

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6072814号
(P6072814)

(45) 発行日 平成29年2月1日(2017.2.1)

(24) 登録日 平成29年1月13日(2017.1.13)

(51) Int.Cl.

G O 1 B 11/25 (2006.01)

F 1

G O 1 B 11/25

H

請求項の数 5 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2014-541042 (P2014-541042)
 (86) (22) 出願日 平成24年8月24日 (2012.8.24)
 (65) 公表番号 特表2014-534448 (P2014-534448A)
 (43) 公表日 平成26年12月18日 (2014.12.18)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2012/052178
 (87) 國際公開番号 WO2013/070301
 (87) 國際公開日 平成25年5月16日 (2013.5.16)
 審査請求日 平成27年6月15日 (2015.6.15)
 (31) 優先権主張番号 13/293,308
 (32) 優先日 平成23年11月10日 (2011.11.10)
 (33) 優先権主張国 米国(US)
 (31) 優先権主張番号 13/525,590
 (32) 優先日 平成24年6月18日 (2012.6.18)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 507224587
 ケアストリーム ヘルス インク
 アメリカ合衆国 ニューヨーク ロヂエス
 ター ベローナ ストリート 150
 (74) 代理人 110001210
 特許業務法人 Y K I 国際特許事務所
 (72) 発明者 ミルヒ ジェームズ アール
 アメリカ合衆国 ニューヨーク ロヂエス
 ター ベローナ ストリート 150 パ
 テント リーガル スタッフ内
 審査官 神谷 健一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光学マルチライン法を用いた3D口腔測定

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

表面に従ってセンサ画素アレイを照射画素アレイにマッピングする方法であって、前記センサ画素アレイ上の複数の画素の中のそれぞれの画素を、前記照射画素アレイ上の画素の順序付けされたk組のグループの対応するグループに割り当てることにより、グループマッピングを形成することであって、画素のそれぞれのグループは、前記照射画素アレイ上のp個の隣接する画素である、グループマッピングを形成することと、2個以上のグループインデックスパターンの配列を投影することにより、グループマッピングを形成することであって、それぞれの画素の順序付けされたk組のグループについて、それぞれの投影されたグループインデックスパターンは、画素の前記グループのうちの少なくとも2つにおいては、照射画素を有さず、画素の(k-1)個未満のグループにおいては、2個から(p-1)個の隣接する照射画素を有し、投影されたグループインデックスパターンの前記配列は、前記k組のグループのそれぞれからの照射画素を用いる、グループマッピングを形成することと、

前記2個以上のグループインデックスパターンの配列が投影された表面の2個以上のグループインデックス画像の配列を記録することと、

それぞれのマルチラインパターンが、それぞれのグループ内に線を投影する、少なくともp個のマルチラインパターンが投影された前記表面の少なくともp個のマルチライン画像を記録することと、

前記記録されたマルチライン画像にある線を、前記グループマッピングに従って、前記

10

20

投影されたマルチライン画像にある線に相関させることと、

k 及び p は 3 に等しいか又はそれ以上の整数である前記相関を、格納、表示又は送信することと、を含む、方法。

【請求項 2】

前記グループマッピングを生成することは、少なくとも第 1 及び第 2 のブロック画像を投影及び格納することをさらに含み、それぞれのブロック画像は、同時に照射されている所定数の接触している画素のグループと、同時に通電停止されている所定数の接触している画素のグループとによるパターンを有し、かつ前記第 2 のブロック画像についての前記パターンは、前記第 1 のブロック画像についての前記パターンと前記所定数の半分のグループだけ推移させる、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 3】

前記相関させられて記録された少なくとも p 個のマルチライン画像を用いて前記表面の表面輪郭画像を生成することをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記 2 つ以上のグループインデックス画像の配列及びマルチライン画像を、異なる電力レベルで投影することをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

表面に従ってセンサ画素アレイを照射画素アレイにマッピングする方法であって、前記方法は少なくとも部分的にコンピュータ上で実行され、

暗画像及び平坦画像を投影及び記録することにより、前記センサ画素アレイの応答を特徴付けることと、

20

前記センサ画素アレイ上の複数の画素の中のそれぞれの画素を、順序付けされた 1 組のグループの対応するグループに割り当てるにより、グループマッピングを形成することであって、

(a) それぞれのグループインデックス画像が 1 個から ($p - 1$) 個の隣接する照射画素を有する、1 つのグループインデックス画像を、それぞれの組から一度に投影及び記録することと、前記投影及び記録を少なくとも k 回連続して繰り返すことと、

(b) 少なくとも第 1 及び第 2 のブロック画像を投影および記録することであって、それぞれのブロック画像が、同時に照射されている k 個の接触している画素のグループと、同時に通電停止されている k 個の接触している画素のグループとによるパターンを有し、かつ第 2 のブロック画像についての前記パターンは、前記第 1 のブロック画像についての前記パターンから $k / 2$ グループだけ推移される、投影および記録することと、により、それぞれのグループが、前記照射画素アレイ上の 1 組の p 個の隣接する画素によって画定され、かつそれぞれの順序付けされた組が k 個のグループを有する、グループマッピングを形成することと、

30

少なくとも p 個のマルチライン画像を前記表面に投影及び記録することであって、それぞれのマルチライン画像は、それぞれのグループ内に線を投影する、投影及び記録することと、

前記記録されたマルチライン画像の中の線を、前記グループマッピングに従って、前記投影されたマルチライン画像の中の線に相関させることと、

40

k 及び p は 2 に等しいか又はそれ以上の整数である、前記相関を、格納、表示又は送信することと、を含む、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は概して表面形状イメージングに関し、より具体的には口腔表面イメージング及び測定に関する。

【背景技術】

【0002】

医療、産業及び他の用途において、種々の種類の物体から表面の凹凸の情報を取得する

50

ための技術が開発されてきた。光学式3次元(3-D)測定は、表面上に向けられた光のパターンから取得される画像を用いて、形状及び深度情報を提供する。種々の種類のイメージング法が一連の光のパターンを生成し、焦点又は三角法を用いて、照射された領域についての表面形状の変化を検知する。

【0003】

縞投影イメージングは、パターン化又は構造化した光及び三角測量を用い、種々の種類の構造について表面の凹凸の情報を取得する。縞投影イメージングでは、干渉縞又は回折格子の線のパターンが、物体の表面に向かって所与の角度から投影される。等高線の概観に基づいて表面情報を分析するため、表面から投影されたパターンは、三角測量を駆使し、別の角度から凹凸画像(輪郭画像)(contour image)として見られる。投影されたパターンが新規の地点で追加的な測定を得るために增加的に空間的に変動する移相は、表面凹凸マッピングを完了するため及び凹凸画像の全体の解像度を上げるために用いられる、縞投影イメージングの一部として典型的に適用される。10

【0004】

縞投影イメージングは、硬く、極めて不透明な物体の表面凹凸イメージングに用いられ、人体のいくつかの部分の表面凹凸のイメージングのために及び皮膚構造についての詳細なデータを取得するために用いられてきた。しかしながら、いくつかの技術的障害により、歯の縞投影イメージングの効率的な使用が妨げられてきた。歯科の表面イメージングの1つの具体的な挑戦は、歯の透光性に関する。透光性のある又は半透光の材料は概して、縞投影イメージングにはとりわけ厄介なものとして知られる。透光性のある構造における表面下散乱は、全体の信号対ノイズ(S/N)比を下げるがあり、光強度を推移させ、不正確な高さデータをもたらすことがある。別の課題は、種々の歯表面についての高レベルの反射に関する。極度に反射的な材料、とりわけ空洞のある反射的構造は、この種類のイメージングのダイナミックレンジを低減せざることがある。20

【0005】

光学的な観点からすると、歯の構造自体が縞投影イメージングについてのいくつかの追加的な挑戦を提示する。歯はその時々において、異なる表面及び表面の部分に沿って、濡れていることも乾いていることもある。歯の形状はしばしば不規則であり、鋭い縁を持つ。上述したように、歯は光と複雑に相互作用する。歯の表面の下を貫通する光は、透光性のある歯の材料内で分散を受ける傾向がある。しかも、歯の表面の下の不透明な特性からの反射が発生することがあり、感知信号を悪化させるノイズを加える。30

【0006】

歯の凹凸イメージングのための縞投影を有効にするために試みられてきた1つのは正措置は、歯の表面自体の反射特性を変化させるコーティングの塗布である。歯の凹凸イメージングシステムは、表面凹凸イメージングに先立ち、歯の表面に塗料又は反射的粉末を塗布する。縞投影イメージングを目的として、この追加されたステップは、歯の不透明さを強調し、上述した分散された光効果を低減する。しかしながら、短所が存在する。コーティング粉末又は液体を塗布するステップは、歯の凹凸イメージングの過程に費用及び時間を追加する。コーティング層の厚さが全体の歯の表面にわたりしばしば不均一であるため、測定エラーが容易に生じる。また、塗布されたコーティングは、凹凸イメージングを促進する一方で、歯の他の問題を隠すことがあり、よって取得されることができる有用な情報の全体量を減少させることがある。40

