

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-184871

(P2020-184871A)

(43) 公開日 令和2年11月12日 (2020. 11. 12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H02S 50/00 (2014.01)	H02S 50/00	2G020
G01N 21/94 (2006.01)	G01N 21/94	2G051
G01N 21/956 (2006.01)	G01N 21/956	5F151
G01J 3/46 (2006.01)	G01J 3/46	5L096
G06T 7/90 (2017.01)	G06T 7/90	D
審査請求 有 請求項の数 11 O L (全 23 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2019-171699 (P2019-171699)
 (22) 出願日 令和1年9月20日 (2019. 9. 20)
 (11) 特許番号 特許第6695581号 (P6695581)
 (45) 特許公報発行日 令和2年5月20日 (2020. 5. 20)
 (31) 優先権主張番号 特願2019-86619 (P2019-86619)
 (32) 優先日 平成31年4月26日 (2019. 4. 26)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 日本国 (JP)

(71) 出願人 517105272
 竹内マネージメント株式会社
 兵庫県神戸市兵庫区今出在家町1丁目2番
 4号
 (71) 出願人 317001415
 山田 秀雄
 奈良県奈良市登美ヶ丘2丁目1-37-B
 O1
 (71) 出願人 517105283
 昭神電設株式会社
 兵庫県神戸市西区大沢1丁目4番地の1
 (74) 代理人 110001933
 特許業務法人 佐野特許事務所

最終頁に続く

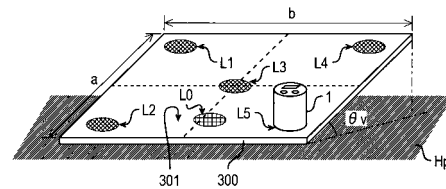
(54) 【発明の名称】 汚れ検査装置、汚れ検査方法、及び、太陽光発電モジュールの管理方法

(57) 【要約】

【課題】 太陽光発電モジュールの受光面の汚れ度合いを測定して精度良く数値化する。

【解決手段】 太陽光発電モジュールの受光面のうちのハウジングで覆われ且つ照明装置により光が照射された一部領域を撮像装置で撮像する。撮像装置により撮像された測定画像の各々の画素の色空間における色座標と、色空間における基準色座標とに基づいて、受光面の汚れ度合いを算出する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

太陽光発電モジュールの受光面の一部領域を覆うハウジングと、
前記一部領域に光を照射する照明装置と、
前記一部領域を撮像する撮像装置と、
前記撮像装置により撮像された測定画像の各々の画素の色空間における第 1 色座標と、
前記色空間における基準色座標とに基づいて、前記受光面の汚れ度合いを算出する画像処理部と、
を備える、汚れ検査装置。

【請求項 2】

前記画像処理部は、前記色空間において、前記基準色座標を中心とする所定の大きさの基準色範囲内に第 2 色座標がある前記基準画像の画素の数が最大となるように、前記基準色座標を決定する、請求項 1 に記載の汚れ検査装置。

【請求項 3】

前記画像処理部は、前記色空間において、前記基準画像の各々の画素の第 2 色座標を中心とする所定の大きさの色範囲の重なりが最も多い領域を算出し、該領域に基づいて前記基準色座標を決定する、請求項 1 に記載の汚れ検査装置。

【請求項 4】

前記画像処理部は、前記色空間において、
前記基準色範囲内に前記第 1 色座標がある前記測定画像の画素を検出し、
前記画素の検出結果に基づいて前記受光面の汚れ度合いを算出する、請求項 1 ～請求項 3 のいずれか 1 項に記載の汚れ検査装置。

【請求項 5】

前記画像処理部は、さらに前記第 1 色座標に対応する色成分別の補正值に基づいて前記汚れ度合いを補正する、請求項 1 ～請求項 4 のいずれか 1 項に記載の汚れ検査装置。

【請求項 6】

太陽光発電モジュールの受光面のうちのハウジングで覆われ且つ照明装置により光が照射された一部領域を撮像装置で撮像するステップと、
前記撮像装置により撮像された測定画像の各々の画素の色空間における色座標と、前記色空間における基準色座標とに基づいて、前記受光面の汚れ度合いを算出するステップと、
を備える、汚れ検査方法。

【請求項 7】

請求項 1 ～請求項 5 のいずれか 1 項に記載の汚れ検査装置を用いて太陽光発電モジュールの受光面の汚れ度合いを測定するとともに、前記太陽光発電モジュールの発電電力を測定する第 1 の測定ステップと、

前記第 1 の測定ステップを実施した時点から所定の経過期間の後に、前記汚れ検査装置を用いて前記汚れ度合いを測定するとともに、前記発電電力を測定する第 2 の測定ステップと、

前記第 1 の測定ステップ及び前記第 2 の測定ステップでそれぞれ測定した前記汚れ度合い及び前記発電電力と、前記経過期間とに基づいて、前記受光面の洗浄時期を決定する決定ステップと、
を備える、太陽光発電モジュールの管理方法。

【請求項 8】

前記第 1 の測定ステップ及び前記第 2 の測定ステップにおいて、前記汚れ度合いの補正測定値が算出され、

前記補正測定値は、前記太陽光発電モジュールの前記受光面の一部領域が前記汚れ検査装置により撮像された測定画像の各々の画素の色空間における第 1 色座標と、前記色空間における基準色座標とに基づく前記汚れ度合いの測定値を、前記第 1 色座標に対応する色成分別の補正值に基づいて補正した値である、請求項 7 に記載の太陽光発電モジュール

10

20

30

40

50

の管理方法。

【請求項 9】

少なくとも前記第 1 の測定ステップ及び前記第 2 の測定ステップが、一日のうちの早朝及び夕方の中の少なくとも一方で実施される、請求項 7 又は請求項 8 に記載の太陽光発電モジュールの管理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、汚れ検査装置、汚れ検査方法、及び、太陽光発電モジュールの管理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

太陽光発電モジュールでは、入射光が受光面で乱反射することなく太陽電池セルに到達することが重要である。受光面での乱反射の要因としては、塵埃、塩分、油分、大気汚染物質、草木種などの付着による受光面の汚れが考えられる。受光面の汚れにより、太陽電池セルに到達する光量は減少し、太陽光発電モジュールの発電電力は減少する。

【0003】

この点に対して、特許文献 1 は、太陽電池モジュールの受光面側のガラス表面に、親水性領域と疎水性領域とが混在したコーティング表面を有する防汚性薄膜を形成している。特許文献 1 は、防汚性薄膜の形成により、受光面に付着した粉塵などを少量の降雨などで効率よく除去できるようにしている。

【0004】

但し、受光面に防汚性を付与しても、受光面の汚れを完全に防止することは非常に難しく、実際には受光面の汚れは経時的に進んでしまう。従って、低下した発電電力を回復させるためには、太陽光発電モジュールの受光面を所定の時期に洗浄する必要がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2012-256755 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、受光面の汚れ度合いを測定して数値化する手法は未だ確立されていない。そのため、現状では、受光面の洗浄時期は、太陽光発電モジュールの管理者の実務経験又は慣例によって決定されている。

【0007】

上記の状況を鑑みて、本発明は、太陽光発電モジュールの受光面の汚れ度合いを測定して精度良く数値化できる汚れ検査装置、及び汚れ検査方法を提供することを第 1 の目的とする。

【0008】

また、本発明は、受光面の洗浄時期を理論的に決定できる太陽光発電モジュールの管理方法を提供することを第 2 の目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成するために本発明の一の態様による汚れ検査装置は、太陽光発電モジュールの受光面の一部領域を覆うハウジングと、前記一部領域に光を照射する照明装置と、前記一部領域を撮像する撮像装置と、前記撮像装置により撮像された測定画像の各々の画素の色空間における第 1 色座標と、前記色空間における基準色座標とに基づいて、前記受光面の汚れ度合いを算出する画像処理部と、を備える構成（第 1 の構成）とされる。

【0010】

10

20

30

40

50

上記第 1 の構成の汚れ検査装置は、前記画像処理部は、前記色空間において、前記基準色座標を中心とする所定の大きさの基準色範囲内に第 2 色座標がある前記基準画像の画素の数が最大となるように、前記基準色座標を決定する構成（第 2 の構成）であってもよい。

【0011】

或いは、上記第 1 の構成の汚れ検査装置は、前記画像処理部は、前記色空間において、前記基準画像の各々の画素の第 2 色座標を中心とする所定の大きさの色範囲の重なりが最も多い領域を算出し、該領域に基づいて前記基準色座標を決定する構成（第 3 の構成）であってもよい。

【0012】

上記第 1 ～第 3 のうちのいずれかの構成の汚れ検査装置は、前記画像処理部は、前記色空間において、前記基準色範囲内に前記第 1 色座標がある前記測定画像の画素を検出し、前記画素の検出結果に基づいて前記受光面の汚れ度合いを算出する構成（第 4 の構成）であってもよい。

【0013】

上記第 1 ～第 4 のうちのいずれかの構成の汚れ検査装置は、前記画像処理部は、さらに前記第 1 色座標に対応する色成分別の補正值に基づいて前記汚れ度合いを算出する構成（第 5 の構成）であってもよい。

【0014】

また、上記目的を達成するために本発明の一の態様による汚れ検査方法は、太陽光発電モジュールの受光面のうちのハウジングで覆われ且つ照明装置により光が照射された一部領域を撮像装置で撮像するステップと、前記撮像装置により撮像された測定画像の各々の画素の色空間における色座標と、前記色空間における基準色座標とに基づいて、前記受光面の汚れ度合いを算出するステップと、を備える構成（第 6 の構成）とされる。

