

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年7月2日(02.07.2020)



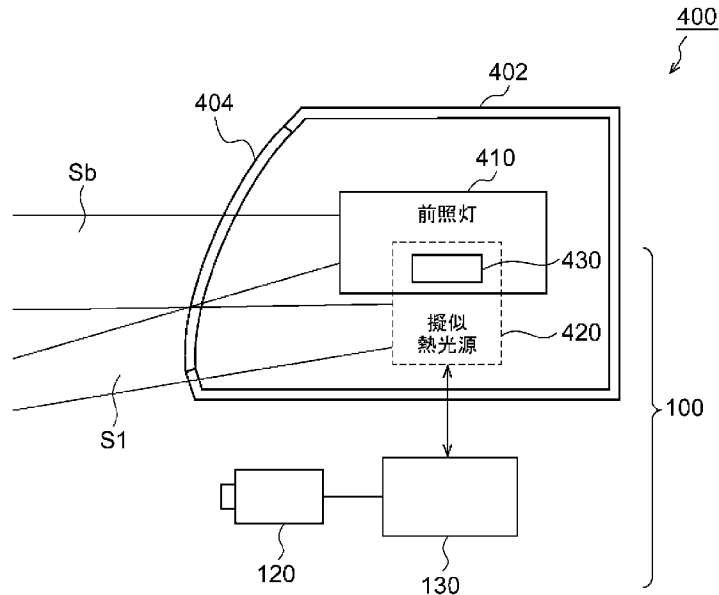
(10) 国際公開番号

WO 2020/137908 A1

- (51) 国際特許分類:
G01S 17/89 (2020.01) *F21S 41/00* (2018.01)
B60Q 1/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/050170
- (22) 国際出願日: 2019年12月20日(20.12.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2018-244951 2018年12月27日(27.12.2018) JP
特願 2018-245517 2018年12月27日(27.12.2018) JP
特願 2019-002818 2019年1月10日(10.01.2019) JP
特願 2019-002819 2019年1月10日(10.01.2019) JP
特願 2019-002820 2019年1月10日(10.01.2019) JP
- (71) 出願人: 株式会社小糸製作所(KOITO MANUFACTURING CO.,LTD.) [JP/JP]; 〒1088711 東京都港区高輪四丁目8番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 杉本 真太郎 (SUGIMOTO Shintaro); 〒4248764 静岡県静岡市清水区北脇500番地株式会社小糸製作所静岡工場内 Shizuoka (JP). 笠羽 祐介 (KASABA Yusuke); 〒4248764 静岡県静岡市清水区北脇500番地株式会社小糸製作所静岡工場内 Shizuoka (JP). 中村 安男 (NAKAMURA Yasuo); 〒4248764 静岡県静岡市清水区北脇500番地株式会社小糸製作所静岡工場内 Shizuoka (JP). 五味 正人 (GOMI Masato); 〒4248764 静岡県静岡市清水区北脇500番地株式会社小糸製作所静岡工場内 Shizuoka (JP). 山本 修己 (YAMAMOTO Shuki); 〒4248764 静岡県静岡市清水区北脇500番地

(54) Title: LIGHTING FIXTURE FOR VEHICLE, AND VEHICLE

(54) 発明の名称: 車両用灯具および車両



410 Headlamp
420 Pseudo-heat light source

(57) Abstract: This vehicle lighting fixture 400 comprises a headlamp 410 and a pseudo-heat light source 420. The pseudo-heat light source 420 projects reference light S1 onto an object, varying the intensity distribution of the light in M-different ways. The pseudo-heat light source 420, along with a light detector 120 and an arithmetic processing device 130, constitutes an imaging device 100. At least some constituent elements 430 of the headlamp 410 are shared with the pseudo-heat light source 420.

株式会社小糸製作所静岡工場内 Shizuoka (JP).
新田 健人(NITTA Kento); 〒4248764 静岡県静岡市清水区北脇 5 0 0 番地株式会社小糸製作所静岡工場内 Shizuoka (JP). 廣田 修(HIROTA Osamu); 〒2450061 神奈川県横浜市戸塚区汲沢 6 - 2 2 - 3 0 Kanagawa (JP). 春瀬 祐太(HARUSE Yuta); 〒4248764 静岡県静岡市清水区北脇 5 0 0 番地株式会社小糸製作所静岡工場内 Shizuoka (JP). 鳥居 輝明(TORII Teruaki); 〒4248764 静岡県静岡市清水区北脇 5 0 0 番地株式会社小糸製作所静岡工場内 Shizuoka (JP). 荒井 健佑(ARAI Kensuke); 〒4248764 静岡県静岡市清水区北脇 5 0 0 番地株式会社小糸製作所静岡工場内 Shizuoka (JP).

(74) 代理人: 森 下 賢 樹 (MORISHITA Sakaki);
〒1500021 東京都渋谷区恵比寿西 2 - 1 1 - 1 2 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

(57) 要約: 車両用灯具 4 0 0 は、前照灯 4 1 0 と疑似熱光源 4 2 0 を備える。疑似熱光源 4 2 0 は、参照光 S 1 の強度分布を複数 M 通りに変化させながら物体に照射する。疑似熱光源 4 2 0 は、光検出器 1 2 0、演算処理装置 1 3 0 とともにイメージング装置 1 0 0 を構成する。前照灯 4 1 0 の少なくとも一部の構成要素 4 3 0 は、疑似熱光源 4 2 0 と共有される。

明 細 書

発明の名称：車両用灯具および車両

技術分野

[0001] 本発明は、車両用灯具に関する。

背景技術

[0002] 自動運転やヘッドランプの配光の自動制御のために、車両の周囲に存在する物体の位置および種類をセンシングする物体識別システムが利用される。物体識別システムは、センサと、センサの出力を解析する演算処理装置を含む。センサは、カメラ、L i D A R (Light Detection and Ranging、Laser Imaging Detection and Ranging)、ミリ波レーダ、超音波ソナーなどの中から、用途、要求精度やコストを考慮して選択される。

[0003] イメージング装置（センサ）のひとつとして、ゴーストイメージングの原理を利用したものが知られている。ゴーストイメージングは、参照光の強度分布（パターン）をランダムに切り替えながら物体に照射し、パターンごとに反射光の光検出強度を測定する。光検出強度はある平面にわたるエネルギーあるいは強度の積分値であり、強度分布ではない。そして、対応するパターンと光検出強度との相関をとることにより、物体の画像を再構成（reconstruct）する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第6412673号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 課題1. 物体の画像を正しく復元するためには、参照光の強度分布を高精度に制御し、物体に照射する必要がある。イメージング装置を搭載する場合、数十m先の物体を検出する必要があり、したがって数十m先まで、強度分布を保ったまま参照光を照射する必要がある。

