

(19)日本国特許庁(JP)

**(12)特許公報(B2)**

(11)特許番号  
**特許第7187099号**  
**(P7187099)**

(45)発行日 令和4年12月12日(2022.12.12)

(24)登録日 令和4年12月2日(2022.12.2)

(51)国際特許分類

|         |                 |     |         |              |
|---------|-----------------|-----|---------|--------------|
| E 2 1 B | 47/09 (2012.01) | F I | E 2 1 B | 47/09        |
| G 0 6 N | 3/02 (2006.01)  |     | G 0 6 N | 3/02         |
| G 0 6 T | 7/00 (2017.01)  |     | G 0 6 T | 7/00 3 5 0 C |

請求項の数 21 (全54頁)

(21)出願番号 特願2020-515731(P2020-515731)  
 (86)(22)出願日 平成30年9月14日(2018.9.14)  
 (65)公表番号 特表2020-534456(P2020-534456)  
 A)  
 (43)公表日 令和2年11月26日(2020.11.26)  
 (86)国際出願番号 PCT/US2018/051066  
 (87)国際公開番号 WO2019/055774  
 (87)国際公開日 平成31年3月21日(2019.3.21)  
 審査請求日 令和3年9月14日(2021.9.14)  
 (31)優先権主張番号 62/559,024  
 (32)優先日 平成29年9月15日(2017.9.15)  
 (33)優先権主張国・地域又は機関  
 米国(US)

(73)特許権者 506018363  
 サウジ アラビアン オイル カンパニー  
 サウジアラビア国 3 1 3 1 1 ダーラン  
 、 イースタン アベニュー 1  
 (74)代理人 110001519  
 弁理士法人太陽国際特許事務所  
 (74)代理人 100097320  
 弁理士 宮川 貞二  
 (74)代理人 100131820  
 弁理士 金井 俊幸  
 (74)代理人 100155192  
 弁理士 金子 美代子  
 (74)代理人 100215049  
 弁理士 石川 貴志  
 (74)代理人 100100398

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ニューラルネットワークを用いて炭化水素貯留層の石油物理特性を推測すること

**(57)【特許請求の範囲】****【請求項1】**

坑井コアに関連付けられた画像データを受信するステップと；  
 アーティファクトを除去すると共に所望の目標出力に関連付けられた情報を回復するために、画像処理を用いて、前記受信した画像データを改善するステップと；  
 セグメント化された画像データを生成するために、特定の画像ベースの基準に関して前記改善された画像データをコピーレント領域に区分化することによって、使用可能な改善された画像データに対して画像セグメンテーションを実行するステップと；  
 前記セグメント化された画像データが使用可能であることを、石油物理的値の範囲を含むユーザビリティ基準に基づき、特定するステップと；

前記セグメント化された画像データが使用可能であることを特定することに応答して、前処理されたデータとしてニューラルネットワークへの入力のために、補助データ及び前記使用可能なセグメント化された画像データを、算術又は幾何の関係の組の一又は複数である前処理技法を用いて、前処理するステップと；

前記前処理されたデータを学習、検証、及びテストのデータサブセットに分割するステップと；

前記前処理されたデータを処理するためにニューラルネットワークアーキテクチャを特定するステップと；

前記前処理されたデータを用いて、該特定されたニューラルネットワークアーキテクチャを実行して、前記ニューラルネットワークの出力を生成するステップと；

前記ニューラルネットワークの前記出力を後処理して、後処理されたデータを生成する  
ステップと；

前記後処理されたデータが所望の出力結果を満たすかどうかを特定するために、前記後処理されたデータを、前記後処理されたデータに関連付けられた既知の値範囲と比較する  
ステップと；を備える

コンピュータにより実施される方法。

**【請求項 2】**

画像の改善は、貯留層、坑井サイト、又は坑井コアの状態に関連付けられたパラメータ  
及び 1 又は複数の石油物理的特性に基づいており、

前記画像データに対して実行された画像改善技術の数及び順序は、画像フォーマット又  
は画像サイズに基づき変わり、

前記改善された画像データに対して実行された画像セグメンテーション技術の数及び順  
序は、画像フォーマット、画像サイズ、又は必要な結果に基づき変化する、  
請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 3】**

前記改善された画像データの有用性を特定するステップを更に備える、  
請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 4】**

前記使用可能なセグメント化された画像データは、前記使用可能なセグメント化された  
画像データから導出されたデータセットの数及びタイプに基づくパーセンテージに従って  
、学習、検証、及びテストの前記データサブセットに、クラス分けのために分割される、  
請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 5】**

学習、検証、及びテストの前記データサブセットにおける前記使用可能なセグメント化  
された画像データが、連続又は離散データ源からであるか否かを特定するステップを更に  
備える、

請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 6】**

前記ニューラルネットワークアーキテクチャは、教師有り又は教師無しのいずれかであ  
り、前記教師有りニューラルネットワークアーキテクチャは、リカレントニューラルネット  
ワークタイプ又はフィードフォワードニューラルネットワークタイプを含み、前記教師  
無しニューラルネットワークアーキテクチャは、推定器又は抽出器のニューラルネットワ  
ークタイプを含む、

請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 7】**

他の石油物理的特性を導出するために、又は新しいデータ関係を生成するために、前記  
後処理されたデータに対して追加の処理を実行するステップを更に備える、  
請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 8】**

コンピュータにより読み出し可能な非一時的な媒体であって、該媒体は、以下の動作を  
実行するコンピュータシステムによって実行可能な 1 又は複数の命令を格納しており、前  
記動作は：

坑井コアに関連付けられた画像データを受信する；

アーティファクトを除くために及び望ましい目標出力に関連付けられた情報を回復する  
ために、画像処理を用いて、前記受信した画像データを改善する；

特定の画像ベースの基準に関して、前記改善された画像データをコヒーレント領域に区  
分化することによって、使用可能な改善された画像データに対して画像セグメンテーシ  
ョンを実行して、セグメント化された画像データを生成する；

前記セグメント化された画像データが使用可能であることを、石油物理的値の範囲を含  
むユーザビリティ基準に基づき、特定する；

10

20

30

40

50

前記セグメント化された画像データが使用可能であることを特定することに応答して、前処理されたデータとしてニューラルネットワーク内への入力のために補助データ及び前記使用可能なセグメント化された画像データを、算術又は幾何の関係の組の一又は複数である前処理技法を用いて、前処理する；

前記前処理されたデータを学習、検証、及びテストのデータサブセットに分割する；

前記前処理されたデータを処理するために、ニューラルネットワークアーキテクチャを特定する；

前記前処理されたデータを用いて、前記特定されたニューラルネットワークアーキテクチャを実行して、前記ニューラルネットワークの出力を生成する；

前記ニューラルネットワークの前記出力を後処理して、後処理されたデータを生成する；及び

前記後処理されたデータが所望の出力結果を満たすかどうかを特定するために、前記後処理されたデータを、前記後処理されたデータに関連付けられた既知の値範囲と比較する；ことを含む

媒体。

#### 【請求項 9】

画像の改善は、貯留層、坑井サイト、又は坑井コアの状態に関連付けられたパラメータ及び1又は複数の石油物理的特性に基づいており、

前記画像データに対して実行された画像改善技術の数及び順序は、画像フォーマット又は画像サイズに基づき変化しており、

前記改善された画像データに対して実行された画像セグメンテーション技術の数及び順序は、画像フォーマット、画像サイズ、又は必要な結果に基づき変化する、

請求項8に記載の媒体。

#### 【請求項 10】

前記改善された画像データを特定するために1又は複数の命令を更に含む、  
請求項8に記載の媒体。

#### 【請求項 11】

前記使用可能なセグメント化された画像データは、前記使用可能なセグメント化された画像データから導出されたデータセットの数及びタイプに基づくパーセンテージに従って、クラス分けのために、学習、検証、及びテストの前記データサブセットに分割される、  
請求項8に記載の媒体。

#### 【請求項 12】

学習、検証、及びテストの前記データサブセットにおける前記使用可能なセグメント化された画像データが連續又は離散データ源からのものであるかを特定するために1又は複数の命令を更に備える、

請求項8に記載の媒体。

#### 【請求項 13】

前記ニューラルネットワークアーキテクチャが教師有り又は教師無しであり、ここで、前記教師有りニューラルネットワークアーキテクチャは、リカレントニューラルネットワークタイプ又はフィードフォワードニューラルネットワークタイプを含み、ここで、前記教師無しニューラルネットワークアーキテクチャは、推定器又は抽出器のニューラルネットワークタイプを含む、  
請求項8に記載の媒体。

#### 【請求項 14】

他の石油物理的特性を導出するために又は新しいデータ関係を生成するために前記後処理されたデータに対して追加の処理を実行するための1又は複数の命令を更に備える、  
請求項8に記載の媒体。

#### 【請求項 15】

コンピュータにより実施されるシステムであって：

1又は複数のコンピュータと；

10

20

30

40

50

1又は複数のコンピュータメモリデバイスと；を備え、前記コンピュータメモリデバイスは、前記1又は複数のコンピュータと相互利用可能に結合され、また機械により読み出し可能であり有形の非一時的な媒体を有し、該媒体は、一又は複数の命令を格納しており、該命令は、前記1又は複数のコンピュータによって実行されるとき、以下の動作を実行し、前記動作は：

坑井コアに関連付けられた画像データを受信する；アーティファクトを除くために及び望ましい目標出力に関連付けられた情報を回復するために、画像処理を用いて、前記受信した画像データを改善する；

セグメント化された画像データを生成するために、特定の画像ベースの基準に関して、前記改善された画像データをコヒーレント領域に区分化することによって、使用可能な改善された画像データに対して画像セグメンテーションを実行する；

前記セグメント化された画像データが使用可能であることを、石油物理的値の範囲を含むユーザビリティ基準に基づき、特定する；

前記セグメント化された画像データが使用可能であることを特定することに応答して、

前処理されたデータとしてニューラルネットワーク内への入力のための補助データ及び前記使用可能なセグメント化された画像データを、算術又は幾何の関係の組の一又は複数である前処理技法を用いて、前処理する；

前記前処理されたデータを学習、検証、及びテストのデータサブセットに分割する；

前記前処理されたデータを処理するために、ニューラルネットワークアーキテクチャを特定する；

前記前処理されたデータを用いて、前記特定されたニューラルネットワークアーキテクチャを実行して、前記ニューラルネットワークの出力を生成する；

前記ニューラルネットワークの前記出力を後処理して、後処理されたデータを生成する；及び

前記後処理されたデータが所望の出力結果を満たすかどうかを特定するために、前記後処理されたデータを、前記後処理されたデータに関連付けられた既知の値範囲と比較する；ことを含む、

システム。

#### 【請求項 1 6】

画像の改善は、貯留層、坑井サイト、又は坑井コアの状態に関連付けられたパラメータ及び1又は複数の石油物理的特性に基づいており、

前記画像データに対して実行された画像改善技術の数及び順序は、画像フォーマット又は画像サイズに基づき変化しており、

前記改善された画像データに対して実行された画像セグメンテーション技術の数及び順序は、画像フォーマット、画像サイズ、又は必要な結果に基づき変化する、  
請求項15に記載のシステム。

#### 【請求項 1 7】

前記改善された画像データ及び前記セグメント化された画像データの有用性を特定するために1又は複数の命令を更に備える、

請求項15に記載のシステム。

#### 【請求項 1 8】

前記使用可能なセグメント化された画像データは、前記使用可能なセグメント化された画像データから導出されたデータセットの数及びタイプに基づくパーセンテージに従って、クラス分けのために、学習、検証、及びテストの前記データサブセットに分割される、  
請求項15に記載のシステム。

#### 【請求項 1 9】

学習、検証、及び、テストの前記データサブセットにおける前記使用可能なセグメント化された画像データが、連続又は離散データ源からであるかを特定するための1又は複数の命令を更に備える、

請求項15に記載のシステム。

10

20

30

40

50

**【請求項 20】**

前記ニューラルネットワークアーキテクチャは、教師有り又は教師無しのいずれかであり、ここで、前記教師有りニューラルネットワークアーキテクチャは、リカレントニューラルネットワークタイプ又はフィードフォワードニューラルネットワークタイプを含み、前記教師無しニューラルネットワークアーキテクチャは、推定器又は抽出器のニューラルネットワークタイプを含む、

請求項 15 に記載のシステム。

**【請求項 21】**

他の石油物理的特性を導出するために又は新しいデータ関係を生成するために、前記後処理されたデータに対して追加の処理を実行するための 1 又は複数の命令を更に備える、  
10 請求項 15 に記載のシステム。

**【発明の詳細な説明】****【背景技術】****【0001】****優先権主張**

本出願は、2017年9月15日に提出された米国仮出願番号 62/559024 に対する優先権を主張し、その内容は、参照により本明細書に組み入れられる。

**【0002】**

炭化水素の回収において、炭化水素貯留層の基本的な石油物理的特性は、透過性、間隙率、飽和、及び残留炭化水素飽和を含む。これらの石油物理特性は、物理的な坑井コアから推測できることで、例えば方向、場所、応力条件、及び流体タイプの関数として非線形に変化する。浸透率の層位学的な坑井間分布を知ることは、炭化水素貯留層の性能を予測することへの鍵となる。様々な坑井から収集された石油物理的特性は、生産現場全体に拡張することができ、特定の炭化水素貯留層の特性を推測すると共にその性能を予測するために使用することができる。成熟炭化水素貯留層における透過性を予測する際ににおける主な困難は、坑井コア分析を用いる場合には特に、十分なデータがないことである。坑井コアを取得した後に、分析のために坑井コアから抽出できる情報の品質は、( 例えれば、保管、輸送、環境条件、及び取り扱いのため ) 時間の関数として低くされる。正確な浸透率データが無いと、石油物理特性の予測が不正確になる可能性があって、不必要に高い炭化水素回収コストに至る可能性がある。  
20

**【発明の概要】****【0003】**

本願は、方法及びシステムを説明しており、該方法及びシステムは、ニューラルネットワーク ( NN ) を用いて炭化水素貯留層の石油物理的特性を推測するためのコンピュータにより実施される方法、コンピュータプログラム製品、及びコンピュータシステムを含む。

**【0004】**

ある実施においては、受けた画像データは、改善された画像データを画像処理を用いて作成するために改善されて、所望のターゲット出力に関連付けられた情報を回復すると共にアーティファクトを除去する。画像のセグメンテーションは、改善された画像データをコヒーレント領域に画像ベースの特定の基準に関して区分化することによって、セグメント化された画像データ ( 以下「セグメント化画像データ」と記す ) を作成するために、使用可能な改善された画像データに対して実行される。使用可能なセグメント化画像データ及び補助データは、前処理済みデータとしてニューラルネットワークへの入力のために前処理される。前処理されたデータは、学習 ( トレーニング ) 、検証、及びテスト ( 試験 ) のデータサブセットに分割される。ニューラルネットワークアーキテクチャは、前処理されたデータを処理するために特定され、また特定されたニューラルネットワークアーキテクチャは、前処理されたデータを用いて実行される。特定されたニューラルネットワークの出力は、後処理されたデータとして後処理される。該後処理されたデータは、後処理されたデータが所望の出力結果を満たすか否かを特定するために、後処理されたデータに関連付けられた既知の値の範囲と比較される。  
40

**【 0 0 0 5 】**

前に説明された実施は、コンピュータにより実施される方法；コンピュータにより実施される方法を実行するために、コンピュータにより読み出し可能な命令を格納するコンピュータにより読み出し可能で非一時的な媒体；及び、コンピュータにより読み出し可能であつて非一時的な媒体に格納された命令／コンピュータにより実施される方法を実行するよう構成されたハードウェアプロセッサに相互利用可能に結合されたコンピュータメモリを備えるコンピュータにより実施されるシステム；を用いて実施可能である。

**【 0 0 0 6 】**

本明細書で説明された主題は、以下の利点のうちの 1 又は複数を実現するように、特定の実施において実施されることがある。第 1 に、坑井コア全体のための間隙率は、プラグ（又は試料）が坑井コアから物理的に取り除かれてしまう前に、推測されることがある（例えば、通常 6 ~ 12 か月の節約）。第 2 に、坑井コア全体の流体飽和が、推測されることがある（例えば、通常、コンピュータ断層撮影（CT）スキャン後の分析に必要な 6 ~ 9 か月の節約）。第 3 に、芯ゾーン（cored zone）の浸透率が、通常のプロセスより 6 ~ 12 か月早く推測されることがある。第 4 に、全般には、典型的には一年が、コアログ統合プロセスにおいて節約されることができ、45% を超えるコア処理コスト削減が実現されることがある（例えば、標的とされた試料を坑井コアから収集する必要性が減少され又は排除されるため、及び該標的とされた試料を用いてプロファイルパラメータを特定するための関連コストのため）。第 5 に、典型的な試料は、坑井コアから戻るために平均 6 か月かかることがある。コア試料の処理及びテストの実行に時間がかかるほど、テストデータの品質が低下する。低品質のテストデータを使用すると、分析が不正確になる。第 6 に、説明された方法論は、補助データ（実験室、現場、又は、任意の定理、物理学 / 工学の法則、計算、若しくは実証済み方程式 / 関係への適用性の明らかな欠如のため収集後に通常は破棄されるその他のデータ、といったもの）を分析するために、NN を使用する。補助データは、例えば石油物理学分析又は医学において使用されたデータを含むことができる。本願に整合する他の補助データは、本願の範囲内であると見なされる。例えば、非定常状態、相対浸透率テストのためのデータは、以下の理由による増分生産を含むことができる：1) 液体注入速度における変化。2) ストレスにおける変化；3) 温度における変化；4) 流体間の反応；5) 岩石と流体との間の反応。このデータは、（例えば、NN 入力のためのデータ前処理段階で）説明された方法において、NN に入力されることができる。他の利点は、当業者には明らかになるであろう。

10

20

30

**【 0 0 0 7 】**

本明細書の主題の 1 つ又は複数の実施の詳細は、詳細な説明、特許請求の範囲、及び添付の図面に記載されている。主題の他の特徴、態様、及び利点は、詳細な説明、特許請求の範囲、及び添付の図面から明らかになるであろう。

**【 0 0 0 8 】**

特許又は出願ファイルは、カラーで作成された少なくとも 1 つの図面を含む。カラー図面を含むこの特許又は特許出願公開の写しは、要求及び必要な料金の支払いに際して、特許商標庁から提供されることになる。

40

**【 図面の簡単な説明 】****【 0 0 0 9 】**

**【図 1 A】** 図 1 A は、本願の実施に従う、ニューラルネットワーク（NN）を用いて炭化水素貯留層の石油物理特性を推測するための例示的な方法のフローチャートを図示する。

**【図 1 B】** 図 1 B は、本願の実施に従う、ニューラルネットワーク（NN）を用いて炭化水素貯留層の石油物理特性を推測するための例示的な方法のフローチャートを図示する。

**【図 1 C】** 図 1 C は、本願の実施に従う、ニューラルネットワーク（NN）を用いて炭化水素貯留層の石油物理特性を推測するための例示的な方法のフローチャートを図示する。

**【図 1 D】** 図 1 D は、本願の実施に従う、ニューラルネットワーク（NN）を用いて炭化水素貯留層の石油物理特性を推測するための例示的な方法のフローチャートを図示する。

**【 0 0 1 0 】**

50

【図2】図2は、本願の実施に従う、NNの基本構造を表すブロック図である。

【0011】

【図3A】図3Aは、本願の実施に従う、(選択されたNNのための入力データ)画像の改善(エンハンスメント)及び画像の分離(セグリゲイション)に続く使用可能なデータを提示する表を示す。

【図3B】図3Bは、本願の実施に従う、(選択されたNNのための入力データ)画像の改善及び画像の分離に続く使用可能なデータを提示する表を示す。

【図3C】図3Cは、本願の実施に従う、(選択されたNNのための入力データ)画像の改善及び画像の分離に続く使用可能なデータを提示する表を示す。

【0012】

10

【図4A】図4Aは、本願の実施に従う、処理された画像毎の間隙率の既知の値(選択されたNNの目標(ターゲット)データ)を提示する表を示す。

【図4B】図4Bは、本願の実施に従う、処理された画像毎の間隙率の既知の値(選択されたNNの目標データ)を提示する表を示す。

【図4C】図4Cは、本願の実施に従う、処理された画像毎の間隙率の既知の値(選択されたNNの目標データ)を提示する表を示す。

【0013】

【図5A】図5Aは、本願の実施に従う、選択されたNNを学習させる及びテストするという第1の反復結果、しかし収束が失敗したことを示すプロットである場合を表す。

20

【図5B】図5Bは、本願の実施に従う、選択されたNNを学習させる及びテストするという第1の反復結果、しかし収束が失敗したことを示すプロットである場合を表す。

【0014】

【図6A】図6Aは、本願の実施に従う、選択されたNNを学習させる及びテストするという第2の反復結果、収束が満足である場合のプロットである。

【図6B】図6Bは、本願の実施に従う、選択されたNNを学習させる及びテストするという第2の反復結果、収束が満足である場合のプロットである。

【0015】

【図7】図7は、本願の実施に従う、本願において説明されるようにアルゴリズム、方法、機能、プロセス、フロー、及び手順に関連付けられた計算的機能を提供するために使用された例示的なコンピュータシステムのブロック図である。

30

【0016】

様々な図面における同様の参照番号及び名称は、同様の要素を示す。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下の詳細な説明は、ニューラルネットワーク(NN)を用いる炭化水素貯留層の石油物理的特性の推測を記述し、また開示された主題を特定の実施の1又は複数の文脈において当業者が作成し及び使用することを可能にするために提示される。開示された実施の様々な修正、変更、及び置換が為されることができ、またこれらは当業者に容易に明らかになり、定義された一般的な原理は、本願の範囲から逸脱することなく、他の実施及び用途に適用される能够である。いくつかの例では、説明された主題の理解を取得するために不要な詳細は、1又は複数の説明された実施を不要な詳細を用いて曖昧にしないように省略されることができ、だけれども、そのような詳細は、当業者の技能の範囲内である。説明された又は図示された実施に本願が限定されることを意図するものではなく、説明された原理及び特徴に整合する最も広い範囲を本願に許容することを意図している。

40

【0018】

炭化水素回収事業者への抽出された物理的坑井コアの最も重要な価値は、炭化水素貯留層の石油物理的特性の推定を提供することである。推定された石油物理学的特性は、存在する炭化水素の量、炭化水素の流れ易さ、従前的方式で抽出される炭化水素の量、従前の抽出手段を使用した後に残留する炭化水素の量、及び残りの炭化水素が存在する場所を推定するために使用される能够である。

50

**【 0 0 1 9 】**

炭化水素貯留層の基本的な石油物理的特性は、透過性、多孔性、飽和、湿潤性、及び残留炭化水素飽和を含む。これらの石油物理的特性は、物理的な坑井コアから推測することができ、例えば方向、場所、応力条件、及び流体タイプの関数として非線形に変化する。坑井間における層序学的な浸透率分布を知ることは、炭化水素貯留層の性能を予測するための鍵である。様々な坑井から収集された石油物理的特性は、生産現場全体に拡張することができ、特定の炭化水素貯留層の特性を推測すると共に該炭化水素貯留層の性能を予測するために使用することができる。

