

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3898224号
(P3898224)

(45) 発行日 平成19年3月28日(2007.3.28)

(24) 登録日 平成19年1月5日(2007.1.5)

(51) Int.C1.

F 1

G06T 5/00 (2006.01)
G06T 1/00 (2006.01)G06T 5/00 300
G06T 1/00 285

請求項の数 10 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平9-506399
 (86) (22) 出願日 平成8年7月12日(1996.7.12)
 (65) 公表番号 特表平11-509657
 (43) 公表日 平成11年8月24日(1999.8.24)
 (86) 國際出願番号 PCT/GB1996/001657
 (87) 國際公開番号 WO1997/004417
 (87) 國際公開日 平成9年2月6日(1997.2.6)
 審査請求日 平成15年7月1日(2003.7.1)
 (31) 優先権主張番号 9514834.2
 (32) 優先日 平成7年7月19日(1995.7.19)
 (33) 優先権主張国 英国(GB)

(73) 特許権者
 ディミスト・テクノロジーズ・リミテッド
 英国エム60・1キューディ、マンチェスター、サックビル・ストリート72番
 (74) 代理人
 弁理士 青山 葵
 (74) 代理人
 弁理士 古川 泰通
 (74) 代理人
 弁理士 前田 厚司
 (72) 発明者
 オークレイ、ジョン・ピーター
 イギリス、エム20・2ジーピー、マンチエスター、ウエスト・ディズベリー、マー
 ジー・メドーズ10番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】画像エンハンスメント

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

大気後方散乱光によって部分的に不明瞭にされた風景の高められた画像を形成する方法において、

風景の画像を撮影し、

画像の画素の輝度と、画像が表現する視界の地点と画素によって表現される風景の中の地点との間の距離との関係を表現するようにモデルを形成し、

該モデルから、画像の各画素の輝度に対する後方散乱光の寄与の概算を計算し、

各画素に対して概算された寄与を当該画素の輝度から減じ、

当該画素の輝度をスケール(scale)して当該画素の修正輝度を形成し、

当該画素の修正輝度の関数である輝度を画像の各画素に割り当てることによって高められた画像を形成する方法。

【請求項2】

処理される撮影風景画像は、一連の風景画像をとらえ、平均又は時間濾波された画像を形成することによって形成し、

当該画像において各画素はある輝度を有し、

当該輝度は画素と同じ風景領域を表現する一連の撮影画像の部分の輝度の平均である、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記風景の一連の高められた画像を形成し、

10

20

平均又は時間濾波された画像を形成し、

当該画像はある輝度を有し、

当該輝度は画素と同じ風景領域を表現する一連の高められた画像の部分の輝度の平均である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

画像の数、又は各画素に対して平均輝度値を形成するのに使用される一時的フィルタの帯域幅は、画素によって表現される風景の部分の画像面からの距離の関数として変化する請求項 2 又は 3 のいずれかに記載の方法。

【請求項 5】

高められた画像の各要素は、画像コントラストを回復するためにスケールされた画素の修正輝度から計算される輝度を有する請求項 1 から 4 のいずれかに記載の方法。 10

【請求項 6】

画像の各画素の輝度に対する風景からの光の寄与の概算をモデルから計算し、各画素の修正輝度は、当該画素のに対する風景からの概算された寄与で割り、定数を乗じて、再現画像の要素輝度を決定する請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

