の技術分野に属するものであれば、多くの変更が、特定の要求に従って用いられてもよいことは、容易に理解されよう。例えば、カスタマイズされたハードウェアもまた用いられてもよいし、特定の要素がハードウェアやソフトウェア（アプレットのような携帯用のソフトウェアを含む）、またはその両方において実行されてもよい。さらに、ネットワーク入出力装置のような計算装置との接続が用いられてもよい。

【００２１】

適切な尤度関数Ｌを構築する場合に関連する、考慮すべき事項が多数存在する。下記は、図２Ａに従って実装されたＰＴＤＭと、高度スペクトルフィルタの性能の詳細な比較を示す。詳細な記述は、例示的なものであって、以下の例に限定されない。詳細な記述では、特に高度スペクトルフィルタが達成する精度と比較して、ＰＴＤＭによって達成されるであろう精度の例を示す。別の実施形態では、尤度関数のその他の形式は、本発明の精神と範囲から逸脱して用いられるかもしれない。

【００２２】

ＰＴＤＭは時間領域の信号特性の推定に基づくため、結果はスペクトル漏損によって大きく作用されない。これにより、反射波が強い場合でも、スペクトルモーメントを正確に推定できる。反射波及び信号特性の同時推定は、降水量及び反射波スペクトルが強く重なっている場合でも、降水スペクトルモーメントを正確に検索することができる。

【００２３】

速度幅のあいまいさは、レーダ観測の基本的限界である。均一なパルスの場合、最大範囲 r_a は、明白な最大速度 v_a に $v_a r_a = c \lambda / 8$ として関連する。式において、 c は光速、 λ はレーダ波長である。それ故、パルス繰り返し時間（ＰＲＴ：Pulse Repetition Time）が増加すると、最大明確範囲が増加するが、最大明確速度は減少する。よって、

10

20

30

40

50

レーダ信号の均一なサンプリングは常に、明白なドップラー速度と最大範囲との間のトレードオフを黙示的に内包する。

【 0 0 2 4 】

これは、 T_1 と T_2 の 2 つの異なるパルス間隔を切り替える、時間をずらした P R T パルス方式が選択されることによって適合されるかもしれない。パルス対処理はこのような時間をずらした P R T パルスが用いられる場合、明白なドップラー速度はパルス繰り返し時間の差によって決定されてもよい。特定の場合において、最大範囲は、パルス繰り返し時間の和に関連してもよい。

【 0 0 2 5 】

発明の実施形態は、時間をずらした P R T シーケンスに直接、P T D M が適用される。このような取り組みは、反射波フィルタ、及びパラメトリック時間領域モデルに基づくスペクトルモーメント推定の両方を許容する。それ故に、時間をずらした P R T 観測のような、不均一にサンプリングされたレーダ信号の場合にも容易に拡張できる。

【 0 0 2 6 】

レーダ信号は、レーダ分解エネルギーの散乱体から得られる個々の信号の和として表されてもよい。個々の信号は同様の統計的特性を有するため、受信した信号の実数及び虚数の部分の同時確率密度関数は、平均最低標準であると考えられるであろう。複素電圧の多変数の確立密度関数は、下記のように表されるだろう。

【 0 0 2 7 】

【 数 3 】

$$f(\mathbf{V}) = \frac{1}{\pi^N |\mathbf{R}|} \exp[-\mathbf{V}^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{V}]$$

$$= \frac{1}{\pi^N |\mathbf{R}|} \exp[-\text{tr}(\mathbf{R}^{-1} \hat{\mathbf{R}}_V)]$$

ここで、 $\mathbf{V}$ は受信した信号標本のベクトル、 $\mathbf{R} = E[\mathbf{V} \mathbf{V}^H]$ は共分散行列、 $\mathbf{R}_V = \mathbf{V} \mathbf{V}^H$ は標本共分散行列である。これらの式において、上付き文字 H は、共役の転置を意味するために用いられる。

【 0 0 2 8 】

ノイズのドップラー Spektral がガウス形式で十分に表される条件下において、ドップラー Spektral は次のように表されるだろう。

【 0 0 2 9 】

【 数 4 】

$$S(v) = \frac{P_p}{\sigma_c \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(v - \bar{v})^2}{2\sigma_p^2}\right] + \frac{P_c}{\sigma_c \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{v^2}{2\sigma_c^2}\right] + \frac{2T_s}{\lambda} \sigma_N^2$$

ここで、 P_p は降水信号の強さ、 σ_p は降水 Spektral 幅、 $\bar{v}$ は降水量の平均速度、 P_c は反射波の強さ、 σ_c は反射波 Spektral 幅、及び σ_N^2 はノイズの強さを示す。この Spektral 表現が与えられることにより、 T_s を別々にサンプリングした、計測された信号の共分散行列は、次のように表されるだろう。

【 0 0 3 0 】

10

20

30

40

【数 5】

$$R[k, l] = P_p \exp \left[-\frac{8\pi^2 \sigma_p^2 (k-l)^2 T_s^2}{\lambda^2} \right] \exp \left[-j \frac{4\pi \bar{v} (k-l) T_s}{\lambda} \right] + \\ + P_c \exp \left[-\frac{8\pi^2 \sigma_c^2 (k-l)^2 T_s^2}{\lambda^2} \right] + \frac{2T_s}{\lambda} \sigma_N^2 \delta(k-l),$$

$k, l = 1, \dots, N$ 、及び λ はレーダ波長を意味する。

【0031】

10

共分散行列及び密度関数のパラメトリック表現が与えられると、尤度関数 L の対数は本実施形態では次のように表されるだろう。

【0032】

【数 6】

$$L(\theta) = \ln(|\mathbf{R}(\theta)|) + \text{tr}(\mathbf{R}^{-1}(\theta) \hat{\mathbf{R}}_v)$$

$$\theta = (\sigma_c, P_c, \bar{v}, \sigma_p, P_p, \sigma_N^2)$$

は未知のパラメータを有するベクトルであり、

||

20

は行列演算子を意味し、及び $\text{tr}()$ はトレース演算子を意味する。上述したように、降水信号及び反射波のスペクトルモーメントは、最小化問題の解決によって得られるだろう。

【0033】

時間をずらした PRT 観測方式が用いられる実施形態において、パルス繰り返し時間は 2 つのパルス間隔 T_1 及び T_2 を交互に行う。パルス対処理方式の場合、ドップラー速度は次のように表される。

【0034】

【数 7】

30

$$v = \frac{\lambda \arg(R(T_1) R^*(T_2))}{4\pi (T_2 - T_1)}$$

ここで、 $R(t)$ は観測された信号の自己相関関数である。この場合、明白な速度 v_a は次のように定義される。

【0035】

【数 8】

40

$$v_a = \frac{\lambda}{4(T_2 - T_1)}$$

ここで $T_1 < T_2$ である。

【0036】

一般的に T_1 及び T_2 は、ある時間単位 T_u の倍数として設定される。ある特有な実施形態では T_1 / T_2 は約 2 / 3 であり、他の特有の実施形態では T_1 / T_2 は約 3 / 4 であるが、発明はこれらのパルス間隔比の値に限定されず、PTDM を用いる発明の実施形態は、不均一にサンプリングされたシーケンスに直接有利に適用されてもよく、均一に信号をサンプリングする手法の適用に匹敵する結果を生み出す。時間をずらした PRT 観測の場合、特定の実施形態の標準共分散は、次のように与えられる。

【0037】

50

【数 9】

$$\hat{R}_v = \begin{bmatrix} R(0) & R(T_1) & R(T_1 + T_2) & R(2T_1 + T_2) & \cdots & R\left(\frac{N}{2}(T_1 + T_2)\right) \\ R(-T_1) & R(0) & R(T_1) & R(T_1 + T_2) & \cdots & R\left(\frac{N}{2}(T_1 + T_2) - T_1\right) \\ R(-T_1 - T_2) & R(-T_1) & R(0) & R(T_1) & \cdots & R\left(\frac{N-2}{2}(T_1 + T_2)\right) \\ R(-2T_1 - T_2) & R(-T_1 - T_2) & R(-T_1) & R(0) & \cdots & R\left(\frac{N-2}{2}(T_1 + T_2) - T_1\right) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R\left(-\frac{N}{2}(T_1 + T_2)\right) & R\left(-\frac{N}{2}(T_1 + T_2) + T_1\right) & R\left(-\frac{N-2}{2}(T_1 + T_2)\right) & R\left(-\frac{N-2}{2}(T_1 + T_2) + T_1\right) & \cdots & R(0) \end{bmatrix} \quad 10$$

従って、P T D Mは時間をずらしたP R Tシーケンスに直接適用されてもよい。

【0038】

発明者はレーダ信号シミュレーションのエラー解析を含む、発明の手法の信頼性を評価するためのいくつかの研究を実行している。手法の性能を実証するために、時系列データは特定のレーダにおいて、時間をずらしたP R T及び均一のパルスのP R T方式で収集した。P T D Mは時間をずらしたP R T観測に適用され、高度スペクトルフィルタは均一のP R Tを用いてデータに適用された。下記に詳細に述べるものは、匹敵する結果であり、強い反射波による悪影響の下において、P T D Mは反射波の抑圧において約10 dBを実現する。 20

【0039】

このように、第1の一連の研究において、P T D M及び高度スペクトルフィルタの性能は、時系列データにおいて評価される。シミュレーションされた時系列データのウィンドウ効果を含むために、信号は所望の時系列長の長さで40回シミュレーションされた。シミュレーションは多数の入力パラメータについて実行された。これらのパラメータの値は、以下のテーブルで示される。