【0015】

また、上記目的を達成するために本発明の一の態様による太陽光発電モジュールの管理方法は、上記第 1 ～第 5 のうちのいずれかの構成の汚れ検査装置を用いて太陽光発電モジュールの受光面の汚れ度合いを測定するとともに、前記太陽光発電モジュールの発電電力を測定する第 1 の測定ステップと、前記第 1 の測定ステップを実施した時点から所定の経過期間の後に、前記汚れ検査装置を用いて前記汚れ度合いを測定するとともに、前記発電電力を測定する第 2 の測定ステップと、前記第 1 の測定ステップ及び前記第 2 の測定ステップでそれぞれ測定した前記汚れ度合い及び前記発電電力と、前記経過期間とに基づいて、前記受光面の洗浄時期を決定するステップと、を備える構成（第 7 の構成）とされる。

【0016】

上記第 7 の構成の太陽光発電モジュールの管理方法は、前記第 1 の測定ステップ及び前記第 2 の測定ステップにおいて、前記汚れ度合いの補正測定値が算出され、前記補正測定値は、前記太陽光発電モジュールの前記受光面の一部領域が前記汚れ検査装置により撮像された測定画像の各々の画素の色空間における第 1 色座標と、前記色空間における基準色座標とに基づく前記汚れ度合いの測定値を、前記第 1 色座標に対応する色成分別の補正值に基づいて補正した値である構成（第 8 の構成）であってもよい。

【0017】

上記第 7 又は第 8 の構成の太陽光発電モジュールの管理方法は、少なくとも前記第 1 の測定ステップ及び前記第 2 の測定ステップが、一日のうちの早朝及び夕方の中の少なくとも一方で実施される構成（第 9 の構成）であってもよい。

【発明の効果】

【0018】

本発明の汚れ検査装置及び汚れ検査方法によれば、太陽光発電モジュールの受光面の汚れ度合いを測定して精度良く数値化することができる。また、本発明の太陽光発電モジュールの管理方法によれば、受光面の洗浄時期を理論的に決定することができる。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【0019】

【図1】汚れ検査装置の構成例を示す模式図である。

【図2】汚れ検査装置を用いた汚れ検査方法の一例を示す模式図である。

【図3】汚れ検査装置を用いた汚れ検査方法の一例を説明するためのフローチャートである。

【図4】第1実施形態の実施例における汚れ度合いの数値化の手法を説明するためのフローチャートである。

【図5A】実施例における基準画像の色空間の一例である。

【図5B】測定画像の色空間の一例である。

【図6】第1実施形態の変形例における汚れ度合いの数値化の手法を説明するためのフローチャートである。 10

【図7】変形例における基準画像の色空間の一例である。

【図8】太陽光発電モジュールの管理方法の一例を説明するためのフローチャートである。

【図9】日射強度に対する太陽光発電モジュールの発電電力の関係を示すグラフである。

【図10】洗浄前後での発電電力の変化を示す模式図である。

【図11】第2実施形態の実施例における汚れ度合いの数値化の手法を説明するためのフローチャートである。

【図12】第2実施形態の変形例における汚れ度合いの数値化の手法を説明するためのフローチャートである。 20

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下に、図面を参照して本発明の実施形態を説明する。

【0021】

<1. 第1実施形態>

図1は、汚れ検査装置1の構成例を示す模式図である。本実施形態に係る汚れ検査装置1は、太陽光発電モジュール300の受光面301に載置され、受光面301の汚れ度合いを検査する。

【0022】

太陽光発電モジュール300は、受光面301に入射する光を電気エネルギーに変換する発電装置である。太陽光発電モジュール300は、透光性を有する基板310と、封止樹脂層320と、太陽電池セル330と、バックフィルム340と、を備える。図1において、受光面301は、基板310の上面である。基板310の下面には、封止樹脂層320が設けられる。封止樹脂層320の下面には、バックフィルム340が設けられる。封止樹脂層320は、基板310とバックフィルム340との間に充填される透明な充填材である。太陽電池セル330は、基板310とバックフィルム340との間に設けられ、封止樹脂層320により封止される。太陽電池セル330には、本実施形態では多結晶シリコンが用いられる。但し、この例示に限定されず、GaAs系、Cu-In-Se系(CIS)系、Cu-In-Ga-Se系(CIGS)系、CdTe系などの材料を用いた化合物半導体太陽電池セル、色素増感型太陽電池セルなどが用いられてもよい。また、太陽光発電モジュール300は、図示を省略した端子ボックス及びケーブルをさらに備える。端子ボックスは、太陽電池セル330の出力を取り出し、ケーブルを通じて太陽光発電モジュール300の外部に出力する。 30 40

【0023】

<1-1. 汚れ検査装置>

図1に示すように、汚れ検査装置1は、ハウジング11と、照明装置12と、照明駆動装置13と、カメラ14と、メモリ15と、制御装置16と、表示装置17と、入力装置18と、通信装置19と、外部電源端子20と、内蔵電源21と、を備える。

【0024】

ハウジング11は、有蓋筒状の円筒形状である。ハウジング11は、照明駆動装置13 50

、カメラ１４、メモリ１５、制御装置１６、通信装置１９、及び内蔵電源２１を内部に收容する。ハウジング１１の蓋部分には、表示装置１７及び入力装置１８が設けられる。ハウジング１１の筒部分には、外部電源端子２０が設けられる。また、ハウジング１１は、受光面３０１側の端部に開口１１１を有する。該開口１１１の内縁には、照明装置１２が設けられる。

【００２５】

汚れ検査装置１が受光面３０１に載置される際、ハウジング１１は、太陽光発電モジュール３００の受光面３０１の一部領域Ａｐを覆う。これにより、汚れ検査装置１は、外光に対して該一部領域Ａｐを遮光した状態で測定を実施できるので、測定結果のノイズを抑制できる。また、ハウジング１１は、本実施形態では樹脂製である。そのため、載置の際、ハウジング１１が受光面３０１に当たっても、受光面３０１を傷つけ難くなっている。

10

【００２６】

照明装置１２は、受光面３０１の一部領域Ａｐに光を照射する。照明装置１２は、リング状の基体１２１と、ＬＥＤアレイ１２２を有する。ＬＥＤアレイ１２２は、基体１２１の径方向内端部に設けられ、周方向に並ぶ複数の白色ＬＥＤ（符号省略）を有する。各々の白色ＬＥＤは、所定の放射角度を有して径方向内方に白色光を出射し、少なくとも一部の白色光をハウジング１１で覆われた受光面３０１の一部領域Ａｐに照射する。該一部領域Ａｐは、後述するように、汚れ検査装置１が受光面３０１の汚れ度合いを測定するための領域であり、本実施形態では直径がφ５０［ｍｍ］～φ２００［ｍｍ］の領域である。

【００２７】

照明駆動装置１３は、制御装置１６から出力される制御信号に基づいて照明装置１２を駆動し、特にＬＥＤアレイ１２２の発光を制御する。

20

【００２８】

カメラ１４は、受光面３０１の一部領域Ａｐを撮像する撮像装置である。カメラ１４が撮像する画像の画素数は、本実施形態では６万～１０万程度である。カメラ１４は、レンズ１４１と、撮像素子１４２と、を有する。受光面３０１において上述の一部領域Ａｐから入射する光は、レンズ１４１を通じて撮像素子１４２に入射する。撮像素子１４２には、ＣＣＤ（charge coupled device）イメージセンサ、ＣＭＯＳ（complementary metal-oxide-semiconductor）イメージセンサなどが用いられる。

【００２９】

メモリ１５は、電力供給が停止しても記憶を維持する非一過性の記憶媒体である。メモリ１５は、たとえば、汚れ検査装置１の各構成要素で用いられるプログラム及び制御情報、データなどを記憶する。また、メモリ１５は、たとえば、カメラ１４が撮像した画像データなども記憶する。

30

【００３０】

制御装置１６は、メモリ１５に記憶されたプログラム及び制御情報、データなどを用いて汚れ検査装置１の各構成要素を制御する。制御装置１６は、後述する基準画像及び測定画像に基づいて受光面３０１の一部領域Ａｐの汚れ度合いを数値化する。なお、汚れ度合いを測定する汚れ検査方法、及び、汚れ度合いの数値化の手法は、後に説明する。

【００３１】

制御装置１６は、カメラ１４により撮像された画像を処理する画像処理部１６１を有する。画像処理部１６１は、たとえば、カメラ１４により撮像された測定画像の各々の画素の色座標と、後述する基準色座標とに基づいて、受光面３０１の汚れ度合いを算出する。これにより、太陽光発電モジュール３００の受光面３０１の汚れ度合いを測定して精度良く数値化することができる。なお、測定画像は、汚れ検査装置１で汚れ度合いを測定する受光面３０１（の一部の領域）をカメラ１４で撮像した画像である。基準色座標は、汚れ度合いを測定する際の基準となる色座標であり、本実施形態では汚れ検査装置１を用いて清浄な受光面３０１（の一部の領域）を撮像した基準画像に基づいて決定される。測定画像及び基準画像は、受光面３０１の撮像領域がハウジング１１により覆われ且つ照明装置１２から光が照射された状態で撮像されている。本実施形態では、基準画像及び測定画像