各画素の輝度値は、当該画素に対する立体角で割る請求項 1 から 6 のいずれかに記載の方法。

【請求項 8】

大気後方散乱光によって部分的に不明瞭にされた風景の高められた画像を形成する装置において、 20

風景の画像を撮影する手段と、

画像の画素の輝度と、画像が表現する視界の地点と画素によって表現される風景の中の地点との間の距離との関係を表現するようにモデルを形成する手段と、

該モデルから、画像の各画素の輝度に対する後方散乱光の寄与の概算を計算する手段と、各画素に対して概算された寄与を当該画像の画素の輝度から減じる手段と、

該減じた結果をスケールして当該画素の修正輝度を形成する手段と、

画像を復元して、当該画素の修正輝度の関数である輝度を有する高められた画像の各画素について、高められた画像を形成する手段とからなる装置。

【請求項 9】

一連の風景画像を撮影し、平均画像を形成する手段を設け、 30

当該画像において各画素はある輝度を有し、

当該輝度は画素と同じ風景領域を表現する一連の撮影画像の部分の輝度の平均であり、

前記モデル形成手段は、輝度と平均画像の画素の輝度と距離の関係を表現するものである請求項 8 に記載の装置。

【請求項 10】

前記風景の一連の高められた画像を形成する手段と、平均画像を形成する手段とを設け、当該画像はある輝度を有し、

当該輝度は画素と同じ風景領域を表現する一連の高められた画像の部分の輝度の平均である、請求項 8 に記載の装置。 40

【発明の詳細な説明】

本発明は、画像エンハンスメント、特に、大気後方散乱光によって部分的に不明瞭になつた風景画像を高める (enhance) 方法及び装置に関する。例えば大気からの後方散乱光によって不明瞭にされた風景画像を高めるための方法が種々知られている。例えば、カメラを飛行機に搭載して飛行機が飛行する地形の風景画像を得ることができる。この風景画像が霧や雲、その他の大気効果によって不明瞭になつていると仮定すると、風景画像に寄与 (contribute) するこれらの地形の特徴からカメラに達する光の強度が減少する。地形から散乱される光がカメラに達する量は少ないが、霧や雲から散乱される光によって不明瞭になる。このような状況における画像のコントラストを高めるための方法が多く知られているが、画質の向上は次の 3 つのファクターによって制限される。

第1に、カメラや他のセンシング装置のゲインは、通常は自動ゲイン制御によって最大の画像輝度に設定される。散乱光成分が大きいとき、伝送される地形成分はセンサの量的ノイズに比較して小さくなる。

第2に、後方散乱光はランダムな成分を有し、これはノイズの原因であり、センサにより実行されるコントラスト・ストレッチング変換によって増幅される。

第3に、低光状態では、伝送される光束の統計変動は画像にポアソンノイズを引き起こす。このノイズは、画像に存在するコントラストの範囲を増加する変換によって増幅される。

異なる位置からその状況を表わす一連の画像の形態で撮影される風景に関する情報を平均することによって、高められた風景画像を生成することが知られている。この技術は、高められた画像は輝度を当該高められた画像の各画素に割り当てるこによって生成されるという風景の以前の知識に基づいている。その輝度は、高められた画像の画素と同じ風景部分を表わす一連の画像の部分の輝度の平均である。これには、一連の画像の各々が撮影された風景に対する位置と、地形の詳細の知識が必要であり、この結果、一連の画像が形成されると、飛行機の運動に対して補整を行なうことができる。地形の各画像が撮影される位置の知識と、一連の画像の各々によって表わされる視界が与えられると、これらの画像を適当な位置で重ねることができ、平均輝度値の計算が可能となる。デジタル地形高度 (Digital Terrain Elevation ; D T E) は、多くの最新飛行機の機内ナビゲーションシステムからの瞬間的な飛行機の速度と姿勢に関する正確な情報とともに既に利用可能である。公知の運動補償型画像平均システム (motion - compensated - image averaging system) は、高センサーノイズ状態において画質の著しい向上を与える。

公知の運動補償型画像平均システムを使用して生成される高められた画像は、コントラスト・エンハンスメントによってさらに改良される。例えば、分散規格化 (variance normalization) 、ヒストグラム均等化 (histogram equalization) 等の種々のコントラスト・エンハンスメント・アルゴリズムが知られている。しかしながら、実際にはそのような公知のコントラスト・エンハンスメント・アルゴリズムは特に良い結果をもたらすものではなかった。