【0040】

【表 1】

Parameter	Values
CSR (dB)	50, 60
SNR (dB)	10, 20
σ_c (m/s)	0.28
σ_p (m/s)	1, 2, 4, 6
$\bar{v}$ (m/s)	0.00, 0.05 $v_{\max}$, 0.10 $v_{\max}$, ..., 1.00 $v_{\max}$
σ_N^2 (dB)	$[\sigma_N^{\text{ydst}}]^2 = 15$
N (samples)	32, 64
T_u (ms)	1
λ (m)	0.1

【0041】

シミュレーションされたシナリオは比較的大きなCSR値を有するため、高度スペクトルフィルタはブラックマンウィンドウによって重み付けされた時系列データを伴うD F Tを用いることにより得られたドップラースペクトルに適用される。

【0042】

スペクトルモーメント推定技術の性能を評価するために、高度スペクトルフィルタ及びP T D Mはシミュレーションされた時系列データに適用された。スペクトルグラフの結果の例は図3 A及び図3 Bに示される。これらの結果は、CSR = 40 dB、SNR = 20 50

d Bであり、ブラックマンウィンドウを用いて得られた、シミュレーションされたスペクトルに対応する。図3 Aはスペクトル幅が4 m/sの際に、シミュレーションされたパワースペクトルを示している。「高度スペクトルフィルタ近似」と識別された曲線は、高度スペクトルフィルタが推定した降水スペクトルを表しており、「PTDM近似」と識別された曲線はPTDM検索を表す。図3 Bは、似ているが、降水スペクトル幅が2 m/sの際の結果を示している。

【0043】

小さい降水スペクトル幅及び小さい視線速度の場合である図3 A及び図3 Bから、PTDMは高度スペクトルフィルタよりよく機能することは、容易に理解できる。これはノッチングフィルタの影響、及び高度スペクトルフィルタ推定におけるウィンドウによる結果として理解されてもよい。

10

【0044】

高度スペクトルフィルタ及びPTDMの性能のさらに完全な評価は、2つの測定シナリオにおいて実行される。第1のシナリオは、CSR = 40 dB及びSNR = 20 dBの場合である。結果は、 $\sigma_p = 4 \text{ m/s}$ 、 $N = 64$ 、 $T_u = 1 \text{ ms}$ である際の、強さ及び速度の測定におけるエラーを示している、図4 Aから図4 Dで示される。結果は、正規化された速度 v/v_a の関数としてプロットされている。PTDMがほとんど不偏の速度推定を与えていることは明らかである。さらに、PTDMの降水量の強さ推定は、高度スペクトルフィルタより約1 dB低い標準偏差を有する。

20

【0045】

第2のシナリオでは、PTDMを、CSR = 60 dB及びSNR = 20 dBの場合について検証した。結果は図5 Aから図5 Dに示され、同様に正規化された速度 v/v_a の関数としてプロットされる。この場合、使用サンプル数は $N = 64$ 、PRTは $T_u = 1$ が再び設定された。速度推定の標準偏差が2 ms未満であり、バイアスが0.6 m/s未満であることは明らかである。推定強さは0.2倍の v_a より大きい速度において不偏であり、標準偏差は3 dB未満である。結果はそれ故、CSRが60 dBのように高い場合であっても、PTDMがよい検索結果を得られることを主張している。

【0046】

時間をずらしたPRTシーケンスの結果は、反射波による悪影響がない場合、及び反射波による悪影響がある場合の両方について考えてもよい。反射波による悪影響がない場合、速度推定精度は、発明者によって、スペクトル幅の異なる値について考えられている。図6では、速度を読み出したPTDMの標準エラーは、パルス対の値と比較される。パルス対手法は T_u のサンプリングタイムが0.5 msである均一なシーケンスに適用され、PTDMは時間をずらしたPRTシーケンスの二つの場合に適用された。第1の場合、 T_1 は2倍の T_u と等しく、 T_2 は3倍の T_u に等しかった。第2の場合、 T_1 は3倍の T_u 、 T_2 は4倍の T_u に等しかった。両方の場合、80及び112 msの観測時間のそれぞれにおける結果として、シーケンス長は64のサンプルであった。均一なシーケンスの長さは、80 msの観測時間に対応する160のサンプルであった。

30

【0047】

両方の場合に、PTDMはスペクトル幅のほとんどの値において、パルス対技術よりよく機能することは、図6において明らかである。3/4観測形式は、5.5 m/sを上回る降水エコースペクトル幅において、速度の標準偏差の上昇がある。2/3観測形式は、8 m/sを上回るスペクトル幅において、このような上昇がある。比較のために、図6は特定のスペクトル手法を用いて得られた結果を含んでいる。即ち、前述の結果は、M・サチダナンダ及びD・S・ズルニックによる「時間をずらしたパルス繰り返し時間(PRT)を用いたドップラー気象レーダのための反射波フィルタ及びスペクトルモーメント推定」J・アトモス・オーシャニック研究所 17, 323 (2000) (サチダナンダ)に記載されている。

40

【0048】

反射波による悪影響が存在する場合における発明の手法の性能を評価するために、CS

50

R 値がそれぞれ 40 及び 60 dB の、2 つの場合がシミュレーションされている。CSR 値が 40 dB である場合の PTDM 速度推定の結果は、図 7 A 及び図 7 B に与えられる。図 7 A はサチダナダによって計測された速度推定のエラーを示しているが、一方、図 7 B は $SNR = 20 \text{ dB}$ 、 $CSR = 40 \text{ dB}$ 、 $\sigma_p = 4 \text{ m/s}$ 、及び $N = 64$ の場合の、PTDM の性能を示している。PTDM の性能は、速度推定のバイアス及び標準偏差で定量化されている。図 7 B と同様の結果は、 $CSR = 40$ の場合の速度推定のバイアス及び標準偏差の形で、図 8 に与えられる。この図の場合、観測は T_1 / T_2 が $2 / 3$ 及び $3 / 4$ の 2 つの伝達方式において与えられる。これらの結果の発生に用いられるほかの関連のあるパラメータは、 $SNR = 20 \text{ dB}$ 、 $\sigma_p = 4 \text{ m/s}$ 、及び $N = 64$ を含む。2 つの伝達方式の両方において、速度推定の標準偏差は 1 m/s を上回らず、速度バイアスはゼロに近い。地上反射波の複製が見られると思われる周波数帯において、推定バイアスの増加もない。これらの結果は、発明の PTDM 手法が、CSR が 60 dB と高い反射波による悪影響を伴う場合でさえも、とても正確な速度推定を与えることを示している。これらの推定は、全てのドップラー周波数帯において不偏である。

【0049】

下記に示す上述以外の結果は、特定の日の特定のレーダによって収集された、時系列の降水量のデータに上述した手法を適用することによる、発明の手法の性能を示している。これらの測定において、レーダアンテナは 0 度の仰角を成していた。図 9 A から 9 D で、観測及び推定されたスペクトルグラフは、レーダによって計測された小量の降水量を表している。図 9 A はオリジナルのスペクトルグラフを示している。図 9 B は、推定された降水量に対する高度スペクトルフィルタのスペクトルグラフを示している。図 9 C 及び 9 D は、それぞれ発明の PTDM 手法によって推定された反射波及び降水スペクトルグラフを示している。これらの結果から、高度スペクトルフィルタが推定したスペクトルは、はわずかに PTDM スペクトルより広いことは明らかである。このような特性は、高度スペクトルフィルタ検索におけるウィンドウの影響に起因すると考えてもよい。計算されたスペクトルの目視検査の後、それらはガウス形式曲線に従っていないと結論を出すかもしれない。

【0050】

これは 2 つの降水エコーを考慮するために手法が適応された、発明の実施形態において対応されている。図 10 A 及び 10 B で、このような実施形態の応用例の結果である降水量推定がプロットされている。ほとんど全ての範囲のゲートにおいて、推定手順は 2 番目の気象エコーの存在を発見していることは容易に観測できる。図 9 A のスペクトルグラフと、図 10 A のスペクトルグラフが酷似していることは注目すべきに値する。

【0051】

PTDM 及び高度スペクトルフィルタ手法は、特定の日に収集された吹雪のデータにもまた適用された。観測の PPI は図 11 A から 11 E に示されている。仰角は 0.5° 、PRT は $T_u = 1 \text{ ms}$ であった。フィルタされていない反射性は図 11 A に示される。それぞれ PTDM 及び高度スペクトルフィルタによる結果の反射性は、図 11 B 及び図 11 C に示される。そして、PTDM 及び高度スペクトルフィルタによる結果の速度は図 11 D 及び図 11 E に示される。方位角が 270° 近辺におけるとても強い反射波の存在は、結果から明らかである。推定された反射性の違いは、図 12 A 及び図 12 B に示される。図 12 A は高度スペクトルフィルタによる結果を示し、図 12 B は PTDM による結果を示している。これらの結果は、この特定の例において、PTDM を用いる発明の実施形態は、高度スペクトルフィルタよりも約 10 dB 以上の反射波の抑圧を与えていることを裏付けている。

【0052】

時間をずらした PRT シーケンスの発明の手法の応用例は、図 13 及び図 14 に示されている。レーダ測定における PTDM の性能を示すために、時間をずらした PRT 観測は特定のレーダで特定の日に収集された。測定は、反射性が 20 dBZ を上回らない小量の雨の際に行われた。全体で、次の 3 つの PPI が収集された。(1) $T_1 = 1.5 \text{ ms}$ 及

10

20

30

40

50

び $T_2 = 2 \text{ ms}$ における $3/4$ の時間をずらした PRT サンプリグ方式の PPI、(2) $T = 1 \text{ ms}$ における均一なサンプリグ方式の PPI、(3) $T_1 = 1 \text{ ms}$ 及び $T_2 = 1.5 \text{ ms}$ における時間をずらした PRT の PPI である。それぞれの測定における時間差は約 5 分であった。

