

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7632456号  
(P7632456)

(45)発行日 令和7年2月19日(2025.2.19)

(24)登録日 令和7年2月10日(2025.2.10)

|                   |                             |          |                                                          |
|-------------------|-----------------------------|----------|----------------------------------------------------------|
| (51)国際特許分類        |                             | F I      |                                                          |
| H O 4 N           | 23/60 (2023.01)             | H O 4 N  | 23/60 5 0 0                                              |
| H O 4 N           | 23/54 (2023.01)             | H O 4 N  | 23/54                                                    |
| G O 6 T           | 5/00 (2024.01)              | G O 6 T  | 5/00                                                     |
| H O 4 N           | 23/955(2023.01)             | H O 4 N  | 23/955                                                   |
| 請求項の数 20 (全77頁)   |                             |          |                                                          |
| (21)出願番号          | 特願2022-511866(P2022-511866) | (73)特許権者 | 000002185<br>ソニーグループ株式会社<br>東京都港区港南1丁目7番1号               |
| (86)(22)出願日       | 令和3年3月18日(2021.3.18)        | (74)代理人  | 100121131<br>弁理士 西川 孝                                    |
| (86)国際出願番号        | PCT/JP2021/010984           | (74)代理人  | 稲本 義雄<br>100168686<br>弁理士 三浦 勇介                          |
| (87)国際公開番号        | WO2021/200188               | (74)代理人  | 宮谷 佳孝<br>東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー<br>イメージングプロダクツ&ソリューションズ株式会社内 |
| (87)国際公開日         | 令和3年10月7日(2021.10.7)        | (72)発明者  | 眞岩 久恵                                                    |
| 審査請求日             | 令和6年2月2日(2024.2.2)          | 審査官      |                                                          |
| (31)優先権主張番号       | 特願2020-63540(P2020-63540)   |          |                                                          |
| (32)優先日           | 令和2年3月31日(2020.3.31)        |          |                                                          |
| (33)優先権主張国・地域又は機関 | 日本国(JP)                     |          |                                                          |
|                   |                             | 最終頁に続く   |                                                          |

(54)【発明の名称】 画像処理装置および方法、プログラム、並びに、画像処理システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

撮像レンズおよびピンホールのいずれも介さずに入射する入射光を受光する複数の画素を備え、前記複数の画素のうちの少なくとも2つの前記画素の出力画素値の、被写体からの入射光に対する入射角指向性が、互いに異なる特性となるようにするための構成を有する撮像素子において得られた検出画像の領域の内の、復元行列を用いて復元画像を復元する復元領域を特定する領域特定部と、  
前記検出画像全体に対応する復元行列である全体復元行列の係数の内の、前記領域特定部により特定された前記復元領域に対応しない係数を削除することにより、前記検出画像から前記復元領域の復元画像のみを復元するのに用いられる部分復元行列を設定する部分復元行列設定部と

を備える画像処理装置。

【請求項2】

前記復元領域は、前記復元画像における予め登録された被写体を含む領域かそれ以外の部分の領域に対応する前記検出画像の部分領域である

請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項3】

前記復元領域は、前記復元画像における前記被写体の予め登録された部位を含む領域かそれ以外の部分の領域に対応する前記検出画像の部分領域である

請求項2に記載の画像処理装置。

## 【請求項 4】

前記復元領域は、前記復元画像における人物の顔を含む領域かそれ以外の部分の領域に対応する前記検出画像の部分領域である

請求項 3 に記載の画像処理装置。

## 【請求項 5】

前記復元領域は、前記復元画像における予め登録された人物を含む領域かそれ以外の部分の領域に対応する前記検出画像の部分領域である

請求項 2 に記載の画像処理装置。

## 【請求項 6】

前記復元領域は、前記復元画像における予め登録された条件を満たす被写体を含む領域かそれ以外の部分の領域に対応する前記検出画像の部分領域である

請求項 1 に記載の画像処理装置。

## 【請求項 7】

前記復元領域は、前記検出画像の予め登録された位置および大きさの部分領域である

請求項 1 に記載の画像処理装置。

## 【請求項 8】

前記検出画像と、前記検出画像に対応する前記復元領域の情報とを教師データとする学習結果を記憶する学習結果記憶部をさらに備え、

前記領域特定部は、前記学習結果記憶部に記憶されている前記学習結果に基づいて、前記検出画像の前記復元領域を特定する

請求項 1 に記載の画像処理装置。

## 【請求項 9】

前記撮像素子をさらに備える

請求項 1 に記載の画像処理装置。

## 【請求項 10】

前記部分復元行列設定部は、前記検出画像全体に対応する復元行列である全体復元行列の係数の内の、前記復元領域に対応しない係数を予め登録された値にすることにより、前記部分復元行列を設定する

請求項 1 に記載の画像処理装置。

## 【請求項 11】

前記部分復元行列設定部は、前記検出画像全体に対応する復元行列である全体復元行列の係数の内の、前記復元領域に対応しない係数を削除することにより、前記部分復元行列を設定する

請求項 1 に記載の画像処理装置。

## 【請求項 12】

前記部分復元行列設定部により設定された前記部分復元行列を用いて、前記検出画像から前記復元領域の復元画像を復元する復元部をさらに備える

請求項 1 に記載の画像処理装置。

## 【請求項 13】

車両および車両周辺の内の少なくともいずれか一方の情報を検出する検出部をさらに備え、

前記領域特定部は、前記検出部により検出された前記情報を用いて、前記検出画像の前記復元領域を特定する

請求項 1 に記載の画像処理装置。

## 【請求項 14】

前記領域特定部は、前記検出部により検出された前記車両の速度に応じて前記復元領域を特定する

請求項 13 に記載の画像処理装置。

## 【請求項 15】

前記領域特定部は、前記検出部により検出された画角内に閾値よりも高速に進入する障

10

20

30

40

50

害物や予め定められた方向に進入する障害物を含む部分領域を前記復元領域として特定する請求項 13 に記載の画像処理装置。

【請求項 16】

前記領域特定部は、前記復元画像の提供先に応じて前記復元領域を特定する請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 17】

前記領域特定部は、ユーザの権限に応じて前記復元領域を特定する請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 18】

撮像レンズおよびピンホールのいずれも介さずに入射する入射光を受光する複数の画素を備え、前記複数の画素のうちの少なくとも 2 つの前記画素の出力画素値の、被写体からの入射光に対する入射角指向性が、互いに異なる特性となるようにするための構成を有する撮像素子において得られた検出画像の領域の内の、復元行列を用いて復元画像を復元する復元領域を特定し、

10

前記検出画像全体に対応する復元行列である全体復元行列の係数の内の、特定された前記復元領域に対応しない係数を削除することにより、前記検出画像から前記復元領域の復元画像のみを復元するのに用いられる部分復元行列を設定する

画像処理方法。

【請求項 19】

コンピュータを、

20

撮像レンズおよびピンホールのいずれも介さずに入射する入射光を受光する複数の画素を備え、前記複数の画素のうちの少なくとも 2 つの前記画素の出力画素値の、被写体からの入射光に対する入射角指向性が、互いに異なる特性となるようにするための構成を有する撮像素子において得られた検出画像の領域の内の、復元行列を用いて復元画像を復元する復元領域を特定する領域特定部と、

前記検出画像全体に対応する復元行列である全体復元行列の係数の内の、前記領域特定部により特定された前記復元領域に対応しない係数を削除することにより、前記検出画像から前記復元領域の復元画像のみを復元するのに用いられる部分復元行列を設定する部分復元行列設定部

として機能させるプログラム。

30

【請求項 20】

撮像装置と画像処理装置とを備え、  
前記撮像装置が、

撮像レンズおよびピンホールのいずれも介さずに入射する入射光を受光する複数の画素を備え、前記複数の画素のうちの少なくとも 2 つの前記画素の出力画素値の、被写体からの入射光に対する入射角指向性が、互いに異なる特性となるようにするための構成を有する撮像素子

を備え、

前記画像処理装置が、

前記撮像素子において得られた検出画像の領域の内の、復元行列を用いて復元画像を復元する復元領域を特定する領域特定部と、

40

前記検出画像全体に対応する復元行列である全体復元行列の係数の内の、前記領域特定部により特定された前記復元領域に対応しない係数を削除することにより、前記検出画像から前記復元領域の復元画像のみを復元するのに用いられる部分復元行列を設定する部分復元行列設定部と

を備える画像処理システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本技術は、画像処理装置および方法、プログラム、並びに、画像処理システムに関し、

50

特に、復元する領域を特定することができるようにした画像処理装置および方法、プログラム、並びに、画像処理システムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、撮像素子は、撮像素子に集光する撮像レンズと組み合わせて用いることが一般的である。撮像レンズによって、被写体面からの光を、被写体面の光強度分布を再現するように、撮像素子の各画素に導くことにより、撮像素子は、各画素においてその光強度分布に応じたレベルの検出信号を得ることができ、全体として被写体の撮像画像を得ることができる。

【0003】

しかしながら、この場合、物理的なサイズが大きくなってしまふ。そこで、撮像レンズを用いない撮像素子が考えられた（例えば特許文献1参照）。このような撮像素子を適用した撮像装置は、例えば、その撮像素子において生成される検出画像に対して所定の演算を行って復元画像を復元する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】国際公開第2016／123529号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、検出画像に対して、一部の領域を復元したり復元しなかったりする等の、復元する領域を特定することはできなかった。

【0006】

本開示は、このような状況に鑑みてなされたものであり、復元する領域を特定することができるようにするものである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本技術の一側面の画像処理装置は、撮像レンズおよびピンホールのいずれも介さずに入射する入射光を受光する複数の画素を備え、前記複数の画素のうちの少なくとも2つの前記画素の出力画素値の、被写体からの入射光に対する入射角指向性が、互いに異なる特性となるようにするための構成を有する撮像素子において得られた検出画像の領域の内の、復元行列を用いて復元画像を復元する復元領域を特定する領域特定部と、前記検出画像全体に対応する復元行列である全体復元行列の係数の内の、前記領域特定部により特定された前記復元領域に対応しない係数を削除することにより、前記検出画像から前記復元領域の復元画像のみを復元するのに用いられる部分復元行列を設定する部分復元行列設定部とを備える画像処理装置である。

【0008】

本技術の一側面の画像処理方法は、撮像レンズおよびピンホールのいずれも介さずに入射する入射光を受光する複数の画素を備え、前記複数の画素のうちの少なくとも2つの前記画素の出力画素値の、被写体からの入射光に対する入射角指向性が、互いに異なる特性となるようにするための構成を有する撮像素子において得られた検出画像の領域の内の、復元行列を用いて復元画像を復元する復元領域を特定し、前記検出画像全体に対応する復元行列である全体復元行列の係数の内の、特定された前記復元領域に対応しない係数を削除することにより、前記検出画像から前記復元領域の復元画像のみを復元するのに用いられる部分復元行列を設定する画像処理方法である。

【0009】

本技術の一側面のプログラムは、コンピュータを、撮像レンズおよびピンホールのいずれも介さずに入射する入射光を受光する複数の画素を備え、前記複数の画素のうちの少なくとも2つの前記画素の出力画素値の、被写体からの入射光に対する入射角指向性が、互

10

20

30

40

50

いに異なる特性となるようにするための構成を有する撮像素子において得られた検出画像の領域の内の、復元行列を用いて復元画像を復元する復元領域を特定する領域特定部と、前記検出画像全体に対応する復元行列である全体復元行列の係数の内の、前記領域特定部により特定された前記復元領域に対応しない係数を削除することにより、前記検出画像から前記復元領域の復元画像のみを復元するのに用いられる部分復元行列を設定する部分復元行列設定部として機能させるプログラムである。

【0010】

本技術の他の側面の画像処理システムは、撮像装置と画像処理装置とを備え、前記撮像装置が、撮像レンズおよびピンホールのいずれも介さずに入射する入射光を受光する複数の画素を備え、前記複数の画素のうちの少なくとも2つの前記画素の出力画素値の、被写体からの入射光に対する入射角指向性が、互いに異なる特性となるようにするための構成を有する撮像素子を備え、前記画像処理装置が、前記撮像素子において得られた検出画像の領域の内の、復元行列を用いて復元画像を復元する復元領域を特定する領域特定部と、前記検出画像全体に対応する復元行列である全体復元行列の係数の内の、前記領域特定部により特定された前記復元領域に対応しない係数を削除することにより、前記検出画像から前記復元領域の復元画像のみを復元するのに用いられる部分復元行列を設定する部分復元行列設定部とを備える画像処理システムである。

【0011】

本技術の一側面の画像処理装置および方法、並びにプログラムにおいては、撮像レンズおよびピンホールのいずれも介さずに入射する入射光を受光する複数の画素を備え、その複数の画素のうちの少なくとも2つの画素の出力画素値の、被写体からの入射光に対する入射角指向性が、互いに異なる特性となるようにするための構成を有する撮像素子において得られた検出画像の領域の内の、復元行列を用いて復元画像を復元する復元領域が特定され、その検出画像全体に対応する復元行列である全体復元行列の係数の内の、その特定された復元領域に対応しない係数を削除することにより、その検出画像からその復元領域の復元画像のみを復元するのに用いられる部分復元行列が設定される。

【0012】

本技術の他の側面の画像処理システムにおいては、撮像装置において、撮像レンズおよびピンホールのいずれも介さずに入射する入射光を受光する複数の画素を備え、その複数の画素のうちの少なくとも2つの画素の出力画素値の、被写体からの入射光に対する入射角指向性が、互いに異なる特性となるようにするための構成を有する撮像素子により被写体が撮像され、画像処理装置において、その撮像素子において得られた検出画像の領域の内の、復元行列を用いて復元画像を復元する復元領域が特定され、その検出画像全体に対応する復元行列である全体復元行列の係数の内の、その特定された復元領域に対応しない係数を削除することにより、その検出画像からその復元領域の復元画像のみを復元するのに用いられる部分復元行列が設定される。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】復元領域の制御の例を説明する図である。

【図2】撮像装置の主な構成例を示すブロック図である。

【図3】撮像装置における撮像の原理を説明する図である。

【図4】従来の撮像素子と本開示の撮像素子との構成の違いを説明する図である。

【図5】撮像素子の第1の構成例を説明する図である。

【図6】撮像素子の第1の構成例を説明する図である。

【図7】入射角指向性の発生の原理を説明する図である。

【図8】オンチップレンズを利用した入射角指向性の変化を説明する図である。

【図9】入射角指向性の設計を説明する図である。

【図10】被写体距離と入射角指向性を表現する係数との関係を説明する図である。

【図11】狭画角画素と広画角画素との関係を説明する図である。

【図12】狭画角画素と広画角画素との関係を説明する図である。

- 【図 1 3】狭画角画素と広画角画素との関係を説明する図である。
- 【図 1 4】変形例を説明する図である。
- 【図 1 5】変形例を説明する図である。
- 【図 1 6】変形例を説明する図である。
- 【図 1 7】変形例を応用して画角を変化させる例を説明する図である。
- 【図 1 8】変形例を応用して画角を変化させるとき、複数の画角の画素を組み合わせる例を説明する図である。
- 【図 1 9】変形例を説明する図である。
- 【図 2 0】遮光範囲を水平方向および垂直方向のそれぞれについて規則を設けることで計算量およびメモリの容量を低減させる理由を説明する図である。
- 【図 2 1】遮光範囲を水平方向および垂直方向のそれぞれについて規則を設けることで計算量およびメモリの容量を低減させる理由を説明する図である。
- 【図 2 2】遮光範囲を水平方向および垂直方向のそれぞれについて規則を設けることで計算量およびメモリの容量を低減させる理由を説明する図である。
- 【図 2 3】遮光範囲を水平方向および垂直方向のそれぞれについて規則を設けることで計算量およびメモリの容量を低減させる理由を説明する図である。
- 【図 2 4】変形例を説明する図である。
- 【図 2 5】変形例を説明する図である。
- 【図 2 6】復元領域の特定について説明する図である。
- 【図 2 7】復元画像の復元について説明する図である。
- 【図 2 8】復元領域の復元について説明する図である。
- 【図 2 9】復元画像生成処理の流れの例を説明するフローチャートである。
- 【図 3 0】画像処理システムの主な構成例を示すブロック図である。
- 【図 3 1】画像処理の流れの例を説明するフローチャートである。
- 【図 3 2】画像処理システムの他の構成例を示すブロック図である。
- 【図 3 3】画像処理の流れの他の例を説明するフローチャートである。
- 【図 3 4】画像処理システムの、さらに他の構成例を示すブロック図である。
- 【図 3 5】画像処理の流れの、さらに他の例を説明するフローチャートである。
- 【図 3 6】画像処理システムの、さらに他の構成例を示すブロック図である。
- 【図 3 7】画像処理の流れの、さらに他の例を説明するフローチャートである。
- 【図 3 8】画像処理システムの、さらに他の構成例を示すブロック図である。
- 【図 3 9】画像処理の流れの、さらに他の例を説明するフローチャートである。
- 【図 4 0】車載装置の主な構成例を示すブロック図である。
- 【図 4 1】復元画像生成処理の流れの他の例を説明するフローチャートである。
- 【図 4 2】撮像素子の主な構成例を示す図である。
- 【図 4 3】白黒パターンマスクを用いた場合を示す図である。
- 【図 4 4】光干渉マスクを用いた場合を示す図である。
- 【図 4 5】コンピュータの主な構成例を示すブロック図である。
- 【発明を実施するための形態】

#### 【0014】

以下、本開示を実施するための形態（以下実施の形態とする）について説明する。なお、説明は以下の順序で行う。

1. 復元領域・非復元領域の特定
2. 第1の実施の形態（撮像装置）
3. 第2の実施の形態（画像処理システム）
4. 利用例
5. 第3の実施の形態（車載装置）
6. 第4の実施の形態（撮像素子・撮像装置の他の構成例）
7. 付記

#### 【0015】

### < 1. 復元領域・非復元領域の特定 >

従来、例えば特許文献 1 に記載のように、撮像レンズを用いない撮像素子があった。このような撮像素子を適用した撮像装置は、例えば、その撮像素子において生成される検出画像に対して所定の演算を行って復元画像を復元する。しかしながら、検出画像に対して、一部の領域を復元したり復元しなかったりする等の、復元する領域を制御することはできなかった。

#### 【 0 0 1 6 】

例えば、監視カメラ等を用いて公共の場等を撮像し、異常の発生を監視したり、異常が発生した場合の証拠画像として撮像画像を利用したりする防犯システムにおいて、撮像画像の不正流出や不正使用等によるプライバシー権の侵害等が発生するおそれがあった。また、例えば、街中で撮像した撮像画像に他人が映り込み、その撮像画像を SNS (Social Networking Service) 等で公開したり、放送局が放送したりする場合に、肖像権の侵害等が発生するおそれがあった。

#### 【 0 0 1 7 】

また、撮像画像に不要な部分が存在することにより画像解析の負荷が不要に増大するおそれがあった。さらに、サービスや情報管理を目的として、撮像画像を公開するユーザの権限等に応じて、撮像画像の部分的な公開・非公開の制御（公開範囲の制御）が望まれた。

#### 【 0 0 1 8 】

上述の検出画像は、被写体の像が結像されていないことにより、ユーザが目視しても画像として認識することができない（つまり、被写体を視認不可能な）画像である。この検出画像を用いることにより、情報漏洩や不正利用等を抑制することができるが、ユーザが目視により被写体を視認可能な状態とするには、この検出画像から所定の復元行列を用いて復元画像を復元する必要がある。そして、上述のように復元する領域を制御することができず、検出画像全体が復元されるため、復元画像において、上述の撮像画像と同様に情報漏洩や不正利用等のおそれがあった。また、ユーザ権限等に基づく公開範囲の制御を行うことができなかった。

#### 【 0 0 1 9 】

例えば、撮像画像を暗号化することにより情報を保護することは可能であるが、利用時には撮像画像全体を復号する必要がある、依然として、その復号された撮像画像に対して不正流出や不正利用のおそれがあった。またこのような暗号化を用いる場合、符号化（暗号化）や復号等の処理を行う必要がある、負荷が増大するおそれがあった。

#### 【 0 0 2 0 】

そこで、検出画像に対して、復元画像を復元する復元領域を設定する。つまり、撮像レンズおよびピンホールのいずれも介さずに入射する入射光を受光する複数の画素を備え、その複数の画素のうちの少なくとも 2 つの画素の出力画素値の、被写体からの入射光に対する入射角指向性が、互いに異なる特性となるようにするための構成を有する撮像素子において得られた検出画像の領域の内の、復元行列を用いて復元画像を復元する復元領域を特定する。換言するに、検出画像に対して、復元画像を復元しない非復元領域を設定する。つまり、撮像レンズおよびピンホールのいずれも介さずに入射する入射光を受光する複数の画素を備え、その複数の画素のうちの少なくとも 2 つの画素の出力画素値の、被写体からの入射光に対する入射角指向性が、互いに異なる特性となるようにするための構成を有する撮像素子において得られた検出画像の領域の内の、復元行列を用いて復元画像を復元しない非復元領域を特定する。

#### 【 0 0 2 1 】

例えば、図 1 の A に示される検出画像 5 1 は、撮像レンズおよびピンホールのいずれも介さずに入射する入射光を受光する複数の画素を備え、その複数の画素のうちの少なくとも 2 つの画素の出力画素値の、被写体からの入射光に対する入射角指向性が、互いに異なる特性となるようにするための構成を有する撮像素子により被写体が撮像されて得られた、画素において得られる検出信号からなる画像である。図 1 の A に示されるように、この検出画像 5 1 は、被写体の像が結像されていないことにより、ユーザが目視しても画像と

10

20

30

40

50

して認識することができない（つまり、被写体を視認不可能な）画像である。

【００２２】

この検出画像５１から、この検出画像に対応する復元行列を用いて、復元画像が復元される。図１のＢの復元画像５２は、検出画像５１から復元された復元画像の例を示す。図１のＢに示されるように、復元画像５２には、人物５３－１、人物５３－２、人物５３－３が被写体として写っている。換言するに、復元画像５２においては、人物５３－１乃至人物５３－３を被写体として視認することができる。人物５３－１乃至人物５３－３を互いに区別して説明する必要が無い場合、人物５３と称する。

【００２３】

ここで、例えば復元画像５２が公開されることにより、各人物５３の顔が公開されると、肖像権侵害等のおそれがあるとする。このような場合、各人物５３の顔部分を含む非復元領域を設定し、復元画像を復元する。換言するに、その非復元領域以外を復元領域として設定し、復元画像を復元する。図１のＣに示される復元画像５４は、このようにして非復元領域を復元しないように復元した復元画像の例を示す。

【００２４】

復元画像５４において、非復元領域５５－１は、人物５３－１の顔部分を含むように設定された非復元領域である。また、非復元領域５５－２は、人物５３－２の顔部分を含むように設定された非復元領域である。さらに、非復元領域５５－３は、人物５３－３の顔部分を含むように設定された非復元領域である。非復元領域５５－１乃至非復元領域５５－３を互いに区別して説明する必要が無い場合、非復元領域５５と称する。図１のＣに示されるように、復元画像５４において、これらの非復元領域５５は、復元が行われず、検出画像のままとなっている。つまり、復元画像５４は、各人物５３の顔部分が視認不可能な状態になっている。

【００２５】

このようにすることにより、各人物５３の顔部分を非公開としたまま、復元画像を公開することができる。つまり、復元領域・非復元領域を設定することにより、検出画像の任意の領域について復元するか否かを制御することができる。これにより、検出画像の任意の領域について、例えば公開・非公開を制御したり、不正流出や不正使用に対する情報の保護・非保護を制御したりすることができる。また、例えば、画像解析等の対象範囲を制御したり、提供するサービスのレベルを制御したりすることができる。なお、復元領域（または非復元領域）が、検出画像の領域の全体であってもよい。つまり、検出画像の領域の全体を、復元領域とすることもできるし、非復元領域とすることもできる。

【００２６】

< ２．第１の実施の形態 >

< 撮像装置 >

図２は、本技術を適用した画像処理装置の一実施の形態である撮像装置の主な構成例を示す図である。図２に示される撮像装置１００は、被写体を撮像し、その撮像画像に関する電子データを得る装置である。撮像装置１００は、< １．復元領域・非復元領域の特定 >において上述したように、検出画像に対して復元領域（非復元領域）を設定し、非復元領域を復元しないように、復元画像を復元することができる。

【００２７】

なお、図２においては、処理部やデータの流れ等の主なものを示しており、図２に示されるものが全てとは限らない。つまり、撮像装置１００において、図２においてブロックとして示されていない処理部が存在したり、図２において矢印等として示されていない処理やデータの流れが存在したりしてもよい。

【００２８】

図２に示されるように、撮像装置１００は、撮像部１０１、領域特定部１０２、学習データ記憶部１０３、復元行列更新部１０４、および復元部１０５等を有する。

【００２９】

撮像部１０１は、後述する撮像素子１２１を有し、検出画像の生成に関する処理を行う

10

20

30

40

50

。例えば、撮像部 101 は、被写体を撮像して、撮像素子 121 により検出画像を生成し得る。撮像素子 121 は、撮像レンズおよびピンホールのいずれも介さずに入射する入射光を受光する複数の画素出力単位を備え、その複数の画素出力単位のうちの少なくとも 2 つの画素出力単位の出力画素値の、被写体からの入射光に対する入射角指向性が、互いに異なる特性となるようにするための構成を有する撮像素子である。この撮像素子 121 の詳細については、後述する。また、撮像部 101 は、生成した検出画像を領域特定部 102 および復元部 105 に供給し得る。さらに、撮像部 101 は、その検出画像に対応する、すなわち、検出画像から復元画像を生成するのに用いられる復元行列を復元行列更新部 104 に供給し得る。この復元行列は、撮像部 101 が予め記憶していてもよいし、撮像部 101 において生成されてもよい。

10

【0030】

なお、撮像素子 121 の画角は、3次元空間の絶対座標系において固定されていてもよいし、可変であってもよい。例えば、撮像素子 121（または撮像部 101）の位置および姿勢が、撮像装置 100 に対して固定されていてもよいし、可変であってもよい。また、撮像装置 100 が 3次元空間の絶対座標系において固定されていてもよいし、可変であってもよい。

【0031】

領域特定部 102 は、復元領域（または非復元領域）の特定に関する処理を行う。例えば、領域特定部 102 は、撮像部 101 から供給される検出画像を取得し得る。また、領域特定部 102 は、学習データ記憶部 103 に記憶されている学習データを取得し得る。さらに、領域特定部 102 は、その学習データ記憶部 103 から読み出した学習データに基づいて、撮像部 101 から供給された検出画像、すなわち、撮像素子 121 において得られた検出画像について、復元領域（または非復元領域）を設定し得る。また、領域特定部 102 は、その復元領域を示す復元領域情報（または非復元領域を示す非復元領域情報）を生成し、その復元領域情報を復元行列更新部 104 に供給する。

20

【0032】

学習データ記憶部 103 は、学習データの記憶に関する処理を行う。例えば、学習データ記憶部 103 は、任意の記憶媒体を有し、復元領域の特定に関する学習データを記憶している。この学習データについては後述する。学習データ記憶部 103 は、例えば領域特定部 102 の要求に応じて、記憶している学習データを領域特定部 102 に供給し得る。

30

【0033】

復元行列更新部 104 は、復元行列の更新に関する処理を行う。例えば、復元行列更新部 104 は、領域特定部 102 から供給される復元領域情報（または非復元領域情報）を取得し得る。また、復元行列更新部 104 は、撮像部 101 から供給される復元行列を取得し得る。この復元行列は、撮像部 101 において生成される検出画像に対応する（復元画像の復元に用いられる）復元行列である。

【0034】

復元行列更新部 104 は、復元領域情報に基づいて、撮像部 101 から取得した復元行列を更新し、非復元領域を復元せずに、復元領域のみを復元するための復元行列（非復元領域対応復元行列とも称する）を生成し得る。つまり、復元行列更新部 104 は、検出画像から、特定された復元領域の復元画像のみを復元するのに用いられる部分復元行列を生成する部分復元行列生成部である。この非復元領域は、復元領域情報により示される復元領域に基づいて定まる領域であり、検出画像の、その復元領域以外の領域である。なお、領域特定部 102 より非復元領域情報が供給される場合、復元行列更新部 104 は、その非復元領域情報に基づいて、撮像部 101 から取得した復元行列を更新し、その非復元領域情報が示す非復元領域を復元せずに、復元領域のみを復元するための非復元領域対応復元行列を生成し得る。この復元領域は、非復元領域情報により示される非復元領域に基づいて定まる領域であり、検出画像の、その非復元領域以外の領域である。

40

【0035】

また、復元行列更新部 104 は、更新後の復元行列である非復元領域対応復元行列を、

50

復元部 105 に供給し得る。なお、復元行列更新部 104 は、部分復元行列（非復元領域対応復元行列とも称する）の設定を行ってもよい。例えば、検出画像の左上に顔が検出されたときに左半分はすべて復元しないと予め決められており、復元行列も予め左半分だけ復元しない行列（左半分の復元しない場合の専用の行列）が予め用意されていて（例えば、復元行列更新部 104 内の記憶領域に記憶されていて）、復元行列更新部 104 が、復元領域情報に基づいて、検出画像の左上に顔が検出された場合、その非復元領域対応復元行列を適用するように設定する。つまり、復元行列更新部 104 が、非復元領域対応復元行列を生成せずに、予め用意された非復元領域対応復元行列を適用するか否かを設定するようにしてもよい。なお、予め用意された非復元領域対応復元行列を適用する場合、復元行列更新部 104 が、復元領域情報に基づいて、予め用意された複数の非復元領域対応復元行列の中からいずれかを選択し、適用するようにしてもよい。つまり、復元行列更新部 104 は、検出画像から、特定された復元領域の復元画像のみを復元するのに用いられる部分復元行列を設定する部分復元行列設定部ともいえる。

#### 【0036】

復元部 105 は、復元画像の復元に関する処理を行う。例えば、復元部 105 は、撮像部 101 から供給される検出画像を取得し得る。また、復元部 105 は、復元行列更新部 104 から供給される非復元領域対応復元行列を取得し得る。さらに、復元部 105 は、その非復元領域対応復元行列を用いて復元画像の復元を行い得る。この処理により、検出画像から復元領域のみが復元された復元画像が生成され得る。また、復元部 105 は、生成した復元画像（検出画像から復元領域のみが復元された復元画像）を、撮像装置 100 の外部に出力することができる。なお、この復元画像の復元は、撮像装置 100 の外部で行ってもよい。その場合、復元部 105 は、この復元を行わずに、検出画像と非復元領域対応復元行列とを関連付けて、撮像装置 100 の外部の、復元処理を行う復元装置（他の装置）に画像を伝送することができる。したがって、画像の不正流出や不正使用等によるプライバシー権の侵害等の発生を抑制することができる。

#### 【0037】

情報の外部への出力は、任意の通信路を介した通信により行われるようにしてもよいし、任意の記憶媒体を介して行われる（すなわち、情報を記憶媒体に記憶させて出力させる）ようにしてもよい。

#### 【0038】

また、「関連付ける」という用語は、例えば、一方の情報（データ、コマンド、プログラム等）を処理する際に他方の情報を利用し得る（リンクさせ得る）ようにすることを意味する。つまり、互いに関連付けられた情報は、1つのファイル等としてまとめられてもよいし、それぞれ個別の情報としてもよい。例えば、情報 A に関連付けられた情報 B は、その情報 A とは別の伝送路上で伝送されるようにしてもよい。また、例えば、情報 A に関連付けられた情報 B は、その情報 A とは別の記録媒体（又は同一の記録媒体の別の記録エリア）に記録されるようにしてもよい。

#### 【0039】

以上のように、領域特定部 102 は、復元領域（非復元領域）を特定することにより、復元する領域を制御することができる。これにより、撮像装置 100 は、任意の領域を復元しないように、復元画像を復元することができる。

#### 【0040】

なお、撮像装置 100 のこれらの処理部（撮像部 101 乃至復元部 105）は、それぞれ、任意の構成を有することができる。例えば、各処理部が、上述の処理を実現する論理回路により構成されるようにしてもよい。また、各処理部が、例えば CPU（Central Processing Unit）、ROM（Read Only Memory）、RAM（Random Access Memory）等を有し、それらを用いてプログラムを実行することにより、上述の処理を実現するようにしてもよい。もちろん、各処理部が、その両方の構成を有し、上述の処理の一部を論理回路により実現し、他を、プログラムを実行することにより実現するようにしてもよい。各

処理部の構成は互いに独立していてもよく、例えば、一部の処理部が上述の処理の一部を論理回路により実現し、他の一部の処理部がプログラムを実行することにより上述の処理を実現し、さらに他の処理部が論理回路とプログラムの実行の両方により上述の処理を実現するようにしてもよい。

【0041】

＜撮像素子について＞

次に、撮像素子101が有する撮像素子121について図3乃至図25を参照して説明する。

【0042】

＜画素と画素出力単位＞

本明細書においては、「画素」（または「画素出力単位」）という用語を用いて、本技術を説明する。本明細書において「画素」（または「画素出力単位」）とは、撮像素子121の入射光を受光するための物理構成が形成される領域（画素領域とも称する）の、他の画素とは独立して受光することができる物理構成を少なくとも1つ含む分割単位を指すものとする。受光することができる物理構成とは、例えば光電変換素子であり、例えばフォトダイオード（PD（Photo Diode））である。1画素に形成されるこの物理構成（例えばフォトダイオード）の数は任意であり、単数であってもよいし、複数であってもよい。その種類、大きさ、形状等も任意である。

【0043】

また、この「画素」単位の物理構成には、上述の「受光することができる物理構成」だけでなく、例えば、オンチップレンズ、遮光膜、カラーフィルタ、平坦化膜、反射防止膜等、入射光の受光に関する全ての物理構成を含む。さらに、読み出し回路等の構成も含まれる場合もある。つまり、この画素単位の物理構成はどのような構成であってもよい。

【0044】

また、「画素」（つまり画素単位の物理構成）から読み出された検出信号を「画素単位（または画素出力単位）の検出信号」等と称する場合もある。さらに、この画素単位（または画素出力単位）の検出信号は、「画素単位検出信号（または画素出力単位検出信号）」とも称する。また、この画素単位検出信号は「画素出力」とも称する。さらに、その値を「出力画素値」とも称する。

【0045】

撮像素子121の画素単位の検出信号の値（出力画素値）は、他と独立して被写体からの入射光の入射角指向性（入射角に対する特性）を有することができる。つまり、撮像素子121の各画素単位（画素出力単位）は、その出力画素値の、被写体からの入射光に対する入射角指向性を独立に設定可能な構成を有する。したがって、撮像素子121において、少なくとも2つの画素単位の出力画素値は、被写体からの入射光に対する入射角指向性が互いに異なる。

