

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5579613号
(P5579613)

(45) 発行日 平成26年8月27日(2014.8.27)

(24) 登録日 平成26年7月18日(2014.7.18)

(51) Int.CI.

G O 1 V 1/30 (2006.01)

F 1

G O 1 V 1/30

請求項の数 9 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2010-531541 (P2010-531541)
 (86) (22) 出願日 平成20年11月3日 (2008.11.3)
 (65) 公表番号 特表2011-503533 (P2011-503533A)
 (43) 公表日 平成23年1月27日 (2011.1.27)
 (86) 國際出願番号 PCT/EP2008/064893
 (87) 國際公開番号 WO2009/059951
 (87) 國際公開日 平成21年5月14日 (2009.5.14)
 審査請求日 平成23年9月21日 (2011.9.21)
 (31) 優先権主張番号 0707794
 (32) 優先日 平成19年11月6日 (2007.11.6)
 (33) 優先権主張国 フランス (FR)

(73) 特許権者 510122762
 トタル ソシエテ アノニム
 T O T A L S A
 フランス国 92400 クルブボワ ラ
 デファンス 6 ブラス ジャン ミル
 イエ 2 ツール クポール
 (74) 代理人 110000338
 特許業務法人HARAKENZO WOR
 LD P A T E N T & T R A D E M A
 R K
 (72) 発明者 ケスケス、ヌマン
 フランス、エフ-64018 ポー セデ
 ックス、トタル ソシエテ アノニム内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】地表下における地震学的画像の処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

地表下の地震学的画像の処理方法であって、
 地震学的画像を解析することにより地表下の領域内の地震層を評価する工程と、
 複数個の累積値からなる合成画像を形成するために、一連の評価された複数の地震層に
 沿って累積して、上記地震学的画像の各画素に関する累積値を計算する工程と、
 符号付き振幅が上記合成画像の各画素に割り当てられる地震表現を得るために、上記合
 成画像を変換する工程と、を含んでおり、
 上記合成画像を変換する工程は、上記合成画像に対し畳み込みカーネルを用いて空間畳
 み込み(20)を行う工程、又は、上記合成画像と上記地震学的画像とを結合(40)す
 る工程を含んでいることを特徴とする処理方法。

【請求項 2】

上記合成画像を変換する工程は、上記合成画像に対し畳み込みカーネルを用いて空間畳
 み込み(20)を行う工程を含んでおり、

上記地震学的画像の画素に関する累積値を計算する工程は、上記一連の上記画素を通過
 する複数の層についてそれぞれ符号付きの量を累積する工程を含んでおり、

上記層についての符号付きの量は、上記地震学的画像内の上記層の開始画素の振幅の符
 号に応じた量であることを特徴とする請求項1に記載の処理方法。

【請求項 3】

上記符号付きの量は、上記地震学的画像の上記開始画素の振幅が正の場合に+1であり

、上記開始画素の振幅が負の場合に - 1 であることを特徴とする請求項 2 に記載の処理方法。

【請求項 4】

上記空間畳み込みを垂直方向に実行することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項 に記載の処理方法。

【請求項 5】

上記畳み込みカーネルは、ウェーブレットであることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項 に記載の処理方法。

【請求項 6】

上記合成画像を変換する工程は、上記合成画像と上記地震学的画像とを結合 (40) する工程を含んでおり、

上記地震学的画像の画素に関する累積値を計算する工程は、上記一連の上記画素を通過する複数の層についてそれぞれユニタリ値を累積する工程を含んでいることを特徴とする請求項 1 に記載の処理方法。

【請求項 7】

上記合成画像を変換する工程は、 $P(x, y) = A(x, y) \times S(x, y)$ で表わされる画素毎の積によって上記合成画像と上記地震学的画像とを結合 (40) する工程を含んでおり、 $P(x, y)$ は上記地震表現における画素値を示し、 $A(x, y)$ は上記合成画像における上記画素の累積値を示し、 $S(x, y)$ は上記地震学的画像における上記画素の振幅を示し、及び \times 及び \times は 2 つの正の指數を示していることを特徴とする請求項 1 または 6 に記載の処理方法。

【請求項 8】

$= 1 / 2$ であり、 $= 1$ であることを特徴とする請求項 7 に記載の処理方法。

【請求項 9】

上記地表下の地震学的画像を処理するシステムのためのコンピュータプログラムであって、上記地震学的画像を処理するシステムのコンピュータにより該プログラムが実行されるときに請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の処理方法の各工程を実行する命令を含むプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、地表下を表わす地震学的画像の解析に関する。