40

50

の受光面 301 の撮像領域は、同じであってもよいし、異なってもよい。

【0032】

表示装置 17 は、ハウジング 11 の上面に設けられたディスプレイ（図示省略）に汚れ度合いの測定値などを表示する。

【0033】

入力装置 18 は、ユーザの操作入力を受け付ける。入力装置 18 は、汚れ検査装置 1 の起動／停止を操作するための電源 ON / OFF ボタン（図示省略）、後述するティーチングの実施を入力するためのティーチング開始ボタン（図示省略）、及び、汚れ検査装置 1 の測定開始を入力するための測定開始ボタン（図示省略）などを含む。これらのボタンは、ハウジング 11 の上面に設けられる。

【0034】

なお、表示装置 17 及び入力装置 18 は、本実施形態では別々に設けられているが、この例示に限定されず、タッチパネルなどの一体の装置であってもよい。

【0035】

通信装置 19 は、外部端末 OT と無線又は有線で通信可能である。本実施形態では、Bluetooth（登録商標）により双方向の無線通信が可能である。外部端末 OT は、たとえば、パーソナルコンピュータ、スマートフォンなどの携帯機器である。通信装置 19 は、たとえば、汚れ検査装置 1 の測定データ（汚れ度合いの数値など）を外部端末 OT に送信できる。また、外部端末 OT は、通信装置 19 との通信により、汚れ検査装置 1 を操作することもできる。

【0036】

外部電源端子 20 は、外部電源 AC と電氣的に接続可能であり、外部電源 AC から出力される電力を汚れ検査装置 1 の各構成要素に電力を供給できる。

【0037】

内蔵電源 21 は、汚れ検査装置 1 に内蔵されるバッテリーであり、放電して汚れ検査装置 1 の各構成要素に電力を供給できる。また、内蔵電源 21 は、外部電源端子 20 を介して外部電源 AC から供給される電力により充電できる。

【0038】

< 1-2. 汚れ検査方法 >

次に、汚れ検査装置 1 を用いた太陽光発電モジュール 300 の受光面 301 の汚れ検査方法を説明する。図 2 は、汚れ検査装置 1 を用いた汚れ検査方法の一例を示す模式図である。図 3 は、汚れ検査装置 1 を用いた汚れ検査方法の一例を説明するためのフローチャートである。なお、図 2 は、汚れ度合いを測定する際の太陽光発電モジュール 300 と汚れ検査装置 1 との位置関係を示す。また、図 2 の破線は、太陽光発電モジュール 300 の受光面 301 の縦幅 a の方向における中央と横幅 b の方向における中央とを表している。

【0039】

図 2 において、太陽光発電モジュール 300 は、屋外に設置され、水平な地面 Hp に対して鉛直上方に傾斜角 θ_v 傾けて設置されている。太陽光発電モジュール 300 の縦幅はたとえば $a = 1.0$ [m] であり、横幅はたとえば $b = 1.7$ [m] である。傾斜角 θ_v は、たとえば $0^\circ \sim 30^\circ$ である。

【0040】

汚れ検査装置 1 を用いた汚れ検査方法では、図 3 に示すように、汚れ検査装置 1 にティーチングを行った後、受光面 301 の汚れ度合いを実測する。この汚れ検査方法により、太陽光発電モジュール 300 の受光面 301 の汚れ度合いを測定して精度良く数値化することができる。なお、ティーチングは、汚れ検査装置 1 に汚れ度合いの基準を設定する工程である。また、本実施形態では、受光面 301 の汚れ度合いを $0 \sim 100$ に数値化して示す。汚れ度合いの測定値は、清浄な受光面 301 では 100 であり、受光面 301 が汚れているほど小さくなる。目視で汚れが確認できる場合、測定値はたとえば $23 \sim 24$ 程度となる。

【0041】

まず、受光面 301 上の基準領域 L0 及びその近傍が純粋又は精製水で洗浄されて清浄にされる (S101)。そして、基準領域 L0 上に汚れ検査装置 1 が載置され、ティーチング開始ボタンが押されることにより清浄な基準領域 L0 の RGB カラーの基準画像が撮像される (S103)。画像処理部 161 は、基準画像に基づいてティーチングを行う (S105)。なお、ティーチングの具体的な内容は後に説明する。

【0042】

次に、ティーチングした汚れ検査装置 1 を用いて受光面 301 の汚れ度合いを実測する。この工程では、まず、受光面 301 上の測定領域 L1 上に汚れ検査装置 1 が載置されて、測定開始ボタンが押されることにより測定領域 L1 の RGB カラーの測定画像が撮像される (S111)。なお、測定領域 L1 での撮像は、1 回でもよいし、複数回であってもよい。画像処理部 161 は、測定領域 L1 での撮影画像に基づいて測定領域 L1 における汚れ度合いを数値化してその測定値を算出する (S113)。表示装置 17 は、算出された測定値をディスプレイに表示する (S115)。ユーザは、ディスプレイを見て、測定領域 L1 での測定値を読み取ることができる。また、汚れ検査装置 1 は、外部端末 OT に測定値を送信することもできる。

10

【0043】

測定領域 L2～L5 でも、ステップ S111～S115 と同じ処理が実施される (ステップ S117 で NO)。なお、測定領域の数は、本実施形態では 5 箇所であるが、この例示に限定されず、1 箇所であってもよいし、5 以外の複数箇所であってもよい。

20

【0044】

全ての測定領域での測定が終了すると (ステップ S117 で YES)、各測定領域 L1～L5 での測定値に基づいて、太陽光発電モジュール 300 の受光面 301 の汚れ度合いが算出される (S119)。たとえば、全ての測定領域 L1～L5 での測定値の平均値が算出される。この際、たとえば、予め汚れ検査装置 1 に測定箇所数を入力しておくことにより、制御装置 16 にて全ての測定値の平均値が算出されて表示装置 17 に表示されてもよい。或いは、外部端末にて全ての測定値の平均値が算出されて、外部端末のディスプレイ (図示省略) に表示されてもよい。

【0045】

なお、図 2 の汚れ検査方法では、ティーチングは、汚れ度合いを実測する検査対象の太陽光発電モジュール 300 を使って実施している。但し、この例示に限定されず、ティーチングは、検査対象とは異なる太陽光発電モジュールを使って実施されてもよい。この場合、ティーチングが実施される太陽光発電モジュールは、好ましくは、汚れ度合いを実測する検査対象の太陽光発電モジュール 300 と同じ又は類似する構成とされる。さらに、ティーチングは、汚れ度合いの実測前に、検査対象の太陽光発電モジュール 300 が設置場所とは異なる場所で予め実施されていてもよい。或いは、ティーチングは、実測の度の実施されなくてもよく、以前の実測で使用したティーチングの設定がそのまま使用されてもよい。

30

【0046】

また、図 2 及び図 3 では、小規模の太陽光発電所での検査例を説明した。一方、たとえば発電電力が 1 [MW] 以上の大規模の太陽光発電所では、太陽光発電モジュールが複数個所に設置され、各々の太陽光発電モジュールのサイズも大きいため、各太陽光発電モジュールの受光面の汚れ度合いは不均一になり易い。このような場合には、たとえば、周囲の環境に影響されて比較的汚れ易い場所を特定し、特定した各場所に設置された太陽光発電モジュールで測定を行い、それぞれの測定値の平均値をその太陽光発電所の汚れ度合いとすればよい。

40

【0047】

< 1-3. 汚れ度合いの数値化 >

次に、第 1 実施形態における汚れ度合いの数値化の手法の実施例とその変形例とを説明する。

【0048】

50

< 1 - 3 - 1 . 実施例 >

図 4 は、第 1 実施形態の実施例における汚れ度合いの数値化の手法を説明するためのフローチャートである。図 5 A は、実施例における基準画像の色空間の一例である。図 5 B は、測定画像の色空間の一例である。なお、図 5 A において、黒丸印は基準画像の画素 P a である。図 5 B において、丸印は測定画像の画素 P b である。また、図 5 A 及び図 5 B では、図を見易くするため、図示する画素 P a、P b の数を実際よりも大幅に少なくしている。

【 0 0 4 9 】

色空間は、色成分 R (Red) の大きさ、色成分 G (Green) の大きさ、及び、色成分 B (Blue) の大きさで色相を表す 3 次元の仮想空間である。以下では、色成分 R (Red) の大きさを R 成分値と呼ぶ。また、色成分 G (Green) の大きさを G 成分値とよび、色成分 B (Blue) の大きさを B 成分値と呼ぶ。色空間における色相の色座標 (R、G、B) は、R 成分値、G 成分値、及び B 成分値で表される。本実施形態では、演算負荷を考慮して、各色成分値を 16 階調 (つまり 0 ~ 15) で表している。但し、各色成分値の階調数は、この例示に限定されない。たとえば、階調数は、256 であってもよい。

【 0 0 5 0 】

まず、基準領域 L 0 (図 2 参照) でのティーチングの際、図 5 A に示すように、画像処理部 161 は、基準画像の各画素 P a の R 成分値、G 成分値、及び B 成分値を算出し、各色成分値を色座標 (R、G、B) とする画素 P a を色空間にそれぞれ描画する (S 301)。なお、基準画像の画素 P a の色座標は、本発明の「第 2 色座標」の一例である。画像処理部 161 は、所定の半径 r を有する球状の領域を基準画像の色空間内に描画する (S 303)。以下では、この球状の領域を基準球 S a と呼ぶ。基準球 S a は、本発明の「基準色範囲」の一例である。基準球 S a の半径 r は、本実施形態では 4 階調にしている。但し、この例示に限定されず、半径 r は 4 以外であってもよい。