【0007】

歯のコーティング又は他の種類の表面調整が用いられる場合でさえも、しかしながら、歯表面の明白な凹凸のために、結果が失望的であることがある。歯表面のすべての上に十分な量の光を提供することと、歯表面のすべてから反射して戻ってきた光を感知することは、難しいことがある。歯の異なる表面は、互いに90度の角度を向くことがあり、歯のすべての部分を正確にイメージングするために必要な光を当てることを難しくする。

【0008】

追加されたコーティング又は歯表面の他の調整を塗布する必要なしに、正確な歯表面の50

凹凸イメージングを提供する装置及び方法が好ましいということが理解されよう。いくつかの利点は、速度の向上と、従来の方法の費用および不都合の低減を含み得る。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 9】

【特許文献 1】米国特許第 6 , 5 1 0 , 2 4 4 号明細書

【特許文献 2】米国特許出願公開第 2 0 0 5 / 0 2 5 4 7 2 6 号明細書

【特許文献 3】米国特許出願公開第 2 0 1 0 / 0 0 3 4 4 2 9 号明細書

【特許文献 4】米国特許出願公開第 2 0 0 9 / 0 3 2 2 8 5 9 号明細書

【特許文献 5】米国特許出願公開第 2 0 0 7 / 0 0 5 7 9 4 6 号明細書

10

【特許文献 6】米国特許第 7 , 1 4 6 , 0 3 6 号明細書

【特許文献 7】米国特許出願公開第 2 0 0 9 / 0 1 0 3 1 0 3 号明細書

【特許文献 8】米国特許出願公開第 2 0 1 0 / 0 0 8 5 6 3 6 号明細書

【特許文献 9】特開 2 0 0 9 - 0 9 8 1 4 6 号公報

【特許文献 10】欧州特許第 2 0 5 1 0 4 2 号明細書

【特許文献 11】米国特許第 5 , 3 7 2 , 5 0 2 号明細書

【特許文献 12】米国特許出願公開第 2 0 1 0 / 0 2 5 3 7 7 3 号明細書

【特許文献 13】米国特許出願公開第 2 0 0 9 / 0 2 3 8 4 4 9 号明細書

【特許文献 14】米国特許出願公開第 2 0 0 7 / 0 0 9 1 3 1 9 号明細書

【特許文献 15】米国特許出願公開第 2 0 0 5 / 0 0 9 9 6 3 8 号明細書

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 1 0】

本発明の目的は、歯及び関連する口腔構造の表面凹凸検知技術を前進させることである。本発明の実施形態は、照射デバイスからの画素地点を使い、画素地点をデジタルイメージングアレイ上により厳密にマッピングすることを支援する、歯表面を光パターンの配置で照射することにより、歯についての 3 - D 表面情報を提供する。好都合に、本発明の実施形態は、周知の照射及びイメージングコンポーネント配置とともに用いられることができ、従来の凹凸検知方法と比較された場合、感知パターンの曖昧さを低減する補助として適合する。

30

【0 0 1 1】

これらの目的は、説明のための例として与えられたもので、かかる目的は、本発明の 1 つ以上の実施形態の模範であり得る。他の所望される目的及び開示された発明によって本質的に達成される利点は、当業者であれば思いつき、又は明白となり得る。本発明は、添付の特許請求の範囲によって画定される。

【課題を解決するための手段】

【0 0 1 2】

本発明の一態様によれば、表面に従ってセンサ画素アレイを照射画素アレイにマッピングするための方法であって、前記方法は少なくとも部分的にコンピュータ上で実行され、センサアレイ上の複数の画素の中のそれぞれの画素を、順序付けされた 1 組のグループの対応するグループに割り当てるにより、グループマッピングを形成することであって、それぞれのグループは、照射画素アレイ上の 1 組の p 個の隣接する画素として画定され、かつそれぞれの順序付けされた組は k 個のグループを有する、グループマッピングを形成することと、2 個以上のグループインデックス画像の配列を投影及び記録することにより、グループマッピングを形成することであって、それぞれの k 個のグループの順序付けされた組について、それぞれの投影されたグループインデックス画像は、グループのうちの少なくとも 2 つにおいては照射画素を有さず、(k - 1) 個未満のグループにおいては 2 個から (p - 1) 個の隣接する照射画素を有し、投影されたグループインデックス画像の配列は、k 個のグループのそれからの照射画素を用いる、グループマッピングを形成することと、k 及び p は、3 に等しいか又はそれ以上の整数である、相関をコンピュー

40

50

タでアクセス可能なメモリの中に格納することと、を含む、方法が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0013】

上述したことおよび本発明の他の目的、特徴、および利点は、付属の図面において図示されるように、以下の本発明の実施形態のより具体的な説明から明白となろう。

図面の要素は、互いに関連して必ずしも縮尺通りではない。

【図1】表面に従ってセンサ画素アレイを照射アレイにマッピングすることを示す概略図である。

【図2A】光の単一の線を持つ歯表面の照射である。

【図2B】光の複数の線を持つ歯表面の照射である。

10

【図3】本発明の実施形態に従って、表面凹凸イメージングデータを取得するための順番を示す論理フロー図である。

【図4】イメージング装置を示す概略図である。

【図5】画像投影及び記録の順番を示す論理フロー図である。

【図6】イメージングセンサアレイ上の画素列の一部分を示す概略図である。

【図7】グループマッピングのための同相バイナリ投影パターンを示す概略図である。

【図8】第2の位相不一致の組のバイナリ投影パターンを示す概略図である。

【図9】单一投影バイナリパターンである。

【図10A】マルチライン画像を形成するための照射アレイの一部分である。

【図10B】マルチライン画像を形成するための照射アレイの別の一部分である。

20

【図11】例示的なマルチライン画像の平面図である。

【図12】歯の上に投影されたマルチライン画像の平面図である。

【図13】歯の上に投影されたマルチライン画像の別の平面図である。

【図14】バイナリパターン画像及びマルチライン画像からのデータがどのように組み合せられるかを示す概略図である。

【図15A】コーティングされていない歯とコーティングされた歯の比較結果である。

【図15B】コーティングされていない歯とコーティングされた歯の比較結果である。

【図16】図15A及び図15Bの結果を組み合わせた差の写像である。

【図17】本発明の実施形態に従って、凹凸画像を形成するためのステップを示す論理フロー図である。

30

【図18A】選択的なブロック画像の中に投影された照射パターンである。

【図18B】図18Aの照射パターンを用いて取得された歯の画像である。

【図19A】グループインデックス画像の中に投影された照射パターンである。

【図19B】図19Aの照射パターンを用いて取得された歯の画像である。

【図20A】マルチライン画像の中に投影された照射パターンである。

【図20B】図20Aの照射パターンを用いて取得された歯の画像である。

【図21A】本発明の実施形態に従って、インデックス画像がどのように形成されるかを示す概略画像である。

【図21B】マルチライン画像がどのように形成されるかを示す概略画像である。

【図22A】画素照射パターンをグループインデックスとマルチライン画像とで比較した概略図である。

40

【図22B】画素照射パターンをグループインデックスとマルチライン画像とで比較した概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

本願は、参照により全体として本願に組み込まれる、2011年11月10日に出願された、M il chの「3D INTRAORAL MEASUREMENTS USING OPTICAL MULTILINE METHOD」と題する本発明の譲受人に譲渡された米国特許出願第13/293,308の一部継続出願である。

【0015】

50

以下は、本発明の好ましい実施形態の詳細な説明であり、図面について参照がなされ、同一の参照番号はいくつかの図のそれぞれにおける構造の同一の要素を特定する。「第1の」、「第2の」等の用語は、いかなる選択的、順次的又は優先関係をも意味せず、単純により1つの要素又は要素の組を別のものと明確に区別するために使用される。

【0016】

概略図1は、単一の線の光Lの例とともに、表面の凹凸情報を取得するためにパターン化された光がどのように用いられるかを示す。照射アレイ10がパターン化された光を表面20の上に向けられるとマッピングが取得され、対応する線L'の画像がイメージングセンサアレイ30上に形成される。イメージングセンサアレイ32上のそれぞれの画素32は、表面20による変調に従って、照射アレイ10上の対応する画素12に対応付けられる。画素の位置の推移は、図1に表されるように、表面20の凹凸についての有用な情報を生じる。図1に示される基本パターンは、さまざまな照射光源及び配列を用い、1つ以上の異なる種類のセンサアレイ30を用いて、いろいろな手法で実装されることができるということが理解されよう。照射アレイ10は、液晶アレイやデジタルマイクロミラーアレイ等、テキサス州ダラスのTexas Instruments社によるデジタルライトプロセッサ(Digital Light Processor)又はDLPデバイスを用いて提供される、光変調のために用いられるいくつかの種類のアレイのいずれかを利用することができる。この種類の空間光変調器は、照射バスの中で用いられてマッピング配列のために必要に応じて光パターンを変更する。

【0017】

図2A及び図2Bは、パターン化された光を用いて人間の歯から表面構造情報を取得する従来の取り組みによる1つの問題の態様を示す。図2Aは、歯の縁の照射の明白な推移がある、歯の上への单一の光の線14による照射を示す。歯の全体にわたって走査され、走査中に多数の点で画像化される、このような手法による单一の線の投影は、表面領域の部分についての正確な情報を提供することができるが、しかしながら、この方法でさえも、線セグメントがどこで互いに分離したかなどのいくつかの情報は失われる。図2Bは、複数の光の線によるパターンを用いた表面イメージングを示す。表面に沿って突然の遷移が存在する場合、それぞれの照射された線に対応するセグメントを確實に識別することが難しいことがある、不一致が簡単に発生することがあり、表面特性についての不正確な結論を導く。例えば、線セグメント16が線セグメント18と同一の照射の線からのものか、又は隣接する線セグメント24と同一の照射の線からのものか判断することが難しいことがある。

