

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5575776号
(P5575776)

(45) 発行日 平成26年8月20日(2014. 8. 20)

(24) 登録日 平成26年7月11日(2014. 7. 11)

(51) Int.Cl.

F I

GO 1 N 23/04 (2006. 01)

GO 1 N 23/04

GO 1 N 23/20 (2006. 01)

GO 1 N 23/20

請求項の数 13 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2011-528427 (P2011-528427)
 (86) (22) 出願日 平成21年9月23日(2009. 9. 23)
 (65) 公表番号 特表2012-510608 (P2012-510608A)
 (43) 公表日 平成24年5月10日(2012. 5. 10)
 (86) 国際出願番号 PCT/GB2009/051243
 (87) 国際公開番号 W02010/035033
 (87) 国際公開日 平成22年4月1日(2010. 4. 1)
 審査請求日 平成24年9月4日(2012. 9. 4)
 (31) 優先権主張番号 0817650.5
 (32) 優先日 平成20年9月26日(2008. 9. 26)
 (33) 優先権主張国 英国 (GB)

(73) 特許権者 511079229
 フェーズ フォーカス リミテッド
 イギリス エス3 7アールディー サウ
 ス ヨークシャー シェフィールド リー
 ヴィグリーブ ロード 40 ザ シェフ
 イールド バイオインキュベータ
 (74) 復代理人 100115624
 弁理士 濱中 淳宏
 (74) 復代理人 100145388
 弁理士 藤原 弘和
 (74) 代理人 110001243
 特許業務法人 谷・阿部特許事務所

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 イメージングの分野における改良

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

標的物体の領域のイメージデータを提供するコンピュータで実行される方法であって、
 前記標的物体の前記領域の第1のサブ領域の少なくとも1つの特徴を示す第1の中間的
 な物体関数を推定するステップと、

前記標的物体の前記領域の第2のサブ領域の少なくとも1つの特徴を示す第2の中間的
 な物体関数を推定するステップと、

前記標的物体の前記領域の各サブ領域は、前記標的物体の複数の選択されたエリアに関
 連する情報を含み、前記第1の中間的な物体関数、及び前記第2の中間的な物体関数は、
 少なくとも部分的に並列して推定され、

前記第1及び第2の中間的な物体関数を組み合わせて、前記標的物体の前記領域の少な
 くとも1つの特徴を示す組み合わせられた物体関数を形成するステップと、

によって特徴付けられたことを特徴とする方法。

【請求項 2】

前記標的物体の前記エリアは、前記標的物体に対する入射放射線又は開口部のうちの
 一方を再配置することによって選択されることを特徴とする請求項1に記載のコンピュ
 タで実行される方法。

【請求項 3】

前記標的物体の前記選択されたエリアを前記サブ領域に割り当てるステップを含む請求
 項1又は2に記載のコンピュータで実行される方法。

【請求項 4】

前記標的物体の前記エリアは、各サブ領域が等しい数のエリアを含むように、前記サブ領域に割り当てられることを特徴とする請求項 3 に記載のコンピュータで実行される方法。

【請求項 5】

前記標的物体の前記エリアを前記サブ領域に再度割り当てるステップを含む請求項 3 又は 4 に記載のコンピュータで実行される方法。

【請求項 6】

各中間的な物体関数の前記推定を、それぞれの計算ユニットに割り当てるステップを含む請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載のコンピュータで実行される方法。

10

【請求項 7】

計算ユニットの間で少なくとも一つの中間的な物体関数を転送して、少なくとも一つの中間的な物体関数に組み合わせるステップを含む請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載のコンピュータで実行される方法。

【請求項 8】

各々が前記標的物体のさらなるサブ領域に関連するさらなる中間的な物体関数を推定するステップを含み、

前記さらなる中間的な物体関数は、前記第 1 及び第 2 の物体関数と組み合わせられて、前記組み合わせられた物体関数を形成することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載のコンピュータで実行される方法。

20

【請求項 9】

中間的な物体関数の数は予め定められていることを特徴とする請求項 8 に記載のコンピュータで実行される方法。

【請求項 10】

標的物体の領域に関連するイメージデータを提供する装置であって、

前記標的物体の前記領域の第 1 のサブ領域の少なくとも一つの特徴を示す第 1 の中間的な物体関数を推定するように配置された第 1 の計算ユニットと

前記標的物体の前記領域の第 2 のサブ領域の少なくとも一つの特徴を示す第 2 の中間的な物体関数を推定するように配置された第 2 の計算ユニットと、によって特徴付けられ、

前記標的物体の前記領域の各サブ領域は、前記標的物体の複数の選択されたエリアに関連する情報を含み、前記第 1 の計算ユニット、及び第 2 の計算ユニットは、前記第 1 の中間的な物体関数、及び前記第 2 の中間的な物体関数を、少なくとも部分的に並列して推定するように配置され、

30

計算ユニットは、前記第 1 及び第 2 の中間的な物体関数を組み合わせ、前記標的物体の前記領域の少なくとも一つの特徴を示す組み合わせられた物体関数を形成するよう配置されていることを特徴とする装置。

【請求項 11】

第 1 及び第 2 の計算ユニットはそれぞれのプロセッサ又は 1 つ以上のマルチコアプロセッサのコアであることを特徴とする請求項 10 に記載の装置。

【請求項 12】

40

前記計算ユニットのうちの 1 つは、前記標的物体の前記選択されたエリアを前記サブ領域に割り当てるよう配置されていることを特徴とする請求項 10、又は 11 に記載の装置。

【請求項 13】

コンピュータ可読データ記憶媒体であって、

前記コンピュータ可読データ記憶媒体は、自身に記憶された命令を有し、

前記命令は、コンピュータによって実行されると、請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の方法を実行することを特徴するコンピュータ可読データ記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、標的物体のイメージが生成され得るイメージデータを提供する改善された方法及び装置に関する。

【 0 0 0 2 】

あらゆる目的で参照することにより本明細書に組み込まれる WO 2 0 0 5 / 1 0 6 5 3 1 は、標的物体の領域の高解像イメージを作成する方法及び装置を開示している。当該開示された装置及び方法において、入射放射線は、標的物体を照射するために、生じせしめられ、それが標的物体を通過すると散乱されて、入射放射線の波動関数は振幅及び位相の双方が、標的物体の前側における入射放射線の波動関数に対して、変更される。CCD検出装置等の検出装置のアレイは、標的物体から適切な距離において配置されており、回折パターンが回折面に対する伝播によって形成される。1つの実施形態において、開口部が、標的物体のエリアを選択するように物体の後側に配置されている。別の実施形態では、低焦点レンズが、物体のエリアを照らすのに用いられる。

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 3 】

形成され且つ検出装置のアレイによって測定された回折パターン及び開口部又は低焦点レンズによって形成されたプロブ関数の認識を入力データとして用いて、アルゴリズムは、二次元複素関数の形態における物体関数を標的物体に対して判定するのに利用される。アルゴリズムは、WO 2 0 0 5 / 1 0 6 5 3 1 において、特にそのドキュメントの図 7 a , 7 b に関して説明されている。以下から十分に分かるように、所定の事象が生ずるまで、アルゴリズムは繰り返された反復を必要とする。例えば、反復は、1 0 0 0 回繰り返され得るし、又は、誤差二乗和 (SSE: sum squared error) が十分小さくなるまで繰り返され得る。アルゴリズムの繰り返しは、比較的高速プロセッサでさえも相当の処理時間を要するかなりの処理要求を意味する。例えば、インテル「Core 2 2 GHz」中央演算処理装置 (CPU: central processing unit) を有する PC を用いたテストによれば、方法の単一の反復は、6 4 個の 1 0 0 0 × 1 0 0 0 のピクセルの回折パターンの 1 セットに 8 5 秒要することを示している。通常、方法の 1 0 回の反復が、高解像度のイメージを作成するのに要求され、それは約 1 4 分要する。この問題を克服し又は少なくとも低減させることが望まれている。