【背景技術】

【0002】

特に石油探査においては、地表から、または、井戸掘り機の中から地球物理学的測定を行い、その結果から石油貯留層の場所を発見することが知られている。反射地震の技術において、この測定は、地表下に波を放射すること、及び、調査している地質構造からのさまざまなエコー波を含む信号を測定することを必要とする。こうした地震構造は、一般的に、異なる物質や断層などを隔てる面になっている。また、その他の測定が、井戸から実行される。その結果、音波もしくは電磁波放射物が、地表下に送られる。

【0003】

上記測量は、一般的には地震学的画像または超音波検査画像という形態で地表下のモデルを再現するために行われる。これらの画像は、2 次元（地震部分の）画像であってもよいし、3 次元（地震ブロックの）画像であってもよい。地震学的画像は複数の画素からなり、該画素の明度は、インピーダンスの局所的な変化に応じた地震振幅を表わしている。

【0004】

地球物理学者は、振幅情報を有しているこのような地震学的画像を、調査のために使用している。地球物理学者は、異なる特性を持つ地表下の複数の領域を目視により区別することができ、これにより、地表下の構造を測定することができる。

【0005】

10

20

30

40

50

地震学的画像から構造情報を自動的に抽出する方法がある。特に、地震学的画像における振幅の傾きをコンピュータ解析することによって、地震層を評価することが知られている。このようにして評価された地震層は、地震学的画像を手作業で検査することによって測定された層とは対照的に、“合成された地震層”と呼ばれる。

【0006】

2次元の地震学的画像において層を評価するためにとり得る方法の一つには、上記画像中のある画素から、局所的な振幅の傾きが最小になるような方向に向けて調査する方法がある。上記方向への伝播によって、合成された地震層を表わす線が、徐々に構成されていく。また、地震学的画像が3次元画像である場合、垂直方向に横断する表面の形の層を評価することが可能である。このために、例えば、特許文献1にて記載された伝播法を用いることが可能である。10

【0007】

合成された地震層には、合成画像を形成する累積値（もしくは合成された累積値）を生成するように処理を施すことが可能である。この合成画像は、地震学的画像と同じ次元の画像であり、地表下の構成についての構造情報を含んでいる。累積値は、例えば、次のように、コンピュータにより計算される。すなわち、上記地震学的画像の各画素を開始点として、層は、勾配伝播法によって評価され、このように評価された層の各画素には1の値が割り当てられ、その他の画素に0の値が割り当てられる。地震学的画像の様々な画素から得られる複数の層の合成画像の各画素に割り当てられる上記値（1もしくは0）の合計が累積値となる。高い累積値は、画像中の特に異なる複数の層が交わる範囲に相当する。20
一方、低い累積値は、物理的特性が比較的均一である範囲を表す。

【0008】

累積値を合成することによって形成される上記画像を、特許文献2において記載された方法で変換することにより、地震画像の年代層序を解析することができる。上記変換は、非線形変換でなく、垂直線に沿って累積値を積分することによって計算される。これにより、物理年代のスケールから擬似地質年代のスケールに変換される。上記変換画像は、地質堆積物に対応すると解釈される接続部分を含み、これにより、それらの間の地質学的な切れ目を表わすようになっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】仏国特許第2869693号明細書

【特許文献2】米国特許第6771800号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

評価対象の層について計算された合成画像は、構造情報の概要のようなものを構成するので、地表下の構造を把握するのに有用である。それらが視覚化する情報は、岩石学と比べると構造化されており、それらはもはや地震の振幅値を含まず、ただ値が連続する部分と連続しない部分とを含んでいる。このことが、地震学的画像内の構造を見分けるのが非常に困難であるにも関わらず地震学的画像そのものの調査を好む地球物理学者の興味を限定する。本明細書は、様々な方式の画像の利点を共存させる新しい形の地震学的画像処理を紹介するものである。40

【課題を解決するための手段】

【0011】

上述したように、地表下の地震学的画像を処理する方法であって次のステップを含む方法を提案する。

- ・地震学的画像を解析することにより地表下のある領域内の複数の地震層（seismic horizon）を評価する工程
- ・複数個の累積値からなる合成画像を形成するために、一連の評価された複数の地震層に50

