

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4933689号
(P4933689)

(45) 発行日 平成24年5月16日 (2012.5.16)

(24) 登録日 平成24年2月24日 (2012.2.24)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 C 15/06 (2006.01)	GO 1 C 15/06 T
GO 1 C 15/00 (2006.01)	GO 1 C 15/00 1 O 2 Z
GO 6 T 1/00 (2006.01)	GO 1 C 15/00 1 O 3 Z
	GO 6 T 1/00 3 1 5

請求項の数 10 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願平11-506280	(73) 特許権者	598051819
(86) (22) 出願日	平成10年6月26日 (1998.6.26)		ダイムラー・アクチェンゲゼルシャフト
(65) 公表番号	特表2002-508069 (P2002-508069A)		Daimler AG
(43) 公表日	平成14年3月12日 (2002.3.12)		ドイツ連邦共和国 70327 シュツツトガルト、メルセデスシュトラッセ 137
(86) 国際出願番号	PCT/EP1998/003910		7
(87) 国際公開番号	W01999/001841		Mercedesstrasse 137
(87) 国際公開日	平成11年1月14日 (1999.1.14)		, 70327 Stuttgart, Deutschland
審査請求日	平成17年3月2日 (2005.3.2)	(74) 代理人	100099483
(31) 優先権主張番号	197 28 513.9		弁理士 久野 琢也
(32) 優先日	平成9年7月4日 (1997.7.4)	(74) 代理人	100114890
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		弁理士 アイゼル・フェリックス=ラインハルト

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 測定マークの評価方法、物体測量方法および測定マーク

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

画像測定を用いて物体を測量するための測定マークの評価方法であって、該測定マークは測定指標、方位指標およびコード化指標を含んでおり、
 まず、光の波長領域または隣接する波長領域の電磁波を用いて、推定の測定マークまたは実際の測定マークのデジタルイメージが生成され、
 該デジタルイメージは複数のピクセルから成っており、
 該デジタルイメージ内の中心にある前記推定の測定マークまたは実際の測定マークのピクセル座標が突き止められ、
 前記方位指標を使用して、測定マークの検出能力に関して障害となる、測定マークの回転または歪化のような不安定性によって引き起こされる幾何学的な作用を自動的に補償する形式の方法において、
 画像雑音、反射、コントラストの欠乏、局所的なコントラスト差およびイメージ化のアンシャープネスのような放射性的障害作用は局所的なバイナリ化により自動的に補償され、
 部分的なマスキングによる障害作用は、測定マークのコード化指標を含んでいる関連領域のラスタエレメントに対して分類を行うことによって、自動的に補償され、
 該分類により供給される最高の確率が予め定められた最低の確率と比較され、該最低の確率を上回っている場合には当該測定マークは最も確率の高いコード化指標に相応する物体クラスに割り当てられ、
 測定マークのコード化指標を検出するための最低の確率が決定され、

10

20

前記最も高い確率で識別された物体クラスの確率が、上記最低の確率を上回っている場合には当該物体クラスは正しいと推定され、前記最低の確率を上回る確率で物体クラスが識別されなかった場合には、前記推定の測定マークがリジェクトされ、

実際の測定マークの前記コード化指標から、特徴ベクトルが導出され、該特徴ベクトルは分類部に供給され、

前記検出すべき測定マークは、相互に空間的に分離されている測定指標と、方位指標と、コード化指標とを有している

ことを特徴とする方法。

【請求項 2】

推定または実際の測定マークのデジタルイメージをまず局所的にバイナリ化し、かつ
このバイナリ化の後によろやく、障害作用の補償、少なくとも 1 つのリジェクト判断基準
の検査および実際の測定マークの特徴ベクトルの導出を行う

請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

次のように局所的にバイナリ化する、即ち

推定または実際の測定マークの中心のピクセル座標の前以て決められた周囲内に、ピクセル
の最大カラー値および最小カラー値またはグレー値を突き止め、かつ

カラー値またはグレー値が、該周囲内のすべてのピクセルの最小のカラー値またはグレー
値より該周囲内のすべてのピクセルの最大のカラー値またはグレー値の近傍にあるかまたは
カラー値またはグレー値がこれら 2 つの値の真ん中に正確にある、該周囲内の各ピクセル
を、高いカラー値またはグレー値を有するピクセルの群に割り当て、かつ

カラー値またはグレー値が、該周囲内のすべてのピクセルの最大のカラー値またはグレー
値より該周囲内のすべてのピクセルの最小のカラー値またはグレー値の近傍にある、該周
囲内の各ピクセルを、低いカラー値またはグレー値を有するピクセルの群に割り当て、か
つ

高いカラー値またはグレー値を有するピクセルの群からのすべてのピクセルのすべてのカ
ラー値またはグレー値の平均値を形成し、群エレメントの数によって重み付け、かつ

低いカラー値またはグレー値を有するピクセルの群からのすべてのピクセルのすべてのカ
ラー値またはグレー値の平均値を形成しかつ群エレメントの数によって重み付け、かつ

前記 2 つの重み付けられた平均値から、平均値を形成し、該平均値をバイナリ化のしきい
値として利用し、かつ

カラー値またはグレー値が前記しきい値より上にあるかまたは該しきい値に等しい、前記
周囲内の各ピクセルがバイナリ値白を得るようにし、かつ

カラー値またはグレー値が前記しきい値より下にある、前記周囲内の各ピクセルがバイナ
リ値黒を得る

請求項 2 記載の方法。

【請求項 4】

測定マークの測定指標、方位指標およびコード化指標は既知の、決まっている数において
存在しており、かつ

測定指標、方位指標およびコード化指標は相互に既知の、固定の幾何学的な関係を有して
おり、例えば既知の、固定の間隔および相互の相対位置を有しておりかつ相互に既知の、
固定の大きさ比にあり、かつ

推定または実際の測定マークのデジタルイメージ内の関連領域を、バイナリ化後白または
黒であるすべての接しているピクセルがそれぞれの関連領域に割り当てられるように探し
、かつ