【 0 0 5 1 】

画像処理部 161 は、基準画像の色空間において基準球 S a を各軸方向に動かす。画像処理部 161 は、基準球 S a 内に色座標 (R、G、B) がある基準画像の画素 P a の数が最大となるように基準球 S a の位置を決定するとともに、該基準球 S a 内に色座標 (R、G、B) がある基準画像の画素 P a を検出する。以下では、基準球 S a 内にある画素 P a を基準画素 P a m と呼び、基準画素 P a m の数を基準画素数 m と呼ぶ。基準画素数 m は、正の整数であり、1 より大きく且つ基準画像を構成する画素の総数以下である。より具体的には、画像処理部 161 は、最も多くの基準画素 P a m が基準球 S a の内部に含まれる際の該基準球 S a の中心となる基準色座標 (R a、G a、B a) を検出する。つまり、基準色座標 (R a、G a、B a) は、基準画像の色空間において、該基準色座標 (R a、G a、B a) を中心とする所定の大きさの基準球 S a 内に色座標 (R、G、B) がある基準画素数 m が最大となるようにされる。さらに、画像処理部 161 は、基準画素数 m も検出する (S 305)。基準色座標 (R a、G a、B a) 及び基準画素数 m は、メモリ 15 に記憶される。

【 0 0 5 2 】

次に、たとえば測定領域 L 1 ~ L 5 (図 2 参照) にて受光面 301 の汚れ度合いを実測する際、図 5 B に示すように、画像処理部 161 は、撮像された測定画像の各画素 P b の R 成分値、G 成分値、及び B 成分値を算出し、各色成分値を色座標 (R、G、B) とする画素 P b を測定画像の色空間にそれぞれ描画する (S 311)。なお、測定画像の画素の色座標 (R、G、B) は、本発明の「第 1 色座標」の一例である。画像処理部 161 は、さらに、基準色座標 (R a、G a、B a) に中心が位置する半径 r の基準球 S a を測定画像の色空間内に描画する (S 313)。画像処理部 161 は、基準球 S a 内に色座標 (R、G、B) がある測定画像の画素 P b を検出し、基準球 S a 内にある画素 P b の数を検出する (S 315)。本実施形態では、基準球 S a 内にある各々の画素 P b のカウント値は、1 個の画素 P b に対して 1 である。以下では、基準球 S a 内にある画素 P b を範囲内画素 P b n と呼び、範囲内画素 P b n の数を範囲内画素数 n と呼ぶ。範囲内画素数 n は、正

の整数であり、1より大きく且つ測定画像を構成する画素の総数以下である。

【0053】

画像処理部161は、S315での画素の検出結果に基づいて受光面301の汚れ度合いを算出する。たとえば、画像処理部161は、基準画素数 m 及び範囲内画素数 n に基づいて汚れ度合いを算出し、基準画素数 m に対する範囲内画素数 n の比率により汚れ度合いの測定値を算出する(S317)。本実施形態では、画像処理部161は、範囲内画素数 n を基準画素数 m で割った値の百分率を算出し、測定画像に基づく汚れ度合いの測定値とする。たとえば、図5Bの場合、測定値は80となる。なお、測定値を0～100の範囲内で数値化するため、範囲内画素数 n が基準画素数 m よりも大きい場合(つまり百分率が100を越える場合)、測定画像に対する測定値は100とされる。

10

【0054】

画像処理部161は、カメラ14で測定画像を撮像する毎に、上述の処理を実施する。なお、測定開始ボタンを1回押したときに複数の測定画像が撮像される際には、該測定画像に対する測定値の平均値が、1回の測定における代表の測定値とされてもよい。

【0055】

以上に説明した、汚れ検査方法によれば、基礎画像と測定画像とが受光面301の異なる箇所を撮像した画像であっても、太陽光発電モジュール300の受光面301の汚れ度合いを測定して精度良く数値化することができる。

【0056】

<1-3-2. 変形例>

20

上述の実施例ではティーチングの際、画像処理部161はたとえば、基準画像の色空間内において基準球 S_a を各軸方向に1階調ずつ移動させて、その都度、基準球 S_a 内にある基準画素数 m を検出する。但し、この手法では、たとえば各色成分値の階調数の3乗(本実施形態では 16^3)回の検出処理を行うことになるため、演算負荷が高くなり易い。さらに、各色成分値の階調数が多いほど、演算負荷は大幅に増大する。このような演算負荷を軽減するため、変形例では、以下に説明する手法で汚れ度合いの測定値を算出する。

【0057】

図6は、第1実施形態の変形例における汚れ度合いの数値化の手法を説明するためのフローチャートである。図7は、変形例における基準画像の色空間の一例である。なお、図7において、黒丸印は基準画像の画素 P_a である。また、図7では、図を見易くするため、図示する画素 P_a 及び後述する測定球 S_b の数を実際よりも大幅に少なくしている。

30

【0058】

変形例では、基準領域 L_0 (図2参照)でのティーチングの際、図7に示すように、画像処理部161は、基準画像の各画素 P_a のR成分値、G成分値、及びB成分値を算出し、各色成分値を色座標(R、G、B)とする画素 P_a を色空間にそれぞれ描画する(S501)。

【0059】

そして、基準画像の基準球 S_a 内に色座標(R、G、B)がある基準画素数 m が最大となるように該基準球 S_a を決定するため、ステップS503～S505を実施する。まず、画像処理部161は、基準画像の各々の画素 P_a の色座標(R、G、B)を中心とする球状の領域(以下、測定球 S_b と呼ぶ。)を基準画像の色空間にそれぞれ描画する(S503)。なお、測定球 S_b は、本発明の「色範囲」の一例である。また、測定球 S_b の半径は、上述する実施例の基準球 S_a の半径 r と同じである。画像処理部161は、色空間において、基準画像の各々の画素の色座標(R、G、B)を中心とする所定の大きさの測定球 S_b の重なりが最も多い最多重領域 A_r (図7の斜線で示す領域)を算出し、最多重領域 A_r に基づいて基準色座標(R_b 、 B_b 、 G_b)を決定する(S505)。なお、基準色座標(R_a 、 G_a 、 B_a)は、たとえば、最多重領域 A_r を含む基準球 S_a に対応する画素 P_a の色座標(R、G、B)を平均することで算出できる。また、基準色座標(R_a 、 G_a 、 B_a)を算出する際、最多重領域 A_r が複数ある場合、たとえば、そのうちのいずれかの最多重領域 A_r の基準色座標を基準球 S_a の中心として採用してもよい。或い

40

50

は、複数の最多重領域 A_r の各基準色座標を平均した色座標を基準球 S_a の中心として採用してもよい。

【0060】

次に、画像処理部 161 は、基準色座標 (R_b 、 B_b 、 G_b) を中心とする半径 r の基準球 S_a を基準画像の色空間に描画する ($S507$)。そして、画像処理部 161 は、基準画像から基準球 S_a 内にある基準画素 P_{am} をそれぞれ検出し、基準球 S_a の内部に含まれる基準画素数 m を検出する ($S509$)。

【0061】

以降のステップ $S511 \sim S517$ はそれぞれ、実施例 (図 4) のステップ $S311 \sim S317$ と同じであるため、その説明を省略する。

【0062】

変形例の手法では、ティーチングの際に基準色座標 (R_a 、 G_a 、 B_a) を決定する際、基準画像の色空間において基準球 S_a を各軸方向に動かす必要が無い。そのため、実施例と比べて、演算負荷を大幅に軽減することができる。

【0063】

＜1-4. 汚れ検査方法を応用した太陽光発電モジュールの管理方法＞

次に、汚れ検査装置 1 を用いた汚れ検査方法を応用した太陽光発電モジュール 300 の管理方法の一例を説明する。通常、屋外に設置された太陽光発電モジュール 300 は、風雨、温度、汚染ガス、飛散物、積雪、生物体汚染などの厳しい環境下に置かれる。そのため、設置から数年経過すると、“洗浄時期” になった、“そろそろ洗浄時期に近づいた” などの意見が、太陽光発電モジュール 300 の O & M (operation and maintenance) 業者、又は太陽光発電所の管理者から出される。従来では、太陽光発電モジュール 300 の受光面 301 の汚れ度合いを測定する方法が確立されていなかったため、実務経験又は慣例などにより受光面 301 の洗浄時期が決められていた。そして、手動の洗浄、高圧水洗浄、受光面 301 に載置される自走式の自動洗浄装置による洗浄などが行われ、洗浄前後の発電電力の差に基づいて発電電力の回復量が評価されるのみであった。つまり、受光面 301 の汚れ度合いと洗浄による発電電力の回復量とを数値化しておらず、両者の相関関係を理論的に管理されていなかった。以下に説明する太陽光発電モジュール 300 の管理方法は、これらを新規に改善するものである。

【0064】

図 8 は、太陽光発電モジュール 300 の管理方法の一例を説明するためのフローチャートである。

【0065】

まず、太陽光発電モジュール 300 の発電電力 W_b と受光面 301 の汚れ度合い S_b とを測定し、測定日時とともに記録する ($S701$)。受光面 301 の汚れ度合い S_b は、たとえば、上述の汚れ検査装置 1 (図 1 参照) を用いて、上述の汚れ検査方法 (図 3 参照) により測定する。