【0046】

なお、上述したように「画素（または画素出力単位）」が有する「受光することができる物理構成」の数は任意であるので、画素単位検出信号は、単数の「受光することができる物理構成」により得られた検出信号であってもよいし、複数の「受光することができる物理構成」により得られた検出信号であってもよい。

【0047】

また、この画素単位検出信号（出力画素値）は、任意の段階で複数をまとめて1つにすることもできる。例えば、複数の画素の出力画素値を、アナログ信号の状態において加算するようにしてもよいし、デジタル信号に変換してから加算するようにしてもよい。

【0048】

また、この検出信号は、撮像素子121から読み出された後、すなわち、検出画像において、複数の検出信号をまとめて単数化したり、単数の検出信号を複数化したりすることもできる。つまり、検出画像の解像度（データ数）は可変である。

【0049】

10

20

30

40

50

ところで、以下においては説明の便宜上、特に言及しない限り、撮像素子121が複数の画素が行列状に配置される（画素アレイが形成される）画素領域を有するものとして説明する。なお、撮像素子121の画素（または画素出力単位）の配列パターンは任意であり、この例に限定されない。例えば、画素（または画素出力単位）がハニカム構造状に配置されるようにしてもよい。また、例えば、画素（または画素出力単位）が1行（または1列）状に配置されるようにしてもよい。つまり、撮像素子121がラインセンサであってもよい。

【0050】

なお、撮像素子121（の画素）が感度を有する波長域は任意である。例えば、撮像素子121（の画素）が、可視光に対して感度を有するようにしてもよいし、赤外光や紫外光のような不可視光に対して感度を有するようにしてもよいし、可視光と不可視光の両方に対して感度を有するようにしてもよい。

【0051】

<入射角指向性>

撮像素子121は、複数の画素出力単位を有する。そして、撮像素子121は、その複数の画素出力単位のうち、少なくとも2つの画素出力単位の出力画素値の、被写体からの入射光に対する入射角指向性が、互いに異なる特性となるようにするための構成を有する。つまり、撮像素子121は、複数画素出力単位分の検出信号（複数の画素出力単位検出信号）を得ることができ、その内の少なくとも2つの画素出力単位検出信号の、被写体からの入射光に対する入射角指向性が互いに異なる。

【0052】

ここで「入射角指向性」とは、入射光の入射角度に応じた受光感度特性、すなわち、入射光の入射角度に対する検出感度を指す。例えば、同じ光強度の入射光であってもその入射角度によって検出感度が変化する場合がある。このような検出感度の偏り（偏りがない場合も含む）を「入射角指向性」と称する。

【0053】

例えば、互いに同一の光強度の入射光が、互いに同一の入射角でその2つの画素出力単位の物理構成に入射すると、各画素出力単位の検出信号の信号レベル（検出信号レベル）は、互いに異なる値となり得る。撮像素子121（の各画素出力単位）は、このような特徴を持つ物理構成を有する。

【0054】

より具体的には、撮像素子121は、基本的な構造において、一般の、例えば、CMOS（Complementary Metal Oxide Semiconductor）イメージセンサなどの撮像素子からなるものと同様のものであっても良いが、上述のように、少なくとも2つの画素出力単位の間で、その出力画素値の、被写体からの入射光に対する入射角指向性が互いに異なる特性となるようにするための構成を有する。この入射角指向性は、どのような方法により実現されるようにしてもよい。例えば、光電変換素子（フォトダイオード等）の手前（光入射側）に遮光膜を設ける等して入射角指向性を実現するようにしてもよい。

【0055】

一般的な入射角指向性が互いに同一の画素よりなる撮像素子のみで撮像を行うと、撮像素子の全画素に略同一の光強度の光が入射することになり、結像された被写体の画像を得ることができない。そこで、一般的には、撮像素子の前（光入射側）に撮像レンズやピンホールを設ける。例えば撮像レンズを設けることにより、被写体面からの光を撮像素子の撮像面に結像させることができる。したがって、撮像素子は、各画素においてその結像された被写体の画像に応じたレベルの検出信号を得ることができる（つまり、結像された被写体の撮像画像を得ることができる）。しかしながら、この場合、物理的にサイズが大きくなり、装置の小型化が困難になるおそれがあった。また、ピンホールを設ける場合、撮像レンズを設ける場合よりも小型化が可能になるが、撮像素子に入射する光量が低減するため、露光時間を長くする、または、ゲインを上げる等の対策が必須となり、高速な被写体の撮像においてはボケが生じ易くなる、または、自然な色表現ではなくなるおそれがある。

った。

#### 【0056】

これに対して撮像素子121は、図3の上段左部で示されるように、各画素の検出感度が互いに異なる入射角指向性を持つ。つまり、入射光の入射角度に応じた受光感度特性が画素毎に異なるということである。ただし、全ての画素の受光感度特性が完全に異なるものである必要はなく、一部の画素に同一の受光感度特性を持つものが含まれていてもよいし、一部の画素が異なる受光感度特性を持つものであってもよい。

#### 【0057】

被写体面131を構成する光源が点光源であることを前提とした場合、撮像素子121においては、同一の点光源より発せられた同一の光強度の光線が、全ての画素に入射されることになるが、画素毎にそれぞれ異なる入射角度で入射される。そして、撮像素子121の各画素は、互いに異なる入射角指向性を有しているので、その同一の光強度の光線を互いに異なる感度で検出する。つまり、画素毎に異なる信号レベルの検出信号が検出される。

#### 【0058】

より詳細には、撮像素子121の各画素において受光される入射光の入射角度に応じた感度特性、すなわち、各画素における入射角度に応じた入射角指向性は、入射角度に応じた受光感度を表す係数で表現するものとし、各画素における入射光に応じた検出信号の信号レベル（検出信号レベルとも称する）は、入射光の入射角度に応じた受光感度に対応して設定される係数を乗じることで求められるものとなる。

#### 【0059】

より具体的には、図3の上段左部で示されるように、位置Pa、Pb、Pcにおける検出信号レベルDA、DB、DCは、それぞれ以下の式（1）乃至式（3）で表される。

#### 【0060】

$$DA = \alpha 1 \times a + \beta 1 \times b + \gamma 1 \times c$$

・・・（1）

$$DB = \alpha 2 \times a + \beta 2 \times b + \gamma 2 \times c$$

・・・（2）

$$DC = \alpha 3 \times a + \beta 3 \times b + \gamma 3 \times c$$

・・・（3）

#### 【0061】

ここで、 $\alpha 1$ は、撮像素子121上の位置Paにおける復元する被写体面131上の点光源PAからの光線の入射角度に応じて設定される係数である。 $\beta 1$ は、撮像素子121上の位置Paにおける復元する被写体面131上の点光源PBからの光線の入射角度に応じて設定される係数である。 $\gamma 1$ は、撮像素子121上の位置Paにおける復元する被写体面131上の点光源PCからの光線の入射角度に応じて設定される係数である。

#### 【0062】

式（1）に示されるように、位置Paにおける検出信号レベルDAは、位置Paにおける点光源PAからの光線の光強度“a”と係数 $\alpha 1$ との積と、位置Paにおける点光源PBからの光線の光強度“b”と係数 $\beta 1$ との積と、位置Paにおける点光源PCからの光線の光強度“c”と係数 $\gamma 1$ との積との和（合成値）により表現される。以下において、係数 $\alpha x$ 、 $\beta x$ 、 $\gamma x$ （xは自然数）を合わせて係数セットと称する。

#### 【0063】

同様に、式（2）の係数セット $\alpha 2$ 、 $\beta 2$ 、 $\gamma 2$ は、撮像素子121上の位置Pbにおける復元する被写体面131上の点光源PA、PB、PCからの光線の入射角度に応じて設定される係数セットである。つまり、位置Pbにおける検出信号レベルDBは、上述の式（2）のように、位置Pbにおける点光源PAからの光線の光強度“a”と係数 $\alpha 2$ との積と、位置Pbにおける点光源PBからの光線の光強度“b”と係数 $\beta 2$ との積と、位置Pbにおける点光源PCからの光線の光強度“c”と係数 $\gamma 2$ との積との和（合成値）により表現される。また、式（3）の係数 $\alpha 3$ 、 $\beta 3$ 、 $\gamma 3$ は、撮像素子121上の位置Pcに

おける復元する被写体面 1 3 1 上の点光源 P A , P B , P C からの光線の入射角度に応じて設定される係数セットである。つまり、位置 P c における検出信号レベル D C は、上述の式 ( 3 ) のように、位置 P c における点光源 P A からの光線の光強度 " a " と係数  $\alpha_3$  との積と、位置 P c における点光源 P B からの光線の光強度 " b " と係数  $\beta_3$  との積と、位置 P c における点光源 P C からの光線の光強度 " c " と係数  $\gamma_3$  との積との和 ( 合成値 ) により表現される。

#### 【 0 0 6 4 】

以上のように、これらの検出信号レベルは、点光源 P A , P B , P C のそれぞれより発せられた光線の光強度が入り交じったものとなるので、被写体の像が結像されたものとは異なるものである。つまり、図 3 の上段右部で示される検出信号レベルは、被写体の像が結像された画像 ( 撮像画像 ) に対応する検出信号レベルではないので、図 3 の下部右部に示される画素値とは異なるものである ( 一般的に両者は一致しない ) 。

#### 【 0 0 6 5 】

ただし、この係数セット  $\alpha_1$  ,  $\beta_1$  ,  $\gamma_1$ 、係数セット  $\alpha_2$  ,  $\beta_2$  ,  $\gamma_2$  係数セット  $\alpha_3$  ,  $\beta_3$  ,  $\gamma_3$  と、検出信号レベル D A , D B , D C を用いた連立方程式を構成し、 a , b , c を変数として上述の式 ( 1 ) 乃至式 ( 3 ) の連立方程式を解くことにより、図 3 の下段右部で示されるような各位置 P a , P b , P c の画素値を求めることができる。これにより画素値の集合である復元画像 ( 被写体の像が結像された画像 ) が復元される。

#### 【 0 0 6 6 】

撮像素子 1 2 1 は、このような構成により、撮像レンズ、回折格子等からなる光学フィルタや、ピンホール等を必要とせずに、少なくとも 2 つの画素出力単位において互いに異なる入射角指向性を有する。結果として、撮像レンズ、回折格子等からなる光学フィルタや、ピンホール等が必須構成とならないので、撮像装置の低背化、すなわち、撮像機能を実現する構成における光の入射方向に対する厚さを薄くすることが可能になる。

#### 【 0 0 6 7 】

##### < 入射角指向性の形成 >

図 4 の左部は、一般的な撮像素子の画素アレイ部の一部の正面図を示しており、図 4 の右部は、撮像素子 1 2 1 の画素アレイ部の一部の正面図を示している。尚、図 4 においては、画素アレイ部が水平方向×垂直方向のそれぞれの画素数が 6 画素×6 画素の構成である場合の例を示しているが、画素数の構成は、これに限るものではない。

#### 【 0 0 6 8 】

入射角指向性は、例えば遮光膜により形成することができる。一般的な撮像素子 1 5 1 は、図 4 の左部の例のように、入射角指向性が同一の画素 1 5 1 a がアレイ状に配置されていることが示されている。これに対して図 4 の右部の例の撮像素子 1 2 1 は、画素 1 2 1 a 毎に、そのフォトダイオードの受光領域の一部であって、画素 1 2 1 a 毎に異なる範囲に遮光膜 1 2 1 b が設けられており、画素 1 2 1 a 毎に入射光の入射角度に対する受光感度が異なる ( すなわち入射角指向性が互いに異なる ) 構成とされている。

#### 【 0 0 6 9 】

より具体的には、例えば、画素 1 2 1 a - 1 と画素 1 2 1 a - 2 とでは、設けられている遮光膜 1 2 1 b - 1 と遮光膜 1 2 1 b - 2 とにより画素を遮光する範囲が異なる ( 遮光する領域 ( 位置 )、および遮光する面積の少なくともいずれかが異なる )。すなわち、画素 1 2 1 a - 1 においては、フォトダイオードの受光領域における左側の一部を所定の幅だけ遮光するように遮光膜 1 2 1 b - 1 が設けられており、画素 1 2 1 a - 2 においては、受光領域における右側の一部を、遮光膜 1 2 1 b - 1 よりも水平方向に広い幅だけ遮光するように遮光膜 1 2 1 b - 2 が設けられている。その他の画素 1 2 1 a においても、同様に、遮光膜 1 2 1 b が、画素毎に受光領域における異なる範囲が遮光されるように設けられており、画素アレイ内でランダムに配置されている。

#### 【 0 0 7 0 】

尚、遮光膜 1 2 1 b の範囲は、各画素の受光領域を覆い隠す割合が大きくなるほど、受光できる光量が少ない状態となるため、所望の光量が確保できる程度の面積とすることが

10

20

30

40

50

望ましく、遮光膜 1 2 1 b の面積を、例えば、最大で受光可能な範囲の全体の 3 / 4 程度までといった制限を加えて構成するようにしてもよい。このようにすることで、所望量以上の光量を確保することが可能となる。ただし、各画素について、受光する光の波長に相当する幅の遮光されていない範囲が設けられていれば、最小限の光量を受光することは可能である。すなわち、例えば、B画素（青色画素）の場合、波長は500nm程度となるが、この波長に相当する幅以上に遮光されていなければ、最小限の光量を受光することは可能である。

【0071】

＜撮像素子の構成例＞

図5を参照して、この場合の撮像素子121の構成例について説明する。図5の上段は、撮像素子121の側面断面図であり、図5の中段は、撮像素子121の上面図である。また、図5の上段の側面断面図は、図5の中段におけるAB断面となる。さらに、図5の下段は、撮像素子121の回路構成例である。

【0072】

図5に示される構成の撮像素子121は、撮像レンズ及びピンホールのいずれも介さずに入射する入射光を受光する複数の画素出力単位を備え、その複数の画素出力単位のうちの少なくとも2つの画素出力単位の出力画素値の、被写体からの入射光に対する入射角指向性が、互いに異なる特性となるようにするための構成を有する。また、この場合の撮像素子121は、その複数の画素出力単位が、被写体からの入射光に対する入射角指向性を画素出力単位毎に独立に設定可能な構成を有する。

【0073】

図5の上段の撮像素子121においては、図中の上方から下方に向けて入射光が入射する。隣接する画素121a-15, 121a-16は、それぞれ図中の最下層に配線層Z12が設けられており、その上に光電変換層Z11が設けられている、いわゆる、裏面照射型である。

【0074】

尚、画素121a-15, 121a-16を区別する必要がない場合、単に、画素121aと称し、他の構成についても、同様に称する。また、図5においては、撮像素子121の画素アレイを構成する2画素分の側面図および上面図となっているが、いうまでもなく、これ以上の数の画素121aが配置されているが図示が省略されている。

【0075】

さらに、画素121a-15, 121a-16は、それぞれ光電変換層Z11にフォトダイオード121e-15, 121e-16を備えている。また、フォトダイオード121e-15, 121e-16の上には、それぞれ上からオンチップレンズ121c-15, 121c-16、およびカラーフィルタ121d-15, 121d-16が構成されている。

【0076】

オンチップレンズ121c-15, 121c-16は、入射光をフォトダイオード121e-15, 121e-16上に集光させる。

【0077】

カラーフィルタ121d-15, 121d-16は、例えば、赤色、緑色、青色、赤外および白色等の特定の波長の光を透過させる光学フィルタである。尚、白色の場合、カラーフィルタ121d-15, 121d-16は、透明のフィルタでもよいし、無くてもよい。

【0078】

画素121a-15, 121a-16の光電変換層Z11における、それぞれ画素間の境界には、遮光膜121p-15乃至121p-17が形成されており、隣接する画素間のクロストークを抑制する。

【0079】

また、遮光膜121b-15, 121b-16は、図5の上段および中段で示されるよ

10

20

30

40

50

うに、上面から見て一部が受光面Sを遮光している。画素121a-15, 121a-16におけるフォトダイオード121e-15, 121e-16の受光面Sにおいては、遮光膜121b-15, 121b-16により、それぞれ異なる範囲が遮光されており、これにより画素ごとに異なる入射角指向性が設定されている。ただし、遮光される範囲は、撮像素子121の全画素121aのそれぞれにおいて異なることが場合に限らず、一部で同一の範囲が遮光される画素121aが存在していてもよい。

【0080】

図5の上段で示されるような構成により、遮光膜121p-15の右端部と、遮光膜121b-15の上方端部とが接続されると共に、遮光膜121b-16の左端部と遮光膜121p-16の上方端部とが接続され、側面からみてL字型に構成されている。

10

【0081】

さらに、遮光膜121b-15乃至121b-17、および遮光膜121p-15乃至121p-17は、金属により構成されており、例えば、タングステン(W)、アルミニウム(Al)、またはAlと銅(Cu)との合金より構成される。また、遮光膜121b-15乃至121b-17、および遮光膜121p-15乃至121p-17は、半導体プロセスにおける配線が形成されるプロセスと同一のプロセスで、配線と同一の金属により同時に形成されるようにしてもよい。尚、遮光膜121b-15乃至121b-17、および遮光膜121p-15乃至121p-17の膜厚は、位置に応じて同一の厚さにしなくてもよい。

【0082】

20

また、図5の下段で示されるように、画素121aは、フォトダイオード161（フォトダイオード121eに対応する）、転送トランジスタ162、FD（Floating Diffusion：フローティングディフュージョン）部163、選択トランジスタ164、増幅トランジスタ165、およびリセットトランジスタ166を備えて構成され、垂直信号線167を介して電流源168に接続されている。

【0083】

フォトダイオード161は、アノード電極がそれぞれ接地され、カソード電極が、転送トランジスタ162を介して増幅トランジスタ165のゲート電極にそれぞれ接続される構成となっている。

【0084】

30

転送トランジスタ162は、転送信号TGに従ってそれぞれ駆動する。例えば、転送トランジスタ162のゲート電極に供給される転送信号TGがハイレベルになると、転送トランジスタ162はオンとなる。これにより、フォトダイオード161に蓄積されている電荷が転送トランジスタ162を介してFD部163に転送される。

【0085】

増幅トランジスタ165は、フォトダイオード161での光電変換によって得られる信号を読み出す読出し回路であるソースフォロワの入力部となり、FD部163に蓄積されている電荷に応じたレベルの画素信号を垂直信号線23に出力する。すなわち、増幅トランジスタ165は、ドレイン端子が電源電圧VDDに接続され、ソース端子が選択トランジスタ164を介して垂直信号線167に接続されることで、垂直信号線167の一端に接続される電流源168とソースフォロワを構成する。

40

【0086】

FD（Floating Diffusion：フローティングディフュージョン）部163は、転送トランジスタ162と増幅トランジスタ165との間に設けられる電荷容量C1を有する浮遊拡散領域であり、転送トランジスタ162を介してフォトダイオード161から転送される電荷を一時的に蓄積する。FD部163は、電荷を電圧に変換する電荷検出部であって、FD部163に蓄積されている電荷が増幅トランジスタ165において電圧に変換される。

【0087】

選択トランジスタ164は、選択信号SELに従って駆動し、ゲート電極に供給される

50

選択信号SELがハイレベルになるとオンとなって、増幅トランジスタ165と垂直信号線167とを接続する。

【0088】

リセットトランジスタ166は、リセット信号RSTに従って駆動する。例えば、リセットトランジスタ166は、ゲート電極に供給されるリセット信号RSTがハイレベルになるとオンとなり、FD部163に蓄積されている電荷を電源電圧VDDに排出して、FD部163をリセットする。

【0089】

以上のような回路構成により、図5の下段で示される画素回路は以下のように動作する。

【0090】

すなわち、第一動作として、リセットトランジスタ166および転送トランジスタ162がオンにされ、FD部163に蓄積されている電荷を電源電圧VDDに排出して、FD部163をリセットする。

【0091】

第二動作として、リセットトランジスタ166および転送トランジスタ162がオフにされ、露光期間となり、フォトダイオード161により、入射光の光量に応じた電荷が蓄積される。

【0092】

第三動作として、リセットトランジスタ166がオンにされて、FD部163がリセットされた後、リセットトランジスタ166がオフにされる。この動作により、FD部163がリセットされて、基準電位に設定される。

【0093】

第四動作として、リセットされた状態のFD部163の電位が、基準電位として増幅トランジスタ165より出力される。

【0094】

第五動作として、転送トランジスタ162がオンにされて、フォトダイオード161に蓄積された電荷がFD部163に転送される。

【0095】

第六動作として、フォトダイオードの電荷が転送されたFD部163の電位が、信号電位として増幅トランジスタ165より出力される。

【0096】

以上の処理により、信号電位から基準電位が減算されて、CDS（相関二重サンプリング）により検出信号として出力される。

【0097】

このように、図5の場合の画素121aは、1個についてフォトダイオード121eが1個設けられており、画素121a毎に異なる範囲が遮光膜121bにより遮光されており、遮光膜121bを用いた光学的な変調により、1個の画素121aで入射角指向性を備えた検出画像の1画素分の検出信号を表現することができる。

【0098】

<撮像素子の他の構成例>

また、入射角指向性は、例えば受光素子（例えばフォトダイオード）の画素内における位置、大きさ、形状等により形成することができる。これらのパラメータが異なる画素同士では、同一方向からの同一の光強度の入射光に対する感度が異なる。つまり、これらのパラメータを画素毎に設定することにより、画素毎に入射角指向性を設定することができる。

【0099】

例えば、画素内に複数の受光素子（例えばフォトダイオード）を設け、それらが選択的に用いられるようにしてもよい。このようにすることにより、その受光素子の選択によって画素毎に入射角指向性を設定することができるようになる。

【0100】

10

20

30

40

50

図6は、撮像素子121の他の構成例を示す図である。図6の上段には、撮像素子121の画素121aの側面断面図が示されており、図6の中段には、撮像素子121の上面図が示されている。また、図6の上段の側面断面図は、図6の中段におけるAB断面となる。さらに、図6の下段は、撮像素子121の回路構成例である。

#### 【0101】

図6に示される構成の撮像素子121は、撮像レンズ及びピンホールのいずれも介さずに入射する入射光を受光する複数の画素出力単位を備え、その複数の画素出力単位のうちの少なくとも2つの画素出力単位の出力画素値の、被写体からの入射光に対する入射角指向性が、互いに異なる特性となるようにするための構成を有する。また、この場合の撮像素子121は、その複数の画素出力単位が、出力に寄与するPD(Photo Diode)を互いに異ならせることで、その出力画素値の入射角指向性を画素出力単位毎に独立に設定し得る。

10

#### 【0102】

図6に示されるように、撮像素子121は、画素121aにおいて、4つのフォトダイオード121f-1乃至121f-4が形成され、遮光膜121pが、フォトダイオード121f-1乃至121f-4同士を分離する領域に形成されている点で、図6の撮像素子121と異なる構成となっている。即ち、図6の撮像素子121では、遮光膜121pは、上面から見て「+」形状に形成されている。なお、それらの共通の構成については同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。

#### 【0103】

20

図6のように構成された撮像素子121では、遮光膜121pによりフォトダイオード121f-1乃至121f-4に分離することによって、フォトダイオード121f-1乃至121f-4間の電気的および光学的なクロストークを防止することができる。即ち、図6の遮光膜121pは、図5の撮像素子121の遮光膜121pと同様にクロストークを防止するためのものであって、入射角指向性を与えるためのものではない。

#### 【0104】

詳細については後述するが、フォトダイオード121f-1乃至121f-4は、受光感度特性が高くなる入射角が互いに異なる。つまり、フォトダイオード121f-1乃至121f-4のいずれから電荷を読み出すかによって、画素121aの出力画素値に所望の入射角指向性を持たせることができる。つまり、画素121aの出力画素値の入射角指向性を制御することができる。

30

#### 【0105】

図6の撮像素子121の構成例においては、1個のFD部163を4個のフォトダイオード121f-1乃至121f-4で共有する。図6の下段は、1個のFD部163を4個のフォトダイオード121f-1乃至121f-4で共有するようにした回路構成例を示している。尚、図6の下段において、図5の下段と同一の構成については、その説明を省略する。

#### 【0106】

図6の下段において、図5の下段の回路構成と異なる点は、フォトダイオード161および転送トランジスタ162に代えて、フォトダイオード161-1乃至161-4(図6の上段におけるフォトダイオード121f-1乃至121f-4に対応する)および転送トランジスタ162-1乃至162-4を設け、FD部163を共有する構成としている点である。

40

#### 【0107】

図6の下段に示される回路において、フォトダイオード161-1乃至161-4を互いに区別して説明する必要がない場合、フォトダイオード161と称する。また、転送トランジスタ162-1乃至162-4を互いに区別して説明する必要がない場合、転送トランジスタ162と称する。

#### 【0108】

図6の下段に示される回路において、いずれかの転送トランジスタ162がオンされる

50

と、その転送トランジスタ162に対応するフォトダイオード161の電荷が読み出され、共通のFD部163に転送される。そして、FD部163に保持されている電荷のレベルに応じた信号が画素出力単位の検出信号として読み出される。つまり、各フォトダイオード161の電荷は互いに独立に読み出すことができ、どの転送トランジスタ162をオンにするかによって、どのフォトダイオード161から電荷を読み出すかを制御することができる。換言するに、どの転送トランジスタ162をオンにするかによって、各フォトダイオード161による出力画素値への寄与の度合いを制御することができる。例えば、少なくとも2つの画素間において、電荷を読み出すフォトダイオード161を互いに異なるものとするにより、出力画素値に寄与するフォトダイオード161を互いに異ならせることができる。つまり、電荷を読み出すフォトダイオード161の選択により、画素121aの出力画素値に所望の入射角指向性を持たせることができる。

10

【0109】

例えば、図6において、フォトダイオード121f-1およびフォトダイオード121f-3の電荷をFD部163に転送し、それぞれを読み出して得られる信号を加算することにより、画素121aの出力画素値に図中左右方向の入射角指向性を持たせることができる。同様に、フォトダイオード121f-1およびフォトダイオード121f-2の電荷をFD部163に転送し、それぞれを読み出して得られる信号を加算することにより、画素121aの出力画素値に図中上下方向の入射角指向性を持たせることができる。

【0110】

20

なお、図6の画素121aの各フォトダイオード121fのそれぞれの電荷に基づいて得られる信号は、画素から読み出された後に加算するようにしてもよいし、画素内（例えばFD部163）において加算するようにしてもよい。

【0111】

また、電荷（またはその電荷に対応する信号）を加算するフォトダイオード121fの組み合わせは任意であり、上述の例に限定されない。例えば、3つ以上のフォトダイオード121fの電荷（またはその電荷に対応する信号）を加算するようにしてもよい。また、例えば、加算を行わずに、1つのフォトダイオード121fの電荷を読み出すようにしてもよい。

【0112】

30

なお、電子シャッタ機能を用いて電荷のFD部163への読み出しの前にフォトダイオード161（フォトダイオード121f）に蓄積された検出値（電荷）をリセットすることで、画素121a（の検出感度）に所望の入射角指向性を持たせるようにしてもよい。

【0113】

電子シャッタ機能を用いる場合、フォトダイオード121fの電荷のFD部163への読み出しの直前にリセットをすれば、そのフォトダイオード121fは画素121aの検出信号レベルへの寄与が無い状態とすることができ、リセットとFD部163への読み出しの間の時間を持たせれば、部分的に寄与をさせることもできる。

【0114】

以上のように、図6の画素121aは、1個について4個のフォトダイオード121fが設けられており、受光面に対して遮光膜121bが形成されていないが、遮光膜121pにより、複数の領域に分割され、4個のフォトダイオード121f-1乃至121f-4が形成されており、入射角指向性を備えた検出画像の1画素分の検出信号を表現している。換言するに、例えば、フォトダイオード121f-1乃至121f-4のうち出力に寄与しない範囲が遮光された領域と同様に機能して、入射角指向性を備えた、検出画像の1画素分の検出信号を表現している。尚、フォトダイオード121f-1乃至121f-4を用いて、1画素分の検出信号を表現する場合、遮光膜121bは用いられていないので、検出信号は、光学的な変調により得られる信号ではない。

40

【0115】

以上においては画素内に4個のフォトダイオードを配置する例について説明したが、画

50

素内に配置するフォトダイオードの数は任意であり、上述の例に限定されない。つまり、画素内におけるフォトダイオードを配置する部分領域の数も任意である。

【0116】

また、以上においては、画素内を4等分した4つの部分領域にフォトダイオードを配置するように説明したが、この部分領域は等分割されたものでなくてもよい。つまり、各部分領域の大きさや形状が全て統一されていなくてもよい（大きさや形状が他と異なる部分領域が含まれていてもよい）。または、各部分領域内に配置されるフォトダイオードの位置（部分領域内における位置）、大きさ、形状等が、フォトダイオード毎（部分領域毎）に異なるようにしてもよい。その際、各部分領域の大きさや形状は、全て統一されていてもよいし、統一されていなくてもよい。

10

【0117】

さらに、撮像素子121の全画素において、これらのパラメータが統一されていなくてもよい。つまり、撮像素子121の1画素以上において、これらのパラメータの内の1つ以上のパラメータが、他の画素と異なってもよい。

【0118】

例えば、画素内におけるフォトダイオードを配置する部分領域を形成するための分割位置が他の画素と異なる画素が、撮像素子121の画素群に含まれるようにしてもよい。つまり、撮像素子121が、部分領域の大きさや形状が他の画素と異なる画素を1画素以上有するようにしてもよい。例えば、画素毎にこの分割位置を異ならせるようにすることにより、複数の画素で左上のフォトダイオードのみを用いるようにしたとしても、その複数の画素のそれぞれにおいて検出される検出信号の入射角指向性を互いに異なるものとすることができる。

20

【0119】

また例えば、画素内に配置される複数のフォトダイオードの位置、大きさ、形状等が他の画素と異なる画素が、撮像素子121の画素群に含まれるようにしてもよい。つまり、撮像素子121が、配置される複数のフォトダイオードの位置、大きさ、形状の内の少なくともいずれか1つが他の画素と異なる画素を1画素以上有するようにしてもよい。例えば、画素毎にフォトダイオードの位置、大きさ、形状等を異ならせるようにすることにより、複数の画素で左上のフォトダイオードのみを用いるようにしたとしても、その複数の画素のそれぞれにおいて検出される検出信号の入射角指向性を互いに異なるものとすることができる。

30

【0120】

さらに例えば、部分領域のパラメータ（大きさ、形状）と、フォトダイオードのパラメータ（位置、大きさ、形状）との両方が他の画素と異なる画素を1画素以上有するようにしてもよい。

【0121】

また例えば、画素内におけるフォトダイオードを配置する部分領域を形成するための分割数が他の画素と異なる画素が、撮像素子121の画素群に含まれるようにしてもよい。つまり、撮像素子121が、配置されるフォトダイオードの数が他の画素と異なる画素を1画素以上有するようにしてもよい。例えば、画素毎に分割数（フォトダイオードの数）を異ならせるようにすることにより、より自由に入射角指向性を設定することができる。

40

【0122】

<入射角指向性を生じさせる原理について>

撮像素子121における各画素の入射角指向性は、例えば、図7で示されるような原理により発生する。尚、図7の左上部および右上部は、図5の撮像素子121における入射角指向性の発生原理を説明する図であり、図7の左下部および右下部は、図6の撮像素子121における入射角指向性の発生原理を説明する図である。

【0123】

また、図7の左上部および右上部における1画素は、いずれも1個のフォトダイオード121eにより構成される。これに対して、図7の左下部および右下部における1画素は

50

、いずれも２個のフォトダイオード１２１ｆにより構成される。尚、ここでは、１画素が２個のフォトダイオード１２１ｆにより構成される例について説明しているが、これは説明の便宜上であり、１画素を構成するフォトダイオード１２１ｆの数は、その他の個数であってもよい。

#### 【０１２４】

図７の左上部においては、図中の上方から下方に向けて入射光が入射するとき、フォトダイオード１２１ｅ－１１の受光面の右半分を遮光するように遮光膜１２１ｂ－１１が形成されている。また、図７の右上部においては、フォトダイオード１２１ｅ－１２の受光面の左半分を遮光するように遮光膜１２１ｂ－１２が形成されている。尚、図中の一点鎖線は、フォトダイオード１２１ｅの受光面の図中の水平方向の中心位置であって、受光面に対して垂直方向であることを表している。

10

#### 【０１２５】

例えば、図７の左上部のような構成の場合、図中の一点鎖線に対して入射角 $\theta_1$ を成す矢印で示される、図中の右上方向からの入射光は、フォトダイオード１２１ｅ－１１の遮光膜１２１ｂ－１１により遮光されていない左半分の範囲では受光し易いが、図中の一点鎖線に対して入射角 $\theta_2$ を成す矢印で示される、図中の左上方向からの入射光は、フォトダイオード１２１ｅ－１１の遮光膜１２１ｂ－１１により遮光されていない左半分の範囲では受光し難い。したがって、図７の左上部のような構成の場合、図中の右上方向からの入射光に対して受光感度特性が高く、左上方からの入射光に対して受光感度特性が低いといった入射角指向性を備えることになる。

20

#### 【０１２６】

これに対して、例えば、図７の右上部のような構成の場合、図中の一点鎖線に対して入射角 $\theta_{11}$ を成す矢印で示される、図中の右上方向からの入射光は、フォトダイオード１２１ｅ－１２の遮光膜１２１ｂ－１２により遮光されている左半分の範囲では受光し難いが、図中の一点鎖線に対して入射角 $\theta_{12}$ を成す矢印で示される、図中の左上方向からの入射光は、フォトダイオード１２１ｅ－１２の遮光膜１２１ｂ－１２により遮光されていない右半分の範囲で受光し易い。したがって、図７の右上部のような構成の場合、図中の右上方向からの入射光に対して受光感度特性が低く、左上方からの入射光に対して受光感度特性が高いといった入射角指向性を備えることになる。

#### 【０１２７】

また、図７の左下部の場合、図中の左右にフォトダイオード１２１ｆ－１，１２１ｆ－２が設けられており、いずれかの一方の検出信号を読み出すようにすることで、遮光膜１２１ｂを設けることなく入射角指向性を有する構成とされている。