【0053】

時間をずらした PRT シーケンスにおける PTDM の性能と比較するために、高度スペクトルフィルタの反射波抑圧手法は、均一にサンプリグされた観測に適用された。図 13 A から 13 E は PPI の結果を示している。図 13 A はオリジナルの反射性を示し、図 13 B は高度スペクトルフィルタ手法で測定された 1 つの PRT の反射性を示している。図 13 C は PTDM における 1 つの PRT の結果を示し、図 13 D は PTDM における 2 / 3 の時間をずらした PRT サンプリグでの反射性を示し、及び図 13 E は PTDM における $3/4$ の時間をずらした PRT サンプリグでの反射性を示している。図 14 A から 14 D は、対応する速度推定を示している。具体的に、図 14 A は高度スペクトルフィルタ手法で測定された速度を示し、図 14 B は PTDM における均一な PRT の速度を示し、図 14 C は PTDM における 2 / 3 の時間をずらした PRT サンプリグの速度を示し、及び図 14 D は PTDM における $3/4$ の時間をずらした PRT サンプリグの速度を示している。少なくともこの例では、PTDM は全ての場合において高度スペクトルフィルタよりよい性能を有している。これは、20 km より短い範囲、及び既知の地質特性からの反射波による悪影響が存在する西の方向を含めた測定において、明確である。概して、発明の手法の使用は、高度スペクトルフィルタよりも約 10 dB 以上の反射波の抑圧結果を得ることができ、この性能は伝播された波形から実質的に独立している。

10

20

【0054】

パラメトリック時間領域手法を用いる発明の実施形態は、均一及び時間をずらした PRT シーケンスの両方に適用されてもよい。CSR が少なくとも 60 dB 程高い、強い反射波による悪影響がある場合でさえも、手法の性能は良い。レーダ観測のシミュレーションは、速度推定は視線速度の全ての値において実質的に不偏であることを明らかにしている。加えて、時間をずらした PRT サンプリグを用いた測定方式は、少なくともスペクトル幅の値が 6 m/s に至るまで、良い結果を示している。発明の手法は、概して高度スペクトルフィルタの使用よりもよい、反射波の抑圧を達成している。

【0055】

30

このように、いくつかの実施形態で述べられていることは、本技術分野に属する当業者によって、発明の精神を逸脱しない範囲で、様々な変更、別の構造及び相当物が用いられることが認められるだろう。したがって、上述の記載は発明の範囲を限定するものとしてとられるべきではなく、発明は以下の請求項で定義される。