【0018】

本発明の実施形態は、イメージングセンサアレイ上の画素を照射アレイから投影されたラインにより良好に相關させることを支援する、照射された画像の配列を用いて表面凹凸マッピングの問題に対処する。そのために、本発明の実施形態は、バイナリ画像(二値画像)の配置を用いてイメージングセンサアレイ上の画素を照射画素アレイ上の対応する画素とグループ化する。グループマッピングは、センサアレイ上の画素を順序付けされたグループの組に割り当てることにより形成され、それぞれのグループは固定数の画素を有する。グループマッピングは、特定のデータ構造として格納されることができ、又は別様に、データ表現技術の当業者に周知のマッピング技術を用いて、それぞれの画素を特定のグループ構造に関連させるデータに表されてもよい。本願の文脈において、「グループマッピングする」または「グループマッピング」という用語は、画素とグループの関係がいくつかのうちの任意の手法で表わされ、格納されるため、同等であると考慮される。

【0019】

図3のフロー図を参照して、本発明の実施形態に従って、表面凹凸検知について用いられ、少なくとも部分的にコンピュータ上で実行される画像投影、検知及び処理ステップの順番が示される。画像キャプチャステップ40において、以下で説明されるように、操作者はイメージング装置を位置決めし、一連の画像をキャプチャする。n個のバイナリバタ

10

20

30

40

50

ーン 4 6 及び m 個のバイナリパターン 4 8 で構成される画像、及び、 p 個のマルチライン画像 5 4 が任意の順序でキャプチャされることができる。いったん画像がキャプチャされると、画像センサアレイ上の画素が照射アレイ上のピクセルに対応するグループマップ又はマッピングに割り当てられる、画素割り当てステップ 4 4 が実行する。グループマッピングのための画像は、バイナリパターン 4 6 及び 4 8 からのものであり、以下でより詳細に説明される。照射のない追加的な暗画像 3 6 及びフルフレーム照射を持つ平坦画像 3 8 も、以下で説明されるように、信号処理を支援するために取得される。

【 0 0 2 0 】

引き続き図 3 の順番について、1組の p 個のマルチライン画像 5 4 もまた取得され、そこからピーク地点、つまり最も明暗度の高い地点が、位置検知ステップ 5 0 において検知される。マッピングステップ 6 0 が次に凹凸画像を形成し、例えば表示モニタに関連付けられる一時表示メモリ等のメモリの中にそれを格納する。10

【 0 0 2 1 】

図 1 に対して、バイナリパターンは、2つ以上の画素の幅である1つ以上のライトバンド（明るいバンド）を照射アレイ 1 0 上に有する。マルチライン画像は、1画素の幅である1つ以上のライトバンドを照射アレイ 1 0 上に有する。マルチライン画像は、それぞれの画素グループ内に少なくとも1つの明から暗又は暗から明への遷移を有する。

【 0 0 2 2 】

図 4 の概略図は、バイナリパターン 4 6 及び 4 8 並びにマルチライン画像 5 4 を投影及びイメージングするためのイメージング装置 7 0 を示す。制御論理プロセッサ 8 0 、又は他の種類のコンピュータが、照射アレイ 1 0 及びイメージングセンサアレイ 3 0 の動作を制御する。歯 2 2 等の表面 2 0 からの画像データは、イメージングセンサアレイ 3 0 から取得され、メモリ 7 2 の中に格納される。制御論理プロセッサ 8 0 は、受け取った画像データを処理し、マッピングをメモリ 7 2 の中に格納する。メモリ 7 2 から得られた画像は次に、選択的に画面 7 4 上に表示される。メモリ 7 2 はまた表示バッファを含み得る。20

【 0 0 2 3 】

図 5 の論理フロー図は、図 3 で画像キャプチャステップ 4 0 として説明された画像投影及びキャプチャの順番を示し、より詳細には図 4 のイメージング装置 7 0 を用いる。第 1 のバイナリパターン記録ステップ 6 2 は、少なくとも n 個の画像を表面に投影された第 1 の組の n 個のバイナリパターンから記録し、画素間の遷移は、以下で説明されるように、グループ境界でのみ発生する。この n 個の組の画像は、グループ配置と「同相」であると表現される。第 2 のバイナリパターン記録ステップ 6 4 は次に、表面に投影された m 個のバイナリパターンを記録し、m 個のパターンのそれぞれにおける画素間の1つ以上の遷移は、グループ境界からオフセットされるが、やはり以下でより詳細に説明される。この m 個の組の画像は、少なくとも1つの遷移がグループ内にあるグループ配置と「位相不一致」であると表現される。暗画像及び平坦画像記録ステップ 6 5 は次に、暗視野像及び平面視野画像を記録する。記録ステップ 6 2 , 6 4 , 6 5 から記録された画像の組み合わせは次に、図 3 の画素割り当てステップ 4 4 においてグループマップを形成するために用いられる。マルチライン画像記録ステップ 6 6 は、以下でより詳細に説明されるように、少なくとも p 個のマルチライン画像を表面上に投影し、記録する。画像キャプチャに続いて、相関ステップ 6 8 は次に、表面の位置を図 3 のマッピングステップ 6 0 の一部として画像センサアレイ 3 0 上の画素の位置と相関させる。選択的表示ステップ 8 2 は次に、マッピングから取得された表面凹凸を表示する。3040

【 0 0 2 4 】

グループマッピングの形成

図 6 、図 7 及び図 8 の概略図は、本発明の実施形態に従って、グループマップを形成するための処理の種々の態様を示す。図 6 は、表面 2 0 の位置に対応する、イメージングセンサアレイ 3 0 上の画素列 3 2 の一部分を示す。それぞれのグループは、所定の数 p の隣接する画素 3 2 を有し、示されるマッピングの例ではグループごとに 8 個の画素 3 2 を持つ。図 6 ~ 図 8 の縦の点線は、グループ境界を示す。それぞれのグループが、0 、 1 、 2 50

、 . . . 、 (p - 1) と番号付けされた p 個の画素を有するグループ境界で、 1 つのグループの (p - 1) 個目の画素は、列にある次の、又は隣接するグループの 0 個目の画素に隣接し、 1 つの画素が 2 つの隣接するそれぞれのグループの中にある、これらの隣接する画素間の空間が、グループ境界を画定する。グループ境界は、 2 つの隣接するグループによって「共有」されていると考えられる。グループマップを確立するために、投影されたバイナリパターンの 2 つの配列が用いられる。図 7 の概略図は第 1 のパターンを示す。ここで、 1 組の n 個のバイナリパターンからの n 個の画像が照射アレイ 1 0 から投影され、そこではそれぞれの列がグループに従って配置されている。代表的な 8 個の画素を持つグループ G 8 、 G 7 、 G 6 及び G 5 が示され、本例では右から左に降順で番号付けされている。グループ境界で明から暗へ、又は代替的に、暗から明への遷移を有する、それぞれ暗 (オフ又は 0) / 明 (オン又は 1) の帯についてバイナリ 1 , 0 の表示が示される、 n 個のバイナリパターンのうちの 2 つである 4 6 a 及び 4 6 b が示される。拡大部分 E に示される例において、 0 と 1 の間の遷移がグループ境界のみで発生している、バイナリパターン 4 6 a の 0 1 1 0 部分が表示されている。バイナリパターン 4 6 b が順番で次のバイナリパターンであり、 4 6 a のバイナリパターンから 1 ビットのみ変化している。本発明の一実施形態と一貫して、連続するバイナリパターンが、それぞれの連続するパターン (×) が前のパターン (x - 1) から 1 ビットだけ変化するグレイ符号を模倣した順に配置される。このグレイ符号の模倣を用いることは、イメージングセンサアレイ 3 0 上のどの対応する画素が照射アレイ 1 0 図 1 上で画定されたグループに対応付けられるかを判断する際の曖昧さを低減させることを支援するために役立つ。図 7 及び図 8 の 2 進数 1 に対応するバイナリパターン 4 6 a 及び 4 6 b におけるライトバンドは、画素のグループの整数単位で増加する幅を有し、よってライトバンドが照射装置アレイからの 1 、 2 、又は 2 以上の画素のグループと同じ幅となる。 1 つのグループが 8 個の画素を有する図 7 の例では、バイナリパターン 4 6 a 又は 4 6 b のライトバンドは 8 、 1 6 、 2 4 、 3 2 、又は 8 の倍数であるいくつかの他の整数個の画素の幅である。
10