30

#### 【０１２８】

すなわち、図７の左下部で示されるように、画素１２１ａに２個のフォトダイオード１２１ｆ－１，１２１ｆ－２が形成されている場合、図中の左側に設けられたフォトダイオード１２１ｆ－１の検出信号がこの画素１２１ａの検出信号レベルに寄与するようにすることで、図７の左上部における構成と同様の入射角指向性を備えるようにすることができる。すなわち、図中の一点鎖線に対して入射角 $\theta_{21}$ を成す矢印で示される、図中の右上方向からの入射光は、フォトダイオード１２１ｆ－１に入射して受光され、その検出信号が読み出され、この画素１２１ａの検出信号レベルに寄与する。これに対して、図中の一点鎖線に対して入射角 $\theta_{22}$ を成す矢印で示される、図中の左上方向からの入射光は、フォトダイオード１２１ｆ－２に入射するが、その検出信号は読み出されず、この画素１２１ａの検出信号レベルに寄与しない。

40

#### 【０１２９】

同様に、図７の右下部で示されるように、画素１２１ａに２個のフォトダイオード１２１ｆ－１１，１２１ｆ－１２が形成されている場合、図中の左側に設けられたフォトダイオード１２１ｆ－１２の検出信号がこの画素１２１ａの検出信号レベルに寄与するようにすることで、図７の右上部における構成と同様の入射角指向性を備えるようにすることができる。すなわち、図中の一点鎖線に対して入射角 $\theta_{31}$ を成す矢印で示される、図中の

50

右上方向からの入射光は、フォトダイオード121f-11に入射するが、その検出信号は読み出されず、この画素121aの検出信号レベルに寄与しない。これに対して、図中の一点鎖線に対して入射角 $\theta_{32}$ を成す矢印で示される、図中の左上方向からの入射光は、フォトダイオード121f-12に入射して受光され、その検出信号が読み出され、この画素121aの検出信号レベルに寄与する。

【0130】

尚、図7においては、垂直方向の一点鎖線が、フォトダイオード121eの受光面の図中の水平方向の中心位置である例について説明してきたが、説明の便宜上であり、その他の位置であってもよい。垂直方向の一点鎖線で示される遮光膜121bの水平方向の位置が異なることにより、異なる入射角指向性を生じさせることができる。

【0131】

＜オンチップレンズを含む構成における入射角指向性について＞

以上においては、入射角指向性の発生原理について説明してきたが、ここでは、オンチップレンズ121cを含めた構成における入射角指向性について説明する。

【0132】

すなわち、撮像素子121における各画素の入射角指向性は、上述した遮光膜121bによるものに加えて、オンチップレンズ121cを用いることにより、例えば、図8で示されるように設定される。すなわち、図8の中段左部においては、図中上方の入射方向より入射光を集光するオンチップレンズ121c-11、所定の波長の光を透過させるカラーフィルタ121d-11、および光電変換により画素信号を生成するフォトダイオード121e-11の順に積層され、図8の中段右部においては、図中上方の入射方向よりオンチップレンズ121c-12、カラーフィルタ121d-12、およびフォトダイオード121e-12の順に構成されている。

【0133】

尚、オンチップレンズ121c-11、121c-12、カラーフィルタ121d-11、121d-12、およびフォトダイオード121e-11、121e-12の、それぞれを区別する必要がない場合、単に、オンチップレンズ121c、カラーフィルタ121d、およびフォトダイオード121eと称する。

【0134】

撮像素子121においては、さらに、図8の中段左部、および中段右部のそれぞれに示されるように、入射光を受光する領域の一部を遮光する遮光膜121b-11、121b-12が設けられている。

【0135】

図8の中段左部で示されるように、図中のフォトダイオード121e-11の右側半分を遮光するような遮光膜121b-11が設けられている場合、図8の上段の実線の波形で示されるように、入射光の入射角度 $\theta$ に応じてフォトダイオード121e-11の検出信号レベルが変化する。

【0136】

すなわち、フォトダイオード121eおよびオンチップレンズ121cの中心位置であって、それぞれに対して垂直となる一点鎖線に対して、入射光のなす角である入射角度 $\theta$ が大きくなると（入射角度 $\theta$ が正の方向に大きくなると（図中の右方向に傾くと））、遮光膜121b-11が設けられていない範囲に光が集光されることで、フォトダイオード121e-11の検出信号レベルが大きくなる。逆に、入射角度 $\theta$ が小さいほど（入射角度 $\theta$ が負の方向に大きいほど（図中の左方向に傾くと））、遮光膜121b-11が設けられている範囲に光が集光されることで、フォトダイオード121e-11の検出信号レベルが小さくなる。

【0137】

尚、ここでいう入射角度 $\theta$ は、入射光の方向が一点鎖線と一致する場合を0度とし、図中の右上方からの入射光が入射する、図8の中段左側の入射角度 $\theta_{21}$ 側の入射角度 $\theta$ を正の値とし、図8の中段右側の入射角度 $\theta_{22}$ 側の入射角度 $\theta$ を負の値とする。したがっ

10

20

30

40

50

て、図 8 においては、オンチップレンズ 121c に対して、右上方より入射する入射光については、左上方より入射する入射光よりも入射角度が大きくなる。すなわち入射角度  $\theta$  は、図 8 において、入射光の進行方向が右に傾くほど大きくなり（正の方向に大きくなり）、左に傾くほど小さくなる（負の方向に大きくなる）ものとする。

#### 【0138】

また、図 8 の中段右部で示されるように、図中のフォトダイオード 121e-12 の左側半分を遮光するような遮光膜 121b-12 が設けられている場合、図 8 の上段の点線の波形で示されるように、入射光の入射角度  $\theta$  に応じてフォトダイオード 121e-12 の検出信号レベルが変化する。

#### 【0139】

すなわち、図 8 の上段における点線の波形で示されるように、フォトダイオード 121e およびオンチップレンズ 121c の中心位置であって、それぞれに対して垂直となる一点鎖線に対して、入射光のなす角である入射角度  $\theta$  が大きいほど（入射角度  $\theta$  が正の方向に大きいほど）、遮光膜 121b-12 が設けられている範囲に光が集光されることで、フォトダイオード 121e-12 の検出信号レベルが小さくなる。逆に、入射角度  $\theta$  が小さいほど（入射角度  $\theta$  が負の方向に大きいほど）、遮光膜 121b-12 が設けられていない範囲に光が入射することで、フォトダイオード 121e-12 の検出信号レベルが大きくなる。

#### 【0140】

尚、図 8 の上段においては、横軸が入射角度  $\theta$  であり、縦軸がフォトダイオード 121e における検出信号レベルを示している。

#### 【0141】

この図 8 の上段で示される入射角度  $\theta$  に応じた検出信号レベルを示す実線および点線で示される波形は、遮光膜 121b の範囲に応じて変化させることができるので、これにより画素単位で相互に異なる入射角指向性を持たせることが可能となる。尚、図 8 の上段における実線の波形は、図 8 の中段左部、および下段左部における入射光が、入射角度  $\theta$  を変化させて集光される様子を示す実線の矢印に対応している。また、図 8 の上段における点線の波形は、図 8 の中段右部、および下段右部における入射光が、入射角度  $\theta$  を変化させて集光される様子を示す点線の矢印に対応している。

#### 【0142】

ここでいう入射角指向性とは、入射角度  $\theta$  に応じた各画素の検出信号レベルの特性（受光感度特性）であるが、図 8 の中段の例の場合、これは入射角度  $\theta$  に応じた遮光値の特性であるとも言える。すなわち、遮光膜 121b は、特定の方向の入射光は高いレベルで遮光するが、特定の方向以外の方向からの入射光は十分に遮光できない。この遮光できるレベルの変化が、図 8 の上段で示されるような入射角度  $\theta$  に応じた異なる検出信号レベルを生じさせる。したがって、各画素において最も高いレベルで遮光可能な方向を各画素の遮光方向と定義すると、画素単位で相互に異なる入射角指向性を持つということは、換言すれば、画素単位で相互に異なる遮光方向を持つということになる。

#### 【0143】

さらに、図 8 の下段左部で示されるように、1 個のオンチップレンズ 121c-11 に対して 2 個のフォトダイオード 121f-1, 121f-2 が設けられる構成とする（画素出力単位が 2 個のフォトダイオード 121f-1, 121f-2 から構成される）ことにより、図中左部のフォトダイオード 121f-1 のみの検出信号を用いるようにすることで、図 8 の中段左部におけるフォトダイオード 121e-11 の右側を遮光した状態と同じ検出信号レベルを求めるようにすることができる。

#### 【0144】

すなわち、オンチップレンズ 121c の中心位置であって、それぞれに対して垂直となる一点鎖線に対して、入射光のなす角である入射角度  $\theta$  が大きくなると（入射角度  $\theta$  が正の方向に大きくなると）、検出信号が読み出されるフォトダイオード 121f-1 の範囲に光が集光されることで、検出信号レベルが大きくなる。逆に、入射角度  $\theta$  が小さいほど

10

20

30

40

50

(入射角度  $\theta$  が負の方向に大きいほど)、検出値が読み出されないフォトダイオード 1 2 1 f - 2 の範囲に光が集光されることで、検出信号レベルが小さくなる。

【0145】

また、同様に、図 8 の下段右部で示されるように、1 個のオンチップレンズ 1 2 1 c - 1 2 に対して 2 個のフォトダイオード 1 2 1 f - 1 1, 1 2 1 f - 1 2 が設けられる構成とすることにより、図中右部のフォトダイオード 1 2 1 f - 1 2 のみの検出信号を用いるようにすることで、図 8 の中段右部におけるフォトダイオード 1 2 1 e - 1 2 の左側を遮光した状態と同じ検出信号レベルの出力画素単位の検出信号を得るようにすることができる。

【0146】

すなわち、オンチップレンズ 1 2 1 c の中心位置であって、それぞれに対して垂直となる一点鎖線に対して、入射光のなす角である入射角度  $\theta$  が大きくなると (入射角度  $\theta$  が正の方向に大きくなると)、検出信号が出力画素単位の検出信号に寄与しないフォトダイオード 1 2 1 f - 1 1 の範囲に光が集光されることで、出力画素単位の検出信号の検出信号レベルが小さくなる。逆に、入射角度  $\theta$  が小さいほど (入射角度  $\theta$  が負の方向に大きいほど)、検出信号が出力画素単位の検出信号に寄与するフォトダイオード 1 2 1 f - 1 2 の範囲に光が集光されることで、出力画素単位の検出信号の検出信号レベルが大きくなる。

【0147】

尚、入射角指向性については、ランダム性が高い方が望ましい。例えば、隣り合う画素間で同一の入射角指向性を持つと、上述した式 (1) 乃至式 (3) または、後述する式 (4) 乃至式 (6) が相互に同一の式となる恐れがあり、連立方程式の解となる未知数と式の数の関係が満たせなくなり、復元画像を構成する画素値を求められなくなる恐れがあるためである。また、図 8 の中段で示される構成においては、画素 1 2 1 a に、1 個のフォトダイオード 1 2 1 e - 1 1 およびフォトダイオード 1 2 1 e - 1 2 が形成されている。これに対して、図 8 の下段で示される構成においては、画素 1 2 1 a に、2 個のフォトダイオード 1 2 1 f - 1 および 1 2 1 f - 2、並びに、フォトダイオード 1 2 1 f - 1 1 および 1 2 1 f - 1 2 が形成されている。したがって、例えば、図 8 の下段においては、フォトダイオード 1 2 1 f の単体では、1 画素は構成されない。

【0148】

また、図 8 の下段で示されるように、複数のフォトダイオード 1 2 1 f から 1 画素出力単位が構成される場合、入射角度に応じて、画素出力単位の出力画素値が変調されているとみなすことができる。したがって、出力画素値の特性 (入射角指向性) を画素出力単位で異ならせることが可能となり、1 画素出力単位での入射角指向性が設定される。さらに、複数のフォトダイオード 1 2 1 f から 1 画素出力単位が構成される場合、1 画素出力単位での入射角指向性を生じさせる上で、1 画素出力単位に対して 1 個のオンチップレンズ 1 2 1 c が必須構成となる。

【0149】

また、図 8 の中段で示されるように、1 個のフォトダイオード 1 2 1 e - 1 1 またはフォトダイオード 1 2 1 e - 1 2 のそれぞれが 1 画素出力単位を構成する場合、入射角度に応じて、1 画素出力単位を構成する 1 個のフォトダイオード 1 2 1 e - 1 1 またはフォトダイオード 1 2 1 e - 1 2 への入射光が変調されることにより、結果として出力画素値が変調される。したがって、出力画素値の特性 (入射角指向性) が異ならせることが可能となり、1 画素出力単位での入射角指向性が設定される。さらに、1 個のフォトダイオード 1 2 1 e - 1 1 またはフォトダイオード 1 2 1 e - 1 2 のそれぞれが 1 画素出力単位を構成する場合、入射角指向性は、1 画素出力単位毎に設けられる遮光膜 1 2 1 b により独立して製造時に設定される。

【0150】

また、図 8 の下段で示されるように、複数のフォトダイオード 1 2 1 f から 1 画素出力単位が構成される場合、1 画素出力単位毎の入射角指向性を設定するための複数のフォトダイオード 1 2 1 f の数 (1 画素出力単位を構成するフォトダイオード 1 2 1 f の分割数

10

20

30

40

50

）や位置については、1画素出力単位で独立して製造時に設定され、さらに、このうち、どのフォトダイオード121fを用いて入射角指向性を設定するかについては、撮像時に切り替えるようにすることができる。

【0151】

＜入射角指向性の設定＞

例えば、図9の上段で示されるように、遮光膜121bの設定範囲が、画素121aにおける水平方向について、左端部から位置Aまでの範囲とし、垂直方向について、上端部から位置Bまでの範囲とする。

【0152】

この場合、各画素の水平方向の中心位置からの入射角度 $\theta_x$  (deg)に応じた、入射角指向性の指標となる水平方向の0乃至1の重み $W_x$ を設定する。より詳細には、位置Aに対応する入射角度 $\theta_x = \theta_a$ において、重み $W_x$ が0.5になると仮定した場合、入射角度 $\theta_x < \theta_a - \alpha$ において重み $W_x$ が1となり、 $\theta_a - \alpha \leq \theta_x \leq \theta_a + \alpha$ において、重み $W_x$ が $(-\theta_x + \theta_a) / 2\alpha + 1/2$ となり、入射角度 $\theta_x > \theta_a + \alpha$ において重み $W_x$ が0となるように重み $W_h$ を設定する。尚、ここでは、重み $W_h$ が0, 0.5, 1である例について説明するが、重み $W_h$ が0, 0.5, 1となるのは、理想的な条件が満たされるときとなる。

【0153】

同様に、各画素の垂直方向の中心位置からの入射角度 $\theta_y$  (deg)に応じた、入射角指向性の指標となる垂直方向の0乃至1の重み $W_y$ を設定する。より詳細には、位置Bに対応する入射角度 $\theta_y = \theta_b$ において、重み $W_y$ が0.5になると仮定した場合、入射角度 $\theta_y < \theta_b - \alpha$ において重み $W_y$ が0となり、 $\theta_b - \alpha \leq \theta_y \leq \theta_b + \alpha$ において、重み $W_y$ が $(\theta_y - \theta_b) / 2\alpha + 1/2$ となり、入射角度 $\theta_y > \theta_b + \alpha$ において重み $W_y$ が1となるように重み $W_y$ を設定する。

【0154】

そして、このようにして求められた重み $W_x$ ,  $W_y$ を用いることにより、それぞれの画素121aの入射角指向性、すなわち、受光感度特性に対応する係数（係数セット）を求めることができる。

【0155】

また、このとき、水平方向の重み $W_x$ および垂直方向の重み $W_y$ が0.5の前後となる範囲における重みの変化を示す傾き $(1/2\alpha)$ は、焦点距離の異なるオンチップレンズ121cを用いることで設定することができる。

【0156】

すなわち、曲率の異なるオンチップレンズ121cを用いることで異なる焦点距離とすることができる。

【0157】

例えば、曲率の異なるオンチップレンズ121cを用いることで、図9の下段における実線で示されるように、焦点距離が、遮光膜121b上になるように集光されるとき、傾き $(1/2\alpha)$ は、急峻になる。すなわち、図9の上段における、水平方向の重み $W_x$ および垂直方向の重み $W_y$ は、0.5付近となる水平方向の入射角度 $\theta_x = \theta_a$ 、および、垂直方向の入射角度 $\theta_y = \theta_b$ の境界付近において、急激に0または1に変化する。

【0158】

また、例えば、曲率の異なるオンチップレンズ121cを用いることで、図9の下段における点線で示されるように、焦点距離が、フォトダイオード121e上に集光されるとき、傾き $(1/2\alpha)$ は、緩くなる。すなわち、図9の上部における、水平方向の重み $W_x$ および垂直方向の重み $W_y$ が0.5付近となる水平方向の入射角度 $\theta_x = \theta_a$ 、および、垂直方向の入射角度 $\theta_y = \theta_b$ の境界付近において、緩やかに0または1に変化する。

【0159】

以上のように、曲率の異なるオンチップレンズ121cを用いて、異なる焦点距離にすることで異なる入射角指向性、すなわち、異なる受光感度特性を得ることができる。

## 【0160】

したがって、画素121aの入射角指向性は、遮光膜121bによりフォトダイオード121eが遮光される範囲と、オンチップレンズ121cの曲率とが異なるようにすることで異なる値に設定することができる。尚、オンチップレンズの曲率は、撮像素子121における全ての画素で同一でもよいし、一部の画素において異なる曲率であってもよい。

## 【0161】

## &lt;オンチップレンズと撮像レンズとの違い&gt;

上述のように、撮像素子121は撮像レンズを必要としない。ただし、オンチップレンズ121cは、少なくとも、図6を参照して説明したような画素内の複数のフォトダイオードを用いて入射角指向性を実現する場合には必要である。オンチップレンズ121cと撮像レンズとは、物理的作用が異なるものである。

10

## 【0162】

撮像レンズは、同じ方向から入射した入射光を、互いに隣接する複数の画素へ入射させるための集光機能を持つ。これに対して、オンチップレンズ121cを通る光は、対応する1画素を構成するフォトダイオード121eまたは121fの受光面のみに入射される。換言するに、オンチップレンズ121cは、画素出力単位毎に設けられ、自身に入射する被写体光に対応する画素出力単位のみを集光する。すなわち、オンチップレンズ121cは、仮想点光源から出射した拡散光を、互いに隣接する複数の画素へ入射させるための集光機能を持たない。

20

## 【0163】

## &lt;被写体面と撮像素子との距離の関係&gt;

次に、図10を参照して、被写体面と撮像素子121との距離の関係について説明する。

## 【0164】

図10の上段左部で示されるように、撮像素子121と被写体面131までの被写体距離が距離d1である場合、例えば、被写体面131上の点光源PA, PB, PCを設定するとき、対応する撮像素子121上の位置Pa, Pb, Pcにおける検出信号レベルDA, DB, DCが、上述した式(1)乃至式(3)と同一の式で表現できるものとする。

## 【0165】

$$DA = \alpha 1 \times a + \beta 1 \times b + \gamma 1 \times c$$

・・・(1)

30

$$DB = \alpha 2 \times a + \beta 2 \times b + \gamma 2 \times c$$

・・・(2)

$$DC = \alpha 3 \times a + \beta 3 \times b + \gamma 3 \times c$$

・・・(3)

## 【0166】

これに対して、図10の下段左部で示されるように、撮像素子121との被写体距離が距離d1よりもdだけ大きな距離d2である被写体面131'である場合、すなわち、撮像素子121から見て、被写体面131よりも奥の被写体面131'の場合、検出信号レベルは、図10の上段中央部、および下段中央部で示されるように、検出信号レベルDA, DB, DCいずれも同様である。

40

## 【0167】

しかしながら、この場合被写体面131'上の点光源PA', PB', PC'からの光強度がa', b', c'の光線が撮像素子121の各画素において受光される。この際、撮像素子121上で受光される、光強度がa', b', c'の光線の入射角度は異なる(変化する)ので、それぞれ異なる係数セットが必要となり、各位置Pa, Pb, Pcにおける検出信号レベルDA, DB, DCは、例えば、以下の式(4)乃至式(6)で示されるように表現されることになる。

## 【0168】

$$DA = \alpha 11 \times a' + \beta 11 \times b' + \gamma 11 \times c'$$

・・・(4)

50

$$D B = \alpha 1 2 \times a' + \beta 1 2 \times b' + \gamma 1 2 \times c' \\ \dots (5)$$

$$D C = \alpha 1 3 \times a' + \beta 1 3 \times b' + \gamma 1 3 \times c' \\ \dots (6)$$

【0169】

ここで、係数セット $\alpha 1 1$ 、 $\beta 1 1$ 、 $\gamma 1 1$ 、係数セット $\alpha 1 2$ 、 $\beta 1 2$ 、 $\gamma 1 2$ 、係数セット $\alpha 1 3$ 、 $\beta 1 3$ 、 $\gamma 1 3$ からなる係数セット群は、それぞれ被写体面131における係数セット $\alpha 1$ 、 $\beta 1$ 、 $\gamma 1$ 、係数セット $\alpha 2$ 、 $\beta 2$ 、 $\gamma 2$ 、係数セット $\alpha 3$ 、 $\beta 3$ 、 $\gamma 3$ に対応する被写体面131'の係数セット群である。

【0170】

従って、式(4)乃至式(6)を、予め設定された係数セット群 $\alpha 1 1$ 、 $\beta 1 1$ 、 $\gamma 1 1$ 、 $\alpha 1 2$ 、 $\beta 1 2$ 、 $\gamma 1 2$ 、 $\alpha 1 3$ 、 $\beta 1 3$ 、 $\gamma 1 3$ を用いて解くことで、図10の上段右部で示される被写体面131における場合の点光源PA、PB、PCにおける光線の光強度(a、b、c)を求めた手法と同様の手法で、図10の下段右部で示されるように、点光源PA'、PB'、PC'からの光線の光強度(a'、b'、c')として求めることが可能となり、結果として、被写体面131'の被写体の復元画像を求めることが可能となる。

【0171】

すなわち、撮像素子121からの被写体面までの距離毎の係数セット群を予め記憶しておき、係数セット群を切り替えて連立方程式を構成し、構成した連立方程式を解くことで、1個の検出画像に基づいて、様々な被写体距離の被写体面の復元画像を得ることが可能となる。

【0172】

つまり、検出画像を1回撮像するだけで、その後の処理で、被写体面までの距離に応じて係数セット群を切り替えて、復元画像を求めるようにすることで、任意の距離の復元画像を生成することも可能である。

【0173】

また、画像認識や可視画像や可視画像以外の被写体の特性を得たい場合は、復元画像を得てから復元画像を基に画像認識などを行わなくとも、撮像素子の検出信号に対し、ディープラーニング等の機械学習を適用し、検出信号自体を用いて画像認識などを行うことも可能である。

【0174】

また、被写体距離や画角が特定できるような場合については、全ての画素を用いずに、特定された被写体距離や画角に対応した被写体面の撮像に適した入射角指向性を有する画素の検出信号からなる検出画像を用いて、復元画像を生成するようにしてもよい。このようにすることで、特定された被写体距離や画角に対応した被写体面の撮像に適した画素の検出信号を用いて復元画像を求めることができるので、特定された被写体距離や画角の復元画像を高い精度で求めることが可能となる。

【0175】

ここで、特定された被写体距離や画角に対応した被写体面の撮像に適した画素の検出信号を用いて復元画像を求めるようにすることで、復元画像を高い精度で求められる理由について説明する。

【0176】

例えば、図11の上段で示されるように、4辺のそれぞれの端部から幅d1だけ遮光膜121bにより遮光されている画素121aと、図11の下段で示されるように、4辺のそれぞれの端部から幅d2(>d1)だけ遮光膜121bにより遮光されている画素121a'を考える。

【0177】

画素121aは、例えば、図12の上段で示されるような、被写体となる人物H101の全体を含む画角SQ1に対応する、図11の画像I1を復元するために用いられる。これに対して、画素121a'は、例えば、図12の上段で示されるような、被写体となる人

10

20

30

40

50

物H101の顔の周辺がズームアップされた画角SQ2に対応する、図11の画像I2を復元するために用いられる。

【0178】

これは、図11の画素121aが、図13の左部で示されるように、撮像素子121に対して入射光の入射可能角度範囲Aとなるため、被写体面131上において、水平方向に被写体幅W1分の入射光を受光することができるからである。

【0179】

これに対して、図11の画素121a'は、図11の画素121aよりも遮光される範囲が広いため、図13の左部で示されるように、撮像素子121に対して入射光の入射可能角度範囲B ( $< A$ ) となるため、被写体面131上において、水平方向に被写体幅W2 ( $< W1$ ) 分の入射光を受光するからである。

10

【0180】

つまり、遮光範囲が狭い図11の画素121aは、被写体面131上の広い範囲を撮像するのに適した広画角画素であるのに対して、遮光範囲が広い図11の画素121a'は、被写体面131上の狭い範囲を撮像するのに適した狭画角画素である。尚、ここでいう広画角画素および狭画角画素は、図11の画素121a, 121a'の両者を比較する表現であって、その他の画角の画素を比較する上ではこの限りではない。

【0181】

尚、図13は、撮像素子121の中心位置C1に対する、被写体面131上の位置と、それぞれの位置からの入射光の入射角度との関係を示している。また、図13においては、被写体面131上の位置と、被写体面131上のそれぞれの位置からの入射光の入射角度との水平方向に対する関係が示されているが、垂直方向についても同様の関係となる。さらに、図13の右部には、図11における画素121a, 121a'が示されている。

20

【0182】

このような構成により、図12の下段で示されるように、撮像素子121における、点線で囲まれた範囲ZAに図11の画素121aを、一点鎖線で囲まれた範囲ZBに図11の画素121a'を、それぞれ所定画素数ずつ集めて構成する場合、被写体幅W1に対応する画角SQ1の画像を復元しようとするときには、画角SQ1を撮像する図11の画素121aを用いるようにすることで、適切に被写体面131の被写体幅W1の画像を復元することができる。

30

【0183】

同様に、被写体幅W2に対応する画角SQ2の画像を復元しようとするときには、画角SQ2を撮像する図11の画素121a'の検出信号レベルを用いるようにすることで、適切に被写体幅W2の画像を復元することができる。

【0184】

尚、図12の下段においては、図中の左側に画素121a'が所定画素数だけ設けられ、右側に画素121aが所定画素数だけ設けられた構成として示されているが、これは説明を簡単にするための例として示されたものであり、画素121aと画素121a'とは、ランダムに混在して配置されることが望ましい。

【0185】

このように、画角SQ2は、画角SQ1よりも画角が狭いので、画角SQ2と画角SQ1の画像を同一の所定画素数で復元する場合、画角SQ1の画像よりも、より狭い画角となる画角SQ2の画像を復元する方が、より高画質な復元画像を得ることができる。

40

【0186】

つまり、同一画素数を用いて復元画像を得ることを考えた場合、より画角の狭い画像を復元する方が、より高画質な復元画像を得ることができる。

【0187】

尚、画角の広い画像を復元画像として得る場合、広画角画素の全画素を用いるようにしてもよいし、広画角画素の一部を用いるようにしてもよい。また、画角の狭い画像を復元画像として得る場合、狭画角画素の全画素を用いるようにしてもよいし、狭画角画素の一

50

部を用いるようにしてもよい。

#### 【0188】

以上のような撮像素子121を用いることにより、結果として、撮像レンズ、回折格子等からなる光学素子や、ピンホールなどが不要となるため、装置の設計の自由度を高めることが可能になると共に、入射光の入射方向に対する装置の小型化を実現することが可能となり、製造コストを低減することが可能となる。また、フォーカスレンズなどのような、光学像を結像させるための撮像レンズに相当するレンズも不要となる。

#### 【0189】

さらに、撮像素子121を用いることにより、検出画像を取得するのみで、その後において、被写体距離や画角に応じた係数セット群を選択的に用いて構成した連立方程式を解いて復元画像を求めることで、様々な被写体距離や画角の復元画像を生成することが可能となる。

10

#### 【0190】

さらに、撮像素子121は、画素単位で入射角指向性を持つことができるので、回折格子からなる光学フィルタと従来の撮像素子等と比較して、多画素化を実現することができ、また、高解像度で、かつ、高角度分解能の撮像画像を得ることができる。

#### 【0191】

また、撮像素子121は、回折格子からなる光学フィルタ等を必要としないので、使用環境が高温になって光学フィルタが熱で歪むといったことがない。したがって、このような撮像素子121を用いることにより、環境耐性の高い装置を実現することが可能となる。

20

#### 【0192】

##### <第1の変形例>

図4の右部においては、撮像素子121の各画素121aにおける遮光膜121bの構成として、垂直方向に対しては全体を遮光し、かつ、水平方向に対しての遮光幅や位置を変化させることにより、水平方向の入射角指向性の違いを持たせる例を示したが、遮光膜121bの構成はこの例に限定されない。例えば、水平方向に対して全体として遮光し、垂直方向の幅（高さ）や位置を変化させるようにして、垂直方向の入射角指向性の違いを持たせるようにしてもよい。

#### 【0193】

なお、図4の右部で示される例のように、垂直方向に対しては画素121a全体を遮光し、かつ、水平方向に対して所定の幅で画素121aを遮光する遮光膜121bは、横帯タイプの遮光膜121bと称する。これに対して、水平方向に対しては画素121a全体を遮光し、かつ、垂直方向に対して所定の高さで画素121aを遮光する遮光膜121bは、縦帯タイプの遮光膜121bと称する。

30

#### 【0194】

また、図14の左部に示される例のように、縦帯タイプと横帯タイプの遮光膜121bを組み合わせ、画素121aをL字型の遮光膜121bを設けるようにしてもよい。図14の左部において、黒色で示される部分が遮光膜121bである。つまり、遮光膜121b-21乃至遮光膜121b-24は、それぞれ、画素121a-21乃至画素121a-24の遮光膜である。

40

#### 【0195】

これらの各画素（画素121a-21乃至画素121a-24）は、図14の右部に示されるような入射角指向性を有することになる。図14の右部に示されるグラフは、各画素における受光感度を示している。横軸が入射光の水平方向（x方向）の入射角度 $\theta_x$ を表し、縦軸が入射光の垂直方向（y方向）の入射角度 $\theta_y$ を表している。そして、範囲C4内の受光感度が、範囲C4の外よりも高く、範囲C3内の受光感度が、範囲C3の外よりも高く、範囲C2内の受光感度が、範囲C2の外よりも高く、範囲C1内の受光感度が、範囲C1の外よりも高い。

#### 【0196】

従って、各画素について、範囲C1内となる、水平方向（x方向）の入射角度 $\theta_x$ と、

50

垂直方向（ $y$ 方向）の入射角度 $\theta_y$ との条件を満たす入射光の検出信号レベルが最も高くなり、範囲C2内、範囲C3内、範囲C4内、および、範囲C4以外の範囲の条件の順に検出信号レベルが低くなることが示されている。このような受光感度の強度は、遮光膜121bにより遮光される範囲により決定される。

【0197】

また、図14の左部において、各画素121a内のアルファベットは、カラーフィルタの色を示している（説明の便宜上記載したものであり、実際に表記されているものではない）。画素121a-21は緑色のカラーフィルタが配置されるG画素であり、画素121a-22は赤色のカラーフィルタが配置されるR画素であり、画素121a-23は青色のカラーフィルタが配置されるB画素であり、画素121a-24は緑色のカラーフィルタが配置されるG画素である。つまり、これらの画素は、ベイア配列を形成している。もちろん、これは一例であり、カラーフィルタの配列パターンは任意である。遮光膜121bの配置とカラーフィルタとは無関係である。例えば、一部または全部の画素において、カラーフィルタ以外のフィルタが設けられるようにしてもよいし、フィルタが設けられないようにしてもよい。

【0198】

図14の左部においては、「L字型」の遮光膜121bが、画素121aの図中左辺と下辺の側を遮光する例が示されているが、この「L字型」の遮光膜121bの向きは任意であり、図14の例に限定されない。例えば、「L字型」の遮光膜121bが、画素121aの図中下辺と右辺の側を遮光するようにしてもよいし、画素121aの図中右辺と上辺の側を遮光するようにしてもよいし、画素121aの図中上辺と左辺の側を遮光するようにしてもよい。もちろん、この遮光膜121bの向きは、画素毎に独立に設定することができる。なお、この「L字型」の遮光膜121bを「L字タイプの遮光膜121b」とも総称する。

【0199】

以上においては遮光膜について説明したが、この例の説明は、画素内に配置した複数のフォトダイオードを選択的に用いることにより入射角指向性を持たせる場合にも適用することができる。つまり、例えば、分割位置（各部分領域の大きさや形状）や、各フォトダイオードの位置、大きさ、形状等を適切に設定したり、フォトダイオードを適切に選択したりすることにより、上述のL字タイプの遮光膜121bによる入射光指向性と同等の入射光指向性を実現することができる。

【0200】

＜第2の変形例＞

以上においては、横帯タイプ、縦帯タイプ、およびL字タイプの遮光膜について、遮光されている範囲がランダムに変化するように各画素に配置される例について説明してきたが、例えば、図15の撮像素子121'で示されるように、矩形開口を設けた場合に、個々の画素において光線が受光する位置の近傍の範囲以外を遮光する遮光膜121b（図中、黒色で示された範囲）を構成するようにしてもよい。

【0201】

すなわち、各画素について、矩形開口を設けた場合に、所定の被写体距離の被写体面を構成する点光源より出射される光線のうち、矩形開口を透過して受光される光線のみを受光するような入射角指向性を有するように遮光膜121bを設けるようにしてもよい。

【0202】

尚、図15においては、例えば、水平方向の画素配列に対して、遮光膜121bの水平方向の幅が幅 $d_{x1}$ 、 $d_{x2}$ 、 $\dots$ 、 $d_{xn}$ と変化しており、これが、 $d_{x1} < d_{x2} < \dots < d_{xn}$ の関係となる。同様に、垂直方向の画素配列に対して、遮光膜121bの垂直方向の高さが高さ $d_{y1}$ 、 $d_{y2}$ 、 $\dots$ 、 $d_{ym}$ と変化しており、これが、 $d_{y1} < d_{y2} < \dots < d_{ym}$ の関係となる。また、遮光膜121bの水平方向の幅、および垂直方向の幅の、それぞれの変化の間隔は、復元する被写体分解能（角度分解能）に依るものである。

## 【0203】

換言すれば、図15の撮像素子121'における各画素121aの構成は、水平方向および垂直方向に対して撮像素子121'内の画素配置に対応するように、遮光する範囲を変化させるような入射角指向性を持たせているといえる。

## 【0204】

より詳細には、図15の各画素121aの遮光範囲は、例えば、図16の左部で示される画素121aを用いて説明される規則に従って決定される。

## 【0205】

尚、図16の右部は、図15と同一の撮像素子121'の構成を示している。また、図16の左部は、図16（図15と同一）の右部における撮像素子121'の画素121aの構成を示している。