[0006] 本発明の第1態様の例示的な目的のひとつは、参照光を遠方の物体に精度よく照射することにある。

[0007] 課題2. 相関計算の量は、復元画像の画素数に応じて爆発的に増加する。具体的には、ランダムな参照光の照射回数をM、画素数を $(X \times Y)$ とするとき、演算回数は、

$$M \times (X \times Y)^2$$

となる。

[0008] 1画素の復元に1回のパターン照射が必要と仮定すると、全画素 $(X \times Y)$ の復元には、 $M = (X \times Y)$ 回の照射が必要である。また、1回の照射当たりの相関計算の演算回数は、 $(X \times Y)$ である。したがって、1回のセンシングあたりの演算回数Oは、

$$O = (X \times Y)^2$$

となる。

[0009] 実験室に設置されるイメージング装置の場合、演算処理装置として高速なコンピュータやワークステーションを利用できるため、演算回数の増加はそれほど問題にならない。ところが車載用途のイメージング装置では、コストやスペースの関係から、演算処理装置の性能が制約を受ける。したがって、相関計算の演算量を低減することが求められる。

[0010] 本発明の第2態様の例示的な目的のひとつは、演算量を低減したイメージング装置あるいはイメージング方法の提供にある。

[0011] 課題3. 参照光のパターニングには、DMD (Digital Micromirror Device) や液晶などのパターニングデバイスを用いられる。DMDや液晶は、マトリクス状に配置される複数の画素を有し、画素毎に、反射率や透過率が制御可能となっている。

[0012] 車載用のイメージング装置の検出対象は、車、人、バイクや自転車、構造物や動植物とさまざまである。またイメージング装置が使用される状況も、天候、時間帯、走行道路、走行速度などの走行環境に応じて大きく変化する。また、イメージング装置自体が移動するとともに、対象物も移動し、それ

らの相対的な移動方向もさまざまである。

[0013] このように、ある特定用途のイメージングでは、パターニングデバイスの全画素をランダムに制御することが必ずしも最適であるとは限らない。

[0014] 本発明の第3態様の例示的な目的のひとつは、特定の用途のイメージングに適した照明装置の提供にある。

[0015] 課題4. ニアフィールドを観察する顕微鏡では、画素ごとの光束の広がり
は問題とならない。しかしながら車載用などのイメージング装置100は、
ファールフィールドの物体を検出する必要がある。遠方の物体をセンシング対
象とするイメージング装置では、パターニングデバイスの全画素をランダム
に制御することが必ずしも最適であるとは限らない。

[0016] 本発明の第4態様の例示的な目的のひとつは、遠方のイメージング装置に
適した照明装置の提供にある。

[0017] 課題5. 従来、物体の画像を再構成するために必要な測定回数（照射回数）
は、数千にも達しており、データ測定に時間がかかっていた。加えて、も
との画像を再構成するために必要な演算量、演算時間は、照射回数の増加に
ともない爆発的に増加する。

[0018] 物体が実質的に静止しているアプリケーションでは、大きな照射回数や演
算量はそれほど問題とならないが、物体が移動するアプリケーションでは、
高いフレームレートが要求されるため、照射回数を減らすことが求められる
。

[0019] 本発明の第5態様の例示的な目的のひとつは、照射回数を低減可能なイメ
ージング装置の提供にある。

課題を解決するための手段

[0020] 1. 本発明の第1態様は、車両用灯具に関する。車両用灯具は、前照灯と
、疑似熱光源と、を備える。疑似熱光源は、参照光の強度分布をランダムに
変化させながら物体に照射可能である。疑似熱光源は、物体からの反射光を
測定する光検出器、ならびに光検出器の出力と参照光の強度分布にもとづい
て、物体の復元画像を再構成する演算処理装置とともにイメージング装置を

構成する。前照灯の少なくとも一部の構成要素は、疑似熱光源と共有される。

[0021] 前照灯は、数十m先まで光を照射することを目的として、光源や光学系が設計されている。そこで、イメージング装置の疑似熱光源を車両用灯具に内蔵し、前照灯の構成要素の一部を疑似熱光源に流用することで、遠方の物体に、精度よく参照光を照射することができる。また全体のコストを下げることができる。

[0022] 疑似熱光源は、前照灯と光学系を共有してもよい。前照灯の光学系は、配光を制御するパターンングデバイスを含んでもよい。疑似熱光源と前照灯は、パターンングデバイスを共有してもよい。

[0023] 前照灯の光学系は、光源の出射光を車両前方に反射するリフレクタを含んでもよい。疑似熱光源と前照灯は、リフレクタを共有してもよい。

[0024] 参照光は、赤外または紫外であってもよい。

[0025] 疑似熱光源は、前照灯と光源を共有してもよい。この場合、参照光は白色光であってもよい。さらには、前照灯全体が、イメージング装置の疑似熱光源として動作可能であってもよい。

[0026] 2. 本発明の第2態様は、車載用イメージング装置に関する。車載用イメージング装置は、測定範囲を複数の区画に分割し、区画を切り替えながら強度分布がランダムな参照光を照射する照明装置と、物体からの反射光を測定する光検出器と、複数の区画それぞれについて、前記光検出器の出力にもとづく検出強度と前記参照光の強度分布にもとづいて前記物体の当該区画に含まれる部分の復元画像を再構成する演算処理装置と、を備える。

[0027] この態様によると、演算時間を減らすことができる。

[0028] 複数の区画の個数は、分割にともなう演算時間の減少量が、測定時間の増加量より大きくなるように定められてもよい。これにより高速なセンシングが可能となる。

[0029] 3. 本発明の第3態様は、ゴーストイメージングにもとづくイメージング装置に使用される照明装置に関する。照明装置は、マトリクス状に配置され

た複数の画素を有し、複数の画素のオン、オフの組み合わせにもとづいて、光の強度分布を変調可能に構成される。少なくともひとつの画素を含むピクセルブロックを単位として強度分布が制御され、ピクセルブロックは可変である。

[0030] 本発明の別の態様もまた、照明装置である。照明装置は、マトリクス状に配置された複数の画素を有し、複数の画素のオン、オフの組み合わせにもとづいて、光の強度分布を変調可能に構成される。二以上のオン画素とオフ画素を含む所定パターンの組み合わせにより、強度分布が制御される。

[0031] 4. 本発明の第4態様は、照明装置である。照明装置は、マトリクス状に配置された複数の画素を有し、複数の画素のオン、オフの組み合わせにもとづいて、光の強度分布を変調可能に構成される。所定の制約条件のもと、複数の画素のオン、オフが制御される。