該探し出されたもしくは識別された関連領域に基づいて、調べている物体が推定の測定マ
ークであるかまたは実際の測定マークであるかを決定し、かつ

調べている物体が推定の測定マークであるかまたは実際の測定マークであるかどうかの、
関連領域に基づく決定を、個々の見付け出された関連領域が前以て決められた最小数を充
たしているかどうかかつ前以て決められた、有利には任意に前以て決められた許容偏差領

10

20

30

40

50

域内で相互に既知の幾何学的な関係にあるかどうかを検査することによって行い、かつ前記関連領域が、障害、即ち推定の測定マークに対応付けられると、リジェクトを行い、かつ

前記関連領域が、実際の測定マークに対応付けられると、どの個々の関連領域が測定指標および/または方位指標および/またはコード化指標の担体であるかがわかるように、それぞれの個々の関連領域に対する一義的な対応付けを行う

請求項 1 から 3 までのいずれか 1 項記載の方法。

【請求項 5】

関連領域の識別を次のように行う、即ち

推定または実際の測定マークのデジタルイメージのカラー値の物体の関連解析を行い、ここでカラー値が前以て決められた値領域内にある、デジタルイメージのすべてのピクセルを 1 つのカラー値の物体に割り当て、

または

推定または実際の測定マークのデジタルイメージのグレー値の物体の関連解析を行い、ここでグレー値が前以て決められた値領域内にある、デジタルイメージのすべてのピクセルを 1 つのグレー値の物体に割り当て、

または

推定または実際の測定マークのバイナリ化されたデジタルイメージの黒および/または白物体の関連解析を行う

請求項 4 記載の方法。

【請求項 6】

関連領域の識別を次のように行う、即ち

推定または実際の測定マークのデジタルイメージのカラー値の物体の関連解析を行い、ここでデジタルイメージのすべてのピクセルをカラー値の分類を用いて、有利には局所的な隣接領域におけるカラー値を考慮して、1 つのカラー値の物体に割り当て、

または

推定または実際の測定マークのデジタルイメージのグレー値の物体の関連解析を行い、ここでデジタルイメージのすべてのピクセルをグレー値の分類を用いて、有利には局所的な隣接領域におけるグレー値を考慮して、1 つのグレー値の物体に割り当て、

または

推定または実際の測定マークのバイナリ化されたデジタルイメージの黒および/または白物体の関連解析を行う

請求項 4 記載の方法。

【請求項 7】

評価すべき測定マークは、

測定指標と、

少なくとも 2 つの優先方向、有利には相互に垂直の関係にある優先方向にある方位指標と、

既知の、決まっている数の記号および/またはシンボルの形のコード化指標と

を有しておりかつ

前記測定指標、方位指標およびコード化指標は既知の、決まっている数において存在しており、

かつ

前記測定指標、方位指標およびコード化指標は相互に既知の、固定の幾何学的な関係を有しており、例えば相互に既知の、固定の間隔および相対位置を有しており、かつ既知の、相互に固定の大きさ比にある

請求項 1 から 6 までのいずれか 1 項記載の方法。

【請求項 8】

測定指標は、円面の形に形成されており、

方位指標は、2 つの側方部分と 1 つのこれらに対して垂直に位置している、有利には著し

10

20

30

40

50

く長い連結ウェブとから成っているU字形の形状に形成されており、
コード化指標は、

サンセリフのフォントの3つの相並んでいる数字または
サンセリフのフォントの10個の数字およびサンセリフの26個のアルファベットの
大文字のうち4つの相並んでいる英数字の形に構成されており
かつ

前記測定指標、方位指標およびコード化指標は相互に既知の、決まっている幾何学的な
関係において次のように配置されている、即ち

測定指標が円面の形において方位指標のU字形の形状内の中央に存在しておりかつ

コード化指標が決まっている数の既知の英数字の形において、U字の連結ウェブの
下方に、既知の、決まっている間隔においてかつ既知の、決まっている大きさ比で該
連結ウェブに並んで配置されている

請求項1から7までのいずれか1項記載の方法。

【請求項9】

物体の測量方法であって、

測量すべき物体に、測定指標、方位指標およびコード化指標を含んでいる測定
マークを備え、かつ

該測定マークを備えている測量すべき物体の、ピクセルから形成されている、
デジタルイメージを、光または隣接する波長領域からの電磁波を用いて生成し、

かつ

ピクセルから形成されている、物体のデジタルイメージ内の仮想、即ち推定の
または実際の測定マークを識別し、

かつ該仮想測定マークの中心のピクセル座標を突き止める形式の方法において、

請求項1から8までのいずれか1項記載の測定マークの評価方法を使用し、

前記仮想測定マークの中心のピクセル座標の周囲内で局所的に測定マークの
評価を実施し、かつ

個々の検出された測定マークのピクセル座標を測量すべき物体の3D座標系に
関連付け、有利には3Dコレスポンス解析を用いて関連付ける

ことを特徴とする物体測量方法。

【請求項10】

測定指標、方位指標およびコード化指標を有している、物体の測量方法に
使用されるための測定マークであって、ここで、

方位指標は少なくとも2つの相互に垂直に存在している優先方向を有しており、
かつ

コード化指標が決まっている数の既知の記号および/またはシンボルの形に
存在しており、

かつ

測定指標、方位指標およびコード化指標は既知の、決まっている数において
存在しており、

かつ

測定指標、方位指標およびコード化指標は相互に既知の、決まっている幾何
学的な関係を有している

形式の測定マークにおいて、

前記測定指標、方位指標およびコード化指標は相互に空間的に分離して実
現されており、

前記測定指標は円面の形において形成されており、

方位指標は、2つの側方部分およびこれらに対して垂直である、有利には著
しく長い連結ウェブから成っているU字形の形状に形成されており、

コード化指標は、

サンセリフのフォントの3つの相並んでいる数字または

サンセリフのフォントの10個の数字および26のアルファベット大文字の
うち4つの順次続く英数字の形に形成されており、

10

20

30

40

50

かつ

測定指標、方位指標およびコード化指標は相互に既知の、固定の幾何学的な関係において次のように配置されている、即ち

円面の形の測定指標が方位指標のU字形状内の中心にありかつ

決まっている数の既知の英数字の形のコード化指標がU字の連結ウェブの下方に、これに対して既知の、決まっている間隔を以てかつ既知の、決まっている大きさ比において並んで配置されているように