10

## 【0206】

図16の左部で示されるように、画素121aの上辺および下辺の端部から画素121a内に向かって、それぞれ幅 $d \times 1$ だけ遮光膜121bにより遮光し、左辺および右辺の端部から画素121a内に向かって、それぞれ高さ $d \times 1$ だけ遮光膜121bにより遮光する。尚、図15乃至図17において、遮光膜121bは黒色で示された範囲である。

## 【0207】

図16の左部において、遮光膜121bが、このように形成されることで遮光される範囲を、以降において、画素121aの主遮光部Z101（図16左部の黒色部）と称し、それ以外の方形状の範囲を範囲Z102と称する。

20

## 【0208】

画素121aにおける、範囲Z102内に、遮光膜121bにより遮光されない矩形開口部Z111が設けられるものとする。したがって、範囲Z102において、矩形開口部Z111以外の範囲は、遮光膜121bにより遮光される。

## 【0209】

図15の撮像素子121'内の画素配列は、図16の右部（図15と同一）で示されるように、左端部で、かつ、上端部の画素121a-1は、矩形開口部Z111を、その左辺が画素121aの左辺から幅 $d \times 1$ であって、その上辺が画素121aの上辺から $d \times 1$ の距離に配置する構成とする。

## 【0210】

30

同様に、画素121a-1の右隣の画素121a-2は、矩形開口部Z111を、その左辺が画素121aの左辺から幅 $d \times 2$ であって、その上辺が画素121aの上辺から高さ $d \times 1$ の距離に配置して、矩形開口部Z111以外の範囲を遮光膜121bにより遮光する構成とする。

## 【0211】

以下同様に、水平方向に隣接する画素121aは、配置が図中の右側に進むにしたがって、矩形開口部Z111の右辺が、画素121aの右辺から幅 $d \times 1$ 、 $d \times 2 \cdots d \times n$ と移動する。尚、図16の範囲Z102における右上部の点線の方形部分が、矩形開口部Z111を、その左辺が画素121aの左辺から幅 $d \times n$ であって、その上辺が画素121aの上辺から高さ $d \times 1$ の距離に配置したときの状態を示している。また、幅 $d \times 1$ 、 $d \times 2 \cdots d \times n$ のそれぞれの間隔は、範囲Z102の水平方向の幅から矩形開口部Z111の幅を引いた幅を水平方向の画素数 $n$ で割った値となる。すなわち、水平方向の画素数 $n$ で割ることにより水平方向の変化の間隔が決定される。

40

## 【0212】

また、撮像素子121'における画素121a内の矩形開口部Z111の水平方向の位置は、撮像素子121'内における水平方向の位置が同一の画素121a（同一の列の画素121a）内において同一になる。

## 【0213】

さらに、画素121a-1の直下に隣接する画素121a-3は、矩形開口部Z111を、その左辺が画素121aの左辺から幅 $d \times 1$ であって、その上辺が画素121aの上

50

辺から高さ  $dy_2$  の距離に配置して、矩形開口部  $Z111$  以外の範囲を遮光膜  $121b$  により遮光する構成とする。

【0214】

以下同様に、垂直方向に隣接する画素  $121a$  は、配置が図中の下側に進むにしたがって、矩形開口部  $Z111$  の上辺が、画素  $121a$  の上辺から高さ  $dy_1, dy_2 \cdots dy_n$  と移動する。尚、図16の範囲  $Z102$  における左下部の点線の方形部分が、矩形開口部  $Z111$  を、その左辺が画素  $121a$  の左辺から幅  $dx_1$  であって、その上辺が画素  $121a$  の上辺から高さ  $dym$  の距離に配置したときの状態を示している。また、高さ  $dy_1, dy_2 \cdots dym$  のそれぞれの間隔は、範囲  $Z102$  の垂直方向の高さから矩形開口部  $Z111$  の高さを引いた高さを垂直方向の画素数  $m$  で割った値となる。すなわち、垂直方向の画素数  $m$  で割ることにより垂直方向の変化の間隔が決定される。

10

【0215】

また、撮像素子  $121'$  における画素  $121a$  内の矩形開口部  $Z111$  の垂直方向の位置は、撮像素子  $121'$  内における垂直方向の位置が同一の画素  $121a$  (同一の行の画素  $121a$ ) 内において同一になる。

【0216】

さらに、図16 (図15) で示される撮像素子  $121'$  を構成する各画素  $121a$  の主遮光部  $Z101$ 、および矩形開口部  $Z111$  を変化させることで、画角を変化させることができる。

【0217】

図17の右部は、図16 (図15) の撮像素子  $121'$  に対して画角を広くする場合の撮像素子  $121'$  の構成を示している。また、図17の左部は、図17の右部における撮像素子  $121'$  の画素  $121a$  の構成を示している。

20

【0218】

すなわち、図17の左部で示されるように、例えば、画素  $121a$  内に、図16における主遮光部  $Z101$  よりも遮光範囲が狭い主遮光部  $Z151$  (図17左部の黒色部) を設定し、それ以外の範囲を範囲  $Z152$  に設定する。さらに、範囲  $Z152$  内に、矩形開口部  $Z111$  よりも開口面積が広い矩形開口部  $Z161$  を設定する。

【0219】

より詳細には、図17の左部で示されるように、画素  $121a$  の上辺および下辺の端部から画素  $121a$  内に向かって、それぞれ幅  $dx_1'$  ( $< dx_1$ ) だけ遮光膜  $121b$  により遮光され、左辺および右辺の端部から画素  $121a$  内に向かって、それぞれ高さ  $dy_1'$  ( $< dy_1$ ) だけ遮光膜  $121b$  により遮光されることで、矩形開口部  $Z161$  が形成される。

30

【0220】

ここで、図17の右部で示されるように、左端部で、かつ、上端部の画素  $121a-1$  は、矩形開口部  $Z161$  を、その左辺が画素  $121a$  の左辺から幅  $dx_1'$  であって、その上辺が画素  $121a$  の上辺から高さ  $dy_1'$  の距離に配置して、矩形開口部  $Z161$  以外の範囲を遮光膜  $121b$  により遮光する構成とする。

【0221】

同様に、画素  $121a-1$  の右隣の画素  $121a-2$  は、矩形開口部  $Z161$  を、その左辺が画素  $121a$  の左辺から幅  $dx_2'$  であって、その上辺が画素  $121a$  の上辺から高さ  $dy_1'$  に配置して、矩形開口部  $Z161$  以外の範囲を遮光膜  $121b$  により遮光する構成とする。

40

【0222】

以下同様に、水平方向に隣接する画素  $121a$  は、配置が図中の右側に進むにしたがって、矩形開口部  $Z161$  の右辺が、画素  $121a$  の右辺から幅  $dx_1', dx_2' \cdots dx_n'$  と移動する。ここで、幅  $dx_1', dx_2' \cdots dx_n'$  のそれぞれの間隔は、範囲  $Z152$  の水平方向の幅から矩形開口部  $Z161$  の水平方向の幅を引いた幅を、水平方向の画素数  $n$  で割った値となる。すなわち、水平方向の画素数  $n$  で割ることにより垂直方向の

50

変化の間隔が決定される。したがって、幅  $d \times 1'$ 、 $d \times 2' \cdots d \times n'$  の変化の間隔は、幅  $d \times 1$ 、 $d \times 2 \cdots d \times n$  の変化の間隔より大きくなる。

【0223】

また、図17の撮像素子121'における画素121a内の矩形開口部Z161の水平方向の位置は、撮像素子121'内における水平方向の位置が同一の画素121a（同一の列の画素121a）内において同一になる。

【0224】

さらに、画素121a-1の直下に隣接する画素121a-3は、矩形開口部Z161を、その左辺が画素121aの左辺から幅  $d \times 1'$  であって、その上辺が画素121aの上辺から高さ  $d \times y 2'$  に配置して、矩形開口部Z161以外の範囲を遮光膜121bにより遮光する構成とする。

【0225】

以下同様に、垂直方向に隣接する画素121aは、配置が図中の下側に進むにしたがって、矩形開口部Z161の上辺が、画素121aの上辺から高さ  $d \times y 1'$ 、 $d \times y 2' \cdots d \times y m'$  と変化する。ここで、高さ  $d \times y 1'$ 、 $d \times y 2' \cdots d \times y m'$  の変化の間隔は、範囲Z152の垂直方向の高さから矩形開口部Z161の高さを引いた高さを垂直方向の画素数  $m$  で割った値となる。すなわち、垂直方向の画素数  $m$  で割ることにより垂直方向の変化の間隔が決定される。したがって、高さ  $d \times y 1'$ 、 $d \times y 2' \cdots d \times y m'$  の変化の間隔は、幅高さ  $d \times y 1$ 、 $d \times y 2 \cdots d \times y m$  の変化の間隔より大きくなる。

【0226】

また、図17の撮像素子121'における画素121a内の矩形開口部Z161の垂直方向の位置は、撮像素子121'内における垂直方向の位置が同一の画素121a（同一の行の画素121a）内において同一になる。

【0227】

このように、主遮光部の遮光範囲と開口部の開口範囲との組み合わせを変化させることで、様々な画角の（様々な入射角指向性を持った）画素121aからなる撮像素子121'を実現することが可能となる。

【0228】

さらに、同一の画角の画素121aのみならず、様々な画角の画素121aを組み合わせる撮像素子121を実現させるようにしてもよい。

【0229】

例えば、図18で示されるように、点線で示される2画素×2画素からなる4画素を1個の単位Uとして、それぞれの単位Uが、広画角の画素121a-W、中画角の画素121a-M、狭画角の画素121a-N、極狭画角の画素121a-ANの4画素から構成されるようにする。

【0230】

この場合、例えば、全画素121aの画素数がXである場合、4種類の画角ごとに  $X/4$  画素ずつの検出画像を用いて復元画像を復元することが可能となる。この際、画角毎に異なる4種類の係数セットが使用されて、4種類の異なる連立方程式により、それぞれ異なる画角の復元画像が復元される。

【0231】

このため、復元する画角の復元画像を、復元する画角の撮像に適した画素から得られる検出画像を用いて復元することで、4種類の画角に応じた適切な復元画像を復元することが可能となる。

【0232】

また、4種類の画角の中間の画角や、その前後の画角の画像を、4種類の画角の画像から補間生成するようにしてもよく、様々な画角の画像をシームレスに生成することで、疑似的な光学ズームを実現するようにしてもよい。

【0233】

以上においては遮光膜について説明したが、この例の説明は、画素内に配置した複数の

10

20

30

40

50

フォトダイオードを選択的に用いることにより入射角指向性を持たせる場合にも適用することができる。つまり、例えば、分割位置（各部分領域の大きさや形状）や、各フォトダイオードの位置、大きさ、形状等を適切に設定したり、フォトダイオードを適切に選択したりすることにより、上述した矩形開口を有する遮光膜 1 2 1 b による入射光指向性と同等の入射光指向性を実現することができる。勿論、この場合も、様々な画角の画素 1 2 1 a を組み合わせて撮像素子 1 2 1 を実現させることもできる。また、中間の画角や、その前後の画角の画像を、複数種類の画角の画像から補間生成するようにしてもよく、様々な画角の画像をシームレスに生成することで、疑似的な光学ズームを実現するようにしてもよい。

【0 2 3 4】

<第 3 の変形例>

ところで、撮像素子 1 2 1 における画素 1 2 1 a の遮光膜 1 2 1 b の遮光している範囲にランダム性を持たせている場合、遮光膜 1 2 1 b の遮光している範囲の違いの乱雑さが大きいほど、復元部 3 2 1 等による処理の負荷は大きなものとなる。そこで、画素 1 2 1 a の遮光膜 1 2 1 b の遮光している範囲の変化の一部を規則的なものとして、この乱雑さを低減させることで、処理負荷を低減させるようにしてもよい。

【0 2 3 5】

すなわち、例えば、縦帯タイプと横帯タイプとを組み合わせた L 字タイプの遮光膜 1 2 1 b を構成するようにして、所定の列方向に対しては、同一幅の横帯タイプの遮光膜 1 2 1 b を組み合わせ、所定の行方向に対しては、同一の高さの縦帯タイプの遮光膜 1 2 1 b を組み合わせることで、列方向および行方向で規則性を持たせつつ、画素単位ではランダムに変化するようにすることで、各画素の入射角指向性における乱雑さを低減させ、復元部 3 2 1 等の撮像素子 1 2 1 の外部の処理負荷を低減させるようにしてもよい。

【0 2 3 6】

すなわち、例えば、図 1 9 の撮像素子 1 2 1 ' で示されるように、範囲 Z 1 3 0 で示される同一列の画素については、いずれも同一の幅 X 0 の横帯タイプの遮光膜 1 2 1 b が用いられ、範囲 Z 1 5 0 で示される同一行の画素については、同一の高さ Y 0 の縦帯タイプの遮光膜 1 2 1 b が用いられ、各行列で特定される画素 1 2 1 a については、これらが組み合わされた L 字タイプの遮光膜 1 2 1 b が設定されている。

【0 2 3 7】

同様に、範囲 Z 1 3 0 に隣接する範囲 Z 1 3 1 で示される同一列の画素については、いずれも同一の幅 X 1 の横帯タイプの遮光膜 1 2 1 b が用いられ、範囲 Z 1 5 0 に隣接する範囲 Z 1 5 1 で示される同一行の画素については、同一の高さ Y 1 の縦帯タイプの遮光膜 1 2 1 b が用いられ、各行列で特定される画素 1 2 1 a については、これらが組み合わされた L 字タイプの遮光膜 1 2 1 b が設定されている。

【0 2 3 8】

さらに、範囲 Z 1 3 1 に隣接する範囲 Z 1 3 2 で示される同一列の画素については、いずれも同一の幅 X 2 の横帯タイプの遮光膜が用いられ、範囲 Z 1 5 1 に隣接する範囲 Z 1 5 2 で示される同一行の画素については、同一の高さ Y 2 の縦帯タイプの遮光膜が用いられ、各行列で特定される画素 1 2 1 a については、これらが組み合わされた L 字タイプの遮光膜 1 2 1 b が設定されている。

【0 2 3 9】

このようにすることで、遮光膜 1 2 1 b の水平方向の幅および位置、並びに、垂直方向の高さおよび位置に規則性を持たせつつ、画素単位で遮光膜の範囲を変化させることができるので、入射角指向性の乱雑さを抑え込むことができ、結果として、係数セットのパターンを低減させることが可能となり、後段（例えば、復元部 3 2 1 等）における演算処理の処理負荷を低減させることが可能となる。

【0 2 4 0】

より詳細には、図 2 0 の右上部で示されるように、N 画素 × N 画素の検出画像 P i c から N × N 画素の復元画像を求める場合、N × N 行 1 列の復元画像の各画素の画素値を要素

10

20

30

40

50

とするベクトル  $X$ 、 $N \times N$  行 1 列の検出画像の各画素の画素値を要素とするベクトル  $Y$ 、および、係数セットからなる  $N \times N$  行  $N \times N$  列の行列  $A$  により、図 20 の左部で示されるような関係が成立する。

【0241】

すなわち、図 20 においては、係数セットからなる  $N \times N$  行  $N \times N$  列の行列  $A$  の各要素と、復元画像を表す  $N \times N$  行 1 列のベクトル  $X$  とを乗算した結果が、検出画像を表す  $N \times N$  行 1 列のベクトル  $Y$  となることが示されており、この関係から連立方程式が求められる。

【0242】

尚、図 20 においては、行列  $A$  の範囲  $Z201$  で示される 1 列目の各要素が、ベクトル  $X$  の 1 行目の要素に対応しており、行列  $A$  の範囲  $Z202$  で示される  $N \times N$  列目の各要素が、ベクトル  $X$  の  $N \times N$  行目の要素に対応していることを示している。

【0243】

換言すれば、図 20 で示される行列式に基づいた連立方程式を解くことにより、ベクトル  $X$  の各要素が求められることにより復元画像が求められる。また、ピンホールを用いた場合、および、撮像レンズ等の、同じ方向から入射した入射光を互いに隣接する画素出力単位の双方へ入射させるための集光機能を用いた場合、各画素の位置と光の入射角度の関係が一意に定まるので、行列  $A$  は、正方行列であって対角成分 ( $i, i$ ) 要素が全て 1 からなり、対角成分以外が全て 0 からなる対角行列になる。逆に、図 3 の撮像素子 121 のようにピンホールおよび撮像レンズのいずれも用いない場合、各画素の位置と光の入射角度の関係は一意に定まらないので、行列  $A$  は対角行列にならない。

【0244】

ところで、一般的に、図 20 の行列式は、両辺に行列  $A$  の逆行列  $A^{-1}$  を左から乗じることにより、図 21 で示されるように変形され、検出画像のベクトル  $Y$  に逆行列  $A^{-1}$  を右から乗じること、検出画像であるベクトル  $X$  の各要素が求められる。

【0245】

しかしながら、現実の行列  $A$  は、正確に求められない、正確に測定できない、行列  $A$  の基底ベクトルが線形従属に近いケースで解けない、および、検出画像の各要素にノイズが含まれるといった理由のいずれか、または組み合わせで、連立方程式を解くことができないことがある。

【0246】

そこで、様々な誤差に対してロバストな構成を考え、正則化最小二乗法の概念を用いた、以下の式 (7) をとる。

【0247】

【数 1】

$$\hat{x} = \min ||\hat{A}\hat{x} - y||^2 + ||\gamma \hat{x}||^2$$

・・・ (7)

【0248】

ここで、式 (7) に  $x$  の上部に「 $\hat{\phantom{x}}$ 」が付されたものは、ベクトル  $X$  を、 $A$  は、行列  $A$  を、 $Y$  は、ベクトル  $Y$  を、 $\gamma$  はパラメータを、 $||A||$  は  $L2$  ノルム (二乗和平方根) を表している。ここで、第一項は、図 20 の両辺の差異を最小にするときのノルムであり、第二項は正則化項である。

【0249】

この式 (7) を  $x$  について解くと、以下の式 (8) で表現される。

【0250】

【数 2】

$$\hat{x} = (A^t A + \gamma I)^{-1} A^t y$$

10

20

30

40

50

・・・(8)

【0251】

しかしながら、行列Aは、膨大なサイズであるので、計算時間や計算に大容量のメモリが必要になる。

【0252】

そこで、例えば、図22で示されるように、行列Aを、N行N列の行列ALと、N行N列の行列AR<sup>T</sup>とに分解し、それぞれ復元画像を表すN行N列の行列Xの前段と後段とから掛けた結果が、検出画像を表すN行N列の行列Yとなるようにすることを考える。これにより、要素数(N×N)×(N×N)の行列Aに対して、要素数が(N×N)の行列AL、AR<sup>T</sup>となるので、要素数を1/(N×N)に小さくすることができる。結果として、要素数が(N×N)からなる2個の行列AL、AR<sup>T</sup>を用いるだけで済むので、計算量とメモリの容量を低減させることができる。

10

【0253】

ここで、A<sup>T</sup>は、行列Aの転置行列であり、γはパラメータであり、Iは、単位行列である。式(8)におけるカッコ内の行列を行列ALとし、行列Aの転置行列の逆行列を行列AR<sup>T</sup>とすることで、図22で示される行列式を実現する。

【0254】

このように図22で示されるような計算は、図23で示されるように、行列Xにおける注目要素X<sub>p</sub>に対しては、行列ALの対応する列の各要素群Z<sub>221</sub>を乗算することで、要素群Z<sub>222</sub>が求められる。さらに、要素群Z<sub>222</sub>と行列AR<sup>T</sup>の注目要素X<sub>p</sub>に対応する行の要素とを乗算することで、注目要素X<sub>p</sub>に対応する2次元応答Z<sub>224</sub>が求められる。そして、行列Xの全要素に対応する2次元応答Z<sub>224</sub>が積算されることで行列Yが求められる。

20

【0255】

そこで、行列ALの各行に対応する要素群Z<sub>221</sub>(図23)には、図19で示される撮像素子121の列毎に同一の幅に設定される横帯タイプの画素121aの入射角指向性に対応する係数セットを持たせる。

【0256】

同様に、行列AR<sup>T</sup>の各行の要素群Z<sub>223</sub>(図23)には、図19で示される撮像素子121の行毎に設定される同一の高さに設定される縦帯タイプの画素121aの入射角指向性に対応する係数セットを持たせる。

30

【0257】

この結果、検出画像に基づいて、復元画像を復元する際に使用する行列を小さくさせることが可能となるので、計算量が低減することで、処理速度を向上させ、計算に係る電力消費を低減させることが可能となる。また、行列を小さくできるので、計算に使用するメモリの容量を低減させることが可能となり、装置コストを低減させることが可能となる。

【0258】

尚、図19の例においては、水平方向、および垂直方向に所定の規則性を持たせつつ、画素単位で遮光される範囲(受光できる範囲)を変化させる例が示されているが、本開示の技術においては、このように画素単位で遮光される範囲(受光できる範囲)が、完全にランダムに設定されてはいないものの、ある程度ランダムに設定されるものについても、ランダムに設定されるものとみなす。換言すれば、本開示においては、画素単位で遮光される範囲(受光できる範囲)が完全にランダムに設定される場合のみならず、ある程度ランダムなもの(例えば、全画素のうち、一部については規則性を持たせた範囲を含むが、その他の範囲はランダムである場合)、または、ある程度規則性がなさそうなもの(全画素のうち、図19を参照して説明したような規則に従って配置されていることが確認できない配置の場合)についてもランダムであるものとみなす。

40

【0259】

以上においては遮光膜について説明したが、この例の説明は、画素内に配置した複数のフォトダイオードを選択的に用いることにより入射角指向性を持たせる場合にも適用する

50

ことができる。つまり、例えば、分割位置（各部分領域の大きさや形状）や、各フォトダイオードの位置、大きさ、形状等を適切に設定したり、フォトダイオードを適切に選択したりすることにより、上述した画素 1 2 1 a の遮光膜 1 2 1 b の遮光している範囲の変化の一部を規則的なものとした場合の入射光指向性と同等の入射光指向性を実現することができる。このようにすることにより、各画素の入射角指向性における乱雑さを低減させ、復元部 1 2 2 等の撮像素子 1 2 1 の外部の処理負荷を低減させることができる。

【0 2 6 0】

<第 4 の変形例>

画素単位の遮光膜 1 2 1 b の形状のバリエーションは、任意であり、上述した各例に限定されない。例えば、遮光膜 1 2 1 b を三角形に設定し、その範囲を異なるものとするこ  
10  
とで異なる入射角指向性を持たせるようにしてもよいし、遮光膜 1 2 b を円形に設定し、その範囲を異なるものとするこ  
とで異なる入射角指向性を持たせるようにしてもよい。また、例えば、斜め方向の線状の遮光膜などでも良い。

【0 2 6 1】

また、所定数の複数の画素からなるユニットを構成する複数の画素単位で遮光膜 1 2 1 b のバリエーション（パターン）を設定するようにしてもよい。この 1 ユニットはどのような画素により構成されるようにしてもよい。例えば、撮像素子 1 2 1 がカラーフィルタを備えるものとし、そのカラーフィルタの色配列の単位を構成する画素により構成されるようにしてもよい。また、露光時間の異なる画素を組み合わせた画素グループをユニットとするようにしてもよい。なお、ユニットを構成する各画素における遮光膜 1 2 1 b が遮  
20  
光する範囲のパターンのランダム性が高い方が、すなわち、ユニットを構成する画素がそれぞれに異なる入射角指向性を備えている方が望ましい。

【0 2 6 2】

また、ユニット間で遮光膜 1 2 1 b の配置パターンを設定するようにしてもよい。例えば、ユニット毎に、遮光膜の幅や位置を変えるようにしてもよい。さらに、異なるカテゴリで分類される複数の画素からなるユニット内やユニット間で遮光膜 1 2 1 b が遮光する範囲のパターンを設定するようにしてもよい。

【0 2 6 3】

以上においては遮光膜について説明したが、この例の説明は、画素内に配置した複数のフォトダイオードを選択的に用いることにより入射角指向性を持たせる場合にも適用することができる。つまり、例えば、分割位置（各部分領域の大きさや形状）や、各フォトダイオードの位置、大きさ、形状等を適切に設定したり、フォトダイオードを適切に選択したりすることにより、上述した画素 1 2 1 a の遮光膜 1 2 1 b の遮光している範囲の変化の一部を規則的なものとした場合の入射光指向性と同等の入射光指向性を実現することができる。このようにすることにより、各画素の入射角指向性における乱雑さを低減させ、復元部 1 2 2 等の撮像素子 1 2 1 の外部の処理負荷を低減させることができる。

【0 2 6 4】

以上においては遮光膜について説明したが、この例の説明は、画素内に配置した複数のフォトダイオードを選択的に用いることにより入射角指向性を持たせる場合にも適用することができる。つまり、分割位置（各部分領域の大きさや形状）や、各フォトダイオードの位置、大きさ、形状等を適切に設定したり、フォトダイオードを適切に選択したりすることにより、例えば、三角形、円形、斜め方向の線状等の、任意の形状の遮光膜による入射光指向性と同等の入射光指向性を実現することができる。

【0 2 6 5】

また、例えば、分割位置（各部分領域の大きさや形状）の設定、各フォトダイオードの位置、大きさ、形状等の設定、およびフォトダイオードの選択等を、上述した遮光膜 1 2 1 b の場合と同様に、ユニット毎に設定するようにしてもよい。

【0 2 6 6】

<フォトダイオードの制御>

図 6 を参照して上述したような画素内に配置した複数のフォトダイオードを選択的に用

10

20

30

40

50

いる場合、複数のフォトダイオード121fのそれぞれの画素出力単位の出力画素値への寄与の有無や程度を切り替えることにより画素出力単位の出力画素値の入射角指向性を様々に変化させることができるようにしてもよい。

【0267】

例えば、図24に示されるように、画素121aに、フォトダイオード121f-111乃至121f-119の9個（縦3個×横3個）のフォトダイオード121fが配置されているとする。この場合、この画素121aを、フォトダイオード121f-111乃至121f-119を有する画素121a-bとして用いるようにしてもよいし、フォトダイオード121f-111、121f-112、121f-114、および121f-115を有する画素121a-sとして用いるようにしてもよい。

10

【0268】

例えば、画素121aを画素121a-bとする場合、フォトダイオード121f-111乃至121f-119の当該画素121aの出力画素値への寄与の有無や度合いを制御することによって出力画素値の入射角指向性が制御される。これに対して、画素121aを画素121a-sとする場合、フォトダイオード121f-111、121f-112、121f-114、および121f-115の当該画素121aの出力画素値への寄与の有無や度合いを制御することによって出力画素値の入射角指向性が制御される。この場合、その他のフォトダイオード121f（フォトダイオード121f-113、121f-116、121f-117乃至121f-119）は、出力画素値に寄与しないように制御される。

20

【0269】

つまり、例えば複数の画素121a-b間で出力画素値の入射角指向性が互いに異なる場合、フォトダイオード121f-111乃至121f-119の内の少なくともいずれか1つの出力画素値への寄与の有無や度合いが異なる。これに対して、例えば複数の画素121a-s間で出力画素値の入射角指向性が互いに異なる場合、フォトダイオード121f-111、121f-112、121f-114、および121f-115の内の少なくともいずれか1つの出力画素値への寄与の有無や度合いが異なり、その他のフォトダイオード121f-113、121f-116、121f-117乃至121f-119は、これらの画素間で共通して、出力画素値に寄与しない。

【0270】

なお、画素121aを画素121a-bとするか画素121a-sとするかは、画素毎に設定することができる。また、この設定をユニット（複数画素）毎に行うことができるようにしてもよい。

30

【0271】

また、上述したように撮像素子121の各画素（各画素出力単位）にはオンチップレンズが1つ形成される。つまり、画素121aが図24に示される例のような構成の場合、図25に示されるように、そのフォトダイオード121f-111乃至121f-119に対して1つのオンチップレンズ121cが設けられる。したがって、図24を参照して説明したように画素121aを画素121a-bとする場合も、画素121a-sとする場合も、1画素（1画素出力単位）と1つのオンチップレンズ121cとが1対1に対応する。

40

【0272】

以上においては撮像素子121について説明した。図2の撮像部101は、以上のような撮像素子121を有する。

【0273】

<復元領域の特定>

次に領域特定部102による復元領域（または非復元領域）の特定について説明する。例えば、図26のAに示される復元画像301において、人物302-1、人物302-2、および人物302-3が映り込んでいるとする。人物302-1乃至人物302-3を互いに区別する必要が無い場合、人物302と称する。例えば、各人物302の顔部分

50

を公開したくない場合、各人物 302 の顔部分を含む所定の領域を復元しないようにすればよい。例えば、図 26 の A の復元画像 301 の場合、図 26 の B のように、人物 302-1 の顔部分を含む部分領域 303-1、人物 302-2 の顔部分を含む部分領域 303-2、および、人物 302-3 の顔部分を含む部分領域 303-3 を復元しないようにすればよい。

#### 【0274】

そこで、例えば、図 26 の C に示されるように、検出画像 304 に対して、部分領域 303-1 と位置、形状、および大きさが同一の非復元領域 305-1、部分領域 303-2 と位置、形状、および大きさが同一の非復元領域 305-2、部分領域 303-3 と位置、形状、および大きさが同一の非復元領域 305-3 を設定する。非復元領域 305-1 乃至非復元領域 305-3 を互いに区別して説明する必要が無い場合、非復元領域 305 と称する。検出画像の非復元領域以外の領域は復元領域に設定される。つまり、復元領域 306 は、検出画像 304 の非復元領域 305 以外の領域を示す。

#### 【0275】

このような非復元領域 305 を設定することにより、その非復元領域 305 を復元しないようにすることができる。つまり、検出画像の任意の部分領域を復元しないようにすることができる。換言するに、復元領域 306 を設定することにより、その復元領域 306 のみを復元することができる。つまり、検出画像の任意の部分領域のみを復元することができる。

#### 【0276】

また、例えば、各人物 302 の顔部分を公開したくない場合、部分領域 303 のみを復元すればよい（部分領域 303 以外を復元しないようにすればよい）。この場合、上述の非復元領域 305 を復元領域とし、上述の復元領域 306 を非復元領域とすればよい。

#### 【0277】

以上のように、復元領域および非復元領域は、検出画像において任意に設定することができるが、検出画像は、実際には、例えば図 26 の D に示される検出画像 307 のように、被写体の像が結像されておらず、ユーザが目視で被写体を視認することができない状態である。したがって、この検出画像 307 において、例えばユーザが目視で上述のように顔部分を特定し、非復元領域（または復元領域）を設定することは基本的に不可能である。

#### 【0278】

そこで、AI (Artificial Intelligence) を用いて、復元領域（非復元領域）の特定を行う。例えば、図 26 の C に示されるような検出画像 304 と、その検出画像に対応する非復元領域 305（復元領域 306 でもよい）とを教師データとして、機械学習（例えばディープラーニング等）を行う。なお、この教師データとする非復元領域 305（復元領域 306）は、例えば、ユーザ等により復元画像 301 から特定されたものを用いる。多数の教師データを用いてこのような機械学習を行い、特徴量を学習し、モデル化する。

#### 【0279】

このような機械学習が予め行われ、その学習結果（学習データ）が学習データ記憶部 103 に記憶される。領域特定部 102 は、この学習結果（学習データ）を用いて、検出画像から復元領域（非復元領域）を特定する。

#### 【0280】

このようにすることにより、検出画像において、人には視認不可能な被写体を特定することができ、復元領域（非復元領域）とすべき部分領域を特定することができる。

#### 【0281】

##### <復元領域・非復元領域>

この復元領域（非復元領域）とする領域は、所定の特徴を有する領域として特定可能であればよい。つまり、このような復元領域（または非復元領域）を設定することにより、その特徴を有する任意の部分領域のみを復元したり、その部分領域を復元しないように他の領域を復元したりすることができる。その特徴は任意である。つまり、任意の特徴を有する任意の部分領域のみを復元したり、その部分領域を復元しないように他の領域を復元

10

20

30

40

50

したりすることができる。

【0282】

例えば、復元画像における予め登録された被写体を含む領域かそれ以外の部分の領域に対応する検出画像の部分領域を復元領域（または非復元領域）としてもよい。このようにすることにより、予め登録された被写体を含む領域のみを復元したり、その領域を復元しないように他の領域を復元したりすることができる。例えば、人物を含む領域を復元領域（または非復元領域）としたり、その人物を含む領域以外を復元領域（または非復元領域）としたりしてもよい。もちろん、人物の代わりに、例えば犬や猫等の動物を対象の被写体としてもよいし、例えば車両や道具等の物体を対象の被写体としてもよい。

【0283】

また、復元画像におけるその被写体の予め登録された部位を含む領域かそれ以外の部分の領域に対応する検出画像の部分領域を復元領域（または非復元領域）としてもよい。このようにすることにより、予め登録された被写体の予め登録された部位を含む領域のみを復元したり、その領域を復元しないように他の領域を復元したりすることができる。

【0284】

例えば、人物の顔部分を含む領域を復元領域（または非復元領域）としたり、その顔部分を含む領域以外を復元領域（または非復元領域）としたりしてもよい。このようにすることにより、人物の顔部分を含む領域のみを復元したり、その領域を復元しないように他の領域を復元したりすることができる。もちろん、例えば手、足、上半身等、顔以外を対象の部位としてもよい。また、車両のナンバープレート、機械のアーム部、道路標識の標識部分等、人物以外の被写体の任意の部位を対象の部位としてもよい。

【0285】

また、復元画像における予め登録された人物を含む領域かそれ以外の部分の領域に対応する検出画像の部分領域を復元領域（または非復元領域）としてもよい。このようにすることにより、予め登録された人物を含む領域のみを復元したり、その領域を復元しないように他の領域を復元したりすることができる。例えば、特定の個人を含む領域を復元領域（または非復元領域）としたり、その個人を含む領域以外を復元領域（または非復元領域）としたりしてもよい。もちろん、その個人の予め登録された部位（顔等）を含む領域を復元領域（または非復元領域）としたり、その予め登録された部位を含む領域以外を復元領域（または非復元領域）としたりしてもよい。

【0286】

また、復元画像における予め登録された条件を満たす被写体を含む領域かそれ以外の部分の領域に対応する検出画像の部分領域を復元領域（または非復元領域）としてもよい。このようにすることにより、予め登録された条件を満たす被写体を含む領域のみを復元したり、その領域を復元しないように他の領域を復元したりすることができる。例えば、予め登録された動作を行う人物を含む領域を復元領域（または非復元領域）としたり、その予め登録された動作を行う人物を含む領域以外を復元領域（または非復元領域）としたりしてもよい。