[0032] 5. 本発明の第5態様はイメージング装置に関する。イメージング装置は、参照光の強度分布を複数M通りで変化させながら物体に照射する照明と、複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ それぞれについて、物体からの反射光を測定する光検出器と、複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ と、光検出器の出力にもとづく複数の検出強度 $b_1 \sim b_M$ の相関をとることにより、物体の復元画像を再構成する演算処理装置と、を備える。複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ は、(i) 照明から物体を経て光検出器に至る経路の伝達特性をモデル化するステップと、(ii) 基準物体およびそれに対応する基準画像を定義するステップと、(iii) 複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ に初期値を与えるステップと、(iv) 伝達特性にもとづいて、複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ それぞれを有する参照光を基準物体に照射したときの、検出強度 $b_1 \sim b_M$ の推定値（あるいは計算値） $\hat{b}_1 \sim \hat{b}_M$ を計算するステップと、(v) 複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ と複数の推定値 $\hat{b}_1 \sim \hat{b}_M$ の相関をとることにより、基準物体の復元画像を再構築するステップと、(vi) 復元画像と基準画像の誤差が小さくなるように、複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ それぞれを修正するステップと、(vii) ステップ (iv) ～ (vi) を繰り返すことにより複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ を決定するステップにより得られる。

発明の効果

- [0033] 1. 本発明の第1態様によれば、参照光を遠方に正確に照射できる。
2. 本発明の第2態様によれば、高い分解能を得つつ、演算量を低減できる。
3. 本発明の第3態様によれば、特定用途のイメージングに適した照明装置を提供できる。
4. 本発明の第4態様によれば、遠方の物体のイメージング装置に適した照明装置を提供できる。
5. 本発明の第5態様によれば、照射回数を減らすことができる。

図面の簡単な説明

- [0034] [図1]実施の形態1に係る車両用灯具を示す図である。
- [図2]図1のイメージング装置を示す図である。
- [図3]実施例1に係る車両用灯具を示す図である。
- [図4]実施例2に係る車両用灯具を示す図である。
- [図5]実施例2における第1パターン制御を説明する図である。
- [図6]実施例2における第2パターン制御を説明する図である。
- [図7]実施例3に係る車両用灯具を示す図である。
- [図8]実施例3における第1制御を説明する図である。
- [図9]実施例3における第3制御を説明する図である。
- [図10]物体識別システムのブロック図である。
- [図11]自動車を示す図である。
- [図12]物体検出システムを備える車両用灯具を示すブロック図である。
- [図13]実施の形態2に係るイメージング装置を示す図である。
- [図14]実施の形態2に係る参照光の強度分布を説明する図である。
- [図15]演算時間と測定時間のトレードオフを説明する図である。
- [図16]図16(a)、(b)は、区画の変形例を示す図である。
- [図17]実施の形態3に係るイメージング装置を示す図である。
- [図18]図18(a)～(c)は、パターンニングデバイスであるDMDの画素

を説明する図である。

[図19]図19(a)～(d)は、サイズが異なるピクセルブロックBを示す図である。

[図20]図20(a)、(b)は、サイズが異なるピクセルブロックBにもとづくパターン信号PTNの例を示す図である。

[図21]パターン制御の変形例を示す図である。

[図22]図22(a)、(b)は、走行シーンに応じたサイズの異なるピクセルブロックBのレイアウトを説明する図である。

[図23]サイズの異なるピクセルブロックBの動的なレイアウトを説明する図である。

[図24]図24(a)～(c)は、変形例3.1に係るピクセルブロックBを示す図である。

[図25]図25(a)～(d)は、変形例3.2に係るピクセルブロックBを示す図である。

[図26]図26(a)～(d)は、形状が異なるピクセルブロックBを示す図である。

[図27]図27(a)～(c)は、形状が異なるピクセルブロックにもとづくパターン信号PTNの例を示す図である。

[図28]図28(a)、(b)は、形状に特徴を有するピクセルブロックBを有するパターン信号PTNにもとづくセンシングを説明する図である。

[図29]図29(a)～(d)は、実施例3.5に係るパターンブロックPBを説明する図である。

[図30]図30(a)、(b)は、パターンブロックの組み合わせにもとづくパターン信号の例を示す図である。

[図31]図31(a)、(b)は、参照光の空間インコヒーレント性の改善を説明する図である。

[図32]図32(a)、(b)は、空間インコヒーレント性を改善できる強度分布の例を示す図である。

[図33]図33(a)～(d)は、点灯率を制約条件としたパターン制御を説明する図である。

[図34]図34(a)、(b)は、変形例に係る点灯率の制御を説明する図である。

[図35]実施の形態4に係るイメージング装置を示す図である。

[図36]複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ のセットの決定方法を示すフローチャートである。

[図37]基準物体と基準画像 $T(x, y)$ の関係を説明する図である。

[図38] $M = 100$ に対して得られる100通りの強度分布 $I_1 \sim I_{100}$ からなるセット $I_{100}^{\wedge}$ を示す図である。

[図39]最適化された強度分布のセットを用いたときの復元画像を示す図である。

[図40]ランダムな強度分布のセットを用いたときの復元画像を示す図である。

発明を実施するための形態

[0035] (実施の形態1)

以下、本発明を好適な実施の形態をもとに図面を参照しながら説明する。各図面に示される同一または同等の構成要素、部材、処理には、同一の符号を付するものとし、適宜重複した説明は省略する。また、実施の形態は、発明を限定するものではなく例示であって、実施の形態に記述されるすべての特徴やその組み合わせは、必ずしも発明の本質的なものであるとは限らない。

[0036] 本明細書における「強度分布がランダム」とは、完全なランダムであることを意味するものではなく、ゴーストイメージングにおいて画像を再構築できる程度に、ランダムであればよい。したがって本明細書における「ランダム」は、その中にある程度の規則性を内包することができる。また「ランダム」は、完全に予測不能であることを要求するものではなく、予想可能、再生可能であってもよい。

[0037] 図1は、実施の形態1に係る車両用灯具400を示す図である。車両用灯具（もしくは灯具システム）400は、前照灯410と、疑似熱光源420を備える。前照灯410および疑似熱光源420は、筐体402に収容されている。筐体402の前面は透明のカバー404で覆われている。前照灯410は、ロービーム、ハイビームのいずれか、あるいはそれらの両方を含み、車両前方の配光を形成するためのビームSbを照射する。

[0038] 疑似熱光源420は、光検出器120および演算処理装置130とともに、イメージング装置100を構成する。光検出器120および演算処理装置130は、筐体402に内蔵されてもよいし、筐体402の外部に設けられてもよい。

[0039] 図2は、図1のイメージング装置100を示す図である。イメージング装置100はゴーストイメージングの原理を用いた相関関数イメージセンサ（シングルピクセルイメージングともいう）であり、疑似熱光源110（図1の疑似熱光源420）、光検出器120、演算処理装置130を備える。イメージング装置100を、量子レーダカメラとも称する。

[0040] 疑似熱光源110は、実質的にランダムとみなしうる強度分布 $I(x, y)$ を有する参照光S1を生成し、物体OBJに照射する。物体OBJへの参照光S1の照射は、その強度分布を、複数のM通りのパターンに応じて変化させながら行われる。疑似熱光源110は、たとえば均一な強度分布を有する光S0を生成する光源112と、この光S0の強度分布 I を空間的に変調可能なパターンニングデバイス114を含みうる。光源112は、レーザや発光ダイオードなどを用いてもよい。参照光S1の波長やスペクトルは特に限定されず、複数のあるいは連続スペクトルを有する白色光であってもよいし、所定の波長を含む単色光であってもよい。