**【 0 0 2 0 】**

透過性、例えば成熟した貯留層における透過性を予測することにおける主な困難は、特に坑井コア分析を使用するときの十分なデータの欠如である。坑井コアを取得した後に、坑井コアから抽出できる情報の品質は、（例えば、格納、輸送、環境条件、及び取り扱いに起因して）時間の関数として低下させられる。正確な浸透率データがないと、石油物理特性の予測が不正確になり得ることがあり、炭化水素の不必要に高い回収コストになり得る。

10

**【 0 0 2 1 】**

必要なものは、以下のため坑井コア画像を使用する能力である：

- ・（例えば、水平の、垂直の、及び方向的な）透過率の見積もり；
- ・（例えば、水平の、垂直の、及び方向的な）空隙率の見積もり；
- ・泥侵入の推定及び推定の泥侵入の深さ / 方向；
- ・濾液浸潤の推定、及び濾液浸潤の深さ / 方向；
- ・コア損傷の推定；
- ・流体飽和の推定；
- ・炭素の捕獲及び貯蔵（C C S）及び特別なコア分析実験室（S C A L）テストのための水平プラグの場所を提供すること；
- ・飽和のための垂直プラグの場所を提供すること；
- ・岩石力学のためのプラグの場所を提供すること；
- ・流体のスポンジ飽和分析（スポンジコアの画像を使用）；
- ・スポンジ及びコアにおいて様々な流体の侵入を見積もること（例えば、スポンジコアの画像を使用）；
- ・坑井コアにおける流体浸潤の深さ及び方向を、放射状に、並びに深さ及び時間の関数として（例えば、現場におけるスポンジコアのスキャン及びラボ内におけるスポンジコアのスキャンの両方を使用して）見積もること；及び
- ・自然の破碎と誘発された破碎とを識別すること / 区別すること。

20

**【 0 0 2 2 】**

人工知能（A I）技術、及び特に、N Nの使用は、複雑な非線形問題の解決において中心的な役割を果たす。N Nを活用すると、アルゴリズム手法が計算集約型である又はアルゴリズム手法が存在しない解を見出すことができる。N Nは、1又は複数の解を生成するために初期条件及び境界条件に依存する物理モデルの制限を克服することに役立つ。線形 / 非線形システムの従来の方程式は、所望の結果に到達するための反復に依存しており、ここでは、該従来の方程式は、法則、定理、又は普遍的な観測から導出され、又は法則、定理、又は普遍的な観測を模倣することを試みる。別の制限は、初期条件及び境界条件を定義するという必要に起因しており、初期条件及び境界条件では、計算を実行するために仮定が為される。N Nは、脳ニューロンをモデル化することに基づき、該脳ニューロンは、特定の基準としてではなくメモリセルとして一緒に機能する。N Nは、全体としてデータを見ており、また傾向を識別しようとすると共に、値を予測するために、見出された傾向から学習しようとする。

30

**【 0 0 2 3 】**

説明されているものは、炭化水素貯留層の石油物理的特性を推定するために、A I / N N 計算エンジン（例えば、米国マサチューセッツ州ナティックのMathworks、IncによるMATLAB、又はハードウェア、ソフトウェア、若しくはハードウェア及びソ

40

50

ソフトウェアの組み合わせとして実施されたカスタム A I / N N エンジン ) と、様々な坑井コア及び流体の画像からのデータ ( 例えば、 X 線、コンピュータ断層撮影 ( C T ) - スキャン ( スライス又はヘリカル ) 、 X 線粉末回折 ( X R D ) 、走査型電子顕微鏡 ( S E M ) 、ガンマスキャン、超音波、及び磁気共鳴イメージング ( M R I ) ) と、を用いる A I / N N 技術の利用である。これらの例示的な画像技術は、ガンマ線から可視スペクトル通り電波までの電磁放射を使用しており、周波数波長は、それぞれ、  $10^{-12}$  から  $10^3$  メートル ( m ) である。

#### 【 0024 】

記載された A I / N N 技術の使用は、限定されるものではないが、以下の 1 又は複数を提供することができる :

- ・坑井コアの全深さのための ( 例えば、水平の、垂直の、及び方向的な ) 透過性の推測 ;
- ・坑井コアの全深さのための ( 例えば、水平の、垂直の、及び方向的な ) 間隙率の推測 ;
- ・ログデータの単純相関 ;
- ・提供されたデータからのログ相関に基づく損傷ゾーンの場所 ;
- ・提供されたデータからのログ相関に基づく破碎ゾーンの場所 ;
- ・提供されたデータの対数相関に基づく、破碎に最も適したゾーンの場所 ;
- ・深さの関数としての貯留層のインテグリティの推定 ;
- ・方向性透過率の関数としての流体可動性の理解の向上 ;
- ・流体のタイプの関数としての流体可動性の理解の向上 ;
- ・深さの関数としての流体可動性の理解の向上 ;
- ・隔離 / 障壁ゾーンの理解の向上 ;
- ・様々な貯留層、障壁、ゾーンにわたる輸送の理解の向上 ;
- ・歴史上の / 時代に合わないコア全体の C T スキャンデータの評価 ;
- ・原油の増産回収回収 ( E O R ) 効果及びスイーフゾーン ( t h i e f z o n e ) の場所を分析することにおける支援 ;
- ・ E O R 注入のための目標の場所 / 深度を特定することにおける支援 ;
- ・ E O R の有効性を評価すること及び理解すること、問題を識別すること、及び問題の軽減における支援 ;
- ・細孔サイズ ( P o r e s i z e ) の分布 ; 及び
- ・細孔径サイズ ( P o r e t h r o a t s i z e ) の分布。

#### 【 0025 】

記載された A A / N N 技術の金銭的節約は、限定されないが、以下を含むことができる : 1 ) 分析のために必要とされる物理的プラグの数における削減 ; 2 ) 失敗したプラグ試行における削減 ( 例えば、労働力、流体、マシンタイム、及び電気における節約 ) ; 3 ) 将来の研究のために自然に破碎したコア全体の保存 ; 及び、 4 ) スポンジコア値の評価。

#### 【 0026 】

先に記述されたように、坑井コアから抽出することができる情報の質は、時間の関数として ( 例えば、保存、輸送、環境条件、及び取り扱いに起因して ) 低減される。現在のところ、炭化水素回収産業における標準的な実務は、坑井コアを実験施設に輸送すること、並びに、物質収支テストを ( 例えば、 D e a n - S t a r k 技術を用いて ) 行うと共に通気性及び間隙率の値を測定するために、坑井コアから多くの材料プラグを取り戻すことである。洗浄及び乾燥といったプラグの取り扱い及び処理は、様々な流体を並びに温度サイクル及び圧力サイクルをプラグに導入し、温度サイクル及び圧力サイクルは、プラグに不可逆的な損傷を引き起す。結果として、プラグに対して実行された任意のテストの結果は、損なわれ、全体的にわたる分析結果は歪められる。

#### 【 0027 】

坑井コアへの損傷を軽減するために、炭化水素回収作業者は、現場において全コアを安定させる ( 例えば、流体の損失を最小限に抑えるために坑井コアの筒 ( バレル ) に発泡材料を注入する ) ことを試み、また制御された条件において坑井コアが検査することができるために、実験室に安定された坑井コアを迅速に ( 例えば、 24 時間以内 ) 輸送すること

10

20

30

40

50

を試みる。受け入れ実験室では、坑井コアが坑井コアバレルから取り戻されると共に環境条件にさらされており、環境条件では、1又は2つのプラグが坑井コアから取り出される（例えば、3フィート（ft）毎に）。

### 【0028】

表1に示されるように、取られたプラグは、全坑井コア・セクションの約1～2%を表す（\*10キロメータ平方（km<sup>2</sup>）の、50ftペイを持つ貯留層）：

【表1】

| 試料  | 長さ          | 直径  | 長さ             | 直径    | 面積              | 体積              |
|---|-------------|-----|----------------|-------|-----------------|-----------------|
| 試料プラグ   | インチ<br>(in) | in  | センチメータ<br>(cm) | cm    | cm <sup>2</sup> | cm <sup>3</sup> |
|   | 3           | 1.5 | 7.62           | 3.81  | 11.40           | 86.87           |
| 4 in. 直径の<br>3 ft. 断面の<br>コア                                | 36          | 4   | 91.44          | 10.16 | 81.07           | 7413.33         |
| Percentage, (V <sub>plug</sub> /V <sub>core</sub> ) × 100 = |             |     | 1.17           | %     |                 | %               |
| Percentage, (V <sub>plug</sub> /reservoir*) × 100 =         |             |     | 0.015          | %     |                 |                 |
| プラグは、貯留層*の0.015パーセントを表す                                     |             |     |                |       |                 |                 |
| プラグは、コアの1.17パーセントを表す  |             |     |                |       |                 |                 |

TABLE 1

### 【0029】

説明された技術の追加的な利点は、捕獲された坑井コアのインテグリティを評価する能力である。坑井コアが破損してしまった場合（例えば、坑井からの迅速な回収は流体の膨張及び破碎を引き起こし、不適切な安定化は輸送中の損傷という結果になり、不適切な保管は乾燥及び塩の結晶化につながり、また坑井の芯抜き中に使用された泥タイプ及び循環速度が不適切であると、坑井コアが泥及び泥のろ液で過剰に侵略されると共に貯留層流体の一部又は全てが坑井コアにおいて置換されるという結果になる）。坑井コアのインテグリティが損なわれると、大きな金銭的損失及び不正確な見積もりになる可能性がある。例えば、坑井コアの人工的な破壊により、コアの間隙率及び透過率の値が実際の値よりもはるかに高くなる可能性があり、また炭化水素の埋蔵量の高い推定値になり得る。泥のろ液が過剰に侵入する場合には、坑井コアの人工的な破碎により、使用された泥のタイプ（例えば、油性系又は水性系か）に依存して、極めて高い石油埋蔵量又は非常に低い炭化水素埋蔵量の推定値という結果になる可能性がある。

### 【0030】

表2は、坑井を掘削するコスト無しに、分析のための捕獲された坑井コアに関する持っている対象（ターゲット）のコストだけからの300万米ドルを超える推定された損失収益を例示する。この表は、分析に使用された坑井コアからの損なわれた供試体に起因する埋蔵量の誤った見積もりのコスト、解体結果と計画立案との間の時間損失のコスト、及び分析のための新しい坑井コアを掘削すると共に取り戻すコストを含まない。平均的な深さにおいて新しい坑井のために下限の値を単に追加すると、1000万米ドルを例示的なシナリオに追加することになる。

10

20

30

40

50

【表 2 1】

| プロセス  | U S<br>ドル (\$) | コアの<br>フット<br>(F o o t) | U S ドル<br>総コスト | サウジリヤド<br>(S A R)<br>総コスト |
|---|----------------|-------------------------|----------------|---------------------------|
| 1 フィート当たりの掘削コスト   | 50             | 1,000                   | 50,000         | 187,500                   |
| 1 フィート当たりの安定化コスト  | 50             | 1,000                   | 50,000         | 187,500                   |
| 1 フィート当たりの運搬コスト   | 50             | 1,000                   | 50,000         | 187,500                   |
| 1 フィート当たりの閉栓コスト   | 50             | 1,000                   | 50,000         | 187,500                   |
| 1 フィート当たりのD e a n<br>S t a r k コスト  | 75             | 1,000                   | 75,000         | 281,250                   |
| ルーチンのグレイン密度<br>(G D)、透過率、及び<br>間隙率の1フィート当たりの<br>コスト                                       | 50             | 1,000                   | 50,000         | 187,500                   |
| ガンマ、C T スキャン、及び<br>他のルーチンプロセス   | 50             | 1,000                   | 50,000         | 187,500                   |
| S C A L テスト I n -<br>K i n g d o m / O u t - o f<br>- K i n g d o m (1 K /<br>O O K) のコスト | 3,000          | 1,000                   | 3,000,000      | 11,250,000                |

10

20

30

40

50

【表 2 】

|                              |  |  |            |            |
|------------------------------|--|--|------------|------------|
| 損なわれたデータの高い間隙率のコスト           |  |  |            |            |
| 損なわれたデータの高い透過率のコスト           |  |  |            |            |
| 高い水飽和（低い炭化水素）の水ベース泥（WBM）のコスト |  |  |            |            |
| 低い水飽和（高い炭化水素）の油ベース泥（OBM）のコスト |  |  |            |            |
| 別のコアを得るために新しい坑井のコスト          |  |  | 10,000,000 | 37,500,000 |
| 新しい坑井のコアリング調査のために時間的遅延のコスト   |  |  |            |            |
| 総計コスト                        |  |  | 13,375,000 | 50,156,250 |

TABLE 2

表 2において、ディーン・スタークは、岩石試料の選択的な浸出プロセスを指しており、ここで、溶媒蒸気（例えば、トルエン又はクロロホルム）は、試料から炭化水素及び水を除去するために使用される。試料から炭化水素及び水を除去することに引き続き、試料は、試料から塩を除去するために、溶媒蒸気（例えば、メタノール）を用いて可溶物をこし取る。

## 【0031】

典型的な実施では、カラー画像は、強度関数によって表されることができ、RGBは、それぞれ、赤、緑、青（又は赤-緑-青）を表す：

$$IRGB = (FR, FG, FB) \quad (1),$$

ここで、 $f_R(x, y)$ は、赤チャネルにおけるピクセル( $x, y$ )の強度を表し、 $f_G(x, y)$ は、緑チャネルにおけるピクセル( $x, y$ )の強度を表し、 $f_B(x, y)$ は、青チャネルにおけるピクセル( $x, y$ )の強度を表す。

## 【0032】

高レベルでは、NNを用いて炭化水素貯留層の石油物理的特性を推定するための全体的な方法の構成要素は、以下を含むことができる：

1. 前処理及びフィルタ処理 - 操作であって、元の画像と同じ寸法を持つ修正された画像を、結果として、与える操作（例えば、コントラストの強調及びノイズの低減）、
2. データ削減及び特徴抽出 - 操作であって、画像ウィンドウから重要な成分を抽出する操作。抽出された特徴の数は、一般には、入力ウィンドウにおけるピクセル数よりも少ない、
3. セグメンテーション - 操作であって、ある基準に関して画像を一貫性のある（coherent）領域に区分け（区分化）する操作。一例は、異なるテクスチャの分別である。
4. 対象物の検出及び認識 - 画像内の特定の対象物の位置、可能な場合には向き及びスケ

10

20

30

40

50

ール、を特定すること、及び対象物を分類すること（例えば、方向性透過率、異常、破碎向きの特定）、

5 . 画像の理解 - 画像が表すものの高レベルな（意味論的）知識を得ること、及び  
6 . 最適化 - 基準関数の最小化であって、基準関数の最小化は、グラフ・マッチング及び物体描写のために、例えば、使用されることができる。最適化技法は、画像処理チェーンにおける個別のステップとして見られるのではなく、一組の補助的な手法として見られることに着目すべきであって、補助的な手法は、説明された他のステップを裏付ける。

#### 【 0 0 3 3 】

説明されたアルゴリズムによって実行された実際のタスクに加えて、特定のアルゴリズム処理能力は、特定のアルゴリズムによって受け取られた入力データの抽象化レベルによって部分的に特定される。本願に関して、多くのプロセスは、抽象化レベルを区別するために使用されることができる。例えば：

- 1 . ピクセル強度レベル - 個々のピクセルの強度、
- 2 . 局所的な特徴レベル - 一組の派生したピクセルベースの特徴、
- 3 . 構造（エッジ）レベル - 1 又は複数の認識された特徴（例えば、エッジ、コーナー、ジョイント、サーフェス）の相対位置、
- 4 . 対象物レベル - 個々のオブジェクトのプロパティ、
- 5 . 対象物セットレベル - 検出された対象物の相互順序及び相対位置、
- 6 . 画像の特徴付け - 画像の完全な記述、これは、場合により照明条件及びコンテキストを含む、
- 7 . 色頻度 - 電磁的放射の周波数スペクトルの利用、
- 8 . 色強度 - 構成色の強度の関数としてのプロパティの導出、及び
- 9 . 色空間特徴 - 様々な特徴間における確立された関係（例えば、グレイン型付け（grain typing）。

#### 【 0 0 3 4 】

前述の高レベル方法の構成要素の適用及び入力データ抽象化レベルの特定の例として、坑井コアの CT スキャン画像が取り込まれることができ、また画像分析及びセグメンテーションが以下のように実行されることができる（追加の詳細のために、少なくとも図 1 A を参照する）：

- 1 . 画像の改善：
  - a . 坑井コアのバレルのアーティファクトの除去、
  - b . 画像ノイズ除去、及び
  - c . 画像の鮮明化（シャープニング）；
- 2 . 画像の色ベースのセグメンテーション（例えば、RGB 分離）：
  - a . 0 から 256 までの様々な色の範囲に広める、
  - b . 画像をグレースケールに変換し、また属性を得る、
  - c . 画像を白及び黒に変換し、また分類のための分析を実行する；
- 3 . 画像の色ベースのセグメンテーション（色相及び彩度）：
  - a . 色相に基づいて分離する、
  - b . 彩度に基づいて分離する、及び
  - c . 空間属性に基づき分離する；
- 4 . 画像ヒストグラムベースの分析：
  - a . 「画像の色ベースのセグメンテーション（色相及び彩度）」の b 及び c における色分離に基づくビニング、
  - b . 広がり及び振幅のビニングに基づく分類、並びに
  - c . 石油物理的データの推定に基づき関心ゾーンの標的設定；
- 5 . エッジ検出：
  - a . 明度に基づくもの、
  - b . 彩度値に基づくもの、及び
  - c . 空間属性に基づくもの。

10

20

30

40

50

**【 0 0 3 5 】**

この前の議論に整合して、以下のものは、炭化水素貯留層の石油物理的特性を推測するための A A / N N 技術の使用の特定の実施を説明する。当業者によって理解されるように、説明された様々な技法は、説明された主題を達成するために、別に配置された方法論の一部として、及び異なる技術的な実施において、使用されることができる。これらの変形は、それらが本願に整合する限りにおいて、本願の範囲内であると見なされる。

**【 0 0 3 6 】**

図 1 A ~ 図 1 D は、本願の実施に従う、N N を用いて炭化水素貯留層の石油物理的特性を推測するための例示的な方法 1 0 0 のフローチャートを示す。提示するものを明確にするために、引き続く説明は、一般的には、この説明における他の図面の文脈において方法 1 0 0 を説明する。しかしながら、以下のことが理解されよう：方法 1 0 0 は、例えば、任意の適切なシステム、環境、ソフトウェア、及びハードウェア、又は必要に応じて、システム、環境、ソフトウェア、及びハードウェアの組み合わせ、によって実行され得る。いくつかの実施では、方法 1 0 0 の様々なステップが、並列で、組み合わせで、ループで、又は任意の順序で実行されることができる。

10

**【 0 0 3 7 】**

方法 1 0 0 は、2 つの主要なセクションに分割される：1 ) 画像の分析、セグメンテーション及び理解、並びに 2 ) 石油物理的特性の見積もりの N N 予測。セクション 1 ) から、1 1 6 におけるユーザビリティ（有用性）基準を満たすデータのみが、石油物理特性の見積もりの N N 予測のために、セクション 2 で使用される。

20

**【 0 0 3 8 】**

1 0 2 において、坑井コアからの画像データ（例えば、X 線、C T スキャン（スライス又はヘリカル）、X 線粉末回折（X R D）、走査型電子顕微鏡（S E M）、ガンマスキャン、超音波、及び磁気共鳴画像法（M R I））が生成され、処理のために使用可能にされる。画像データは、データが画像として表される能够性がある限り、実験室又は現場からの任意の型のデータを表すことができる。1 0 2 から、方法 1 0 0 は 1 0 4 に進む。

30

**【 0 0 3 9 】**

1 0 4 において、受信した画像は、所望のターゲット出力のための画像から有用な情報を回復する（取り戻す、復旧する）ために、また画像化された時の坑井コアの特定の条件に起因して（例えば、全般的な坑井コアの物理的条件（例えば、亀裂及び欠損部分）、ケーシング（コアを取り囲む材料のタイプ）、コアの向き、コアを取り巻く材料、井戸を掘削するために使用された流体のタイプ、坑井コアが坑井から持ち上げられた機構、坑井コアが坑井から引き出される速度、どのように坑井コアが掘削リグの床におろされたか、どのように坑井コアが掘削リグの表面上に（例えば、注入された泡又は流体を用いて）安定化されたか、坑井内の坑井コアに関する圧力及び温度の差、並びに、掘削リグのサイトにおいて大気条件に達した場合、に起因して）存在するアーティファクトを画像化されるとき除去するために、画像の前処理を介して向上される。

**【 0 0 4 0 】**

典型的な実施では、画像改善は、貯留層、坑井サイト、坑井コア全体の状態、又は他の性質 / パラメータに関連付けられた石油物理学的性質 / パラメータに基づくことができる。画像改善プロセスが、特定の必要性に基づき、元の画像より適切な画像を取得するために、調査の下にある各受信した画像に適用される。単純な画像鮮明化及びノイズ低減から、特定のコアのために利用可能な情報に基づくより対象を絞った画像改善までにおいて、画像改善には多くの理由がある。例えば、坑井コア試料内において泥の侵入又はろ液（泥のろ液）の侵入があり得、これは、関心がある場合又は関心がない場合がある。画像の改善は、より良く複数の分析を実行することを可能にして必要な間隙率の計算に対する泥の侵入の影響をより良く理解するために、画像を準備するのに役立つ。

40

**【 0 0 4 1 】**

画像改善における最も一般的なステップは、以下を含む：1 ) 強度及び空間フィルタリング（フィルタ処理）、ここで、画像は、機器によって導入されたアーティファクト（例え

50

ば、放出器（エミッタ）若しくは受信器のアーティファクト）又は環境条件（例えば、周囲のノイズ及び地下の構造）に対処するために、特定の周波数領域に対して変換される必要がある場合がある；及び、2)特に、非常に低品質の画像又は非互換性の形式で保存された画像のための画像修復。場合によっては、受信した画像の品質及び所望の結果に基づく圧縮及び形態処理といった他の画像改善技術が、必要になることがある。石油物理的特性を取得するためにフォーマット設定済み又はフォーマット未設定の画像データを利用する複数の利用可能な方法がある。以下のことが、見なされる：本願に整合する任意の画像改善方法が、商業的、オープンソース、又は独占所有物であるかどうかにかかわらず、本願の範囲内であること。

#### 【0042】

画像改善の例は、以下のものを含み得るが、これらに限定されない：画像化機器、使用された画像形式（JPG / JPEG、BMP、PNG、DLIS、LIS、LAS、XML、又はその他のアナログ／デジタル形式）、貯留層又は坑井サイトの条件、輸送（例えば、坑井コアを保持する架台（クレードル）組立体、坑井コア上において使用される覆い、又は坑井コアの向き）、取り扱い、及び環境条件、に関連付けられた問題に起因して画像に導入されたアーティファクトを軽減するためのノイズ除去（例えば、ごま塩ノイズ、ガウシアンノイズ、スペックルノイズ、及びボアソンノイズ）のためのノイズカラースペクトル分析106a；グレースケールへの変換106b（例えば、カラー画像におけるピクセルの色相又は彩度に対処するためのもの）；（例えば、画像内における関心のある対象物を画像の残りから区別するための（坑井コアを覆う材料又は画像化機器のパラメータへ関連付けられたもの）背景補正106c；及び、様々な形式（フォーマット）で画像が保存されるときに導入された制限に取り組むために画像のフォーマットを設定する（書式設定）106d（例えば、特定の解像度及びカラーパレット）こと。106dに関しては、様々な画像フォーマットが、様々な方法において画像についてフォーマット特有の情報を変え及び保存する。多くの画像化機器（例えば、CT - Scan）は、複数のフォーマットにおいて画像を保存する能力を有するので、所与の坑井コア全体に関しては、同じ坑井コア・セクション／坑井コア全体の部分画像／複数フォーマットの画像が、使用されることができたり、又は画像フォーマットに依存して両者間において変換することができた。