【0287】

この条件とする動作は任意である。例えば、走る、歩く、ジャンプする、壁を乗り越える、座る、しゃがむ、運転する等であってもよいし、その他の動作であってもよい。また、例えば、画角内において左から右に向かって移動する被写体、上から下に向かって移動する被写体、奥から手前に向かって移動する被写体等を、予め登録された条件を満たす被写体としてもよい。なお、この被写体の動作（移動も含む）は、3次元空間の絶対座標系に対するものであってもよいし、相対的なものであってもよい。例えば、被写体の周辺（背景等）に対して被写体の位置や姿勢が変化する動作であってもよいし、撮像装置100（撮像素子121）に対して被写体の位置や姿勢が変化する動作であってもよい。

【0288】

また、この条件は任意であり、動作以外でもよい。例えば、人数を条件としてもよいし、推定される人物の性別、年齢、身長、体重等を条件としてもよい。もちろん、被写体は

10

20

30

40

50

人物以外でもよい。また、条件は、被写体に応じて設定されるようにしてもよいし、被写体毎に設定されるようにしてもよい。

【0289】

また、検出画像の予め登録された位置および大きさの部分領域を復元領域（または非復元領域）としてもよい。つまり、画像の内容（被写体）に依らずに、任意の部分領域を復元領域（または非復元領域）としてもよい。例えば、検出画像の右半分、左半分、周辺部、中央部等のように、検出画像の任意の位置、大きさ、形状の部分領域を復元領域（または非復元領域）としてもよい。

【0290】

より具体的な例は利用例として後述する。

【0291】

＜非復元領域対応復元行列＞

次に、復元行列更新部104により生成（設定）される非復元領域対応復元行列について説明する。復元画像は、図20や図21を参照して説明したように、復元行列（行列A（または行列 $A^{-1}$ ））を用いた行列演算により検出画像から復元される。つまり、復元領域の復元画像は、復元行列の、その復元領域に対応する係数と、検出画像のその復元領域に対応する画素値との行列演算により復元される。すなわち、復元領域についてのみ、この行列演算結果を導出することにより、復元領域の復元画像のみを復元することができる。

【0292】

換言するに、この行列演算において、非復元領域に対応する行列演算結果を導出しないようにすることにより、非復元領域を復元しないように復元画像を復元することができる。

【0293】

そこで、例えば、図27に示されるように、復元行列の非復元領域に対応する係数を所定の値（例えば「0」）としてもよい。例えば、復元画像（図27の"Scene Image（算出したいもの）"）の斜線部分に対応する復元行列（図27の"Transfer Matrix（連立1次方程式の係数）"）の係数がその斜線部分であるとする。この復元画像の斜線部分を非復元領域とする場合、復元行列の斜線部分の係数の値を「0」にする。このようにすることにより、図21に示されるような行列演算を行って、検出画像から復元画像を復元しても、復元画像の斜線部分の画素値は「0」となる（つまり復元されない）。

【0294】

復元行列更新部104は、復元領域情報に基づいて、このように非復元領域に対応する係数が「0」である非復元領域対応復元行列を生成（設定）する。つまり、復元行列更新部104は、検出画像全体に対応する復元行列である全体復元行列の係数の内の、復元領域に対応しない係数を予め登録された値（例えば「0」）にすることにより、復元領域の復元画像のみを復元するのに用いられる部分復元行列を生成（設定）してもよい。

【0295】

復元部105が、この非復元領域対応復元行列（部分復元行列）を用いて、検出画像から復元画像を復元すると、非復元領域の画素値が「0」の復元画像が得られる。つまり、復元部105は、この非復元領域対応復元行列を用いることにより、非復元領域が復元されないように、復元画像を復元することができる。

【0296】

なお、この復元行列更新部104が設定する復元行列の係数の「予め登録された値」は、任意であり、「0」以外であってもよい。つまり、この「予め登録された値」は、行列演算により被写体が視認可能とならない値であればよい。例えば、この「予め登録された値」は、非復元領域に対応する全係数において統一されていてもよいし、統一されていなくてもよい。例えば、この「予め登録された値」として、係数毎やブロック毎に異なる値が設定されてもよい。

【0297】

また、例えば、図28に示されるように、復元行列の非復元領域に対応する係数を削除

10

20

30

40

50

してもよい。図 28 の例の場合、非復元領域（図 27 の斜線部分）に対応する係数が削除されている。このようにすることにより非復元領域以外に対応する係数からなる復元行列（つまり、復元領域に対応する復元行列）が生成される。この復元行列を用いることにより、検出画像から復元領域の復元画像のみを復元することができる。

【0298】

復元行列更新部 104 は、復元領域情報に基づいて、このように非復元領域に対応する係数が削除された、すなわち、復元領域に対応する係数のみにより構成される非復元領域対応復元行列を生成（設定）する。つまり、復元行列更新部 104 は、検出画像全体に対応する復元行列である全体復元行列の係数の内の、復元領域に対応しない係数を削除することにより、復元領域の復元画像のみを復元するのに用いられる部分復元行列を生成（設定）してもよい。

10

【0299】

復元部 105 が、この非復元領域対応復元行列（部分復元行列）を用いて、検出画像から復元画像を復元すると、非復元領域の画素値が「0」の復元画像が得られる。つまり、復元部 105 は、この非復元領域対応復元行列を用いることにより、非復元領域が復元されないように、復元画像を復元することができる。

【0300】

ただし、この場合、非復元領域対応復元行列が検出画像全体に対応しない。つまり、上述したように非復元領域対応復元行列に非復元領域に対応する係数が含まれていない。したがって、非復元領域対応復元行列の各係数を検出画像の画素に対応させる情報（例えば、検出画像における復元領域（または非復元領域）を示す情報）が必要である。復元部 105 は、その情報に基づいて、検出画像における復元領域と非復元領域対応復元行列とを正しく対応させることができる。なお、この情報は、予め復元部 105 にとって既知であってもよいし、非復元領域対応復元行列とともに、復元行列更新部 104 から復元部 105 に供給されるようにしてもよい。

20

【0301】

<復元画像生成処理の流れ>

撮像装置 100 が被写体を撮像し、その検出画像から、非復元領域を復元しないように復元画像を復元する復元画像生成処理の流れの例を、図 29 のフローチャートを参照して説明する。

30

【0302】

復元画像生成処理が開始されると、撮像装置 100（図 1）の撮像部 101 は、ステップ S301 において、撮像素子 121 を用いて被写体を撮像し、検出画像を生成する。

【0303】

ステップ S302 において、領域特定部 102 は、学習データ記憶部 103 から読み出した学習データに基づいて、ステップ S301 において生成された検出画像から復元領域（または非復元領域）を特定し、その復元領域を示す復元領域情報（または、非復元領域を示す非復元領域情報）を生成する。

【0304】

ステップ S303 において、復元行列更新部 104 は、ステップ S302 において生成された復元領域情報（または非復元領域情報）に基づいて、検出画像全体に対応する復元行列を更新し、非復元領域対応復元行列を生成する。

40

【0305】

ステップ S304 において、復元部 105 は、ステップ S303 において生成された非復元領域対応復元行列を用いて、非復元領域を復元しないように、ステップ S301 において生成された検出画像から復元画像を復元する。

【0306】

ステップ S305 において、復元部 105 は、ステップ S304 において復元領域のみが復元された復元画像を出力する。なお、ステップ S304 の処理を省略し、復元部 105 が、ステップ S305 において、ステップ S301 において生成された検出画像と、ス

50

ステップ S 3 0 3 において生成された非復元領域対応復元行列とを互いに関連付けて出力してもよい。

【0307】

ステップ S 3 0 5 の処理が終了すると、復元画像生成処理が終了する。

【0308】

以上のように、領域特定部 1 0 2 は、復元領域（非復元領域）を特定することにより、復元する領域を制御することができる。したがって以上のように各処理を実行することにより、撮像装置 1 0 0 は、任意の領域を復元しないように、復元画像を復元することができる。

【0309】

< 3 . 第 2 の実施の形態 >

< 3 - 1 . 画像処理システムの例 1 >

以上においては、撮像装置を例に本技術を説明したが、本技術は、この例に限らず、例えば画像処理装置、画像符号化装置、画像復号装置、情報処理装置、通信装置、電子機器、または複数の装置からなるシステム等、任意の構成に適用することができる。

【0310】

例えば、上述した撮像装置 1 0 0 の構成を複数の装置により実現するようにしてもよい。図 3 0 は、本技術を適用した画像処理システムの一実施の形態の主な構成例を示す図である。図 3 0 に示される画像処理システム 4 0 0 は、撮像装置 1 0 0 と同様の機能を有するシステムであり、被写体を撮像し、得られた検出画像から復元画像を復元するシステムである。つまり、この画像処理システム 4 0 0 は、撮像装置 1 0 0 と同様、< 1 . 復元領域・非復元領域の特定 > において上述したように、検出画像に対して復元領域（非復元領域）を設定し、非復元領域を復元しないように、復元画像を復元することができる。

【0311】

図 3 0 に示されるように、画像処理システム 4 0 0 は、撮像装置 4 0 1 および画像処理装置 4 0 2 を有する。撮像装置 4 0 1 は、被写体を撮像して検出画像を生成し、その検出画像とその検出画像に対応する復元行列とを出力することができる。

【0312】

画像処理装置 4 0 2 は、外部から供給される検出画像およびその検出画像に対応する復元行列を取得し、その検出画像について復元領域（または非復元領域）を設定し、その復元領域を示す復元領域情報（または非復元領域を示す非復元領域情報）を生成することができる。また、画像処理装置 4 0 2 は、その復元領域情報に基づいて、取得された復元行列を更新し、復元領域のみを復元する（または非復元領域を復元しないように復元する）際に用いられる非復元領域対応復元行列を生成することができる。また、画像処理装置 4 0 2 は、その非復元領域対応復元行列を用いて、取得された検出画像から、復元領域のみを復元した復元画像（または非復元領域を復元しないように復元した復元画像）を生成し、出力することができる。

【0313】

このようにすることにより、画像処理装置 4 0 2 は、検出画像の任意の領域について、例えば公開・非公開を制御したり、不正流出や不正使用に対する情報の保護・非保護を制御したり、画像解析等の対象範囲を制御したり、提供するサービスのレベルを制御したりすることができる。また、撮像装置 4 0 1 から画像処理装置 4 0 2 への画像の伝送において、検出画像を伝送するので、情報を保護することができ、画像の不正流出や不正使用等によるプライバシー権の侵害等の発生を抑制することができる。

【0314】

撮像装置 4 0 1 は、撮像部 1 0 1 を有する。画像処理装置 4 0 2 は、領域特定部 1 0 2 乃至復元部 1 0 5 を有する。各処理部は、撮像装置 1 0 0 の場合と同様の処理を行う。つまり、撮像装置 4 0 1 および画像処理装置 4 0 2 の各処理部は、例えば、図 3 1 に示されるフローチャートのような流れで処理を行う。

【0315】

ステップS401において、撮像装置401の撮像部101は、撮像素子121を用いて被写体を撮像し、検出画像を生成する。ステップS402において、撮像装置401は、その検出画像と、その検出画像に対応する復元行列（全体復元行列）とを画像処理装置402に供給する。ステップS411において、画像処理装置402は、その供給された検出画像および復元行列を取得する。

【0316】

なお、装置間の情報の授受は、任意の方法で行うことができる。例えば、任意の通信媒体を介した通信により、検出画像および復元行列を撮像装置401から画像処理装置402に供給してもよい。この通信の方式は任意であり、有線通信であってもよいし、無線通信であってもよいし、その両方であってもよい。また、この通信は、例えばインターネットやLAN（Local Area Network）等の単数または複数のネットワークを介して行われてもよいし、通信装置や中継装置等、他の装置を介して行われてもよい。さらに、この通信は、サーバや所謂クラウドコンピューティングを介して行われてもよい。

【0317】

また、例えばリムーバブルなフラッシュメモリやハードディスク等、任意の記憶媒体を介して情報が授受されてもよい。つまり、授受される情報が供給元の装置に接続された任意の記憶媒体に記憶され、その記憶媒体が供給先の装置に接続され、その記憶媒体からその情報が読み出されるようにしてもよい。

【0318】

ステップS412において、画像処理装置402の領域特定部102は、学習データ記憶部103から読み出した学習データに基づいて、ステップS411において取得された検出画像から復元領域（または非復元領域）を特定し、その復元領域を示す復元領域情報（または非復元領域を示す非復元領域情報）を生成する。

【0319】

ステップS413において、復元行列更新部104は、その復元領域情報（または非復元領域情報）に基づいて、ステップS411において取得された復元行列を更新し、非復元領域対応復元行列を生成する。

【0320】

ステップS414において、復元部105は、ステップS413において生成された非復元領域対応復元行列を用いて、ステップS411において取得された検出画像から、復元領域のみを復元するように（換言するに、非復元領域を復元しないように）、復元画像を復元（生成）する。

【0321】

ステップS415において、画像処理装置402は、ステップS414において生成された、復元領域のみが復元された復元画像（換言するに、非復元領域を復元しないように復元された復元画像）を、画像処理装置402の外部に出力する。

【0322】

この外部への出力は、任意の通信路を介した通信により行われるようにしてもよいし、任意の記憶媒体を介して行われる（すなわち、情報を記憶媒体に記憶させて出力させる）ようにしてもよい。

【0323】

このように各処理を実行することにより、画像処理システム400は、復元する領域を制御することができる。したがって、画像処理システム400は、検出画像の任意の領域について、例えば公開・非公開を制御したり、不正流出や不正使用に対する情報の保護・非保護を制御したり、画像解析等の対象範囲を制御したり、提供するサービスのレベルを制御したりすることができる。また、撮像装置401から画像処理装置402への画像の伝送において、検出画像を伝送するので、情報を保護することができ、画像の不正流出や不正使用等によるプライバシー権の侵害等の発生を抑制することができる。

【0324】

なお、ステップS414の処理を省略し、ステップS415において、画像処理装置4

10

20

30

40

50

02が、検出画像と非復元領域対応復元行列とを関連付けて、外部に出力してもよい。つまり、復元画像の復元は、画像処理装置402の外部で行ってもよく、その場合、復元部105は、この復元を行わずに、検出画像と非復元領域対応復元行列とを関連付けて、画像処理装置402の外部の、復元処理を行う復元装置に出力する。このようにすることにより、画像処理装置402は、情報を保護した状態で復元装置（他の装置）に画像を送送することができる。したがって、画像の不正流出や不正使用等によるプライバシー権の侵害等の発生を抑制することができる。

#### 【0325】

また、以上のような画像処理システム400において、復元部105が撮像装置401に設けられるようにしてもよい。その場合、復元行列更新部104は、導出した非復元領域対応復元行列を、その撮像装置401の復元部105に供給する。つまり、非復元領域対応復元行列が、画像処理装置402から撮像装置401に伝送される。そして、撮像装置401の復元部105は、その画像処理装置402の復元行列更新部104から供給される非復元領域対応復元行列を用いて、撮像部101から供給される検出画像から、復元領域のみを復元するように（換言するに、非復元領域を復元しないように）、復元画像を復元（生成）する。

#### 【0326】

さらに、復元行列更新部104も撮像装置401に設けられるようにしてもよい。その場合、領域特定部102は、復元領域情報を、その撮像装置401の復元行列更新部104に供給する。つまり、復元領域情報が、画像処理装置402から撮像装置401に伝送される。そして、撮像装置401の復元行列更新部104は、その画像処理装置402の領域特定部102から供給される復元領域情報に基づいて、撮像部101から供給される復元行列を更新し、非復元領域対応復元行列を生成する。撮像装置401の復元部105は、その非復元領域対応復元行列を用いて、撮像部101から供給される検出画像から、復元領域のみを復元するように（換言するに、非復元領域を復元しないように）、復元画像を復元（生成）する。

#### 【0327】

これらの場合も、撮像装置401から画像処理装置402への画像の伝送において、検出画像が伝送されるので、画像処理システム400は、情報を保護することができ、画像の不正流出や不正使用等によるプライバシー権の侵害等の発生を抑制することができる。

#### 【0328】

##### <3-2. 画像処理システムの例2>

図32は、本技術を適用した画像処理システムの他の実施の形態の主な構成例を示す図である。図32に示される画像処理システム410は、画像処理システム400（図30）と同様、被写体を撮像し、得られた検出画像から復元画像を復元するシステムであり、検出画像に対して復元領域（非復元領域）を設定し、非復元領域を復元しないように、復元画像を復元することができる。

#### 【0329】

図32に示されるように、画像処理システム410は、撮像装置411、画像処理装置412、および復元装置413を有する。撮像装置411は、撮像装置401と同様、被写体を撮像して検出画像を生成し、その検出画像とその検出画像に対応する復元行列とを出力することができる。

#### 【0330】

画像処理装置412は、外部から供給される検出画像およびその検出画像に対応する復元行列を取得し、その検出画像について復元領域（または非復元領域）を設定し、その復元領域を示す復元領域情報（または非復元領域を示す非復元領域情報）を生成することができる。また、画像処理装置412は、その復元領域情報に基づいて、取得された復元行列を更新し、その復元領域のみを復元する（または非復元領域を復元しないように復元する）際に用いられる非復元領域対応復元行列を生成し、出力することができる。

#### 【0331】

復元装置 4 1 3 は、外部から供給される非復元領域対応復元行列および検出画像を取得し、その非復元領域対応復元行列を用いて、その検出画像から、復元領域のみを復元した復元画像（または非復元領域を復元しないように復元した復元画像）を生成し、出力することができる。

【0 3 3 2】

撮像装置 4 1 1 は、撮像部 1 0 1 を有する。画像処理装置 4 1 2 は、領域特定部 1 0 2 乃至復元行列更新部 1 0 4 を有する。復元装置 4 1 3 は、復元部 1 0 5 を有する。各処理部は、撮像装置 1 0 0 の場合と同様の処理を行う。つまり、撮像装置 4 1 1、画像処理装置 4 1 2、および復元装置 4 1 3 の各処理部は、例えば、図 3 3 に示されるフローチャートのような流れで処理を行う。

【0 3 3 3】

ステップ S 4 2 1 において、撮像装置 4 1 1 の撮像部 1 0 1 は、撮像素子 1 2 1 を用いて被写体を撮像し、検出画像を生成する。

【0 3 3 4】

ステップ S 4 2 2 において、撮像装置 4 1 1 は、その検出画像と、その検出画像に対応する復元行列（全体復元行列）とを画像処理装置 4 1 2 に供給する。ステップ S 4 3 1 において、画像処理装置 4 1 2 は、その供給された検出画像および復元行列を取得する。

【0 3 3 5】

ステップ S 4 2 3 において、撮像装置 4 1 1 は、その検出画像を復元装置 4 1 3 に供給する。ステップ S 4 4 1 において、復元装置 4 1 3 は、その供給された検出画像を取得する。なお、装置間の情報の授受は、画像処理システム 4 0 0 の場合と同様に、任意の方法で行うことができる。

【0 3 3 6】

ステップ S 4 3 2 において、画像処理装置 4 1 2 の領域特定部 1 0 2 は、学習データ記憶部 1 0 3 から読み出した学習データに基づいて、ステップ S 4 3 1 において取得された検出画像から復元領域（または非復元領域）を特定し、その復元領域を示す復元領域情報（または非復元領域を示す非復元領域情報）を生成する。

【0 3 3 7】

ステップ S 4 3 3 において、復元行列更新部 1 0 4 は、その復元領域情報（または非復元領域情報）に基づいて、ステップ S 4 3 1 において取得された復元行列を更新し、非復元領域対応復元行列を生成する。

【0 3 3 8】

ステップ S 4 3 4 において、画像処理装置 4 1 2 は、その非復元領域対応復元行列を復元装置 4 1 3 に供給する。ステップ S 4 4 2 において、復元装置 4 1 3 は、その供給された非復元領域対応復元行列を取得する。

【0 3 3 9】

ステップ S 4 4 3 において、復元装置 4 1 3 の復元部 1 0 5 は、ステップ S 4 4 2 において取得された非復元領域対応復元行列を用いて、ステップ S 4 4 1 において取得された検出画像から、復元領域のみを復元するように（換言するに、非復元領域を復元しないように）、復元画像を復元（生成）する。

【0 3 4 0】

ステップ S 4 4 4 において、復元装置 4 1 3 は、ステップ S 4 4 3 において生成された、復元領域のみが復元された復元画像（換言するに、非復元領域を復元しないように復元された復元画像）を、復元装置 4 1 3 の外部に出力する。

【0 3 4 1】

この外部への出力は、任意の通信路を介した通信により行われるようにしてもよいし、任意の記憶媒体を介して行われる（すなわち、情報を記憶媒体に記憶させて出力させる）ようにしてもよい。

【0 3 4 2】

このようにすることにより、復元装置 4 1 3 は、画像の所望の領域について、情報を保

10

20

30

40

50

護した状態で画像を出力することができる。これにより、画像の不正流出や不正使用等によるプライバシー権の侵害等の発生を抑制することができる。また、このように各処理を実行することにより、画像処理システム410は、復元する領域を制御することができる。したがって、画像処理システム410は、検出画像の任意の領域について、例えば公開・非公開を制御したり、不正流出や不正使用に対する情報の保護・非保護を制御したり、画像解析等の対象範囲を制御したり、提供するサービスのレベルを制御したりすることができる。さらに、撮像装置411から復元装置413に対して検出画像として画像を伝送するので、情報を保護した状態でこの伝送を行うことができ、画像の不正流出や不正使用等によるプライバシー権の侵害等の発生を抑制することができる。また、その検出画像に対応する復元行列が、その検出画像と異なる経路で（画像処理装置412を介して）、撮像装置401から復元装置413に伝送される。したがって、情報の不正流出をより抑制することができる。

10

#### 【0343】

なお、ステップS443の処理を省略し、ステップS444において、復元装置413が、検出画像と非復元領域対応復元行列とを関連付けて外部に出力してもよい。つまり、復元画像の復元は、復元装置413の外部で行ってもよく、その場合、復元部105は、この復元を行わずに、検出画像と非復元領域対応復元行列とを関連付けて、復元装置413の外部の、復元処理を行う他の復元装置に出力する。このようにすることにより、復元装置413は、情報を保護した状態で他の復元装置に画像を伝送することができる。したがって、画像の不正流出や不正使用等によるプライバシー権の侵害等の発生を抑制することができる。

20

#### 【0344】

また、以上においては、検出画像が撮像装置411から復元装置413に供給されるように説明したが、この検出画像は、画像処理装置412を介して供給されるようにしてもよい。つまり、画像処理装置412が、撮像装置411から供給された検出画像と、その検出画像に対して生成した非復元領域対応復元行列とを、復元装置413に供給するようにしてもよい。その場合も、画像は検出画像として撮像装置411から復元装置413まで伝送されるので、情報の不正流出をより抑制することができる。

#### 【0345】

##### <3-3. 画像処理システムの例3>

図34は、本技術を適用した画像処理システムの他の実施の形態の主な構成例を示す図である。図34に示される画像処理システム420は、画像処理システム410（図32）と同様、被写体を撮像し、得られた検出画像から復元画像を復元するシステムであり、検出画像に対して復元領域（非復元領域）を設定し、非復元領域を復元しないように、復元画像を復元することができる。

30

#### 【0346】

図34に示されるように、画像処理システム420は、撮像装置421、画像処理装置422、および復元装置423を有する。撮像装置421は、被写体を撮像して検出画像を生成し、その検出画像とその検出画像に対応する復元行列とを出力することができる。

#### 【0347】

画像処理装置422は、外部から供給される検出画像およびその検出画像に対応する復元行列を取得し、その検出画像について復元領域（または非復元領域）を設定し、その復元領域を示す復元領域情報（または非復元領域を示す非復元領域情報）を生成し、出力することができる。

40

#### 【0348】

復元装置423は、外部から供給される非復元領域対応復元行列および検出画像を取得し、その復元領域情報に基づいて、取得された復元行列を更新し、その復元領域のみを復元する（または非復元領域を復元しないように復元する）際に用いられる非復元領域対応復元行列を生成することができる。また、復元装置423は、その非復元領域対応復元行列を用いて、取得された検出画像から、復元領域のみを復元した復元画像（または非復元

50

領域を復元しないように復元した復元画像)を生成し、出力することができる。

【0349】

撮像装置421は、撮像部101を有する。画像処理装置422は、領域特定部102および学習データ記憶部103を有する。復元装置423は、復元行列更新部104および復元部105を有する。各処理部は、撮像装置100の場合と同様の処理を行う。つまり、撮像装置421、画像処理装置422、および復元装置423の各処理部は、例えば、図35に示されるフローチャートのような流れで処理を行う。

【0350】

ステップS451において、撮像装置421の撮像部101は、撮像素子121を用いて被写体を撮像し、検出画像を生成する。

10

【0351】

ステップS452において、撮像装置421は、その検出画像を画像処理装置422に供給する。ステップS461において、画像処理装置422は、その供給された検出画像を取得する。なお、装置間の情報の授受は、画像処理システム400の場合と同様に、任意の方法で行うことができる。

【0352】

ステップS453において、撮像装置421は、その検出画像と、その検出画像に対応する復元行列(全体復元行列)とを復元装置423に供給する。ステップS471において、復元装置423は、その供給された検出画像および復元行列を取得する。

【0353】

ステップS462において、画像処理装置422の領域特定部102は、学習データ記憶部103から読み出した学習データに基づいて、ステップS461において取得された検出画像から復元領域(または非復元領域)を特定し、その復元領域を示す復元領域情報(または非復元領域を示す非復元領域情報)を生成する。

20

【0354】

ステップS463において、画像処理装置422は、その復元領域情報(または非復元領域情報)を復元装置423に供給する。ステップS472において、復元装置423は、その供給された復元領域情報(または非復元領域情報)を取得する。

【0355】

ステップS473において、復元装置423の復元行列更新部104は、ステップS472において取得された復元領域情報(または非復元領域情報)に基づいて、ステップS471において取得された復元行列を更新し、非復元領域対応復元行列を生成する。

30

【0356】

ステップS474において、復元部105は、その非復元領域対応復元行列を用いて、ステップS471において取得された検出画像から、復元領域のみを復元するように(換言するに、非復元領域を復元しないように)、復元画像を復元(生成)する。

【0357】

ステップS475において、復元装置423は、ステップS474において生成された、復元領域のみが復元された復元画像(換言するに、非復元領域を復元しないように復元された復元画像)を、復元装置423の外部に出力する。

40

【0358】

この外部への出力は、任意の通信路を介した通信により行われるようにしてもよいし、任意の記憶媒体を介して行われる(すなわち、情報を記憶媒体に記憶させて出力させる)ようにしてもよい。

【0359】

このようにすることにより、復元装置423は、画像の所望の領域について、情報を保護した状態で画像を出力することができる。これにより、画像の不正流出や不正使用等によるプライバシー権の侵害等の発生を抑制することができる。また、このように各処理を実行することにより、画像処理システム420は、復元する領域を制御することができる。したがって、画像処理システム420は、検出画像の任意の領域について、例えば公開

50

・非公開を制御したり、不正流出や不正使用に対する情報の保護・非保護を制御したり、画像解析等の対象範囲を制御したり、提供するサービスのレベルを制御したりすることができる。さらに、撮像装置 4 2 1 から復元装置 4 2 3 に対して検出画像として画像を伝送するので、情報を保護した状態でこの伝送を行うことができ、画像の不正流出や不正使用等によるプライバシー権の侵害等の発生を抑制することができる。また、この場合、復元行列の更新が復元装置 4 2 3 において行われるので、画像処理装置 4 2 2 の負荷を、図 3 2 の場合に比べて低減させることができる。

#### 【0360】

なお、ステップ S 4 7 4 の処理を省略し、ステップ S 4 7 5 において、復元装置 4 2 3 が、検出画像と非復元領域対応復元行列とを関連付けて外部に出力してもよい。つまり、復元画像の復元は、復元装置 4 2 3 の外部で行ってもよく、その場合、復元部 1 0 5 は、この復元を行わずに、検出画像と非復元領域対応復元行列とを関連付けて、復元装置 4 2 3 の外部の、復元処理を行う他の復元装置に出力する。このようにすることにより、復元装置 4 2 3 は、情報を保護した状態で他の復元装置に画像を伝送することができる。したがって、画像の不正流出や不正使用等によるプライバシー権の侵害等の発生を抑制することができる。

#### 【0361】

また、以上においては、検出画像が撮像装置 4 2 1 から復元装置 4 2 3 に供給されるように説明したが、この検出画像は、画像処理装置 4 2 2 を介して復元装置 4 2 3 に供給されるようにしてもよい。つまり、画像処理装置 4 2 2 が、撮像装置 4 2 1 から供給された検出画像と、その検出画像に対して生成した復元領域情報（または非復元領域情報）とを、復元装置 4 2 3 に供給するようにしてもよい。同様に、復元行列が、画像処理装置 4 2 2 を介して復元装置 4 2 3 に供給されるようにしてもよい。つまり、画像処理装置 4 2 2 が、撮像装置 4 2 1 から供給された復元行列と、その復元行列に対して生成した復元領域情報（または非復元領域情報）とを、復元装置 4 2 3 に供給するようにしてもよい。もちろん、検出画像および復元画像が、画像処理装置 4 2 2 を介して復元装置 4 2 3 に供給されるようにしてもよい。

#### 【0362】

##### <3-4. 画像処理システムの例 4>

図 3 6 は、本技術を適用した画像処理システムの他の実施の形態の主な構成例を示す図である。図 3 6 に示される画像処理システム 4 3 0 は、画像処理システム 4 2 0（図 3 4）と同様、被写体を撮像し、得られた検出画像から復元画像を復元するシステムであり、検出画像に対して復元領域（非復元領域）を設定し、非復元領域を復元しないように、復元画像を復元することができる。

#### 【0363】

図 3 6 に示されるように、画像処理システム 4 3 0 は、撮像装置 4 3 1、および復元装置 4 3 2 を有する。撮像装置 4 3 1 は、被写体を撮像して検出画像を生成し、その検出画像とその検出画像に対応する復元行列とを出力することができる。また、撮像装置 4 3 1 は、その検出画像について復元領域（または非復元領域）を設定し、その復元領域を示す復元領域情報（または非復元領域を示す非復元領域情報）を生成し、出力することができる。

#### 【0364】

復元装置 4 3 2 は、外部から供給される検出画像、その検出画像に対応する復元行列および復元領域情報を取得することができる。また、復元装置 4 3 2 は、取得された復元領域情報に基づいて、取得された復元行列を更新し、その復元領域のみを復元する（または非復元領域を復元しないように復元する）際に用いられる非復元領域対応復元行列を生成することができる。さらに、復元装置 4 3 2 は、その非復元領域対応復元行列を用いて、取得された検出画像から、復元領域のみを復元した復元画像（または非復元領域を復元しないように復元した復元画像）を生成し、出力することができる。

#### 【0365】

撮像装置 431 は、撮像部 101、領域特定部 102、および学習データ記憶部 103 を有する。復元装置 432 は、復元行列更新部 104 および復元部 105 を有する。各処理部は、撮像装置 100 の場合と同様の処理を行う。つまり、撮像装置 431 および復元装置 432 の各処理部は、例えば、図 37 に示されるフローチャートのような流れで処理を行う。

【0366】

ステップ S481 において、撮像装置 431 の撮像部 101 は、撮像素子 121 を用いて被写体を撮像し、検出画像を生成する。

【0367】

ステップ S482 において、領域特定部 102 は、学習データ記憶部 103 から読み出した学習データに基づいて、ステップ S481 において生成された検出画像から復元領域（または非復元領域）を特定し、その復元領域を示す復元領域情報（または非復元領域を示す非復元領域情報）を生成する。

【0368】

ステップ S483 において、撮像装置 431 は、その検出画像、その検出画像に対応する復元行列、および、その復元領域情報（または非復元領域情報）を復元装置 432 に供給する。ステップ S491 において、復元装置 432 は、その供給された検出画像、復元行列、および復元領域情報（または非復元領域情報）を取得する。なお、装置間の情報の授受は、画像処理システム 400 の場合と同様に、任意の方法で行うことができる。

【0369】

ステップ S492 において、復元装置 432 の復元行列更新部 104 は、ステップ S491 において取得された復元領域情報（または非復元領域情報）に基づいて、ステップ S491 において取得された復元行列を更新し、非復元領域対応復元行列を生成する。

【0370】

ステップ S493 において、復元部 105 は、その非復元領域対応復元行列を用いて、ステップ S491 において取得された検出画像から、復元領域のみを復元するように（換言するに、非復元領域を復元しないように）、復元画像を復元（生成）する。

【0371】

ステップ S494 において、復元装置 432 は、ステップ S493 において生成された、復元領域のみが復元された復元画像（換言するに、非復元領域を復元しないように復元された復元画像）を、復元装置 432 の外部に出力する。

【0372】

この外部への出力は、任意の通信路を介した通信により行われるようにしてもよいし、任意の記憶媒体を介して行われる（すなわち、情報を記憶媒体に記憶させて出力させる）ようにしてもよい。

【0373】

このようにすることにより、復元装置 432 は、画像の所望の領域について、情報を保護した状態で画像を出力することができる。これにより、画像の不正流出や不正使用等によるプライバシー権の侵害等の発生を抑制することができる。また、このように各処理を実行することにより、画像処理システム 430 は、復元する領域を制御することができる。したがって、画像処理システム 430 は、検出画像の任意の領域について、例えば公開・非公開を制御したり、不正流出や不正使用に対する情報の保護・非保護を制御したり、画像解析等の対象範囲を制御したり、提供するサービスのレベルを制御したりすることができる。さらに、撮像装置 431 から復元装置 432 に対して検出画像として画像を伝送するので、情報を保護した状態でこの伝送を行うことができ、画像の不正流出や不正使用等によるプライバシー権の侵害等の発生を抑制することができる。

【0374】

なお、ステップ S493 の処理を省略し、ステップ S494 において、復元装置 432 が、検出画像と非復元領域対応復元行列とを関連付けて外部に出力してもよい。つまり、復元画像の復元は、復元装置 432 の外部で行ってもよく、その場合、復元部 105 は、

この復元を行わずに、検出画像と非復元領域対応復元行列とを関連付けて、復元装置 4 3 2 の外部の、復元処理を行う他の復元装置に出力する。このようにすることにより、復元装置 4 3 2 は、情報を保護した状態で他の復元装置に画像を伝送することができる。したがって、画像の不正流出や不正使用等によるプライバシー権の侵害等の発生を抑制することができる。