[0041] パターンニングデバイス114としては、DMD（Digital Micromirror Device）や液晶デバイスを用いることができる。パターンニングデバイス114には、演算処理装置130から、強度分布 I を指定するパターン信号PTN（画像データ）が与えられており、したがって演算処理装置130は、現在、

物体OBJに照射される参照光S1の強度分布 I_r を知っている。

[0042] 光検出器120は、物体OBJからの反射光を測定し検出信号 D_r を出力する。検出信号 D_r は、強度分布 I_r を有する参照光を物体OBJに照射したときに、光検出器120に入射する光エネルギー（あるいは強度）の空間的な積分値である。したがって光検出器120は、シングルピクセルの光検出器（フォトディテクタ）を用いることができる。光検出器120からは、複数M通りの強度分布 $I_1 \sim I_M$ それぞれに対応する複数の検出信号 $D_1 \sim D_M$ が出力される。

[0043] 演算処理装置130は、パターン発生器132および再構成処理部134を含む。パターン発生器132は、参照光S1の強度分布 I を指定するパターン信号 PTN_r を発生し、時間とともにパターン信号 PTN_r を切り替える（ $r = 1, 2, \dots, M$ ）。

[0044] 演算処理装置130は、CPU（Central Processing Unit）やMPU（Micro Processing Unit）、マイコンなどのプロセッサ（ハードウェア）と、プロセッサ（ハードウェア）が実行するソフトウェアプログラムの組み合わせで実装することができる。演算処理装置130は、複数のプロセッサの組み合わせであってもよい。あるいは演算処理装置130はハードウェアのみで構成してもよい。

[0045] 疑似熱光源110が発生する参照光S1の強度分布は、その都度、ランダムに生成してもよい。あるいは、複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ のセットは、予め規定しておいてもよい。この場合、複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ を規定する複数のパターン信号 $PTN_1 \sim PTN_M$ のセットは、パターン発生器132の内部のメモリ（パターンメモリ）に予め保持しておいてもよい。

[0046] 再構成処理部134は、複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ と、複数の検出強度 $b_1 \sim b_M$ の相関をとることにより、物体OBJの復元画像 $G(x, y)$ を再構成する。検出強度 $b_1 \sim b_M$ は、検出信号 $D_1 \sim D_M$ にもとづいている。検出強度と検出信号の関係は、光検出器120の種類や方式などを考慮して定めればよい。

[0047] ある強度分布 I_r の参照光 S_1 を、ある照射期間にわたり照射するとする。また検出信号 D_r は、ある時刻（あるいは微小時間）の受光量、すなわち瞬時値を表すとする。この場合、照射期間において検出信号 D_r を複数回サンプリングし、検出強度 b_r を、検出信号 D_r の全サンプリング値の積分値、平均値あるいは最大値としてもよい。あるいは、全サンプリング値のうちのいくつかを選別し、選別したサンプリング値の積分値や平均値、最大値を用いてもよい。複数のサンプリング値の選別は、たとえば最大値から数えて序列 x 番目から y 番目を抽出してもよいし、任意のしきい値より低いサンプリング値を除外してもよいし、信号変動の大きさが小さい範囲のサンプリング値を抽出してもよい。

[0048] 光検出器 120 として、カメラのように露光時間が設定可能なデバイスを用いる場合には、光検出器 120 の出力 D_r をそのまま、検出強度 b_r とすることができる。

[0049] 検出信号 D_r から検出強度 b_r への変換は、演算処理装置 130 が実行してもよいし、演算処理装置 130 の外部で行ってもよい。

[0050] 相関には、式 (1) の相関関数が用いられる。 I_r は、 r 番目の強度分布であり、 b_r は r 番目の検出強度の値である。

[数1]

$$G(x, y) = \frac{1}{M} \sum_{r=1}^M [\{b_r - \langle b \rangle\} \cdot I_r(x, y)] \quad \cdots (1)$$

$$\langle b \rangle = \frac{1}{M} \sum_{r=1}^M b_r$$

[0051] 以上がイメージング装置 100 の全体の基本構成である。図 1 に戻る。

[0052] 本実施の形態において、疑似熱光源 420 は、車両用灯具 400 に内蔵される。そして前照灯 410 の少なくとも一部の構成要素（共通部材）430 は、疑似熱光源 420 と共有される。

[0053] 以上が車両用灯具 400 の構成である。

[0054] 前照灯 410 は、数十 m 先まで光を照射することを目的として、光源や光学系が設計されている。そこで、イメージング装置の疑似熱光源 420 を車両用灯具 400 に内蔵し、前照灯 410 の構成要素の一部を疑似熱光源 420 に流用することで、遠方の物体に、精度よく参照光 S1 を照射することができる。また重複する部材を減らすことができるため、全体のコストを下げることができる。

[0055] 本発明は、図 1 のブロック図として把握され、あるいは上述の説明から導かれるさまざまな装置、方法に及ぶものであり、特定の構成に限定されるものではない。以下、本発明の範囲を狭めるためではなく、発明の本質や動作の理解を助け、またそれらを明確化するために、より具体的な構成例や実施例を説明する。

[0056] (実施例 1)

図 3 は、実施例 1 に係る車両用灯具 400A を示す図である。疑似熱光源 420 は、前照灯 410 と光学系を共有する。前照灯 410 は、光源 412 と、リフレクタ 414 を備える。光源 412 は白色の発光ダイオード（あるいは半導体レーザ）およびその点灯回路を含む。リフレクタ 414 は、光源 412 の出射光を、車両前方に反射する。

[0057] 実施例 1 では、前照灯 410 のリフレクタ 414 が図 1 の共通部材 430 であり、疑似熱光源 420 と共有される。疑似熱光源 420 は、光源 422 と、パターンニングデバイス 424 を含む。パターンニングデバイス 424 によって強度分布がランダム化されたビームは、リフレクタ 414 によって車両前方に反射される。

[0058] 光源 422 が生成する光 S0 は、赤外光あるいは紫外光であってもよい。この場合、光検出器 120 は、可視波長帯において不感であり、光 S0（参照光 S1）の波長にのみ、感度を有するように構成すればよい。これにより、イメージング装置 100 によるセンシングは、前照灯の影響を受けない。

[0059] 光源 422 が生成する光 S0 は、可視域の単一波長を含んでもよいし、白色光であってもよい。この場合、光検出器 120 は、前照灯 410 のビーム