配置されている

ことを特徴とする測定マーク。

【発明の詳細な説明】

本発明は、請求項1の上位概念に記載の測定マークの検出方法及びに請求項12の上位概念に記載の物体測量方法及びに請求項13の上位概念に記載の測定マークに関する。この種の測定マークおよび方法は既に、[1]から公知である。

この形式の測定マークおよび方法は例えば、工業分野における測定課題の実行経過時間を短縮するために用いられる。ここにおいて近年、とりわけ、写真測量およびストリップ投射のような光学的な測定方法がますます重要になってきている。この形式の方法における重要な要求は、測定プロセスのロバストな設計および大幅な自動化である。即ちしばしば、引き続きCADデータセットとして用意されなければならない大きな物体の高速の、隙間のない3D測量が要求されている。ストリップ投射(streifenprojection)の原理に基づいている光学的な測定システムではこのために、隙間のなくかつ面積をカバーしている、測定物体の3Dデータが提供される。通例制限されている、このシステムの測定ボリュームのために、数多くの測定記録のパスに適った接合を可能にする、上位の座標系における結合点のような重要な付加情報が要求される。パス点の3D座標のようなこのために必要な情報は写真測量により提供される。写真測量による測定および評価プロセスの自動化に関連して、画像測定は特別重要性を増してきている。測定すべき画素の数ないし連結体全体の画像の数が増大するに従って、相同の画素(homologe Bildpunkt)を識別するためのコストは急激に上昇する。これに関する時間コストをできるだけ僅かに抑えるために、実際には、測定すべき、大抵は円形状の測定指標の他に、コード化指標も有している測定マークがますます使用されるようになってきている。種々異なった形状において現れるこれらのコード化指標は、ユーザによってインタラクティブに実施されるべき画像測定の経過中視覚的なわかりやすさを改善するためにだけかまたは測定マークの自動的な検出のために用いられるようになってきている。実際には、例えば測定マークの回転および/または歪化のような幾何学的な障害作用によって測定マークの検出の際に問題が発生することがしばしばある。この形式の障害作用を計算により補償できるようにするために、測定マークに付加的な方位指標を備えるようにすると有利である。

自動的な測定マーク検出のフレキシビリティおよびロバストさは殊に、使用されるコード化の特性によって決められる。即ち、実際に広く普及しているリングコード化の値領域(コード化深度)は、制限された数のコード化セグメントしか解像することができないという理由で制限されている。値領域を拡張することは比較的煩雑でありかつ測定マークが著しく大きくなってしまふことを避けるのは難しい。自動的な測定検出に影響する別のファクターはイメージ化されるコード化の品質である。これに関する重要な妨害ファクターは、測定マークの、例えば回転、縮尺変更、ずれ、圧潰または遠近法的な歪化によって引き起こされる幾何学的な障害、または画像雑音、反射、コントラストの欠乏、局所的なコントラスト差およびイメージ化のアンシャープネスのような放射性障害もしくは干渉でありまたは測定マークが部分的に隠される、即ち測定マークの部分的なマスキングもある。この形式の妨害ファクターの補償により自動的な測定マーク検出が著しく改良される。

測定マークの誤検出は後続の評価プロセス、例えば物体測量に、リジェクトされ、それ故に考慮されない測定マークより著しく大きな不都合な影響を及ぼす[2]。この形式の誤検出は、測定マークをリジェクトするためのしきい値をユーザが設定できるようにする、検出品質の規定によって著しく低減することができる。

10

20

30

40

50

それ故に本発明の課題は、一方において、測定マークをできるだけ迅速かつ確実に検出することができかつできるだけロバストでしかもフレキシブルである方法を提供すること、ないし他方において、測定マークを検出するための提供すべき方法をできるだけ効果的に使用する、物体を測量するための方法を提供することでありかつ第3には、測定マークを検出するための提供すべき方法によって特別迅速かつ申し分なく検出される測定マークを提供することである。

本発明は、測定マークを検出するための提供すべき方法に関しては請求項1の特徴部分によって示されておりかつ物体測量のための提供すべき方法に関しては請求項12の特徴部分によって示されておりかつ提供すべき測定マークに関しては請求項13の特徴部分によって示されている。その他の請求項には、測定マークを検出するための本発明の方法の有利な構成および実施の形態（請求項2ないし11）並びに本発明の測定マークの有利な構成および実施の形態（請求項14）が記載されている。

本発明の核心は、測定マークを検出するための方法に関しては、画像測定を用いて物体を測量するための測定マークの評価方法であって、該測定マークは測定指標、方位指標およびコード化指標を含んでおり、まず、光の波長領域または隣接する波長領域の電磁波を用いて推定または実際の測定マークのデジタルイメージが生成され、該デジタルイメージは複数のピクセルから成っており、推定または実際の測定マークのデジタルイメージ内の中心のピクセル座標は既知であり、かつ前記方位指標を使用して、測定マークの検出能力に関して障害となる、測定マークの回転または歪化のような不安定性によって引き起こされる幾何学的な作用を自動的に補償する形式の方法から出発して、画像雑音、反射、コントラストの欠乏、局所的なコントラスト差およびイメージ化のアンシャープネスのような放射線の障害作用は局所的なバイナリ化により自動的に補償され、かつ部分的なマスキングによる障害作用は、測定マークのコード化指標を含んでいる関連領域のラスタエレメントに対して分類を行うことによって、自動的に補償され、該分類により供給される最高の確率が予め定められた最低の確率と比較されかつ該最低の確率を上回っている場合には当該測定マークは最も確率の高いコード化指標に相応する物体クラスに割り当てられ、かつ測定マークの検出に対する少なくとも1つの品質基準が決定され、かつ該少なくとも1つの品質基準に基づいて実際の測定マークの検出または推定測定マークのリジェクトについての少なくとも1つの検査が実施され、かつ実際の測定マークの前記コード化指標から、特徴ベクトルが導出され、該特徴ベクトルは分類部に供給され、かつ検出すべき測定マークは、相互に空間的に分離されている測定指標と、方位指標と、コード化指標とを有している点にある。