本発明の目的は、後方散乱光によって部分的に不明瞭になった風景画像を高める改良された方法及び装置を提供することにある。

本発明によると、大気後方散乱光によって部分的に不明瞭にされた風景の高められた画像を形成する方法において、

風景の画像を撮影し、

画像の画素の輝度と、画像が表現する視界の地点と画素によって表現される風景の中の地点との間の距離との関係を表現するようにモデルを形成し、

該モデルから、画像の各画素の輝度に対する後方散乱光の寄与の概算を計算し、各画素に対して概算された寄与を当該画素の輝度から減じ、

当該画素の輝度をスケール (scale) して当該画素の修正輝度を形成し、

当該画素の修正輝度の関数である輝度を画像の各画素に割り当てるこによって高められた画像を形成する方法が提供されている。

好ましくは、処理する前に、一連の風景画像をとらえ、平均画像を形成する。当該画像において、各画素はある輝度を有し、当該輝度は画素と同じ風景領域を表現する一連の撮影画像の部分の輝度の平均である。次に、平均画素を処理する。代案として、一連の画像を別個に処理してから平均してもよい。

また、本発明は、大気後方散乱光によって部分的に不明瞭にされた風景の高められた画像を形成する装置において、

風景の画像を撮影する手段と、

画像の画素の輝度と、画像が表現する視界の地点と画素によって表現される風景の中の地点との間の距離との関係を表現するようにモデルを形成する手段と、

該モデルから、画像の各画素の輝度に対する後方散乱光の寄与の概算を計算する手段と、各画素に対して概算された寄与を当該画像の画素の輝度から減じて、当該画素に対する修

10

20

30

40

50

正輝度を形成する手段と、

画像を復元して、当該画素の修正輝度の関数である輝度を有する高められた画像の各画素について、高められた画像を形成する手段とからなる装置を提供している。

本発明は、例えば雲によって不明瞭にされた風景画像の中の平均後方散乱光束成分が、画像が撮影された地点と画像に表現された地形の地点との間の距離により変化するという知見に基づいている。視界のタイプに依存して、この距離（又は深度）は画像を横切って変化する。これは、地球の表面を横切ってほぼ水平に飛行する飛行機のケースである。本発明はこのような深度の画像面変化を考慮している結果、平均後方散乱の変化に強い。

モデルは、高められる個々の画像に対して深度／輝度関係のプロットを参照して形成してもよい。

高められた画像の各画素の輝度は、画像コントラストを回復するためにスケールされた当該画素の修正輝度から計算してもよい。例えば、モデルに基づき、画像の各画素の輝度に対する風景からの光の寄与を計算し、各画素に対する修正輝度を当該画素の対する風景からの概算された寄与で割り、定数を乗じて、再現画像の要素輝度を決定する。

以下、次の図面を参照して本発明の実施例を説明する。

図1は、飛行機のカメラによって撮影された1枚の未処理の光学画像である。

図2は、特定の強度を有する画像の多くの画素に対して強度をプロットした図1の画像のヒストグラムである。

図3は、図1に示すものと同じ風景の画像であるが、連続して撮影された10フレームの平均を運動補償することによって得られた画像を表わしている。

図4は、図2に対応するが、図3の画像に関するヒストグラムである。

図5は、図1の画像の画素の深度対輝度の関係をプロットしている。

図6は、図3の画素の深度対輝度の関係をプロットしている。

図7は、本発明により図3の画像から引き出された画像である。

図8は、飛行機のカメラによって撮影された他の未処理の画像である。

図9と図10は、それぞれ本発明の方法、従来の画像処理方法を使用して図8の画像から引き出された処理画像である。

図11は、飛行機のカメラによって撮影されたさらに他の未処理の画像である。

図12は、本発明により図11の画像を含む一連の画像から引き出された画像である。

以下に説明する画像強化の方法は、3つのステップからなり、すなわち、画像平均 (image averaging)、パラメータ概算 (parameter estimation)、及びコントラスト変換 (contrast transformation) である。使用される画像平均の方法は従来のものである。