20

30

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 4 】

本願発明の実施形態の目的は、より短時間にてイメージデータの生成を可能にすることである。当該イメージデータから、高解像イメージを含むイメージが任意に作成され得る。

【 0 0 0 5 】

本願発明の実施形態の目的は、比較的短い期間で波長制限されたイメージデータを作成する方法及び装置を提供することを目的とする。

【 0 0 0 6 】

本発明の第 1 の態様によれば、標的物体の領域のイメージデータを提供するコンピュータで実行される方法を提供する。当該方法は、標的物体の領域の第 1 のサブ領域の少なくとも 1 つの特徴を示す第 1 の中間的な物体関数を推定するステップと、標的物体の領域の第 2 のサブ領域の少なくとも 1 つの特徴を示す第 2 の中間的な物体関数を推定するステップと、第 1 及び第 2 の中間的な物体関数を組み合わせて、標的物体の領域の少なくとも 1 つの特徴を示す組み合わされた物体関数を形成するステップと、を含む。

40

【 0 0 0 7 】

本発明の第 2 の態様によれば、標的物体に対する入射放射線又は標的物体の後側の開口部を高分解能で配置することなく、標的物体の領域のイメージデータを提供するコンピュータで実行される方法を提供する。当該方法は、線源からの標的物体における入射放射線を与えるステップと、少なくとも 1 つの検出装置を介して、標的物体によって散乱させら

50

れる放射線の強度を検出するステップと、当該検出された強度に応じて、標的物体の領域の第1のサブ領域及び第2のサブ領域のそれぞれの少なくとも1つの特徴を示す第1及び第2の中間的な物体関数を推定するステップと、第1及び第2の中間的な物体関数を組み合わせて、標的物体の領域の少なくとも1つの特徴を示す組み合わせられた物体関数を形成するステップと、を含む。

【0008】

本発明の第3の態様によれば、標的物体の領域に関するイメージデータを与える装置を提供する。当該装置は、標的物体の領域の第1のサブ領域の少なくとも1つの特徴を示す第1の中間的な物体関数を推定するように配置された第1の計算ユニットと、標的物体の領域の第2のサブ領域の少なくとも1つの特徴を示す第2の中間的な物体関数を推定する第2の計算ユニットと、を含む。計算ユニットは、第1及び第2の中間的な物体関数を組み合わせて、組み合わせられた物体関数を形成するように配置されている。当該組み合わせられた物体関数は、標的物体の領域の少なくとも1つの特徴を示す。

10

【0009】

本発明の第4の態様によれば、標的物体の領域のイメージを作成するイメージデータを提供する装置を提供する。当該装置は、標的物体を所定位置に配置する配置手段と、入射放射線を配置手段によって配置された標的物体に与える線源と、標的物体によって散乱せられる放射線の強度を検出する少なくとも1つの検出デバイスと、標的物体の後側に配置された入射放射線又は開口部を、標的物体に関する1つ以上の位置に配置する放射線配置手段と、放射線配置手段によって選択された1つ以上のエリアを含む標的物体のサブ領域からの散乱された放射線の検出強度に応じて、第1の中間的な物体関数を決定する第1の処理手段と、放射線配置手段によって選択された1つ以上のエリアを含む標的物体のサブ領域からの散乱された放射線の検出強度に応じて、第2の中間的な物体関数を決定する第2の処理手段と、を含む。第1又は第2の処理手段のうちの一方又は第3の処理手段は、第1及び第2の中間的な物体関数を組み合わせて、組み合わせられた物体関数を形成するように配置されている。当該組み合わせられた物体関数は、標的物体の領域の少なくとも1つの特徴を示す。

20

【0010】

本願発明の実施形態は、並列処理を使うことによって、物体関数の計算時間を減少させる。2以上の計算ユニットの各々は、中間的な物体関数を計算するのに用いられる。中間的な物体関数の計算後、計算ユニットは、中間的な物体関数を結合させて、その反復のために物体関数の推定を形成する。次の反復において、2つ以上の処理ユニットが、物体関数の以前の推定を利用して、計算ユニットによって組み合わせられる中間的な物体関数を再度計算するために、物体関数の次の反復の推定を形成する。このように、中間的な物体関数の並列処理が用いられる。しかしながら、個々の領域に対して推定された物体関数の間のディスパリティは生じないし、又は、中間的な物体関数の推定の頻繁な結合によって少なくとも最小化される。

30

【0011】

本発明の実施形態について、添付図面を参照して、例示を目的としてのみ説明する。

【図面の簡単な説明】

40

【0012】

【図1】図1は、従来から知られている移動開口部の配置を示す図である。

【図2】図2は、従来から知られている標的物体の後側の開口部を移動させる例示を示す図である。

【図3】図3は、従来の位相検索アルゴリズムを示す図である。

【図4】図4は、本発明に係る第1実施形態の方法の例示を示す図である。

【図5】図5は、4つの開口部の位置を概略的に示す図である。

【図6】図6は、本願発明の実施形態の計算ユニットの配置を概略的に示す図である。

【図7a】図7aは、本発明に係る第2実施形態の方法の例示を示す図である。

【図7b】図7bは、本発明に係る第2実施形態の方法の例示を示す図である。

50

【発明を実施するための形態】

【0013】

図面において、同様の参照符号を同様の要素に付してある。本発明の実施形態について説明する前に、WO2005/106531において開示された従来の装置、方法、及びアルゴリズムについての簡単に紹介する。WO2005/106531は、あらゆる目的で参照することにより本明細書に全体として組み込まれている。前述の先行技術の実施形態は、WO2005/106531において開示されるように、移動開口部の配置である。しかしながら、低焦点レンズを移動させる従来の方法も知られていること、及び、本願発明の実施形態も低焦点レンズの配置等のともに使用され得ることが十分理解されるであろう。さらに、また、本願発明の実施形態は、物体のエリアを照らすために標的物体の前側の開口部を用いて使用され得る。

10

【0014】

図1を参照すると、従来の配置が示されている。当該配置において、入射放射線30が、標的物体31を照らすために、生じせしめられる。

【0015】

標的物体という用語は、入射放射線の経路に設けられ且つその放射線の散乱を生じせしめるあらゆる試験体又は品目を意味していることがさらに理解されるであろう。標的物体は、入射放射線に対して少なくとも部分的に透明であるべきであることがさらに理解されるであろう。標的物体は、何らかの反復性を有する構造体を有し得るし又は有し得ない。

20

【0016】

放射線という用語は、線源からのエネルギーとして広く解釈されるべきであると理解されるべきである。これは、X線、電子等の放射粒子及び/又は音波を含む電磁気放射線を含むであろう。かかる放射線は、波動関数 (r) によって表され得る。当業者によって理解されるであろうが、この波動関数は、実数部及び虚数部を含む。これは、波動関数の係数及び位相によって表され得る。 $(r)^*$ は、 (r) と (r) の複素共役であり、 $(r)^* = |(r)|^2$ であり、 $| (r) |^2$ は、波動関数に対して測定され得る強度である。