以下、測定マーク検出方法（MEV = Messmarkenerkennungsverfahren）と表す、測定マークを検出するための本発明の方法の第1の有利な実施の形態において、推定または実際の測定マークのデジタルイメージがまず局所的にバイナリ化され、かつその後漸く、障害作用の補償、少なくとも1つのリジェクト判断基準の検査および実際の測定マークの特徴ベクトルの導出が行われる。バイナリ化は、放射線の障害を補償するために、殊にコントラスト強調のために実施される。局所的なバイナリ化、即ち大域のバイナリ化、即ち複数の測定マークを有する画像全体にわたるバイナリ化に対して仮想測定マークの近接領域においてバイナリ化する利点は、放射性障害が大抵は著しく改善されること、殊にコントラスト向上が高められるという点にある。

本発明のMEVの第2の有利な実施の形態において、推定または実際の測定マークのデジタルイメージ内の関連領域が識別され（推定または実際の測定マークのデジタルイメージ内の関連領域を、バイナリ化後白または黒であるすべての接しているピクセルがそれぞれの関連領域に割り当てられるように探すという仕方）かつ該関連領域に基づいて、調べている物体が推定の測定マークであるかまたは実際の測定マークであるかが決定され、かつこの関連領域が、障害、即ち反射の形の推定の測定マークに対応付けられると、リジェクトが行われ、かつ関連領域が、実際の測定マークに対応付けられると、どの個々の関連領域が測定指標および/または方位指標および/またはコード化指標の担体であるかがわかるように、個々の関連領域に対する一義的な対応付けが行われる。この形態の利点は一

10

20

30

40

50

方において、調べるべき画像内容の、関連領域への制限によって実質的な情報担体に制限され、従って方法が加速化されるということ、かつ他方において、種々異なった関連領域の、所定の種類の指標への対応付けにより、所定の情報、例えば測定マークの方位の抽出のために、所定の関連領域だけを、即ち方位指標を含んでいる関連領域だけを調べればよいということになり、従って同様に方法が加速化されるという点にある。

関連領域の識別は有利には、種々異なった形式において行うことができる。一方において、推定または実際の測定マークのデジタルイメージのカラー値の物体の関係解析を行い、つまりここではカラー値が前以て決められた値領域内にある、デジタルイメージのすべてのピクセルが1つのカラー値の物体に割り当てられる。他方において、推定または実際の測定マークのデジタルイメージのグレー値の物体の関係解析を行い、つまりここではグレー値が前以て決められた値領域内にある、デジタルイメージのすべてのピクセルが1つのグレー値の物体に割り当てられる。第3には、推定または実際の測定マークのバイナリ化されたデジタルイメージの白物体の関係解析を行うことができる。本発明のMEVの3つの形態のそれぞれは特有の利点を有している。カラー値を調べることにより、殊に関連領域がカラーおよび輝度についてその周囲とは著しく異なっているときは、グレー値を調べるよりは、関連領域の一層正確な識別が可能になる。グレー値を調べるには僅かな計算時間ですみかつ測定マークのデジタルイメージの生成のために比較的簡単で、従ってコストの面で有利な撮影装置しか必要としない。デジタルイメージの白物体を調べる場合には、計算時間は最も少なくすみ、それ故に最も高速である。

本発明のMEVの別の有利な実施の形態において、測定マークの測定指標、方位指標およびコード化指標は分かっている決まっている数において存在しており、かつこれらは相互に既知の、固定の幾何学的な関係、殊に既知の、固定の間隔および相互の相対位置を有しておりかつ相互に既知の、固定の大きさ比にある。その場合調べている物体が推定の測定マークであるかまたは実際の測定マークであるかどうかの、関連領域に基づく決定は、個々の見付け出された関連領域が前以て決められた最小数を充たしているかどうかかつ前以て決められた、有利には任意に前以て決められた許容偏差領域内で相互に既知の幾何学的な関係にあるかどうかを検査することによって行われる。測定マークのこの形式の形状により、上述の方法、即ち簡単な、ひいては高速だが、にも拘わらず信頼できる、調べている物体が推定の測定マークであるかまたは実際の測定マークであるかの決定を下すことが可能になる。

本発明のMEVの別の有利な実施の形態において、見付け出された関連領域の単純化された表示が生成されかつこの単純化によって後続の評価が加速化される。同時に情報消失を最小化にしかつ計算コストをできるだけ僅かにしておいて関連領域を一層単純化すれば特別有利である。この要求は、関連領域を多角形を用いた輪郭表示、所謂多角形表示によって十分に満たされ、かつこの最初の多角形表示に置換される近似された多角形表示、所謂多角形近似によって一層良好に満たされる。この形式の多角形近似のために、前以て決められた、最大限許される面積偏差が越えられるまで、専ら、輪郭表示の最初の多角形の支点が取りのけられるという方法が特別効果的であることが認められている。これにより殊に、標本化および/またはバイナリ化による輪郭の歪みを補償することができる。

本発明のMEVの別の有利な実施の形態において、まず、実際の測定マークの見付け出された一連の関連領域から、種々異なった関連領域の相互の幾何学的関係の知識を用いて少なくとも1つの関連領域が方位指標の担体として識別され、かつこれら方位標識から、測定マークの実際の方位が求められ、かつそれから固定的に前以て決められた、統一性のある方位に対する正規化が実施され、殊に測定マークまたは関連領域のデジタルイメージまたは関連領域の表示の正規化が実施される。この形態の利点は、調査を、前以て決められた幾何学的な関係に相応しておりかつ従って方位指標を含んでいる関連領域に制限することによって、測定マークの実際の方位を一方において、僅かな計算コスト、ひいては一層高速にかつ他方において、比較的少ないエラーで突き止めることができるという点にある。というのは、考察の際に障害を考慮することが大幅に排除されるからである。相応に、処理すべきすべての測定マークを前以て決められた、統一性のある方位に対して正規化す