【図 1】

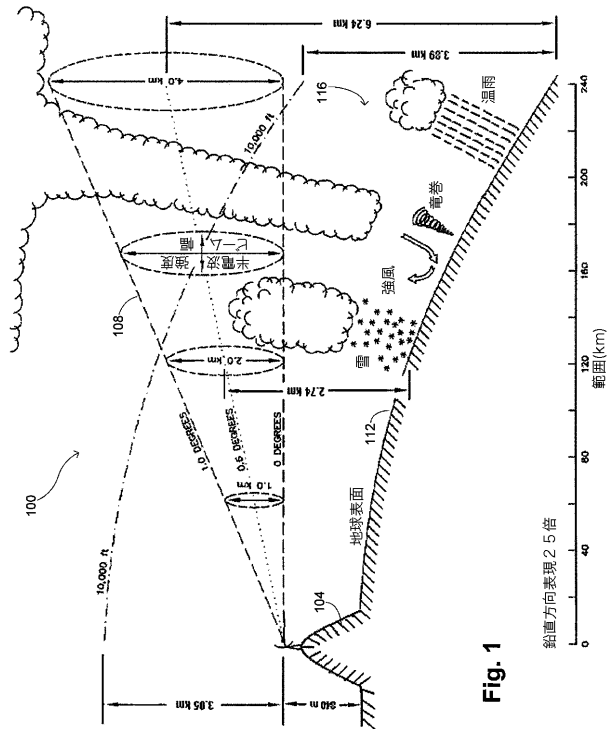


Fig. 1

【図 2 A】

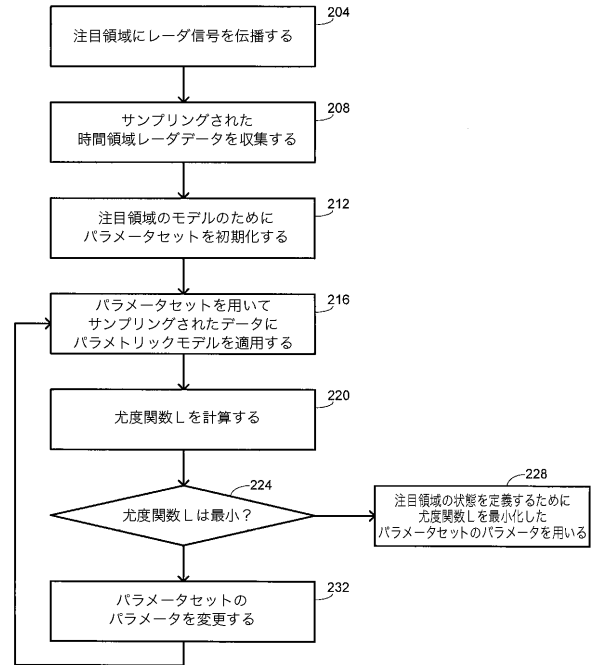


Fig. 2A

【図 2 B】

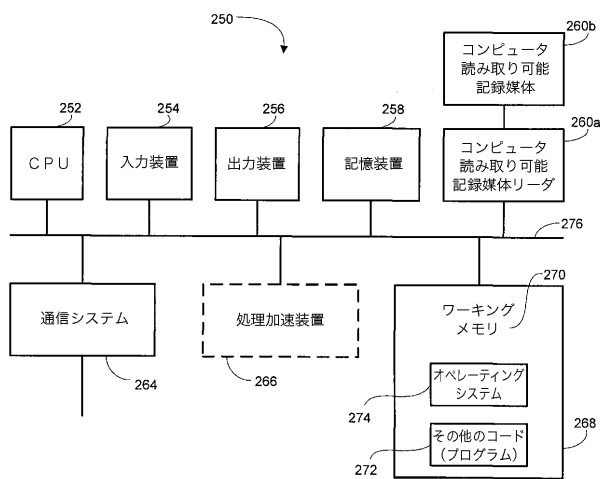


Fig. 2B

【図 3 A】

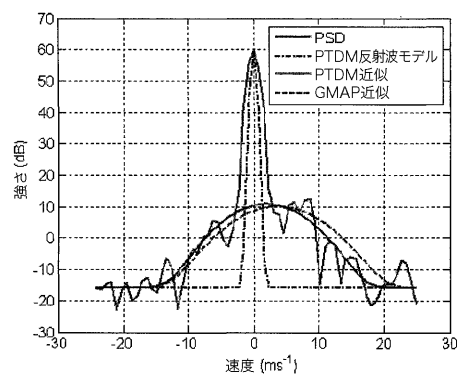


Fig. 3A

【図 3 B】

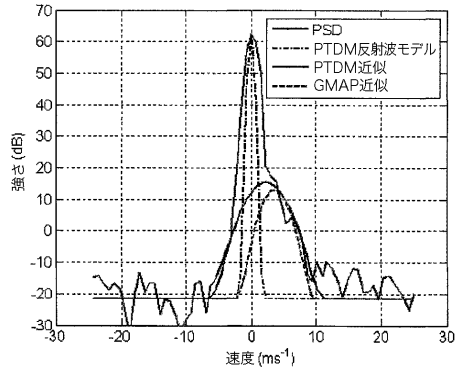


Fig. 3B

【図 4 A】

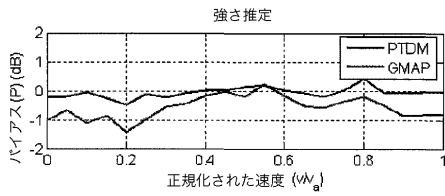


Fig. 4A

【図 5 A】

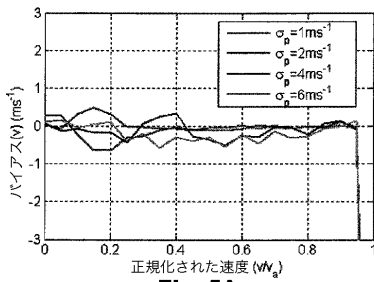


Fig. 5A

【図 5 B】

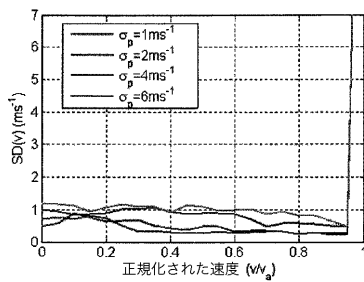


Fig. 5B

【図 4 B】

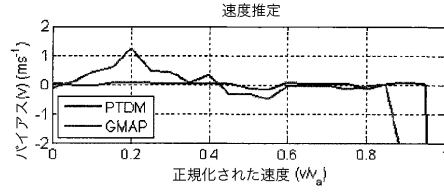


Fig. 4B

【図 4 C】

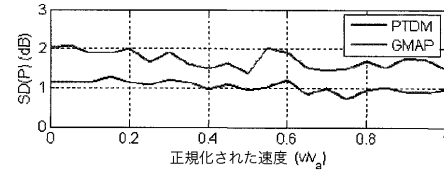


Fig. 4C

【図 4 D】

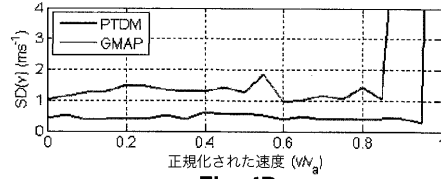


Fig. 4D

【図 5 C】

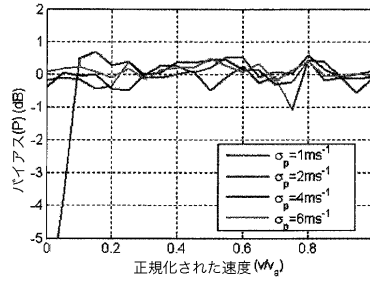


Fig. 5C

【図 5 D】

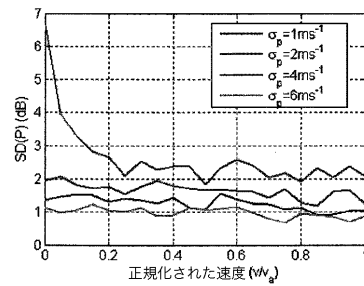


Fig. 5D

【図 6】

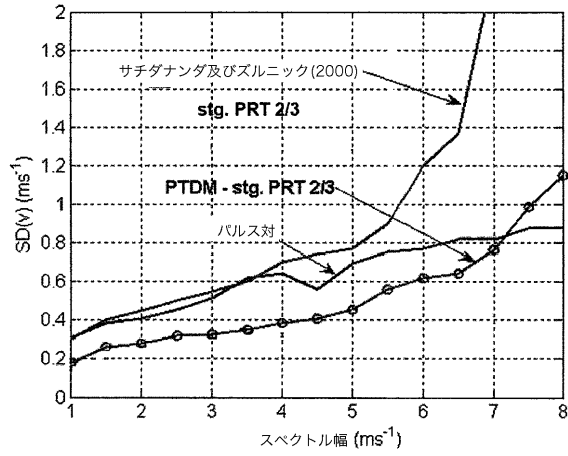


Fig. 6

【図 7 A】

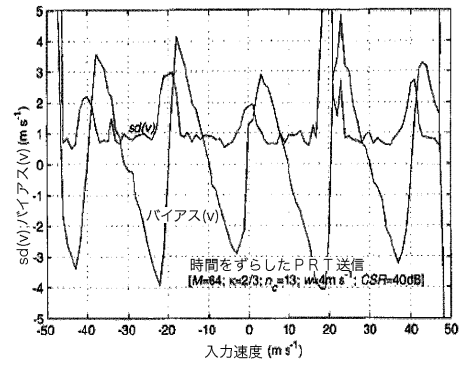


Fig. 7A

【図 7 B】

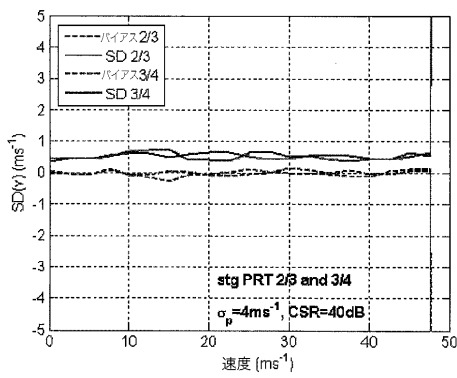


Fig. 7B

【図 8】

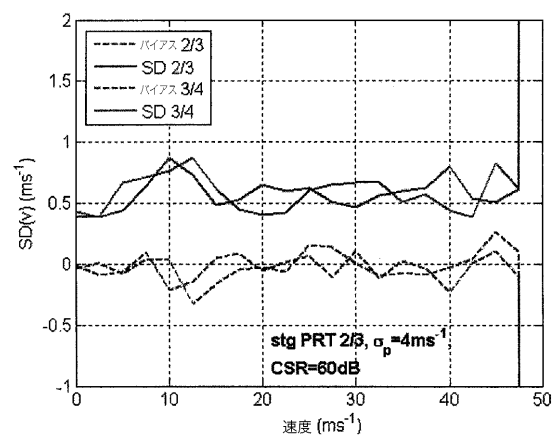
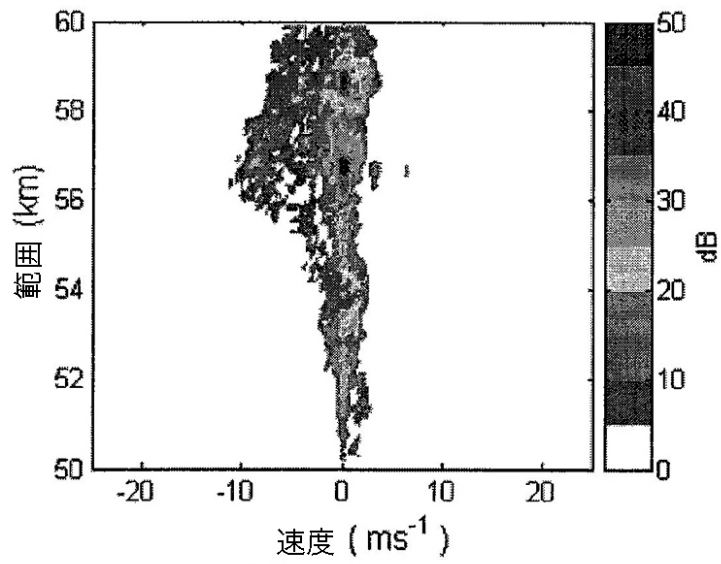
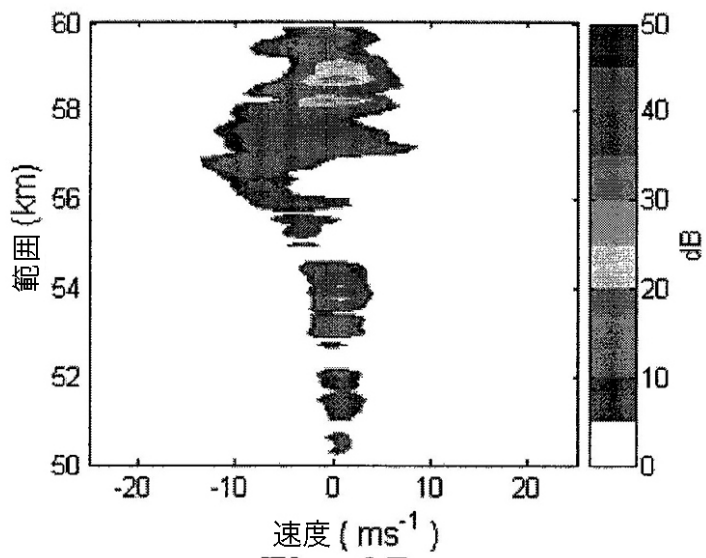