#### 【0043】

ある特定の画像は、それに対して1又は複数の画像改善技術を実行してもらうことができる。画像改善技術は、また、異なる順序で実行されることができる。実行された画像改善技術の数又は画像改善技術の順序は、画像フォーマット、サイズ、又は本願に整合する任意の他の基準／複数の基準に依存して変わり得る。

#### 【0044】

画像改善の特定の例として、間隙率が考慮される。この例では、1000フィートの坑井コアのCTスキャン画像が坑井サイトにおいて獲得される。例示のコアは、直径において4.0インチであり、直径5.0インチのアルミニウムケースシング（バレル）に収められる。坑井コアとバレルとの間に一方向の特殊なスポンジの1.0インチ厚の層があり、この層は、坑井コアに両支持を提供すると共に、坑井コア自体から離れて貯留層流体が半径方向に移動することを軽減するのにも役立つ。バレルは切断されてセクション（例えば、3.0フィートのセクション）になり、各バレルセクションの両端は、坑井サイトにおいて密閉されて、バレルから漏れる流体又は環境からバレルに入り込む流体がないようになる。

#### 【0045】

坑井コアバレルセクションは、X線実験室に出荷される。輸送及び保管中において、周囲環境は、周囲圧力条件において温度が18から20の間にあるように制御される。また、各バレルは、衝撃及び先端センサを装備して、その向きとの関係においてバレルの向きが適切に地球において維持されることを確実にすることができる。

#### 【0046】

X線実験室では、コア・セクションは、典型的には、貯留層坑井サイトからの回収から4

10

20

30

40

50

8 時間以内に画像化される。X 線画像化は、坑井コアの長さの 1 フィート毎に、1 回の X 方向スキャン、1 回の Y 方向スキャン、及び 10 回の Z 方向スライスを持つ CT スキャン操作を含む。カラー画像がスキャン毎に生成され、適切な識別のためにラベル付けされ、画像データファイル形式（例えば、JPEG）で保存される。例えば：

`w e l l _ d e p t h _ r a w _ j p g ( x , y , z ) = i n s t r u m e n t _ s c a n _ r e s u l t _ x 1 y z ( 2 ) ,`

ここで、合計 12000 (1000 - X, 1000 - Y, 10,000 - Z) の CT スキャンカラー画像が生成され、各画像は、数百万のピクセルの解像度に依存し、各ピクセルは、各ピクセル毎の空間情報と共に 256 ビットからなる。各ピクセルは、それに付加された空間情報を有するので、マトリックスが、ベクトルとして扱わることができる。これらの画像は、次に、画像改善及び他のプロセスのために提供される（102）ことができる。坑井コアセグメントの（例えば、CT スキャンの）アナログセンサ応答がデジタルデータに変換されることに注目すべきである。

#### 【0047】

いくつかの実施では、データベースは、例えば間隙率、透過率、及び流体飽和の以外の石油物理的特性を特定するために更に使用されることができる画像データを提供するために分析された各坑井から生成されることができる。画像は、アレイコマンドを用いてマトリックスへ読み込まれ、また試料の識別及び画像の向き付けのための識別子と一緒に順次に保存される。

#### 【0048】

画像改善は、また、CT スキャンビーム硬化、バレルの厚さ、及びバレルの材料（例えば、アルミニウムであり、しかし、バレルは、鋼、プラスチック、又は複合材料といった他の材料であり得る）によって導入されたアーティファクトを除去するために使用されることができる。これらのアーティファクトの除去は、材料及び機器（CT スキャン）ベースのプロパティのための様々な基本スキャンの利用によって支援される。アーティファクトを除去する 2 次画像改善は、また、アーティファクトの存在が、画像の色頻度と、機器の特定の画像データファイル形式から別の（JPEG など）形式への変換とに起因するものである場合、適用されることがある。

#### 【0049】

2 つの主要な改善プロセスが、空間ドメイン及び周波数ドメインに関連した。バルク間隙率を取得するために、空間ドメインの改善は十分であることができたものであって、しかし、粒間のマクロ / ミクロ空隙率のより統合された理解を得るために、そして特に、一般的とは言えないケースでは、空間ドメインの向上と周波数ドメインの向上との両方が要求される。一般的とは言えないケースは、例えば頁岩、堅いガス砂、層を成していない砂、タールサンドを含む一般的とは言えない貯留層から取り出された坑井コアに関連している。特に、典型的な実施では、周波数ドメインの改善は、フーリエ変換を実行することを必要とする。

#### 【0050】

空間ドメインフィルタ処理（空間ドメインフィルタリング）が、画質を改善するために使用されることができ、ここで、元の画像  $I_{\text{org}}$  は、関数  $f$  を用いて  $I_{\text{sp1}}$  に変換される。例えば：

$$I_{\text{sp1}} = f(I_{\text{org}}) \quad (3),$$

ここで、関数  $f$  は、画像においてノイズを低減するために特定の組のピクセルに作用する単に関数であることができる。他の可能な空間ドメインフィルタリング関数は、例えば、線形、算術、論理、マスク、強度レベル、カラースペクトル、対数、べき乗則、ヒストグラムベース、微分、及びラプラシアンを含むことができた。

#### 【0051】

画像の輝度は、また、特定の必要な輝度範囲内に画像を配するために（より明るく又はあまり明るくなく、のいずれか）向上されることができる。画像の輝度の向上は、自然な破損及び誘発された破損の分析においてマトリックスの間隙率から破碎の間隙率間を区別す

10

20

30

40

50

るのに役立つ。

#### 【 0 0 5 2 】

画像は、また、際立った特徴を引き出すために、鮮明さのために改善される（向上される）ことができる。例えば、より鮮明な画像は、破碎が自然であるか、又は誘発されているかの特定を手助けする。

#### 【 0 0 5 3 】

深さの関数としてのいくつかの画像を組み合わせる画像改善（画像向上）は、坑井コア試料の特定の特徴を除く（例えば、特定の範囲の空隙率を除く）ために使用されて、特定の間隙タイプに依存する石油物理特性の N N 分析に役立つ。

#### 【 0 0 5 4 】

ヒストグラムは、例えば、ピクセル値、色値、及び彩度又は空間値の閾値の基礎を提供するために使用することができる強力な画像改善ツールを提供しており、閾値の基礎は、ユニバーサルフィルタとしてすべての画像に適用されることができる。ヒストグラム値の範囲を変更することによって、複数のユニバーサルフィルタが生成されることができて、受信した画像に適用されることができる。

10

#### 【 0 0 5 5 】

当業者によって理解されるように、説明された画像改善技術を提供し、例えば、説明された技術の理解において助力となるために該画像改善技術を目的とする。画像改善技法は、説明された技法だけに限定されることなく、本願に整合する任意の技法に向けられる。また、画像改善技術は、説明された方法 1 0 0 の画像処理の初期段階に限定されない。典型的な実施では、画像改善は、（例えば、N N 使用のためのデータを生成するための画像セグメンテーション（画像分割）中に、及び、関心のある石油物理学的特性を予測するための N N 出力の操作において）方法 1 0 0 の他の部分において適宜に使用されることができる。画像改善の結果は、典型的には、2 又はより多くの画像を含み、該画像は、求められたデータ及び該データを視覚化するために利用可能な最善の画像形式に依存して、1 0 2 からの元画像の形式（例えば、J P E G）及び他の形式（例えば、B M P 及びP N G）を含む。1 0 4 から、方法 1 0 0 は 1 0 8 に進む。

20

#### 【 0 0 5 6 】

1 0 8 において、説明された方法論に 1 又は複数の改善された画像（以下「改善画像」とも記す）が使用可能であるか否かの決定が行われる。改善画像の有用性を特定する理由は、例えば、以下を含むことができる：画像化された坑井コア試料が、坑井コア自体からではなく、しかし、いくつかの他の材料（例えば、泥又は流体）であること；坑井コアのスキャンから生成された画像が、画像化機器によって導入されたアーティファクトに起因して歪んでいる（坑井コアの再画像化が必要であることを意味する）こと；画像改善技術が、必要な向上の能力を持たず、異なる又は新しい技術が開発されることを必要とすること。

30

#### 【 0 0 5 7 】

典型的な実施では、1 0 4 からの各画像の有用性は、ユーザビリティ基準又は一組のユーザビリティ基準に関して評価される。ユーザビリティ基準は、例えば、以下のピクセル密度基準を含むことができる：例えば、スペクトル周波数の所与の組のピクセル密度；あるカラースペクトルの、別のカラースペクトルへのピクセル密度の比率；色及びピクセル密度のエリア形状；あるカラースペクトルと別のカラースペクトルとの間の境界距離；及び、所与の色密度ピクセルの位置。ユーザビリティ基準は、例えば、コアのタイプ、ケーシングのタイプ、坑井の深さ、貯留層の条件、貯留層のタイプ、及びコアの取り扱い／輸送プロセスの知識に基づく。

40

#### 【 0 0 5 8 】

改善画像が使用可能であると特定された場合、方法 1 0 0 は 1 1 2 に進む。しかしながら、改善画像が使用可能でないと特定された場合、改善画像を使用可能にするために更に改善されることがあるかに関して、引き続く特定が為される。改善画像を更に改善（向上）できる（1 1 0 a）と判断された場合、向上された画像は、更なる画像改善のために 1 0 4 に戻される。改善画像を使用可能にするために更に向上できないと特定された場合、

50

該画像は破棄される(110b)。廃棄される場合、110bの後に、方法100は、典型的には、少なくとも特定の改善された画像に関して停止し、しかし任意の残りの使用可能な画像を進める。いくつかの実施では、方法100は、特定の改善された画像が修復される又は破棄される、のいずれかであるという通知を生成できる。いくつかの実施では、廃棄された画像に関するデータは、もし望まれるならば、廃棄された画像に関連付けられた任意のデータの使用又は廃棄された画像の更なる処理を可能にするために保持されることができる。例えば、破棄されたデータは、あるタイプの石油物理学特性(例えば、間隙率)には使用可能でない場合があり、しかし別の石油物理学特性(例えば、濡れ性)に使用可能である場合がある。

#### 【0059】

112で、改善画像に対して画像セグメンテーション操作を実行して、改善画像をいくつかの特定の基準又は複数の基準(例えば、ピクセル密度の範囲又は改善画像内の形状及び構造といった画像ベース基準)に関してコヒーレント領域に区分けする。画像セグメンテーションの品質は、炭化水素貯留層の推定された石油物理特性の精度に寄与する重要な要素である。場合によっては、画像の到達112は、114a-114fの一部又は全ての操作を画像に対して適用してもらうことができ、1つの画像が116に移動するという結果のみになる。他の場合では、114a-114fの一部又は全ての操作は、画像に適用されることができ、1より多くの画像が116に移動するという結果になる。

#### 【0060】

特定の使用可能な画像は、それに対して1又は複数の画像セグメンテーション技術/組み合わせを実行してもらうことができる。画像セグメンテーション技術は、また、異なる順序で実行されることができる。実行された画像セグメンテーション技術の数又は画像セグメンテーション技術の順序は、使用可能な画像形式(画像フォーマット)、サイズ、又は本願に整合する他の任意の基準/複数の基準に依存して変化する可能性がある。例えば、108において使用可能な画像の特定に依存して、画像セグメンテーション技術の適用の第1順序は、114aであり、続いて114dであり、次に114c及び116であり得る。別の例では、画像セグメンテーション技術の適用の第2順序は、114aであり、続いて114eであり、次いで114bであり得る。

#### 【0061】

いくつかの実施では、画像セグメンテーション技法/組み合わせの適用の順序は、図1Dに関して説明されるように、164a、164b、又は164c(又は164a、164b、及び164cの任意の組み合わせ)における必要な最終結果と108からの出力とに依存している。例えば、様々なタイプのデータセットが、164a、164b、又は164cにおける必要な結果に基づき、方法100によって最終的に生成される(164aの場合、112の出力は別の画像になることができた; 164bの場合、112の出力は画像とアルファベット分類との組み合わせであることができた; 及び、164cの場合、112の出力は、一連の数値定数及び算術/幾何学的関係と共にアルファベット分類の組み合わせであることができた)。方法100から推定された任意の石油物理的特性は、要求された結果であると見なされることがある。該必要な結果は、更に、最終結果と見なされることができ、又は、画像の別セットと組み合わされて104においてNNへの入力として使用されることができる。いくつかの実施では、必要な結果の例は、限定されるものではないが、岩石マトリクス及び流体の密度変化、岩石マトリクスの形状における変化、細孔又は細孔内の流体、他の流体に関する試料中の特定の流体の位置における変化、細孔の形状における変化、及び流体によって占められる細孔の面積における変化を含むことができる。

#### 【0062】

以下の点に留意されたい: 162から所望の結果が受信されたら、その所望の結果は、スタンダロン値であると見なされることができ、或いは別の値と組み合わされることができて、更なる結果を取得するために、画像/データの第2組を持つ入力として104において使用される。例えば、様々な段階及び変更(テスト)に基づく所与の標本のための複

10

20

30

40

50

数の組の画像があることができ、該標本は、該様々な段階及び改質に曝されてきた。この場合に、方法 100 の第 1 実行の 162 からの結果は、方法 100 の第 2 実行のために 104 において他の画像と一緒に入力として使用されることができる。

#### 【0063】

図示されるように、例示的な画像セグメンテーション操作は、限定されないが、以下のものを含む：画像クロッピング 114a（例えば、使用可能な及び背景の画像において、画像の様々な別々の部分に画像を切断するために使用される）；関心のある領域 114b（例えば、ピクセル密度の範囲といった基準に基づき、画像の様々な部分を隔離するために使用される）；エッジ検出 114c（例えば、画像内の特徴間の境界を把握するために使用される）；閾値処理（閾値化）114d（例えば、カラースペクトルを用いて様々な周波数を分離するために使用される）；ヒストグラム・ビニング（以下「ヒストグラムビニング」と記す）114e（例えば、画像内における様々なアイテム / エリアをその発生と発生の場所とにに基づき分類するために使用される）；及び、形態学 114f（例えば、特定の構造的特徴に関して画像内の形式及び構造を研究するために使用される）。他の画像セグメンテーション技法は、例えば、固有ベクトル、キーポイント検出、スケール空間、特徴マッチング、変位推定、又は本願に整合する任意の他の画像セグメンテーション技法を含む。

10

#### 【0064】

例示的なカラーベース画像セグメンテーション方程式は：

$$I(RGB) = (FR, FG, FB);$$

20

$$Y = Fr + Fg + FB \quad (4),$$

を含むことができ、ここで、例示の方程式（算術 / 幾何学的関係）は、116 又は 164 からの出力に基づき証明することができた。この例では、カラーイメージ（I）は、赤、緑、青のベンチマークカラースペクトルのために評価されてきた。定数  $F$  は、該画像における赤色のベース値を表し、定数  $G$  は、該画像における緑色のベース値を表し、定数  $B$  は、該画像における青色のベース値を表す。式 (4) では、定数  $F$ 、 $G$ 、及び  $B$  は、無次元の量と見なされる。定数  $F$ 、 $G$ 、及び  $B$  は、112 における操作によって画像から導出され、また結果は、116 / 164 における各定数の可能な範囲に対して検査される。116 / 164 からの結果は、定数  $F$ 、 $G$ 、及び  $B$  のための一組の数値を提供する。定数  $F$ 、 $G$ 、及び  $B$  の値が確立されてしまうと、式 (4) は、経験式と見なされることができると共に、NN を用いる必要なく、類似のコア / 坑井データからの他の画像のために使用されることができ、つまり式 (4) は、102 において画像を選別検査するために使用することができる。石油物理的特徴が画像の色から直接に推定されることができる場合、そのときは、経験式 (4) は、特定の石油物理的特徴を導出するために、画像の色に適用されることができた。ゴールは、以下のことである：複数の NN データ処理（例えば、数百又は数千）を実行した後に、所与の組の画像基準に関して所与の石油物理的特性を予測する経験式を生成できる。例えば、定数  $F$ 、 $G$ 、及び  $B$  は、例えば、岩石マトリクスのタイプ、岩石マトリクスの物理条件、及び流体飽和に基づき式 (4) を較正するために、既知の値を持つ画像を用いて計算されることができる。定数  $F$ 、 $G$ 、及び  $B$  は、同様の又は類似のコア（岩）を持つ石油貯留岩からの画像の他の組のために実験式 (4) において使用されるができる。

30

#### 【0065】

いくつかの実施では、画像セグメンテーションは、1) エッジベースのセグメンテーション（例えば、平行エッジ検出及び順次エッジ検出を含む）及び、2) 領域ベースのセグメンテーション（例えば、色相の関数としてのセグメンテーション、彩度の関数としてのセグメンテーション、空間属性の関数としてのセグメンテーション、向きの関数としてのセグメンテーション、及び隣のピクセルの属性の関数としてのセグメンテーション）を含む。さらに、領域ベースのセグメンテーションは、流域法、平均シフト法、領域拡張、領域分割、分割及び合成技術、又は本願に整合する他の領域ベースのセグメンテーション法の 1 又は複数を含むことができる。例えば：

40

50

・協調セグメンテーション：1)組み込み統合、及び、2)後処理統合。いくつかの実施では、114a～114fは、様々な組み合わせで112によって使用される。例えば、協調セグメンテーションは、スキャンを用いた微細構造の区別又はシェーディングに関連付けられた状況において使用することができる。組み込み統合が、領域及びエッジに基づくセグメンテーションにおけるエラーを回避するために使用される。後処理統合は、112が114aから114fを介して到達しようとする基準である。

・類似性ベース：いくつかの実施では、112は、属性への類似性に関連付けられたある基準に基づき114a-fを使用する（例えば、セグメンテーションの基礎は、ある属性色又は属性強度への類似性である）。

・不連続性ベース：いくつかの実施では、112は、例えばピクセル、シェーディング、強度、又は境界に基づき不連続性を見つけるために、114a-fを使用する。一例は、セグメンテーションのための基礎が、画像内において強度レベルにおける急激な変化であることができた。

#### 【0066】

関心のある領域114bの画像セグメンテーションに関して、関心のある領域の分析が、改善された（及び潜在的には更にセグメンテーション処理された）画像において、ケーシング（バレル）、発泡体、コア材料、及び他の外座値を分離するために使用されることができる。比率分析は、関心のある領域の分離が3つの材料（及び任意の未知の外座値）を正しく表すことを確認する（以下のことに注意すること：関心のある領域114bのプロセスが、バレル、発泡体、及びコアの寸法及び物理的特性の知識を必要とする）ために実行されることを必要とする。

#### 【0067】

エッジ検出114cに関して、エッジ検出は、例えば、坑井コアのCTスキャン画像からの間隙率予測において使用されるべき改善された（及び潜在的には更にセグメンテーション処理された）画像から有用な情報を抽出するために使用することができる。典型的なエッジ検出技術は、例えば、ソーベル、ラプラシアン、キャニー、及びハフ変換を包含する。任意の単一手法、又は2若しくはより多くのエッジ検出手法の組み合わせが、NN入力のための処理済み画像データを提供するために役立つ。

#### 【0068】

閾値処理114dに関して、閾値化（ヒストグラム）が、改善された（及び潜在的には更にセグメンテーション処理された）画像から必要とされた情報（例えば、特定の特徴）を抽出するために利用されることができる。例えば、間隙率に関しては、2つの主要な閾値化処理の操作が、典型的には、行われる：1)範囲に基づき間隙率を迅速な分類を提供し、及び、2)深さの関数としてコアのセクション毎に特定の処理を行う。典型的な実施では、様々な閾値ルーチンが使用され、限定されるものではないが、以下のものを含む：グレーレベルの閾値処理；OTSUの方法（OTSU Nobuyukiにちなんで名付けられると共にクラスタリングベースの画像閾値化、つまり二値画像へのグレースケール画像の削減を自動的に実行するために使用されたもの）；局所適応的な閾値処理；色／領域ベースの閾値処理；及び教師あり／教師なし（supervised / unsupervised、監視あり／監視無し）の閾値処理。

#### 【0069】

閾値処理は、（例えば、砂岩における）グレイン間の様々な境界とグレインの合間の様々な空間とに非常に明確なコントラストを提供することによって、全体的な分析及び予測に付加価値を与える。これは、石油物理特性の範囲の迅速な結果のために坑井コア内の固体及び流体の材料を区別するために、分類のために使用することができる。別の使用は、固体及び流体の材料の体積情報の詳細を取得するために、データを既知の画像上のキャリブレーションデータと比較することを含む。固体及び流体の材料は、貯留層流体だけでなく侵入性流体の鉱物及び流体の飽和の定量的値を目立たせるために、更に分割されることがある。

#### 【0070】

10

20

30

40

50

ヒストグラムビニング 114e に関して、ヒストグラムビニングは、制限の範囲を特定するため、改善された（及び潜在的に更にセグメンテーション処理された）画像において使用されることが可能で、制限の範囲における制限の各組の間に於いて、該値は、別の意味を有するようになる。ヒストグラムの閾値処理は、画像内の様々な「関心の対象」を区別するために使用されることが可能で、発見された「関心の対象」の各々の毎に、ヒストグラムビニングが、関心のある各対象内においてグループ、勾配、及び変化を特定するために、及び特定されたグループ、勾配、及び変化の振幅を特定するために使用されることができる。

#### 【0071】

形態学的な画像セグメンテーション 114f に関して、形態学的画像セグメンテーションは、改善された（及び潜在的に更にセグメンテーション処理された）画像のテクスチャベースの分離において支援するために使用されることが可能で、間隙率の測定を支援することと一緒に、形態学的画像セグメンテーション 114f は、孔径分布、細孔喉（porer throat）径及びその分布、並びにグレイン分布の特定のために使用されることが可能で、典型的な形態学的画像セグメンテーション法は、例えば、バイナリ拡張（ダイレーション）及び縮小（エロージョン）、集合論的解釈、カスケード拡張、並びにランクフィルタを含み得る。

10

#### 【0072】

一般には、ニューラルネットワークは、細孔喉のタイプ（サイズ）、所与のサイズの細孔喉の数、及びそれらの細孔への接続性を予測するために、NMR、CT-SCAN、及び岩石学データを利用することができます。プロセスは、破壊テストを用いて現在生成されているのと同じ結果を生成するために、様々なテストからの利用可能なデータを使用することができます。加えて、MICP（破壊テスト）は、0.1%未満のコア材料に対して行われる可能性があると共に、コア材料の99.9%の残りのために全体像を提供できない可能性があつて、一方、ニューラルネットワーク手法は、例えばコア全体の100%のための「細孔喉」情報を提供し、坑井ログ及び堆積盆モデルと統合されると、全体の貯留層に更に拡張することができます。データは、次いで、毛細管圧曲線を生成するために、本件に関連づけられた他のニューラルネットワークルーチンを介して、さらに処理される。