10

20

30

40

50

ることも定性的には価値が高い。正規化自体は測定マークの検出の際の幾何的な障害を補償するために必要である。

本発明のMEVのこの有利な形態の更なるステップにおいて、見付け出された一連の関連領域から種々異なった関連領域の相互の幾何学的関係の知識を用いて少なくとも1つの関連領域がコード化指標の担体として識別され、かつそれからコード化指標の担体として識別されたそれぞれの関連領域が、 $n \times n$ のパターン、例えば 16×16 のパターンに大きさ正規化される。この形態の利点は、ここでも、調査を、前以て決められた幾何学的な関係に相応しておりかつ従ってコード化指標を含んでいる関連領域に制限することによって、測定マークの実際のコード化を一方において、僅かな計算コスト、ひいては一層高速にかつ他方において、考察の際に障害を考慮することが大幅に排除されるという理由で比較的少ないエラーで突き止めることができるという点にある。関連領域を正方形のパターンに正規化することで、例えば種々異なった撮影距離によって引き起こされる、種々異なった測定マークの関連領域の種々異なった大きさによる障害が補償され、かつそれぞれのパターンエレメントによって、容易に、従って高速に識別可能な指標担体を使用することができるようになる。

10

本発明のMEVのこの有利な形態の別の特別有利な中間ステップにおいて、コード化指標の担体として識別されかつ大きさ正規化されたそれぞれの関連領域の個々のパターンエレメントが、最大のカラール値領域またはグレー値領域、例えば0ないし255のグレー値領域に関してスケールアップされる。この形態の利点は、放射性の障害が補償されること、殊にコントラストが強調される点にある。個々の指標担体、即ちパターンエレメントの特徴は著しく明瞭になり、従って後続の分類が容易になる。

20

本発明のMEVのこの有利な形態の続くステップにおいて、コード化指標の担体として識別された関連領域のパターンエレメントのそれぞれのカラール値またはグレー値が、 $n \times n$ 次元の、例えば256次元の、この関連領域の特徴ベクトルの構成要素として捕捉され、かつそれからこの特徴ベクトルに対して主軸変換を行って、変換された特徴ベクトルの個々の構成要素がその重みに相応して分類のために整理された順番にあるようにされる。その後、最初の、従って最も重要な構成要素から計数されて、制限された数の、前記変換された特徴ベクトルの構成要素、例えば最初の40の構成要素が、個々の物体分類部に供給され、ここでは例えば1段の2次多項式分類部に供給される。この形態の利点は、分類が実質的な情報担体、即ちここでは特徴ベクトルの第1の構成要素に制限することができ、従って加速化することができるという点にある。

30

本発明のMEVのこの有利な形態の続くステップにおいて、この分類を用いて、構成要素数が、生じ得るコード化物体の数に等しく、かつ構成要素が、所定の物体クラスの識別の確率を表している確率ベクトルが計算される。その後、識別を最高の確率によって行った物体クラスが、該確率が前以て決められた最小値を上回っている限りは、正しいものとして推定される。そうでない場合、即ち前以て決められた最小確率以上の確率で物体クラスが識別されなかったとき、測定マークのリジェクトが行われる。この形態の利点は、一方において、物体クラスの正しい識別の確率計算のための情報担体として特徴ベクトルのすべての個々の重要な構成要素を考慮することによって、測定マークの部分的な覆い隠しを補償することができるという点にある。他方において、この形態によって、にも拘わらず一義的でないし十分に高い確率で識別されなかった物体ないし測定マークをリジェクトすることができかつこのことは、測定データの後続の更なる処理にとって、誤った対応付けより著しく有利である。

40

更に本発明のMEVでは、検出すべき測定マークは相互に独立した、空間的に分離されている測定指標、方位指標およびコード化指標を有している。この形態の利点は、殊に方位指標およびコード化指標のこのような一義的な分離によって、一方において検出は著しくロバストになりかつ他方においてコード化の著しく大きな自由度が使用できるようになり、従ってコード化深度を高めることができる点にある。

本発明のMEVの別の有利な形態において、検出すべき測定マークは、測定指標と、少なくとも2つの優先方向、特別有利には相互に垂直の関係にある優先方向にある方位指標と

50

、決まっている数の既知の文字、数字などの記号類および/またはシンボルの形のコード化指標とを有しており、その際測定指標、方位指標およびコード化指標は相互に既知の、決まっている幾何学的な関係を有しており、殊に相互に既知の、決まっている間隔および相対位置を有しておりかつ既知の、相互に決まっている大きさ比にある。この形態の利点は、既知の本当の測定マークの測定指標の優先方向と測定マークの存在するイメージの優先方向との差から、測定マークの方位、従って正規化された方位に対する相対的なその回転およびずれ角度が容易に計算されるという点にある。決まっている数および決まっている幾何学的な関係の利点は、個々の関連領域を測定指標、方位指標およびコード化指標の情報担体として一層容易に対応付けることができる点にある。更に、決まっている数および決まっている幾何学的な関係により、調べている物体が実際の測定マークであるのか、
10

もしくは検出の品質がどの位高いかについての付加的な簡単な検査が可能になる。
本発明のMEVの別の有利な実施の形態において、測定指標は、円面の形に形成されており、方位指標は、2つの側方部分と1つのこれらに対して垂直に位置している、有利には著しく長い連結ウェブとから成っているU字形の形状に形成されており、かつコード化指標は、セリフのない活字書体(サンセリフのフォント)の3つの相並んでいる数字または4つの順次続く、10個の数字および26個の大文字のうちのある数から成る記号の形に構成されている。その際、測定指標、方位指標およびコード化指標は相互に既知の、決まっている幾何学的な関係において次のように配置されている、即ち円面の形の測定指標が方位指標のU字形の形状内の中央に存在しておりかつコード化指標が決まっている数の既知の記号の形において、U字の連結ウェブの下方に、既知の、決まっている間隔をおきかつ既知の決まっている大きさ比で該連結ウェブに並んで配置されている。この形態の利点は、一方において、U字形の指標はその形状および他の指標に対する幾何学的な関係によって特別容易に識別することができかつ側方ウェブおよび連結ウェブの垂直の配向によって、測定マークの2つの優先方向を容易に識別することができ、かつ2つの方向を連結ウェブの著しく大きな長さに基づいて特別容易に区別することができるという点にある。コード化を、英数字、即ちここでは数字およびアルファベットの大文字によって行う利点は、方位指標から厳格に分離されること、ここでは例えば通例のリングコード化の例に比べて、検出能力が格段に改良されかつコード化深度が著しく容易に拡張できるということにある。
20