【0017】

入射放射線30は、標的物体31を通過すると散乱される。入射放射線のかかる波動関数は、入射放射線が標的物体31から出る際に、標的物体31の前側における入射放射線の波動関数に関して振幅及び位相の双方が変更されるであろう。生ずる散乱は、フーリエ回折、屈折及び/又はフレネル回折並びに標的物体31の後に伝播することの結果として入射放射線の特性が変更される散乱に関する他のあらゆる形態を含み得る。CCD検出装置等の検出装置のアレイが標的物体から長距離にて配置される場合、回折パターンが回折面33において形成される。CCD検出装置32が標的物体31から距離Dにて配置される場合、フーリエ回折パターンが形成するだろう。ここで、Dは、点源から有効に形成されるべき回折パターンに対して、十分長い。回折面が、検出装置の近傍に配置されることによって、標的物体31がより近傍に形成される場合、フレネル回折パターンが形成されるだろう。開口部34は、調査を目的とする標的物体の領域を選択するように標的物体の後側に配置されている。開口部は、マスクで形成されるので、開口部は「サポート」を画定する。サポートは、関数のエリアである。当該エリアにおいて、その関数はゼロでない。言い換えると、サポートの外側では、関数がゼロである。サポートの外側では、マスクは放射線の透過を妨げる。本願発明を用いて使用するための開口部は、有限である必要はなく、かつ、明確に画定される必要はない。それらは、可動であってもよく、自身の端部においてゆるやかに変化し得る。このようにゆるやかに変化するイルミネーション関数又は透過は高空間周波数から構成されない。言い換えると、それはバンド幅が制限された関数である。いかなるレンズをも使用されていないので、大なる視野が検出装置32によって測定され得る。開口部という用語は、放射線の局在化された透過関数をいう。これは、0から1までの係数値を有する2次元の複素変数によって表され得る。実施例は、様々な透過率を有する物理的開口部領域を有するマスクである。

30

40

50

【 0 0 1 8 】

図 2 は、図 1 の配置を介した波の伝播を概略的に図示している。入射放射線 3 0 は、標的物体 3 1 の上流側を照らし、それが透過する際に標的物体 3 1 によって散乱される。標的物体波 $O(r)$ は、標的物体 3 1 との相互作用の後における放射線の出口波動関数である。このように、 $O(r)$ は、二次元複素関数を表しているので、 r が二次元座標である $O(r)$ の各ポイントは、複素数をそれに関連づけている。 $O(r)$ は、平面波によって照らされる標的物体 3 1 から発する出口波を物理的に表している。例えば、電子散乱の場合、 $O(r)$ は、対象となる標的物体 3 1 を通過する結果として、入射波に導入された位相及び振幅の変化を表しているであろう。開口部 3 4 は、分析のための物体の出口波動関数の一部を選択するプローブ関数 $P(r)$ (又はフィルタ関数) を提供する。開口部を選択するということよりも、透過グレーティング又はフィルタ関数等の他のものが、物体関数の下流に配置され得ることがさらに理解されるであろう。プローブ関数 $P(r - R)$ は、開口部伝播関数である。当該開口部伝播関数において、開口部が位置 R に存在する。プローブ関数は、係数及び位相によって与えられた複素数を有する複素関数として表され得る。当該係数及び位相は、それに入射する完全な平面波に対してプローブによって導入された係数及び位相の変化を表している。

10

【 0 0 1 9 】

出口波動関数 (r, R) 4 3 は、それが開口部から出る際の放射線の出口波動関数である。この出口波 (r, R) 4 3 は、回折面 3 3 において回折パターン (k, R) 4 4 を形成する。ここで、 r は実空間におけるベクトル座標であり、 k は回折空間におけるベクトル座標である。

20

【 0 0 2 0 】

図 3 は、物体の波動関数を取得して、イメージデータを取得する従来技術のアルゴリズムを示している。当該イメージデータは、物体の高解像度なイメージを作成するのに後に使用され得る。図 3 は、図 1 及び 2 に図示された配置を使用し、かつ、回折パターンを測定した後の第 1 の位置から第 2 の位置まで開口部を移動させる方法を図示している。当該第 2 の位置において、第 2 のそれぞれの回折パターンが測定され得る。

【 0 0 2 1 】

上述したように、 $O(r)$ 及び $P(r)$ は、二次元複素関数を表している。すなわち、 r が二次元座標である $O(r)$ 又は $P(r)$ の各ポイントは、複素数をそれに関連づけている。以下において、 $O(r)$ は、平面波によって証明される標的物体から発する出口波を物理的に表している。例えば、電子散乱の場合、 $O(r)$ は、入射波に導入された位相及び振幅の変化を表しているであろう。

30

【 0 0 2 2 】

以下において、 $P(r)$ は、例えば、レンズ若しくは他の光学要素によって形成されたコーステック分布又は照度分布によって形成された照射関数、又は、物体関数の下流においてマウントされた開口部若しくは伝播グレーティング等のフィルタリング関数を表している。

【 0 0 2 3 】

以下において、 $O(r)$ 又は $P(r)$ は、様々な距離 R により、互いに移動され得ることが想定され得る。我々は $P(r)$ に対して $O(r)$ を同等に移動させることができるものの、採用された用語は、 $P(r)$ を移動させることに関して記載されている。双方の状況において、 $O(r)$ の複素値は、 $P(r - R)$ と $O(r)$ の積を形成することによって、変更されて、以下の式 (1) の (r) の全出口波動関数を与える。

40

【 0 0 2 4 】

【 数 1 】

$$\Psi(r, R) = O(r)P(r - R) \quad (1)$$

【 0 0 2 5 】

50

アルゴリズムは、複素関数 (r, R) の位相及び強度を見出すように動作する。アルゴリズムは、関数 $P(r - R)$ に関する入力知識として必要とし、標的物体 31 を含むそれとは異なる平面における波動関数の強度についての 1 つ以上（望ましくはいくつ）の測定値を必要とする。フーリエ変換によって試験体の面に関連する回折面を利用することは、有益である。この場合、測定された入力データは、1 つ以上のプローブ／開口部の位置における回折パターンの強度である。しかしながら、試験体／開口部の出口表面から所定の距離において測定された 1 セットの非焦点イメージに基づいて、アルゴリズムを駆動することも可能である。この状況において、自由空間の伝播関数がフーリエ変換に置換される。アルゴリズムは、これらの 2 つの変換の使用に制限されない。他の有効的な変換が、情報に関する一方の面から他方の面まで移行するのに使用され得る。以下において、一般的な変換 T は、波動関数を、平面 1 と称される第 1 の平面から、平面 2 と称される第 2 の平面に変換する変換を意味する。

【0026】

アルゴリズムは、図 3 を参照して、以下のように動作する。

【0027】

1. ステップ S700 において、物体関数 $O_{g,n}(r)$ における推定から、開始する。ここで、添字 g, n は、アルゴリズムの n 番目の反復において推定された波を表している。これら関数は、平面 1 内にある（フーリエ変換が使用される場合には実空間平面である）。 $O_{g,n}(r)$ の第 1 の推定は、すべてのポイント r において均一であり得る。これは、存在しない試験体に対応する。あるいは、 $O_{g,n}(r)$ は各ポイントにおいてランダムに設定され得る。

【0028】

2. 位置と特性に関する周知の開口部がステップ S701 で選択される。これは、プローブ関数 $P(r - R)$ を提供する。ステップ S702 において、物体関数における現行の推定は、現在の位置 R における開口部又はプローブ、 $P(r - R)$ で掛けられる。これは、以下の式 (2) によって表せられる位置 R に対して推定された（平面 1 における）出口波動関数を作成する。

【0029】

【数 2】

$$\Psi_{g,n}(r, R) = O_{g,n}(r)P(r - R) \quad (2)$$

【0030】

3. 次に、ステップ S703 において、（フーリエ変換が使用される場合には回折空間平面であるだろう）平面 2 内の対応する波動関数を取得するための $_{g,n}(r, R)$ の変換が、その位置 R に対して行われる。ここで、 T は、多くの場合フーリエ変換である何らかの一般的な変換を表すのに使用されているが、フレネル型の自由空間の伝播関数又はアルゴリズムの特定の適用に合致する他の変換でもあり得る。