20

#### 【0073】

いくつかの実施では、ニューラルネットワークアルゴリズムは、岩石と流体のための化学組成だけでなく、それらの間隔、位置、配置も貯留層内の岩石 - 流体材料のために統合することができます。この目的のために、NMR、CT-SCAN、薄切片、XRD、流体の化学組成、お決まりの電気的特性、及び毛管圧力試験を利用すると、炭化水素の存在を予測できる。最終生成物は、入力として、坑井検層データ、流体組成、岩石学、などを取ることができ、また非水ベースの流体（炭化水素）の可能性を予測するために、該入力を学習済みニューラルネットワークに通すことができる。

30

#### 【0074】

いくつかの実施では、ニューラルネットワークは、岩石マトリックスにおける成分の極性を、これらの岩石マトリックスを持つ流体に加えて、説明することができ、組成（岩石流体）の関数として濡れ性を予測するニューラルネットワークモデルを開発する。この目的のために、いくつかの実験は、既存の濡れ性テストを次のレベルにして、岩石マトリックスの流体層を段階的に部分的に除去することによって岩石流体の化学組成の影響を理解できる。予想される結果は、濡れ性及び残留油飽和度を予測するために、岩石及び流体の組成と細孔及び細孔喉のサイズを取り込む学習済みニューラルネットワークアルゴリズムである。組成に基づくモデルの追加の利点は、坑井の開発及び生産並びに改善された流体設計の様々な段階中において貯留層に導入された様々な流体の影響を評価して、それらの悪影響を最小化することであり得る。

40

#### 【0075】

他の画像セグメンテーション技術は、以下を含むことができた：1) 線形セグメンテーション（例えば、分離可能性及びシフト分析、画像エイリアシング並びに 2 次元（2D）累

50

み込みのために使用される)は、他のセグメンテーション技術を介して生成された他のデータを補完できる一組のデータを考慮して、NN予測ルーチンへ入力を提供する; 2) テンプレートマッチングセグメンテーション(例えば、間隙率の見積もりに役立つために使用されるものであり、また多くの石油物理的特性がベクトルベース、つまり特性の値(透過性といったもの)が方向に基づき変化するので、坑井コアにおいて類似の構造を識別して更なる石油物理的特性の評価に役立つ均一性情報を提供する); 3) 特徴及び空間のクラスタリング; 4) 地域ベース; 5) エッジ検出アプローチ; 6) 空間分割及びマージ技術; 7) 色ベース(RGB、色相値・彩度(HVS)、色相・彩度・輝度(HSL)といったもの)の手法; 8) 様々な組み合わせにおけるファジー及びNNの技術; 及び、9) 必要な石油物理情報の定性的、定量的、又は両方の結果を提供するために、更なる分析のための一組のデータを提供する物理ベースのセグメンテーション技術。

10

#### 【0076】

当業者によって理解されるように、説明された画像セグメンテーション技術は、例えば、説明された技術を理解することにおいて支援するために目的とされた例示のために提供される。画像セグメンテーション技術は、説明された技術だけでなく、この開示に整合する任意の技術に限定されない。112から、方法100は116に進む。

#### 【0077】

116において、結果としての改善された画像がユーザビリティ基準を満たすかどうかについて特定が為される。112からの出力は、102及び164に基づき116に提供されたベンチマーク又は標準と比較された一組の値を所有する。以下のことに着目すべきである: 102又は164では、画像からの出力の予想範囲は、既知の石油物理学的値を持つ標本の画像を用いて説明されたNNの学習が実行されるので、知られていること。石油物理学的値が未知である画像をNNに提供する一方で、学習は、結果としての値が在るべき範囲を提供すると予想される場合、これらの制限の外のいかなるものも、112からの望ましくない結果と見なされる。同様に、値の予想が、114d及び114eの組み合わせのために5~25の範囲である場合には、実際の値が5未満であるならば、値の予想が破棄され(118b)、しかし、25を超えるならば、値の予想は修正される(118a)。

20

#### 【0078】

セグメント化された画像(「セグメント化画像」と記す)がユーザビリティ基準を満たしていると特定される場合、方法100は、NN入力120(図1B)のためのデータ前処理を進める。しかしながら、セグメント化画像がユーザビリティ基準を満たさないと特定される場合、セグメント化画像をユーザビリティ基準に適合させるために該セグメント化画像を更にセグメント化するかに関して、引き続く特定が為される。セグメント化画像を更にセグメント化できることを特定できた場合(118a)、セグメント化画像が、更なる画像セグメント化のために112に戻される。セグメント化画像をユーザビリティ基準に適合させるためにセグメント化画像を更にセグメント化できないことが特定される場合、セグメント化画像は破棄される(118b)。廃棄の場合、118bの後に、方法100は、少なくとも特定のセグメント化画像に関して停止する。いくつかの実施では、方法100は、残りの使用可能な画像を進めることができる。108における議論と同様に、いくつかの実施では、方法100は、特定のセグメント化画像が修正されるべき又は破棄されるべき、のいずれかであるという通知を生成できる。いくつかの実施では、廃棄された画像に関するデータは、必要であるならば、廃棄された画像の更なる処理又は廃棄された画像に関連付けられた任意のデータの使用を可能にするために保持されることができる。

30

#### 【0079】

説明された方法論は、また、補助データを分析するためにNNを使用できる。補助データには、実験室の、現場の、又は他のデータを含むことができ、該データは、任意の定理、物理/工学の法則、計算、又は実証済み方程式/関係(Darcy及びArchive方程式といったもの)への適用性の明らかな欠如に起因して、収集後に通常は破棄される。補

40

50

助データは、例えば、石油物理学分析又は医薬において使用されるデータを含むことができる。本願に整合する任意の他の補助データは、この開示の範囲内であると見なされる。例えば、非定常状態のためのデータ、相対透過性試験は、次の理由による増加生産を含むことができる：1) 流体注入速度における変化；2) ストレスにおける変化；3) 温度における変化；4) 流体間の反応；及び、5) 岩と流体との間の反応。このデータは、処理のためにNNに入力することができる（例えば、120）。

#### 【0080】

112と120との間ににおいて、様々なセグメンテーション技術を介して収集されたデータは、次に、所望の結果を予測するためにNNへの入力として使用される前に、更なる初期条件、境界条件、物理モデル、化学モデル、及び石油物理関係の組み合わせに従う。例えば、112-116からの120に供給された出力は、必ずしも1つの出力ではなく、複数の出力である（例えば、画像「Image-1」は112を介して行くことができた）。ここで、114a及び114cは「shape-1」データを生成することができた；114b-114cは「size-1」情報を提供することができた；114d-114bはシェーディングに基づく領域の「type-1」に関する情報を提供することができた；114e-114dは、各シェードの「amplitude-1」を各シェード内の「range-1」と共に提供することができた。

#### 【0081】

120では、116からの使用可能なデータが、NN入力のために前処理される。典型的な実施では、前処理技法は、限定されるものではないが、1又は複数の一組の算術／幾何関係（例えば、経験的関係122a、データ操作122b、物理的関係122c、及びデータ相関122d）を含むことができる。例えば「Image-1」データに関しては、「size-1」及び「types-1」は、間隙率、グレインサイズ、又はその両方にに関する経験的関係（例えば、122aにおいて）と一緒に使用することができた；「shape-1」及び「amplitude-1」は、飽和（流体）のためのデータをグループ化するために、物理的な関係（例えば、122cにおいて）又はデータ操作（例えば、122bにおいて）と一緒に使用することができた；そして、（例えば、122dにおいて）間隙率の値を取得するために、関心ある領域v.s.（対）画像の全エリアの相互関係を証明できる。ここで、122a、122b、122c、及び122dは、標準的な実験室の若しくは坑井サイトの石油物理学の、化学の、又は他の既知試料分析に基づき提供された相関又は方程式であることになる。

#### 【0082】

記載された方法論のゴールは、100万パーセントを予測するために、坑井コア及び流体試料の1パーセント未満を使用することである。言い換えれば、貯留層の全体（100万パーセント）に外挿するために、坑井コア試料の100パーセントを使用する。物理法則、及び利用可能な決定論の方程式は、現場（フィールド）毎に別個である（例えば、相の挙動及び地球化学的な関係は、貯留層の特性を予測するために石油物理学関係で使用することができなかった。一方、流体特性、地球化学、地質学、堆積学、石油物理学、及び応力は、全て、同時に貯留層に影響を与える。任意の一つにおける変化は、全ての残りに影響を与える。

#### 【0083】

加えて、坑井現場のデータ取得に関して実験室試験を実施する一方で、収集されたデータの追加の組があり、該追加の組は関連しており、しかし、各個別の分野に関連付けられた決定論的関係ベースの法則の制限に起因して、現在のところ、分析に使用されていない。例えば、埋蔵量評価に使用される電気特性テスト中に、時間の関数としての生産速度に関連付けられた情報がある。このデータは使用されずに、代わりに、平衡値のみが使用される。例えば、Archie方程式は他のデータ点のための項を有さないので、1000個のデータポイントのうちから、1つのデータ点のみが使用される。速度データが、透過率を予測するために使用することができた場合、及び炭化水素の化学組成と組み合わされる場合、この追加データは、掃引効率に関する問題を緩和するのに役立つように使用され

10

20

30

40

50

ることができた。

#### 【 0 0 8 4 】

経験的関係 1 2 2 a に関して、画像処理及びセグメンテーションから収集されたデータは、次に、検討中の標本の物理的特性及び所望の必要とされる結果に基づき、様々な経験的関係に導入される。例えば、間隙率は、色帯域幅、空間座標、彩度、特定の色合いの強度、及び特定の領域のサイズ / 場所の関数であることができる。いくつかの実施では、既存の石油物理的経験式が、1又は複数の経験式を（例えば、岩型と岩型の彩度との関数として）生成し / 導出するために、NN 分析から生成されたデータを用いて使用することができる。同様に、透過率は、計算された間隙度の値を用いて前述の主要因の関数として記述することができる。典型的な実施では、間隙率の値は、色帯域幅、空間座標、彩度、及び特定の色合いの強度から計算されることができる。計算された間隙率の値は、次に、透過性を予測するために、流体に関して収集された実験室データ、地質学的データ、鉱物学的データ、又はその他のデータからの貯留層流体特性と一緒に使用されることができる。10

#### 【 0 0 8 5 】

いくつかの実施では、データ操作 1 2 2 b は、最大 (max) / 最小 (min) の値を用いる全データの正規化の形式に、又は既知の時間 / 空間にわたるデータの積分若しくは時間 / 空間にに関するデータの微分の形式にあり得る。例えば、変化率は、深さ、間隙率、及び流体飽和の関数として強度を特定するために、データの組に適用されることがある。物理的関係 1 2 2 c は、物理的関係の影響を示すことができる（例えば、マトリックス材料の密度が同じままである又は増加すると仮定すると、間隙率が減少し、流体飽和が減少し、機械的強度が増加する）。データ相互関係 1 2 2 d は、可能なデータ相関を示すために使用されることがある（例えば、色スペクトルにおける赤を、流体の飽和及び岩の脆性の減少に関連付けることができた。それで、赤色スペクトルを持つ様々な値を飽和及び岩の両方に関連付けることができる）。1 2 0 から、方法 1 0 0 は 1 2 4 に進む。20

#### 【 0 0 8 6 】

1 2 0 における前述の説明に整合して、データ操作 1 2 2 b は、補助データとして収集された実験室データ又は現場データを利用することができ、しかし石油物理学分析のために使用されず、なぜなら、収集された補助データは、任意の定理、物理的 / 工学的法則、計算、計算、又は石油物理学分析で使用された実証済み方程式 / 関係 (Darcy 又は Archie 方程式といったもの) に適用できないからである。実験室又は現場のデータの例は、次のものを含むことができる：1 ) 坑井サイト (現場) においてコアを採取してから実験室テストまでの日数；2 ) 失敗した (成功していない) テストからのデータ；3 ) 特定のテストのためにテスト試料を洗浄し及び準備するために必要な時間；4 ) テストを実行するために使用された機器類のタイプ；5 ) 機器のための校正情報データ；6 ) 機器、ツール、及びデータ収集法のパラメータを制限すること；及び、7 ) 試料がテストの前後に経験した様々な物理的、温度、圧力、及び環境の条件に関するデータ。30

#### 【 0 0 8 7 】

いくつかの実施では、説明された NN は、オフライン、オンライン、又はその両方の組み合わせであると見なされるデータを用いて働くように構成することができる。オフラインデータは、図 1 A - 図 1 D に図示されるように、処理のために後の時点で NN に供給されたデータ / 画像であって以前に生成され及び収集されたものを含むことができる。オンラインデータは、図 1 A - 図 1 D に図示されるように、処理のために連続ベースで NN に供給されたデータ / 画像（実験室又は現場の環境において機器類によってリアルタイム又は実質的にリアルタイムで連続的に生成されたデータ / 画像）を含むことができる。40

#### 【 0 0 8 8 】

1 2 4 において、NN 入力のための結果としての前処理されたデータがユーザビリティ基準を満たすかどうかの特定が為される。例えば、1 2 0 においては、1 6 4 a、1 6 4 b、又は 1 6 4 c における望ましい目的は、画像から 1 つの特徴のみを計算することである（例えば「Image - 1」の間隙率）。1 1 6 から、データは、グレーの異なる 3 つのシェード（濃淡、色調）、異なる 5 つの形状カテゴリ、関心のある異なる 1 0 0 個の領域

10

20

30

40

50

、及びこれらの関心のある領域に関連付けられた 20 個のエリアのサイズに関する「Image - 1」のために受信される。経験的関係 (122a) は、5 つの形状カテゴリを持つ 1 つのグレーのシェード（濃淡、色調）に基いて、3 組の間隙率データを計算するために適用される；物理的関係 (122c) は、形状及びサイズの物理属性に対して、間隙率の値を計算するために適用されることができる；関心ある領域 vs. (対) 画像の総面積の相互関連付けるは、相互に関連付けられることができて (122d)、間隙率の値を得る；及び、3 つの色シェード（濃淡、色調）を持つ 122a 及び 122c の操作は、一組の間隙率を生成するために実行されることができる。124において処理されることは、データセットの有用性を特定することである。データセットのユーザビリティは、124 の結果が特定の目標出力パラメータの制限 / 範囲に適合するかによって特定されることがある。

10

#### 【0089】

前処理されたデータ（データセット）がユーザビリティ基準を満たすと特定される場合、方法 100 は、データサブセットに進む；128において学習し、検証し、及びテストする。しかしながら、前処理されたデータがユーザビリティ基準を満たしていないと特定される場合、前処理されたデータは破棄され、また方法 100 は 104 において画像改善に戻り、104 では、106a 又は 106d の一方又は両方のための条件 / 基準が変更されることができる。ここで、方法 100 は、別の画像から始まる。いくつかの実施では、方法 100 は、望まれるならば、破棄された画像に関連付けられた任意のデータの使用又は破棄された画像の更なる処理を可能にするために、NN 入力のために前処理された破棄された画像の経過を追うことができる。

20

#### 【0090】

先の例を続けて、122a ~ 122d から生成された間隙率の値は、「Image - 1」全体のためのベンチマーク値と比較することができます。該値が特定の範囲内にある場合、そのときは、方法 100 は 128 に進む（データを NN エンジンに移動する）。該値が該特定の範囲内にない場合、そのときは、データは 126 において破棄されて、またプロセスは 104 に戻り、もう一度やり直す（画像改善）。例えば、「Image - 1」のベンチマーク値は、間隙率の 1 ~ 5 % がナノ間隙率であり、60 ~ 70 % がマイクロ間隙率であり、25 ~ 40 % がマクロ間隙率であることがあり得る。これらの条件が満たされる場合、そのときは、データは使用可能である。満たさない場合、そのときには、現在の画像は破棄されて、また新しい画像でもう一度やり直す。

30

#### 【0091】

128において、NN エンジンは、学習、検証、及びテストのために、特定された使用可能なデータを 124 から受信する。受信したデータは、3 つのサブセット（つまり、学習、検証、及びテストのデータのためのサブセット）に分割される。間隙率が、164 において最終生成物のための例として取られる場合、102 において 100 の画像があつて 128 において画像毎に 20 個の特有のデータセットが生成された場合、100 個の画像からのデータは、3 つのサブセットに分割されることになる：1) 学習用の 15 枚の画像からのデータ (15%)；2) 検証用の 10 枚の画像のデータ (10%)；3) NN の精度をテストするための 75 枚の画像 (75%) からのデータの残り。パーセンテージの分割は、説明された画像セグメンテーションの結果から導出されたデータセットの数及び型に基づき特定される（例えば、124 から受信済みの特定された使用可能なデータ）。典型的な実施では、データサイズが小さいほど、学習及び検証のためのデータセットがより大きくなることを必要とする（その逆も同様）。画像のための 20 枚の特有のデータセット内のデータセットの 1 つが空隙率の既知の値を有する場合であつて、学習、検証、及びテストが、該空隙率に対して一組のアルゴリズム / 関係を生成するために 128 によって実行される場合に、そのときには、生成されたアルゴリズム / アルゴリズムが、130 に移動して、132（バッチ処理）のいずれかにおいて使用され、132 では、未知の間隙率の一組のコア画像からのデータセットが間隙率を予測するために提供され、また 130 からのアルゴリズム / 関係は、134 に移動し、134 では、処理された画像の連続ストリ

40

50

ームが（例えば、コアをスキャンすると共に画像を生成する機器から）供給され、また間隙率が予測される。以下に着目する：未知の間隙率を持ち 132 又は 134 に送られる画像データは、データが同じフォーマット及びサブセットであるために、前述の 102 から 124 のステップを介して行ってしまうことになり、間隙率を予測するために 130 においてアルゴリズムによって利用されることができる。画像 / データが連続的ソースから取得される場合（テストを実行する機器から入力を NN が受信する場合といったもの）、そのとき、それは連続的な入力であって、一方で、画像 / データが以前に収集されたデータセットから取得される場合、それは離散入力であると考えられる。132 又は 134 から、方法 100 は、136（図 1C）に進む。

#### 【0092】

136において、どんな NN アーキテクチャが 132 / 134 からのデータを処理する際の使用のために望まれるかに関する特定が為される。NN を訓練するために利用可能な出力データの十分な組がある場合、方法 100 は 138（教師ありモード）に進む。しかしながら、NN を学習させるために利用可能な学習データがない（又は十分でない）場合、方法 100 は、140（教師無しモード）に進む。例えば、実験室又は現場において収集された一組のデータは、教師ありモードにおいて使用されたが、一方で連続データは、教師無しモードにおける分類のために使用されたことができた。

#### 【0093】

記載された処理に関して、NN は、少なくとも以下の理由のために、理想的な型の数学的処理のスキームである。

1. 処理用の非常に大きなデータセット。  
 2. 坑井コア及び貯留層に関連するデータが数十年にわたって収集されてきており、またモデル vs.（対）現実からの優れた履歴マッチング機会を提供することができる。  
 3. データの高価ではない供給及び高速なコンピューティングエンジン // 繼続的に改善する統計的なアプローチ。坑井コアがスキャンされてまた画像が様々な民間及び政府の機関において利用可能になった何百万もの掘削された坑井コアがあったので、利用可能な供給は広範囲である。102 から 128 までの説明されたアルゴリズムは、ハイエンドの既製コンピュータ上で容易に実行されることができ、スーパーコンピューティング及び専用コンピュータのハードウェア / ソフトウェアを必要としない。

4. 利用可能な物理モデルは、利用可能なすべてのデータを活用する能力を持たず、また入力の非常に限られた組に制限される（例えば、透過率の式は、通常、制御された環境及び流速 / デルタ圧力の関数において 1.5 インチの坑井コア試験片に対するテストに制限される）。コアの透過率を計算するために使用された Darcy 方程式は、既知の直径及び長さのコア試料を通過する流体の流量に基づいており、ここでコアの入口及び出口における圧力が測定される、制限は、透過率を取得するテストを実行するために使用される円筒サンプルが、画像化されまた利用可能な全てのコア材料の 0.1 % 未満、及び 2 つの変数のみを表すということであり、一方、この開示において説明されたものとしての画像分析は、収集された坑井コア全体（例えば、300 - 3000 フィート）を活用する。

5. 物理モデルは、実験室データから現場データまで規模を大きくしようとする場合（例えば、直径 1.5 インチのコアに関するデータを実際の貯留層の 100 万立方フィートに完全化しようとする場合）に、完全化の多く問題を有する。

#### 【0094】

NN アーキテクチャは、最初に、教師あり 138 NN 又は教師無し 140 NN のいずれかに分けられることができる。教師あり 138 NN の場合、タイプは、NN のリカレント 142（例えば、Hopfield 構成）型又はフィードフォワード 144（例えば、線形、非線形、逆伝搬、ML バーセプション、及びボルツマン）型のいずれかに分けられる。教師なし 140 NN の場合、タイプ（型）は、推定器 146（例えば、自己組織化特徴マップ（SOFM）又は自己組織化マップ（SOM））又は抽出器 148（例えば、適応共鳴理論（ART））タイプ NN に分けられることができる。

#### 【0095】

10

20

30

40

50

タイプに関係なく、NNは、典型的なコンピュータ処理におけるように、シリアルではなくパラレルで情報を再現し及び処理するように設計される。比較として、石油物理分析作業を実行するための逐次処理作業は、最大2～3のプロパティを管理でき、該プロパティは、制限された物理モデルを用いて実質無制限の情報量を下手に処理する。パラレル処理NNでは、NNモデルは事前定義されていないので、NNの作業は、所与のデータセットから「学習」する共に、該データセットを与えられたものとして非常に複雑な振る舞いを予測するために、非常に単純な原則上において働く。

#### 【0096】

図2に戻ると、図2は、本願の実施に従う、NN200の基本構造を表すブロック図である。図示されたNN200の基本構造は、3つの層を含む。第1層、入力層202では、データは入力層202に提示され、NNによる使用のために特定の形式に正規化され、及び隠れ層204に渡される。隠れ層204は、NNの内部動作であって、「ブラックボックス」として効果的に機能するものであり、該NNが、一旦、既知の入力値及び予想の出力値のセットを用いて学習させられると、NNの内部にある関係及びアルゴリズムを生成する。隠れ層204の結果は、出力層206に渡される。出力層206は、出力データの組208を生成する。NN200が並列プロセスであるので、全ての使用可能な入力が隠れ層204に同時に渡されることができる。入力層202からの入力は、所与の組の入力のために最も一致する出力208を取得するために変更される重みを用いて隠れ層204に提示される。

10

#### 【0097】

図1Cに戻ると、フィードフォワードNN（例えば、図1Cの144）では、情報フローは一方向のみである（つまり、データは、入力層を介して隠れ層に供給されて、結果は出力層に現れる）。データは、入力層において活性化の形式でNNに提示される。前述のように、データは、所与の組の石油物理学評価のために前処理される。同様に、NNからの出力は、方法100の最終結果を取得するために処理される。

20

#### 【0098】

150において、132又は134からの出力と同じフォーマットのデータセットが、136から、どんな型のNNがユーザを選択してもらう（138-（142若しくは144）又は140-（146若しくは148））という選択（初期パラメータ - 教師有り/教師無し及び型）と一緒に受信される。150から、方法100は152に進む。