【 0 0 2 5 】

図 8 の概略図は、 m 個のバイナリパターン 4 8 の第 2 の組のうちの 1 つの投影を示す。ここで、 1 つ以上のバイナリ 0 / 1 又は 1 / 0 の画素間の遷移は、グループ境界からオフセットされる。示される例では、グループ G 7 は、グループ G 6 との境界からオフセットされる、対応する遷移にまたがっている。同様に、遷移がグループ G 5 の境界からオフセットされ、このグループの中の画素を遷移の一方の側ともう一方の側とに分割する。このオフセット又は位相不一致のパターンを用いることは、本発明の実施形態の特徴であり、グループ割り当ての起こり得る曖昧さを解決することを支援する、グループ境界のさらなる基準としての機能を果たす。図 9 は、典型的な歯に対する単一の投影されたバイナリパターン 4 6 を示す。
20

【 0 0 2 6 】

本発明の一実施形態と一貫して、アナログフィルタがバイナリパターン画像のそれぞれに適用される。これは、信号内容の低い領域において価値があると認められている。代替的に、この目的のためにデジタルフィルタを用いた閾値化が採用されることができる。
30

【 0 0 2 7 】

平坦画像 3 8 (図 3) の中に、正確な比較をするには低すぎる可能性のある、あるレベルの信号 (「カットオフポイント」) が存在する。このレベルは単に処理ソフトウェアのパラメータとして設定することができる。これはまた、以下で説明されるようにマルチライン画像の中のすべてのピークを見つけ、それらのピーク位置の「平坦」値を観察することによって順応的に計算されることがある。このカットオフポイントより下のレベルの画素は、単に不定である、未知の状態を有すると宣言され、それ以上処理されない。
40

【 0 0 2 8 】

閾値化の後、 n 個のブロック画像はそれぞれの画素で組み合わせられて n ビットの数を形成する。この数は次に符号化テーブルの逆を通じて変換され、対応するグループ番号を特定する。エラーがなければ、これでブロック画像処理は完了する。
50

【0029】

幾何学的に、画像の一方の側から列に沿ってもう一方へ移動した場合、グループ番号は単調に変化しなければならない。（異なる列上の数は一列に並ばない場合があるが、しかしそれぞれの列内でこれらは単調である。）これは、それぞれの列上のグループ数を「校正」することを可能にし、ノイズが予想された単調増加を阻害した場所を捨てる。

【0030】

マルチライン画像

図3及び図5に示された順番について述べたように、少なくとも p 個のマルチライン画像の組が、 n 個の同相及び m 個の位相不一致の画像に加えて表面上に投影される。図10 Aの概略図は、照射アレイ10の单一の列について、それぞれのグループの中の最も左にある画素が照射されて線を形成する、第1のマルチライン画像54aの一部を示す。図10 Bは、それぞれのグループの中の次の画素が照射される、別のマルチライン画像54bを示す。ここで示される例のように、それぞれのグループが8個の画素を有する場合、それぞれのグループの中のそれぞれの画素について1つ、少なくとも8個のマルチライン画像が存在するように、この配置が繰り返される。暗から明又は明から暗の遷移は、マルチライン画像の中の単一の画素幅についてのみであり、線を形成する光のそれぞれのライトバンドは単一の画素の幅である。少なくとも1つの明から暗又は暗から明の遷移がマルチライン画像中の隣接するグループ境界の間に存在するように、それぞれのマルチライン画像がそれぞれのグループ内で単一の線を投影する。概して、それぞれのグループが p 個の隣接する画素を有する場合、少なくとも p 個のマルチライン画像が表面上に投影されかつ記録される。加えて、8個以上のマルチライン画像が、循環的又は他の並びの配列で投影されかつ記録ができる。図11は、照射アレイ10から投影される際、線84がそれぞれのグループ内にあるマルチライン画像54を示す。図12及び13は、表面20上に投影され、イメージングセンサアレイ30によって記録された際の例示的なマルチライン画像54を示す。図12の破線Qは、イメージングセンサアレイ30上の画素の1つの列を表す。

【0031】

本発明の一実施形態と一貫して、マルチライン画像のそれぞれは、それぞれの列におけるそれぞれの強度ピークの位置を特定するために、1組の独立した列として分析される。これは2つのステップで行われる。まず、平滑化フィルタと微分フィルタの組み合わせがピーク信号のある画素を位置特定する。次に、このピークを副画素精度で位置特定するために、特定された画素の周囲の観測点にパラボラがフィットされる。ピークの周囲の背景もまた、相対ピーク高さについての追加的な情報を提供するものと推定される。弱すぎたり、又は別のピークに近すぎたりするピーク候補は、ピークの一覧から外されることができる。分析の結果は、強さのピークが観測される、正確な地点の長いピーク一覧（典型的なイメージングセンサアレイで3万～10万）である。

【0032】

グループマップとピーク一覧の結合

ノイズ又はエラーがなければ、グループとピークデータの結合は、ピーク地点を x 及び y に含む（すなわち、列及び列番号に沿った画素地点）ピーク一覧、ピーク高さ、ピーク幅、及び由来する画像（マルチライン画像1～ p ）によって動作される。それぞれのピークについて、グループマップの中の最も近くにある画素からのグループ番号が読み出される。グループ番号と画像番号が結合され、480個の線画像の1から480まで、照射装置上の線を計算する。これは、ピークについての3つの必要不可欠な「画素地点」である、撮像装置上の x 及び y の地点、及び照射装置上の x の地点を、单一の投影点から取得されるもののように付与する。

【0033】

次に、3つの画素の位置およびキャリブレーションパラメータを用いて、歯又は他の表面上の点の概位が計算される。これらの概位は、表面上の正確な地点（ x 、 y 、 z ）を決定するために、キャリブレーションから分かった情報を用いて処理される。これらの地点

10

20

30

40

50

のすべてがポイントクラウドを形成し、これが結合アルゴリズムの最終出力である。

【0034】

同相バイナリパターン46及び位相不一致バイナリパターン48は、マッピングの精度を向上させるため、及び、これらがなければグループマップの中のエラーを誘発する可能性のある種々の物理的効果を補償及び特定するために結合される。説明を以下に記す。

- (1) 「位相」という用語は、ピークが見つかった画像番号(1-p)に関連し、
- (2) 照射装置の線の数値標識は、イメージングセンサアレイ上の右から左に増加するものと想定され、単調ルールは、グループ番号が列に沿って必ず右から左に増加するものと定め、かつ、
- (3) 各照射装置アレイ画素について複数の(少なくとも2つ又は3つの)イメージングセンサアレイ画素が存在すると想定される。

【0035】

図14の概略図を参照すると、表示されるマルチライン画像からの第1のキャプチャされた画像からの対応する線とともに、位相不一致バイナリパターン48の一部分が示される。いくつかの代表的な線L185、L193、L200及びL201が示される。グループマッピングの一部分もまた、グループG24、G25及びG26について示される。対応する照射装置アレイ画素中心位置94もまた示される。

【0036】

線L193からL200はグループG25の中にある。位相不一致バイナリパターン48は、前述したように、グループ間で変化する。矢印Aは位相1マルチライン画像において観察されたピークを指し示す。(位相番号は本例の配置では右から左にカウントする)誤ったグループコードは、以下を含むいろいろな手法で検知することができる。

(i) グループコードは、位相1及び8の近くでのみ変化すべきである。位相2~7のピークについて、ピーク中心の周囲のすべての画素が同一のグループコードを有すべきである。

(ii) 位相1の画像にピークが存在し、グループコードがG25であると想定する。

【0037】

これは、エラーが存在し、実際にはグループG24の読み間違いである、ということではない限り、照射装置アレイ上の線L193に違いない。その場合、これは線L185である。代替的に、グループ26の線L201である可能性もある。しかしながら、バイナリパターン48の位相不一致信号は、線L193の周囲で疑いなく高く、線L185及びL201の周囲で低い。位相不一致信号を検査することで、位相1及び8、並びに位相2及び7のグループコードを検証する。

(iii) 列上のそれぞれのピークに関連付けられるグループコードを、右から左に追跡すると、グループコードは単調に増加すべきである。コードはスキップされてもよいが、グループ番号は減少してはならない。減少が観察された場合、潜在的な問題が示唆される。

【0038】

暗画像及び平坦画像

暗画像及び平坦画像36, 38は、図3の順番において記載されるように取得される。これらの画像は平均化されて強度の尺度を提供し、それは画素割り当てステップ44(図3)における信号マッピングの向上を支援するために、暗さ強度から明るさを区別するための閾値として用いられる。

【0039】

なお、画像投影及び記録の順番は、本発明の方法についてあらゆる適切な順序に従うことができる。さらに、複数の画像およびバイナリパターンは、任意の決まった順序で取得されるのではなく、むしろ散在していることができる。

【0040】

図15A及び図15Bは、コーティングされていない歯90とコーティングされた歯92についての本発明の方法を用いた処理結果の比較であり、つまり、従来の歯表面イメー

10

20

30

40

50

ジングシステムで必要とされるように、歯は市販の粉末又は他の材料によってコーティングされている。示されるように、コーティングされていない歯 9 0 の結果は、歯を準備する必要がなく、コーティングされた歯 9 2 の結果と比べて遜色がない。