沿って累積して、上記地震学的画像の各画素に関する累積値を計算する工程

- ・合成画像の画素に符号付き振幅(signed amplitude)が割り付けられた地震表現を得るために合成画像を変換する工程

上記合成画像は元の地震学的画像に近い表現状態に戻るように再処理される。上記地震表現は、合成画像から得られる構造情報を加えることによって拡張された地震学的画像と見なすこともできる。これにより、画像を容易に読み取らせたり解釈させたりすることがなくなる。

【0012】

上記方法の一実施形態では、地震学的画像の画素に関連づけられている累積値の計算は、上記画像を通過する上記一連の層にそれぞれ関連づけられた符号付きの量を累積することを含んでいる。また、層に関する符号付きの量は、地震学的画像内の上記層の開始画素の振幅の符号に応じたものとなっている。

10

【0013】

このように生成された合成画像は、通常、常に正の量の累積値によって得られた明瞭でない画像となる。しかしながら、これらの符号付き振幅は、インピーダンスの変化に関連するいくつかの物理的情報を伝播する。このような合成画像を変換するステップは、ウェーブレットのような畳み込みカーネルを持った上記合成画像の空間の畳み込みから構成される。これらは、より妥当な地震振幅の画像を供給する。

【0014】

上記方法の他の形態は、合成画像を変換するステップが、合成画像と地震学的画像とを結合するステップを含んでいる。

20

【0015】

合成画像と地震学的画像との結合は、特に、 $P(x, y) = A(x, y) \times S(x, y)$ から得られる画素毎の積になる。ここで画素の値である $P(x, y)$ は、上記地震表現における画素の値を示し、 $A(x, y)$ は、合成画像内の上記画素の累積値を示し、 $S(x, y)$ は地震学的画像の上記画素の振幅を示し、 \times 及び \cdot は 2 つの正の指數を示す。

【0016】

本発明の他の特徴は、地表下の地震学的画像を処理するシステムのコンピュータプログラムに関する。このプログラムは、地震学的画像処理システムのコンピュータによりプログラムが実行されるときに前述した各ステップを実行する命令を含んでいる。

30

【0017】

本発明の特別な特徴及び有利な点は、以下の限定されない典型的な実施形態を添付の図面を参照しながら説明する中で明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】図1は、地震学的画像の典型的なデータを示す。

【図2】図2は、図1の地震学的画像から得られた合成画像の一形態を示す。

【図3】図3は、地震学的画像の処理方法の典型的な実施形態を示すフローチャートである。

40

【図4】図4は、図3に示した方法によって構造上改良された地震表現を示す。

【図5】図5は、地震学的画像の処理方法の別の典型的な実施形態を示すフローチャートである。

【図6】図6は、図5に示した方法に使用される合成画像の別の形態を示す。

【図7】図7は、図5に示した方法によって構造上改良された地震表現を示す。

【発明を実施するための形態】

【0019】

図1を参照すると、一般に、地震学的画像は、地震の振幅に相当する輝度を有する画素の配列の形態である。一般に、2色表示であり（図示しない）、一方の色は負の振幅であり、他方の色は正の振幅である。画像が2次元である場合、上記地震学的画像は、鉛直方

50

向に関する地震波形の2次積分に相当し得る。また、地震学的画像は、鉛直方向に関する地震波形の3次積分によって得られる地震ブロックを通る縦断面に相当し得る。

【0020】

従来公知の手法では、このような地震学的画像は処理されて、評価される地震層に沿って累積することによって図2に表されるような合成画像を生成し得る。上記合成画像は、例えば、グレイの陰影を用いて単色によって表示される。グレイの陰影は、画素の累積値が高いほど暗くなる。図2の場合、これらの累積値は全て正の値である。

【0021】

図2に示される上記合成画像は、導入部において述べた従来の方法によって、図1の地震学的画像から得られている。当該従来の方法は、例えば図3に示される手順10にしたがって実施される。