30

#### 【0099】

152において、選択されたNNは、データセットを用いて/データセットに対して実行される。152から、方法100は154に進む。

#### 【0100】

154において、NNからの出力が生成される。出力が最終生成物である場合、例えば間隙率が唯一の望ましい結果である場合には、そのとき、154からの出力は、「Image - #」、「Porosity Value」のフォーマットを持つことができる。154から、方法100は、156（図1D）に進む。

#### 【0101】

156において、154からの特定の画像に関する出力は、全ての使用可能な画像のための全出力が完了するまで、ステージング領域に保持される。156から、方法100は158に進む。

40

#### 【0102】

158において、全ての使用可能な画像のためのNN出力が後処理される。例えば、各画像毎の深度（フィート）を割り当てる。間隙率については、方法100は158で終了しており、なぜならこの時点で、更なる石油物理データが必要ないからである。例えば、坑井コア全体が受け取られて、タスクは、貯留層の岩石を非貯留層の岩石から区別することであるとき、間隙率は、決定要素になるであろう。164a、164b、及び164cにおいて望ましい結果として出力されるべき他の石油物理的特性（例えば、浸透度）に関しては、方法100は、158、160、及び162に進む。

50

### 【0103】

160においては、前の処理からのデータが更に処理される（正規化される、又は比較される、といったもの）ことができる。既存の方程式／関係が、他の石油物理的特性を導出するために使用されることがある（例えば、間隙率及び飽和度の値を、貯留層のマクロ／マイクロ埋蔵量の見積もりを導出するために使用できた）。加えて、新しい関係（データ関係）は、（例えば、NNから生成されたデータを姉妹坑井からの既存のデータと組み合わせることによって）導出されることがある。ここで、教師有り及び教師無しのNN（140、142、144、148）下における全てのプロセスは、一組のデータから望まれた様々な出力を達成するために使用されることがある確立されたNNアルゴリズムであり、又はこれらのアルゴリズムを適用すると、136に先だってNNによって作成されたデータを見るという新しい見方を生成できる。例えば、データ入力の特定の組に基づき特定のパラメータに関して、別のNN分析からのデータの異なる組が、より良い結果を得るために、入力として使用されることがある。特定の例として、地層の岩石を介する貯留層流体の流れ解析を実行するとき、入力データは、圧力降下及び飽和を含む。第1NNは、このデータを岩石のCTスキャン画像と一緒に取り込むことができ、流れモデル1を生成できる。第2NNは、圧力降下の関数として貯留層に関連付けられた応力（ストレス）及び歪み（ストレイン）のモデル2を生成できる。これらの2つのNN出力（つまり、モデル1及びモデル2）が、組み合わさることができ、また流れを予測するために、圧力降下の影響及び応力における変化を組み合わせる第3NNへの入力として使用されることがある。同様に、同じ論理が、NNを用いて追加のモデルを生成するために、次いで、異なる応答のための追加のモデルを組み合わせるために、関心のある他のパラメータに拡張されることがある。この方法論の特定の値／使用の1つは、石油業界におけるレガシーのデータセットを利用する能力であって、ここで該データセットの各々が特定の制限を持ち、また利用可能なデータの改善された画像の全表示を提供することの能力である。例えば、炭化水素回収現場の寿命にわたって収集された間隙率データセットが存在しており、しかし、方法は、様々な手法及び条件を用いて時間にわたって変動したデータセットを収集するために使用される。この変動は、データセットを収集するために異なる手法及び条件に特有な様々な次元のデータセットに帰着した。説明されているNN方法論を用いて、レガシーデータセットは、様々な手法、条件、及び変化と一緒に入力されることができ、改善された／望ましい結果としての値を予測するために使用されることがある。

160から、方法100は162に進む。

### 【0104】

162において、達成された結果が所望の結果を満たす場合、方法100が、継続する必要はなく、しかし、該結果が、別のNN（例えば、150における入力）に供給されるべき他のデータと組み合わされるべきであるならば、そのときは、164a、164b又は164cは、162からの結果が入力として扱われるNNの全セットであることができた。例えば、162からの出力が間隙率、透過率、及び（マイクロ - マクロといった）間隙率の変化である場合、データは、画像を持つがCO<sub>2</sub>テスト結果を持たないコアの領域にわたってのCO<sub>2</sub>流の圧力降下を予測するようにNNを学習させるために、CO<sub>2</sub>溢れのための実験的な圧力低下と一緒に、別のNNに供給されることができた。達成された結果が望ましい結果であるか否かは、典型的には、プロセスのユーザによって特定される（つまり、162において生成されたデータが、予想されるものであるか、また連続する処理の段階のために使用されることができるかどうか）。これらの状況では、例えば、データがプロットされることができ、データが使用可能な出力制限の範囲内にあるかどうかの特定が為されることがある。人間のユーザがこの特定を行う場合、ユーザは、典型的には、情報に通じた特定を為すために、検討中の石油物理データと調査中の坑井／現場において精通していなければならない。他の実施では、自動化されたプロセス（例えば、ソフトウェア比較エンジン、NN、又は他のプロセス）が、以下の特定を為すために使用されることがある：162において生成されたデータが予想されると共に後続の処理段階に使用可能か否か。いくつかの実施では、自動化されたプロセスは、人間のユーザへの推奨を

10

20

30

40

50

、該人間のユーザが最終的な特定を為す間に、提供することができる。

#### 【0105】

162において、出力データは、出力データに関連付けられた既知の / 特定された範囲と比較される。いくつかの実施では、方法100は、結果データが満足のいくものでない場合、処理の初期段階への復帰の継続的レベルを実行することができる。例えば、出力データの必要な設定パーセンテージ精度（例えば、80%）未満が範囲内にないと判定された場合、データは158に戻される。方法100は、もし、設定された数（例えば、3回）の繰り返しの後に、158と162との間の処理が、要求された設定パーセント値の精度を達成しない場合、162から136に戻される。方法100は、もし、設定された数（例えば、3回）の繰り返しの後に、136と162との間の処理が、要求された設定パーセント値の精度を達成しない場合、162から128に戻される。方法100は、もし、設定された数（例えば、3回）の繰り返しの後に、128と162との間の処理が、要求された設定パーセント値の精度を達成しない場合、162から120に戻される。方法100は、もし、設定された数（例えば、3回）の繰り返しの後に、120と162との間の処理が、要求された設定パーセント値の精度を達成しない場合、162から112に戻される。方法100は、もし、設定された数（例えば、3回）の繰り返しの後に、112と162との間の処理が要求された設定パーセント値の精度を達成しない場合、162から104に戻される。全ての戻り試行が試行されて満足のいく結果が達成されなかった場合、方法100は、無限ループ又は他の望ましくない処理を防ぐために停止することになる。162から、方法100は164に進む。

10

20

#### 【0106】

164において、結果データは、異なる目的のために使用され得る。例えば、164aからのデータは、別のNNのための入力として使用されることができ、164bからのデータは、画像に変換されると共に別のNNの入力として使用されることができ、また164cからのデータは、モデル化すると共に必要なものとして様々なパラメータを予測するために、別のNN又シミュレーションタイプのソフトウェアのための入力として使用される。

30

#### 【0107】

逆伝搬（バックプロパゲーション）は、最も一般的に使用されるフィードフォワードNNモデルであり、データの学習セットをNNを学習させるために必要としており、所望の結果を提供する一組の検証データをNNを確認するるために必要としており、新しい入力データを、結果を予測するために必要としている。逆伝播のNNは、（例えば、勾配降下法を用いて）入力に関連付けられた重みを調整することによって、出力における誤差を減らすという原則に基づき機能する。逆伝播法への他の代替は、限定されるものでは無いが、ヘブ学習、強化学習、及び人工進化を含む。

40

#### 【0108】

逆伝播NNを利用して空隙率を計算することが、ここで、例として説明される。前の説明に整合すると共に高レベルにおいて、（間隙率及び透過率のデータが利用可能であった）コアプラグための一組のCTスキャン画像は、最初に、画像セグメンテーションのためのプラグを準備する（例えば、図1Aの112）ために、画像の前処理（例えば、図1Aの104）にかけることができる。その後に、プラグ画像は、色、色相、彩度、グラデーション、値、テクスチャ、空間座標に関してセグメント化される。データセットは、学習、テスト、及び予測のデータセットに分けられる。

#### 【0109】

次に、誤差が特定された許容限界内に最小化されるまで、逆伝搬NNには訓練データの組が供給されると共に、次いで、テストデータの組を用いて試験される（例えば、間隙率の値の場合、許容限界は5と25との間にあるべきである）。NNが学習される共にテストされると、該NNが、間隙率のためのデータの既知の組と未知の組との両方を予測するために利用される。

#### 【0110】

学習及びテストのデータセットが（例えば、128において）誤差を最小化できない場合

50

、入力データの再較正は、通常、画像セグメンテーションのステップ 112 の後に、データの画像改善 104 を介して実行することができる。これが働かない場合には、画像セグメンテーション 112 を訪れると共に、画像をセグメント化して更新された入力データを取得するために異なる技術を採用する。このプロセスは、必要な結果を達成して特定の NN モデルを学習させるために、初期の画像改善 104 から開始して、繰り返されることがある。NN が学習されると、学習が保存されると共に新しい入力データに使用されることがある。同様に、これらのステップは、坑井コアの CT スキャン画像の一組から他の石油物理的特性を予測するために、課せられることがある。そのような分析の 1 つが例として提示される。MATLAB プラットフォームが、コーディング、分析、及び NN に使用された。

10

#### 【 0111 】

図 3 A ~ 図 3 C は、本願の実施に従う、画像改善及び画像セグメンテーションに続く使用可能なデータ（選択された NN のための入力データ）を表示するテーブル 300 を示す。テーブル 300 は、一旦画像が 102、104、108、及び 112 を介して通過した時点の 116 からの結果を表す。図 3 A ~ 図 3 C からのデータは、120 に供給される。

#### 【 0112 】

図 4 A ~ 図 4 C は、本願の実施に従う、処理された画像毎の間隙率（選択された NN のための目標データ）の既知データ値を表示するテーブル 400 を示す。データは、NN のために 128 の入力として使用されることがある。

20

#### 【 0113 】

図 4 A ~ 図 4 C は、核磁気共鳴（NMR）の間隙率の測定に基づく典型的な組のデータを示す。NMR 装置のキャリブレーションに基づき、該機器は、同じ組の試料が様々な実験室の液体にさらされると共に NMR 空隙率が各プロセスの後に測定された場合、平均化を行い空隙率の同じ値を提供する。異なるプロセス（例えば、異なる流体）に試料がさらされたとしても、キャリブレーションがベース流体を用いて行われるので、NMR の結果は、同一のままであり、そのようなものとして、実際のデータを表さない。

#### 【 0114 】

122 a、122 b、122 c、及び 122 d を介して NMR データと一緒に試料に対して 120 において実行されたプロセスに関連付けられた情報によれば、1 組のみのベースキャリブレーションを提供した NMR 機器に依存するだけでなく、流体の関数として可変である間隙率の実際の値を提供する間隙率の値を取得することが可能になる。

30

#### 【 0115 】

試料が経たプロセスに関して補正された NMR 間隙率があると、その間隙率は、他の結果（例えば、水銀注入試験からの細孔喉のサイズ選別）と組み合わせることができ、またこれらのログから単なる間隙率より多くのものを推測するために、現場の NMR ログに変換（スケーリング）される。

#### 【 0116 】

実施例では、前述の説明と整合して、坑井の CT スキャン画像は、改善された画像のセグメンテーション（ここでは、102；104（106 a、106 b、106 c、106 d）；108（110 a、110 b）；112（114 a、114 b、114 d、114 e、114 f）；及び 116（118 a、118 b）を実行するために、画像分析プロセスステップにかけられる。74 個の試料からの合計の画像が、（ここでは、120（122 a、122 b、122 c、122 d）及び 124（126）を用いて）7 つの特有のデータセット（ $74 \times 7$  の行列）を生成するために、画像処理及びセグメンテーションにかけられる。NN は、これらの試料の NMR 間隙率を用いて（ここでは、128 を用いて）学習された。

40

#### 【 0117 】

128 では、20 個のシグモイド隠しニューロン及び線形出力ニューロン（FIFTNET）を持つ 2 層のフィードフォワード NN が、多次元問題に適合するために使用された。ネットワークは、Levenberg - Marquardt 逆伝播アルゴリズム（train

50

$n \ 1 \ m$  ) を用いて学習された。データセット全体は、3つの部分に分けられた：1) 学習、2) 検証、3) テスト。Levenberg - Marquardt の逆伝播アルゴリズムは、最適な解を得るために反復を続け、しかし、学習は、検証の平均二乗誤差が改善しなくなると、停止する。ニューラル応答の出力 vs . (対) 目標出力の回帰プロットは、NN のパフォーマンスを評価する信頼できる方法を提供する。同様に、目標出力の誤差ヒストグラムは、ニューラルパフォーマンスの迅速な視覚的解釈を提供する。画像のプロパティのデータセットが、行列「データ」として定義され、一方で、NMR 間隙率の目標データセットは「NMR Porosity 0 x 25」と名付けられた。学習、検証、誤差ヒストグラムのためのプロットとコードが提示され、MATLAB エディタが利用された。

#### 【0118】

図 5 A から図 5 B は、選択された NN の学習及びテストの第 1 反復結果を表すプロット 500a 及び 500b であり (128において、しかし、反復は、例えば 108、116、124、130、136、162においても生成されるであろう)、しかし、収束は、本願の実施によれば、失敗する ('テスト、 $R = 0.3191$ ')。プロット 500a は、NN のパフォーマンスを評価するための、目標 (ターゲット) に対するニューラル応答 vs . (対) 目標の出力の回帰プロットである。プロット 500a から理解されるように、サブプロット 502 は「テスト、 $R = 0.3191$ 」を示す。プロット 500b は、ニューラルパフォーマンスの迅速な視覚的解釈を提供する目標出力の誤差ヒストグラムである。

#### 【0119】

図 6 A から図 6 B は、選択された NN の学習及びテストの第 2 反復結果を表すプロット 600a 及び 600b であり (128において - しかし、反復が、また、例えば 108、116、124、130、136、及び 162 で発生されている)、ここで、本願の実施に従えば、収束は、満足できる ('テスト、 $R = 0.95407$ ')。プロット 600a は、NN のパフォーマンスを評価するための、ニューラル応答 vs . (対) 目標の出力の回帰プロットである。プロット 600a から理解できるように、サブプロット 602 は、「テスト、 $R = 0.95407$ 」であることを示す。プロット 600b は、ニューラルパフォーマンスの迅速な視覚的解釈を提供する目標出力の誤差ヒストグラムである。第 2 反復の後に、NN は、学習されたものと考えられ、また間隙率を予測するために利用可能な NMR 間隙率データ (画像のみ) がない坑井コアの画像を分析するために使用可能であるものと考えられる。

#### 【0120】

第 2 反復によれば、より良好な改善された出来具合を提供しており、またそのような結果としての NN コード (128 から) は、保存され、間隙率を予測するために使用された。結果の NN コードの例は、次のとおりである：

10

20

30

40

50

## 【表 3 1】

```
% Solve an Input-Output Fitting problem with a  
Neural Network  
% Script generated by NFTOOL  
% Created Sun Mar 06 14:06:19 AST 2016  
%  
% This script assumes these variables are defined:  
%  
% data - input data.  
% NMRPorosity0x25 - target data.
```

10

```
inputs = data';  
targets = NMRPorosity0x25';
```

20

30

40

50

## 【表 3 2】

```

% Create a Fitting Network
hiddenLayerSize = 10;
net = fitnet(hiddenLayerSize);

% Choose Input and Output Pre/Post-Processing
Functions
    % For a list of all processing functions type: help
nnprocess
    net.inputs{1}.processFcns          =
{'removeconstantrows','mapminmax'}; 10
    net.outputs{2}.processFcns         =
{'removeconstantrows','mapminmax'};

% Setup Division of Data for Training, Validation,
Testing
    % For a list of all data division functions type: help
nndivide
    net.divideFcn = 'dividerand'; % Divide data randomly
    net.divideMode = 'sample'; % Divide up every sample
    net.divideParam.trainRatio = 60/100;
    net.divideParam.valRatio = 20/100;
    net.divideParam.testRatio = 20/100; 20

% For help on training function 'trainlm' type: help
trainlm
    % For a list of all training functions type: help nntrain
    net.trainFcn = 'trainlm'; % Levenberg-Marquardt

% Choose a Performance Function
    % For a list of all performance functions type: help
nnperformance
    net.performFcn = 'mse'; % Mean squared error

% Choose Plot Functions
    % For a list of all plot functions type: help nnplot
    net.plotFcns          = 30
{'plotperform','plottrainstate','ploterrhist', ...
    'plotregression','plotfit'};

% Train the Network
[net,tr] = train(net,inputs,targets);

% Test the Network
outputs = net(inputs); 40

```

## 【表 3 3】

```

errors = gsubtract(targets,outputs);
performance = perform(net,targets,outputs)

% Recalculate Training, Validation and Test
Performance
trainTargets = targets .* tr.trainMask{1};
valTargets = targets .* tr.valMask{1};
testTargets = targets .* tr.testMask{1};10
trainPerformance = perform(net,trainTargets,outputs)
valPerformance = perform(net,valTargets,outputs)
testPerformance = perform(net,testTargets,outputs)

% View the Network
view(net)

% Plots
% Uncomment these lines to enable various plots.
%figure, plotperform(tr)20
%figure, plottrainstate(tr)
%figure, plotfit(net,inputs,targets)
%figure, plotregression(targets,outputs)
%figure, ploterrhist(errors)

```

## 【0 1 2 1】

この場合、間隙率の直接予測が最終結果であった。他の場合では、該出力が、深さの関数としての値の範囲であることができ、又は出力値は、複数のパラメータであることができた。そのときには、複数のパラメータ出力が、他の石油物理特性を予測するために、更なる分析のために使用することができる。30

## 【0 1 2 2】

ポスト・ニューラルネットワークの経験的関係

## 【0 1 2 3】

入力の提供された組のための所与の NN からの出力は、次に、（他の石油物理的特性を得るために）経験的関係を用いて操作されるか、又は他の NN への入力として使用されることができる。最も一般的な経験的関係は、間隙率のこの例に関しては、透過率、流体飽和、又は他の石油物理的特性を予測することにおけるものである。

例えば、以下の事項に関連する間隙率：

- ・接続された及び接続されていない細孔（画像のサイズ及び間隙率の値に関する経験的関係ベースで）、

- ・透過性（間隙率から透過率を計算するための経験的関係）、
  - ・彩度（画像の様々な陰影分析間の関係）、
  - ・応力（間隙率の値 vs. （対）深さの関数として応力効果を計算するための関係）、
  - ・機械的強度（色のシェード - 深度 - 間隙率間の関係（例えば、画像内の赤い色の振幅）、
  - ・地震波速度（128への入力として地震データを用いて）、
  - ・破碎能力（領域間の境界の関数として（赤（脆い）オレンジ（軟い）））、
  - ・従来とは異なるマイクロ - ナノ関係（これは、112において、エッジ検出 - 閾値処理及びヒストグラムビニングから達成されることができる）、
  - ・マトリックス vs. （対）母油（ケロゲン）（これは、様々な材料の弾性を表示するために様々な色を識別することによって112で達成されることがある）。
- 50

・様々なログツールの補正（ログツールは、修正を行うために実験室データを必要とする）。

#### 【0124】

図7は、一実施に従う、本願において説明されるものとして、説明されたアルゴリズム、メソッド、関数、プロセス、フロー、及びプロジェクトに関連付けられた計算機能を提供するために使用される例示的なコンピュータシステム700のブロック図である。図示されたコンピュータ702は、サーバ、デスクトップコンピュータ、ラップトップ／ノートブックコンピュータ、無線データポート、スマートフォン、携帯情報端末（PDA）、タブレットコンピューティングデバイス、これらのデバイス内の1又は複数のプロセッサ、別のコンピュータデバイス、又はコンピューティングデバイスの組み合わせといった任意のコンピューティングデバイスを包含するように意図されており、コンピューティングデバイスの物理インスタンス又は仮想インスタンス、又はコンピューティングデバイスの物理インスタンス又は仮想インスタンスの組み合わせを含んでいる。加えて、コンピュータ702は、キーパッド、キーボード、タッチスクリーン、別の入力デバイス、又はユーザ情報を受け入れできる入力デバイスの組み合わせといった入力デバイスと、グラフィカルタイプのユーザインターフェース（UI）（又はGUI）又は他のUI上のコンピュータ702の操作に関連付けられた情報を伝達する出力デバイスとを含むコンピュータを備えることができ、該情報は、デジタルデータ、ビジュアル、オーディオ、別のタイプ、又はタイプの情報の組み合わせの情報を含む。

10

#### 【0125】

コンピュータ702は、クライアント、ネットワークコンポーネント、サーバ、データベース若しくは別のパージステンシイ（persistency、永続性）、別の役割、又は本願において説明された主題を実行するための役割の組み合わせとして、コンピュータシステム内の役割を果たし得る。図示されたコンピュータ702は、ネットワーク730に通信可能に結合されている。いくつかの実施では、コンピュータ702の1又は複数のコンポーネントは、環境内において動作するように構成されることができ、環境は、クラウドコンピューティングベース、ローカル、グローバル、別の環境、又はそれらの組み合わせを含む。

20

#### 【0126】

高レベルでは、コンピュータ702は、記載された主題に関連付けられたデータ及び情報を受信し、送信し、処理し、格納し、又は管理するように動作可能な電子計算装置である。いくつかの実施によれば、コンピュータ702は、また、サーバを含むことができ、又はサーバに通信可能に結合されることができ、サーバは、アプリケーションサーバ、電子メールサーバ、ウェブサーバ、キャッシングサーバ、ストリーミングデータサーバ、別のサーバ、又はサーバの組み合わせを含む。

30

#### 【0127】

コンピュータ702は、ネットワーク730にわたって（例えば、別のコンピュータ702上で動作するクライアントソフトウェアアプリケーションから）要求を受信することができ、また受信された要求をソフトウェアアプリケーション又はソフトウェアアプリケーションの組み合わせを用いて処理することによって、受信された要求に応答することができる。加えて、要求は、また、内部ユーザ（例えば、コマンドコンソールから、又は別の内部アクセス方法によって）、外部パーティ、第三者、又は他の実体、個々、システム、若しくはコンピュータから、コンピュータ702に送信ができる。

40

#### 【0128】

コンピュータ702の構成要素の各々は、システムバス703を使用して通信することができる。いくつかの実施では、コンピュータ702の構成要素のいずれか又は全ては、ハードウェア、ソフトウェア、又はハードウェア及びソフトウェアの組み合わせを含むものであって、アプリケーションプログラミングインターフェース（API）712、サービス層713、又はAPI712及びサービス層713の組み合わせを用いてシステムバス703にわたってインターフェースで結合する。API712は、ルーチン、データ構造