【 0 0 4 1 】

図 1 6 は、コーティングされていない歯 9 0 とコーティングされた歯 9 2 についての画像を結合することによる差分マップ 9 8 を示す。

【 0 0 4 2 】

グループマッピングを形成することは、深度計測における潜在的な曖昧さを解決することを支援する。本発明の実施形態は、過剰な数のバイナリ画像を投影、検知及び処理する必要なしに、グループマッピング生成についての強固な方法を提供することを支援する。
10
図 1 7 の論理フロー図は、表面凹凸検知のために用いられ、本発明の実施形態に従って少なくとも部分的にコンピュータ上で実行される、画像投影、検知及び処理ステップの順番を示す。画像キャプチャステップ 4 0 において、以下で説明されるように、操作者はイメージング装置を位置決めし、一連の画像をキャプチャする。画像は、いくつかのグループインデックス画像 1 0 2 及び選択的なブロック画像 1 0 4 、並びに p 個のマルチライン画像 5 4 からなり、任意の順序でキャプチャができる。いったん画像がキャプチャされると、画像センサアレイ上の画素が照射アレイ上のピクセルに対応するグループマップに割り当てられる、画素割り当てステップ 4 4 が実行する。グループマッピングのための画像は、グループインデックス画像 1 0 2 及びブロック画像 1 0 4 からのものであり、以下でより詳細に説明される。照射のない追加的な暗画像 3 6 及びフルフレーム照射を持つ平坦画像 3 8 もまた、以下で説明されるように、信号処理におけるセンサ画像アレイの応答を支援するために取得される。1 組の p 個のマルチライン画像 5 4 もまた取得され、そこからピーク地点、つまり最も明暗度の高い地点が、ピーク検知ステップ 5 0 において検知される。マッピングステップ 6 0 が次に凹凸画像を形成し、例えば表示モニタに関連付けられる一時表示メモリなどのメモリの中に格納する。得られた凹凸画像は次に表示されるか、またはさらに処理ができる。

【 0 0 4 3 】

図 1 8 A は、選択的なブロック画像 1 0 4 のうちの 1 つの中に投影された照射パターンを示す。例として、図 1 8 B は、ブロック画像 1 0 4 の投影から取得された、対応する歯の画像 1 1 4 を示す。
30

【 0 0 4 4 】

図 1 9 A は、グループインデックス画像 1 0 2 のうちの 1 つの中に投影された照射パターンを示す。例として、図 1 9 B は、グループインデックス画像 1 0 2 の投影から取得された、対応する歯の画像 1 1 2 を示す。

【 0 0 4 5 】

図 2 0 A は、マルチライン画像 5 4 のうちの 1 つの中に投影された照射パターンを示す。例として、図 2 0 B は、マルチライン画像 5 4 の投影から取得された、対応する歯の画像 1 1 6 を示す。

【 0 0 4 6 】

本発明の実施形態は、どのグループの組が任意の一回に画素を照射させるかの指定を含む、異なるグループの大きさ及び配置を採用することができる。簡単にするために、以下の画像パターンの説明において、任意のグループの大きさである 8 画素が用いられる。グループごとに 8 画素を有する、16 個のグループにおける 128 画素のふるまいが説明される。本願で用いられる専門用語において、16 個のグループは順序付けされた組を形成する。順序付けされた組の一員であるグループの大きさやグループの数についての変更は、本発明の範囲内で行われることができるということは理解されよう。以下の説明は、グループインデックス画像をマルチライン画像から区別する際に、例示的な値を用いる。
40

【 0 0 4 7 】

図 2 1 A 及び図 2 1 B は、照射画素アレイ 1 0 上の単一の列の画素 1 3 0 のグループ配置について、グループインデックス画像とマルチライン画像とをそれぞれ比較する。拡大

10

20

30

40

50

部分 E 1 は、例として標識付けされた代表的なグループ G 1 、 G 2 、 G 3 、 G 4 及び G 1 2 とともに、大きく拡大してグループを示す列の一部分を示す。グループインデックス画像の 2 つの線 1 2 0 及び 1 2 2 は、それぞれグループ G 4 とグループ G 1 2 で照射された画素によって形成される。このパターンを用いて、グループインデックス画像 1 0 2 のそれぞれの線は、8 個のグループおきの画素の一部分を通電させることによって同様に形成される。これに比べて、図 2 1 B のマルチライン画像 5 4 については、拡大部分 E 2 に示されるように、それぞれの線 1 2 4 , 1 2 6 , 1 2 8 , 1 2 9 ··· は、示される代表的なグループ G 1 , G 2 , G 3 , G 4 について、それぞれのグループからの単一の画素を照射することによって形成される。

【 0 0 4 8 】

10

図 2 2 A 及び図 2 2 B の概略図は、画素レベルでのグループインデックス画像とマルチライン画像との区別を示す。グループは右から左に番号付けされている。図 2 2 A の画素列 1 3 0 a は、グループインデックス画像 1 0 4 を投影するために用いられる照射される画素のパターンを示す(図 2 1 A)。ここで、グループ G 1 と G 9 の隣接する画素の対のみが照射され、残りのグループ G 2 ~ G 8 はすべて暗となる(照射された画素を持たない)。図 2 2 B の画素列 1 3 0 b において、示される代表的なグループ G 1 ~ G 9 の中で、左から 3 番目の位置にある画素が照射される。画素列 1 3 0 b はよって、図 2 1 B に示されるもののようなマルチライン画像を形成する。

【 0 0 4 9 】

20

概して、本発明の実施形態は、図 1 7 に関して説明されたように、2 つ以上のグループインデックス画像の配置を投影及び記録することにより動作する。k 個のグループのそれぞれの順序付けされた組について、それぞれの投影されたグループインデックス画像は、順序付けされた組のグループのうちの少なくとも 2 つにおいて、照射された画素を有しない。図 2 1 A 及び図 2 2 に示される配置において、照射された画素間の中心から中心の距離 D は、8 個のグループにまたがる。十分な長さの分離距離を用いると、投影される画像におけるグループ間の曖昧さを低減することを支援する。これに比べて、画素列 1 3 0 b は、それぞれのグループについて単一の画素が照射されている、マルチラインイメージングについての照射パターンを示す。照射された画素間の距離 D 2 は、この配置の 8 個の画素にまたがる。

【 0 0 5 0 】

30

概して、それぞれのグループインデックス画像において、k 個のグループの順序付けされた組の中で、(k - 1) 個未満のグループにおいて、2 ~ (p - 1) 個の隣接する画素が照射される。よって、8 画素のグループについて、例えば、p = 8 のとき、照射される画素を有するグループにおいて、2 ~ 7 個の隣接する画素が照射されることができる。実際に、グループの中心の近くにある 2 個又は 3 個の照射された際に、画素がグループインデックス画像は良好に機能することが認められており、グループ境界の近くにある画素の照射は、検知におけるいくらかの不明瞭さや曖昧さをさらに引き起こしやすい。

【 0 0 5 1 】

複数のグループインデックス画像が順に投影される。投影されたグループインデックス画像の完全な配列は、順序付けされた組の中の k 個のグループのそれぞれからの照射された画素を用いる。グループのそれぞれの順序付けされた組が、各グループが 8 画素の 1 6 個のグループを有する一実施形態において、合計 8 個のグループインデックス画像が投影される。それぞれのグループインデックス画像は、図 2 2 A 及び図 2 2 B におけるグループパターンの例について説明される通り、8 個のグループおきに 2 つの線を投影する。

【 0 0 5 2 】

40

表 1 は、図 1 7 に関連して説明される方法を用いて提供される投影画像のそれぞれについて照射された画素の一覧である。表 1 の中の一覧例は、各グループが 8 個の画素を持つ 1 6 個のグループの順序付けされた組を用いた、照射アレイの最初の 1 2 8 画素のものである。合計 8 個のグループインデックス画像が投影されている。合計 8 個のマルチライン画像が投影されている。所与のパターンは、それぞれの続く 1 2 8 画素のグループ分けに

50

ついて繰り返される。なお、画像はどのような順序で投影されてもよい。加えて、選択的なブロック画像を取得する決定は、グループインデックス画像の投影及び記録の結果に基づいて、動的に行われることができる。本発明の実施形態に従って、ブロック画像 104 が有用であるか否かはグループインデックス画像の自動評価が決定する。

【 0 0 5 3 】

マルチライン画像の中の画素のグループマッピングへの相関は、個々の画素のグループ割り当ての決定において、グループインデックス画像の配列をガイドとして利用する。グループインデックス画像は、凹凸マッピング技術の当業者によく知られた記述を用いてこの相関についての参照データを提供する。選択的なブロック画像（例えば、図 18 A）は、グループマッピングにおける曖昧さを解決する情報を提供することにより、さらに支援する。取得される相関は、データ表現技術の当業者に周知のように、いくつものあらゆる手法で格納することができる。
10

【 0 0 5 4 】

それぞれの画像についての光強度は同一であることができるが、しかしながら、異なる画像の種類について強度を変化させることに利点がある場合がある。強度の適切な調整は、例えば、散光の影響を低減する支援をする場合がある。本発明の実施形態に従って、ブロック画像は 50 % の強度で投影され、グループインデックス画像は 75 % の強度で投影され、マルチライン画像は最大強度で投影される。他の強度変化が代替的に用いられることができる。

【 0 0 5 5 】

図 17 に関連して述べたように、ブロック画像 104 は、グループインデックス画像 102 との起こり得る深度の曖昧さを解決することを支援し、また選択的である。第 2 のブロック画像を第 1 に相対して推移させることは、歯又は他の物体の表面に向けられた光についてのグループ割り当てのより正確なマッピングを提供することを支援する。
20

【 0 0 5 6 】

【表1】

【表1】 128画素セグメントの画像配列の例

画像の種類	照射された画素
平坦画像 38	1~128
暗画像 36	なし
ブロック画像 1	1~64
ブロック画像 2	33~96
グループインデック ス画像 1	3~6、67~70
グループインデック ス画像 2	11~14、75~78
グループインデック ス画像 3	19~22、83~86
グループインデック ス画像 4	27~30、91~94
グループインデック ス画像 5	35~38、99~102
グループインデック ス画像 6	43~46、107~110
グループインデック ス画像 7	51~54、115~118
グループインデック ス画像 8	59~62、123~126
マルチライン画像 1	1、9、17、25、33、41、... (注記 1)
マルチライン画像 2	5、13、21、29、37、45、...
マルチライン画像 3	3、11、19、27、35、43、...
マルチライン画像 4	7、15、23、31、39、47、...
マルチライン画像 5	8、16、24、32、40、48、...
マルチライン画像 6	4、12、20、28、36、44、...
マルチライン画像 7	6、14、22、30、38、46、...
マルチライン画像 8	2、10、18、26、34、42、...