S bと参照光S 1の両方に感度を有することとなる。この場合、演算処理によって、光検出器1 2 0の出力から、ビームS bの影響を低減してもよい。たとえば、ビームS bが直流とみなせる一方、参照光S 1は交流とみなせる場合には、ハイパスフィルタによりビームS bの影響を低減してもよい。あるいは単純に、ビームS bに起因する成分の推定値を、減算するオフセット処理を行ってもよい。

[0060] (実施例2)

図4は、実施例2に係る車両用灯具4 0 0 Bを示す図である。実施例2においても、疑似熱光源4 2 0は、前照灯4 1 0と光学系を共有する。

[0061] 実施例2において、前照灯4 1 0は配光可変ランプ(ADB: Adaptive Driving Beam)であり、光源4 1 2と、パターンングデバイス4 1 6と、リフレクタ4 1 4を備える。光源4 1 2は白色のLEDあるいはLDおよびその点灯回路を含む。パターンングデバイス4 1 6は、たとえばDMDであり、光源4 1 2の出射光の強度分布を、所望の配光パターンが得られるように、空間的に変調する。リフレクタ4 1 4は、パターンングデバイス4 1 6の反射光のうち、オンピクセルに相当する光束を車両前方に反射する。

[0062] 実施例2では、パターンングデバイス4 1 6およびリフレクタ4 1 4が、疑似熱光源4 2 0と共有される共通部材4 3 0である。光源4 2 2の出射光S 0は、パターンングデバイス4 1 6に入射し、ランダムに変調され、参照光S 1が生成される。

[0063] 実施例2では、パターンングデバイス4 1 6が共有されるため、ビームS bのパターン(強度分布)と、参照光S 1のパターンの相互の影響を抑える必要がある。そのためには、光源4 2 2と光源4 1 2を相補的に点灯させればよい。たとえば光源4 1 2と光源4 2 2を時分割で交互に点灯させ、光源4 1 2の点灯期間は、配光パターンに応じた画像データ(配光画像データ)PTN_bをパターンングデバイス4 1 6に与え、光源4 2 2の点灯期間は、ランダムな画像データ(ランダム画像データ)PTN₁~PTN_Mをパターンングデバイス4 1 6に与えればよい(第1パターン制御)。図5は、実施例

2における第1パターン制御を説明する図である。

[0064] あるいは、ビームS_bが照射される範囲（照射領域）内でのみ、イメージング装置100によるセンシングを行えば足りるケースも想定される。この場合、光源412と光源422を同時点灯させて、パターンングデバイス416には、配光画像データPTN_bと、ランダム画像データPTN_i（ $i = 1, 2, \dots, M$ ）をピクセルごとに演算し、パターンングデバイス416に与えてもよい（第2パターン制御）。図6は、実施例2における第2パターン制御を説明する図である。ONは、配光パターンで規定される照射領域を、OFFは、配光パターンで規定される遮光領域を示す。点灯に対応する画素値を1、消灯に対応する画素値を0とすれば、画像データS_bの画素値は、照射領域ON内で1、遮光領域OFF内で0となる。ランダム画像データPTN_iは、画素値はランダムに1と0が分布する。ランダム画像データPTN_iと配光画像データPTN_bの論理積を計算すれば、図6のパターンを生成できる。

[0065] （実施例3）

図7は、実施例3に係る車両用灯具400Cを示す図である。実施例3では、前照灯410のすべての構成要素が、疑似熱光源420と共有される。すなわち前照灯410が、疑似熱光源420の機能を有する。実施例3では、参照光S1は、自ずと白色光となる。

[0066] 実施例3におけるパターンングデバイス416の制御を説明する。

・第1制御

実施例3では、通常点灯期間T_bとセンシング期間T_sを時分割で切り替えてもよい。図8は、実施例3における第1制御を説明する図である。図8に示すように、1回のセンシング期間T_sの間に、参照光S1のパターンを複数回、切り替えてもよい。

[0067] ・第2制御

実施例2の第2パターン制御を行ってもよい。

[0068] ・第3制御

図9は、実施例3における第3制御を説明する図である。DMDなどのパターンニングデバイスは、階調制御可能なものが存在する。この場合、ランダム画像データPTN_iと配光画像データPTN_bについて、対応する画素値同士を加算し、パターンニングデバイス416に与えてもよい。この場合、車両用灯具400の出射ビームの強度分布は、配光画像データPTN_bで決まるベースレベルを基準として、時間とともにランダムに変化する。

[0069] (実施例4)

実施例1～実施例3では、疑似熱光源420を、光源422とパターンニングデバイス424の組み合わせで構成したがその限りでない。疑似熱光源420は、マトリクス状に配置される複数の半導体光源(LED(発光ダイオード)やLD(レーザダイオード))のアレイで構成し、個々の半導体光源のオン、オフ(あるいは輝度)を制御可能に構成してもよい。

[0070] 実施の形態1では、照明装置110を、光源112とパターンニングデバイス114の組み合わせで構成したがその限りでない。照明装置110は、マトリクス状に配置される複数の半導体光源(LED(発光ダイオード)やLD(レーザダイオード))のアレイで構成し、個々の半導体光源のオン、オフ(あるいは輝度)を制御可能に構成してもよい。

[0071] 続いてイメージング装置100の用途を説明する。

[0072] 図10は、物体識別システム10のブロック図である。この物体識別システム10は、自動車やバイクなどの車両に搭載され、車両の周囲に存在する物体OBJの種類(カテゴリ)を判定する。

[0073] 物体識別システム10は、イメージング装置100と、演算処理装置40を備える。イメージング装置100は、上述のように、物体OBJに参照光S1を照射し、反射光S2を測定することにより、物体OBJの復元画像Gを生成する。

[0074] 演算処理装置40は、イメージング装置100の出力画像Gを処理し、物体OBJの位置および種類(カテゴリ)を判定する。

[0075] 演算処理装置40の分類器42は、画像Gを入力として受け、それに含ま

れる物体OBJの位置および種類を判定する。分類器42は、機械学習によって生成されたモデルにもとづいて実装される。分類器42のアルゴリズムは特に限定されないが、YOLO (You Only Look Once) とSSD (Single Shot MultiBox Detector)、R-CNN (Region-based Convolutional Neural Network)、SPPnet (Spatial Pyramid Pooling)、Faster R-CNN、DSSD (Deconvolution -SSD)、Mask R-CNNなどを採用することができ、あるいは、将来開発されるアルゴリズムを採用できる。

[0076] 演算処理装置40が検出した物体OBJに関する情報は、車両用灯具200の配光制御に利用してもよい。具体的には、演算処理装置40が生成する物体OBJの種類とその位置に関する情報にもとづいて、適切な配光パターンを生成することができる。

[0077] また演算処理装置40が検出した物体OBJに関する情報は、車両側ECUに送信してもよい。車両側ECUは、この情報にもとづいて、自動運転を行ってもよい。