50

、及びオブジェクトクラスのための仕様を含むことができる。A P I 7 1 2 は、コンピュータ言語への依存無し又は依存有りのいずれかであることができ、完全なインターフェース、単一の関数、又は一組のA P I さえも指すことある。サービス層7 1 3 は、コンピュータ7 0 2、又はコンピュータ7 0 2に通信可能に結合される他のコンポーネント（図示の有無に関係なく）にソフトウェアサービスを提供する。コンピュータ7 0 2の機能は、このサービス層を用いて全てのサービスコンシューマにてアクセス可能である。サービス層7 1 3 によって提供されるものといったソフトウェアサービスは、定義されたインターフェースを介して再利用可能な定義された機能を提供する。例えば、インターフェースは、J A V A（登録商標）、C + +、別のコンピューティング言語、又はコンピューティング言語の組み合わせで書かれたソフトウェアであることができ、該コンピューティング言語は、拡張マークアップ言語（X M L）フォーマット、別のフォーマット、又はフォーマットの組み合わせでのデータを提供する。コンピュータ7 0 2の統合コンポーネントとして示されているが、代替の実施は、コンピュータ7 0 2の他のコンポーネント、又はコンピュータ7 0 2に通信可能に結合される他のコンポーネント（図示の有無に関係なく）に関連して、スタンドアロンコンポーネントとして、A P I 7 1 2 又はサービス層7 1 3 を例示できる。さらには、A P I 7 1 2 又はサービス層7 1 3 のいずれか又は全ての部分は、本願の範囲から逸脱することなく、別のソフトウェアモジュール、エンタープライズアプリケーション、又はハードウェアモジュールのチャイルド又はサブモジュールとして実施されることがある。

#### 【0 1 2 9】

コンピュータ7 0 2 は、インターフェース7 0 4 を含む。図7においては単一のインターフェース7 0 4 として図示されているけれども、2又はより多くのインターフェース7 0 4 が、コンピュータ7 0 2 の特定の必要性、要望、又は特定の実施に従って使用されることができ。インターフェース7 0 4 は、分散環境においてネットワーク7 3 0 に接続されている別のコンピューティングシステム（図示の有無に関係無く）と通信するために、コンピュータ7 0 2 によって使用されることがある。一般には、インターフェース7 0 4 は、ネットワーク7 3 0 と通信するように動作可能であり、またソフトウェア、ハードウェア、又はソフトウェア及びハードウェアの組み合わせにおいてエンコードされたロジックを含む。より具体的には、インターフェース7 0 4 は、ネットワーク7 3 0 又はインターフェースのハードウェアが、図示されたコンピュータ7 0 2 の内部及び外部において物理信号を通信するように動作可能であるように、通信に関連付けられた1又は複数の通信プロトコルをサポートするソフトウェアを備えることができる。

#### 【0 1 3 0】

コンピュータ7 0 2 は、プロセッサ7 0 5 を含む。図7において単一のプロセッサ7 0 5 として例示されているけれども、2又はより多くのプロセッサが、コンピュータ7 0 2 の特定の必要性、要望、又は特定の実施に従って使用されることができる。一般には、プロセッサ7 0 5 は、コンピュータ7 0 2 の動作、及び本願に記載されたような任意のアルゴリズム、メソッド、関数、プロセス、フロー、及びプロシージャを実行するために、命令を実行すると共にデータを操作する。

#### 【0 1 3 1】

コンピュータ7 0 2 は、また、コンピュータ7 0 2、ネットワーク7 3 0 に接続された別のコンポーネント（図示の有無に関係無く）、又はコンピュータ7 0 2 及び別のコンポーネントの組み合わせのためにデータを保持できるデータベース7 0 6 を含む。例えば、データベース7 0 6 は、インメモリ、従来型のデータベース、又は本願に整合するデータを格納する別のタイプのデータベースであり得る。いくつかの実施では、データベース7 0 6 は、コンピュータ7 0 2 及び説明された機能の特定の必要性、要望、又は特定の実施に従って、2又はより多くの異なるデータベースタイプ（例えば、ハイブリッドインメモリ及び従来のデータベース）の組み合わせであり得る。図7においては単一のデータベース7 0 6 として示されているけれども、類似又は異なるタイプの2又はより多くのデータベースが、コンピュータ7 0 2 及び説明された機能の特定の必要性、要望、又は特定の実施

10

20

30

40

50

に従って使用されることがある。データベース 706 は、コンピュータ 702 の統合コンポーネントとして例示される一方で、代替の実施では、データベース 706 は、コンピュータ 702 の外部にあってもよい。図示のように、データベース 706 は、前述の画像データ 716、改善された画像データ 718、及びセグメント化画像データ 720 を保持する。

#### 【0132】

コンピュータ 702 は、また、コンピュータ 702、ネットワーク 730 に接続された別のコンポーネント若しくは複数のコンポーネント（図示の有無に関係無く）、又はコンピュータ 702 及び別のコンポーネントの組み合わせのためにデータを保持できるメモリ 707 を含む。メモリ 707 は、本願に整合する任意のデータを格納できる。いくつかの実施では、メモリ 707 は、コンピュータ 702 及び説明された機能の特定の必要性、要望、又は特定の実施に従って、2 又はより多くの異なるタイプのメモリの組み合わせ（例えば、半導体及び磁気の記憶装置の組み合わせ）であり得る。図 7においては単一のメモリ 707 として例示されているけれども、2 又はより多くのメモリ 707 又は類似若しくは異なるタイプが、コンピュータ 702 及び説明された機能の特定の必要性、要望、又は特定の実施に従って使用されることがある。メモリ 707 は、コンピュータ 702 の統合コンポーネントとして例示されている一方で、代替の実施では、メモリ 707 は、コンピュータ 702 の外部にあってもよい。

10

#### 【0133】

アプリケーション 708 は、コンピュータ 702 の特定の必要性、要望、又は特定の実施に従って機能を、特に本開示において説明された機能に関して、提供するアルゴリズムソフトウェアエンジンである。例えば、アプリケーション 708 は、1 又は複数のコンポーネント、モジュール、又はアプリケーションとして機能することができる。さらに、単一のアプリケーション 708 として例示されているけれども、アプリケーション 708 は、コンピュータ 702 上における複数のアプリケーション 708 として実施されることがある。加えて、コンピュータ 702 と一体として例示されているけれども、代替の実施では、アプリケーション 708 は、コンピュータ 702 の外部にあってもよい。

20

#### 【0134】

コンピュータ 702 は、また、電源 714 を含むことができる。電源 714 は、ユーザによる交換可能又はユーザによる交換不可能のいずれかであるように構成されることがある充電式又は非充電式の電池を含むことができる。いくつかの実施では、電源 714 は、電力変換又は管理の回路（再充電、スタンバイ、又は別の電力管理機能を含む）を含むことができる。いくつかの実施では、電源装置 714 は、電源プラグを含むことができ、該電源プラグは、例えばコンピュータ 702 に電力を供給し又は充電式電池を再充電するために、コンピュータ 702 を壁のソケットに、又は別の電源に差し込むことを可能にしている。

30

#### 【0135】

任意の数のコンピュータ 702 があることができ、該コンピュータは、コンピュータ 702 を含むコンピュータシステムに関連付けられ、又は該コンピュータシステムの外部にあり、各コンピュータ 702 は、ネットワーク 730 を介して通信する。さらに、用語「クライアント」、「ユーザ」、又は他の適切な用語は、本願の範囲から逸脱することなく、必要に応じて互換的に使用される。さらには、本願は、多くのユーザが 1 つのコンピュータ 702 を使用できること、又は 1 のユーザが複数のコンピュータ 702 を使用できることを企図している。

40

#### 【0136】

主題の記載される実施は、単独で又は組み合わせて、1 又は複数の特徴を含むことができる。

#### 【0137】

例えば、第 1 実施において、コンピュータにより実施される方法は、アーティファクトを除去すると共に所望の目標（ターゲット）出力に関連付けられた情報を取り戻す（回復す

50

る、復旧する)ために、画像処理を用いて、改善された画像データを生成するように、受けた画像データを改善するステップと;特定の画像ベースの基準に関して、改善された画像データをコピーレント領域に区分化することによって、使用可能な改善された画像データに対して画像セグメンテーション(画像分割)を実行して、セグメント化された画像データを生成するステップと;前処理されたデータとしてニューラルネットワークへの入力のために、使用可能なセグメント化された画像データ及び補助データを前処理するステップと;前処理されたデータを学習、検証、及びテストのデータサブセットに分割するステップと;前処理されたデータを処理するためにニューラルネットワークアーキテクチャを特定するステップと;前処理されたデータを用いて、特定されたニューラルネットワークアーキテクチャを実行するステップと;特定されたニューラルネットワークの出力を後処理データとして後処理するステップと;後処理されたデータが所望の出力結果を満たすかどうかを特定するために、後処理されたデータを後処理されたデータに関連付けられた既知の値範囲と比較するステップと;を含む。

#### 【0138】

前の及び他の説明された実施は、各々、任意選択的に、以下の特徴のうちの1又は複数を含むことができる。

#### 【0139】

第1特徴は、以下の特徴のいずれかと組み合わせ可能なものであって、ここで、画像改善は、貯留層、坑井サイト、又は坑井コアの状態に関連付けられたパラメータ、及び1又は複数の石油物理的特性に基づいており、また画像データに対して実行された画像改善技術の数及び順序は、画像フォーマット又は画像サイズに基づき変わり;改善された画像データに対して実行された画像セグメンテーション技術の数及び順序は、画像の形式(フォーマット)、画像サイズ、又は必要な結果に基づき変化する。

#### 【0140】

第2特徴は、前の又は引き続く特徴のいずれかと組み合わせ可能なものであって、改善された画像データ及びセグメント化画像データの有用性を特定するステップをさらに含む。

#### 【0141】

第3特徴は、前の又は引き続く特徴のいずれかと組み合わせ可能なものであって、ここで、受けた使用可能なセグメント化画像データは、使用可能なセグメント化画像データから導出されたデータセットの数及びタイプに基づくパーセンテージに従って、学習、検証、及びテストのサブセットに、クラス分けのために分割される。

#### 【0142】

第4特徴は、前の又は引き続く特徴のいずれかと組み合わせ可能なものであって、ここで、学習、検証、及びテストのデータサブセットにおける使用可能なセグメント化画像データが、連続又は離散のデータ源からであるか否かを特定することをさらに含む。

#### 【0143】

第5特徴は、前の又は引き続く特徴のいずれかと組み合わせ可能なものであって、ここで、ニューラルネットワークアーキテクチャは、教師有り又は教師無しのいずれかであり、教師有りニューラルネットワークアーキテクチャは、リカレントニューラルネットワークタイプ又はフィードフォワードニューラルネットワークタイプを含み、教師無しニューラルネットワークアーキテクチャは、推定器又は抽出器のニューラルネットワークタイプを含む。

#### 【0144】

第6特徴は、前の又は引き続く特徴のいずれかと組み合わせ可能なものであって、他の石油物理的特性を導出するために、又は新しいデータ関係を生成するために、後処理されたデータに対して追加の処理を実行するステップをさらに含む。

#### 【0145】

第2実施では、コンピュータにより読み出し可能な非一時的な媒体は、以下の動作を実行するためにコンピュータシステムによって実行可能な1又は複数の命令を格納する:該動作は:アーティファクトを除くために及び望ましい目標出力に関連付けられた情報を回復

する（取り戻す、復旧する）ために画像処理を用いて、受けた画像データを改善して、改善された画像データを生成する；特定の画像ベースの基準に関して、改善された画像データをコヒーレント領域に区分化することによって、使用可能な改善された画像データに対して画像セグメンテーションを実行して、セグメント化画像データを生成する；前処理されたデータとしてニューラルネットワーク内への入力のための使用可能なセグメント化画像データ及び補助データを前処理する；前処理されたデータを学習、検証、及びテストのデータサブセットに分割する；前処理されたデータを処理するために、ニューラルネットワークアーキテクチャを特定する；前処理されたデータを用いて、特定されたニューラルネットワークアーキテクチャを実行する；後処理されたデータとして、特定されたニューラルネットワークの出力を後処理する；及び、後処理されたデータが所望の出力結果を満たすかどうかを特定するために、後処理されたデータを、後処理されたデータに関連付けられた既知の値範囲と比較する。

#### 【 0 1 4 6 】

前の及び他の説明された実施は、各々、任意選択的に、以下の特徴のうちの 1 又は複数を含むことができる。

#### 【 0 1 4 7 】

第 1 特徴は、以下の特徴のいずれかと組み合わせ可能なものであって、ここで、画像の改善は、貯留層、坑井サイト、又は坑井コアの状態に関連付けられたパラメータ及び 1 又は複数の石油物理的特性に基づいており、また画像データに対して実行された画像改善技術の数及び順序は、画像フォーマット又は画像サイズに基づき変化する；及び、改善された画像データに対して実行された画像セグメンテーション技術の数及び順序は、画像フォーマット、画像サイズ、又は必要な結果に基づき変化する。

#### 【 0 1 4 8 】

第 2 特徴は、前の又は引き続く特徴のいずれかと組み合わせ可能なものであって、改善された画像データ及びセグメント化画像データの有用性を特定するために 1 又は複数の命令を更に含む。

#### 【 0 1 4 9 】

第 3 機能は、前の又は引き続く特徴のいずれかと組み合わせ可能なものであって、ここで、受けた使用可能なセグメント化画像データは、使用可能なセグメント化された画像データから導出されたデータセットの数及びタイプに基づくパーセンテージに従って、クラス分けのために、学習、検証、及びテストのサブセットに分割される。

#### 【 0 1 5 0 】

第 4 特徴は、前の又は引き続く特徴のいずれかと組み合わせ可能なものであって、学習、検証、及びテストのデータサブセットにおける使用可能なセグメント化画像データが連續又は離散データ源からのものである否かを特定するために 1 又は複数の命令を更に含む。

#### 【 0 1 5 1 】

第 5 特徴は、前の又は引き続く特徴のいずれかと組み合わせ可能なものであって、ここで、ニューラルネットワークアーキテクチャが教師有り又は教師無しであり、ここで、教師有りニューラルネットワークアーキテクチャは、リカレントニューラルネットワークタイプ又はフィードフォワードニューラルネットワークタイプを含み、ここで、教師無しニューラルネットワークアーキテクチャは、推定器又は抽出器のニューラルネットワークタイプを含む。

#### 【 0 1 5 2 】

第 6 特徴は、前の又は引き続く特徴のいずれかと組み合わせ可能なものであって、他の石油物理的特性を導出するために又は新しいデータ関係を生成するために、後処理されたデータに対して追加の処理を実行するための 1 又は複数の命令を更に含む。

#### 【 0 1 5 3 】

第 3 実施では、コンピュータにより実施されるシステムは：1 又は複数のコンピュータ；及び、1 又は複数のコンピュータメモリデバイスを含み、該コンピュータメモリデバイスは、1 又は複数のコンピュータと相互利用可能に結合され、また機械により読み出し可能

であり有形の非一時的な媒体を有し、該媒体は、一又は複数の命令を格納しており、該命令は、1又は複数のコンピュータによって実行されるとき、以下の動作を実行する：アーティファクトを除くために及び望ましい目標出力に関連付けられた情報を回復する（取り戻す、復旧する）ために画像処理を用いて、受けた画像データを改善して、改善された画像データを生成する；特定の画像ベースの基準に関して、改善された画像データをコピー・レンタル領域に分化することによって、セグメント化画像データを生成するために、使用可能な改善された画像データに対して画像セグメンテーションを実行する；前処理されたデータとしてニューラルネットワーク内への入力のための使用可能なセグメント化画像データ及び補助データを前処理する；前処理されたデータを学習、検証、及びテストのデータサブセットに分割する；前処理されたデータを処理するために、ニューラルネットワークアーキテクチャを特定する；前処理されたデータを用いて、特定されたニューラルネットワークアーキテクチャを実行する；後処理されたデータとして、特定されたニューラルネットワークの出力を後処理する；及び、後処理されたデータが所望の出力結果を満たすかどうかを特定するために、後処理されたデータを、後処理されたデータに関連付けられた既知の値範囲と比較する。

#### 【 0 1 5 4 】

前の及び他の説明された実施は、各々、任意選択的に、以下の特徴のうちの1又は複数を含むことができる。

#### 【 0 1 5 5 】

第1特徴は、以下の特徴のいずれかと組み合わせ可能なものであって、ここで、画像の改善は、貯留層、坑井サイト、又は坑井コアの状態に関連付けられたパラメータ及び1又は複数の石油物理的特性に基づいており、また画像データに対して実行された画像改善技術の数及び順序は、画像フォーマット又は画像サイズに基づき変化し、改善された画像データに対して実行された画像セグメンテーション技術の数及び順序は、画像フォーマット、画像サイズ、又は必要な結果に基づき変化する。

#### 【 0 1 5 6 】

第2特徴は、前の又は引き続く特徴のいずれかと組み合わせ可能なものであって、改善された画像データ及びセグメント化画像データの有用性を特定するために1又は複数の命令を更に含む。

#### 【 0 1 5 7 】

第3機能は、前の又は引き続く特徴のいずれかと組み合わせ可能なものであって、ここで、受信した使用可能なセグメント化画像データは、使用可能なセグメント化画像データから導出されたデータセットの数及びタイプに基づくパーセンテージに従って、クラス分けのために、学習、検証、及びテストのサブセットに分割される。

#### 【 0 1 5 8 】

第4特徴は、前の又は引き続く特徴のいずれかと組み合わせ可能なものであって、ここで、学習、検証、及び、テストのデータサブセットにおける使用可能なセグメント化画像データは、連続又は離散のデータ源からであるか否かを特定するために1又は複数の命令を更に含む。

#### 【 0 1 5 9 】

第5特徴は、前の又は引き続く特徴のいずれかと組み合わせ可能なものであって、ここで、ニューラルネットワークアーキテクチャは教師有り又は教師無しのいずれかであり、ここで、教師有りニューラルネットワークアーキテクチャは、リカレントニューラルネットワークタイプ又はフィードフォワードニューラルネットワークタイプを含み、ここで、教師無しニューラルネットワークアーキテクチャは、推定器又は抽出器のニューラルネットワークタイプを含む。

#### 【 0 1 6 0 】

第6特徴は、前の又は引き続く特徴のいずれかと組み合わせ可能なものであって、他の石油物理的特性を導出するために又は新しいデータ関係を生成するために、後処理されたデータに対して追加の処理を実行する1又は複数の命令を更に含む。

10

20

30

40

50

## 【0161】

本明細書で説明された主題及び機能的動作の実施は、デジタル電子回路類で、有形に具現化されたコンピュータソフトウェア若しくはファームウェアで、本明細書において開示された構造及びそれらの構造的な等価物を含むコンピュータハードウェアで、又はそれらの1若しくは複数の組み合わせで実施される。説明された主題のソフトウェアの実施は、1又は複数のコンピュータプログラムとして、つまり、データ処理装置による実行のための又はデータ処理装置の動作を制御するための、コンピュータにより読み出し可能な、有形の非一時的なコンピュータ記憶媒体上において、エンコードされたコンピュータプログラム命令の1又は複数のモジュールとして、実施されることができる。或いは、又は追加的に、プログラム命令は、人工的に生成された伝播された信号、例えば、機械により生成された電気的な、光学的な、又は電磁的な信号において／該信号上においてエンコードされることができ、該信号は、データ処理装置による実行のための受信器装置への送信のための情報をエンコードして生成される。コンピュータ記憶媒体は、機械により読み出し可能な記憶デバイス、機械により読み出し可能な基板、ランダムアクセスメモリデバイス若しくはシリアルアクセスメモリデバイス、又はコンピュータ記憶媒体の組み合わせであり得る。1又は複数のコンピュータを構成することは、1又は複数のコンピュータが、ハードウェア、ファームウェア、又はソフトウェア（又はハードウェア、ファームウェア、及びソフトウェアの組み合わせ）をインストールすることを意味する。

10

## 【0162】

「リアル - タイム（real-time）」、「リアル（real）タイム（time）」、「リアルタイム（real time）」、「リアル（real）（高速）タイム（（fast）time）（RFT）」、「ほぼリアルタイム（NRT：nearly real time）」、「準リアルタイム（quasi real time）」又は（当業者によって理解されるような）類似の用語は、行動及び応答が実質的に同時に発生すると個々が知覚するように行動及び応答が時間的に近接していることを意味する。例えば、データをアクセスする個々のアクションに続くデータの表示への応答に関する（又は表示の開始のため）の時間差は、1ミリ秒（ms）未満、1秒（s）未満、又は5秒未満である可能性がある。要求されたデータが、即座に表示される（又は表示のために開始される）ことの必要無い一方で、説明されたコンピューティングシステムの処理制限と、データを収集し、正確に測定し、分析し、処理し、格納し、又は伝送するために必要な時間とを考慮して、意図的な遅延なしに表示される（又は表示するために開始される）。

20

## 【0163】

「データ処理装置」、「コンピュータ」、又は「電子コンピュータデバイス」（又は当業者によって理解されるものの等価物）の用語は、データ処理ハードウェアを指し、またデータ処理のための全ての種類の装置、デバイス、及び機械を包含しており、例として、プログラム可能なプロセッサ、コンピュータ、又が複数のプロセッサ若しくはコンピュータを含む。該装置は、また、特殊用途の論理回路類、例えば中央処理装置（CPU）、FPGA（フィールドプログラマブルゲートアレイ）、又はASIC（特定用途向け集積回路）を更に含むことができ、また特殊用途の論理回路類、例えば中央処理装置（CPU）、FPGA（フィールドプログラマブルゲートアレイ）、又はASIC（特定用途向け集積回路）あることができる。いくつかの実施では、データ処理装置又は専用ロジック回路類（又はデータ処理装置若しくは専用ロジック回路類の組み合わせ）は、ハードウェアベース又はソフトウェアベース（又はハードウェアベース及びソフトウェアベースの両方の組み合わせ）であることができる。該装置は、コンピュータプログラムの実行環境を作成するコード、例えば、プロセッサファームウェア、プロトコルスタック、データベース管理システム、オペレーティングシステム、又は実行環境の組み合わせを構成するコードを、任意的な選択で、含むことができる。本願は、あるタイプのオペレーティングシステム、例えば、LINUX、UNIX（登録商標）、WINDOWS（登録商標）、MAC OS、ANDROID（登録商標）、IOS、別のオペレーティングシステム、又はオペレーティングシステムの組み合わせを持つデータ処理装置の使用を企図する。

30

40

50

**【 0 1 6 4 】**

コンピュータプログラムは、プログラム、ソフトウェア、ソフトウェアアプリケーション、モジュール、ソフトウェアモジュール、スクリプト、若しくはコードとして参照され又は説明されることが出来るものであって、任意の形式のプログラミング言語で記述されることができ、該プログラミング言語は、コンパイルされる言語若しくはインタプリタされる言語、又は宣言型若しくは手続き型の言語を含み、また任意の形式で展開されることができ、該任意の形式は、スタンドアロンプログラムとして、又はコンピューティング環境における使用のためのモジュール、コンポーネント、サブルーチン、若しくは別のユニットとして含む。コンピュータプログラムは、ファイルシステム内のファイルに対応することができ、しかし、対応する必要ない。プログラムは、他のプログラム又はデータを保持するファイルの一部に格納することができ、該プログラム又はデータは、例えば、マーカップ言語ドキュメントに、問題のプログラム専用の單一ファイルに、又は複数の調整ファイル、例えば1若しくは複数のモジュール、サブプログラム、若しくはコードの一部に保存された複数のファイルに格納された1又は複数のスクリプトであることができる。コンピュータプログラムは、1つのコンピュータ上において、又は1つのサイトに置かれた、若しくは通信ネットワークによって相互接続され複数のサイトに分散された複数のコンピュータ上において実行されるように展開することができる。