【0375】

＜3-5. 画像処理システムの例5＞

図38は、本技術を適用した画像処理システムの他の実施の形態の主な構成例を示す図である。図38に示される画像処理システム440は、画像処理システム430（図36）と同様、被写体を撮像し、得られた検出画像から復元画像を復元するシステムであり、検出画像に対して復元領域（非復元領域）を設定し、非復元領域を復元しないように、復元画像を復元することができる。

【0376】

図38に示されるように、画像処理システム440は、撮像装置441および復元装置442を有する。撮像装置441は、被写体を撮像して検出画像を生成し、出力することができる。また、撮像装置441は、その検出画像について復元領域（または非復元領域）を設定し、その復元領域を示す復元領域情報（または非復元領域を示す非復元領域情報）を生成することができる。さらに、撮像装置441は、その復元領域情報に基づいて、生成した検出画像に対応する復元行列を更新し、その復元領域のみを復元する（または非復元領域を復元しないように復元する）際に用いられる非復元領域対応復元行列を生成し、出力することができる。

【0377】

復元装置442は、外部から供給される検出画像および非復元領域対応復元行列を取得することができる。また、復元装置442は、その非復元領域対応復元行列を用いて、その検出画像から、復元領域のみを復元した復元画像（または非復元領域を復元しないように復元した復元画像）を生成し、出力することができる。

【0378】

撮像装置441は、撮像部101乃至復元行列更新部104を有する。復元装置442は、復元部105を有する。各処理部は、撮像装置100の場合と同様の処理を行う。つまり、撮像装置441および復元装置442の各処理部は、例えば、図39に示されるフローチャートのような流れで処理を行う。

【0379】

ステップS501において、撮像装置441の撮像部101は、撮像素子121を用いて被写体を撮像し、検出画像を生成する。

【0380】

ステップS502において、領域特定部102は、学習データ記憶部103から読み出した学習データに基づいて、ステップS501において生成された検出画像から復元領域（または非復元領域）を特定し、その復元領域を示す復元領域情報（または非復元領域を示す非復元領域情報）を生成する。

【0381】

ステップS503において、復元行列更新部104は、ステップS502において生成された復元領域情報（または非復元領域情報）に基づいて、ステップS501において生成された検出画像に対応する復元行列を更新し、非復元領域対応復元行列を生成する。

【0382】

ステップS504において、撮像装置441は、その検出画像および非復元領域対応復元行列を復元装置442に供給する。ステップS511において、復元装置442は、その供給された検出画像および非復元領域対応復元行列を取得する。なお、装置間の情報の授受は、画像処理システム400の場合と同様に、任意の方法で行うことができる。

【0383】

ステップS512において、復元装置442の復元部105は、ステップS511にお

10

20

30

40

50

いて取得された非復元領域対応復元行列を用いて、ステップ S 5 1 1 において取得された検出画像から、復元領域のみを復元するように（換言するに、非復元領域を復元しないように）、復元画像を復元（生成）する。

【0384】

ステップ S 5 1 3 において、復元装置 4 4 2 は、ステップ S 5 1 2 において生成された、復元領域のみが復元された復元画像（換言するに、非復元領域を復元しないように復元された復元画像）を、復元装置 4 4 2 の外部に出力する。

【0385】

この外部への出力は、任意の通信路を介した通信により行われるようにしてもよいし、任意の記憶媒体を介して行われる（すなわち、情報を記憶媒体に記憶させて出力させる）ようにしてもよい。

10

【0386】

このようにすることにより、復元装置 4 4 2 は、画像の所望の領域について、情報を保護した状態で画像を出力することができる。これにより、画像の不正流出や不正使用等によるプライバシー権の侵害等の発生を抑制することができる。また、このように各処理を実行することにより、画像処理システム 4 4 0 は、復元する領域を制御することができる。したがって、画像処理システム 4 4 0 は、検出画像の任意の領域について、例えば公開・非公開を制御したり、不正流出や不正使用に対する情報の保護・非保護を制御したり、画像解析等の対象範囲を制御したり、提供するサービスのレベルを制御したりすることができる。さらに、撮像装置 4 4 1 から復元装置 4 4 2 に対して検出画像として画像を伝送するので、情報を保護した状態でこの伝送を行うことができ、画像の不正流出や不正使用等によるプライバシー権の侵害等の発生を抑制することができる。

20

【0387】

なお、ステップ S 5 1 2 の処理を省略し、ステップ S 5 1 3 において、復元装置 4 4 2 が、ステップ S 5 1 1 において取得した検出画像および非復元領域対応復元行列を関連付けて外部に出力してもよい。つまり、復元画像の復元は、復元装置 4 4 2 の外部で行ってもよく、その場合、復元部 1 0 5 は、この復元を行わずに、検出画像と非復元領域対応復元行列とを関連付けて、復元装置 4 4 2 の外部の、復元処理を行う他の復元装置に出力する。このようにすることにより、復元装置 4 4 2 は、情報を保護した状態で他の復元装置に画像を伝送することができる。したがって、画像の不正流出や不正使用等によるプライバシー権の侵害等の発生を抑制することができる。

30

【0388】

<4. 利用例>

次に、本技術を適用する装置やシステム等の利用例について説明する。

【0389】

<車載装置・システム>

近年、車両にカメラを設置し、そのカメラにより撮像された撮像画像を解析し、その解析結果に基づいて、適宜、警告・注意喚起・案内等を行う装置やシステムが開発されている。また、その解析結果に基づいて、アクセル、ブレーキ、ハンドル等の操作（車両の運転に関する操作）を制御する装置やシステムも開発されている。さらに、撮像画像を記録として保存する所謂ドライブレコーダ等も開発されている。このような車両に搭載される車載装置や車載システム等に本技術を適用してもよい。

40

【0390】

その場合、その車載装置（または車載システム）が、上述の撮像画像の代わりに検出画像を生成するようにし、その検出画像に対して復元領域（または非復元領域）を設定することができるようにすればよい。

【0391】

その際、例えば、その車載装置（または車載システム）が設置された車両の走行速度に応じて、復元領域または非復元領域を設定してもよい。例えば、高速走行中（所定の速度以上で走行中）は、奥側（遠方、広角）を復元領域に設定し、低速走行中（所定の速度未

50

満で走行中)は、手前側(近方、狭角)を復元領域に設定するようにしてもよい。換言するに、高速走行中は、手前側(近方、狭角)を非復元領域に設定し、低速走行中は、奥側(遠方、広角)を非復元領域に設定するようにしてもよい。

【0392】

また、被写体に応じて復元領域(または非復元領域)を設定してもよい。例えば、画角内に予め定められた所定の閾値より高速に進入する障害物や予め定められた所定の方向に進入する障害物を含む部分領域を、復元領域に設定したり、非復元領域に設定したりしてもよい。また、子供を含む部分領域は復元領域として設定するが、ボールは復元領域に含めないようにしてもよい。また、道路標識等は、復元領域に含めてもよい。

【0393】

このようにすることにより、車載装置(または車載システム)は、その復元領域のみを復元する(非復元領域を復元しない)ように、検出画像から復元画像を復元し、所望の領域のみを復元する(または所望の領域を復元しないようにする)ことができる。つまり、復元する領域を制御することができる。

【0394】

このようにすることにより、例えば、復元画像に対して画像解析を行う場合、不要な領域を復元しないことにより、その不要な領域の画像解析を省略(または簡略化)することができ、負荷の増大を抑制することができる。また、例えば不要な領域(または不要な被写体等)に対する画像解析結果によって状況判断や制御の誤りが生じることを抑制することができる。

【0395】

また、ドライブレコーダのように、検出画像を記録として保存する場合、人物の顔、ナンバープレート、フロントガラス等を含む領域を復元領域として設定したり、非復元領域として設定したりしてもよい。このようにすることにより、個人情報の流出等によるプライバシー侵害等の発生を抑制することができる。

【0396】

なお、この場合、用途(提供先)に応じて、非復元領域を復元することができるようにしてもよい。例えば、報道機関に映像提供する際には非復元領域を復元しないように、非復元領域対応復元行列を用いて復元画像を復元し、警察に提供する際には、非復元領域も復元するように、全体復元行列を用いて復元画像を復元してもよい。つまり、例えば、報道機関に対しては、復元領域のみを復元した復元画像(または非復元領域を復元しないように復元した復元画像)を提供し、警察に対しては、全体(復元領域および非復元領域)を復元した復元画像を提供するようにしてもよい。なお、報道機関に対して、検出画像と非復元領域対応復元行列とを供給し、その報道機関において、復元領域のみを復元した復元画像(または非復元領域を復元しないように復元した復元画像)を復元させるようにしてもよい。また、警察に対して、検出画像と、その検出画像に対応する復元行列(全体復元行列)とを供給し、その警察において、全体(復元領域および非復元領域)を復元した復元画像を復元させるようにしてもよい。

【0397】

<スマートフォン等>

また、所謂スマートフォン、タブレット端末、ノート型パーソナルコンピュータ等のような、撮像機能を有する携帯型情報処理端末装置等に本技術を適用してもよい。また、デジタルカメラやビデオカメラ等の撮像装置に本技術を適用してもよい。この場合、その携帯型情報処理端末装置や撮像装置が、被写体を撮像して撮像画像の代わりに検出画像を生成するようにし、その検出画像に対して復元領域(または非復元領域)を設定することができるようにすればよい。

【0398】

その際、例えば、背景全体を非復元領域に設定し、マスクするようにしてもよい。また、自分の顔(あるいは予め登録した複数の顔)以外は非復元領域に設定し、復元しないようにしてもよい。さらに、目がある辺りだけ非復元領域に設定し、復元しないようにして

10

20

30

40

50

もよい。このようにすることにより、個人情報の流出等によるプライバシー侵害等の発生を抑制することができる。

【0399】

＜監視カメラ＞

また、監視カメラを用いて監視を行う装置またはシステム等に、本技術を適用してもよい。この場合、その監視カメラが、被写体を撮像して撮像画像の代わりに検出画像を生成するようにし、その検出画像に対して復元領域（または非復元領域）を設定することができるようにすればよい。

【0400】

その際、例えば、人物の体全体、人物の顔、人物の手元等を非復元領域に設定し、復元しないようにしてもよい。例えば、ATM（Automatic Teller Machine）が設置された空間の監視カメラの場合、暗証番号を入力するユーザの手元を非復元領域に設定し、復元しないようにしてもよい。また、特定の建物や車両等を非復元領域に設定し、復元しないようにしてもよい。

10

【0401】

この場合も、用途に応じて、非復元領域を復元することができるようにしてもよい。例えば、報道機関に映像提供する際には非復元領域を復元しないように、非復元領域対応復元行列を用いて復元画像を復元し、警察に提供する際には、非復元領域も復元するように、全体復元行列を用いて復元画像を復元してもよい。

【0402】

＜サービス提供レベルの制御＞

また、例えば、画像配信サービス等において、本技術を適用してもよい。例えば、サーバから上述の検出画像を配信し、ユーザ側の端末装置においてその検出画像から復元画像を復元するようなシステムにおいて、ユーザの権限に応じて復元する領域を制御する（復元領域を特定する）ようにしてもよい。例えば、予めユーザAの権限に対してユーザAの子供を復元対象に設定しておき、ユーザAに対して提供する検出画像にそのユーザAの子供が含まれる場合、サーバは、その検出画像とともに、ユーザAの子供を含む領域が復元領域に設定された非復元領域対応復元行列をユーザAに提供し、その非復元領域対応復元行列を用いて復元画像を復元させる。つまり、ユーザAに対しては、ユーザAに対して許可した被写体（ユーザAの子供）を含む部分領域のみを視認可能とすることができる。

20

30

【0403】

これに対して、同じ検出画像をユーザBに提供する場合、サーバは、ユーザBに対して許可した復元対象を含む領域が復元領域に設定された非復元領域対応復元行列をユーザBに提供する。つまり、ユーザBに対しては、ユーザBに対して許可した被写体を含む部分領域のみを視認可能とすることができる。

【0404】

このように、ユーザ毎に（ユーザ権限）に応じて復元領域を設定し、非復元領域対応復元行列を提供することにより、サーバは、ユーザ毎に（ユーザ権限）に応じて復元する領域を制御することができる。つまり、サーバは、ユーザ毎に（ユーザ権限）に応じたサービスの提供を行う（サービス提供レベルの制御を行う）ことができる。

40

【0405】

＜その他の例＞

なお、復元画像の非復元領域は、加工してもよい。例えば、その非復元領域に対して、他の画像を合成してもよい。例えば人物の顔部分を非復元領域とする場合、適当なサンプル顔画像をその非復元領域に合成してもよい。このようにすることにより、復元画像が装飾され、例えば非復元領域を黒画像等で表現する場合よりも、復元画像の見栄えの良さの低減を抑制することができる。

【0406】

＜5. 第3の実施の形態＞

＜車載装置＞

50

次に、上述の利用例の内、車載装置の例についてより具体的に説明する。車載装置の構成は、任意であるが、例えば、図 40 に示されるような構成を有してもよい。図 40 は、本技術を適用した画像処理装置の一実施の形態である車載装置の主な構成例を示す図である。図 40 に示される車載装置 500 は、被写体を撮像し、その撮像画像を解析し、その解析結果に基づいて、例えば、アクセル、ブレーキ、ハンドル等の操作（車両の運転に関する操作）を制御したり、ヘッドライトの点灯、方向指示器の操作、空気調整装置や表示装置の操作等、車両設備に関する操作を制御したり、警告・注意喚起・案内等を行ったり、その撮像画像を記録として保存したりすることができる装置である。車載装置 500 は、撮像装置 100 等の場合と同様に、解析される撮像画像として、検出画像に対して復元領域（非復元領域）を設定し、非復元領域を復元しないように、復元画像を復元することができる。

10

#### 【0407】

なお、図 40 においては、処理部やデータの流れ等の主なものを示しており、図 40 に示されるものが全てとは限らない。つまり、車載装置 500 において、図 40 においてブロックとして示されていない処理部が存在したり、図 40 において矢印等として示されていない処理やデータの流れが存在したりしてもよい。

#### 【0408】

図 40 に示されるように、車載装置 500 は、撮像装置 100 の場合と同様に、撮像部 101 乃至復元部 105 等を有する。これらの処理部は、撮像装置 100 の場合と基本的に同様の処理を行う。

20

#### 【0409】

また、車載装置 500 は、センサ部 511 を有する。センサ部 511 は、任意のセンサを有し、被写体や撮像部 101 周辺（すなわち、車両および車両周辺の内の少なくともいずれか一方）に関する任意の情報を検出することができる検出部である。例えば、センサ部 511 は、測距センサ、温度センサ、加速度センサ等のセンサを有することができる。もちろん、これら以外のセンサを有していてもよい。例えば、センサ部 511 が、アクセル、ブレーキ、ハンドル等の操作具合を検出するセンサを有していてもよい。また、センサ部 511 が、その他の設備に対する操作具合を検出するセンサを有していてもよい。さらに、センサ部 511 が、音響センサや衝撃センサ等の、車両の衝突等を検知するセンサを有していてもよい。センサの数は任意であり、単数であってもよいし、複数であってもよい。また、センサ部 511 が検出する情報の数も任意である。例えば、センサ部 511 が複数種類のセンサを有し、複数種類の情報を検出するようにしてもよい。センサ部 511 は、検出した情報をセンサ情報として領域特定部 102 に供給し得る。

30

#### 【0410】

領域特定部 102 は、上述したように、検出画像に対して復元領域（または非復元領域）を設定し、復元領域情報（または非復元領域情報）を生成する。その際、領域特定部 102 は、学習データおよびセンサ情報に基づいて、復元領域（非復元領域）を設定することができる。

#### 【0411】

例えば、領域特定部 102 が、温度センサを用いて検出したセンサ情報（温度分布）に基づいて、被写体が人物であるか否かを判定し、その判定結果に基づいて復元領域（非復元領域）を設定してもよい。また、領域特定部 102 が、加速度センサが検出したセンサ情報（例えば車両速度）に応じて復元領域（非復元領域）を設定してもよい。さらに、領域特定部 102 が、測距センサが検出したセンサ情報（例えば他の車両や障害物との距離）に応じて復元領域（非復元領域）を設定してもよい。

40

#### 【0412】

また、センサ部 511 が検出したアクセル、ブレーキ、ハンドル等の操作具合に基づいて、領域特定部 102 が、アクセル、ブレーキ、ハンドル等の急な操作の検出を行い、その検出結果に応じて復元領域（非復元領域）を設定してもよい。また、センサ部 511 が検出した音や衝撃に基づいて、領域特定部 102 が、復元領域（非復元領域）を設定して

50

もよい。

#### 【0413】

なお、復元領域（非復元領域）の設定は、任意に行うこともできるし、予め用意された所定の選択肢の中から条件に応じたものを選択する（設定を切り替える）ようにしてもよい。例えば、測距センサのセンサ情報に基づいて、他の車両と衝突する可能性が高いと判定された場合、復元領域を切り替えるようにしてもよい。

#### 【0414】

このようにセンサ情報も用いて復元領域（または非復元領域）を設定することにより、領域特定部102は、より正確に復元領域（または非復元領域）を設定することができる。

#### 【0415】

さらに、車載装置500は、解析部512、制御部513、バス520、入力部521、表示部522、記憶部523、記憶媒体524、および通信部525を有する。表示部522乃至通信部525は、情報の出力に関する処理を行うことができるので、出力部530とも称する。

#### 【0416】

解析部512は、復元部105から供給される復元画像（復元領域のみが復元された復元画像）を、バス520を介して取得し得る。解析部512は、その復元領域のみが復元された復元画像を解析し、例えば他の車両、人、障害物等を特定したり、車両の速度や姿勢等を特定したり、温度や明るさ等、車両周辺の状況を特定したりすることができる。解析部512は、その解析結果を、バス520を介して制御部513に供給し得る。

#### 【0417】

制御部513は、解析部512から供給される解析結果を、バス520を介して取得し得る。制御部513は、その解析結果に基づいて、例えばアクセル、ブレーキ、ハンドル等の操作（車両の運転に関する操作）を制御したり、ヘッドライトの点灯、方向指示器の操作、空気調整装置や表示装置の操作等、車両設備に関する操作を制御したり、警告・注意喚起・案内等を行ったり、撮像画像を記録として保存させたりすることができる。

#### 【0418】

入力部521は、例えば、キーボード、マウス、マイクロホン、タッチパネル、入力端子等、任意の入力デバイスを有し、その入力デバイスを介して、ユーザ等の操作により入力された情報や、他の装置から供給された情報等を受け付けることができる。入力部521は、その受け付けた情報を、バス520を介して適宜他の処理部（任意の処理部）に供給することができる。

#### 【0419】

また、復元部105から出力される復元画像（復元領域のみが復元された復元画像）は、バス520を介して、表示部522、記憶部523、または通信部525に供給され得る。

#### 【0420】

表示部522は、例えば、液晶パネルや有機EL(Electro Luminescence)パネル等で構成される、画像表示可能なモニタを有する。表示部522は、例えば、復元部105から供給される復元画像を表示することができる。その他、表示部522は、例えば、メニュー等のGUI(Graphical User Interface)や、車載装置500の設定情報等を表示することができる。さらに、表示部522は、記憶媒体524に記憶されている復元画像を表示することができる。例えば、表示部522は、記憶媒体524に記憶されている復元画像のサムネイル画像を表示することができる。

#### 【0421】

記憶部523は、例えば、半導体メモリ等よりなる記憶媒体524の記憶を制御する。この記憶媒体524は、リムーバブルな記憶媒体であってもよいし、車載装置500に内蔵される記憶媒体であってもよい。例えば、記憶部523は、バス520を介して供給される復元画像を記憶媒体524に記憶させることができる。また、記憶部523は、バス520を介して供給される、互いに対応付けられた検出画像および非復元領域対応復元行

10

20

30

40

50

列を記憶媒体 5 2 4 に記憶させることができる。

【0 4 2 2】

また、例えば、記憶部 5 2 3 は、記憶媒体 5 2 4 に記憶されているデータを読み出し、バス 5 2 0 を介して、他の処理部（例えば、表示部 5 2 2 や通信部 5 2 5 等）に供給することができる。例えば、記憶部 5 2 3 は、記憶媒体から復元画像（またはそのサムネイル画像）を読み出し、バス 5 2 0 を介して表示部 5 2 2 に供給し、表示させることができる。また、例えば、記憶部 5 2 3 は、記憶媒体から復元画像、または、検出画像および非復元領域対応復元行列を読み出し、バス 5 2 0 を介して通信部 5 2 5 に供給し、他の装置宛てに送信させることができる。

【0 4 2 3】

通信部 5 2 5 は、任意の通信方式により、インターネット上のサーバや、有線または無線 LAN 上の他の装置、その他の外部のデバイス等との間で通信を行う。例えば、通信部 5 2 5 は、その通信により、復元部 1 0 5 や記憶部 5 2 3 等からバス 5 2 0 を介して供給される復元画像、または、検出画像および非復元領域対応復元行列を通信相手（外部のデバイス）に送信する。例えば、通信部 5 2 5 は、それらのデータをストリーミング方式やアップロード方式で送信することができる。

【0 4 2 4】

領域特定部 1 0 2 は、復元領域（非復元領域）を特定することにより、復元する領域を制御することができる。したがって、車載装置 5 0 0 は、以上のような構成を有することにより、撮像装置 1 0 0 の場合と同様に、任意の領域を復元しないように、復元画像を復元することができる。

【0 4 2 5】

これにより、車載装置 5 0 0 は、例えば、画像解析や画像保存等において、＜ 4 . 利用例＞において上述したような効果を得ることができる。

【0 4 2 6】

なお、車載装置 5 0 0 のこれらの処理部（撮像部 1 0 1 乃至復元部 1 0 5、センサ部 5 1 1、入力部 5 2 1 乃至通信部 5 2 5）は、それぞれ、任意の構成を有することができる。例えば、各処理部が、上述の処理を実現する論理回路により構成されるようにしてもよい。また、各処理部が、例えば CPU、ROM、RAM 等を有し、それらを用いてプログラムを実行することにより、上述の処理を実現するようにしてもよい。もちろん、各処理部が、その両方の構成を有し、上述の処理の一部を論理回路により実現し、他を、プログラムを実行することにより実現するようにしてもよい。各処理部の構成は互いに独立していてもよく、例えば、一部の処理部が上述の処理の一部を論理回路により実現し、他の一部の処理部がプログラムを実行することにより上述の処理を実現し、さらに他の処理部が論理回路とプログラムの実行の両方により上述の処理を実現するようにしてもよい。

【0 4 2 7】

＜復元画像生成処理の流れ＞

車載装置 5 0 0 が被写体を撮像し、その検出画像から、非復元領域を復元しないように復元画像を復元する復元画像生成処理の流れの例を、図 4 1 のフローチャートを参照して説明する。

【0 4 2 8】

復元画像生成処理が開始されると、車載装置 5 0 0（図 4 0）の撮像部 1 0 1 は、ステップ S 5 5 1 において、撮像素子 1 2 1 を用いて被写体を撮像し、検出画像を生成する。

【0 4 2 9】

ステップ S 5 5 2 において、センサ部 5 1 1 は、センシングを行い、被写体や撮像部 1 0 1 の周辺に関する所定の情報を検出し、センサ情報を生成する。

【0 4 3 0】

ステップ S 5 5 3 において、領域特定部 1 0 2 は、学習データ記憶部 1 0 3 から読み出した学習データと、ステップ S 5 5 2 において得られたセンサ情報とに基づいて、ステップ S 5 5 1 において生成された検出画像から復元領域（または非復元領域）を特定し、そ

10

20

30

40

50

の復元領域を示す復元領域情報（または、非復元領域を示す非復元領域情報）を生成する。

【0431】

ステップS554において、復元行列更新部104は、ステップS553において生成された復元領域情報（または非復元領域情報）に基づいて、検出画像全体に対応する復元行列を更新し、非復元領域対応復元行列を生成する。

【0432】

ステップS555において、復元部105は、ステップS554において生成された非復元領域対応復元行列を用いて、非復元領域を復元しないように、ステップS551において生成された検出画像から復元画像を復元する。

【0433】

ステップS556において、出力部530は、ステップS555において復元領域のみが復元された復元画像を出力する。例えば、表示部522は、その復元画像を表示する。また、記憶部523は、その復元画像のデータを記憶媒体524に記憶させる。さらに、通信部525は、その復元画像のデータを他の装置に送信する。

【0434】

なお、ステップS555の処理を省略し、出力部530が、ステップS556において、ステップS551において生成された検出画像と、ステップS554において生成された非復元領域対応復元行列とを互いに関連付けて出力してもよい。例えば、記憶部523が、その検出画像や非復元領域対応復元行列のデータを記憶媒体524に記憶させてもよい。さらに、通信部525が、その検出画像や非復元領域対応復元行列のデータを他の装置に送信してもよい。

【0435】

ステップS556の処理が終了すると、復元画像生成処理が終了する。

【0436】

以上のように、領域特定部102は、復元領域（非復元領域）を特定することにより、復元する領域を制御することができる。したがって以上のように各処理を実行することにより、車載装置500は、任意の領域を復元しないように、復元画像を復元することができる。これにより、車載装置500は、例えば、＜4. 利用例＞において上述したような効果を得ることができる。

【0437】

＜6. 第4の実施の形態＞

＜撮像素子の他の構成例＞

以上においては撮像素子121の例について説明したが、撮像素子121は、複数の画素出力単位を有し、その複数の画素出力単位のうち、少なくとも2つの画素出力単位の間で、被写体からの入射光の入射角に対する特性が互いに異なっていればよく、その構成は任意である。

【0438】

例えば、変調素子としてランダムな白黒パターンマスクまたは光干渉マスクを用いて、撮像素子121の撮像面に入射される光を白黒パターンまたは光の干渉に応じて変調してもよい。

【0439】

図42は、撮像素子の他の構成を示している。撮像素子821は、撮像素子822の撮像面IPに対して所定間隔を有するようにマスク823が撮像素子822に固定されており、被写体面OPからの光は、マスク823で変調されたのち撮像素子822の撮像面IPに入射するように構成されている。

【0440】

図43は、白黒パターンマスクを用いた場合を示している。図43のAは、白黒パターンマスクを例示している。白黒パターンマスク823BWは、光を透過する白パターン部と光を遮光する黒パターン部をランダムに配置した構成であり、パターンサイズは撮像素子822の画素サイズと独立に設定されている。図43のBは点光源PAから出射された

10

20

30

40

50

光と点光源 P B から出射された光について、撮像素子 I P に対する照射状態を模式的に示している。また、図 4 3 の B には、白黒パターンマスク 8 2 3 B W を用いた場合の撮像素子の応答の例も、点光源 P A から出射された光と点光源 P B から出射された光について個々に模式的に示している。被写体面 O P からの光は、白黒パターンマスク 8 2 3 B W で変調されたのち撮像素子 8 2 2 の撮像素子 I P に入射する。したがって、被写体面 O P の点光源 P A から出射された光に対応する撮像素子の応答は S b w a となる。また、被写体面 O P の点光源 P B から出射された光に対応する撮像素子の応答は S b w b となる。したがって、撮像素子 8 2 2 から出力される画素出力情報は、画素出力単位毎に各点光源の応答を合成した情報となる。

#### 【0 4 4 1】

図 4 4 は、光干渉マスクを用いた場合を示している。図 4 4 の A に示すように、被写体面 O P の点光源 P A , P B から出射された光は、光干渉マスク 8 2 3 L F を介して撮像素子 8 2 2 の撮像素子 I P に照射される。光干渉マスク 8 2 3 L F の例えば光入射面には、図 4 4 の B に示すように波長程度の凹凸が設けられている。また、光干渉マスク 8 2 3 L F は、鉛直方向から照射された特定波長の光の透過が最大となる。被写体面 O P の点光源 P A , P B から出射された特定波長の光の光干渉マスク 8 2 3 L F に対する入射角の変化（鉛直方向に対する傾き）が大きくなると光路長が変化する。ここで、光路長が半波長の奇数倍であるときは光が弱めあい、半波長の偶数倍であるときは光が強めあう。すなわち、点光源 P A , P B から出射されて光干渉マスク 8 2 3 L F を透過した特定波長の透過光の強度は、図 4 4 の C に示すように、光干渉マスク 8 2 3 L F に対する入射角に応じて変調されて撮像素子 8 2 2 の撮像素子 I P に入射する。したがって、撮像素子 8 2 2 から出力される画素出力情報は、画素出力単位毎に各点光源の変調後の光強度を合成した情報となる。

#### 【0 4 4 2】

また、マスク 8 2 3 は、図 4 3 に示す黒パターンを  $\lambda / 2$  波長板（ $\lambda$  は波長）としてマスクの表面と裏面に等しい偏光方向で直線偏光素子を設ける構成としてもよい。この場合、点光源から波長  $\lambda$  の光を出射すれば、 $\lambda / 2$  波長板を透過した偏光は偏光面が回転されることから白パターン部分に比べて光量が減少することになり、図 4 3 の場合と同様に画素出力情報を生成できる。なお、点光源から出射する特定波長の光として、例えば遠赤外光を用いるようにすれば、撮像領域が暗くとも撮像領域の被写体に応じた画素出力情報を生成できる。

#### 【0 4 4 3】

ただし、これらの構成の場合、撮像素子にマスク等の他の構成を付加する必要があるので、上述した撮像素子 1 2 1（図 3）の方が、より小型化することができる。

#### 【0 4 4 4】

撮像素子 1 2 1 は、図 5 を参照して説明したような構成、図 6 を参照して説明したような構成、図 4 2 や図 4 3 を参照して説明したような構成、または、図 4 4 を参照して説明したような構成のいずれかの構成を有していればよい。つまり、撮像素子 1 2 1 が、これらのいずれかの構成を有していれば、それらまたはそれらを有する装置等に、本技術を適用することができる。つまり、撮像素子 1 2 1 は、撮像レンズおよびピンホールのいずれも介さずに入射する入射光を受光する複数の画素出力単位を備え、その複数の画素出力単位のうちの少なくとも 2 つの画素出力単位の出力画素値の、被写体からの入射光に対する入射角指向性が、互いに異なる特性となるようにするための構成を有するものであればよい。

#### 【0 4 4 5】

また、撮像素子 1 2 1 は、図 5 を参照して説明したような構成、または、図 6 を参照して説明したような構成を有していればよい。つまり、撮像素子 1 2 1 が、これらのいずれかの構成を有していれば、それらまたはそれらを有する装置等に、本技術を適用することができる。つまり、撮像素子 1 2 1 の複数の画素出力単位が、その出力画素値の入射角指向性を画素出力単位毎に独立に設定可能な構成を有するようにしてもよい。

#### 【0 4 4 6】

例えば、撮像素子１２１は、図５を参照して説明したような構成を有していればよい。つまり、撮像素子１２１が、このような構成を有していれば、それらまたはそれらを有する装置等に、本技術を適用することができる。つまり、撮像素子１２１の複数の画素出力単位が、その被写体からの入射光に対する入射角指向性を画素出力単位毎に独立に設定可能な構成を有するようにしてもよい。

【０４４７】

また例えば、撮像素子１２１は、図６を参照して説明したような構成を有していればよい。つまり、撮像素子１２１が、このような構成を有していれば、その撮像素子１２１またはその撮像素子１２１を有する装置等に、本技術を適用することができる。つまり、撮像素子１２１の複数の画素出力単位が、出力に寄与するPD（Photo Diode）を互いに異ならせることで、出力画素値の入射角指向性を画素出力単位毎に独立に設定し得るようにしてもよい。

【０４４８】

< ７．付記 >

< コンピュータ >

上述した一連の処理は、ハードウェアにより実行させることもできるし、ソフトウェアにより実行させることもできる。一連の処理をソフトウェアにより実行する場合には、そのソフトウェアを構成するプログラムが、コンピュータにインストールされる。ここでコンピュータには、専用のハードウェアに組み込まれているコンピュータや、各種のプログラムをインストールすることで、各種の機能を実行することが可能な、例えば汎用のパーソナルコンピュータ等が含まれる。

【０４４９】

図４５は、上述した一連の処理をプログラムにより実行するコンピュータのハードウェアの構成例を示すブロック図である。

【０４５０】

図４５に示されるコンピュータ９００において、CPU（Central Processing Unit）９０１、ROM（Read Only Memory）９０２、RAM（Random Access Memory）９０３は、バス９０４を介して相互に接続されている。

【０４５１】

バス９０４にはまた、入出力インタフェース９１０も接続されている。入出力インタフェース９１０には、入力部９１１、出力部９１２、記憶部９１３、通信部９１４、およびドライブ９１５が接続されている。

【０４５２】

入力部９１１は、例えば、キーボード、マウス、マイクロホン、タッチパネル、入力端子などよりなる。出力部９１２は、例えば、ディスプレイ、スピーカ、出力端子などよりなる。記憶部９１３は、例えば、ハードディスク、RAMディスク、不揮発性のメモリなどよりなる。通信部９１４は、例えば、ネットワークインタフェースよりなる。ドライブ９１５は、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、または半導体メモリなどのリムーバブル記録媒体９２１を駆動する。

【０４５３】

以上のように構成されるコンピュータでは、CPU９０１が、例えば、記憶部９１３に記憶されているプログラムを、入出力インタフェース９１０およびバス９０４を介して、RAM９０３にロードして実行することにより、上述した一連の処理が行われる。RAM９０３にはまた、CPU９０１が各種の処理を実行する上において必要なデータなども適宜記憶される。

【０４５４】

コンピュータが実行するプログラムは、例えば、パッケージメディア等としてのリムーバブル記録媒体９２１に記録して適用することができる。その場合、プログラムは、リムーバブル記録媒体９２１をドライブ９１５に装着することにより、入出力インタフェース９１０を介して、記憶部９１３にインストールすることができる。

## 【0455】

また、このプログラムは、ローカルエリアネットワーク、インターネット、デジタル衛星放送といった、有線または無線の伝送媒体を介して提供することもできる。その場合、プログラムは、通信部914で受信し、記憶部913にインストールすることができる。

## 【0456】

その他、このプログラムは、ROM902や記憶部913に、あらかじめインストールしておくこともできる。

## 【0457】

## &lt;本技術の適用対象&gt;

なお、本技術を適用したシステム、装置、処理部等は、例えば、交通、医療、防犯、農業、畜産業、鉱業、美容、工場、家電、気象、自然監視等、任意の分野に利用することができる。また、その用途も任意である。