[0078] 以上が物体識別システム10の構成である。物体識別システム10のセンサとして、イメージング装置100を用いることで、ノイズ耐性が格段に高まる。たとえば降雨時、降雪時、あるいは霧の中を走行する場合、肉眼では物体OBJを認識しにくい、このような状況でも、雨、雪、霧の影響を受けずに、物体OBJの復元画像Gを得ることができる。

[0079] 図11は、自動車を示す図である。自動車300は、車両用灯具302L、302Rを備える。上述のように、疑似熱光源420は、車両用灯具302L、302Rの少なくとも一方に、前照灯とハードウェアの一部を共有した態様にて内蔵される。

[0080] 図12は、物体検出システム210を備える車両用灯具200を示すブロック図である。車両用灯具200は、車両側ECU304とともに灯具システム310を構成する。車両用灯具200は、光源202、点灯回路204、光学系206を備える。さらに車両用灯具200には、物体検出システム210が設けられる。物体検出システム210は、上述の物体識別システム

10に対応しており、イメージング装置100および演算処理装置40を含む。

[0081] 演算処理装置40が検出した物体OBJに関する情報は、車両用灯具200の配光制御に利用してもよい。具体的には、灯具側ECU208は、演算処理装置40が生成する物体OBJの種類とその位置に関する情報にもとづいて、適切な配光パターンを生成する。点灯回路204および光学系206は、灯具側ECU208が生成した配光パターンが得られるように動作する。

[0082] また演算処理装置40が検出した物体OBJに関する情報は、車両側ECU304に送信してもよい。車両側ECUは、この情報にもとづいて、自動運転を行ってもよい。

[0083] (実施の形態2)

図13は、実施の形態2に係るイメージング装置100を示す図である。イメージング装置100はゴーストイメージングの原理を用いた相関関数イメージセンサであり、照明装置110、光検出器120、演算処理装置130を備える。イメージング装置100を、量子レーダカメラとも称する。

[0084] 照明装置110は疑似熱光源であり、実質的にランダムとみなしうる強度分布Iを有する参照光S1を生成し、物体OBJに照射する。図14は、実施の形態2に係る参照光S1の強度分布を説明する図である。図中、強度がゼロの部分を白で、強度が非ゼロの部分を黒で示す。

[0085] 本実施の形態では、測定範囲600を複数の区画602__1～602__Nに分割される。この例では、縦方向に4、横方向に4に分割され、 $N=16$ である。照明装置110は、光を照射する区画（照射区画という）602__iを切り替えながら、照射区画内の強度分布I(x, y)が実質的にランダムな参照光S1を照射する。照射区画以外の区画（非照射区画という）内の強度はゼロである。

[0086] 複数の区画602__1～602__Nそれぞれについて、M通りのランダムな強度分布の参照光S1が照射される。したがって1回のセンシングあたり

、トータルの照射回数は $M \times N$ となる。 i 番目の区画 ($1 \leq i \leq N$) を選択しているときの、 j 回目の強度分布を $I_{i,j}$ 、そのときの参照光 S_1 を、 $S_{1,i,j}$ のように示すこととする。

[0087] 図 13 に戻る。光検出器 120 は、物体 OBJ から反射光を測定し検出信号 D を出力する。検出信号 $D_{i,j}$ は、強度分布 $I_{i,j}$ を有する参照光を物体 OBJ に照射したときに、光検出器 120 に入射する光エネルギー（あるいは強度）の空間的な積分値である。したがって光検出器 120 は、シングルピクセルの光検出器（フォトディテクタ）を用いることができる。

[0088] $M \times N$ 通りの強度分布 $I_{1,1} \sim I_{1,M}$ 、 $I_{2,1} \sim I_{2,M}$ 、 $I_{N,1} \sim I_{N,M}$ を有する参照光 $S_{1,i,j}$ ($i \in 1 \sim N$, $j \in 1 \sim M$) を照射すると、光検出器 120 からは、 $M \times N$ 個の検出信号 $D_{i,j}$ ($i \in 1 \sim N$, $j \in 1 \sim M$) が出力される。なお、照射の順番は特に限定されない。

[0089] たとえば、ある照射区画について、 M 個の強度分布を設定し終わった後に、次の照射区画を選択してもよい。照射区画を選択する順序は特に限定されず、所定の規則で選択することができる。たとえば 1 行目の区画を左から右に順に選択し、一番右まで移動したら、次の行に移動してもよい。あるいは 1 列目の区画を上から下に順に選択し、一番下まで移動したら、次の列に移動してもよい。

[0090] 照明装置 110 は、たとえば均一な強度分布を有する光 S_0 を生成する光源 112 と、この光 S_0 の強度分布を空間的に変調可能なパターンニングデバイス 114 を含みうる。光源 112 は、レーザや発光ダイオードなどを用いてもよい。参照光 S_1 の波長やスペクトルは特に限定されず、複数のあるいは連続スペクトルを有する白色光であってもよいし、所定の波長を含む単色光であってもよい。

[0091] パターンニングデバイス 114 としては、DMD (Digital Micromirror Device) や液晶デバイスを用いることができる。本実施の形態において、パターンニングデバイス 114 は、測定範囲 600 全体をカバーしており、測定範囲 600 全体を同時照射可能な能力を有するが、パターンニングデバイス 114

の非照射区画に対応する画素をオフにすることで、照射区画にのみランダムなパターンを与えることが可能となっている。

[0092] パターニングデバイス 114 には、演算処理装置 130 から、強度分布 $I_{i,j}$ を指定するパターン信号 $PTN_{i,j}$ (画像データ) が与えられている。したがって演算処理装置 130 は、現在の照射区画の位置と参照光 $S1$ の強度分布 $I_{i,j}$ を知っている。

[0093] 演算処理装置 130 は、パターン発生器 132 および再構成処理部 134 を含む。

[0094] パターン発生器 132 は、参照光 $S1$ の強度分布 $I_{i,j}$ を、その都度、ランダムに生成してもよい。この場合、パターン発生器 132 は、擬似ランダム信号発生器を含むことができる。

[0095] あるいは、複数の強度分布 $I_{i,j}$ のセットは、予め規定しておいてもよい。たとえば、区画 602 と同じサイズを有する複数 (たとえば M 個) の強度分布のセット $I_1 \sim I_M$ を予め規定していてもよい。 i 番目の区画を照射区画とすると、照射区画に、 $I_1 \sim I_M$ を順に、あるいはランダムに割り当てればよい。

[0096] この場合、複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ を規定する複数のパターン信号のセットを、パターン発生器 132 の内部のメモリ (パターンメモリ) に予め保持しておいてもよい。

[0097] 演算処理装置 130 は、CPU (Central Processing Unit) や MPU (Micro Processing Unit)、マイコンなどのプロセッサ (ハードウェア) と、プロセッサ (ハードウェア) が実行するソフトウェアプログラムの組み合わせで実装することができる。演算処理装置 130 は、複数のプロセッサの組み合わせであってもよい。あるいは演算処理装置 130 はハードウェアのみで構成してもよい。