以下に説明する画像は、標準のビデオカメラにより30°の視界で得られた。カメラは水平に対して約15°の角度で飛行機に搭載された。飛行機の現在位置、速度、及び方位に関する情報は、機内の慣性飛行システム (Inertial Navigation System; INS) から利用された。地形高度値のデータベースは機内コンピュータに記憶された。図1はカメラによって生成された1枚の未処理画像を示す。画像は、主要道路、道路を走る車両、道路を横切る橋、道路の両側にある種々の地形的特徴等を含む風景である。これらの風景の特徴は、低高度の雲によって不明瞭になっている。飛行機がイメージされた風景に対応して飛行するときに、カメラによって一連の10枚の画像が撮影された。次に、運動補償平均が適用され、その平均は10画像フレームにわたって計算された。画像平均は、カメラ運動を補正するための幾何学的変換を使用して、フレームNで「平均」された画像が前の多数のフレームの合計から引き出されるように行われる。この結果、時間平均された画像が維持され、それは常に現在カメラ位置と方位を反映している。この平均画像の各画素は、画像に寄与する地形のいくつかの特定の地点に対応している。世界空間（地形）の共通座標 (x, y, z) を考えると、これは次式により合計として記載することができる。

$$P = \frac{1}{M} \sum_{k=0}^{M-1} I_k (x_k, y_k) \quad (1)$$

ここで、Mは平均処理に必要とされる画像の数、 I_k は入力画像フレームk、 (x_k, y_k) 50

) はフレーム k における点 (x , y , z) の位置である。

式 (1) によって記載される平均処理は次の 2 つの効果を有している。

1 . センサノイズは約 $1 / M$ のファクターによって減少される。

2 . 後方散乱成分における統計変動は同様のファクターによって減少される。

図 2 は、図 1 の画像に基づくヒストグラムであり、識別された強度を有する画像における画素数を示す。このヒストグラムは雲からの後方散乱光によって支配される。図 3 は 10 フレームの運動補償平均から生じる画像を示し、図 4 は図 2 に対応するが、図 3 の画像に関するヒストグラムである。図 4 は平均灰色レベル回りの値の図 2 より狭い分布を示す。地形から反射された光束はこの比較的狭いピーク内に含まれ、コントラスト・エンハンスメントによって回復することができる。この目的のためには、分散規格化やヒストグラム均等化のような種々のコントラスト・エンハンスメント・アルゴリズムが適切である。使用することができる 1 つの簡単なアルゴリズムは、良好な画像コントラストを与えるように定数 m を選択して変換 $y = m x + c$ を画像灰色レベルに適用する。しかしながら、実際には、平均後方散乱束成分はカメラと地形の間の距離に従って変化する。視界のタイプに依存して、この距離 (又は深度) は画像を横切って変化する。この結果、公知のコントラスト・エンハンスメント・アルゴリズムは、図 3 に表わされる画像の品質に著しい向上をもたらすことはない。しかしながら、本発明はこれらの画像面の深度の変化を考慮する結果、平均後方散乱の変化に強い。

本発明によると、後方散乱の寄与は画像の各画素において概算される。これは、平均画像の多くの画素の深度と輝度の関係を考慮することによって達成される。次に、数値データ適合アルゴリズムを使用して、パラメトリックモデルは深度 / 輝度データに適合される。次に、その結果のモデルパラメータは任意の画像画素における後方散乱を計算するのに使用される。この後方散乱概算の方法はさらにコントラスト・エンハンスメントのパラメータを与える。

図 5 は、図 1 の画像の画素の深度と輝度の関係をプロットしている。図 6 は図 3 に対して同様にプロットしている。予期されるように、図 3 の運動補償平均画像は散乱が少なく、したがって本発明の適用に対してより良い開始点を表わしている。