【0031】

【数 3】

$$\Psi_{g,n}(k, R) = T[\Psi_{g,n}(r, R)] \quad (3)$$

【0032】

k は、平面 2 におけるベクトル座標である。（フーリエ変換において、 k は、通常の逆格子空間座標であろう。プロバゲータに対しては、 k は、非焦点面内の x, y 座標であろう）。 $_{g,n}(k, R)$ は、推定された物体関数 $O_{g,n}(r)$ によって作成されているので、 $_{g,n}(k, R)$ は、平面 2 における現実の波動関数の「推定された」バージョンであ

ることに留意することが重要である。アルゴリズムの連続した反復によって、 $g_n(k, R)$ のさらに正確なバージョンが作成されるだろう。

【 0 0 3 3 】

尚、 $g_n(k, R)$ は、以下の式 (4) によって表され得る。

【 0 0 3 4 】

【 数 4 】

$$\Psi_{g,n}(k,R)=|\Psi_{g,n}(k,R)|e^{i\theta_{g,n}(k,R)} \quad (4)$$

10

【 0 0 3 5 】

ここで、 $|\Psi_{g,n}(k, R)|$ は、(推定された) 波動関数の振幅であり、 $\theta_{g,n}(k, R)$ は、位置 R に対する反復 n における (推定された) 位相である。

【 0 0 3 6 】

検出器アレイ 3 2 等の周知の技術によって回折パターンの強度を測定することによって、実際に変換された出口波動関数に関する情報が知られる。開口部が第 1 の位置に存在して測定された回折パターンの強度は、回折パターンの複素波動関数の推定の基準を形成する。しかしながら、測定された強度は波動関数の位相に関する情報を提供しない。むしろ、測定された強度は (r) の二乗係数、すなわち、 $|\Psi(r)|^2$ に対応し得る。平面 2 における回折パターンの放射強度がステップ S 7 0 4 において一旦知られると、以下の

20

ステップが実行され得る。

【 0 0 3 7 】

4 . ステップ S 7 0 5 において、推定された平面 2 の波動関数の強度を周知の値に修正する。

【 0 0 3 8 】

【 数 5 】

$$\Psi_{c,n}(k,R)=|\Psi(k,R)|e^{i\theta_{g,n}(k,R)} \quad (5)$$

30

【 0 0 3 9 】

ここで、 $|\Psi(k, R)|$ は、既知の平面 2 の係数である。それは、イメージ面における測定された強度の平方根である。

【 0 0 4 0 】

5 . (平面 1 の) 出口波動関数における新規であり且つ改善された推定を取得するための実空間への逆変換 S 7 0 6 (T^{-1} は、以前に使用された変換 T の逆を表している)

【 0 0 4 1 】

【 数 6 】

$$\Psi_{c,n}(r,R)=T^{-1}[\Psi_{c,n}(k,R)]. \quad (6)$$

40

【 0 0 4 2 】

6 . 以下の式 (7) の更新関数を使用して、ステップ S 7 0 7 を介して、開口部又はプロープによってカバーされたエリアにおいて推定された物体波動関数を更新する。

【 0 0 4 3 】

【数 7】

$$O_{g,n+1}(r) = O_{g,n}(r) + |P(r-R)|^\ell P^*(r-R) \beta(\Psi_{c,n}(r,R) - \Psi_{g,n}(r,R)) \quad (7)$$

$$|P_{\max}(r-R)|^\ell (|P(r-R)|^2 + \delta)$$

【0044】

ここで、パラメータ ℓ 、 δ 、及び l が適切に選択され、 $|P_{\max}(r-R)|$ は、 $P(r)$ の振幅の最大値である。結果は、物体関数 (S708) の新規な推定である。

【0045】

更新関数は、生じ得る有効なデコンボリューションを作成するのに有益であり、物体関数が最も強固に更新されることを生じせしめる重み付け因子を導入する。物体関数が最も強固に更新される場合において、ブローブ関数が最大振幅を有する。選択可能な定数 l は、1 に設定され得る。それは、0 ~ 3 の範囲の任意の値として選択されてもよくて、整数値である必要はない。ノイズが大きいときに、 $l > 1$ に設定することは有益である。散乱の幾何学の故に、検出された強度が、ガボールホログラム又は同様の形態であるときには、 l は、 $l < 1$ に選択され得る。 $|P(r-R)| = 0$ である場合、値 δ が、0 で割られることを防止するのに使用される。 δ は、ウィーナーフィルタ (Weiner Filter) に普通に適用されるような小さな実数であり、通常、 P_{\max} より小さく (必ずしも小さくはない)、記録データに存在するノイズが小なる場合には、より小であり得る。一定の δ はアルゴリズムにおいてフィードバック量を制御し、約 0.1 と 1 の間において有利に変化され得る。 δ が 0.5 未満であるとき、物体の以前の推定は、新規の推定よりも重要であると考慮される。中間の値は、2 つの推定に関する相対的重要度を变化させる。 δ は、解にどれくらい高速に達しているかを判定する。

【0046】

δ は、固定値で設定され又は変動し得るパラメータである。それは、記録されたデータがどの程度のノイズを有するのかわを示しており、更新がこれらの事情に応じてどのように行われるかを減衰させるのに使用される。良好な条件が、データ収集のために、すなわち、低いショット雑音を意味する高いビーム電流 (高流束) を用いて、存在する場合、推測された推定を更新するために集められた結果を使用することは、より安全である。その結果、 δ の値は、 P_{\max} の小なる部分 (例えば、1 / 10 未満) であり得る。

【0047】

以下の式 (8) は、 $|P(r-R)|$ が大である領域の更新効果を最大化する。

【0048】

【数 8】

$$\frac{|P(r-R)|^\ell}{|P_{\max}(r-R)|^\ell} \quad (8)$$

【0049】

これは、有益である。なぜならば、それが、入射放射線の最高量を受信しており、比較的高い SN 比を有する情報を含むそれら領域であるからである。この情報は、非常に小なる放射が入射する領域からものよりも明確に有益であり、且つ、ノイズにより大きく影響される領域からのものよりも明確に有益である。

【0050】

$\ell = 1$ 、 $l = 0$ であり、かつ、 $\delta = 0$ であり、関数 $P(r-R)$ が、その値が単一である領域によって表され得るか又は関数をサポートする領域によって表され得るマスクである状況に対して、アルゴリズムは周知の Fienup アルゴリズムといくつかの点で類似

10

20

30

40

50

している。この状況において、1つの位置Rだけが使用される場合、アルゴリズムは基本的なFienupアルゴリズムと数学的に同じになすよう低減する。1つより多い位置Rが使用される場合、アルゴリズムは、周知の方法に対して注目に値すべき利点を有する。当該利点は、一意性の問題を受けないという事実及びより広範な視野が撮像され得るという事実を含む。

【0051】

推測の駆動推定を更新するステップに続いて、図7a, 7bに示されたアルゴリズムは、新規な位置Rを選択するステップに進む。当該新規な位置Rは、以前の位置と少なくとも部分的に重複する。重複は、望ましくは20%より大であるべきであり、望ましくは、50%以上である。これは、開口部を矢印の向きに移動させることによって、達成され得る。図1において、所定の量によって、又は、物体を照らす放射線を標的の異なる領域に照射せしめることによって、示されている。標的物体の1つの位置に対するイメージデータが、開口部又は入射放射線の位置のいかなる変化をも伴うことなく、提供されることが理解されるであろう。かかる実施形態において、ステップS708の後に、アルゴリズムは、ステップS702に戻る。物体関数 $O(r)$ の初期の推定がロードされる代わりに、ステップS708の $O(r)$ に対する新規な推定がロードされる。各反復において、入射放射線の既知の強度及び既知の振幅の要素に関する情報が、推定の精度を向上せしめるのに付加されるにつれて、各反復において、物体関数の新規な推定が、現実の物体関数により近似するであろう。