【0066】

さらに、 $S701$ が実施された時点から所定の経過期間 T が経過した後 (ステップ $S703$ で YES)、太陽光発電モジュール 300 の発電電力 W_a と受光面 301 の汚れ度合い S_a とを測定し、測定日時とともに記録する ($S705$)。なお、経過期間 T は、日単位、週単位、月単位、又は年単位であってもよい。また、ステップ $S705$ は、好ましくはステップ $S701$ と同じ日射条件 (日射強度、天候) の時期に実施される。

【0067】

そして、ステップ $S701$ で測定した受光面 301 の汚れ度合い S_b 及び太陽光発電モジュール 300 の発電電力 W_b と、ステップ $S705$ で測定した受光面 301 の汚れ度合い S_a 及び太陽光発電モジュール 300 の発電電力 W_a と、ステップ $S701$ から $S705$ までの経過期間 T と、に基づいて、太陽光発電モジュール 300 の受光面 301 の洗浄時期が決定される ($S707$)。

【0068】

ステップ S 7 0 7 では、たとえば、まず、清浄面での汚れ度合いと洗浄前での汚れ度合い S_b との差 $(S_a - S_b)$ を経過期間 T で割り算することにより、受光面 3 0 1 の汚れ速度 $\Delta S = \{(S_a - S_b) / T\}$ を算出する。

【0069】

また、汚れ度合いの差 $(S_a - S_b)$ を今回の洗浄前後での発電電力の差 $(W_a - W_b)$ で割り算することにより、汚れ度合いに対する発電電力の変化率 $\Delta W = \{(S_a - S_b) / (W_a - W_b)\}$ を算出する。

【0070】

また、受光面 3 0 1 を洗浄する際の発電電力の閾値 W_s を設定し、上述の汚れ速度 ΔS 及び変化率 ΔW を用いて、発電電力が閾値 W_s になる時期を受光面 3 0 1 の洗浄時期として算出する。閾値 W_s は、たとえば、太陽光発電モジュール 3 0 0 に要求される発電電力の下限值に基づいて設定できる。或いは、閾値 W_s は、太陽光発電モジュール 3 0 0 の洗浄費用に対する該太陽光発電モジュール 3 0 0 の発電電力の売電価格の費用対効果を考慮して設定できる。たとえば、該太陽光発電モジュール 3 0 0 の発電電力を経過期間 T において売電したときに得られる利益について、今回の洗浄をした場合と今回の洗浄をしなかった場合との比較を行い、両者の差額が洗浄費用以上になるように、閾値 W_s を決定できる。また、上述の差額が洗浄費用を十分に上回って所定の利益が得られるように、閾値 W_s を決定することもできる。本実施形態では、上述の費用対効果を考慮して、閾値 W_s は、太陽光発電モジュール 3 0 0 を設置開始時期での発電電力 W_o の 9 0 [%] 程度の値に設定している。

【0071】

なお、ステップ S 7 0 1 又は S 7 0 5 の時点で、発電電力 W_b 、 W_a が、閾値 W_s 未満であった場合には、該時点又はこれに近い日時を太陽光発電モジュール 3 0 0 を洗浄する日に決定してもよい。

【0072】

また、図 8 の管理方法では、ステップ S 7 0 1 ~ S 7 0 5 を 1 回行っている。但し、図 8 の例示に限定されず、ステップ S 7 0 1 ~ S 7 0 5 は、ステップ S 7 0 7 を実施する前に複数回行ってもよい。この場合、ステップ S 7 0 7 では、各経過期間 T と、各経過期間 T の開始時及び終了時における受光面 3 0 1 の汚れ度合い S_b 、 S_a 及び太陽光発電モジュール 3 0 0 の発電電力 W_b 、 W_a とに基づいて、太陽光発電モジュール 3 0 0 の受光面 3 0 1 の洗浄時期を決定する。こうすれば、受光面 3 0 1 の洗浄時期をさらに精度良く算出できる。

【0073】

さらに、ステップ S 7 0 1 ~ S 7 0 5 を複数回行う際、好ましくは、各回での経過期間 T のうちの一部は、他の一部と異なる時間長とされる。さらに好ましくは、各回での経過期間 T は全て、それぞれ異なる時間長とされる。こうすれば、受光面 3 0 1 の汚れ速度 ΔS 及び汚れ度合いに対する発電電力の変化率 ΔW のより正確な変化を得ることが確認できる。従って、受光面 3 0 1 の汚れ速度 ΔS 及び／又は汚れ度合いに対する発電電力の変化率 ΔW の変化が非線形であっても、受光面 3 0 1 の洗浄時期をより正確に決定できる。

【0074】

また、上述の管理方法において、ステップ S 7 0 1 及び S 7 0 5 は、好ましくは、一日のうちの早朝及び夕方の中の少なくとも一方で実施される。

【0075】

たとえば、太陽光に含まれる各波長の光の強度比は経時変化しないが、太陽光発電モジュール 3 0 0 に入射する太陽光の日射強度は、主に、太陽の高度及び日射角度で変化する。1 日の時間帯では、通常、1 2 : 0 0 ~ 1 4 : 0 0 が最大となる。1 日における日射強度に対する太陽光発電モジュール 3 0 0 の発電電力の関係はたとえば図 9 のようになる。日射強度は、図 9 では、日の出を含む夜明け時及び日の入りを含む夕暮れ時では 0 . 2 0 [kW/m²] 未満であり、正午を含む真昼では 0 . 6 0 [kW/m²] よりも大きく、これらの間となる早朝及び夕方では、0 . 2 0 [kW/m²] 以上且つ 0 . 6 0 [kW/m²]

」以下である。このように、日射強度に対する発電電力の変化率は、早朝及び夕方でも最も大きくなる。なお、この傾向は、太陽光発電モジュール300の周囲温度が変化しても変わらない。

【0076】

また、太陽光発電モジュール300の発電電力は、通常、発電電力のピーク時に近い時間帯で複数の太陽光発電所から売電される逆流電力が急減に増加しないようにするため、PCS (power control system) により上限閾値 W_c を越えないように抑制制御される。そのため、図10に示すように、たとえば10時前～15時過ぎを含む真昼に、上述の管理方法、特にステップS701及びS705を実施しても、太陽光発電モジュール300の発電電力の差を評価できないことがある。また、図10のたとえば6時以前の夜明け時及び17時以降の夕暮れ時では、洗浄前後での太陽光発電モジュール300の発電電力の増加量が非常に小さい。そのため、太陽光発電モジュール300の発電電力の差が解りづらい。一方、たとえば6時～10時の早朝及びたとえば15時過ぎ～17時の夕方では、PCSの出力抑制制御が実施されず、太陽光発電モジュール300の発電電力の増加量も比較的大きい。

【0077】

従って、上述の管理方法、特にステップS701及びS705を早朝及び／又は夕方に行うことにより、受光面301の汚れ度合いの進行によって発電電力が低下する傾向をより正確に検出できる。よって、太陽光発電モジュール300の受光面301の洗浄時期をさらに正確に算出できる。

【0078】

また、上述の管理方法では、汚れ検査装置1を用いて受光面301の汚れ度合いを検出した。但し、この例示に限定されず、受光面301の汚れ度合いは、汚れ検査装置1以外の装置を用いて検出されてもよい。たとえば、受光面301が汚れていると光の乱反射が起き易いことを利用し、測定対象物の表面の光沢度を測定する光沢計、又は、測定対象物の表面からの反射光の輝度を測定する輝度計などを用いてもよい。受光面301上の複数点の光沢度又は輝度をピンポイントで測定し、汚れた受光面301での各測定値と、清浄な受光面301での基準測定値とを比較することにより、汚れ度合いを評価することもできる。但し、光沢計及び輝度計の測定領域のサイズは、本実施形態の汚れ検査装置1の測定領域と比べて非常に狭い。そのため、本実施形態の汚れ検査装置1よりも精度が低くなり易い。従って、受光面301の汚れ度合いを十分に正確に評価するためには、汚れ検査装置1を用いる場合と比べてより多くの測定点で測定を行う必要がある。

【0079】

< 2. 第2実施形態 >

上述の第1実施形態では、受光面301を覆う汚れの色相は考慮していない。しかしながら、実際には、汚れの色相は、太陽光発電モジュール300の発電電力の変動に大きく影響する。たとえば、色相を考慮しない汚れ度合いが同程度であっても、汚れの色が黒に近いほど、発電電力の低下はより大きくなる。一方、汚れの色が白に近いほど、発電電力の低下は軽減される。そこで、第2実施形態では、第1実施形態(図4参照)又はその変形例(図6参照)で算出した測定値を汚れの色相を考慮して補正した補正測定値を算出する。これ以外は、第1実施形態と同様である。以下では、第1実施形態と異なる構成を説明する。また、第1実施形態と同様の構成要素には同じ符号を付し、さらに、第1実施形態と同様の構成の説明を省略することがある。

【0080】

< 2-1. 汚れ検査装置 >

第2実施形態において、汚れ検査装置1の画像処理部161は、測定画像の各々の画素の色座標(R、G、B)と、基準色座標(R_a 、 G_a 、 B_a)と、測定画像の各々の画素の色座標(R、G、B)に対応する色成分別の補正值 N_r 、 N_g 、 N_b とに基づいて、受光面301の汚れ度合いの補正測定値を算出する。色成分別の補正值 N_r 、 N_g 、 N_b はそれぞれ、測定画像の各々の画素Pbの色座標(R、G、B)に対応して設定されている