次に、本発明の 1 つの実施例におけるパラメータ概算とコントラスト変換のステップを説明する。

図 3 の画像の各画素における後方散乱寄与 (backscatter contribution) $b = b (d)$ に対する概算は、次式から得られる。

$$b (d) = C (1 - \exp (- K d)) \quad (2)$$

ここで、 C は照明とセンサー変換係数に依存する定数、 K は霧 / ミスト / 雲の粒子の散乱プロフィールを特徴づける吸光係数 (extinction coefficient) 、 d は各画素における深度である。同様に、各画素における伝送地形寄与 (transmitted terrain contribution) に対する概算は、次式で表わされる。

$$t (d) = T \exp (- K d) \quad (3)$$

ここで、 T は C と地形風景の性質に依存する定数である。深度ベースのモデルによると、深度 d を備えた画素における全体輝度 $p (d)$ は、後方散乱 $b (d)$ と地形 $t (d)$ から反射される光との合計、すなわち次式で表わされる。

$$\begin{aligned} p (d) &= b (d) + t (d) \\ &= C (1 - \exp (- K d)) + T \exp (- K d) \quad (4) \end{aligned}$$

パラメータ T 、 C 及び K を概算するために、3 つのパラメータモデルが図 6 の輝度 / 深度プロットに適合された。このモデルは次式によって定義される。

$$p (d) = c_0 + c_1 \exp (- K d) \quad (5)$$

モデル適合は数値最適化アルゴリズムを使用して行われ、次式によって定義される全最小二乗誤差が最小になるように、 c_0 、 c_1 、及び K に対する値が決定された。

$$\sum_{\text{all } i, j} [p (i, j) - (c_0 + c_1 \exp (- K d (i, j)))]^2 \quad (6)$$

ここで、 $p (i, j)$ は画素 (i , j) における平均画像の輝度、 (i , j) は対応する

深度である。図 6 の破線はパラメトリックモデルである。 c_0 、 c_1 、及び K に対する概算値は、それぞれ、217.55、-145.65、0.773である。

画素 (i, j) における後方散乱概算 $b(i, j)$ は、次式で与えられ、

$$b(i, j) = c_0 (1 - \exp(-K d(i, j))) \quad (7)$$

地形寄与 $t(i, j)$ は、次式で与えられる。

$$t(i, j) = (c_0 + c_1) \exp(-K d(i, j)) \quad (8)$$

$t(i, j)$ に対する概算は、散乱媒体による地形反射光の減少 (attenuation) を考慮していることに注意すべきである。

次に、画素 (i, j) における高められた画像 $e(i, j)$ は、次式から生成される。

$$e(i, j) = (p(i, j) - b(i, j)) \frac{128}{t(i, j)} \quad (9)$$

10

ここで、 $b(i, j)$ と $t(i, j)$ は、それぞれ式 (7) と (8) を使用して計算される。これは、後方散乱を減じること、フルコントラストを復帰させるためにスケーリングすることと均等である。画像が 256 灰色レベルに定量化 (quantify) される。最終結果は図 7 に示されている。

前述の実験に続いて、画像データはエンコードされたガンマであること、すなわち、画素値は入射光束に比例するのではなく、パワー 0.45 (約) に上昇した光束に比例することが分かった。この非線形エンコーディングが反転すると、パラメータ c_0 、 c_1 、及び K に対して異なる値が得られる。特に、図 1 に示す画像に対する K の値は著しく低く、約 0.4 km^{-1} である。 c_0 と c_1 の改正された値は、それぞれ 135, 032、-120, 613 である。