本発明のMEVの別の有利な形態において、調べている物体が推定の測定マークであるかまたは実際の測定マークであるかどうかの決定が行われ、かつ測定指標、方位指標またはコード化指標に対する個々の関連領域の対応付けが、まず、推定または実際の測定マークの中心の既知のピクセル座標の周囲に、関連領域を探し、かつ推定または実際の測定マークのそれぞれ見付け出された関連領域に対して、それぞれの関連領域の最小の、軸平行な、閉じている方形である方形を突き止めるようにして行われる。その後、閉じている方形内に、推定または実際の測定マークの中心の既知のピクセル座標が存在している最小の関連領域が、測定指標の仮想担体として識別されかつ閉じている方形内に、推定または実際の測定マークの中心の既知のピクセル座標が存在している次に大きな関連領域が、方位指標の仮想担体として識別される。その後、閉じている方形に基づいて、2つの方形が前以て決められた許容偏差領域内で相互に既知の幾何学的な関係にある、ここでは例えば、相互に既知の大きさ比にありかつ一方が他方によって取り囲まれているかどうかを検査することによって、調べている物体が推定測定マークであるのかまたは実際の測定マークであるのかの決定が行われる。この許容偏差領域を逸脱しているときは、測定マークのリジェクトが行われる。この形態は、即ち非常に簡単で、従って高速の手段で、調べている物体が推定の測定マークであるかまたは実際の測定マークであるかを決定することができ、かつ同時に、個々の関連領域の、測定指標、方位指標およびコード化指標に対する対応付けを行うことができるので有利である。その場合、情報の本来の抽出は専ら、既知の、その都度本当の情報担体において、従って一層高速に行うことができる。
30

本発明のMEVのこの有利な実施の形態の次のステップにおいて、調べている物体が実際の測定マークとして検出された場合には、測定マーク方位が突き止められる。このことは
40
50

例えば、方位指標の多角形近似を生成し、かつ方位指標の、ピクセル座標系の主軸に対する相対角度を、該多角形近似の、長さによって重み付けられた個々の多角形部分を角度ヒストグラムに記録することによってかつこの角度ヒストグラムの2つの最高の振幅を求めることによって、かつ最高の振幅を連結ウェブに対応付けることによって、かつ2番目に高い振幅をU字の側方ウェブに対応付けることによって突き止めるようにして行われる。本発明の別の有利な変形例において、測定マークの方位指標は、同様に、方位指標の多角形近似を生成し、かつ一方において、最長の多角形部分をU字の連結ウェブに対応付けかつ前以て決められた角度許容偏差領域内のすべての別の多角形部分もU字の連結ウェブに対応付けかつその加算後、これら多角形部分の角度の重み付けられた平均の計算を行う、かつ他方において、U字の連結ウェブに対応付けられなかった最長の多角形部分をU字の側方ウェブに対応付けかつ前以て決められた角度許容偏差領域内のすべての別の多角形部分もU字の側方ウェブに対応付けかつその加算の後、これら多角形部分の角度の重み付けられた平均の計算を行うようにしてによって突き止められる。その場合2つの変形例において、U字の連結ウェブの、ピクセル座標系の主軸に対する相対的な角度の知識から、測定マークの回転角度の計算およびU字の側方ウェブの、ピクセル座標系の主軸に対する相対的な角度の知識から、測定マークのずれ角度の計算が行われる。その際、測定マークの回転が考慮されかつ計算された推定ずれ角度が相応に補正される。この形態の利点は、実施の速度が高いということである。

本発明のMEVのこの有利な形態の続くステップにおいて、測定マークの回転およびずれ角度の知識において、測定マークのイメージの回転およびずれ正規化が実施されかつ回転およびずれ正規化されたイメージにおいて、個々の関連領域がコード化指標の担体として、これらコード化指標が既知の数においてU字の連結ウェブの下方に存在しているかどうか、かつこれらコード化指標の大きさの差が前以て決められた許容偏差領域内にあるかどうかが検査されるようにして識別される。この識別、即ち同定の要求が満たされなかった場合は、測定マークのリジェクトが行われる。この形態の利点は、非常に簡単で、従って高速な手段によって、調べている物体が十分に高い確率で測定マークであるかどうかおよびその検出が十分に高い検出品質で実施可能であるかどうかを決定することができる点にある。

物体を測量するための方法の基本的な思想は、光または隣接する波長領域からの電磁波を用いて、測定指標、方位指標およびコード化指標を含んでいる測定マークを備えている測量すべき物体から、ピクセルから形成されている、デジタルイメージが生成され、かつ物体のデジタルイメージ内に仮想、即ち推定のまたは実際の測定マークが識別され、例えばその大きさが所定の許容許容偏差内にある明るい面が識別され、かつ該仮想測定マークの中心のピクセル座標が突き止められ、かつ測定マークを検出するための本発明の方法のこれまで説明した形態の1つまたは複数個を使用して、これら仮想測定マークの中心のピクセル座標の周囲内で局所的に測定マークの検出が実施され、かつ個々の検出された測定マークのピクセル座標が測量すべき物体の3D座標系に関連付けられ、例えば写真測量を用いた3Dコレスポンス解析を用いて関連付けられるということにある。