10

**【 0 1 6 5 】**

様々な画面に例示されたプログラムの一部は、様々なオブジェクト、メソッド、又は他のプロセスを介して様々な特徴及び機能を実施する個々のモジュールとして示される一方で、プログラムは、代わりに、いくつかのサブモジュール、サードパーティのサービス、コンポーネント、ライブラリ、及びそのようなものを必要に応じて含むことができる。逆に、必要に応じて、様々なコンポーネントの機能及び特徴は組合されることができて、必要に応じて、单一のコンポーネントになる。計算的な特定を為すために使用された閾値は、静的に、動的に、又は静的及び動的の両方で特定されることができる。

20

**【 0 1 6 6 】**

本明細書において説明された方法、プロセス、又は論理フローは、入力データに対して動作すると共に出力を生成することによって機能を実行するために、1又は複数のコンピュータプログラムを実行する1又は複数のプログラム可能なコンピュータによって実行することができる。該方法、プロセス、又は論理フローは、また、特定用途の論理回路類、例えば、C P U、F P G A、又はA S I Cによって実行されることができ、装置は、特定用途の論理回路類、例えば、C P U、F P G A、又はA S I Cとして実行されることもできる。

30

**【 0 1 6 7 】**

コンピュータプログラムの実行のためのコンピュータは、汎用若しくは専用のマイクロプロセッサ、両方、又は別のタイプのC P Uに基づくことができる。一般には、C P Uは、メモリから命令及びデータを受けて、メモリに書き込む。コンピュータの基幹的な要素は、C P Uであり、該C P Uは命令を実行し(p e r f o r m i n g)又は実行する(e x e c u t i n g)ためのものであって、また命令及びデータを格納するための1又は複数のメモリデバイスである。一般には、コンピュータは、また、データを格納するための1又は複数の大容量記憶装置、例えば磁気、光磁気ディスク、又は光ディスクを含み、又は該大容量記憶装置からデータを受信すると共に該大容量記憶装置にデータを渡すように該大容量記憶装置に動作可能に結合される。しかしながら、コンピュータは、そのようなデバイスを有する必要はない。さらには、コンピュータは、別のデバイス、例えば携帯電話、携帯情報端末(P D A)、モバイルオーディオ若しくはビデオプレーヤー、ゲームコンソール、全地球測位システム(G P S)受信機、又はポータブルメモリに組み込まれることができる。

40

**【 0 1 6 8 】**

コンピュータプログラム命令及びデータを格納するためのコンピュータにより読み出し可能な非一時的な媒体は、全ての形式の永久的/非永久的又は揮発性/不揮発性メモリ、媒

50

体、及びメモリデバイスを含むことができ、例示として、半導体メモリデバイス、例えばランダムアクセスメモリ( R A M )、読み取り専用メモリ( R O M )、相変化メモリ( P R A M )、スタティックランダムアクセスメモリ( S R A M )、ダイナミックランダムアクセスメモリ( D R A M )、消去可能なプログラマブル読み取り専用メモリ( E P R O M )、電気的に消去可能なプログラマブル読み取り専用メモリ( E E P R O M )、及びフラッシュメモリデバイス；磁気デバイス、例えばテープ、カートリッジ、カセット、内蔵／リムーバブルディスク；光磁気ディスク；光学メモリデバイス、例えば、デジタルビデオディスク( D V D )、C D R O M 、D V D + / - R 、D V D - R A M 、D V D - R O M 、H D - D V D 、B L U R A Y 、及びその他の光学メモリテクノロジ；を含む。メモリは、様々なオブジェクト又はデータを格納でき、これらは、キャッシュ、クラス、フレームワーク、アプリケーション、モジュール、バックアップデータ、ジョブ、W e b ページ、W e b ページテンプレート、データ構造、データベースステーブル、動的情報を格納するリポジトリ、又は任意のパラメータ、変数、アルゴリズム、命令、ルール、制約、又は参照を含む他の適切な情報を含む。加えて、メモリは、ログ、ポリシー、セキュリティ若しくはアクセステーデータ、又はレポートファイルといった他の適切なデータを含むことができる。プロセッサ及びメモリは、特定目的のロジック回路類によって補完され、又は組み込まれることができる。

#### 【 0 1 6 9 】

ユーザとの相互のやり取りを提供するために、本明細書において説明された主題の実施は、ユーザに情報を表示する表示デバイス、例えばC R T ( 隕極線管 ) 、L C D ( 液晶ディスプレイ ) 、L E D ( 発光ダイオード ) 又はプラズマモニターと、ユーザがコンピュータに入力を提供するキーボード及びポインティングデバイス、例えばマウス、トラックボール、又はトラックパッドと、を有するコンピュータ上において実施されることができる。入力は、また、タッチスクリーンを用いてコンピュータ、例えば圧力感度を持つタブレットコンピュータサーフェース、静電容量式若しくは電気式の検知を用いるマルチタッチスクリーン、又は別のタイプのタッチスクリーン、に提供されることもできる。他のタイプのデバイスが、ユーザと相互のやり取りを行うために使用されることがある、例えば、ユーザに提供されたフィードバックは、任意の形式の感覚フィードバック( 視覚、聴覚、触覚、又はフィードバックタイプの組み合わせといったもの ) であることができる。ユーザからの入力は、任意の形式で受け取られることができ、任意の形式は、音響、音声、又は触覚入力を含む。加えて、コンピュータは、ユーザと、該ユーザが使用するデバイスにドキュメントを送ると共に該デバイスからドキュメントを受けることによって( 例えば、W e b ブラウザーから受信した要求に応答して、ユーザのクライアントデバイス上のW e b ブラウザーにW e b ページを送信することによって ) 対話できる。

#### 【 0 1 7 0 】

用語「グラフィカルユーザインターフェース」又は「 G U I 」は、1又は複数のグラフィカルユーザインターフェース及び特定のグラフィカルユーザインターフェースの表示の各々を説明するために、単数形又は複数形において使用される。したがって、G U I は、任意のグラフィカルユーザインターフェースを表すことができ、該グラフィカルユーザインターフェースは、限定されるものはないが、情報を処理すると共にユーザに情報の結果を効率的に提示するW e b ブラウザー、タッチスクリーン、又はコマンドラインインターフェース( C L I )を含む。一般には、G U I は、複数のユーザインターフェース( U I )要素を含み、これらのいくつか又は全ては、インタラクティブフィールド、プルダウンリスト、及びボタンといったW e b ブラウザーに関連付けられる。これらのU I 要素及び他のU I 要素は、W e b ブラウザーの機能に関連付けられることができ、又はW e b ブラウザーの機能を表示することができる。

#### 【 0 1 7 1 】

本明細書において説明された主題の実施は、コンピューティングシステムにおいて実施されることができ。該コンピューティングシステムは、バックエンドコンポーネントを、例えばデータサーバとして含むか、又はミドルウェアコンポーネント、例えばアプリケーシ

10

20

30

40

50

ヨンサーバを含むか、又は、フロントエンドコンポーネント、例えば、本願において説明された主題の実施とユーザが相互にやり取りできるグラフィカルユーザインターフェイス又はWebブラウザーを有するクライアントコンピュータを含むか、又は、このようなバックエンド、ミドルウェア、又はフロントエンドのコンポーネントうちの1又は複数の組み合わせを含む。システムのコンポーネントは、有線又は無線のデジタルデータ通信（又はデータ通信の組み合わせ）の任意の形態又は媒体、例えば通信ネットワーク、によって相互に接続されることができる。通信ネットワークの例は、以下のものを包含する：ローカルエリアネットワーク（LAN）、無線アクセスマッシュ（RAN）、メトロポリタンエリアネットワーク（MAN）、ワイドエリアネットワーク（WAN）；ワールドワイド・インターネットオペラビリティ・フォー・マイクロウェーブ・アクセス（WiMAX）；例えば802.11a/b/g/n若しくは802.20（若しくは802.11x及び802.20の組み合わせ、若しくは本願に整合する他のプロトコル）を用いるネットワーク（ WLAN）；インターネットの一部若しくは全て；別の通信ネットワーク；又は通信ネットワークの組み合わせ。通信ネットワークは、例えば、インターネットプロトコル（IP）パケット、フレームリレーフレーム、非同期転送モード（ATM）セル、音声、ビデオ、データ、又はネットワークアドレス間の他の情報と通信できる。

#### 【0172】

コンピューティングシステムは、クライアント及びサーバを含むことができる。クライアント及びサーバは、一般的には、互いに離れており、また、典型的には、通信ネットワークを介して対話する。クライアント及びサーバの関係は、それぞれのコンピュータ上で動作しており互いにクライアント サーバ関係を有するコンピュータプログラムによって生じる。

#### 【0173】

本明細書は、多くの特定の実施の詳細を含む一方で、これらは、任意の発明の範囲又は請求されたものの範囲に対する制限として解釈されるべきではなく、むしろ、特定の発明の特定の実施に固有であり得る特徴の説明として解釈されるべきである。別個の実施の文脈において本願において説明された特定の機能は、また、組み合わせて、単一の実施において、実施されることができる。逆に、単一の実施の文脈において説明された様々な機能は、また、複数の実施において個別に、又は任意のサブコンビネーションにおいて、実施されることもできる。さらには、前述の特徴は、特定の組み合わせにおいて機能するものとして説明されるけれども、最初にそのようなものとして請求されたものでさえも、クレームされた組み合わせの1又は複数の特徴は、場合によっては、組み合わせから削除されることができ、またクレームされた組み合わせは、サブコンビネーション又はサブコンビネーションの変形に向けられることができる。

#### 【0174】

主題の特定の実施が説明された。記載された実施の他の実施、変更、及び置換は、当業者には明らかであるように、以下の特許請求の範囲内にある。操作は、図面又は請求の範囲に特定の順序で描かれる一方で、これは、そのような操作が、望ましい結果を達成するために、示された特定の順序に若しくは順番に実行されること、又は全ての図示された操作が実行されること（いくつかの操作は任意的選択なものであるみなされる）、を要求するものとして理解されるべきではない。特定の状況では、マルチタスク又は並列処理（又はマルチタスク及び並列処理の組み合わせ）が有利であることができ、また適切と見なされたものとして実行されることができる。

#### 【0175】

さらには、前述の実施における様々なシステムモジュール及びコンポーネントの分離又は統合は、全ての実施においてそのような分離又は統合が必要であると理解されるべきではなく、また説明されたプログラムコンポーネント及びシステムは、一般的には、1つのソフトウェア製品と一緒に統合され得ること、又は複数のソフトウェア製品にパッケージ化されることが理解されるべきである。

#### 【0176】

10

20

30

40

50

これに従って、前述の例示的な実施は、本開示を規定せずまた制約しない。他の変更、置換、及び代替が、また、本願の精神及び範囲から逸脱することなく可能である。

#### 【 0 1 7 7 】

さらにまた、請求された実施が、少なくとも以下のものに適用可能であると見なされる：コンピュータにより実施される方法；コンピュータにより読み出し可能な命令を、コンピュータにより実施される該方法を実行するために格納するコンピュータにより読み出し可能な非一時的媒体；及び、コンピュータにより読み出し可能な非一時的な媒体に格納された該命令及びコンピュータにより実施される該方法を実行するように構成されたハードウェアプロセッサに相互に動作可能に結合されたコンピュータメモリを備えるコンピュータシステム。

10

#### 形態 1

アーティファクトを除去すると共に所望の目標出力に関連付けられた情報を回復するために、受信した画像データを改善して、画像処理を用いて、改善された画像データを生成するステップと；

セグメント化された画像データを生成するために、特定の画像ベースの基準に関して前記改善された画像データをコヒーレント領域に区分化することによって、使用可能な改善された画像データに対して画像セグメンテーションを実行するステップと；

前処理されたデータとしてニューラルネットワークへの入力のために、補助データ及び使用可能なセグメント化された画像データを前処理するステップと；

前記前処理されたデータを学習、検証、及びテストのデータサブセットに分割するステップと；

20

前記前処理されたデータを処理するためにニューラルネットワークアーキテクチャを特定するステップと；

前記前処理されたデータを用いて、該特定されたニューラルネットワークアーキテクチャを実行するステップと；

後処理されたデータとして前記特定されたニューラルネットワークの出力を後処理するステップと；

前記後処理されたデータが所望の出力結果を満たすかどうかを特定するために、前記後処理されたデータを、前記後処理されたデータに関連付けられた既知の値範囲と比較するステップと；を備える

30

コンピュータにより実施される方法。

#### 形態 2

画像の改善は、貯留層、坑井サイト、又は坑井コアの状態に関連付けられたパラメータ及び1又は複数の石油物理的特性に基づいており、前記画像データに対して実行された画像改善技術の数及び順序は、画像フォーマット又は画像サイズに基づき変わり、

前記改善された画像データに対して実行された画像セグメンテーション技術の数及び順序は、画像フォーマット、画像サイズ、又は必要な結果に基づき変化する、

形態 1 に記載の方法。

#### 形態 3

前記改善された画像データ及び前記セグメント化された画像データの有用性を特定するステップを更に備える、

40

形態 1 に記載の方法。

#### 形態 4

前記受信した使用可能なセグメント化された画像データは、前記使用可能なセグメント化された画像データから導出されたデータセットの数及びタイプに基づくパーセンテージに従って、学習、検証、及びテストの前記データサブセットに、クラス分けのために分割される、

形態 1 に記載の方法。

#### 形態 5

学習、検証、及びテストの前記データサブセットにおける前記使用可能なセグメント化さ

50

れた画像データが、連續又は離散データ源からであるか否かを特定するステップを更に備える。

形態 1 に記載の方法。

形態 6

前記ニューラルネットワークアーキテクチャは、教師有り又は教師無しのいずれかであり、前記教師有りニューラルネットワークアーキテクチャは、リカレントニューラルネットワークタイプ又はフィードフォワードニューラルネットワークタイプを含み、前記教師無しニューラルネットワークアーキテクチャは、推定器又は抽出器のニューラルネットワークタイプを含む。

形態 1 に記載の方法。

形態 7

他の石油物理的特性を導出するために、又は新しいデータ関係を生成するために、前記後処理されたデータに対して追加の処理を実行するステップを更に備える。

形態 1 に記載の方法。

形態 8

コンピュータにより読み出し可能な非一時的な媒体であって、該媒体は、以下の動作を実行するコンピュータシステムによって実行可能な 1 又は複数の命令を格納しており、前記動作は：

アーティファクトを除くために及び望ましい目標出力に関連付けられた情報を回復するために、画像処理を用いて、受けた画像データを改善して改善された画像データを生成する；特定の画像ベースの基準に関して、前記改善された画像データをコピーレント領域に区分化することによって、使用可能な改善された画像データに対して画像セグメンテーションを実行して、セグメント化された画像データを生成する；

前処理されたデータとしてニューラルネットワーク内への入力のために補助データ及び使用可能なセグメント化された画像データを前処理する；

前記前処理されたデータを学習、検証、及びテストのデータサブセットに分割する；

前記前処理されたデータを処理するために、ニューラルネットワークアーキテクチャを特定する；

前記前処理されたデータを用いて、前記特定されたニューラルネットワークアーキテクチャを実行する；

後処理されたデータとして、前記特定されたニューラルネットワークの出力を後処理する；及び

前記後処理されたデータが所望の出力結果を満たすかどうかを特定するために、前記後処理されたデータを、前記後処理されたデータに関連付けられた既知の値範囲と比較することを含む

媒体。

形態 9

画像の改善は、貯留層、坑井サイト、又は坑井コアの状態に関連付けられたパラメータ及び 1 又は複数の石油物理的特性に基づいており、前記画像データに対して実行された画像改善技術の数及び順序は、画像フォーマット又は画像サイズに基づき変化しており、

前記改善された画像データに対して実行された画像セグメンテーション技術の数及び順序は、画像フォーマット、画像サイズ、又は必要な結果に基づき変化する、

形態 8 に記載の媒体。

形態 10

前記改善された画像データ及び前記セグメント化された画像データの有用性を特定するために 1 又は複数の命令を更に含む、

形態 8 に記載の媒体。

形態 11

前記受けた使用可能なセグメント化された画像データは、前記使用可能なセグメント化された画像データから導出されたデータセットの数及びタイプに基づきパーセンテージに従

10

20

30

40

50

つて、クラス分けのために、学習、検証、及びテストの前記サブセットに分割される、形態 8 に記載の媒体。

#### 形態 1 2

学習、検証、及びテストの前記データサブセットにおける前記使用可能なセグメント化された画像データが連續又は離散データ源からのものである否かを特定するために 1 又は複数の命令を更に備える、

#### 形態 8 に記載の媒体。

#### 形態 1 3

前記ニューラルネットワークアーキテクチャが教師有り又は教師無しであり、ここで、前記教師有りニューラルネットワークアーキテクチャは、リカレントニューラルネットワークタイプ又はフィードフォワードニューラルネットワークタイプを含み、ここで、前記教師無しニューラルネットワークアーキテクチャは、推定器又は抽出器のニューラルネットワークタイプを含む、

10

#### 形態 8 に記載の媒体。

#### 形態 1 4

他の石油物理的特性を導出するために又は新しいデータ関係を生成するために前記後処理されたデータに対して追加の処理を実行するための 1 又は複数の命令を更に備える、形態 8 に記載の媒体。

#### 形態 1 5

コンピュータにより実施されるシステムであって：

20

1 又は複数のコンピュータと；

1 又は複数のコンピュータメモリデバイスと；を備え、

f 前記コンピュータメモリデバイスは、1 又は複数のコンピュータと相互利用可能に結合され、また機械により読み出し可能であり有形の非一時的な媒体を有し、該媒体は、一又は複数の命令を格納しており、該命令は、前記 1 又は複数のコンピュータによって実行されるとき、以下の動作を実行し、前記動作は：

アーティファクトを除くために及び望ましい目標出力に関連付けられた情報を回復するために、画像処理を用いて、受けた画像データを改善して改善された画像データを生成する；セグメント化された画像データを生成するために、特定の画像ベースの基準に関して、前記改善された画像データをコヒーレント領域に区分化することによって、使用可能な改善された画像データに対して画像セグメンテーションを実行する；

30

前処理されたデータとしてニューラルネットワーク内への入力のための補助データ及び使用可能なセグメント化された画像データを前処理する；

前記前処理されたデータを学習、検証、及びテストのデータサブセットに分割する；

前記前処理されたデータを処理するために、ニューラルネットワークアーキテクチャを特定する；

前記前処理されたデータを用いて、前記特定されたニューラルネットワークアーキテクチャを実行する；

後処理されたデータとして、前記特定されたニューラルネットワークの出力を後処理する；及び

40

前記後処理されたデータが所望の出力結果を満たすかどうかを特定するために、前記後処理されたデータを、前記後処理されたデータに関連付けられた既知の値範囲と比較することを含む、

システム。

#### 形態 1 6

画像の改善は、貯留層、坑井サイト、又は坑井コアの状態に関連付けられたパラメータ及び 1 又は複数の石油物理的特性に基づいており、前記画像データに対して実行された画像改善技術の数及び順序は、画像フォーマット又は画像サイズに基づき変化しており、前記改善された画像データに対して実行された画像セグメンテーション技術の数及び順序は、画像フォーマット、画像サイズ、又は必要な結果に基づき変化する、

50

形態 1 5 に記載のシステム。

形態 1 7

前記改善された画像データ及び前記セグメント化された画像データの有用性を特定するために 1 又は複数の命令を更に備える、

形態 1 5 に記載のシステム。

形態 1 8

前記受けた使用可能なセグメント化された画像データは、前記使用可能なセグメント化された画像データから導出されたデータセットの数及びタイプに基づきパーセンテージに従って、クラス分けのために、学習、検証、及びテストの前記データサブセットに分割される、

10

形態 1 5 に記載のシステム。

形態 1 9

学習、検証、及び、テストの前記データサブセットにおける前記使用可能なセグメント化された画像データが、連続又は離散データ源からであるか否かを特定するための 1 又は複数の命令を更に備える、

形態 1 5 に記載のシステム。

形態 2 0

前記ニューラルネットワークアーキテクチャは、教師有り又は教師無しのいずれかであり、ここで、前記教師有りニューラルネットワークアーキテクチャは、リカレントニューラルネットワークタイプ又はフィードフォワードニューラルネットワークタイプを含み、前記教師無しニューラルネットワークアーキテクチャは、推定器又は抽出器のニューラルネットワークタイプを含む、

20

形態 1 5 に記載のシステム。

形態 2 1

他の石油物理的特性を導出するために又は新しいデータ関係を生成するために、前記後処理されたデータに対して追加の処理を実行するための 1 又は複数の命令を更に備える、

形態 1 5 に記載のシステム。

#### 【符号の説明】

##### 【 0 1 7 8 】

NN ニューラルネットワーク

30

1 0 0 方法

1 0 4 画像セグメンテーション

1 0 6 a ノイズカラースペクトラム解析

1 0 6 b グレースケールへの変換

1 0 6 c 背景補正

1 0 6 d 画像の書式設定

1 1 2 画像セグメンテーション

1 1 4 a 画像クロッピング

1 1 4 b 関心のある領域

1 1 4 c エッジ検出

1 1 4 d 閾値処理（閾値化）

1 1 4 e ヒストグラムピニング

1 1 4 f 形態学的画像セグメンテーション

1 2 2 a 経験的関係

1 2 2 b データ操作

1 2 2 c 物理的関係

1 2 2 d データ相関

2 0 0 NN (ニューラルネットワーク)

40

2 0 2 入力層（第 1 層）

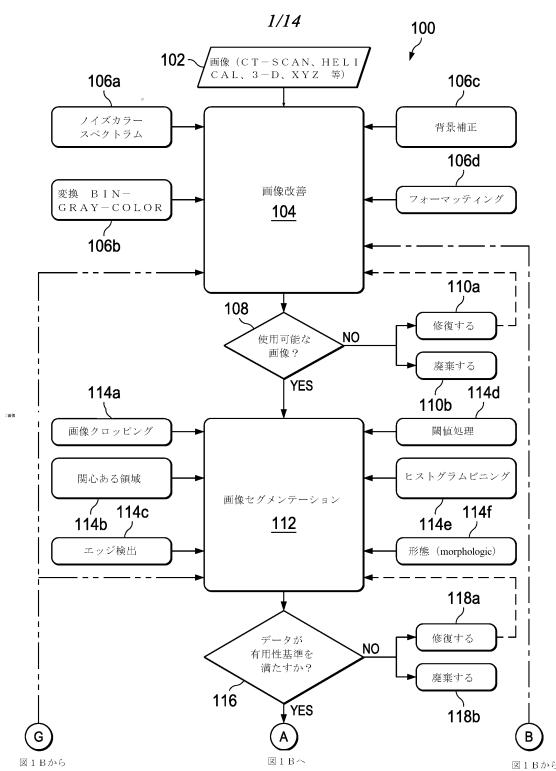
2 0 4 隠れ層

50

|  |    |  |
|--|----|--|
| 2 0 6 出力層                              |    |  |
| 2 0 8 出力                               |    |  |
| 5 0 0 a プロット                           |    |  |
| 5 0 2 サブプロット                           |    |  |
| 5 0 0 b プロット                           |    |  |
| 6 0 0 a プロット                           |    |  |
| 6 0 2 サブプロット                           |    |  |
| 6 0 0 b プロット                           |    |  |
| 7 0 0 コンピュータシステム                       | 10 |  |
| 7 0 2 コンピュータ                           |    |  |
| 7 0 6 データベース                           |    |  |
| 7 0 7 メモリ                              |    |  |
| 7 1 2 アプリケーションプログラミングインターフェース( A P I ) |    |  |
| 7 1 3 サービス層                            |    |  |
| 7 1 2 A P I                            |    |  |
| 7 1 3 サービス層                            |    |  |
| 7 1 6 画像データ                            |    |  |
| 7 1 8 改善された画像データ                       |    |  |
| 7 2 0 セグメント化画像データ                      |    |  |
| 7 3 0 ネットワーク                           | 20 |  |