20

図 8 - 図 10 に示す画像は、従来のコントラスト・ストレッチ・アルゴリズム (ヒストグラム均等化) よりも、後方散乱概算と画像エンハンスメント・アルゴリズムによって与えられた画像強化が視覚的にかなり良好な状態で優越していることを示す。図 8 はミストによって少し薄くなった 2 つの滑走路を有する飛行場の原画像を示す。図 9 は前述のアルゴリズムを使用して処理された画像を示し、図 10 はコントラスト・ストレッチ・アルゴリズムによって処理した後の画像を示す。図 10 のコントラストが拡大された画像は人工的な外観を有しているのに対し、図 9 は自然的な外観を有している。

アレイを横切る個々の画素とに対する立体角 (solid angle) の変化を補償することによって、さらに洗練された画像強化プロセスを行なうことができる。これは著しい効果を有する。なぜなら、変化はわずか 10 パーセントのオーダーであるが、散乱光寄与はこのファクターに比例し、地形寄与より大きいからである。立体角 Ω_k は、画像面のセンサー要素の位置に関係する固定幾何学的定数である。この立体角 Ω_k は、次式で計算することができる。

$$\Omega_k = \frac{A f}{(f^2 + x_k^2 + y_k^2)^{3/2}} \quad (10)$$

30

ここで、 A は単一のセンサー要素のアクティブ面積、 f は焦点距離、 x_k と y_k は画像面の光学中心から画素 k の x オフセットと y オフセットである。画像を横切る立体角の変化の補償は、各画素値を立体角で割ることによって達成される。

40

図 11 は航空カメラで撮影された一連の 3 つの画像の 1 つであり、図 12 はガンマエンコーディングをカメラにより反転して地形の輝度に比例した画素値を作成し、3 つの画像を平均し、立体角の変化を補償することによって得られた高められた画像を示す。図 12 に表されたものに対して同様に高められた画像が、3 つの画像のそれぞれを個別に処理して高められた画像を平均することによって達成された。

いくつかの画像が信号対ノイズの比を向上するために違いに合計される平均処理に関する問題は、飛行機の位置の不確定性が平均された画像の前景にぼけを生じさせることである。このような装置において、非常に遠方の地形点 (水平線の近傍) に関する画素が多数回平均されるのに対し、カメラに近接する地点 (例えば画像の底部) に関する画素は 2、3

50

の画像が平均されるが、平均アルゴリズムによってバイパスされる。

この方法は特に有効である。なぜなら、高められた画像の信号対ノイズの比 (SNR) は深度のストロング関数 (strong function) であり、非常に遠方の地点に対して低くなる傾向にあるのに対し、低い深度におけるSNRはもっと大きいからである。

このタイプの可変平均を達成する1つの好都合な方法は、可変帯域幅を備えるデジタルフィルタを使用することである。1つの適切なフィルタは次の差分方程式によって記載される。

$$y[n] = x[n] + (1 - \alpha) y[n-1] \quad (11)$$

ここで $x[n]$ はシーケンスの n 番目の画像、 $y[n]$ は $x[n]$ の濾波バージョン (filtered version)、 $y[n-1]$ は $(n-1)$ 番目の画像の濾波バージョンである。フィルタ (11) のノイズ減少特性は定数 α の選択に依存し、 α の値が小さくなればなるほど、ノイズ減少特性は大きくなる。このフィルタのノイズファクターは $\sqrt{(2-\alpha)/\alpha}$ である。これは、画像ノイズが連続するフレームに対して時間的に相関しないとすると、出力 $y[n]$ における標準偏差は入力 $x[n]$ のそれよりも少ない $\sqrt{(2-\alpha)/\alpha}$ のファクターであることを意味する。このように、例えば 10 の信号対ノイズ比 (SNR) を維持するためには、 α が

$$\sqrt{(2-\alpha)/\alpha} \approx \sqrt{2/\alpha} = \frac{1.0}{\text{SNR}_{av}} \quad (12)$$