Fig. 8

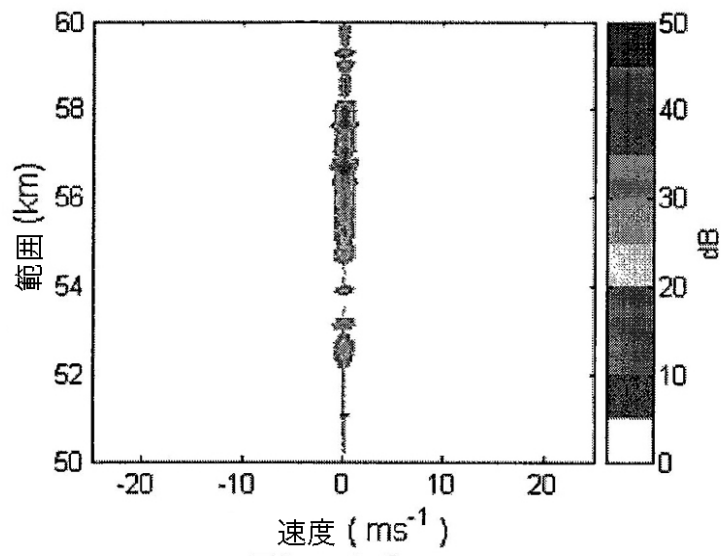
【 図 9 A 】

**Fig. 9A**

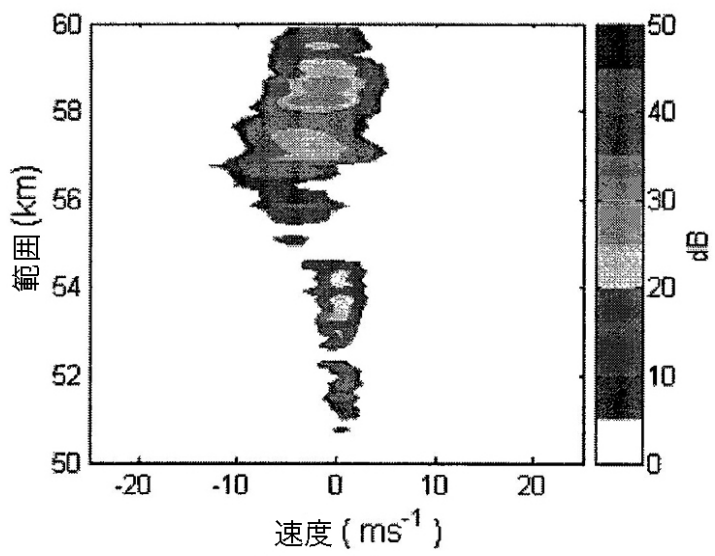
【 図 9 B 】

**Fig. 9B**

【 図 9 C 】

**Fig. 9C**

【 図 9 D 】

**Fig. 9D**

【図 10 A】

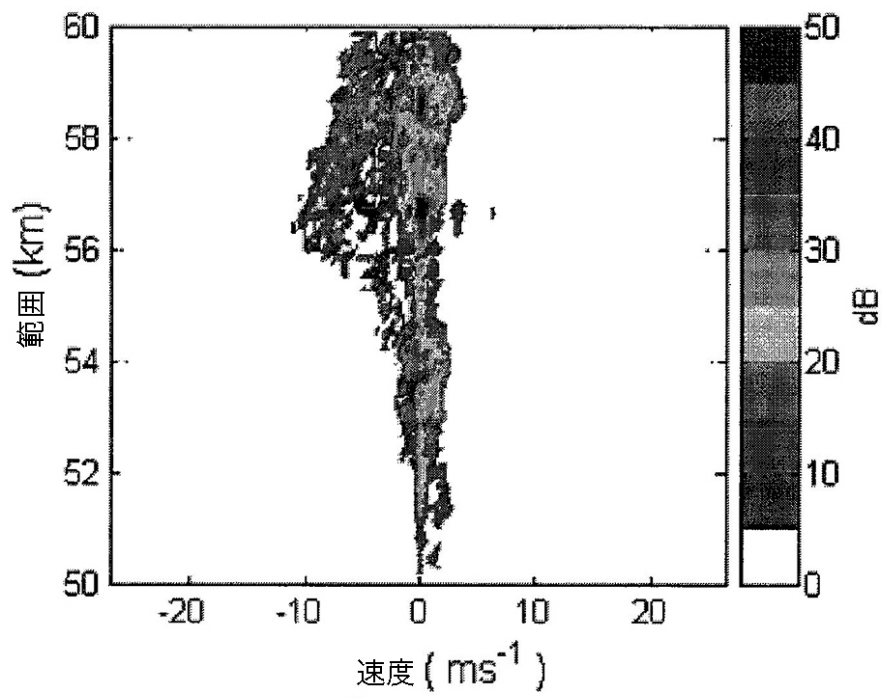


Fig. 10A

【図 10 B】

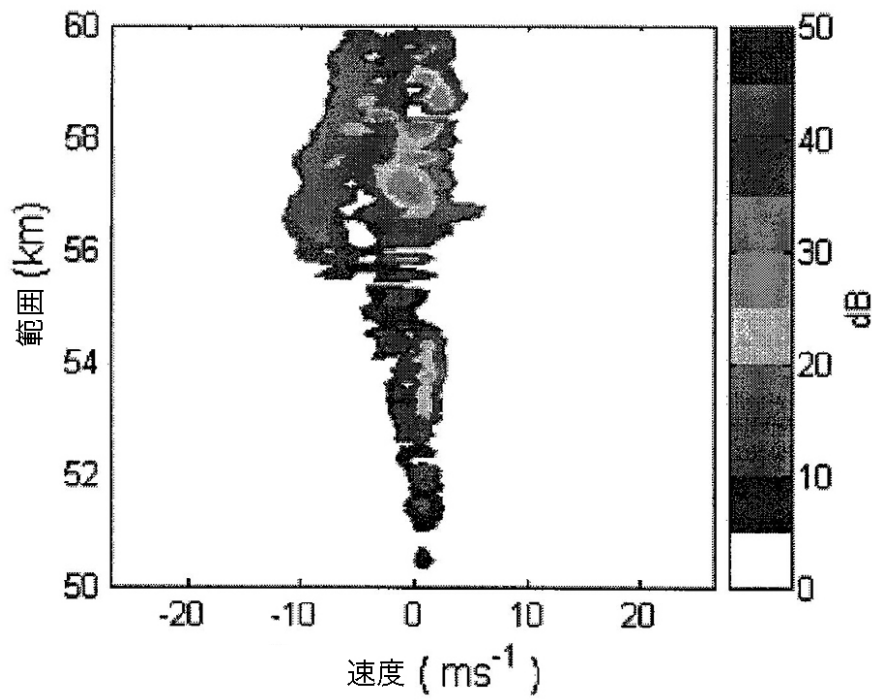
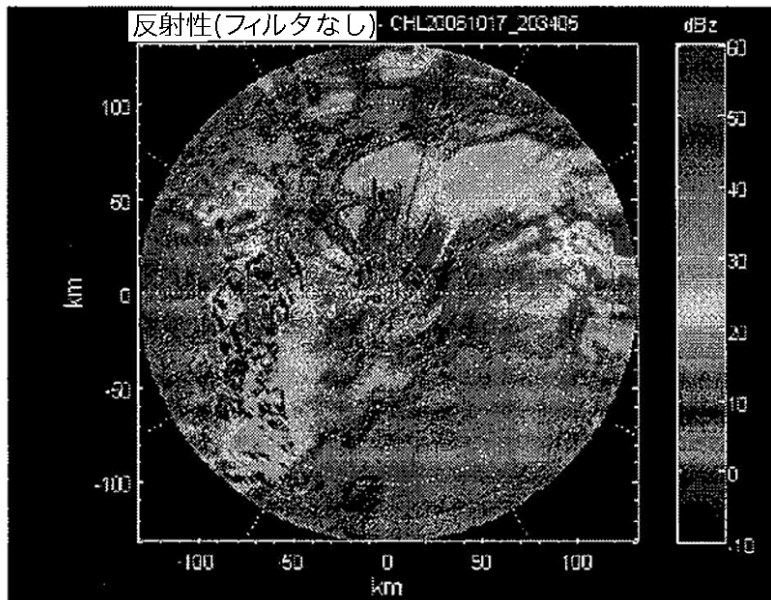
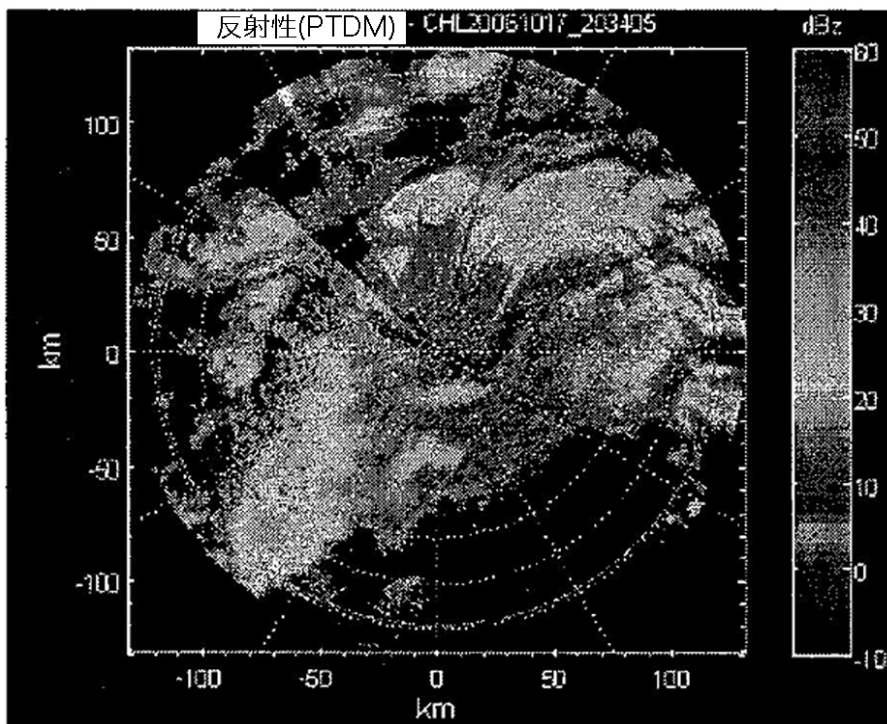