【0052】

それにもかかわらず、より好ましい方法は、図3に示されているように、以前の位置と部分的に重複する新規な位置Rを移動させることである。

【0053】

第2の位置における周知のプロープ関数 $P(r - R_2)$ は、ステップS709において特定されて、上述したステップが繰り返し替えされるので、ステップS708で作成された新規な推定は、ステップS709で特定された新規の周知のプロープ関数と掛けられる。これは、ステップS710に図示されている。関連する実施形態に依存して、事実上、これは、試験体の後側又は開口部の後側において出口波動関数を作成する。得られた出口波動関数が、ステップS711において伝播されて、その位置において検出されるべき散乱パターンの推定を提供する。回折パターンは、ステップS712において測定される。当該ステップS712は、強度情報及び変換された波動関数に関する強度情報を提供する。強度情報は、変換された波動関数の振幅を補正するのに使用され、一方、位相情報は、ステップS713において保持される。この補正された波動関数は、(イメージが遠方の領域において形成されるとき、)フーリエ変換を介して、イメージが、フレネル回折がしないしている位置において形成されるときにはフレネル型変換を介して、又は、いかなる他の適切な変換によって、逆に伝播され得る。これは、ステップS714において図示されている。そして、ステップS715に上に示されていた更新関数に従って、 $O(r)$ の駆動推定は補正され、結果が、ステップS716において図示された物体関数の新規な推測となる。

【0054】

この段階において、照射位置又は開口部の更なる移動が、第3の位置又は他の位置に対してなされ得る。以前に照らされた位置の間においていくつかの重複が生じる位置が、好ましい。このように、すべての標的物体が任意にマップされ得る。あるいは、ステップS716で作成された新規な推測は、既知の回折パターン結果を知ることなく、繰り返され得る。図3において、反復方法は、ステップS702に戻ることによって繰り返されるものとして、図示されている。当該ステップS702において、ステップS716で作成された新規推測は、ステップS700で供給された物体関数の初期の推定よりも、むしろ乗法ステージに入力される。

【0055】

反復方法は、所定の事象が生ずるまで、繰り返され得る。例えば、反復は、所定の回数

、例えば、1000回繰り返され得るし、又は、誤差二乗和 (SSE: sum squared error) が十分小さくなるまで繰り返され得る。SSEは、以下の式(9)のように、平面2内において測定される、

【0056】

【数9】

$$SSE = \frac{(|\psi_{g,n}(k,R)|^2 - |\psi(k,R)|^2)^2}{N} \quad (9)$$

10

【0057】

ここで、Nは、波動関数を表すアレイにおけるピクセル数である。

【0058】

反復処理の間、物体関数に関する最新の推測は、その物体関数に対して駆動推定を提供する。所定の事象の発生によって判定される際に、反復処理が完了されたとき、物体関数の駆動推定は、入射放射線に照らされ又は標的物体の後側の開口部の位置によって選択される位置におけるイメージデータを提供する。このイメージデータは、振幅及び位相の情報を含む。当該振幅及び位相の情報は、標的物体の選択された領域に関する高解像度画像を作成するのに後に使用され得る。

【0059】

20

しかしながら、上述したように、上記アルゴリズムを多くの回数、例えば、1000回駆動することは、相当の計算時間を要する大きな計算負荷を意味している。物体関数のより速い計算を可能にする方法及びアルゴリズムについて、説明する。

【0060】

本発明に係るアルゴリズムの実施形態は、異なるnの位置 $R_1 \dots R_n$ における開口部により形成された回折パターンに影響する。ここで、nは2以上である。アルゴリズムの実施形態が、入射放射線を標的物体31の異なる領域に照射することによって形成された回折パターンにも利用され得ることが明確に理解されるであろう。上述したように、各開口部の位置は、以前の開口部の位置と少なくとも部分的に、望ましくは少なくとも20%以上、さらに望ましくは少なくとも50%だけ重複するべきである。

30

【0061】

図4に示すように、方法はステップ401において開始する。

【0062】

ステップ402において、n個の開口部位置 $R_1 \dots R_n$ が、mの領域 $S_1 \dots S_m$ に分割され、又はmの領域 $S_1 \dots S_m$ に配置される。m個の領域を分割する必要はないので、各々が、同じ数の開口部の位置を含む。そのようにすることは、全計算時間が最速となるであろう。いくつかの実施形態においては、m個の領域は、各開口部の位置を厳密に1回含み得る。すなわち、m個の領域のすべてが、厳密に、 $R_1 \dots R_n$ である。

【0063】

本願発明の実施形態について図示するため、4つの異なる開口部位置 $R_1 \dots R_4$ を用いる1つの例について説明する。4つの異なる開口部位置 $R_1 \dots R_4$ は、2つの領域 S_1 、 S_2 にグループ化される。したがって、当該一例において、 $n = 4$ であり、かつ、 $m = 2$ である。図5は、4つの領域501 - 504の例示を示している。ここで、 $R_1 = 501$ 、 $R_2 = 502$ 、 $R_3 = 503$ 、及び $R_4 = 504$ である。尚、4つの領域の形状及び配置は、単なる一例であって、それらの重複の度合いは、単に例示のために示されている。ステップ402において、4つの開口部位置 $R_1 \dots R_4$ は、2つの領域 S_1 、 S_2 に分割されているので、 S_1 は、 R_1 及び R_3 を含み、 S_2 は、開口部の位置 R_2 及び R_4 を含む。尚、開口部の位置は、領域に任意に割り当てられている。例えば、 S_1 は開口位置の R_1 と R_4 を含むであろうし、領域と開口部の位置との位置関係等の相互関係は全く必要とされない。

40

【0064】

50

ステップ 403において、異なる開口部位置におけるプローブ関数に関する重み関数 $w_N(r-R)$ は、各開口部の位置に対して計算される。各々の領域に対する重み関数 $w_s(r, S_m)$ は、計算される。重み付けの目的は、物体関数が最も強固に更新されることを生じせしめることである。物体関数が最も強固に更新される際に、プローブ関数は、最大振幅を有する、すなわち、より多くの情報を伝送する。

【0065】

更に詳細に説明すると、すべての開口部の位置に対する全重みは、式(10)に従って計算される。

【0066】

【数10】

10

$$W_t(r) = \sum_{R=R_1 \cdots R_n} w(r-R) \quad (10)$$

【0067】

ここで、 n 個の異なる開口部の位置が存在し、 $w(r-R)$ は、特定の開口部の位置 R に対する個々の重み付け因子であり、式(11)によって与えられる。

【0068】

【数11】

20

$$w(r-R) = \beta \frac{|P(r-R)|^l}{|P_{\max}(r-R)|^l} \quad (11)$$

【0069】

この重み付け因子は、定義及び意味において、従来技術において見出されたものと同一であり、重み付け因子は、スカラー変数ではなく、物体関数が最も強固に更新されることを生じせしめる。物体関数が最も強固に更新される際には、プローブ関数は、最大振幅を有する。重み付け因子は、先に示したように、本質的には、及び 1 によって修正された

30

プローブ関数の規格化されたバージョンである。

【0070】

すべての開口部の位置における規格化され且つ重み付けされたプローブ関数は、式(12)によって計算される。

【0071】

【数12】

$$w_N(r, R) = \begin{cases} \frac{w(r-R)}{W_t(r)} & \text{for } W_t(r) \neq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (12)$$