10

【0022】

この手順10は、地震学的画像の各画素に関する層の評価、および各画素に関する累積値A(x, y)の算出を包含している。第1の開始画素(x, y)は、ステップ11において選択される。上記累積は、累積値A(x, y)の値を単位値だけ増加させることによって、ステップ12において行われる。もし現在の地震層が完全に対象とされていない場合(試験13)(すなわち、その伝播が上記画像の2つの側方の端部にまだ達していない場合)、累積ステップ12に戻る前に、現在の層の次の画素(x, y)がステップ14において選択される。上記選択は、上記地震学的画像の局所的な振幅の変動に依存して選択される伝播の方向における隣接する画素を選択することによって、ステップ14において達成される。試験13において、現在の地震層が完全に対象とされていることが判明すると、当該手順は、試験15において、全ての開始画素が考慮に入れられているか否かを決定する。試験15において“no”と決定されない限り、新しい開始画素が画素(x, y)をステップ16において取得され、当該手順は、ステップ12に戻って、この開始画素から層を伝播させ、この層に沿って出くわす画素の累積値を更新する。累積値A(x, y)からなる上記合成画像は、判断15において全ての開始画素が考慮されていることが判明すると、終了する。

20

【0023】

このような合成画像の画素に符号付き振幅を割り当てるために、合成画像は、元の地層学的画像と上記振幅とを結合することによって変換される。

30

【0024】

図3によって示される例において、上記結合は、画素×画素の積の形態として以下のように実行される。

$$P(x, y) = A(x, y) \times S(x, y) \quad (1)$$

ここで、S(x, y)は、元の地震学的画像における画素(x, y)の値であり、P(x, y)は、合成画像の変換から生じる地震学的表示における画素(x, y)の値である。

【0025】

上記指標 α 及び β は、それぞれの特定の用途に対する要求に応じて適合され得る。石油貯留層の探索のためには、数値が $\alpha = 1/2$ 、 $\beta = 1$ を満たしていることが決定されている。

40

【0026】

図4は、図1の地震学的画像と結合された図2の合成画像から、指標の値 $\alpha = 1/2$ 、 $\beta = 1$ とともに得られた地震学的表示を示す。上記表示が上記地震学的画像と同種のものであるとき、当該表示も2色表示であり得、一方の色は負の振幅であり、他方の色は正の振幅である。上記2色表示は、合成画像の画素に再配分された地震学的振幅の絶対値に対応する画素の輝度をともなっている。

【0027】

図1の地震学的画像に与えられている構造的な増幅が、図4において見られ得る。加えられた構造的な情報は図2の合成画像に由来し、当該情報によって、特に地震学的画像の

50

左部分（最もノイズが多い）の地質構造がはっきりと見えるようになる。上記地震学的画像の右部分（ノイズが相対的に少ない）において、構造的な増幅は、地震のデータの解釈を容易させるような強調を提供する。一般的に言って、図4の種類のような地震学的な表示を観察する地球物理学者は、通常の解釈を進めることができ、構造的な増幅を役立てることができる。

【0028】

図5は、上記方法の別の例示的な実施形態を示している。当該方法は、図3の変形であり、地震学的画像から岩相の解釈及び構造的な解釈を進めるために、図3の変形例として使用され得る。

【0029】

合成画像を生成する手順30は、図3の手順10に対して、開始画素の地震振幅の符号を考慮に入れるように、修正されている。この手順30は、図3の手順10の処理と非常に似ており、同じ参照番号によって示されているステップは同一である。

【0030】

ステップ11またはステップ16において、評価する層について開始画素を選択した後、符号付きの量は、地震学的画像の開始画素の符号に対応するように、ステップ31において以下のように決定される：A(x, y) = 0の場合に = +1、A(x, y) < 0の場合に = -1。現在の開始画素から評価される層に沿った画素の累積値A(x, y)に、上記符号付きの値が加算される（ステップ31またはステップ14の後に実行されるステップ32において）。

【0031】

これによって生じる合成画像は、図1の地震学的画像の場合に関する図6に示されるように表示される。ここで、その表示は、例えば2色表示（図示しない）があり、一方の色は負の振幅であり、他方の色は正の振幅である。上記2色表示は、合成画像の画素に再配分された地震学的な振幅の絶対値に対応する画素の輝度をともなっている。当該表示は、図2の例より構造が強調されずに、見られ得る。しかし、符号情報の一部が考慮されており、地震学的な様式（図7）の表示を得るために、合成画像は、ステップ40において、重畠カーネルW(x, y)を用いた空間重畠を当該合成画像に適用すること（P(x, y) = A(x, y) * W(x)と記号標記される）によって、変換される。