。色成分別の補正值 N_r 、 N_g 、 N_b の設定情報は、たとえばメモリ 15 に記憶されている。

【0081】

具体的には、色成分別の補正值 N_r 、 N_g 、 N_b はそれぞれ、測定画像の色空間において基準球 S_a 内にある画素（つまり範囲内画素 P_{bn} ）の色座標（ R 、 G 、 B ）に対応する色成分別の補正值 N_{rn} 、 N_{gn} 、 N_{bn} を含む。画像処理部 161 は、各々の範囲内画素 P_{bn} のカウント値を色成分別の補正值 N_{rn} 、 N_{gn} 、 N_{bn} によって補正し、補正後のカウント値を用いて汚れ度合いの補正測定値を算出する。なお、以下では、各々の範囲内画素 P_{bn} の補正後のカウント値を補正カウント値 n_a と呼ぶ。

【0082】

たとえば、範囲内画素 P_{bn} の R 成分値に対応する補正值 N_{rn} は、 R 成分値が最大の階調値（たとえば 15）に近いほどより小さく設定され、 R 成分値が最大の階調値の場合に最小値（たとえば 1 より小さい値）に設定される。一方、該補正值 N_{rn} は、 R 成分値が最小の階調値（たとえば 0）に近いほどより大きく設定され、 R 成分値が最小の階調値の場合に最大値（たとえば 1 より大きい値）に設定される。

【0083】

範囲内画素 P_{bn} の他の色成分別の補正值 N_{gn} 、 N_{bn} も同様である。たとえば、範囲内画素 P_{bn} の G 成分値に対応する補正值 N_{gn} は、 G 成分値が最大の階調値（たとえば 15）に近いほどより小さく設定され、 G 成分値が最大の階調値の場合に最小値（たとえば 1 より小さい値）に設定される。一方、該補正值 N_{gn} は、 G 成分値が最小の階調値（たとえば 0）に近いほどより大きく設定され、 G 成分値が最小の階調値の場合に最大値（たとえば 1 より大きい値）に設定される。

【0084】

また、範囲内画素 P_{bn} の B 成分値に対応する補正值 N_{bn} は、 B 成分値が最大の階調値（たとえば 15）に近いほどより小さく設定され、 B 成分値が最大の階調値の場合に最小値（たとえば 1 より小さい値）に設定される。一方、該補正值 N_{bn} は、 B 成分値が最小の階調値（たとえば 0）に近いほどより大きく設定され、 B 成分値が最小の階調値の場合に最大値（たとえば 1 より大きい値）に設定される。

【0085】

これらの色成分別の補正值 N_{rn} 、 N_{gn} 、 N_{bn} は、たとえば、太陽電池セル 330 の材料のバンドギャップ、受光面 301 に入射する光の色相に応じた光反射率などに基づいて設定できる。

【0086】

< 2-2. 汚れ度合いの数値化 >

次に、第 2 実施形態における汚れ度合いの数値化の手法の実施例とその変形例とを説明する。

【0087】

< 2-2-1. 実施例 >

図 11 は、第 2 実施形態の実施例における汚れ度合いの数値化の手法を説明するためのフローチャートである。なお、図 11 のステップ $S_{901} \sim S_{915}$ は、第 1 実施形態の実施例（図 4）のステップ $S_{301} \sim S_{315}$ と同様である。

【0088】

ステップ S_{915} では、基準球 S_a に含まれる n 個の範囲内画素 P_{bn} が検出される。画像処理部 161 は、メモリ 15 に記憶された設定情報を参照して、各々の範囲内画素 P_{bn} の色成分別の補正值 N_{rn} 、 N_{gn} 、 N_{bn} をそれぞれ決定する（ S_{916} ）。そして、画像処理部 161 は、 S_{905} で検出した基準画素数 m 、 S_{915} で検出した範囲内画素数 n 、及び、各々の範囲内画素 P_{bn} の色成分別の補正值 N_{rn} 、 N_{gn} 、 N_{bn} に基づいて測定画像に基づく汚れ度合いの補正測定値を算出する（ S_{917} ）。

【0089】

つまり、 S_{917} において、画像処理部 161 は、測定画像の各々の画素 P_b の色座標

10

20

30

40

50

(R、G、B)と、基準色座標(Ra、Ga、Ba)と、測定画像の各々の画素Pbの色座標(R、G、B)に対応する色成分別の補正值Nr、Ng、Nbとに基づいて、受光面301の汚れ度合いの補正測定値を算出する。言い換えると、画像処理部161は、測定画像の各々の画素Pbの色座標(R、G、B)と、基準色座標(Ra、Ga、Ba)とに基づき受光面301の汚れ度合いの測定値を、さらに測定画像の各々の画素Pbの色座標(R、G、B)に対応する色成分別の補正值Nr、Ng、Nbに基づいて補正した補正測定値を算出する。

【0090】

たとえば本実施形態では、まず、画像処理部161は、各々の範囲内画素Pbnの補正カウント値 $n_a = (N_{rn} \times N_{gn} \times N_{bn})$ を算出する。補正カウント値 n_a は、前述のごとく、第2実施形態において汚れの色相を考慮して、各々の範囲内画素Pbnのカウント値を補正した値である。なお、第1実施形態のように、汚れの色相を考慮しない場合、各々の範囲内画素Pbnのカウント値は1である。

10

【0091】

さらに、画像処理部161は、n個の範囲内画素Pbnにおける補正カウント値 n_a の総和 $\Sigma n_a = \{(N_{r1} \times N_{g1} \times N_{b1}) + (N_{r2} \times N_{g2} \times N_{b2}) + \dots + (N_{rn} \times N_{gn} \times N_{bn})\}$ を算出する。

【0092】

そして、画像処理部161は、補正カウント値 n_a の総和 Σn_a の基準画素数mに対する比率 $\{(\Sigma n_a) / m\}$ により汚れ度合いを算出する。第2実施形態では、画像処理部161は、百分率 $\{100 \times (\Sigma n_a) / m\}$ を測定画像に基づく汚れ度合いの測定値とする。なお、百分率が100を越える場合、測定画像に対する汚れ度合いの測定値は100とされる。

20

【0093】

画像処理部161は、カメラ14で測定画像を撮像する毎に、図11の処理を実施する。なお、測定開始ボタンを1回押したときに複数の測定画像が撮像される際には、測定値の平均値が、1回の測定における代表の測定値とされてもよい。

【0094】

上述のように第2実施形態では、画像処理部161は、測定画像の各々の画素Pbの色座標(R、G、B)と、基準色座標(Ra、Ga、Ba)とに基づき受光面301の汚れ度合いの測定値を、さらに測定画像の各々の画素Pbの色座標(R、G、B)に対応する色成分別の補正值Nr、Ng、Nbに基づいて補正する。言い換えると、画像処理部161は、測定画像の各々の画素Pbの色座標(R、G、B)と、基準色座標(Ra、Ga、Ba)と、測定画像の各々の画素Pbの色座標(R、G、B)に対応する色成分別の補正值Nr、Ng、Nbとに基づいて、受光面301の汚れ度合いの補正測定値を算出する。上述のように、色相を考慮しない汚れ度合いの測定値を色成分別の補正值 N_{rn} 、 N_{gn} 、 N_{bn} を用いて補正することにより、太陽光発電モジュール300の発電電力の変動に対する受光面301を覆う汚れの色相の影響を考慮できる。従って、汚れ検査装置1を用いて太陽光発電モジュール300の発電電力が低下する傾向をより正確に検出できる。

30

【0095】

40

<2-2-2. 変形例>

なお、ティーチングの際の演算負荷を軽減するため、図4(つまり第1実施形態の変形例)と同様の手法が採用されてもよい。図12は、第2実施形態の変形例における汚れ度合いの数値化の手法を説明するためのフローチャートである。図12のステップS1101~S1115は、第1実施形態の変形例(図6)のステップS501~S515と同様である。さらに、図12のステップS1116~S1117は、第2実施形態の実施例(図11)のステップS916~S917と同様である。画像処理部161は、カメラ14で測定画像を撮像する毎に、図12の処理を実施する。なお、測定開始ボタンを1回押したときに複数の測定画像が撮像される際には、測定値の平均値が、1回の測定における代表の測定値とされてもよい。

50

【0096】

＜2-3. 汚れ検査方法を応用した太陽光発電モジュールの管理方法＞

第2実施形態では、汚れ検査装置1を用いた汚れ検査方法を応用した太陽光発電モジュール300の管理方法（図8参照）において、上述の補正測定値を用いる。たとえば、図8のステップS701及びS705において、受光面301の汚れ度合いSb、Saの補正測定値が、たとえば、上述の汚れ検査装置1（図1参照）を用いて、上述の汚れ検査方法（図11、図12参照）により測定される。つまり、測定画像の各々の画素Pbの色空間における色座標（R、G、B）と、色空間における基準色座標（Ra、Ga、Ba）とに基づく汚れ度合いの測定値Sb、Saを、色座標（R、G、B）に対応する色成分別の補正值Nr、Ng、Nbに基づいて補正した汚れ度合いの補正測定値が算出される。そして、上述の汚れ度合いの各々の補正測定値と、図8のステップS701及びS705にて測定した各々の発電電力Wb、Waと、経過期間Tとに基づいて、受光面301の洗浄時期が決定される。色相を考慮した汚れ度合いの補正測定値を用いることにより、太陽光発電モジュール300の発電電力が低下する傾向をさらに正確に検出できる。従って、受光面301の洗浄時期をさらに精度良く算出できる。