40

【0072】

$w_N(r-R)$ の条件付きの割り当ての目的は、0 で割られることを防止することであり、これは、 $W_t(r) = 0$ である場合に生ずる。

m 領域の各々に対して、重み関数は、以下の式(13)によって計算される。

【0073】

【数 1 3】

$$w_S(r, S_m) = \sum_{R \in S_m} w_N(r, R) \quad (13)$$

【0 0 7 4】

ここで、 S_m は、 m 番目の領域である。
したがって、実施例に対して、領域 S_1 の重み付けは、以下の式 (14) によって与えられる。

10

【0 0 7 5】

【数 1 4】

$$w_S(r, S_1) = w_N(r, R_1) + w_N(r, R_3) \quad (14)$$

【0 0 7 6】

一方、領域 S_2 の重み付けは、以下の式 (15) によって与えられる。

【0 0 7 7】

20

【数 1 5】

$$w_S(r, S_2) = w_N(r, R_2) + w_N(r, R_4) \quad (15)$$

【0 0 7 8】

いくつかの実施形態においては、開口位置重み関数を計算するのに用いられる式 (10) - (12) は、先見的に予め計算され得る。すなわち、重み関数は、アルゴリズムが開始することが望まれる前に、予め判定され得るので、計算時間が節約される。第 1 の実施形態において、式 (13) - (15) は、前もって計算され得る。これは、領域間における開口部の位置の割り当ては、アルゴリズムの反復中、変化しないからである。

30

【0 0 7 9】

ステップ 404 において、各領域に対する中間的な物体関数の計算は、2 つ以上の計算ユニットの中から選択された計算ユニットに割り当てられる。アルゴリズムの繰り返して行われる反復中に、各領域に対する中間的な物体関数は繰り返して計算されるだろう。中間的な物体関数の計算を、繰り返して行われた反復を介して、特定の計算ユニットに割り当てることが便利である。アルゴリズムは、このように抑制されない。すなわち、第 1 の計算ユニットは、第 1 の反復中に、領域 S_1 に対する中間的な物体関数を計算し得るし、第 1 の反復中の領域 S_1 に対する中間的な物体関数の当該計算は、第 2 の計算ユニットによって実行され得る。

40

【0 0 8 0】

計算ユニットという用語は、独立した計算を実行することが可能であるユニットを意味していると、理解される。例えば、個々のプロセッサが、計算ユニットを代表し得る。しかしながら、マルチコアプロセッサのコアは、計算ユニットをも代表し得る。マルチコアプロセッサのコア又は個々のプロセッサのアーキテクチャの組み合わせも、使用され得る。その上、計算ユニットは、互いにローカルであってもよい、すなわち、バス相互接続され得るし、又は、遠隔的に設けられ得るし、例えば、LAN 又は WAN ネットワーク等のネットワークの有線の若しくは無線の通信媒体によって共に接続され得る。

【0 0 8 1】

1 つの実施形態において、各計算ユニットは、各領域に対する中間的な物体関数を計算

50

する。しかしながら、他の実施形態において、1つ以上の計算ユニットは、これら計算ユニットの実行速度に依存して、1つ以上の領域に対する中間的な物体関数を計算し得る。各計算ユニットが、それが他の計算ユニットとほぼ同時に割り当てられた1つ以上の領域に対する中間的な物体関数を計算するステップを終了するように、計算ユニットの計算負荷のバランスをとることが望ましいであろうことがさらに理解されるであろう。これにより、異なる実行速度を有する計算ユニットは、組み合わせて使用されることが可能となる。

【0082】

実施例として、中央計算ユニット及び2つのスレーブ計算ユニット602、603を含む図6に、配置が示されている。当該実施例において、中央計算ユニットは、図4に図示された方法のステップ402 - 404を実行することを含み、スレーブ計算ユニット602、603の各々は、説明した実施例の各領域 S_1 、 S_2 に対する中間的な物体関数を平行して計算する。「中央の」及び「スレーブ」という表示は、中央計算ユニット601に対するスレーブ計算ユニット602、603のすべての機能的な相互依存性、又は、計算ユニット間のあらゆる性能階層構造を意味していない。例えば、中央計算ユニット601は、スレーブ計算ユニット602、603と同一であり得る。その上、例示的配置は、 m 領域の各々に対して2つの領域 S_1 、 S_2 に関する例示を目的として用いられており、当該 m 領域の各々に対して、中間的な物体関数が、それぞれのスレーブ計算ユニット602、603と、中央計算ユニット601によって使用される中間的な物体関数とによって計算されて、各領域に対する中間的な物体関数又は組み合わされた物体関数を計算するだろう。中央計算ユニット601は、1つの領域に対する中間的な物体関数を計算して、スレーブ計算ユニット602の1つによって他方の領域に対して計算された中間的な物体関数を使用して、組み合わされた物体関数を計算して、必要とされるスレーブ計算ユニットの数を低減せしめることが十分理解されるであろう。

【0083】

ステップ405において、計算ユニットは、すべての領域に対する中間的な物体関数の推定を平行して計算する。

【0084】

各領域に対して、WO2005/106531のアルゴリズムが利用される。当該WO2005/106531のアルゴリズムは、物体関数の推測及び周知のプロープ関数から開始し、2を掛けて、第1の平面内の推定された出口波動関数を形成し、その出口波動関数を変換して、第2の平面内の出口波動関数を形成するステップを含む。当該第2の平面内の出口波動関数は、当該関数を逆変換する前に、第2の平面における波動関数の測定強度に対して補正されて、特にステップ700 - 706に関して説明したように、第1の平面内の出口波動関数の改良された推定が、取得される。より詳しくは、図3及びWO2005/106531を参照されたい。

【0085】

WO2005/106531は、 $j + 1$ 番目の反復に対する物体関数を更新するのに使用される式(16)を与えている。

【0086】

【数16】

$$O_{g,j+1}(r) = O_{g,j}(r) + \frac{|P(r-R)|^l P^*(r-R)}{|P_{\max}(r-R)|^l (|P(r-R)|^2 + \delta)} \beta(\psi_{c,j}(r,R) - \psi_{g,j}(r,R)) \quad (16)$$

【0087】

これは、以下の式(17)により書き換えられえる。

【0088】

【数 17】

$$O_{g,j+1}(r) = O_{g,j}(r) + w(r-R) \left(\frac{P^*(r-R)}{|P(r-R)|^2 + \delta} \Psi_{c,j}(r, R) - \frac{|P(r-R)|^2}{|P(r-R)|^2 + \delta} O_{g,j}(r) \right) \quad (17)$$

【0089】

一般性を損失することなく、我々は、n個の開口部の位置があるときの書き換えられた式(17)の適用を考慮し、我々は、i回の反復に取り組むことを希望する。

【0090】

10

本発明の実施形態において、m番目の領域

【0091】

【数 18】

$$\tilde{O}_{g,m,j}$$

【0092】

における開口部の位置に対するjのステップ後の中間的な物体関数の推定が、m番目の領域における開口部の位置に対して、図3に示されたように計算され得る。各領域に対する中間的な物体関数を計算するためには、以前の反復

【0093】

20

【数 19】

$$\tilde{O}_{g,m,1} = O_{g,i}$$

【0094】

からの物体関数の結果が、利用される。アルゴリズムの第1の反復に対して、物体関数は、すべてのポイントrにおいて均一であり得るし、又は、各ポイントにおいてランダムに選択され得る。また、他の初期値が使用され得る。さらに、各領域に対する初期の物体関数は、その値が異なり得ることに留意すべきである。したがって、中間的な物体関数

【0095】

【数 20】

30

$$\tilde{O}_{g,m,j}$$

【0096】

が、式(18)を用いてm番目の領域に対して更新される。

【0097】

【数 21】

$$\tilde{O}_{g,m,j+1}(r) = \tilde{O}_{g,m,j}(r) + w(r-R) \left(\frac{P^*(r-R)}{|P(r-R)|^2 + \delta} \Psi_{c,j}(r, R) - \frac{|P(r-R)|^2}{|P(r-R)|^2 + \delta} \tilde{O}_{g,m,j}(r) \right) \quad (18)$$