[0098] 再構成処理部 134 は、複数の区画 $602_1 \sim 602_N$ それぞれ (602_i) について、複数の検出強度 $b_{i,1} \sim b_{i,M}$ と参照光 $S1_{i,1} \sim S1_{i,M}$ の強度分布 $I_{i,1} \sim I_{i,M}$ の相関をとることにより、物体 OBJ の当該区画

602__iに含まれる部分の復元画像 G_i を再構成する。

[0099] 検出強度 $b_{i,1} \sim b_{i,M}$ は、検出信号 $D_{i,1} \sim D_{i,M}$ にもとづいている。検出強度 $b_{i,j}$ と検出信号 $D_{i,j}$ の関係は、光検出器120の種類や方式などを考慮して定めればよい。

[0100] ある強度分布 $I_{i,j}$ の参照光 S_1 を、ある照射期間にわたり照射するとする。また検出信号 $D_{i,j}$ は、ある時刻（あるいは微小時間）の受光量、すなわち瞬時値を表すとする。この場合、照射期間において検出信号 $D_{i,j}$ を複数回サンプリングし、検出強度 $b_{i,j}$ を、検出信号 $D_{i,j}$ の全サンプリング値の積分值、平均値あるいは最大値としてもよい。あるいは、全サンプリング値のうちのいくつかを選別し、選別したサンプリング値の積分值や平均値、最大値を用いてもよい。複数のサンプリング値の選別は、たとえば最大値から数えて序列 x 番目から y 番目を抽出してもよいし、任意のしきい値より低いサンプリング値を除外してもよいし、信号変動の大きさが小さい範囲のサンプリング値を抽出してもよい。

[0101] 光検出器120として、カメラのように露光時間が設定可能なデバイスを用いる場合には、光検出器120の出力 $D_{i,j}$ をそのまま、検出強度 $b_{i,j}$ とすることができる。

[0102] 検出信号 $D_{i,j}$ から検出強度 $b_{i,j}$ への変換は、演算処理装置130が実行してもよいし、演算処理装置130の外部で行ってもよい。

[0103] i 番目（ $1 \leq i \leq N$ ）の区画602__iの画像 G_i の復元には、式（2）の相関関数が用いられる。 $I_{i,j}$ は、 j 番目（ $1 \leq j \leq M$ ）の強度分布であり、 $b_{i,j}$ は j 番目の検出強度の値である。

[数2]

$$G_i(x, y) = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M [\{b_{i,j} - \langle b_i \rangle\} \cdot I_{i,j}(x, y)] \quad \cdots (2)$$

$$\langle b_i \rangle = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M b_{i,j}$$

[0104] N個すべての区画602__1～602__Nそれぞれの復元画像 $G_1 \sim G_N$ を結合することにより、測定範囲全体の像を得ることができる。

[0105] 以上がイメージング装置100の構成である。続いてその利点を説明する。

[0106] このイメージング装置100における演算回数は以下の通りである。

測定範囲全体の画素数を $X \times Y$ とし、1区画の水平および垂直方向の画素数を x , y とする。ただし、 $X \times Y = (x \times y) \times N$ である。

[0107] 1画素の復元に1回のパターン照射が必要と仮定するとき、 $x \times y$ 画素の復元に必要な照射回数 M' は、

$$M' = (x \times y)$$

となる。なお、実際の照射回数は、 M' より多いあるいは少ない場合があるが、おおよそ $(x \times y)$ に比例することに留意されたい。したがって1区画あたりの計算回数は、 $(x \times y)^2$ となる。N個すべての区画に対するトータルの演算回数 O' は、

$$O' = N \times (x \times y)^2$$

となる。

[0108] 従来の測定範囲全体を照射する手法の計算回数 O は、

$$O = (X \times Y)^2$$

であった。 $X \times Y = (x \times y) \times N$ の関係が成り立つから、本実施の形態によれば従来に比べて、計算回数を $O' / O = 1 / N$ 倍に減らすことができる。

[0109] たとえば、 $X = Y = 1024$ のケースを考える。この場合、 $x = y = 32$ の区画に区切ると、 $N = 32 \times 32 = 1024$ となり、計算回数は $1 / 1024$ 倍に減らすことができる。

[0110] また、パターン発生器132に、参照光の強度分布をメモリに格納しておく場合、照射領域全体 $(X \times Y)$ ではなく、1区画 $(x \times y)$ の強度分布を保持すればよいため、メモリの容量を減らすことができる。

[0111] 計算回数の減少は、同じ速度の演算処理装置を用いた場合、演算時間を短

縮できることを意味する。あるいは、同じ時間で処理を終了するために、より遅い（したがって安価な）演算処理装置を採用することができる。

[0112] なお、車載用途では、ある程度大きなフレームレートで、測定範囲のセンシングを行う必要がある。本実施の形態では、計算回数（ひいては演算時間）の減少と引き換えに、照射回数 M は、 N 倍（ N は区画の個数）に増えており、測定時間の増加をもたらす。図15は、演算時間と測定時間のトレードオフを説明する図である。

[0113] 区画の個数 N は、分割にともなう演算時間の減少量 $\delta 1$ が、測定時間の増加量 $\delta 2$ より大きくなるように定めるとよい。これにより車載用途に必要なフレームレートを実現できる。

[0114] 続いて実施の形態2に関連する変形例を説明する。

[0115] （変形例2. 1）

実施の形態では、区画ごとに、照射回数 M を同一としたが、区画毎に照射回数 M は異なってもよい。 i 番目の区画の照射回数を M_i と書くとき、演算回数は、

$$O = \sum_{i=1:N} M_i \times (x \times y)$$

となる。

[0116] 照射回数 M_i が多いほど、正確な画像を復元できるが、区画の位置によっては、それほどの正確さが要求されない場合もある。そこで区画毎に照射回数を最適化することで、区画毎に、計算回数（演算時間）と測定時間を調整できる。

[0117] （変形例2. 2）

区画の区切り方は、上述のそれに限定されない。図16（a）、（b）は、区画の変形例を示す図である。図16（a）に示すように、横長の区画に区切ってもよい。あるいは縦長の区画に区切ってもよい。

[0118] 実施の形態では、複数の区画のサイズ（画素数）を同一としたがその限りでない。図16（b）に示すように、区画ごとに画素数が異なってもよい。

[0119] (変形例 2. 3)

実施の形態では、測定範囲 600 全体をカバーするパターンングデバイス 114 を利用したがその限りでない。1 区画分の照射能力を有する照明装置 110 を設け、その出射光を可動ミラーを用いて水平方向あるいは水平方向にスキャンしてもよい。

[0120] (変形例 2. 4)

実施の形態 2 では、照明装置 110 を、光源 112 とパターンングデバイス 114 の組み合わせで構成したがその限りでない。照明装置 110 は、マトリクス状に配置される複数の半導体光源 (LED (発光ダイオード) や LD (レーザダイオード)) のアレイで構成し、個々の半導体光源のオン、オフ (あるいは輝度) を制御可能に構成してもよい。