となるように選択されなければならない。このため、要求される α の値は、

$$= 0.02 \text{SNR}_{av}^2 \quad (13)$$

となる。

SNRは種々の方法で概算される。1つの利用可能な方法は、後方散乱のノイズが乗法ガウス (multiplicative Gaussian) であり、画像のノイズが後方散乱ノイズ及びセンサ自身に生成されるノイズであるという仮定に基づいている。深度の関数としてのSNRは次式で与えられる。

$$\text{SNR} = 0.02 \frac{t(i, j)^2}{\sigma_s^2 + b(i, j)^2 \sigma_{sc}^2} \quad (14)$$

ここで、 σ_s はセンサノイズの変数、 σ_{sc} は後方散乱ノイズの変数である。

仮に α が 1 より大きいなら、これはフィルタが要求されないことを意味する。仮に背景が静的であれば、暫定平均が画像画素に直接加えられ、 α の小さい値が使用される結果、濾波された画像が低ノイズレベルとなる。動的画像の場合には、カメラの運動が知られていれば、式 (11) に運動補償変化が適用される。これは、次式で与えられる。

$$y[n] = x[n] + (1 - \alpha) y[n-1] \quad (14)$$

ここで、 $y[n-1]$ は $(n-1)$ 番目の画像フレームにおける $y[n]$ に相当する画素の値である。

本発明の上記実施例においては、画像平均ルーチンは、画像への後方散乱寄与の概算とコントラスト・エンハンスメントに先立って行われるが、後方散乱概算とコントラスト・エンハンスメントのルーチンは単一画像に適用され、その一連の画像から平均画像が連続して生成される。この順で処理をする行う1つの利点として、平均間隔にわたって著しく変化する特定の画素に対応する深度値によって引き起こされる画像低下 (デグラデーション) の問題が回避される。

後方散乱概算と画像強化は、強化の前後いずれにも画像平均ルーチンを使用することなく、単一画像に適用することができる。

また、後方散乱寄与を概算する方法は他の方法を使用することができる。例えば、後方散乱寄与はローパスフィルタを平均画像に適用することによって概算することができる。しかしながら、この概算は地形信号中の低空間周波数成分 (low spatial frequency components) によって低下される。さらに、フィルタ核 (filter kernel) のサイズは深度の予期される変化に対して小さくなければならない。これは、フィルタから概算される後方散乱が概算方法とともに前述したランダム不確実性の大きな度合いに支配されることを意味

10

20

30

40

50

する。

コントラスト変換に他のアルゴリズム、すなわち概算された後方散乱と変換された地形寄与から高められた画像の最終生成を適用することができる。

本発明の1つの可能な適用は画像分類である。処理画像の照明が均一であると仮定すると、式(8)から計算される地形寄与 $t(i, j)$ は画像に含まれる要素の反射性についての情報を与える。異なる地形遮蔽物例えば草、木、水等の対応する反射率ファクターは固定されている。地形寄与 $t(i, j)$ は、それが画素 (i, j) に対する局地反射率ファクターに対する直接概算を与えるように、スケール (scale) される。単純なコンピュータプログラムは $t(i, j)$ の計算値を記憶し、それを可能な地形特性に変換する。