10

20

30

40

【0057】

本発明の一実施形態と一貫して、コンピュータは格納された命令により、電子メモリからアクセスされた画像データ上で実施されるプログラムを実行する。画像処理技術の当業者によって理解されることができるように、本発明の実施形態のコンピュータプログラムは、パソコンやワークステーション等、並びにマイクロプロセッサや他の専門プロセッサ又はプログラマブル論理デバイス等の、適切な、汎用コンピュータシステムによって利用されることができる。しかしながら、ネットワークプロセッサを含む多くの他の種類のコンピュータシステムが、本発明のコンピュータプログラムを実行するために用いられることができる。本発明の方法を実施するためのコンピュータプログラムは、コンピュータ可読の記憶媒体の中に格納され得る。この媒体は、例えば、磁気ディスク(ハードドライブなど)や磁気テープなどの磁気記憶媒体、又は他の携帯型の磁気ディスク、光ディスク、光テープ、又は機械可読のバーコードなどの光学式記憶媒体、ランダムアクセスメモリ(RAM)又は読み出し専用メモリ(ROM)などの固体電子記憶デバイス、又はコンピュータプログラムを格納するために採用されるあらゆる他の物理デバイス又は媒体を含み得る。本発明の方法を実施するためのコンピュータプログラムはまた、インターネットや他の通信媒体の手段により画像プロセッサに接続されたコンピュータ可読の記憶媒体上に格納されることもできる。当業者は、かかるコンピュータプログラム製品の同等物もまたハードウェアの中に校正され得ることを容易に認識するであろう。

【0058】

本発明のコンピュータプログラム製品は、周知の種々の画像操作アルゴリズムを活用し処理し得ることが理解されるであろう。本発明のコンピュータプログラム製品の実施形態は、実装に有用な、本願において具体的に示されたり説明されたりしていないアルゴリズ

50

ム及び処理を具体化し得ることもさらに理解されるであろう。かかるアルゴリズム及び処理は、画像処理技術における通常の技術の範囲内である、従来のユーティリティを含み得る。かかるアルゴリズム及びシステム、及び画像の製作及び別様の処理のための、又は本発明のコンピュータプログラム製品と協調するためのハードウェア及び／又はソフトウェアの追加的な態様は、本願において具体的に示されたり説明されたりしておらず、当技術分野で周知のアルゴリズム、システム、ハードウェア、コンポーネント及び要素から選択され得る。

【0059】

本開示の文脈において、画素を「記録する」という行為は、画像データを続く処理のために用いるため、ある種類のメモリ回路にこの画像データを格納することを意味する。記録された画像データ自体は、より永久的に格納されるか、又はさらなる処理にもはや必要でなくなると、廃棄され得る。「順序付けされた組」は、例えば、昇順に順序付けられた自然数の組などの、組の要素が曖昧さのない順序を有する組に関連して、集合論で用いられるような従来の意味を有する。10

【0060】

本開示の文脈内で「コンピュータでアクセス可能なメモリ」と同等である「メモリ」という用語は、格納及び画像データ上で動作するために用いられ、コンピュータシステムにアクセス可能である、あらゆる種類の一時的又はさらに永続的な記憶装置作業空間を指すことができることに留意されたい。メモリは、例えば、磁気光学式記憶などの長期記憶媒体を用いた不揮発性であることができる。代替的に、メモリは、マイクロプロセッサ又は他の制御論理プロセッサデバイスによって一時的なバッファ又は作業空間として用いられるランダムアクセスメモリ（RAM）等の電子回路を用いて、より揮発性のある性質であることができる。表示データは、例えば、表示デバイスに直接関連付けられる一時的記憶バッファに典型的に格納され、及び表示されたデータを提供するために必要に応じて定期的に再読み込みされる。この一時的な記憶バッファもまた、この用語が本開示において使用される際、メモリと考えられることができる。メモリはまた、計算及び他の処理の中間及び最終結果を実行するまたは格納するためのデータ作業空間として用いられることもできる。コンピュータでアクセス可能なメモリは、揮発性、不揮発性、又は揮発性と不揮発性のハイブリッドな組み合わせであることができる。種々の種類のコンピュータでアクセス可能なメモリが、データを格納、処理、転送及び表示するため、並びに他の機能のためのシステム全体にわたり、異なるコンポーネント上で提供される。なお、以下に、付記として本発明の構成の一例を示す。20

(付記1)

表面に従ってセンサ画素アレイを照射画素アレイにマッピングする方法であつて、前記センサアレイ上の複数の画素の中のそれぞれの画素を、順序付けされた1組のグループの対応するグループに割り当てることにより、グループマッピングを形成することであつて、それぞれのグループは、前記照射画素アレイ上の1組のp個の隣接する画素として画定され、かつそれぞれの順序付けされた組はk個のグループを有する、グループマッピングを形成することと、2個以上のグループインデックス画像の配列を投影及び記録することにより、グループマッピングを形成することであつて、それぞれのk個のグループの順序付けされたk個の組について、それぞれの投影されたグループインデックス画像は、前記グループのうちの少なくとも2つにおいては、照射画素を有さず、(k-1)個未満のグループにおいては、2個から(p-1)個の隣接する照射画素を有し、投影されたグループインデックス画像の前記配列は、前記k個のグループのそれぞれからの照射画素を用いる、グループマッピングを形成することと、30

それぞれのマルチライン画像が、それぞれのグループ内に線を投影する、少なくともp個のマルチライン画像を前記表面に投影及び記録することと、

前記記録されたマルチライン画像にある線を、前記グループマッピングに従って、前記投影されたマルチライン画像にある線に相関させることと、

k及びpは3に等しいか又はそれ以上の整数である前記相関を、格納、表示又は送信す50

ることと、を含む、方法。

(付記 2)

前記格納された相間に従って、表面凹凸データを生成することをさらに含む、付記 1 に記載の方法。

(付記 3)

前記グループマッピングを生成することは、少なくとも第 1 及び第 2 のブロック画像を投影及び格納することをさらに含み、それぞれのブロック画像は、同時に照射されている m 個の接触している画素のグループと、同時に通電停止されている m 個の接触している画素のグループとによるパターンを有し、かつ前記第 2 のブロック画像についての前記パターンは、前記第 1 のブロック画像についての前記パターンと m / 2 グループだけ推移させる、付記 1 に記載の方法。

10

(付記 4)

前記照射画素アレイは液晶デバイスである、付記 1 に記載の方法。

(付記 5)

前記照射画素アレイは、デジタルマイクロミラーアレイデバイスである、付記 1 に記載の方法。

(付記 6)

前記グループマッピングを形成することは、少なくとも 1 つの暗視野像及び少なくとも 1 つの平坦視野像を取得及び記録することをさらに含む、付記 1 に記載の方法。

(付記 7)

前記表面の凹凸データに従って前記表面を表示することをさらに含む、付記 2 に記載の方法。

20

(付記 8)

前記表面は歯である、付記 1 に記載の方法。

(付記 9)

前記グループインデックス画像の前記隣接する照射された画像は、前記グループの中心の最も近くにある 1 つ以上の画素を含む、付記 1 に記載の方法。

(付記 10)

前記 2 つ以上のグループインデックス画像の配列及びマルチライン画像を、異なる電力レベルで投影することをさらに含む、付記 1 に記載の方法。

30

(付記 11)

表面に従ってセンサ画素アレイを照射画素アレイにマッピングする方法であって、前記方法は少なくとも部分的にコンピュータ上で実行され、

暗画像及び平坦画像を投影及び記録することにより、前記センサ画素アレイの前記応答を特徴付けることと、

前記センサアレイ上の複数の画素の中のそれぞれの画素を、順序付けされた 1 組のグループの対応するグループに割り当てるこにより、グループマッピングを形成することであって、

(a) それぞれのグループインデックス画像が 1 個から (p - 1) 個の隣接する照射画素を有する、1 つのグループインデックス画像を、それぞれの組から一度に投影及び記録することと、前記投影及び記録を少なくとも k 回連続して繰り返すことと、