Fig. 10B

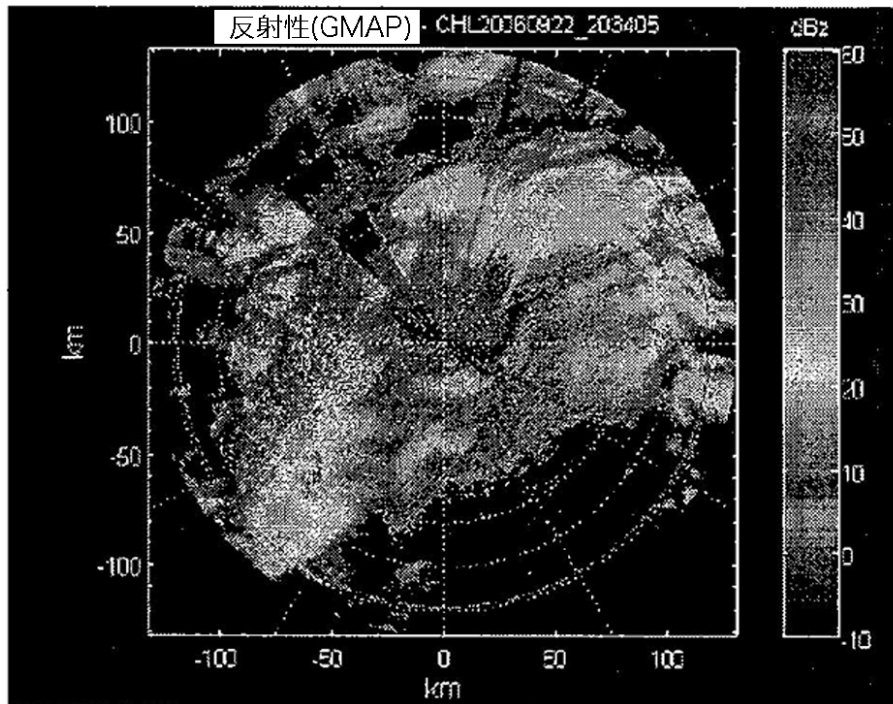
【図 1 1 A】

**Fig. 11A**

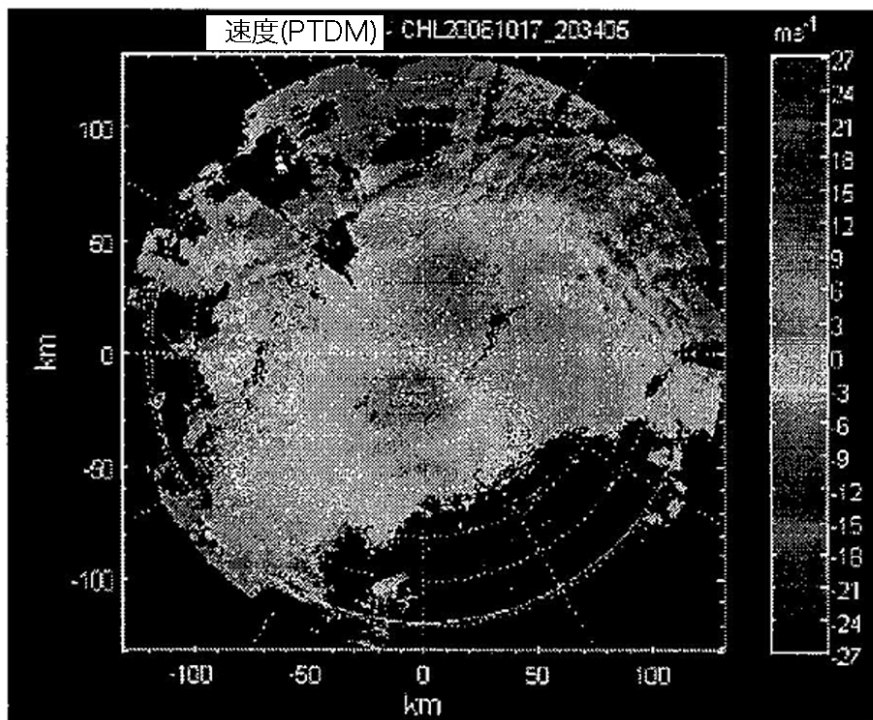
【図 1 1 B】

**Fig. 11B**

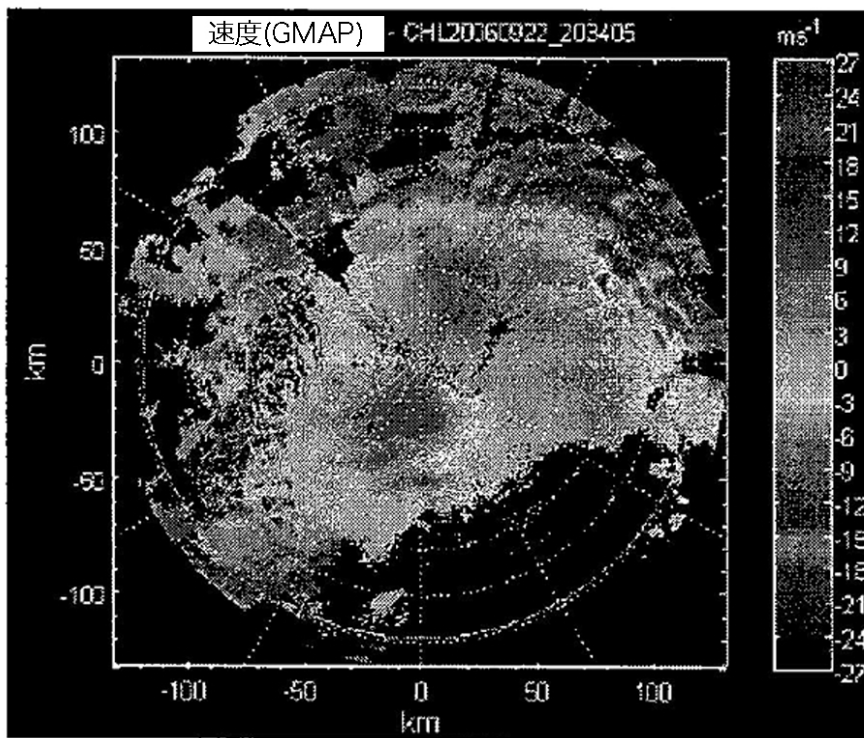
【図 11C】

**Fig. 11C**

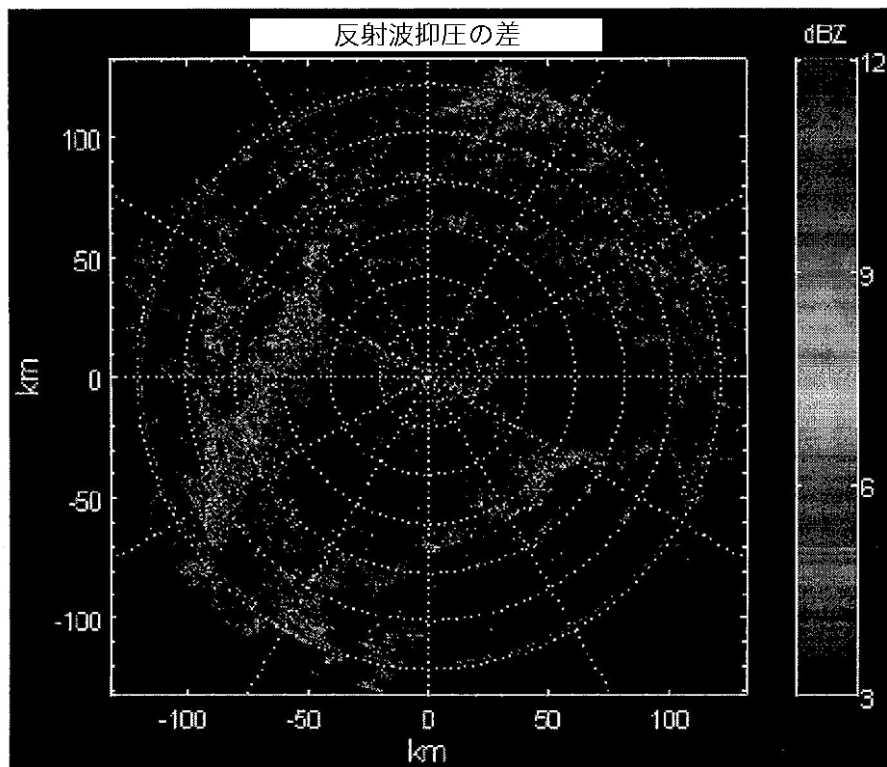
【図 11D】