10

【0097】

＜3. 備考＞

以上、本発明の実施形態について説明した。なお、上述の実施形態は例示であり、その各構成要素及び各処理の組み合わせに色々な変形が可能であり、本発明の範囲にあることは当業者に理解されるところである。

20

【0098】

たとえば、上述の実施形態において、制御装置16の機能的な構成要素のうちの少なくとも一部又は全部は、物理的な構成要素（たとえば電気回路、素子、装置など）で実現されていてもよい。

【符号の説明】

【0099】

100	管理システム
1	汚れ検査装置
11	ハウジング
111	開口
12	照明装置
121	基体
122	L E Dアレイ
13	照明駆動装置
14	カメラ
141	レンズ
142	撮像素子
15	メモリ
16	制御装置
161	画像処理部
17	表示装置
18	入力装置
19	通信装置
20	外部電源端子
21	内蔵電源
300	太陽光発電モジュール
301	受光面
310	透光性基板
320	封止樹脂層
330	太陽電池セル

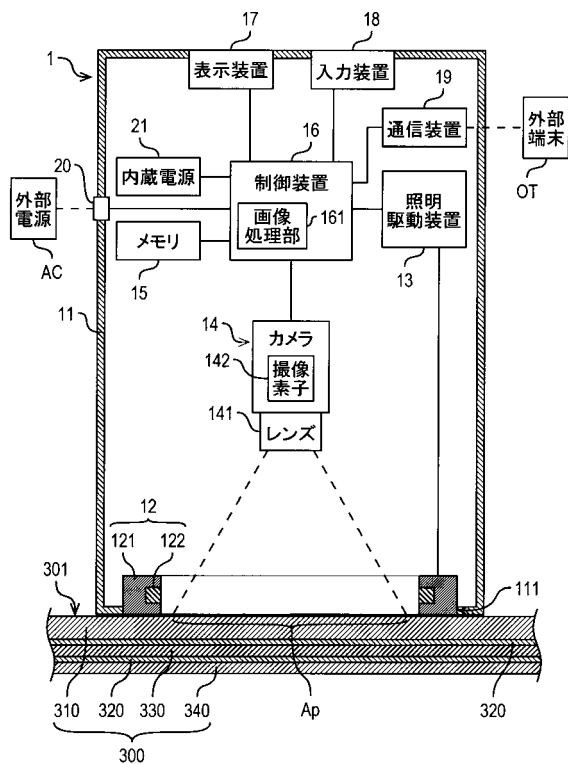
30

40

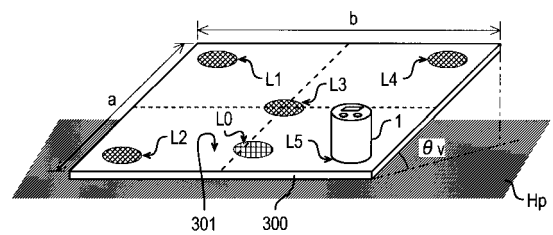
50

3 4 0	バックフィルム
O T	外部端末
A C	外部電源
L 0	基準領域
L 1 ~ L 5	測定領域
P a、P b	画素
P a m	基準画素
P b n	範囲内画素
S a	基準球
S b	測定球
A r	最多重領域

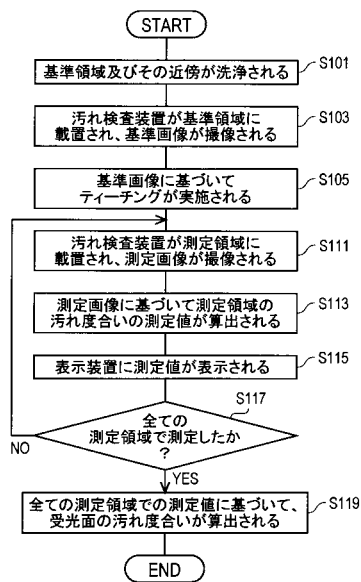
【図 1】



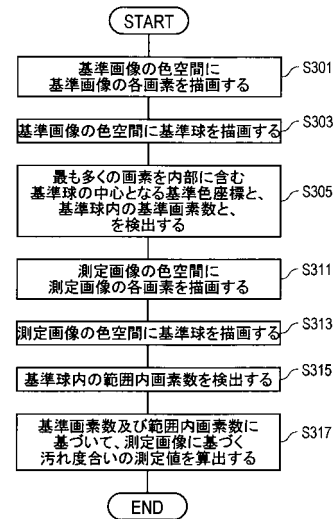
【図 2】



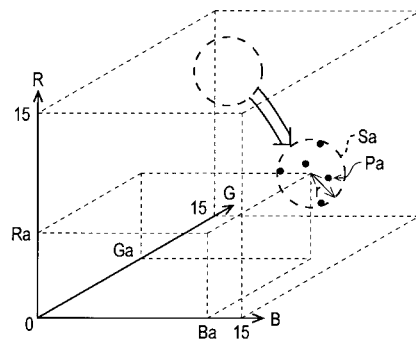
【図 3】



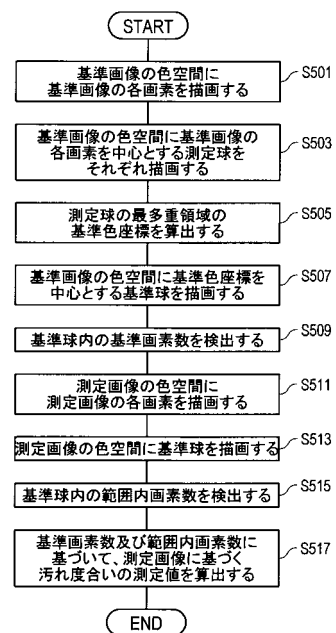
【図 4】



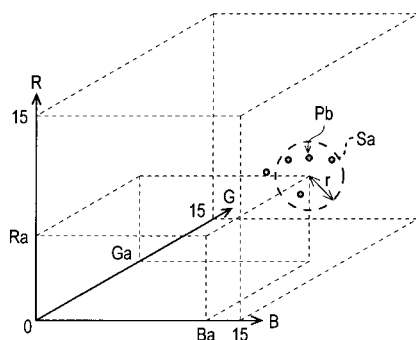
【図 5 A】



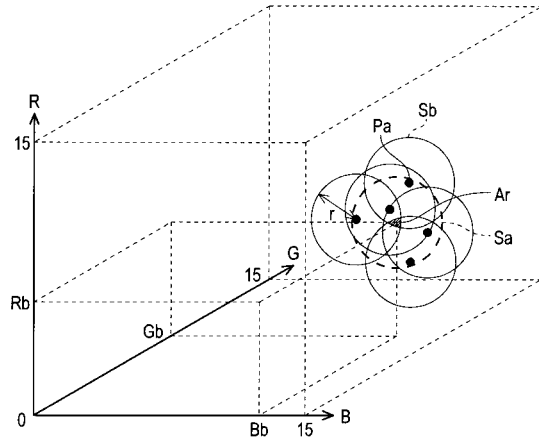
【図 6】



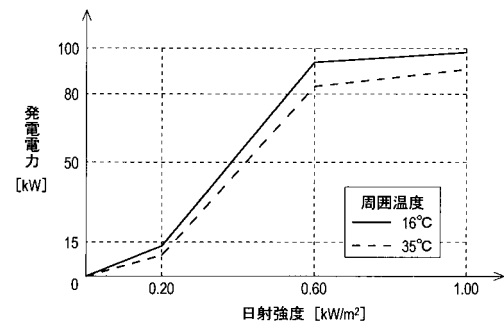
【図 5 B】



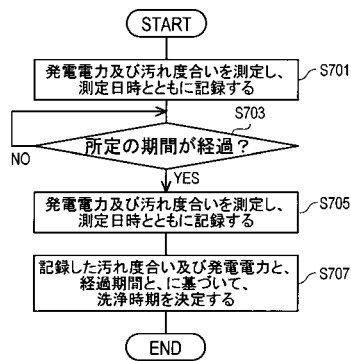
【図 7】



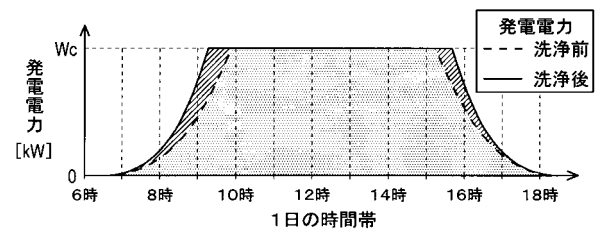
【図 9】



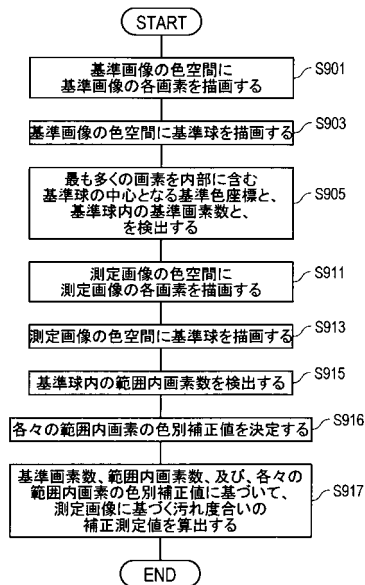
【図 8】



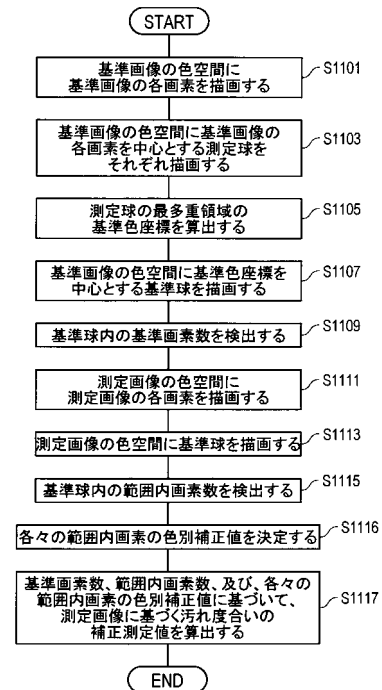
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【手続補正書】