40

【0098】

ここで、

【0099】

【数 2 2】

$$j \in 1, \dots, \frac{n}{m} - 1, \quad R = R_{f(j)}$$

【0 1 0 0】

であり、 $f(j) = \text{mod}(j, n)$ であり、 mod は、 n で割った整数後の j の係数 (剰余) を表している。

【0 1 0 1】

n/m が整数でない場合、 j の最大値は適切に選択され得る。例えば、2 つの領域と 5 つの開口位置 ($m = 2, n = 5$) を含む例示的实施形態において、1 つの領域は、3 つの開口部の位置を含むものの、他方の領域は、2 つの開口部の位置を含む。3 つの開口部の位置を含む領域に対して、 j は、1、2、及び 3 の値を推定するのに必要であろうが、他の領域 j は、1 及び 2 の値を推定するのに必要であろう。したがって、各領域に対する j の最大値は適切に選択され得る。

10

【0 1 0 2】

ステップ 4 0 5 の結果、すべての領域に対する中間的な物体関数の推定が、計算された。したがって、当該実施例に対して、第 1 のステップ $j = 1$ の後に、領域 1 の中間的な物体関数の推測である

【0 1 0 3】

【数 2 3】

$$\tilde{O}_{g,1,1}$$

20

【0 1 0 4】

と、領域 2 の中間的な物体関数の推測である

【0 1 0 5】

【数 2 4】

$$\tilde{O}_{g,2,1}$$

【0 1 0 6】

とが計算されている。

30

【0 1 0 7】

ステップ 4 0 6 において、中間的な物体関数の推定は、反復 i に対する物体関数の推定 $O_{g,i}$ を作成するために結合される。

【0 1 0 8】

中間的な物体関数の推定の組み合わせは、以下の式 (1 9) によって達成され得る。

【0 1 0 9】

【数 2 5】

$$O_{g,i+1} = O_{g,i} + \frac{W_t(r)}{\max(W_t(r))} \left(\sum_{k=1, \dots, m} w_S(r, S_k) \tilde{O}_{g,k,n/m}(r) - O_{g,i} \right) \quad (19)$$

40

【0 1 1 0】

ここで、 $\max(W_t(r))$ は、 r にわたる $W_t(r)$ の最大値である。

【0 1 1 1】

ステップ 4 0 7 において、アルゴリズムが十分な回数繰り返されたかどうか判定される。アルゴリズムは、所定数の反復回数、例えば、1 0 0 0 回、行われ得るし、又は、誤差二乗和 (S S E) が十分小さいときに終了され得る。

【0 1 1 2】

S S E は、以下の式 (2 0) により計算され得る。

50

【 0 1 1 3 】

【 数 2 6 】

$$SSE = \frac{\sum \left(\left| \sum_{k=1, \dots, m} w_S(r, S_k) \tilde{O}_{g,k,nim}(r) \right|^2 - |O_{g,i}|^2 \right)}{N} \quad (20)$$

【 0 1 1 4 】

式 (2 0) において、N は O におけるピクセル数である。

10

【 0 1 1 5 】

テストは、インテル (R T M) C o r e 2 P C を使用するとき、本願発明のある実施形態を使用して、1 回の反復あたり 5 秒まで、1 回の反復あたり 8 5 秒を必要とする上記従来技術の解法が低減されたことを示している。

【 0 1 1 6 】

本発明の第 2 の実施形態について説明する。当該本発明の第 2 の実施形態において、領域の間における開口部の位置の区分化は、頻繁に変更され得る。

【 0 1 1 7 】

第 2 の実施形態において、図 7 a , 7 b に示されるように、開口部の位置は、物体関数の計算の反復の間、領域の間において割り当てられる。開口部の位置の割り当ては、アルゴリズムのすべての反復において固定されている必要はない。例えば、開口部の位置の割り当ては、反復の 5 0 % が実行された後に又は反復の 1 0 % 又は 2 5 % 毎の後に、変更され得る。より好ましくは、開口部の位置は、アルゴリズムの反復毎に、領域の間において割り当てられ得る。領域に対する開口部の位置の割り当ては、所定の方法により又は無作為に実行され得る。

20

【 0 1 1 8 】

方法はステップ 7 0 1 において開始する。ステップ 7 0 2 において、各開口部の位置に対する重み関数が計算される。各開口部に対する重み関数は、前述したように、予め計算され得る。ステップ 7 0 3 において、複数の領域の間における開口部の位置の初期の区分化が、実行される。初期の区分化は、予め決められ得る。その場合、それは、各領域に対する初期の重み関数の計算が、予め計算されることを可能にするだろう。ステップ 7 0 5 において、中間的な物体関数の計算は、第 1 の実施形態のステップ 4 0 4 のように、計算ユニットの間に割り当てられる。ステップ 7 0 6 において、中間的な物体関数の第 1 の計算は、各々の領域に対して並列して実行される。中間的な物体関数は、ステップ 7 0 7 において結合されて、第 1 の反復のための物体関数を形成する。ステップ 7 0 7 において、開口部の位置は、領域において配置転換される。したがって、先に述べた実施例において、領域 S 1 は第 1 の反復において開口部の位置 R 1 及び R 3 を含み得る。そして、当該領域 S 1 は、ステップ 7 0 8 では、第 2 の反復において開口部の位置 R 1 及び R 4 を含むように、変更され得る。開口部の位置の再配置に起因して、領域の重み関数はステップ 7 0 9 で再計算される。領域に対する開口部の位置の所定の配置転換が、利用される場合、配置転換された重み関数は、予め計算されて、ステップ 7 0 9 において使用するためにメモリに記憶され得る。ステップ 7 1 0 において、中間的な物体関数は、各々の領域に対して計算される。当該中間的な物体関数は、ステップ 7 1 1 において組み合わせられて、その反復のために物体関数の推定を形成する。ステップ 7 1 2 において、第 1 の実施形態のステップ 4 0 7 と同様の手法によって、十分な反復が実行されたか否かが判定される。図 7 a , 7 b は、開口部の位置が反復毎の領域間で配置転換されていることを示しているものの、第 2 の実施形態は、このように抑制されないし、配置転換は、所望に応じて実行され得る。

30

40

【 0 1 1 9 】

その反復のために物体関数を作成するために結合される各領域に対する中間的な物体関

50

数の計算に関する利点は、現実の物体における領域間の現実の相互依存性を反映して、中間的な物体関数と、組み合わせられた物体関数との間の相互依存性のレベルが導入されることである。例えば、各領域に対する中間的な物体関数が、式(18)について1000回反復して計算された場合、例えば、各領域に対する物体関数の間の大なる差に見られるように、最終的な物体関数、ディスパリティを生成するために結合された各領域に対する中間的な物体関数が、存在し得る。しかしながら、結合された物体関数を生成するための中間的な物体関数の頻繁な結合は、かかる差を低減する。すなわち、中間的な物体関数が結合されて、当該結合が、各中間的な物体関数を計算するための次の反復の際に使用されるので、各中間的な物体関数が孤立に作成されることが防止される。

【0120】

10

本願発明の実施形態が、ハードウェア、ソフトウェア、ハードウェア及びソフトウェアの組み合わせの形態において、実現され得ることは、十分理解されるだろう。かかるソフトウェアのいずれもが、消去可能であるか若しくは書き換え可能であるかにかかわらず、例えば、ROM等の記憶装置等の揮発性記憶装置又は不揮発性記憶装置の形態において記憶され得るし、又は、例えば、RAM、メモリチップ、デバイス又は集積回路等のメモリの形態において記憶され得るし、例えば、CD、DVD、磁気ディスク若しくは磁気テープ等の光学可読媒体又は磁気可読媒体において記憶され得る。記憶装置及び記憶媒体は、プログラム又は複数のプログラムを記憶するのに適した機械可読記憶装置の実施形態であることが十分理解されるだろう。当該プログラムが実行されると、本発明の実施形態を実装する。従って、実施形態は、先のいずれかの請求項に記載されたシステム又は方法を実装するコードを含むプログラムを提供し、かかるプログラムを記憶する機械読込可能な記憶装置を提供する。さらに、本願発明の実施形態は、有線接続若しくは無線接続において伝達される通信信号等のいずれの媒体を介して電子的に伝達され得る。実施形態は同一のものを適切に包含し得る。