40

(b) 少なくとも第 1 及び第 2 のブロック画像を投影および記録することであって、それぞれのブロック画像が、同時に照射されている k 個の接触している画素のグループと、同時に通電停止されている k 個の接触している画素のグループとによるパターンを有し、かつ第 2 のブロック画像についての前記パターンは、前記第 1 のブロック画像についての前記パターンから k / 2 グループだけ推移される、投影および記録することと、により、それぞれのグループが、前記照射画素アレイ上の 1 組の p 個の隣接する画素によって画定され、かつそれぞれの順序付けされた組が k 個のグループを有する、グループマッピングを形成することと、

少なくとも p 個のマルチライン画像を前記表面に投影及び記録することであって、それ

50

そのマルチライン画像は、それぞれのグループ内に線を投影する、投影及び記録することと、

前記記録されたマルチライン画像の中の線を、前記グループマッピングに従って、前記投影されたマルチライン画像の中の線に相関させることと、

k 及び p は 2 に等しいか又はそれ以上の整数である、前記相関を、格納、表示又は送信することと、を含む、方法。

(付記 1 2)

前記表面は歯である、付記 1 1 に記載の方法。

(付記 1 3)

前記グループインデックス画像の前記隣接する照射された画素は、前記グループの中心の最も近くにある 1 つ以上の画素を含む、付記 1 1 に記載の方法。

10

(付記 1 4)

前記 2 つ以上のグループインデックス画像の配列及びマルチライン画像を、異なる電力レベルで投影することをさらに含む、付記 1 1 に記載の方法。

(付記 1 5)

前記格納された相間に従って表面の凹凸データを生成することをさらに含む、付記 1 1 に記載の方法。

(付記 1 6)

前記表面の凹凸データに従って前記表面を表示することをさらに含む、付記 1 5 に記載の方法。

20

【図 1】

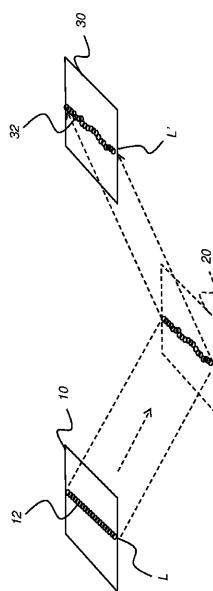


FIG. 1

【図 2 A】

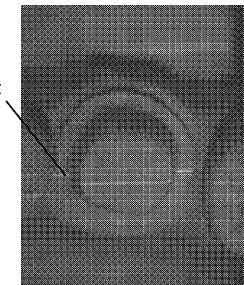


FIG. 2A

【図 2 B】

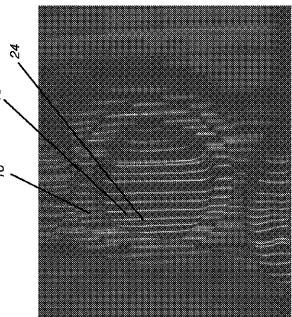
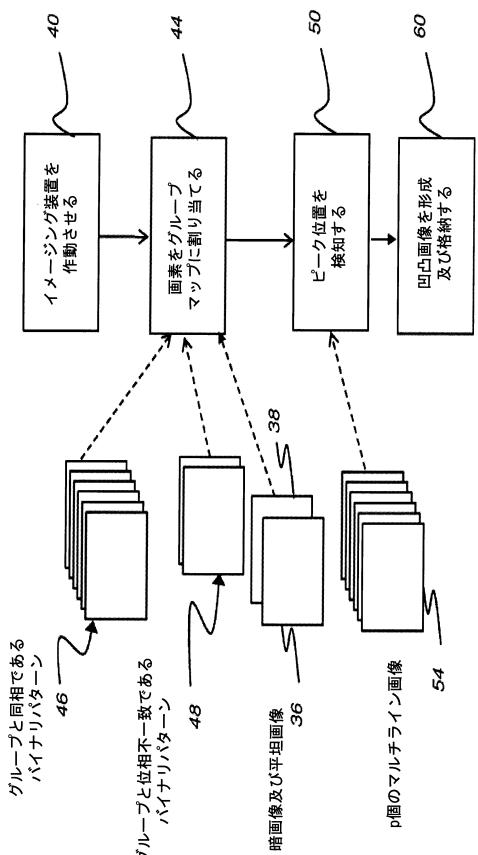


FIG. 2B

【図3】



【図4】

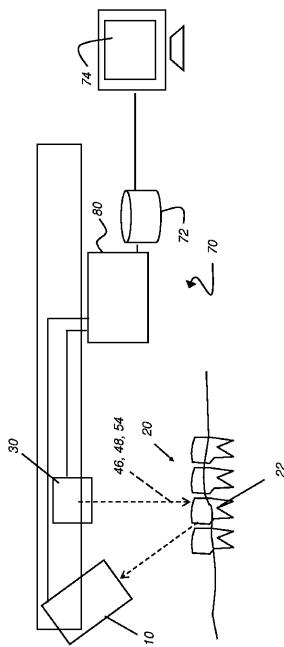
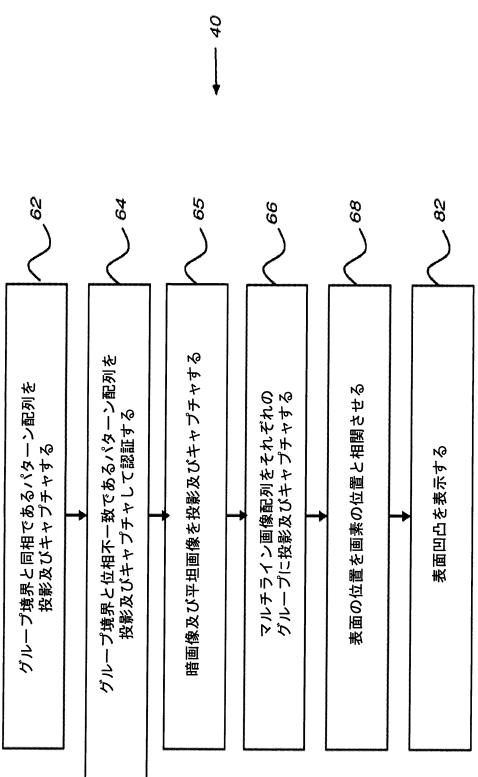


FIG. 4

【図5】



【図6】

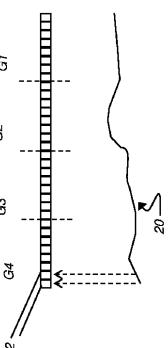
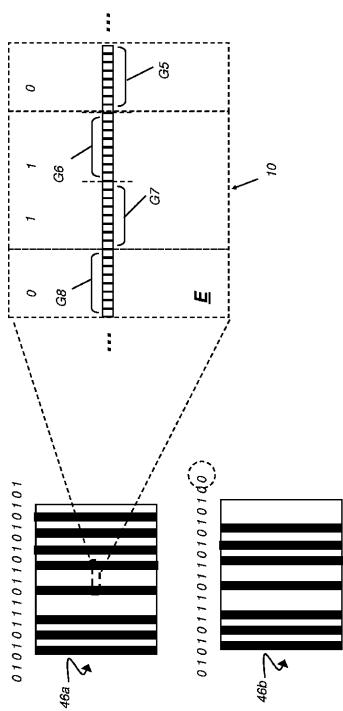
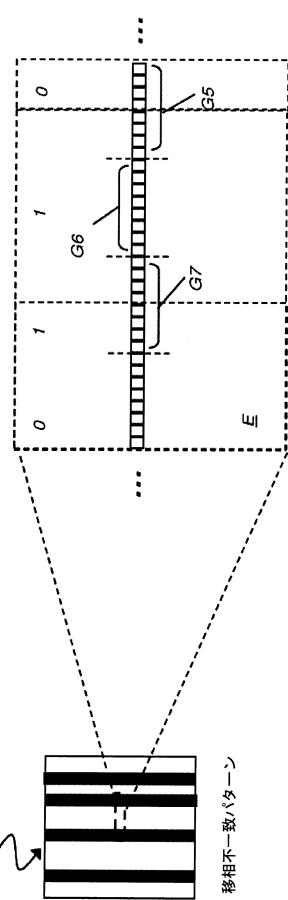