【提出日】令和2年2月25日(2020.2.25)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

太陽光発電モジュールの受光面の一部領域を覆うハウジングと、
前記一部領域に光を照射する照明装置と、
前記一部領域を撮像する撮像装置と、
前記撮像装置により撮像された測定画像の各々の画素の色空間における第 1 色座標と、
前記色空間における基準色座標とに基づいて、前記受光面の汚れ度合いを算出する画像処理部と、
を備え、

前記画像処理部は、前記色空間において、前記基準色座標を中心とする所定の大きさの基準色範囲内に第 2 色座標がある基準画像の画素の数が最大となるように、前記基準色座標を決定する、汚れ検査装置。

【請求項 2】

太陽光発電モジュールの受光面の一部領域を覆うハウジングと、
前記一部領域に光を照射する照明装置と、
前記一部領域を撮像する撮像装置と、
前記撮像装置により撮像された測定画像の各々の画素の色空間における第 1 色座標と、
前記色空間における基準色座標とに基づいて、前記受光面の汚れ度合いを算出する画像処理部と、
を備え、

前記画像処理部は、前記色空間において、基準画像の各々の画素の第 2 色座標を中心とする所定の大きさの基準色範囲の重なりが最も多い領域を算出し、該領域に基づいて前記基準色座標を決定する、汚れ検査装置。

【請求項 3】

前記画像処理部は、さらに前記第 1 色座標に対応する色成分別の補正值に基づいて前記汚れ度合いを補正する、請求項 1 又は請求項 2 に記載の汚れ検査装置。

【請求項 4】

太陽光発電モジュールの受光面の一部領域を覆うハウジングと、
前記一部領域に光を照射する照明装置と、
前記一部領域を撮像する撮像装置と、
前記撮像装置により撮像された測定画像の各々の画素の色空間における第 1 色座標と、
前記色空間における基準色座標とに基づいて、前記受光面の汚れ度合いを算出する画像処理部と、
を備え、

前記画像処理部は、さらに前記第 1 色座標に対応する色成分別の補正值に基づいて前記汚れ度合いを補正する、汚れ検査装置。

【請求項 5】

前記画像処理部は、前記色空間において、
前記基準色範囲内に前記第 1 色座標がある前記測定画像の画素を検出し、
前記画素の検出結果に基づいて前記受光面の汚れ度合いを算出する、請求項 1～請求項 4 のいずれか 1 項に記載の汚れ検査装置。

【請求項 6】

太陽光発電モジュールの受光面のうちのハウジングで覆われ且つ照明装置により光が照

射された一部領域を撮像装置で撮像するステップと、

前記撮像装置により撮像された測定画像の各々の画素の色空間における第1色座標と、前記色空間における基準色座標とに基づいて、前記受光面の汚れ度合いを算出するステップと、
を備え、

前記算出するステップでは、前記色空間において、前記基準色座標を中心とする所定の大きさの基準色範囲内に第2色座標がある基準画像の画素の数が最大となるように、前記基準色座標を決定する、汚れ検査方法。

【請求項7】

太陽光発電モジュールの受光面のうちのハウジングで覆われ且つ照明装置により光が照射された一部領域を撮像装置で撮像するステップと、

前記撮像装置により撮像された測定画像の各々の画素の色空間における第1色座標と、前記色空間における基準色座標とに基づいて、前記受光面の汚れ度合いを算出するステップと、
を備え、

前記算出するステップでは、前記色空間において、基準画像の各々の画素の第2色座標を中心とする所定の大きさの基準色範囲の重なりが最も多い領域を算出し、該領域に基づいて前記基準色座標を決定する、汚れ検査方法。

【請求項8】

太陽光発電モジュールの受光面のうちのハウジングで覆われ且つ照明装置により光が照射された一部領域を撮像装置で撮像するステップと、

前記撮像装置により撮像された測定画像の各々の画素の色空間における第1色座標と、前記色空間における基準色座標とに基づいて、前記受光面の汚れ度合いを算出するステップと、
を備え、

前記算出するステップでは、さらに前記第1色座標に対応する色成分別の補正值に基づいて前記汚れ度合いを補正する、汚れ検査方法。

【請求項9】

太陽光発電モジュールの受光面の一部領域を覆うハウジングと、前記一部領域に光を照射する照明装置と、前記一部領域を撮像する撮像装置と、前記撮像装置により撮像された測定画像の各々の画素の色空間における第1色座標と、前記色空間における基準色座標とに基づいて前記受光面の汚れ度合いを算出する画像処理部と、を備える汚れ検査装置を用いて前記太陽光発電モジュールの前記受光面の前記汚れ度合いを測定するとともに、前記太陽光発電モジュールの発電電力を測定する第1の測定ステップと、

前記第1の測定ステップを実施した時点から所定の経過期間の後に、前記汚れ検査装置を用いて前記汚れ度合いを測定するとともに、前記発電電力を測定する第2の測定ステップと、

前記第1の測定ステップ及び前記第2の測定ステップでそれぞれ測定した前記汚れ度合い及び前記発電電力と、前記経過期間とに基づいて、前記受光面の洗浄時期を決定する決定ステップと、
を備える、太陽光発電モジュールの管理方法。

【請求項10】

前記第1の測定ステップ及び前記第2の測定ステップにおいて、前記汚れ度合いの補正測定値が算出され、

前記補正測定値は、前記第1色座標と前記基準色座標とに基づく前記汚れ度合いの測定値を、前記第1色座標に対応する色成分別の補正值に基づいて補正した値である、請求項9に記載の太陽光発電モジュールの管理方法。

【請求項11】

少なくとも前記第1の測定ステップ及び前記第2の測定ステップが、一日のうちの早朝及び夕方の中の少なくとも一方で実施される、請求項9又は請求項10に記載の太陽光

発電モジュールの管理方法。

【手続補正２】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】００５９

【補正方法】変更

【補正の内容】

【００５９】

そして、基準画像の基準球 S_a 内に色座標（ R 、 G 、 B ）がある基準画素数 m が最大となるように該基準球 S_a を決定するため、ステップ $S503 \sim S505$ を実施する。まず、画像処理部 161 は、基準画像の各々の画素 P_a の色座標（ R 、 G 、 B ）を中心とする球状の領域（以下、測定球 S_b と呼ぶ。）を基準画像の色空間にそれぞれ描画する（ $S503$ ）。なお、測定球 S_b は、本発明の「基準色範囲」の一例である。また、測定球 S_b の半径は、上述する実施例の基準球 S_a の半径 r と同じである。画像処理部 161 は、色空間において、基準画像の各々の画素の色座標（ R 、 G 、 B ）を中心とする所定の大きさの測定球 S_b の重なりが最も多い最多重領域 A_r （図 7 の斜線で示す領域）を算出し、最多重領域 A_r に基づいて基準色座標（ R_b 、 B_b 、 G_b ）を決定する（ $S505$ ）。なお、基準色座標（ R_a 、 G_a 、 B_a ）は、たとえば、最多重領域 A_r を含む基準球 S_a に対応する画素 P_a の色座標（ R 、 G 、 B ）を平均することで算出できる。また、基準色座標（ R_a 、 G_a 、 B_a ）を算出する際、最多重領域 A_r が複数ある場合、たとえば、そのうちのいずれかの最多重領域 A_r の基準色座標を基準球 S_a の中心として採用してもよい。或いは、複数の最多重領域 A_r の各基準色座標を平均した色座標を基準球 S_a の中心として採用してもよい。

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード (参考)
G 0 6 T 7/00 (2017.01) G 0 6 T 7/00 6 1 0

(72)発明者 東條 兼廣
兵庫県神戸市兵庫区今出在家町1丁目2番4号 竹内マネジメント株式会社内

(72)発明者 山田 秀雄
奈良県奈良市登美ヶ丘2丁目1-37-B01

(72)発明者 香川 健司
兵庫県神戸市西区大沢1丁目4番地の1 昭神電設株式会社内

Fターム(参考) 2G020 AA08 DA02 DA05 DA13 DA22 DA34 DA42
2G051 AA73 AB01 AC21 BA02 BA20 CA04 CB01 EA17 EA21 EB01
EB09 EC06
5F151 JA15 KA07
5L096 BA03 BA08 DA02 FA59 GA38 JA11