**Fig. 11D**

【図 1 1 E】

**Fig. 11E**

【図 1 2 A】

**Fig. 12A**

【図 1 2 B】

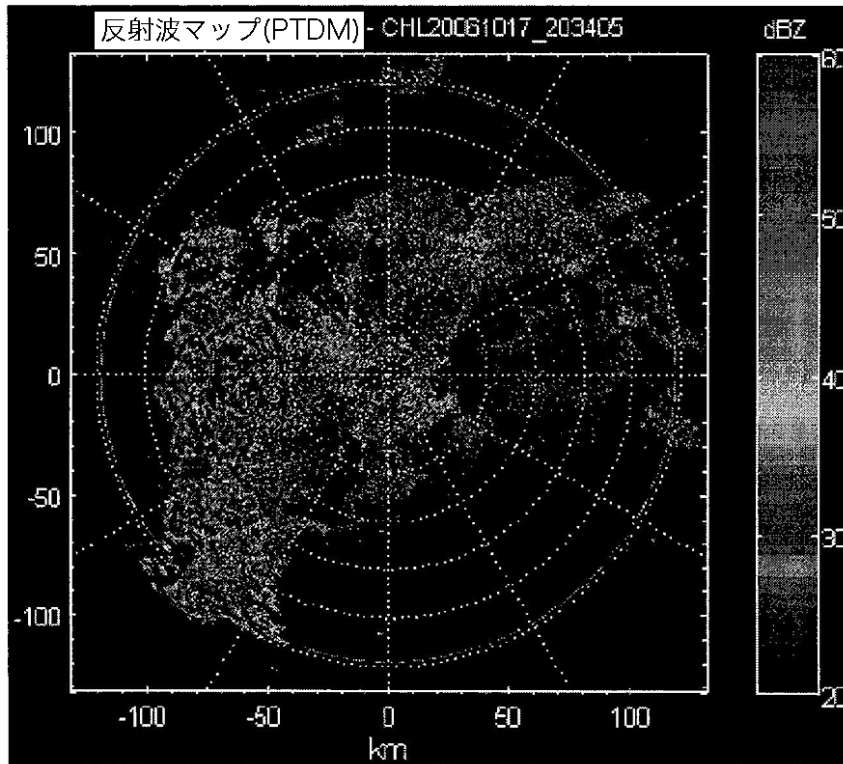


Fig. 12B

【図 1 3 A】

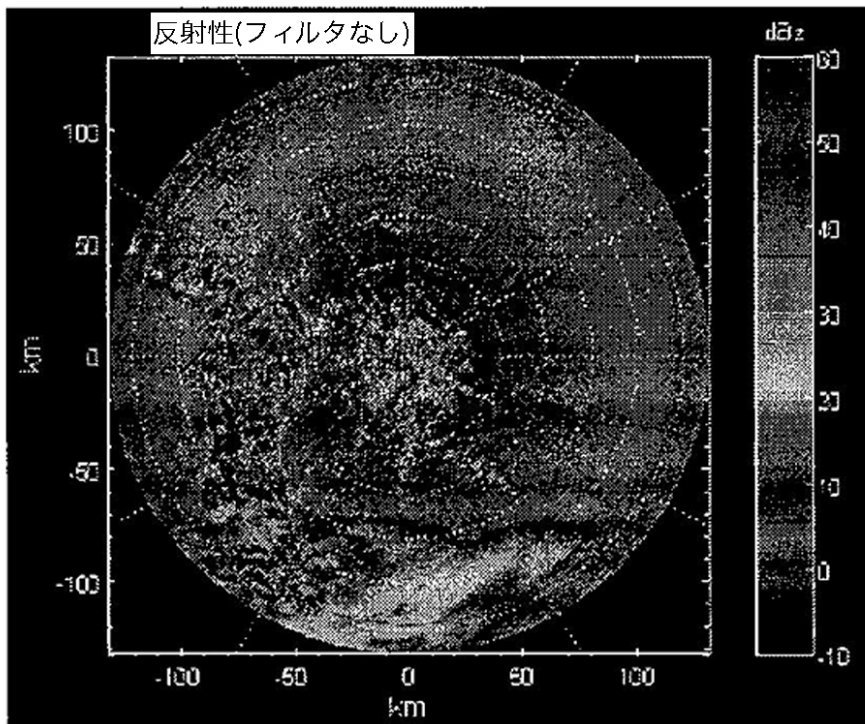
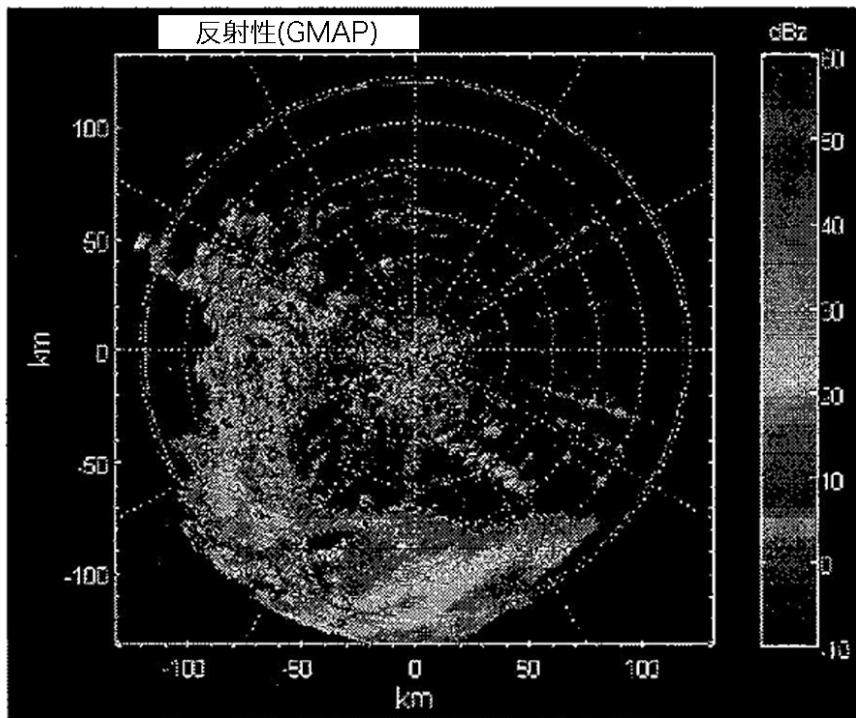
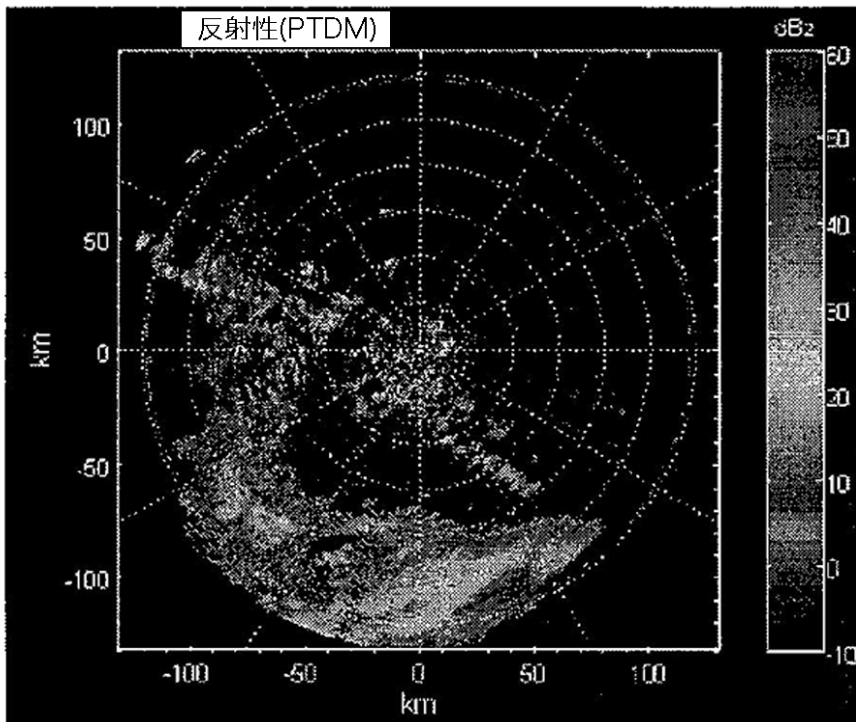