FIG. 6

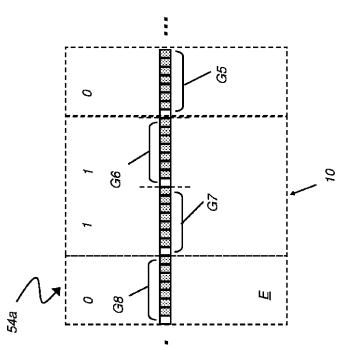
【図7】



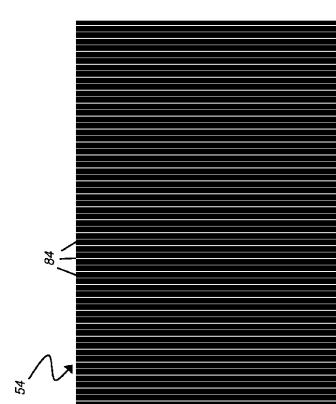
【図8】



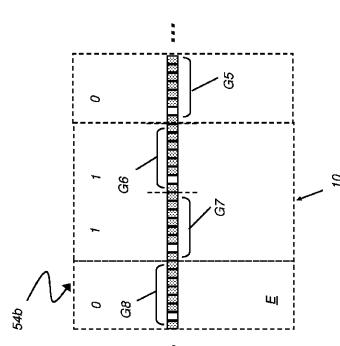
【図10A】



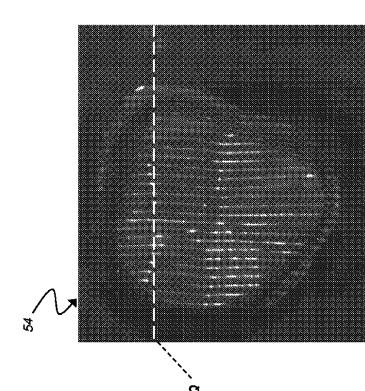
【図11】



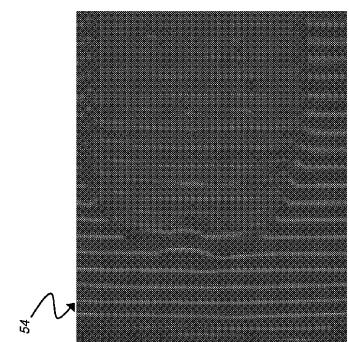
【図10B】



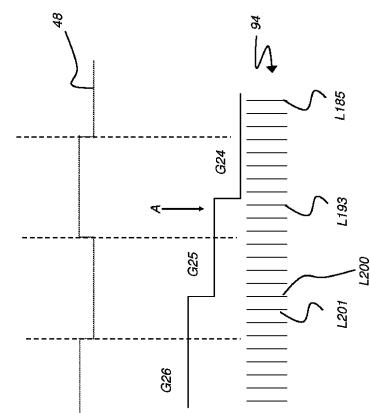
【図12】



【図 1 3】



【図 1 4】

FIG. 13
FIG. 14

【図 1 5 A】

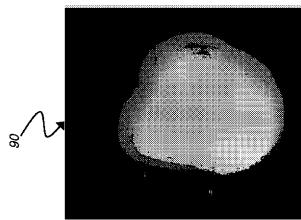


FIG. 15A

【図 1 5 B】

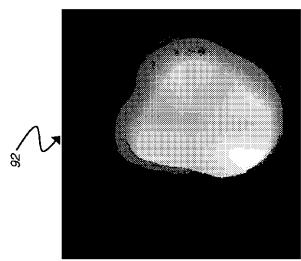
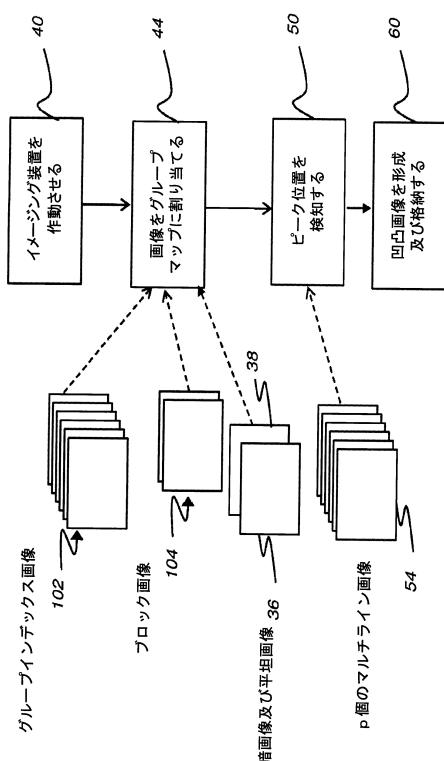


FIG. 15B

【図 1 7】



【図 1 8 A】

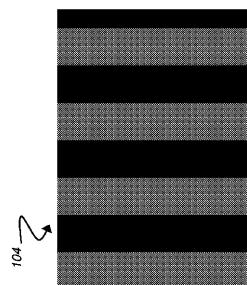


FIG. 18A

【図 1 8 B】

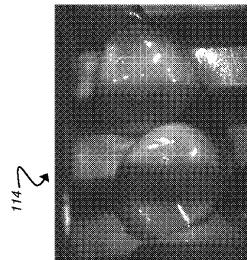


FIG. 18B

【図 19 A】

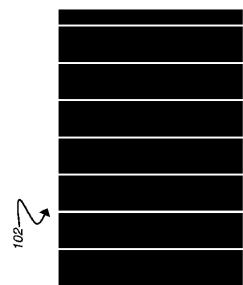


FIG. 19A

【図19B】

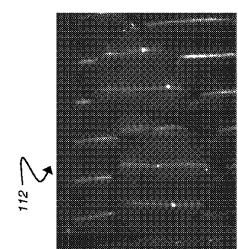
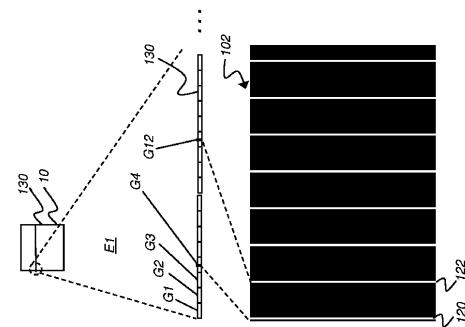


FIG. 19B

【図21A】



【図21B】

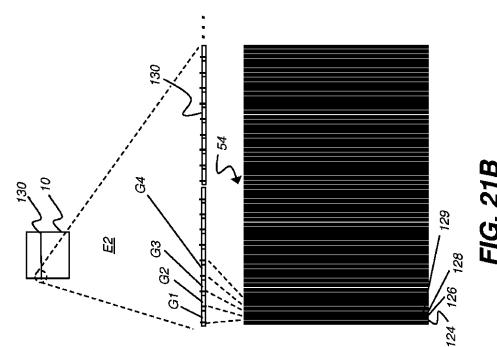
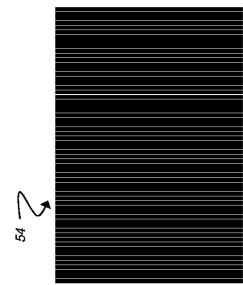


FIG. 21A

FIG. 21B

【図20A】



【図20B】

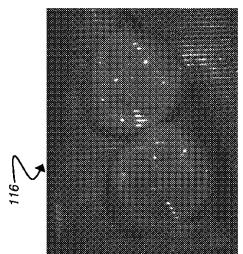
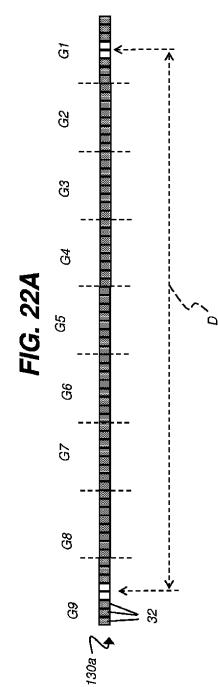


FIG. 20A

【図22A】



【図 2 2 B】

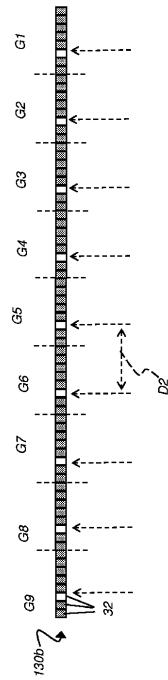
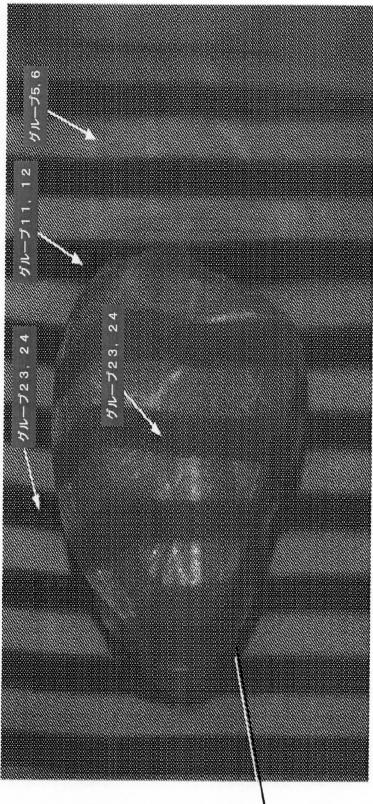
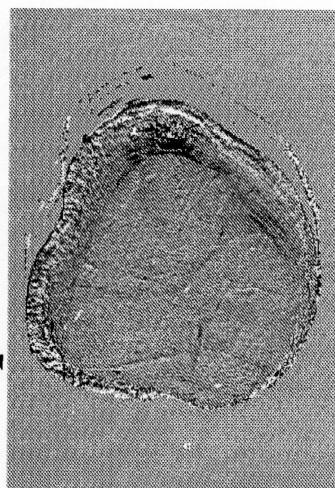


FIG. 22B

【図 9】



【図 1 6】



差分マップ

フロントページの続き

(56)参考文献 米国特許出願公開第2006/0210145(US,A1)

特開2011-047931(JP,A)

特開2010-243508(JP,A)

特開平03-293507(JP,A)

特開2004-226160(JP,A)

特表2011-504586(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 11/00 - 11/30