測定マークに関する本発明の要点は、それが相互に独立した、空間的に分離されている測定指標、方位指標およびコード化指標を次のように有している、即ち方位指標は少なくとも2つの相互に垂直に存在している優先方向を有しており、かつコード化指標は決まっている数の既知の記号および/またはシンボルの形に存在しており、かつ測定指標、方位指標およびコード化指標は既知の、決まっている数において存在しており、かつ測定指標、方位指標およびコード化指標は相互に既知の、決まっている幾何学的な関係を有している、殊に既知の、決まっている間隔および相互相対位置を有しており、かつ相互に既知の、決まっている大きさ比にあるという点にある。

測定マークの特別有利な形態において、この測定指標は円面の形において形成されており、かつ方位指標は、2つの側方部分およびこれらに対して垂直である、有利には著しく長い連結ウェブから成っているU字の形状に形成されており、かつコード化指標は、サンセリフフォントの3つの相並んでいる数字またはサンセリフのフォントの10個の数字およ

10

20

30

40

50

び26個のアルファベットの大文字のうちの4つの相並んでいる英数字の形に形成されている。更に、測定指標、方位指標およびコード化指標は相互に既知の、決まっている幾何学的な関係において次のように配置されている、即ち円面の形の測定指標が方位指標のU字形状内の中心にありかつ決まっている数の既知の記号の形のコード化指標がU字の連結ウェブの下方に、これに対して既知の、決まっている間隔をおいてかつ既知の、決まっている大きさ比において順次配置されているように配置されている。

次に、物体を測量するための本発明の方法の実施例および測定マークを検出するための本発明の方法の実施例について詳細に説明する。

測量すべき物体は測定マークが付けられる。

この種の測定マーク1が(拡大されて)第1図に図示されている。それは、円の形の測定指標2と、中央に測定指標が存在しておりかつ連結ウェブが側方ウェブより明らかに長い、U字の形の方位指標3と、U字の連結ウェブの下方に固定の間隔をおいて存在している統一のとれた大きさの3つの数字の形のコード化指標4とを含んでいる。

測定マークが付けられている物体は、光学的なデジタルカメラによって種々異なった位置からグレー値像として撮影される。3Dコレスポネンス解析を用いて、物体の3D座標が物体のイメージのピクセル座標に関連付けられる。

画像全体内で、あるかもしれない、即ち仮想の測定マークが求められる。その際それは実際の測定マークであるかまたは推定測定マーク、例えば反射または別の明るい妨害物である可能性がある。これらの仮想測定マークに対して、その中心のピクセル座標が突き止められる。次いで、測定マークを検出するための方法が実施される。

測定マークを検出するための本発明の以下に詳細に説明される実施例において、まず、仮想の測定マークの中心の既知のピクセル座標の周囲がバイナリ化される。このために、既知のピクセル座標から出発して、まず、測定指標、即ち円面が突き止められる。実際の測定指標の円面は白であり、即ちそれはここで利用されるスケールにおいて255の近傍にあるはずである高いグレー値を有している。既知のピクセル座標から出発して、円面の直径が水平方向および垂直方向において測量されかつ結果が平均化され、その際丁度考察中のピクセルのグレー値が中心のピクセルのグレー値に対して50%だけ低下するところが円面の境界と見なされる。そこで周囲として、測定円の10倍の直径および同じ中心を有する面が考察される。この周囲内で、すべてのピクセルのグレー値が平均化されかつしきい値としてのこの平均値によって周囲のバイナリ化が実施される。

バイナリ化のしきい値を突き止めるためのグレー値の平均化は次のように行われる：まず、推定または実際の測定マークの中心のピクセル座標の周囲内で、ピクセルの最大グレー値および最小グレー値が突き止められる。その後、この周囲内のすべてのピクセルの最小グレー値よりこの周囲内のすべてのピクセルの最大グレー値により近いグレー値を有する、この周囲内の各グレー値が、高いグレー値を有するピクセルの群に割り当てられる。まさに最大グレー値と最小グレー値との間にあるグレー値を有するピクセルもこの群に割り当てられる。この周囲内のすべてのピクセルの最大グレー値よりこの周囲内のすべてのピクセルの最小グレー値により近いグレー値を有する、この周囲内の各グレー値が、比較的低いグレー値を有するピクセルの群に割り当てられる。その後、高いグレー値を有するピクセル群からすべてのピクセルのすべてのグレー値の平均値が形成されかつ群エレメントの数によって重み付けられかつ低いグレー値を有するピクセル群からすべてのピクセルのすべてのグレー値の平均値が形成されかつ群エレメントの数によって重み付けられる。その後これら2つの重み付けられた平均値から、バイナリ化のしきい値として使用される平均値が形成される。

本来のバイナリ化の際に、グレー値がしきい値の上にあるかまたはしきい値に等しい、この周囲内の各ピクセルにはバイナリ値白が当てられ、かつカラーまたはグレー値がしきい値の下方にある、この周囲内の各ピクセルにはバイナリ値黒が当てられる。

次いで、このバイナリ化された周囲内で、関連領域が次のようにして探し出される：バイナリ化後、白または黒であるすべての隣接しているピクセルがそれぞれの関連領域に割り当てられる。

10

20

30

40

50

既知のピクセル座標の調べている周囲に実際の測定マークがあるかどうかの決定、および場合により、個々の見付け出された関連領域の、所定の指標種類への対応付けは次のように行われる：まず、推定または実際の測定マークのそれぞれ見付け出された関連領域に対して、それぞれの関連領域の最小の、軸平行な、取り囲んでいる方形である方形が突き止められる。それから、内部に推定または実際の測定マークの中心の既知のピクセル座標が存在している取り囲んでいる方形を持った最小の関連領域が測定指標を含んでいる関連領域と見なされ、かつ内部に推定または実際の測定マークの中心の既知のピクセル座標が存在している取り囲んでいる方形を持った次に大きな関連領域が方位指標を含んでいる関連領域と見なされる。その後、次の条件が満たされているかどうか検査される。前以て決められている許容偏差領域内に、この2つの方形が相互に既知の幾何学的関係にあるか、即ち殊に、これらが相互に既知の大きさの比にあるかそして一方が他方によって包囲されているかどうか。この条件が満たされていなければ、調べている物体は推定測定マークとしてリジェクトされる。