20

【0121】

(添付した特許請求の範囲、要約、及び図面のすべてを含む)本明細書において開示された特徴のすべて、及び/又は、開示されたあらゆる方法及び処理のステップのすべてが、かかる特徴及び/又はステップのうち少なくともいくつかが互いに排他的である組み合わせを除いて、あらゆる組み合わせによって組み合わせられ得る。

【0122】

30

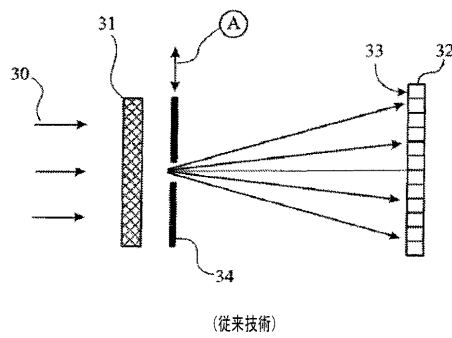
(添付した特許請求の範囲、要約、及び図面のすべてを含む)本明細書において開示された各々の特徴が、明白に述べられていない限り、同一であり同等の目的若しくは類似の目的に有益である代替的特徴によって置換され得る。したがって、明白に述べられていない限り、開示された各特徴は、包括的な一連の均等な若しくは類似の特徴の一例である。

【0123】

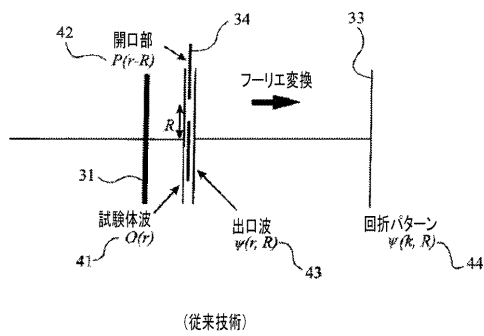
本発明は、前述のいかなる実施形態の詳細にも限定されない。本発明は、(添付した特許請求の範囲、要約、及び図面のすべてを含む)本明細書において開示された特徴のあらゆる新規なもの又はあらゆる新規な組合せに、又は、開示されたあらゆる方法及び処理のステップのあらゆる新規なもの又はあらゆる新規な組合せに及ぶ。特許請求の範囲は、上記の実施形態のみに及ぶだけでなく、特許請求の範囲に記載された発明の範囲内にあるいかなる実施形態においても及ぶものと、解釈されるべきである。

40

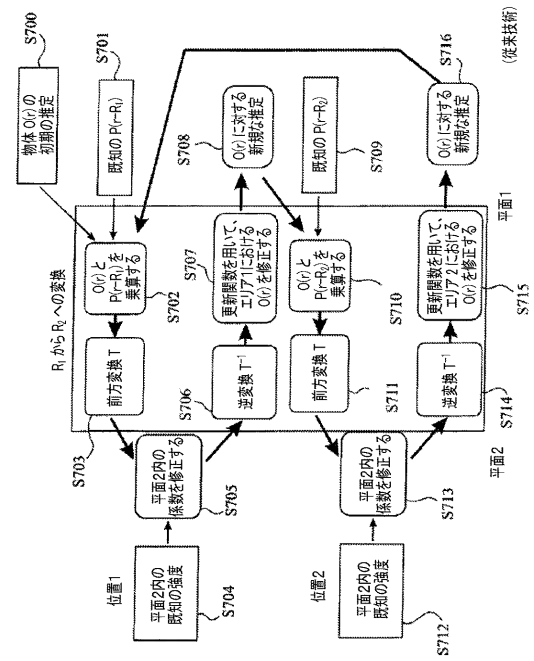
【図 1】



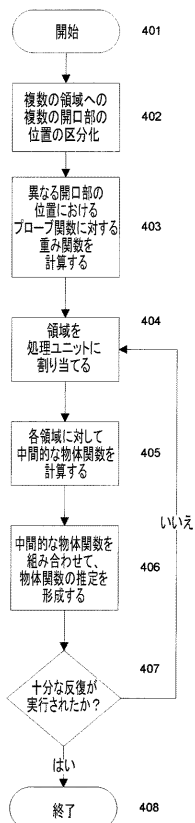
【図 2】



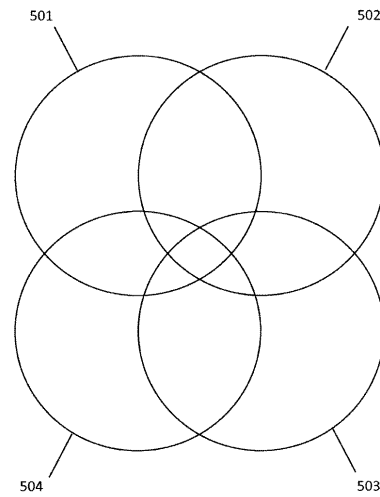
【図 3】



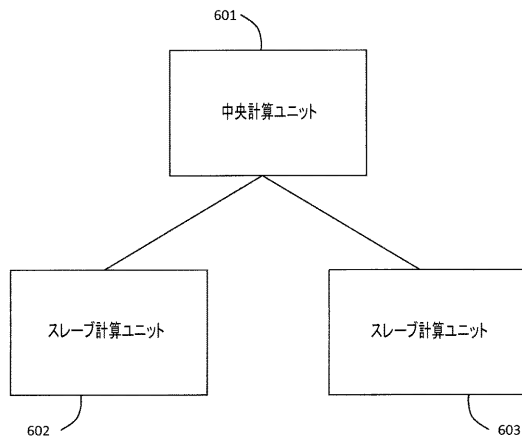
【図 4】



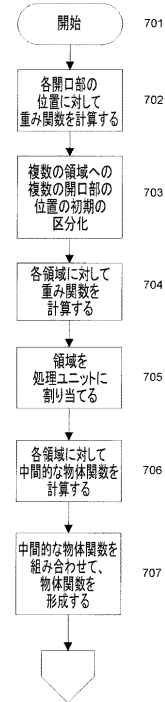
【図 5】



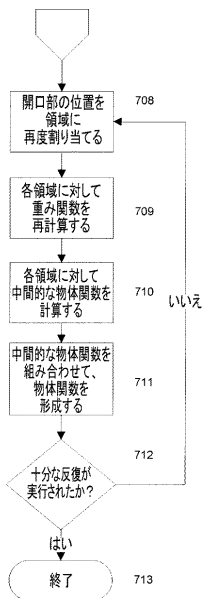
【図 6】



【図 7 a】



【図 7 b】



フロントページの続き

(72)発明者 ポール ロバーツ
イギリス シーピー 2 2 7 ジー ジー ケンブリッジシャー ケンブリッジ ハーストン ハース
トン ミル (番地なし) サゲンティア リミテッド

(72)発明者 アンドリュー メイデン
イギリス シーエー 1 0 3 イーエックス カンブリア ペンリス ニュービー コテージ (番地
なし)

審査官 越柴 洋哉

(56)参考文献 特表 2 0 0 7 - 5 3 4 9 5 6 (J P , A)
特表 2 0 1 0 - 5 2 8 2 7 9 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
G 0 1 N 2 3 / 0 0 - 2 3 / 2 2 7