## 【図面】

【図 1 A】



【図 1 B】

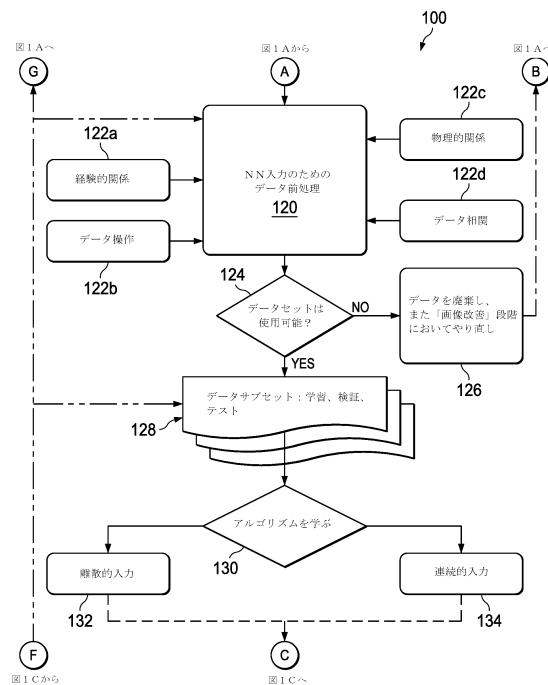


FIG. 1B

FIG. 1A

【図 1 C】

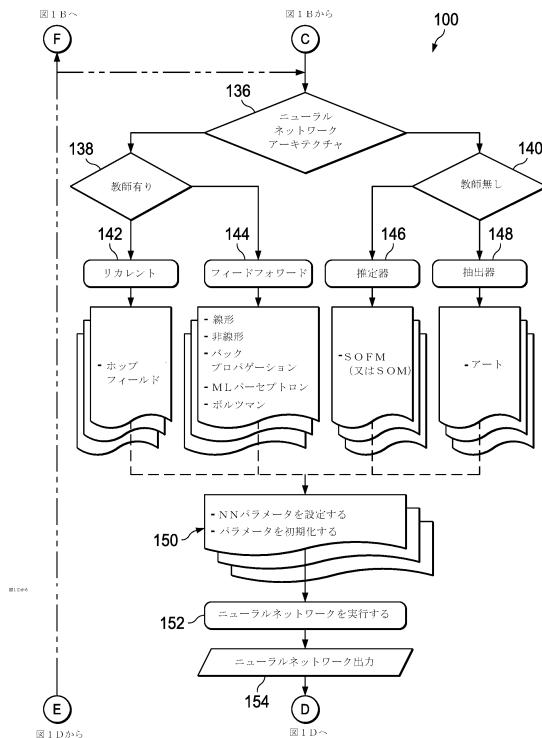


FIG. 1C

【図 1 D】

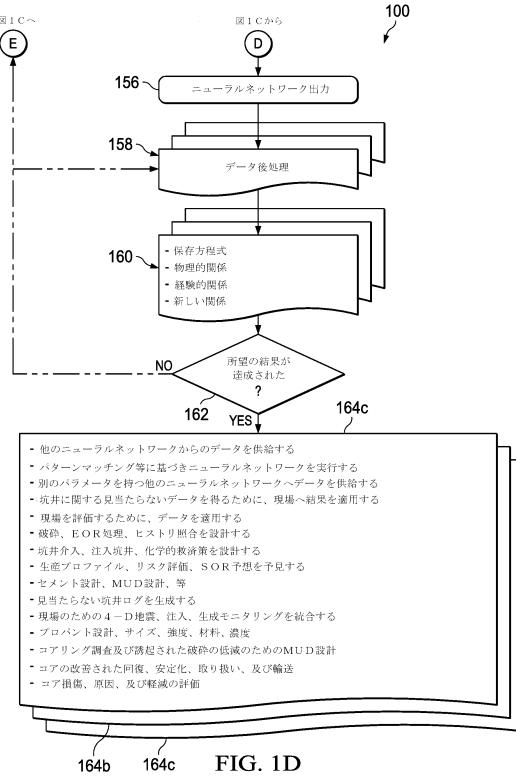


FIG. 1D

【図 2】

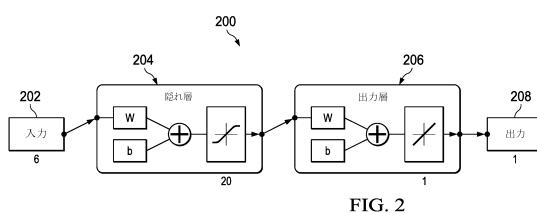


FIG. 2

【図 3 A】

| crop1_R_d1 | crop1_G_d1 | crop1_B_d1 | crop2_R_d1 | crop2_G_d1 | crop2_B_d1 |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1.8238793  | 0.5683401  | -1.5086590 | 2.0697638  | 0.6204531  | -1.4891759 |
| 2.6231619  | 0.4470621  | -1.4247493 | 1.9500504  | 0.6854213  | -1.4200605 |
| 1.4113835  | 0.6137367  | -1.4420699 | 1.7457714  | 0.7174606  | -1.4768884 |
| -0.4592891 | 0.6569601  | -0.5065297 | -0.3220987 | 0.7984511  | -0.4991420 |
| 1.8390767  | 0.5244251  | -1.3627590 | 1.8708459  | 0.5759359  | -1.3224164 |
| 0.1255957  | 0.7179419  | -0.4196797 | -0.0995855 | 0.6649789  | -0.3550537 |
| 0.0955085  | 0.8272425  | -0.9208240 | 0.3099922  | 0.8157098  | -1.0585228 |
| 1.1564275  | 0.6021879  | -1.2556431 | 1.3470128  | 0.5426641  | -1.2502049 |
| 1.8238793  | 0.5683401  | -1.5086590 | 2.0697638  | 0.6204531  | -1.4891759 |
| 2.6231619  | 0.4470621  | -1.4247493 | 1.9500504  | 0.6854213  | -1.4200605 |
| 1.4113835  | 0.6137367  | -1.4420699 | 1.7457714  | 0.7174606  | -1.4768884 |
| -0.4592891 | 0.6569601  | -0.5065297 | -0.3220987 | 0.7984511  | -0.4991420 |
| 1.8390767  | 0.5244251  | -1.3627590 | 1.8708459  | 0.5759359  | -1.3224164 |
| 0.1255957  | 0.7179419  | -0.4196797 | -0.0995855 | 0.6649789  | -0.3550537 |
| 0.0955085  | 0.8272425  | -0.9208240 | 0.3099922  | 0.8157098  | -1.0585228 |
| 1.1564275  | 0.6021879  | -1.2556431 | 1.3470128  | 0.5426641  | -1.2502049 |
| -0.6284028 | 0.7523535  | 0.0941639  | -0.7135262 | 0.8221566  | -0.2942147 |
| -0.9106505 | 0.8570268  | -0.5608524 | -0.8118468 | 0.8740796  | -0.4720580 |
| -0.9596986 | -0.3778565 | 1.2607979  | -0.8329574 | -0.8111262 | 1.1490084  |
| -0.9550541 | -3.9718901 | 1.6468367  | -0.8278350 | -2.6544728 | 1.3960819  |
| -0.6782514 | -1.7747109 | 1.0110547  | -0.8439534 | -2.0244462 | 1.2352928  |
| -0.4209876 | 0.8383859  | -0.7949855 | 0.1264651  | 0.8543898  | -0.3474919 |
| 1.0610174  | 0.8394221  | -1.3354002 | 0.7053157  | 0.8732470  | -1.4583559 |
| 2.5063311  | -0.2220427 | -1.1252464 | 3.0193647  | 0.0435919  | -1.3777394 |
| -0.5522734 | -1.0544987 | 0.6051689  | 0.0774764  | -1.3011491 | 0.2241687  |
| 0.3825231  | -0.3501722 | -0.2502887 | 0.2893990  | -0.2534472 | -0.2467319 |

FIG. 3A

10

20

30

40

50

【図 3 B】

表3 続き (NNへの入力データ、後画像セグメンテーション)

| crop1_R_d1 | crop1_G_d1 | crop1_B_d1 | crop2_R_d1 | crop2_G_d1 | crop2_B_d1 |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| -0.0022150 | -0.4276046 | 0.2363455  | -0.2814693 | 0.1985589  | 0.2678008  |
| -0.9332034 | -0.4360934 | 1.0798507  | -0.7631176 | -0.0038151 | 0.9815484  |
| -0.6284028 | 0.7523535  | 0.0941639  | -0.7135262 | 0.8221566  | -0.2942147 |
| -0.9106505 | 0.8570268  | -0.5608524 | -0.8118468 | 0.8740796  | -0.4720580 |
| -0.9596866 | -0.3778565 | 1.2607979  | -0.8329574 | -0.8111262 | 1.1490084  |
| -0.9550541 | -3.9718901 | 1.6468367  | -0.8278350 | -2.6544728 | 1.3960819  |
| -0.6782514 | -1.7747109 | 1.0110547  | -0.8439534 | -2.0244462 | 1.2352928  |
| 0.4209876  | 0.8383859  | -0.7949855 | 0.1264651  | 0.8543898  | -0.3474919 |
| 1.0610174  | 0.8394221  | -1.3354002 | 0.7053157  | 0.8732470  | -1.4583559 |
| 2.5063311  | -0.2220427 | -1.1252464 | 3.0193647  | 0.0435919  | -1.3777394 |
| -0.5522734 | -1.0544987 | 0.6051680  | 0.0774764  | -1.3011491 | 0.2241687  |
| 0.3825231  | -0.3501722 | -0.2502887 | 0.2893990  | -0.2534472 | -0.2467319 |
| -0.0022150 | -0.4276046 | 0.2363455  | -0.2814693 | 0.1985589  | 0.2678008  |
| -0.9332034 | -0.4360934 | 1.0798507  | -0.7631176 | -0.0038151 | 0.9815484  |
| -0.6175675 | -0.2066725 | 1.0708500  | -0.8287729 | -0.4363491 | 1.2213691  |
| -0.8752149 | -1.7904447 | 1.5123485  | -0.8233353 | -2.4183445 | 1.4668806  |
| -0.9242821 | -1.4912596 | 1.4042889  | -0.7946669 | -2.0391957 | 1.2571535  |
| -0.5966765 | -0.2591531 | 0.6884667  | -0.6000993 | -0.4190752 | 0.8240808  |
| -0.8719014 | -0.7096039 | 1.0953028  | -0.7651806 | -1.3869495 | 1.0100606  |
| -0.7232371 | 0.4935844  | 0.7465487  | -0.6740511 | 0.4435326  | 0.7407296  |
| -0.6418272 | 0.6346894  | 0.6328901  | -0.6125573 | 0.5730725  | 0.6088117  |
| -0.7079570 | -0.3154111 | 0.8603194  | -0.7876922 | -0.2553501 | 1.1704300  |
| -0.6710347 | -0.0015792 | 0.6913475  | -0.6967050 | 0.4670455  | 0.7404941  |
| -0.7212573 | 0.5041148  | 0.8001228  | -0.6752112 | 0.3208015  | 0.7170946  |
| -0.6624470 | -0.5209981 | 0.9493609  | -0.7069987 | -0.5871310 | 1.0092778  |
| -0.5094837 | 0.1176763  | 0.3059247  | -0.5546688 | -0.2410467 | 0.5945636  |

FIG. 3B

【図 3 C】

表3 続き (NNへの入力データ、後画像セグメンテーション)

| crop1_R_d1 | crop1_G_d1 | crop1_B_d1 | crop2_R_d1 | crop2_G_d1 | crop2_B_d1 |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| -0.2457060 | 0.8352375  | -0.3723724 | -0.1253464 | 0.7951476  | -0.5109876 |
| 0.3364331  | 0.7936171  | -1.2430807 | 0.4321700  | 0.8257513  | -1.2727338 |
| 0.6266776  | 0.7625289  | -1.2810877 | 0.1628910  | 0.7876630  | -1.1227674 |
| -0.2980569 | 0.7459321  | -0.0497787 | -0.3886861 | 0.7054606  | 0.1195901  |
| 0.7366848  | 0.7775264  | -0.8379831 | 0.4238428  | 0.8263258  | -0.7598919 |
| -0.8175675 | -0.2066725 | 1.0708500  | -0.8287729 | -0.4363491 | 1.2213691  |
| -0.8752149 | -1.7904447 | 1.5123485  | -0.8233353 | -2.4183445 | 1.4668806  |
| -0.9242821 | -1.4912596 | 1.4042889  | -0.7946669 | -2.0391957 | 1.2571535  |
| -0.5966765 | -0.2591531 | 0.6884667  | -0.6000993 | -0.4190752 | 0.8240808  |
| -0.8719014 | -0.7096039 | 1.0953028  | -0.7651806 | -1.3869495 | 1.0100606  |
| -0.7232371 | 0.4935844  | 0.7465487  | -0.6740511 | 0.4435326  | 0.7407296  |
| -0.6418272 | 0.6346894  | 0.6328901  | -0.6125573 | 0.5730725  | 0.6088117  |
| -0.7079570 | -0.3154111 | 0.8603194  | -0.7876922 | -0.2553501 | 1.1704300  |
| -0.6710347 | -0.0015792 | 0.6913475  | -0.6967050 | 0.4670455  | 0.7404941  |
| -0.7212573 | 0.5041148  | 0.8001228  | -0.6752112 | 0.3208015  | 0.7170946  |
| -0.6624470 | -0.5209981 | 0.9493609  | -0.7069987 | -0.5871310 | 1.0092778  |
| -0.5094837 | 0.1176763  | 0.3059247  | -0.5546688 | -0.2410467 | 0.5945636  |

FIG. 3C

10

20

【図 4 A】

表4

| NMR間隙率 % |
|----------|
| 10.9427  |
| 11.9927  |
| 12.6281  |
| 12.6658  |
| 11.0849  |
| 13.9967  |
| 14.2246  |
| 11.9906  |
| 10.9427  |
| 11.9927  |
| 12.6281  |
| 12.6658  |
| 11.0849  |
| 13.9967  |
| 14.2246  |
| 11.9906  |
| 12.4434  |
| 15.3183  |
| 15.3087  |
| 16.9477  |
| 16.879   |
| 11.5478  |
| 9.3032   |
| 5.2517   |
| 18.29    |
| 14.0823  |
| 18.2343  |
| 19.8533  |
| 15.1106  |
| 15.4014  |
| 16.5262  |
| 16.6213  |
| 17.7206  |
| 12.3679  |
| 11.0698  |
| 11.0645  |
| 11.9452  |
| 15.0907  |
| 12.4391  |
| 11.6514  |

FIG. 4A

【図 4 B】

表4 続き

| NMR間隙率 % |
|----------|
| 18.2343  |
| 19.8533  |
| 12.4434  |
| 15.3183  |
| 15.3087  |
| 16.9477  |
| 16.879   |
| 11.5478  |
| 9.3032   |
| 5.2517   |
| 18.29    |
| 14.0823  |
| 18.2343  |
| 19.8533  |
| 15.1106  |
| 15.4014  |
| 16.5262  |
| 16.6213  |
| 17.7206  |
| 12.3679  |
| 11.0698  |
| 11.0645  |
| 11.9452  |
| 15.0907  |
| 12.4391  |
| 11.6514  |

FIG. 4B

30

40

50

【図 4 C】

表 4 続き

| NMR 間隙率 % |
|-----------|
| 13.6831   |
| 13.7181   |
| 12.5593   |
| 13.38     |
| 11.8791   |
| 15.1106   |
| 15.4014   |
| 16.5262   |
| 16.6213   |
| 17.7206   |
| 12.3679   |
| 11.0698   |
| 11.0645   |
| 11.9452   |
| 15.0907   |
| 12.4391   |
| 11.6514   |
| 13.6831   |
| 13.7181   |
| 12.5593   |
| 13.38     |
| 11.8791   |

FIG. 4C

10

20

30

40

50

【図 5 A】

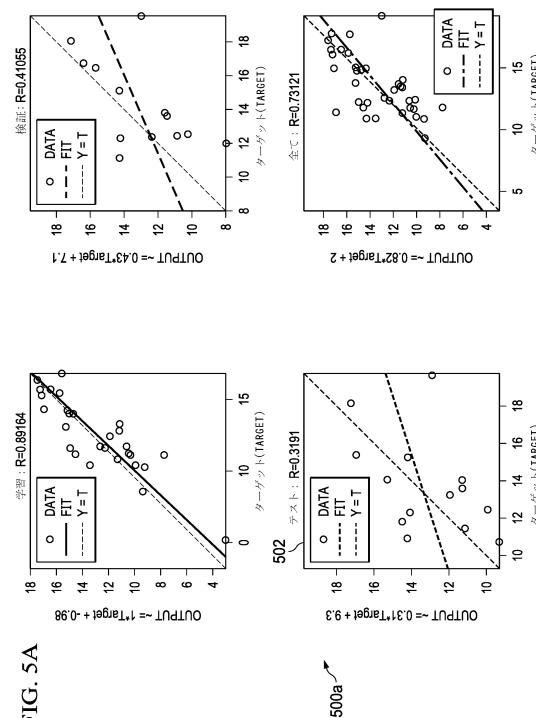
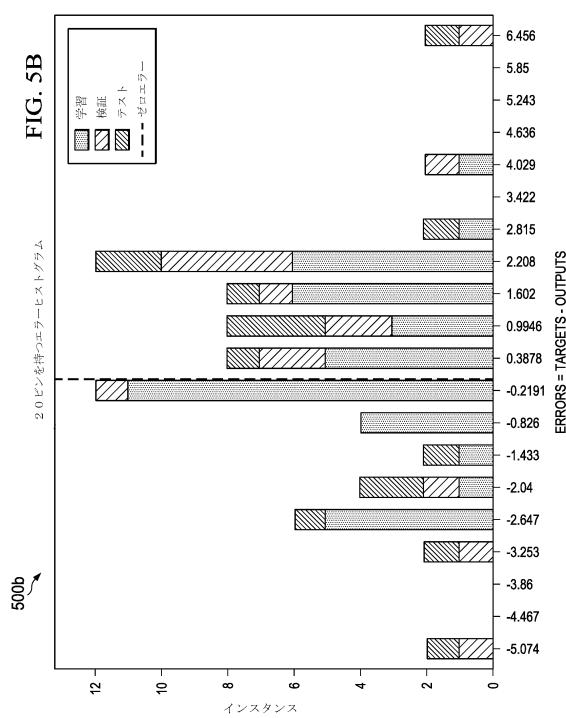


FIG. 5A

【図 5 B】



【図 6 A】

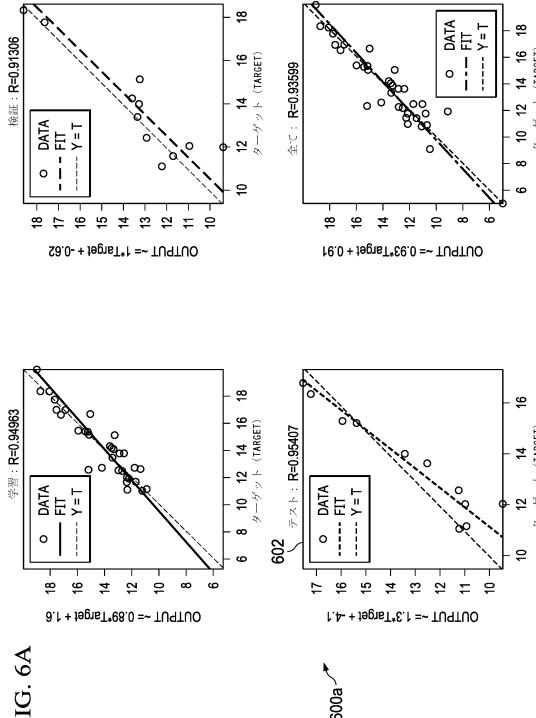


FIG. 6A

10

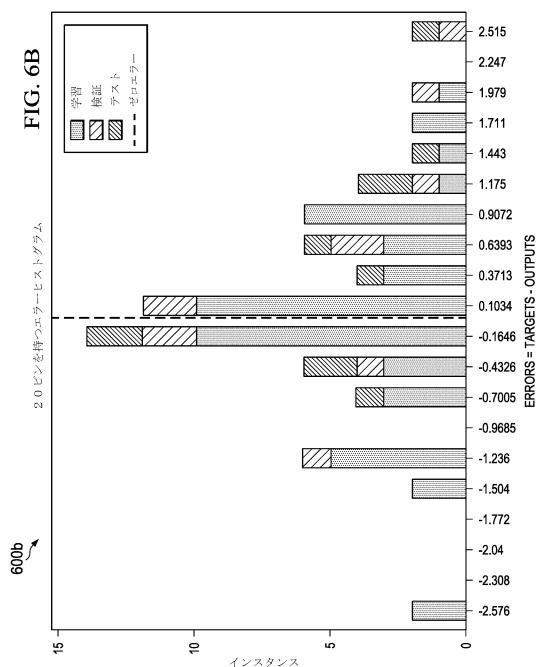
20

30

40

50

【図 6 B】



【図 7】

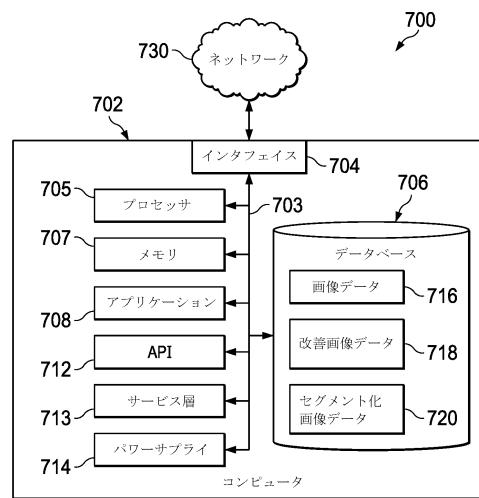


FIG. 7

10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

弁理士 柴田 茂夫

(74)代理人 100108257

弁理士 近藤 伊知良

(72)発明者 ハキムディン, ムスタファ

サウジアラビア王国 ダーラン 31311 ピー.オー.ボックス 5240, サウジ アラムコ

審査官 湯本 照基

(56)参考文献 特開2004-110515 (JP, A)

米国特許出願公開第2011/0218950 (US, A1)

国際公開第2016/194248 (WO, A1)

特開平04-124782 (JP, A)

TECHNIQUES FOR IMAGE ENHANCEMENT AND SEGMENTATION OF TOMOGRAPHIC IMAGES OF POROUS MATERIALS, PHYSICA A: STATISTICAL MECHANICS AND ITS APPLICATIONS, ELSEVIER, 2004年

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

E 21 B 47/09

G 06 N 3/02

G 06 T 7/00