10

調べている物体が実際の測定マークとして検出されると、その方位が次のようにして求められる：

まず、見付け出された関連領域の単純化された表示、いわばプレゼンテーションが生成される。ここでは殊に、多角形を用いた輪郭表示、つまり多角形表示が生成される。それからこの最初の多角形表示が近似された多角形表示、つまり多角形近似によって置き換えられる。この多角形近似は、それが専ら、輪郭表示の最初の多角形の支点だけを取りのけるように、しかも前以て決められた許容可能な最大面積偏差が超えられるまで実施される

20

このようにして突き止められた多角形部分のうち、最も長いもの並びに第1のものに対して相対的に前以て決められた角度許容偏差領域内に存在しているそれぞれ別の多角形部分がU字の連結ウェブに対応付けられる。このようにして見付け出された多角形部分から、ピクセル座標系の主軸に対して相対的なこれらの角度の重み付けされた平均値が計算される。まだ考慮されていない多角形部分のうち、最も長いものが並びに第1のものに対して相対的に前以て決められた角度許容偏差領域内に存在しているそれぞれ別の多角形部分もU字の側方ウェブに対応付けられる。このようにして見付け出された多角形部分から、ピクセル座標系の主軸に対して相対的なこれらの角度の重み付けされた平均値が計算される

30

ピクセル座標系の主軸に対して相対的な、U字の連結ウェブの角度の知識から、測定マークの回転角度が計算されかつ測定マークのイメージの回転正規化が実施される。ピクセル座標系の主軸に対して相対的な、U字の側方ウェブの角度の知識から、測定マークの推定ずれ角度が計算されかつこの推定ずれ角度から回転角度の知識を用いて実際のずれ角度が計算されかつ測定マークのイメージのずれ正規化が実施される。

測定マークの回転およびずれ正規化されたイメージにおいて、コード化指標を含んでいる関連領域が次のようにして識別される：

U字の連結ウェブの下方に、既知の決まった数の関連領域が存在しているかどうかかつその大きさの差が前以て決められた許容領域内にあるかどうか検査される。この識別要求が満たされていない場合、測定マークのリジェクトが行われる。

40

識別要求が満たされている場合、コード化指標のデコード化が次のようにして行われる：コード化指標の担体として識別されたそれぞれの関連領域は、 16×16 のパターンに大きさ正規化されかつ関連領域の個々のスクリーンエレメントのグレー値を0ないし255のグレー値領域についてスケールリングすることによってコントラスト強調される。この 16×16 スクリーンのそれぞれのグレー値はこの関連領域の256次元の特徴ベクトルの構成要素と捕捉されかつこのようにして形成された特徴ベクトルに対して主軸変換が行われて、変換された特徴ベクトルの個々の構成要素がその重みに相応して分類のために整理された順番で存在しているようにされる。この特徴ベクトルの第1の、即ち最も重要な40の構成要素が個別記号分類部、ここでは殊に1段の2次多項式分類部に供給される。

この分類を用いて、生じ得る記号の数に等しい数、即ちここではすべての数字の数、即ち

50

10に等しい数の構成要素数を有し、かつその構成要素が所定の記号クラスの識別の確率を示している確率ベクトルが計算される。それから、この確率が前以て決められた最小値を上回っている場合には、最大の確率で識別が行われた記号クラスが正しいクラスとして推定される。正しいデコード化のために上に述べた最小値に達しなければ、測定マークのリジェクトが行われる。

測定マークの成功裡の検出、即ち実際のマークの識別が上手くいきかつコード化指標のデコード化が上手くいった後、結果として、測定点座標が所属のデコード化されたコード化指標と一緒に、物体を測量するための方法を実施するところへ送られる。最適には検出の品質基準、例えば3つの数字の正しい検出のそれぞれの確率値の最小のものを引き渡すことができる。

10

ここでは殊に、写真測量を用いた3Dコレスポネンス解析の途中で、測定マークのピクセル座標から、測量すべき物体の本当の3D座標が突き止められる。その際検出の品質基準が考慮されかつ個々の測定マークの相応の重み付けが行われる。

物体測量のための本発明の方法は、この例の実施例において、大きな物体、例えば自動車の測量のために特別適していることが認められている。

本発明は上述した実施例にのみ限定されず、むしろ別の実施例に転用可能である。

即ち、例えば、測量すべき物体が物質の形の測定マークを付けられているのではなく、光が相応に成形されたマスクによって物体の表面に投射されるかまたは相応の成形された測定マークがレーザービームを用いて直接、物体の表面にイメージ化されることが考えられる。この形式の、物体の表面に測定マークを取り付けるための純光学的な方法によって、極めて敏感な表面またはアクセスするのが非常に難しい表面を有する物体の測量も、確かに液体の表面の測量でさえ可能になる。

20

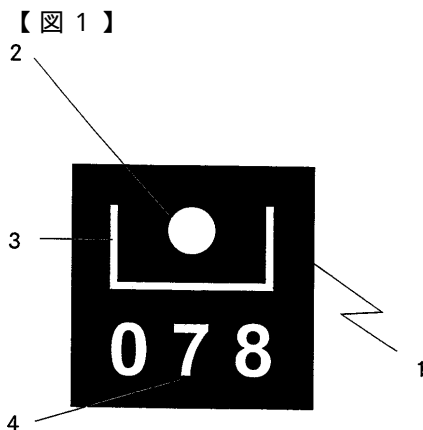


FIG. 1

フロントページの続き

- (72)発明者 トルステン ケーザー
ドイツ連邦共和国 ウルム ケルテルンヴェーク 129
(72)発明者 マルティン ミハエリス
ドイツ連邦共和国 ウルム フュルステンエッカーシュトラッセ 2

審査官 うし 田 真悟

- (56)参考文献 登録実用新案第3033218(JP,U)
特開平09-016043(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01C 15/00 - 15/06

G01B 11/00 - 11/30

G06T 1/00 - 7/60

G06K 9/00 - 9/82