【0032】

実際には、鉛直方向（x）に沿った重畠演算を実行するためには、以下の式を満たす：

【0033】

【数1】

$$P(x, y) = A(x, y) * W(x) = \int_u A(x-u, y)W(u).du \quad (2)$$

【0034】

より詳細には、式(2)に用いられている重畠カーネルW(x)は、例えば以下のリッカー（Ricker）ウェーブレットの形式といった、ウェーブレットであり得る：

【数2】

$$W(x) = \frac{A}{\sigma^2} \cdot \left(\frac{x^2}{\sigma^2} - 1 \right) \cdot \exp \left[-\frac{x^2}{\sigma^2} \right] \quad (3)$$

ここで、Aは定数（例えば、A = 1）であり、は、元の地震学的画像の帯域幅に応じての選択される倍率である。倍率は、例えば、評価される地震層の厚さの平均値に相当する。

【0035】

ここに説明されている方法は、コンピュータまたはワークステーションにおいて典型的に実施される。当該コンピュータまたはワークステーションにおいて、プロセッサが、ブ

10

20

30

40

50

ログラムの制御下の上述のステップ、記憶装置（例えば、ハードドライブ、メモリ）から取り込まれた地震学的画像に対して当該プロセッサによって実行される指示を実行する。上記地震学的画像は、図3または図5で示されるように処理され得る。このような処理によって、地震画像に戻すために上記画像を変換して地震学的画像に戻す前に、合成画像（または地震層^でさえ）が生成され、それから記録され得る。

【0036】

多くの変形が、本発明の範囲を逸脱することなく、上述の非限定的な実施形態に対して一般的に適用され得る。特に、上記方法は、3次元の地震学的画像に適用可能である。

【図1】



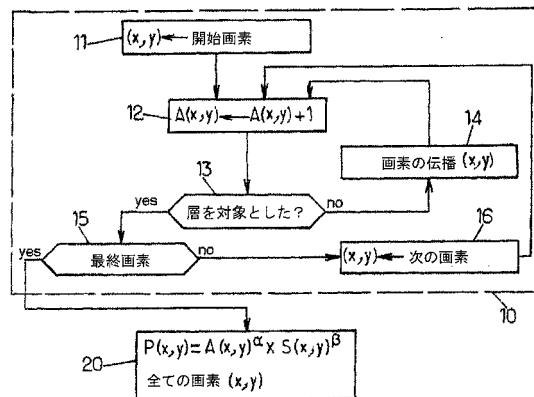
FIG.1.

【図2】



FIG.2.

【図3】

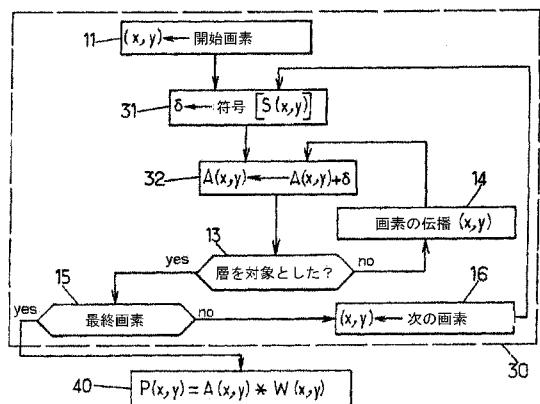


【図4】



FIG.4.

【図5】



【図7】



FIG.7.

【図6】

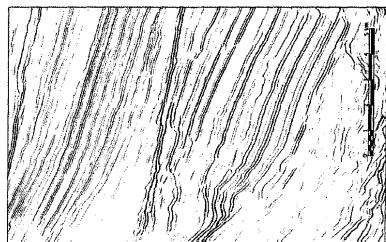


FIG.6.

フロントページの続き

(72)発明者 ギヨン , セバスティアン

フランス , エフ - 6 4 0 1 8 ポー セデックス , トタル ソシエテ アノニム内

(72)発明者 デュナン , ジャン - ピエール

フランス , エフ - 6 4 0 1 8 ポー セデックス , トタル ソシエテ アノニム内

審査官 田中 秀直

(56)参考文献 米国特許第 0 7 2 5 7 4 8 8 (U S , B 1)

特開平 0 2 - 0 8 0 9 9 4 (J P , A)

米国特許第 0 6 7 7 1 8 0 0 (U S , B 1)

(58)調査した分野(Int.CI. , D B 名)

G 0 1 V 1 / 0 0 - 1 3 / 0 0