本発明は可視光や赤外画像にも適用することができる。

10

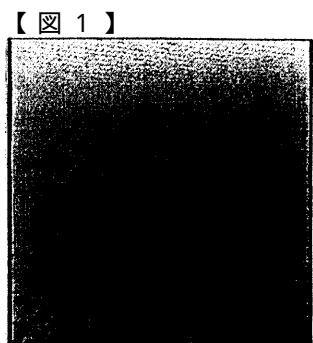


FIG. 1

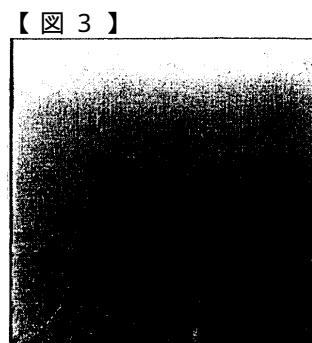


FIG. 3

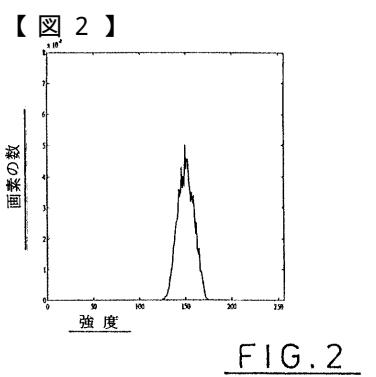


FIG. 2

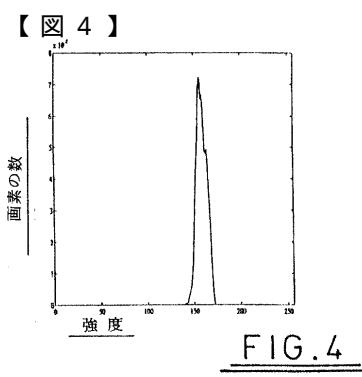


FIG. 4

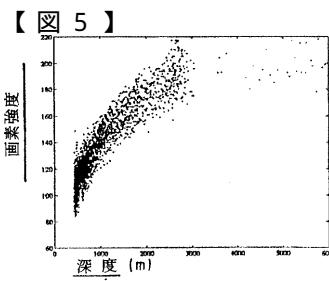


FIG.5

【図 8】



FIG.8

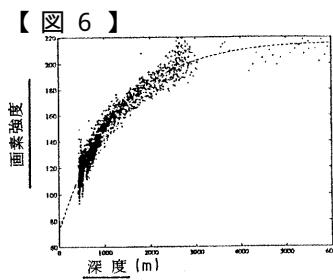


FIG.6

【図 9】

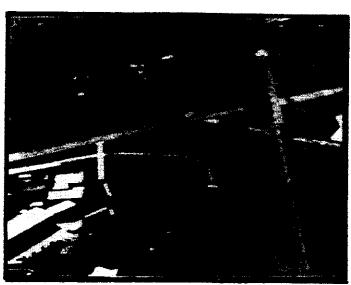


FIG.9

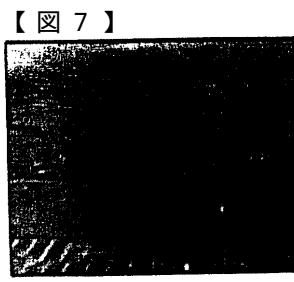


FIG.7

【図 10】

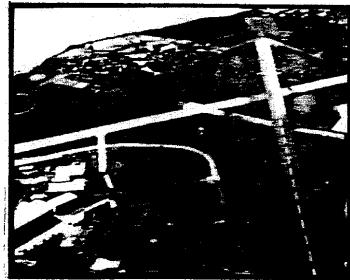


FIG.10

【図 12】



FIG.12

【図 11】

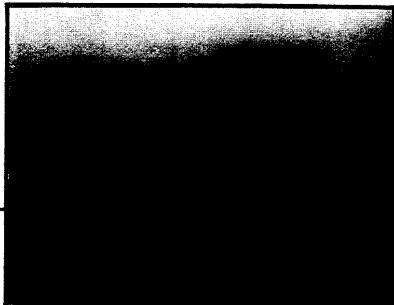


FIG.11

フロントページの続き

審査官 西山 昇

(56)参考文献 特開平06-300845(JP,A)

特開昭59-006679(JP,A)

特開昭56-011399(JP,A)

特開平06-138251(JP,A)

特開昭54-011645(JP,A)

M.PUTSAY, A simple atmospheric correction method for the short wave satellite images,
INTERNATIONAL JOURNAL OF REMOTE SENSING, 英国, Taylor & Francis Ltd., 1992年 5月
20日, vol.13, No8, P.1549-1558

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T 1/00, 5/00