10

## 【0458】

例えば、本技術は、観賞用コンテンツ等の提供の用に供されるシステムやデバイスに適用することができる。また、例えば、本技術は、交通状況の監理や自動運転制御等、交通の用に供されるシステムやデバイスにも適用することができる。さらに、例えば、本技術は、セキュリティの用に供されるシステムやデバイスにも適用することができる。また、例えば、本技術は、機械等の自動制御の用に供されるシステムやデバイスに適用することができる。さらに、例えば、本技術は、農業や畜産業の用に供されるシステムやデバイスにも適用することができる。また、本技術は、例えば火山、森林、海洋等の自然の状態や野生生物等を監視するシステムやデバイスにも適用することができる。さらに、例えば、本技術は、スポーツの用に供されるシステムやデバイスにも適用することができる。

20

## 【0459】

## &lt;その他&gt;

本技術の実施の形態は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本技術の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

## 【0460】

例えば、本技術は、装置またはシステムを構成するあらゆる構成、例えば、システムLSI (Large Scale Integration) 等としてのプロセッサ、複数のプロセッサ等を用いるモジュール、複数のモジュール等を用いるユニット、ユニットにさらにその他の機能を付加したセット等（すなわち、装置の一部の構成）として実施することもできる。

30

## 【0461】

また、上述した各処理部は、任意の構成により実現することができる。例えば、回路、LSI、システムLSI、プロセッサ、モジュール、ユニット、セット、デバイス、装置、またはシステム等により構成されるようにしてもよい。また、それらを複数組み合わせるようにしてもよい。その際、例えば、複数の回路、複数のプロセッサ等のように同じ種類の構成を組み合わせるようにしてもよいし、回路とLSI等のように異なる種類の構成を組み合わせるようにしてもよい。

## 【0462】

なお、本明細書において、システムとは、複数の構成要素（装置、モジュール（部品）等）の集合を意味し、全ての構成要素が同一筐体中にあるか否かは問わない。したがって、別個の筐体に収納され、ネットワークを介して接続されている複数の装置、および、1つの筐体の中に複数のモジュールが収納されている1つの装置は、いずれも、システムである。

40

## 【0463】

また、例えば、1つの装置（または処理部）として説明した構成を分割し、複数の装置（または処理部）として構成するようにしてもよい。逆に、以上において複数の装置（または処理部）として説明した構成をまとめて1つの装置（または処理部）として構成されるようにしてもよい。また、各装置（または各処理部）の構成に上述した以外の構成を付加するようにしてももちろんよい。さらに、システム全体としての構成や動作が実質的に

50

同じであれば、ある装置（または処理部）の構成の一部を他の装置（または他の処理部）の構成に含めるようにしてもよい。

【0464】

また、例えば、本技術は、1つの機能を、ネットワークを介して複数の装置で分担、共同して処理するクラウドコンピューティングの構成をとることができる。例えば、コンピュータ、AV（Audio Visual）機器、携帯型情報処理端末、IoT（Internet of Things）デバイス等の任意の端末に対して、撮像画像（動画像）に関するサービスを提供するクラウドサービスに適用することもできる。

【0465】

また、例えば、上述したプログラムは、任意の装置において実行することができる。その場合、その装置が、必要な機能（機能ブロック等）を有し、必要な情報を得ることができるようにすればよい。

【0466】

また、例えば、上述のフローチャートで説明した各ステップは、1つの装置で実行する他、複数の装置で分担して実行することができる。さらに、1つのステップに複数の処理が含まれる場合には、その1つのステップに含まれる複数の処理は、1つの装置で実行する他、複数の装置で分担して実行することができる。換言するに、1つのステップに含まれる複数の処理を、複数のステップの処理として実行することもできる。逆に、複数のステップとして説明した処理を1つのステップとしてまとめて実行することもできる。

【0467】

コンピュータが実行するプログラムは、プログラムを記述するステップの処理が、本明細書で説明する順序に沿って時系列に実行されるようにしても良いし、並列に、あるいは呼び出しが行われたとき等の必要なタイミングで個別に実行されるようにしても良い。つまり、矛盾が生じない限り、各ステップの処理が上述した順序と異なる順序で実行されるようにしてもよい。さらに、このプログラムを記述するステップの処理が、他のプログラムの処理と並列に実行されるようにしても良いし、他のプログラムの処理と組み合わせて実行されるようにしても良い。

【0468】

本明細書において複数説明した本技術は、矛盾が生じない限り、それぞれ独立に単体で実施することができる。もちろん、任意の複数の本技術を併用して実施することもできる。例えば、いずれかの実施の形態において説明した本技術の一部または全部を、他の実施の形態において説明した本技術の一部または全部と組み合わせて実施することもできる。また、上述した任意の本技術の一部または全部を、上述していない他の技術と併用して実施することもできる。

【0469】

本技術は以下のような構成も取ることができる。

（１） 撮像レンズおよびピンホールのいずれも介さずに入射する入射光を受光する複数の画素を備え、前記複数の画素のうちの少なくとも2つの前記画素の出力画素値の、被写体からの入射光に対する入射角指向性が、互いに異なる特性となるようにするための構成を有する撮像素子において得られた検出画像の領域の内の、復元行列を用いて復元画像を復元する復元領域を特定する領域特定部

を備える画像処理装置。

（２） 前記復元領域は、前記復元画像における予め登録された被写体を含む領域かそれ以外の部分の領域に対応する前記検出画像の部分領域である

（１）に記載の画像処理装置。

（３） 前記復元領域は、前記復元画像における前記被写体の予め登録された部位を含む領域かそれ以外の部分の領域に対応する前記検出画像の部分領域である

（２）に記載の画像処理装置。

（４） 前記復元領域は、前記復元画像における人物の顔を含む領域かそれ以外の部分の領域に対応する前記検出画像の部分領域である

10

20

30

40

50

(3) に記載の画像処理装置。

(5) 前記復元領域は、前記復元画像における予め登録された人物を含む領域かそれ以外の部分の領域に対応する前記検出画像の部分領域である

(2) 乃至 (4) のいずれかに記載の画像処理装置。

(6) 前記復元領域は、前記復元画像における予め登録された条件を満たす被写体を含む領域かそれ以外の部分の領域に対応する前記検出画像の部分領域である

(1) 乃至 (5) のいずれかに記載の画像処理装置。

(7) 前記復元領域は、前記検出画像の予め登録された位置および大きさの部分領域である

(1) 乃至 (6) のいずれかに記載の画像処理装置。

10

(8) 前記検出画像と、前記検出画像に対応する前記復元領域の情報とを教師データとする学習結果を記憶する学習結果記憶部をさらに備え、

前記領域特定部は、前記学習結果記憶部に記憶されている前記学習結果に基づいて、前記検出画像の前記復元領域を特定する

(1) 乃至 (7) のいずれかに記載の画像処理装置。

(9) 前記検出画像から前記領域特定部により特定された前記復元領域の復元画像のみを復元するのに用いられる部分復元行列を設定する部分復元行列設定部をさらに備える

(1) 乃至 (8) のいずれかに記載の画像処理装置。

(10) 前記部分復元行列設定部は、前記検出画像全体に対応する復元行列である全体復元行列の係数の内の、前記復元領域に対応しない係数を予め登録された値にすることにより、前記部分復元行列を設定する

20

(9) に記載の画像処理装置。

(11) 前記部分復元行列設定部は、前記検出画像全体に対応する復元行列である全体復元行列の係数の内の、前記復元領域に対応しない係数を削除することにより、前記部分復元行列を設定する

(9) または (10) に記載の画像処理装置。

(12) 前記部分復元行列設定部により設定された前記部分復元行列を用いて、前記検出画像から前記復元領域の復元画像を復元する復元部をさらに備える

(9) 乃至 (11) のいずれかに記載の画像処理装置。

(13) 前記撮像素子をさらに備える

30

(1) 乃至 (12) のいずれかに記載の画像処理装置。

(14) 前記複数の画素出力単位は、前記出力画素値の前記入射角指向性を前記画素出力単位毎に独立に設定可能な構成を有する

(13) に記載の画像処理装置。

(15) 前記複数の画素出力単位は、前記被写体からの入射光に対する入射角指向性を前記画素出力単位毎に独立に設定可能な構成を有する

(13) または (14) に記載の画像処理装置。

(16) 前記複数の画素出力単位は、出力に寄与するPD (Photo Diode) を互いに異ならせることで、前記出力画素値の前記入射角指向性を前記画素出力単位毎に独立に設定し得る

40

(13) 乃至 (15) のいずれかに記載の画像処理装置。

(17) 車両および車両周辺の内の少なくともいずれか一方の情報を検出する検出部をさらに備え、

前記領域特定部は、前記検出部により検出された前記情報を用いて、前記撮像素子において得られた前記検出画像の前記復元領域を特定する

(13) 乃至 (16) のいずれかに記載の画像処理装置。

(18) 前記領域特定部は、前記検出部により検出された前記車両の速度に応じて前記復元領域を特定する

(17) に記載の画像処理装置。

(19) 前記領域特定部は、前記検出部により検出された画角内に閾値よりも高速に

50

進入する障害物や予め定められた方向に進入する障害物を含む部分領域を前記復元領域として特定する

(17)に記載の画像処理装置。

(20) 前記領域特定部は、前記復元画像の提供先に応じて前記復元領域を特定する

(1)乃至(19)のいずれかに記載の画像処理装置。

(21) 前記領域特定部は、ユーザの権限に応じて前記復元領域を特定する

(1)乃至(20)のいずれかに記載の画像処理装置。

(22) 撮像レンズおよびピンホールのいずれも介さずに入射する入射光を受光する複数の画素出力単位を備え、前記複数の画素出力単位のうちの少なくとも2つの前記画素出力単位の出力画素値の、被写体からの入射光に対する入射角指向性が、互いに異なる特性となるようにするための構成を有する撮像素子において得られた検出画像の、復元行列を用いて復元画像を復元する復元領域を特定する

画像処理方法。

(23) コンピュータを、

撮像レンズおよびピンホールのいずれも介さずに入射する入射光を受光する複数の画素出力単位を備え、前記複数の画素出力単位のうちの少なくとも2つの前記画素出力単位の出力画素値の、被写体からの入射光に対する入射角指向性が、互いに異なる特性となるようにするための構成を有する撮像素子において得られた検出画像の、復元行列を用いて復元画像を復元する復元領域を特定する領域特定部

として機能させるプログラム。

(24) 撮像装置と画像処理装置とを備え、

前記撮像装置が、

撮像レンズおよびピンホールのいずれも介さずに入射する入射光を受光する複数の画素出力単位を備え、前記複数の画素出力単位のうちの少なくとも2つの前記画素出力単位の出力画素値の、被写体からの入射光に対する入射角指向性が、互いに異なる特性となるようにするための構成を有する撮像素子

を備え、

前記画像処理装置が、

前記撮像素子において得られた検出画像の、復元行列を用いて復元画像を復元する復元領域を特定する領域特定部

を備える画像処理システム。

【符号の説明】

【0470】

100 撮像装置, 101 撮像部, 102 領域特定部, 103 学習データ記憶部, 104 復元行列更新部, 105 復元部, 121 撮像素子, 400 画像処理システム, 401 撮像装置, 402 画像処理装置, 410 画像処理システム, 411 撮像装置, 412 画像処理装置, 413 復元装置, 420 画像処理システム, 421 撮像装置, 422 画像処理装置, 423 復元装置, 430 画像処理システム, 431 撮像装置, 432 復元装置, 440 画像処理システム, 441 撮像装置, 442 復元装置, 500 車載装置, 511 センサ部, 520 バス, 521 入力部, 522 表示部, 523 記憶部, 524 記憶媒体, 525 通信部, 530 出力部