Fig. 13A

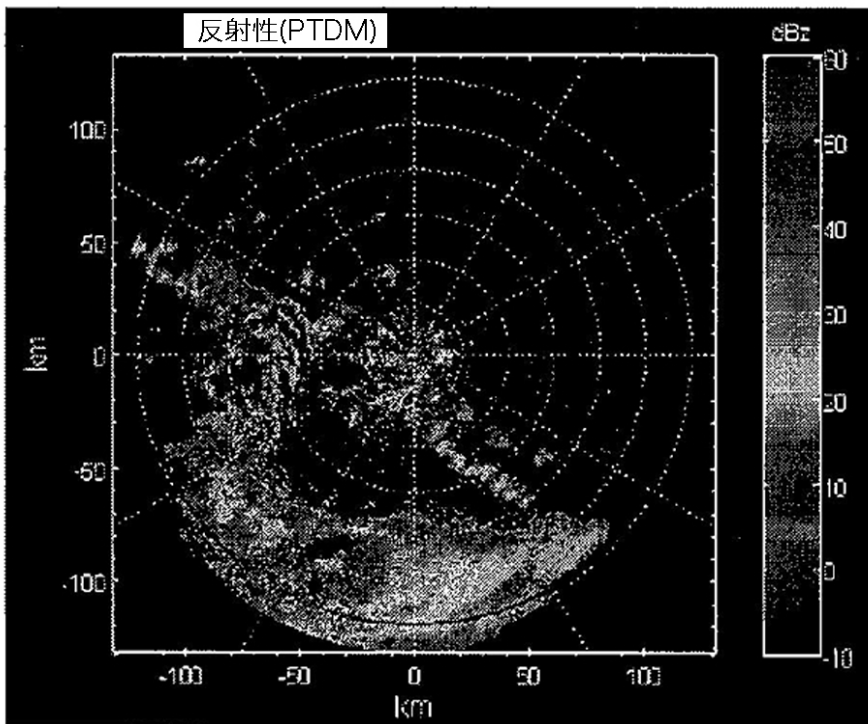
【図 13 B】

**Fig. 13B**

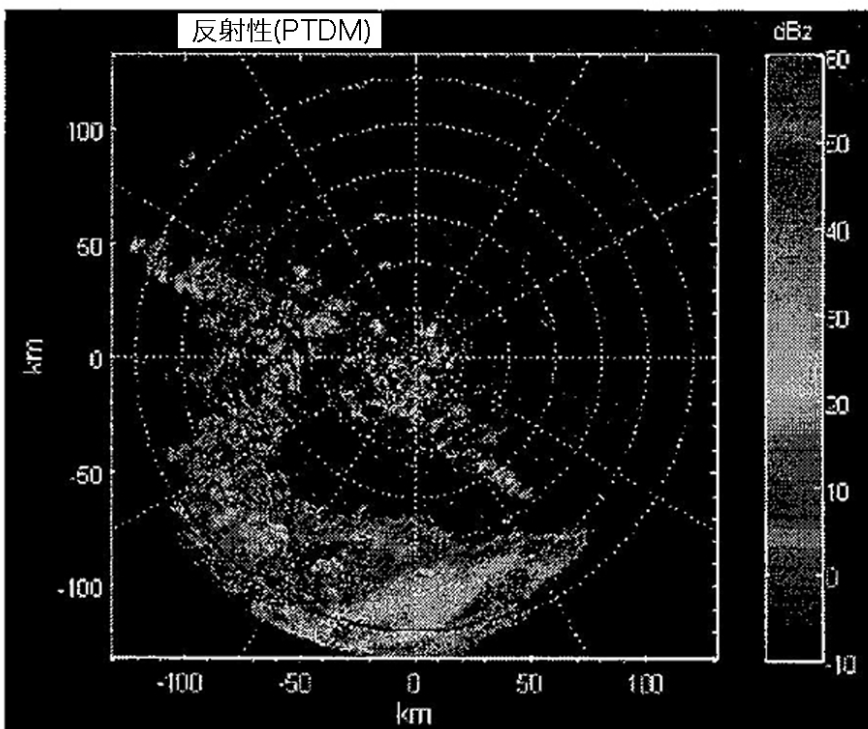
【図 13 C】

**Fig. 13C**

【図 13 D】

**Fig. 13D**

【図 13 E】

**Fig. 13E**

【図 14 A】

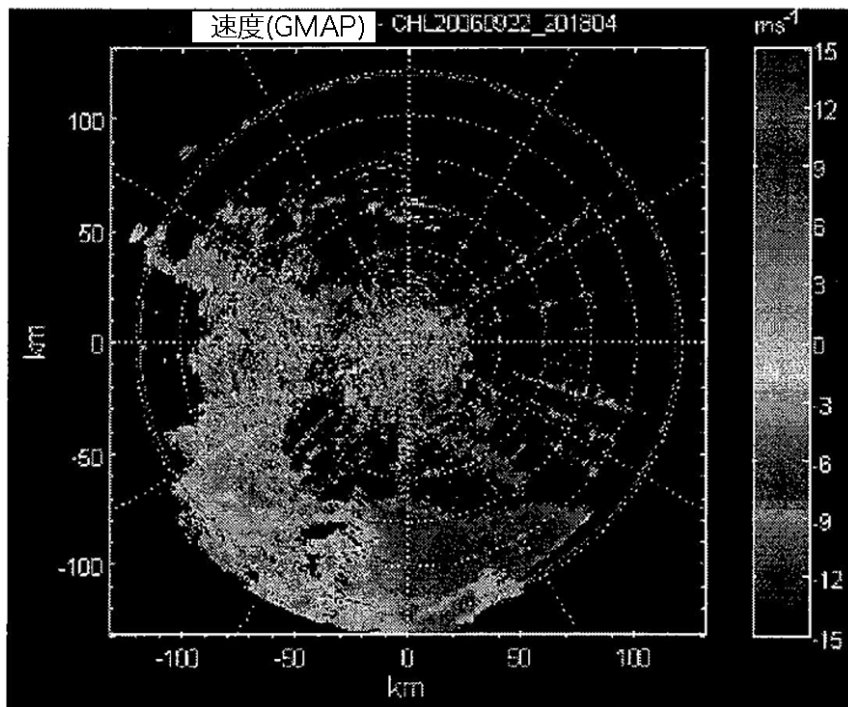


Fig. 14A

【図 14 B】

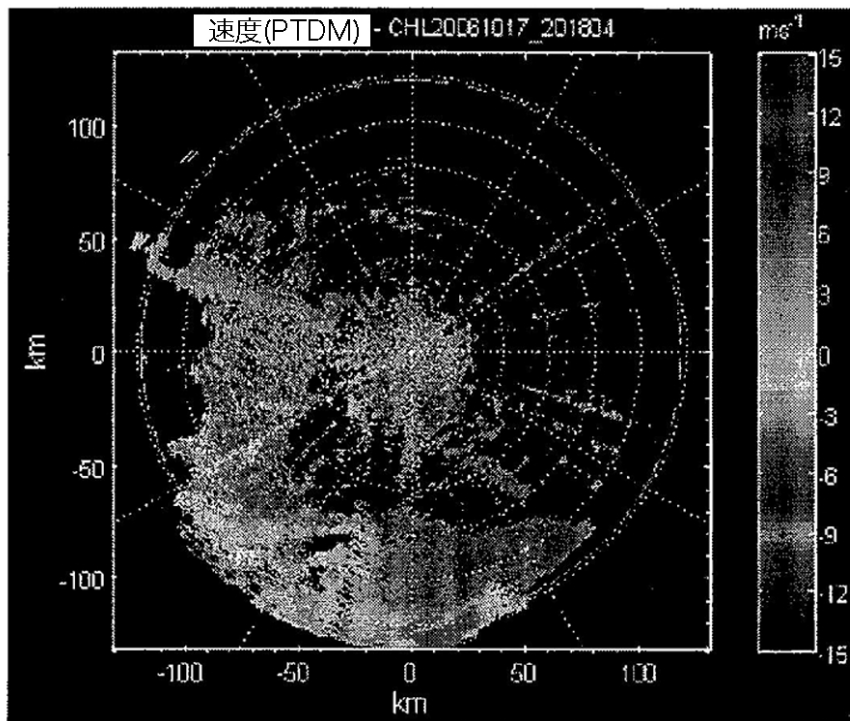


Fig. 14B

【図 14 C】

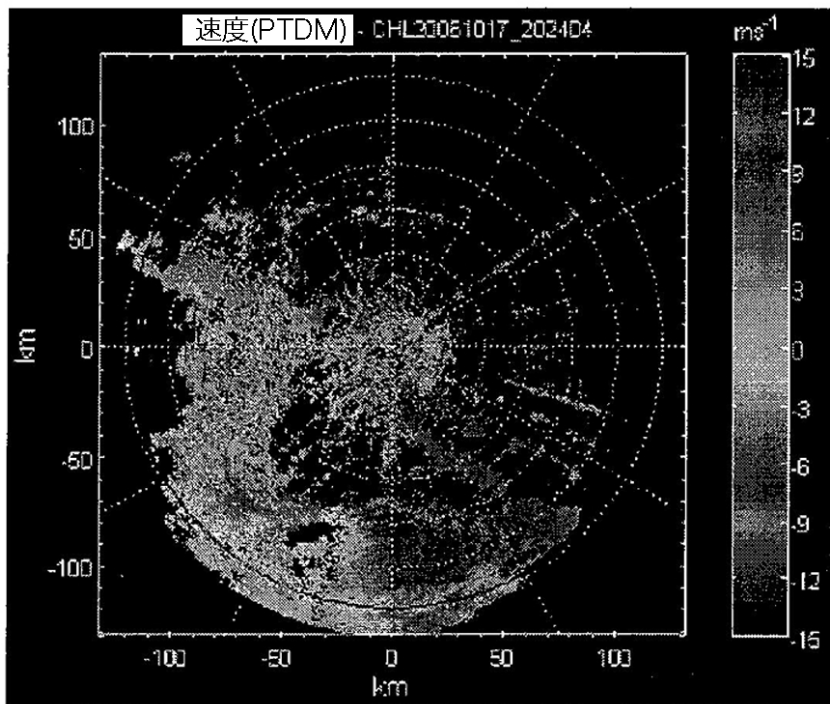


Fig. 14C

【図 14 D】

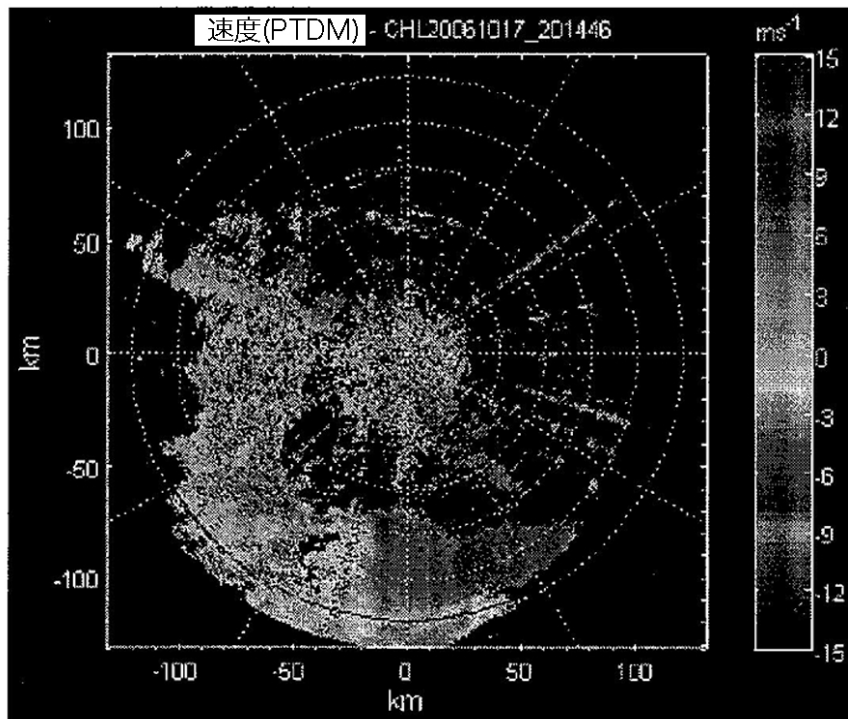
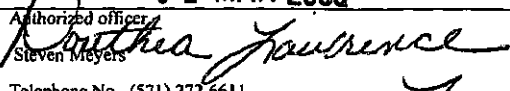
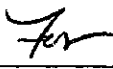


Fig. 14D

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US08/71495										
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC: G01S 13/88(2006.01) USPC: 342/73 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC												
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 342/73, 159r-d 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) Please See Continuation Sheet												
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT												
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.										
X	Boyer, E. et al. Parametric Spectral Moments Estimation for Wind Profiling Radar. Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions On. August 2003, Vol. 41, Issue 8, pages 1859-1868, see entire document.	1-4										
Y		6-12 and 14-16										
A	Nguyen, C.M. et al. Precipitation Spectral Moments Estimation and Clutter Mitigation Using Parametric Time Domain Model. Geoscience and Remote Sensing Symposium. 2006, IGARSS 2006. IEEE International on 31 July 2006, 04 August 2006, pages 652-655.	5 and 13										
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.												
* Special categories of cited documents: <table border="0"> <tr> <td>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"E" earlier application or patent published on or after the international filing date</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"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)</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</td> <td>"&" document member of the same patent family</td> </tr> <tr> <td>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</td> <td></td> </tr> </table>			"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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	"E" earlier application or patent published on or after the international filing date	"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	"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)	"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	"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family	"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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											
"E" earlier application or patent published on or after the international filing date	"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											
"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)	"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											
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family											
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed												
Date of the actual completion of the international search 13 February 2009 (13.02.2009)		Date of mailing of the international search report 04 MAR 2009										
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US Commissioner for Patents P.O. Box 1450 Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. (571) 273-3201		Authorized officer:  Steven Meyers Telephone No. (571) 272.6611 										

INTERNATIONAL SEARCH REPORT**International application No.**
PCT/US08/71495

Continuation of B. FIELDS SEARCHED Item 3:

East: likelihood near function, parametric or parameter, extremum or maximum or minimum or maximize or minimize, clutter, covariance
near matrix (likelihood and (parametric or parameter))

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(74)代理人 100130409

弁理士 下山 治

(72)発明者 ヴェンカタチャラム, チャンドラセカラン

アメリカ合衆国 コロラド州 80525, フォート コリンズ, グローブウッド ドライブ
3200

(72)発明者 モイシーヴ, ドミトリー, エヌ.

アメリカ合衆国 コロラド州 80521, フォート コリンズ, ウェスト プラム ストリート
1700, アpartment 57ジ

(72)発明者 グエン, クオン, エム.

アメリカ合衆国 コロラド州 80526, フォート コリンズ, ウェスト プロスペクト
ロード 500

Fターム(参考) 5J070 AE12 AH35 AH39 BA01