10

20

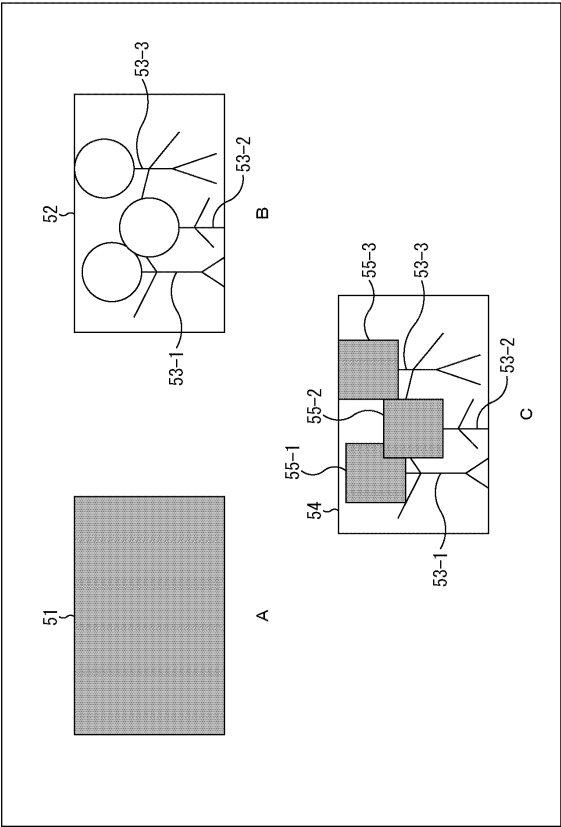
30

40

50

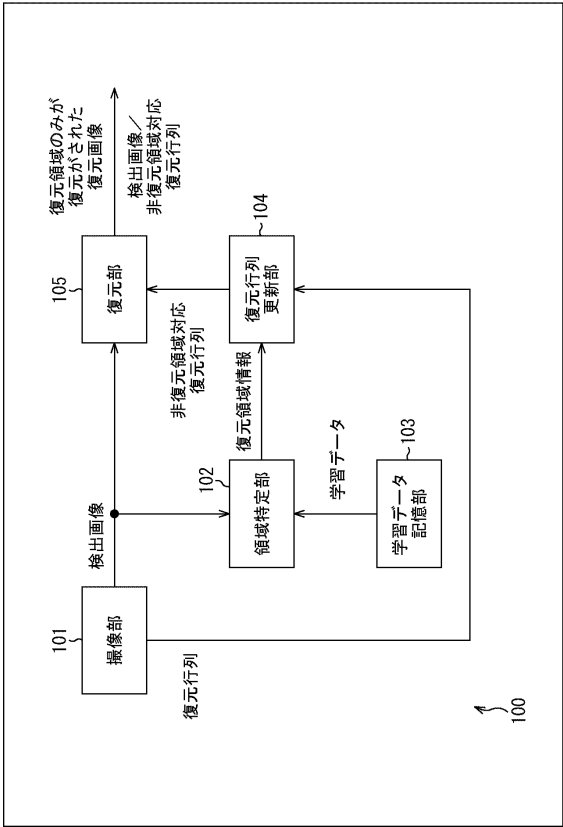
【図面】  
【図 1】

FIG. 1



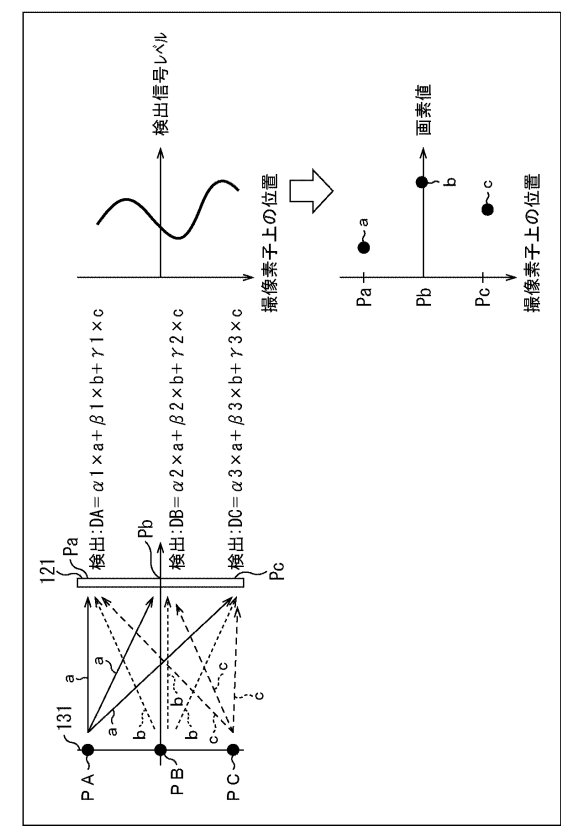
【図 2】

FIG. 2



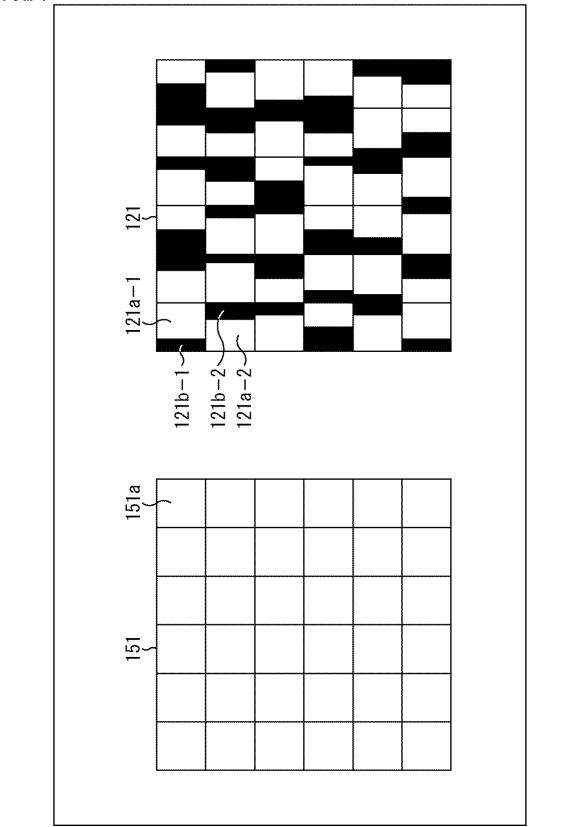
【図 3】

FIG. 3



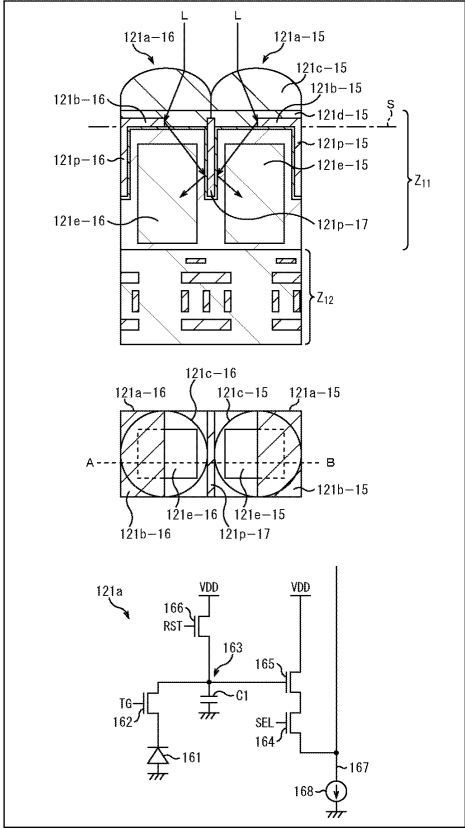
【図 4】

FIG. 4



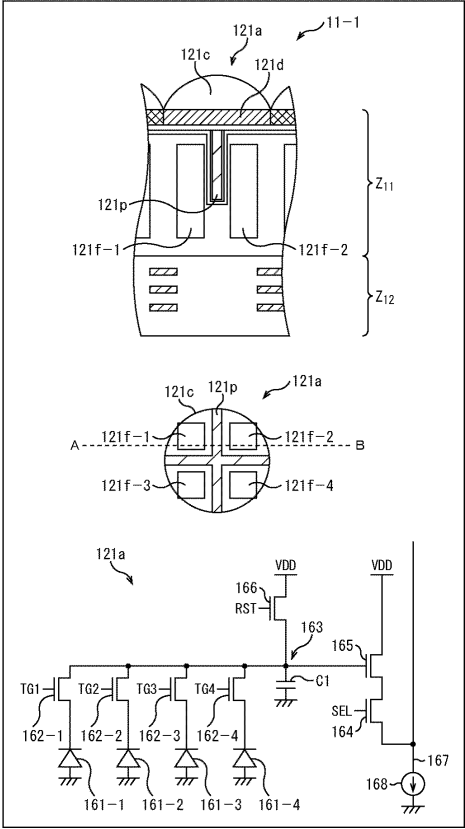
【図 5】

FIG. 5



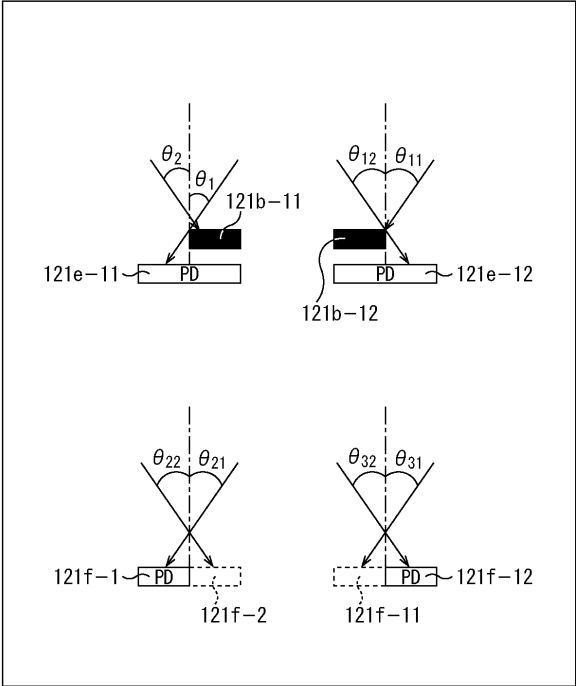
【図 6】

FIG. 6



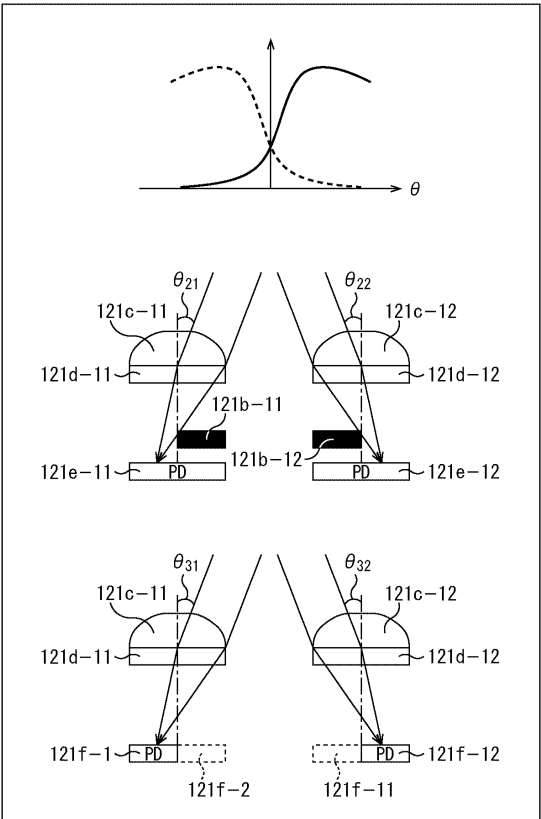
【図 7】

FIG. 7



【図 8】

FIG. 8



10

20

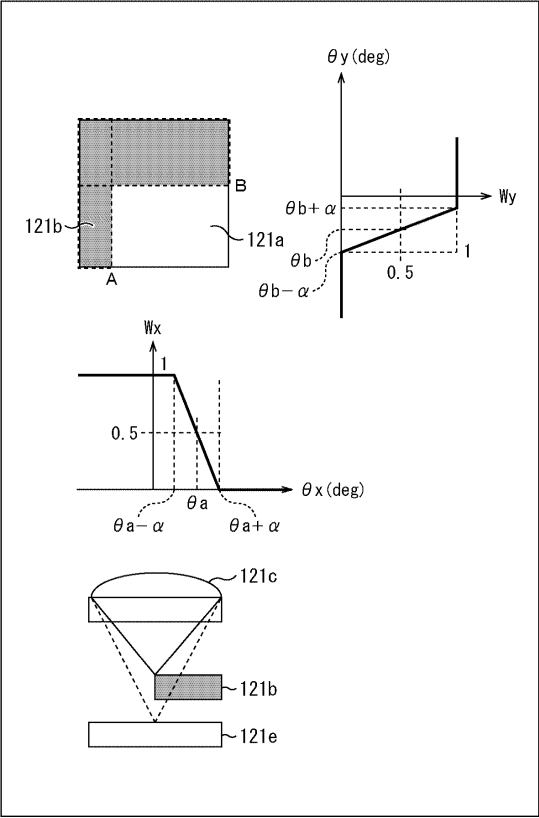
30

40

50

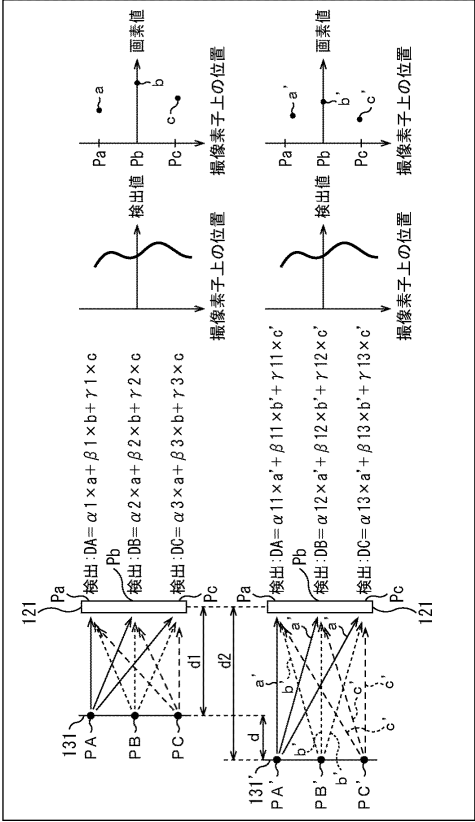
【図 9】

FIG. 9



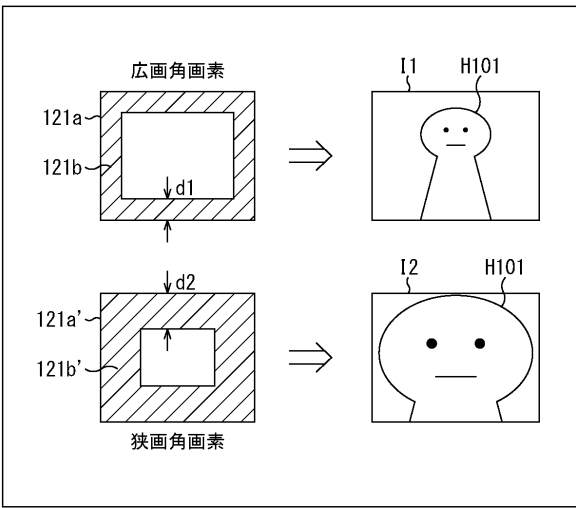
【図 10】

FIG. 10



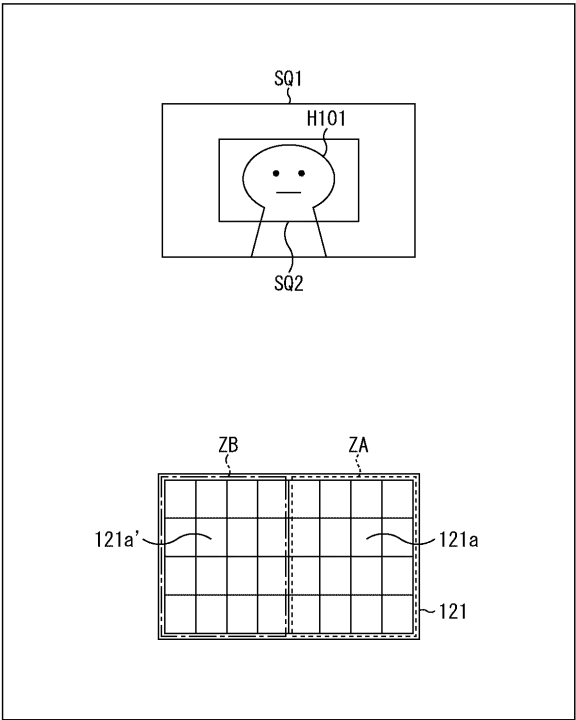
【図 11】

FIG. 11



【図 12】

FIG. 12



10

20

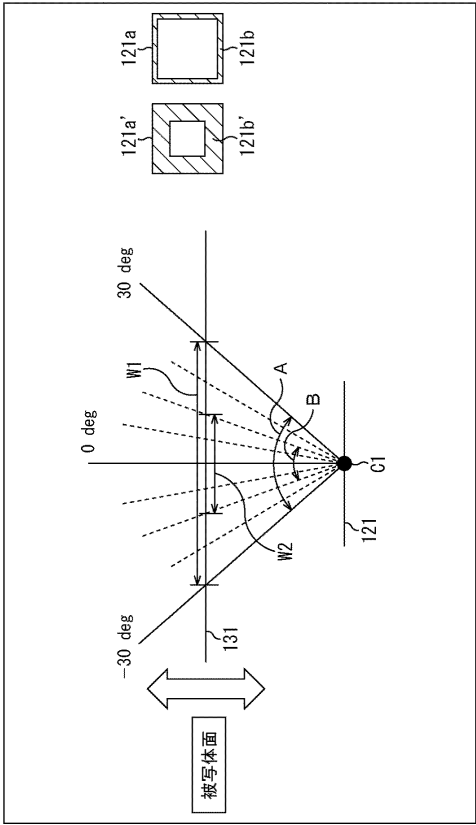
30

40

50

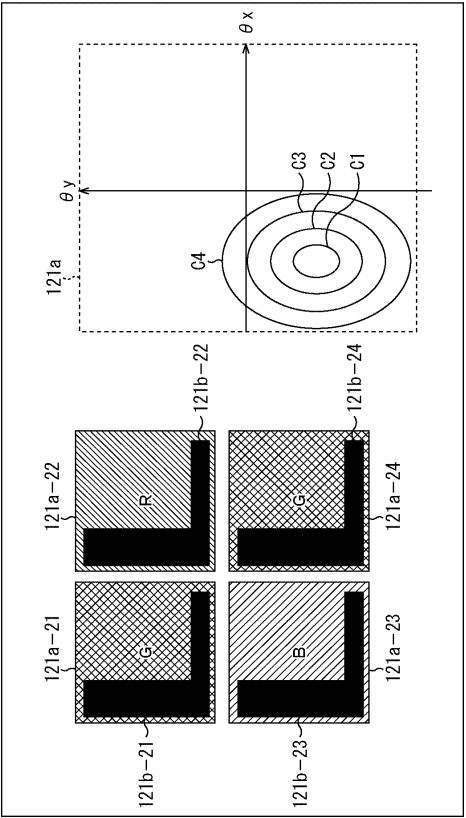
【図 13】

FIG. 13



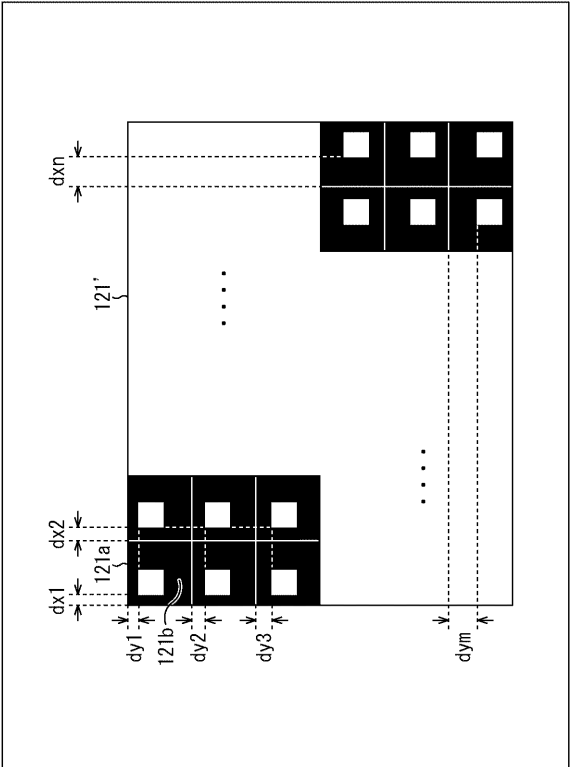
【図 14】

FIG. 14



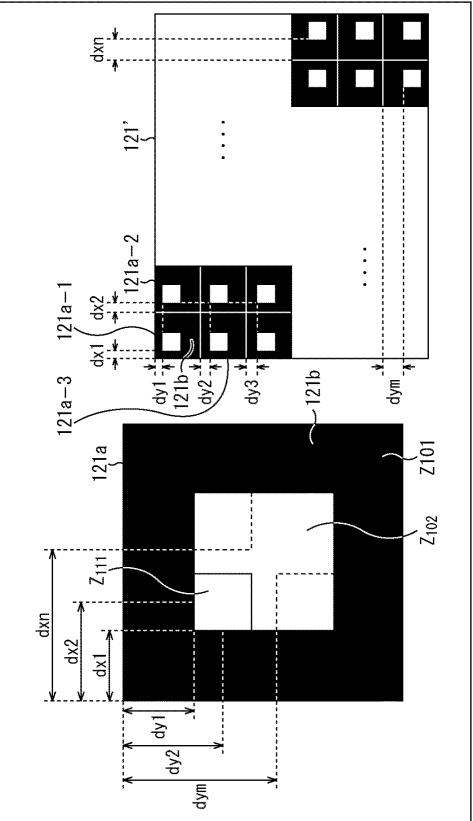
【図 15】

FIG. 15



【図 16】

FIG. 16



10

20

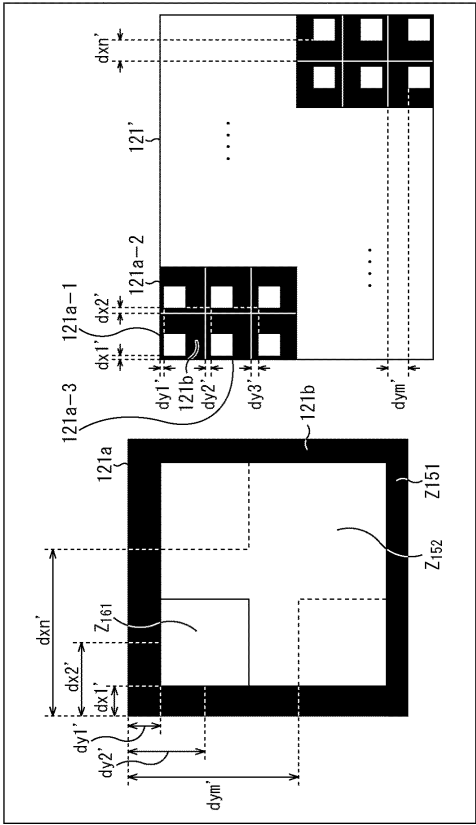
30

40

50

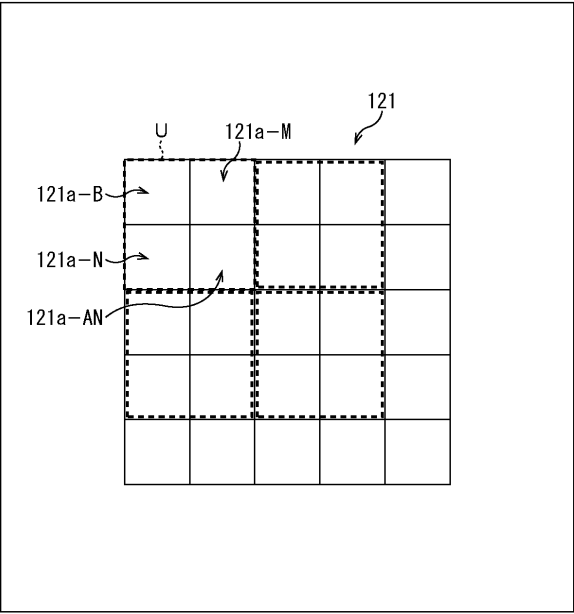
【図 17】

FIG. 17



【図 18】

FIG. 18

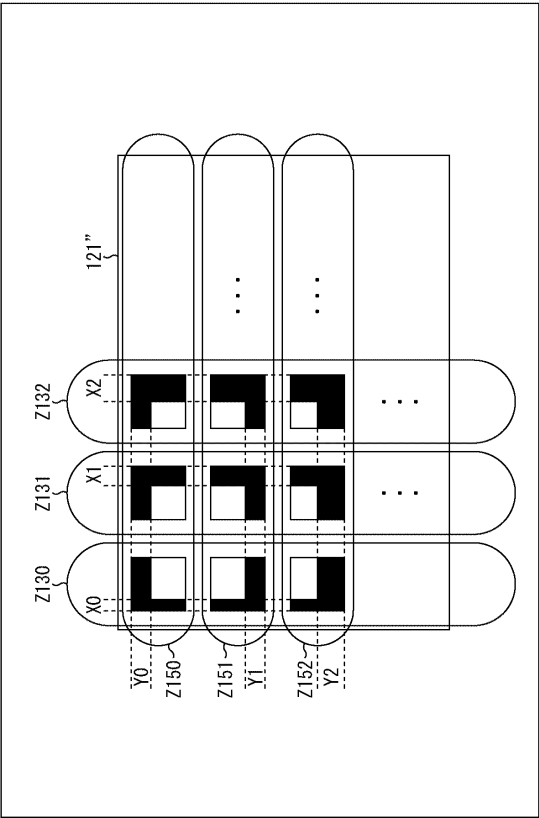


10

20

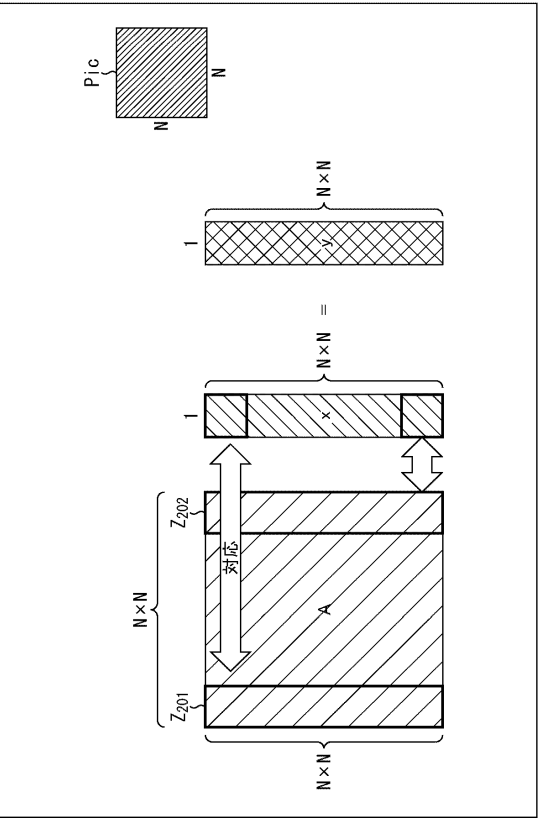
【図 19】

FIG. 19



【図 20】

FIG. 20



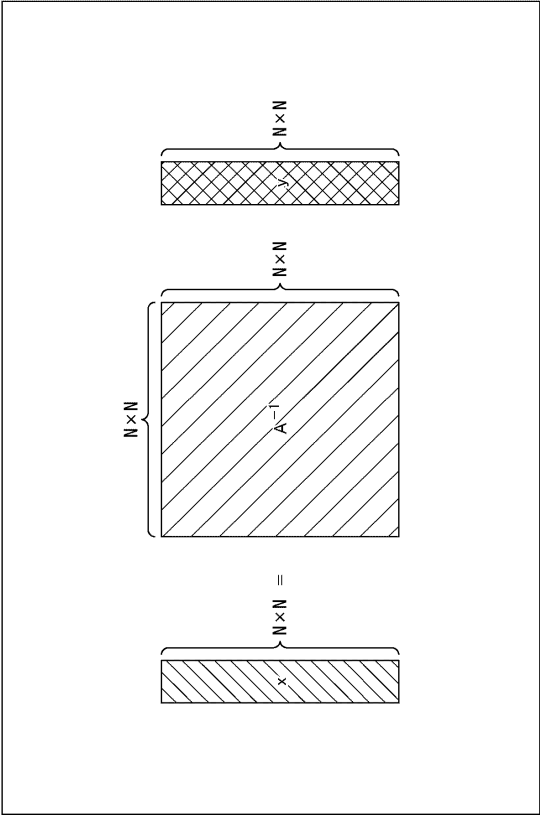
30

40

50

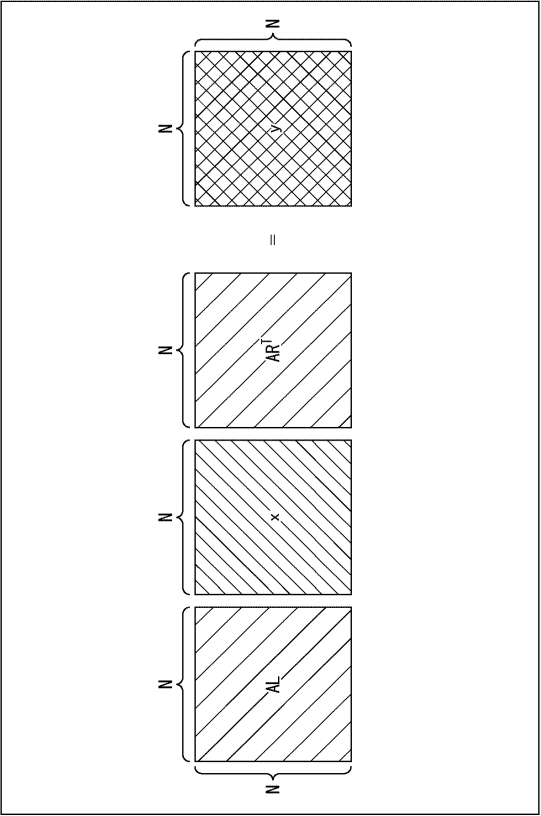
【図 2 1】

FIG. 21



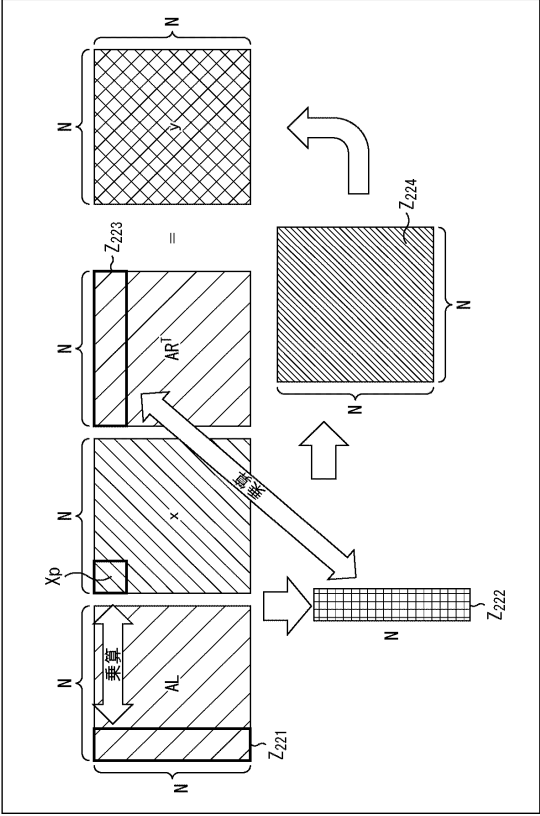
【図 2 2】

FIG. 22



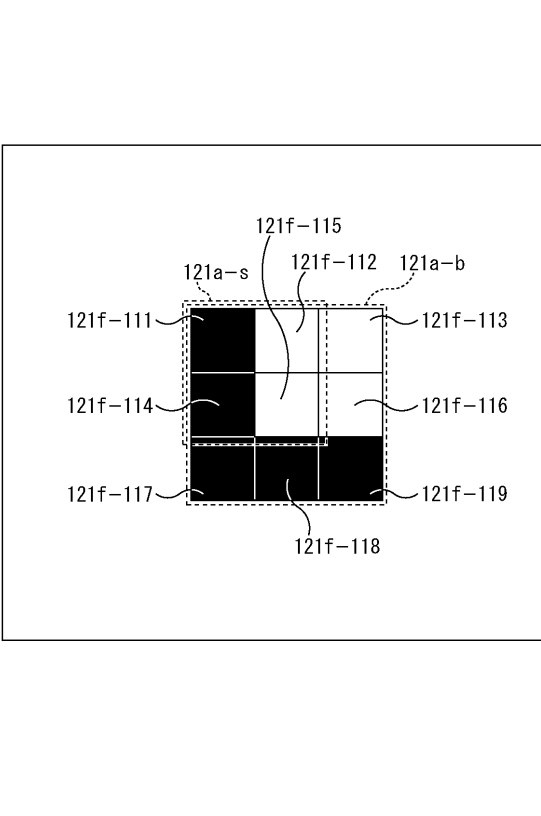
【図 2 3】

FIG. 23



【図 2 4】

FIG. 24



10

20

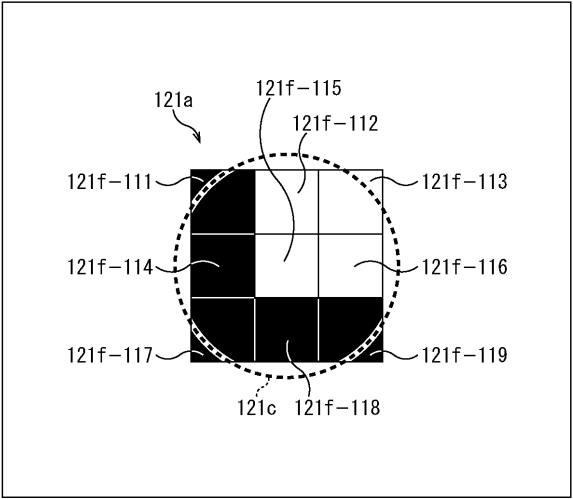
30

40

50

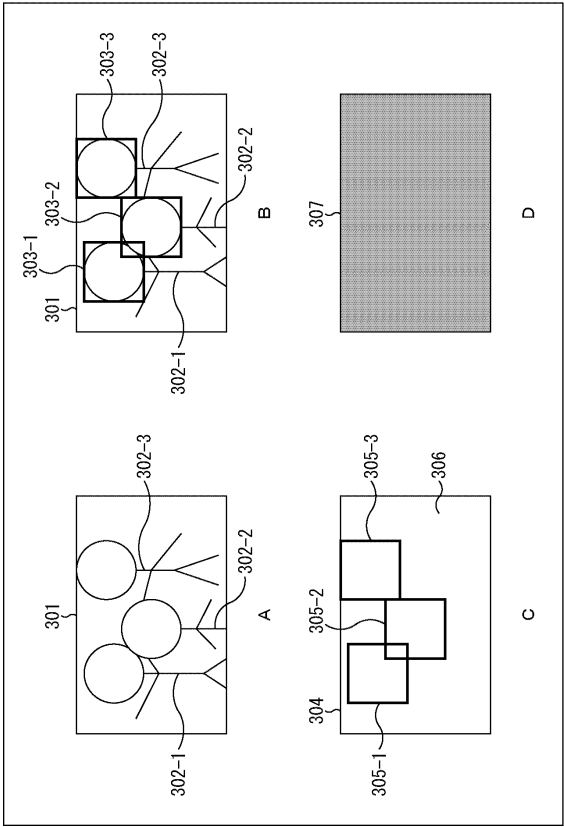
【図 25】

FIG. 25



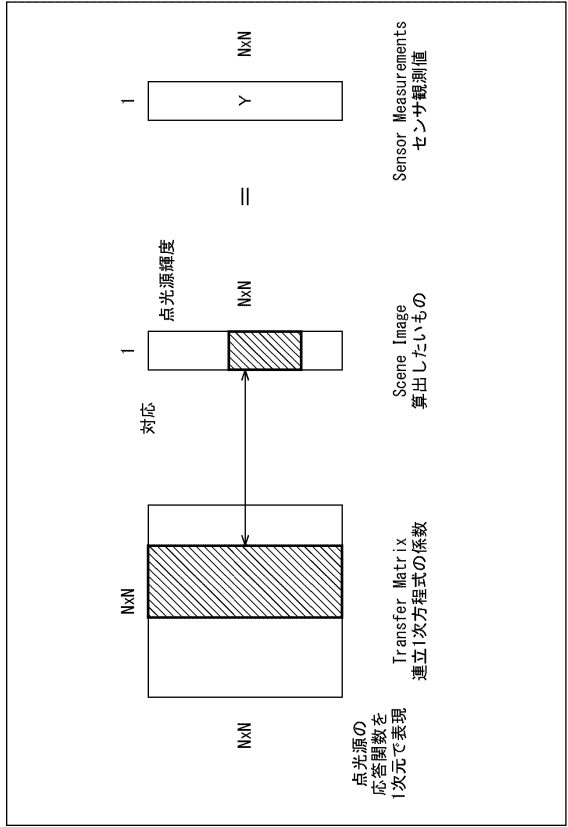
【図 26】

FIG. 26



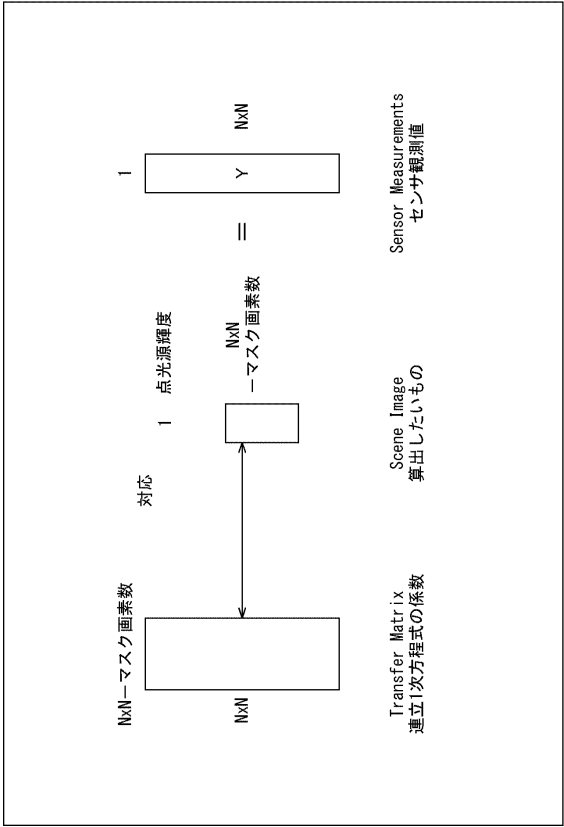
【図 27】

FIG. 27

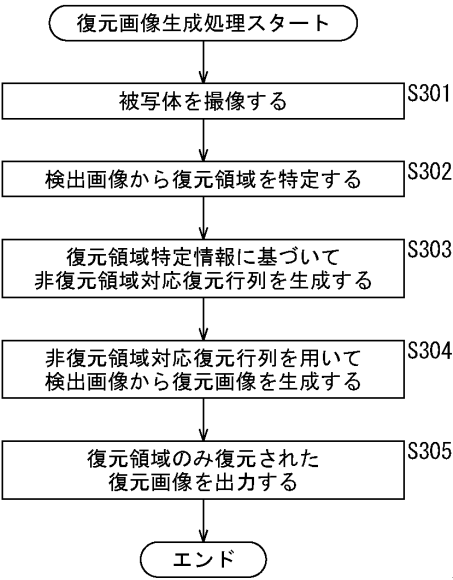


【図 28】

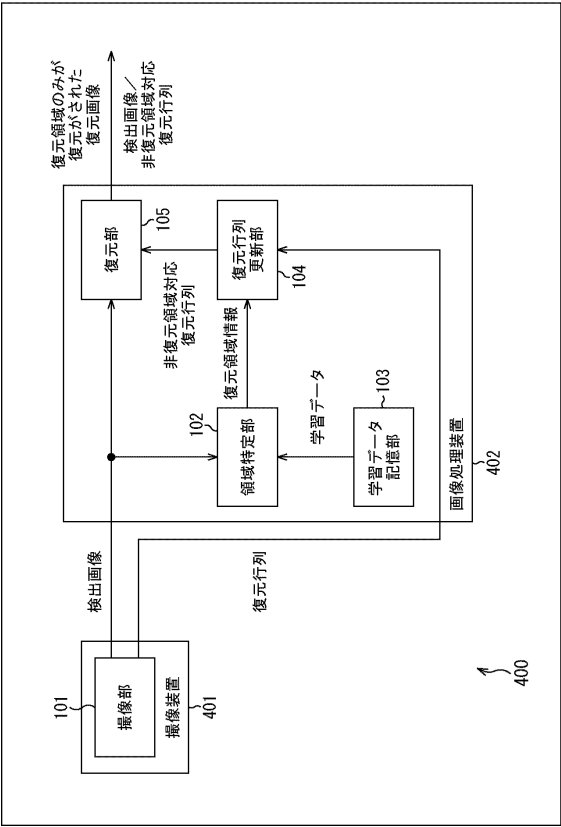
FIG. 28



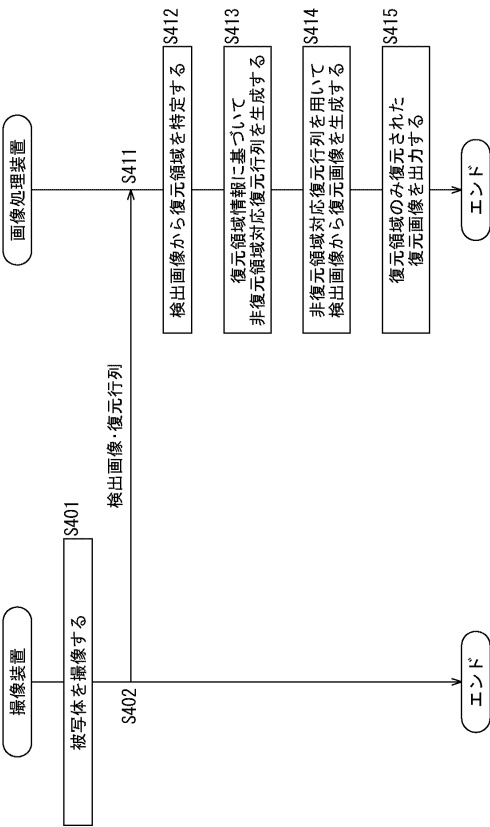
【図 29】  
FIG. 29



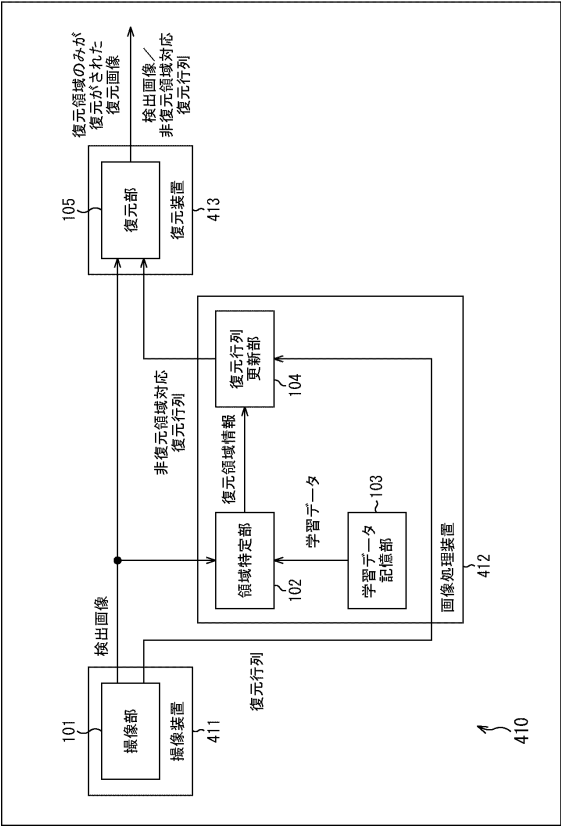
【図 30】  
FIG. 30



【図 31】  
FIG. 31

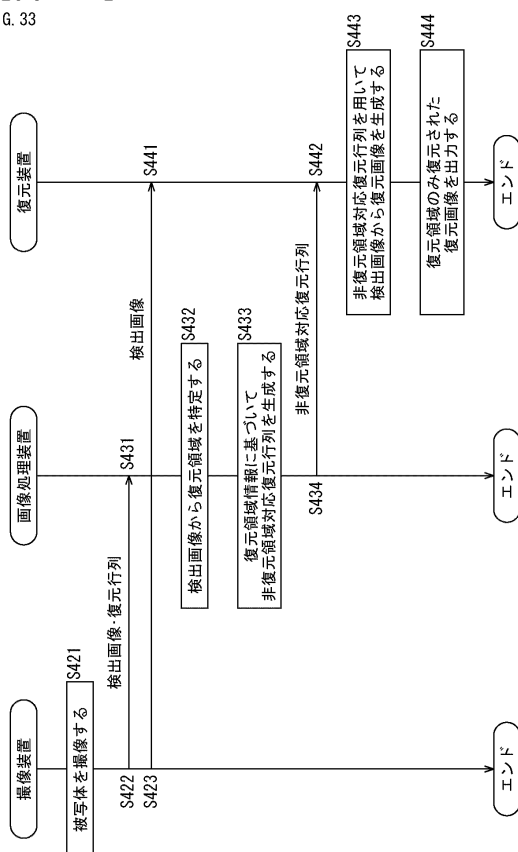


【図 32】  
FIG. 32



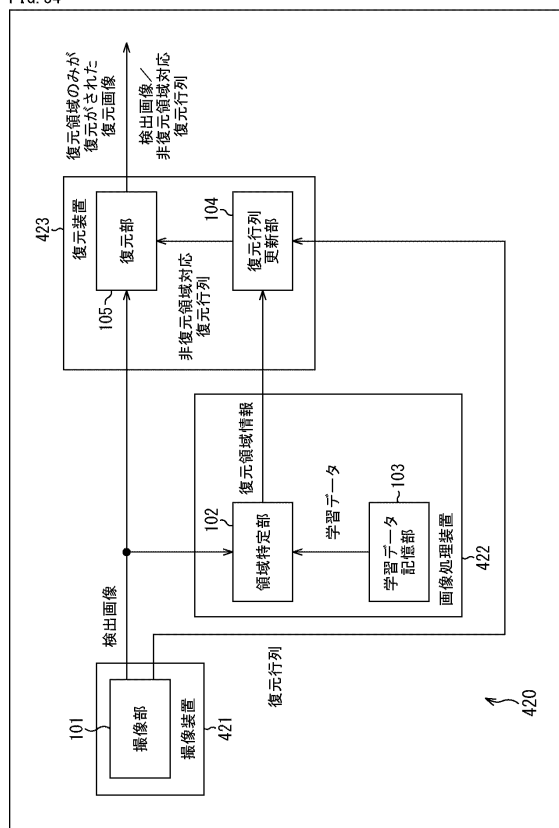
【図 3 3】

FIG. 33



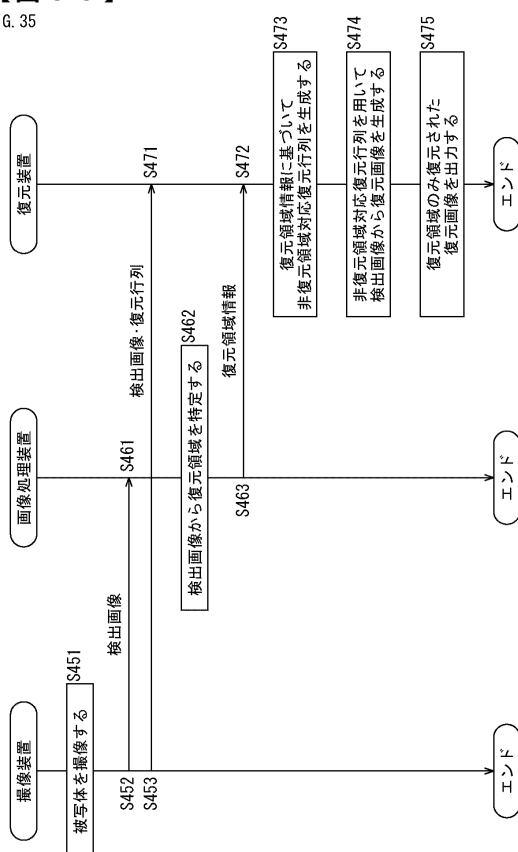
【図 3 4】

FIG. 34



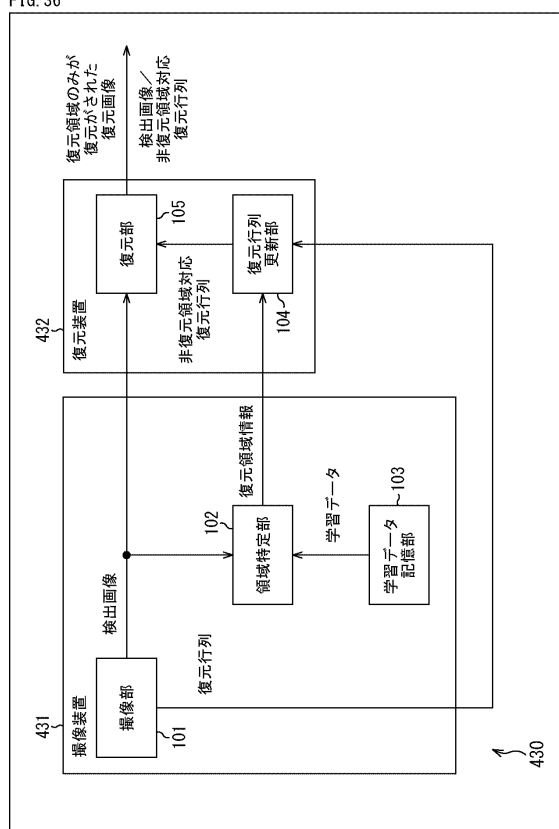
【図 3 5】

FIG. 35



【図 3 6】

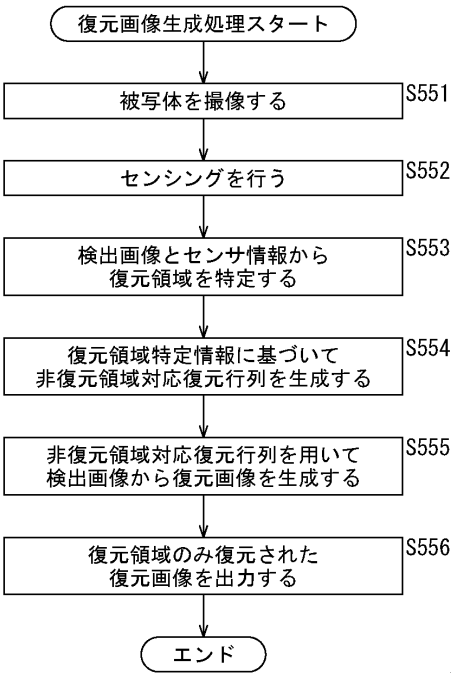
FIG. 36





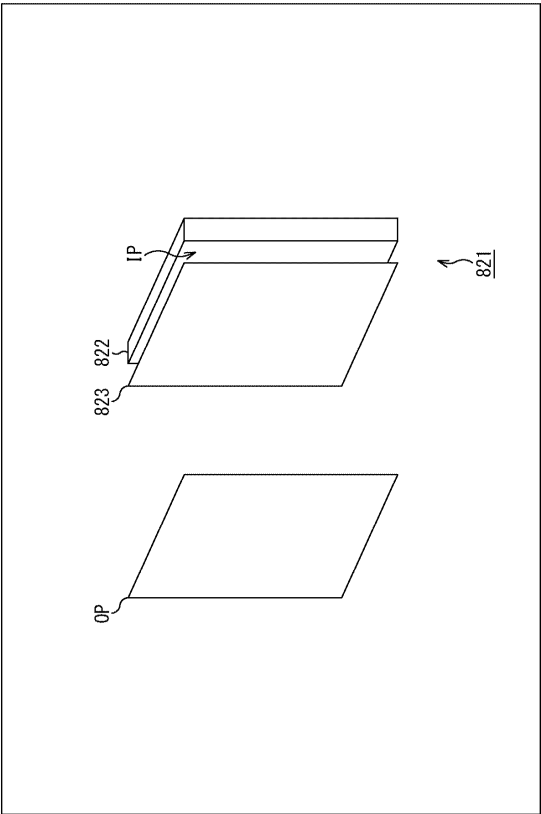
【図 4 1】

FIG. 41



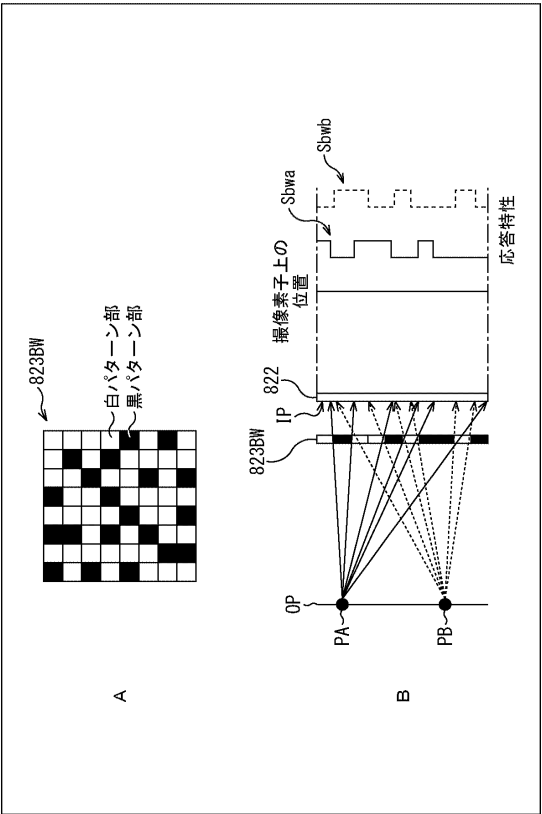
【図 4 2】

FIG. 42



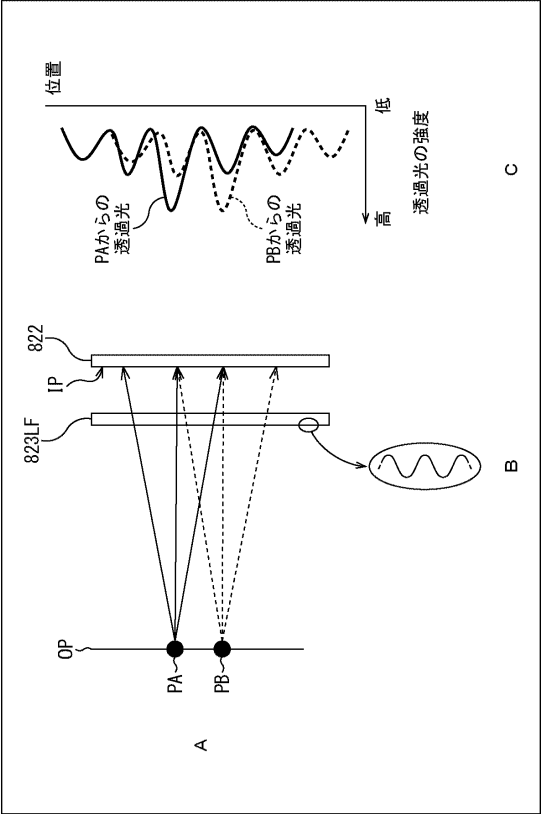
【図 4 3】

FIG. 43



【図 4 4】

FIG. 44



10

20

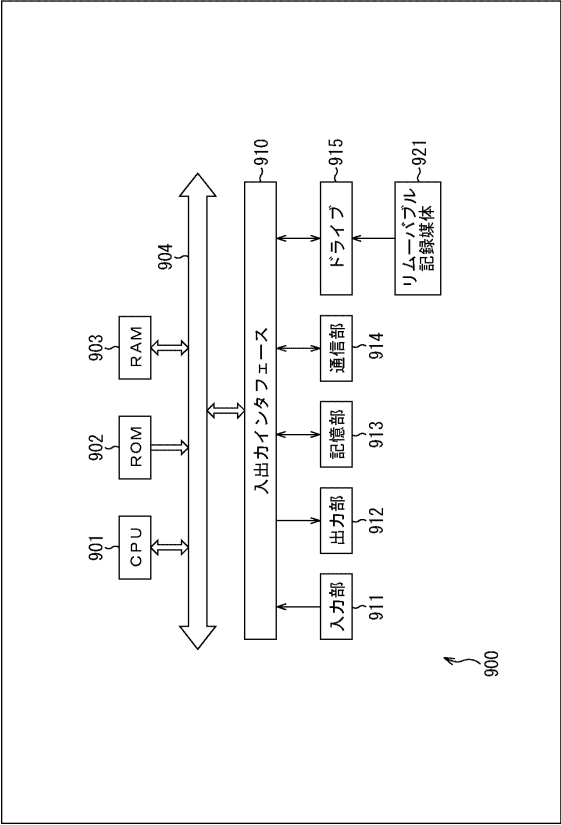
30

40

50

【図 45】

FIG. 45



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2019/188536 (WO, A1)  
特開2013-025473 (JP, A)  
特開2019-115487 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
H04N 5/222 - 5/257  
H04N 23/00  
H04N 23/40 - 23/76  
H04N 23/90 - 23/959  
G06T 5/00