[0121] (用途)

続いて実施の形態 2 に係るイメージング装置 100 の用途を説明する。イメージング装置 100 は、図 10 の物体識別システム 10 に利用できる。物体識別システム 10 のセンサとして、実施の形態 2 で説明したイメージング装置 100 を用いることで、以下の利点を得ることができる。

[0122] 第 1 に、イメージング装置 100 すなわち量子レーダカメラを用いることで、ノイズ耐性が格段に高まる。たとえば、降雨時、降雪時、あるいは霧の中を走行する場合、肉眼では物体 OBJ を認識しにくい、イメージング装置 100 を用いることで、雨、雪、霧の影響を受けずに、物体 OBJ の復元画像 G を得ることができる。

[0123] 第 2 に、測定範囲を複数の区画に分割して、区画毎に画像を復元することで、演算量を減らすことができる。これによりフレームレートを高め、あるいは演算処理装置として安価なプロセッサを選択できるようになる。

[0124] なお、イメージング装置 100 において、区画の個数 N を、走行環境に応じて適応的に変化させてもよい。

[0125] 実施の形態 2 で説明したイメージング装置 100 は、図 11 の自動車に搭載でき、図 12 の車両用灯具に内蔵してもよい。

[0126] (実施の形態3)

図17は、実施の形態3に係るイメージング装置100を示す図である。イメージング装置100はゴーストイメージングの原理を用いた相関関数イメージセンサであり、照明装置110、光検出器120、演算処理装置130を備える。イメージング装置100を、量子レーダカメラとも称する。

[0127] 照明装置110は、疑似熱光源であり、実質的にランダムとみなしうる強度分布 $I(x, y)$ を有する参照光S1を生成し、物体OBJに照射する。物体OBJへの参照光S1の照射は、その強度分布を、複数のM通りのパターンに応じて変化させながら行われる。

[0128] 照明装置110は、光源112とパターンングデバイス114を含む。光源112は、均一な強度分布を有する光S0を生成する。光源112は、レーザや発光ダイオードなどを用いてもよい。参照光S1の波長やスペクトルは特に限定されず、複数のあるいは連続スペクトルを有する白色光であってもよいし、所定の波長を含む単色光であってもよい。参照光S1の波長は、赤外あるいは紫外であってもよい。

[0129] パターンングデバイス114は、マトリクス状に配置される複数の画素を有し、複数の画素のオン、オフの組み合わせにもとづいて、光の強度分布 I を空間的に変調可能に構成される。本明細書においてオン状態の画素をオン画素、オフ状態の画素をオフ画素という。なお、以下の説明では理解の容易化のために、各画素は、オンとオフの2値(1, 0)のみをとるものとするがその限りでなく、中間的な階調をとってもよい。

[0130] パターンングデバイス114としては、反射型のDMD (Digital Micromirror Device) や透過型の液晶デバイスを用いることができる。パターンングデバイス114には、パターン発生器116が発生するパターン信号PTN(画像データ)が与えられている。パターンングデバイス114はDMDであるとする。

[0131] パターン発生器116は、参照光S1の強度分布 I_r を指定するパターン信号PTN $_r$ を発生し、時間とともにパターン信号PTN $_r$ を切り替える($r =$

1, 2, ...M)。

[0132] 光検出器 120 は、物体 OBJ から反射光を測定し検出信号 D_r を出力する。検出信号 D_r は、強度分布 I_r を有する参照光を物体 OBJ に照射したときに、光検出器 120 に入射する光エネルギー（あるいは強度）の空間的な積分値である。したがって光検出器 120 は、シングルピクセルの光検出器（フォトディテクタ）を用いることができる。光検出器 120 からは、複数 M 通りの強度分布 $I_1 \sim I_M$ それぞれに対応する複数の検出信号 $D_1 \sim D_M$ が出力される。

[0133] 演算処理装置 130 は、再構成処理部 134 を含む。再構成処理部 134 は、複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ と、複数の検出強度 $b_1 \sim b_M$ の相関をとることにより、物体 OBJ の復元画像 $G(x, y)$ を再構成する。

[0134] 検出強度 $b_1 \sim b_M$ は、検出信号 $D_1 \sim D_M$ にもとづいている。検出強度と検出信号の関係は、光検出器 120 の種類や方式などを考慮して定めればよい。

[0135] ある強度分布 I_r の参照光 S_1 を、ある照射期間にわたり照射するとする。また検出信号 D_r は、ある時刻（あるいは微小時間）の受光量、すなわち瞬時値を表すとする。この場合、照射期間において検出信号 D_r を複数回サンプリングし、検出強度 b_r を、検出信号 D_r の全サンプリング値の積分値、平均値あるいは最大値としてもよい。あるいは、全サンプリング値のうちのいくつかを選別し、選別したサンプリング値の積分値や平均値、最大値を用いてもよい。複数のサンプリング値の選別は、たとえば最大値から数えて序列 x 番目から y 番目を抽出してもよいし、任意のしきい値より低いサンプリング値を除外してもよいし、信号変動の大きさが小さい範囲のサンプリング値を抽出してもよい。

[0136] 光検出器 120 として、カメラのように露光時間が設定可能なデバイスを用いる場合には、光検出器 120 の出力 D_r をそのまま、検出強度 b_r とすることができる。

[0137] 検出信号 D_r から検出強度 b_r への変換は、演算処理装置 130 が実行して

もよいし、演算処理装置 130 の外部で行ってもよい。

[0138] 相関には、式 (3) の相関関数が用いられる。 I_r は、 r 番目の強度分布であり、 b_r は r 番目の検出強度の値である。

[数3]

$$G(x, y) = \frac{1}{M} \sum_{r=1}^M [\{b_r - \langle b \rangle\} \cdot I_r(x, y)] \quad \cdots (3)$$

$$\langle b \rangle = \frac{1}{M} \sum_{r=1}^M b_r$$

[0139] 演算処理装置 130 は、CPU (Central Processing Unit) や MPU (Micro Processing Unit)、マイコンなどのプロセッサ (ハードウェア) と、プロセッサ (ハードウェア) が実行するソフトウェアプログラムの組み合わせで実装することができる。演算処理装置 130 は、複数のプロセッサの組み合わせであってもよい。あるいは演算処理装置 130 はハードウェアのみで構成してもよい。パターン発生器 116 は、演算処理装置 130 の内部に実装してもよい。

[0140] 以上がイメージング装置 100 の全体の基本構成である。続いて、パターンニングデバイス 114 の制御について、いくつかの実施例をもとに説明する。

[0141] (実施例 3. 1)

図 18 (a) ~ (c) は、パターンニングデバイス 114 である DMD の画素を説明する図である。図 18 (a) に示すように、DMD は、 m 行 n 列のマトリクス状に配置される複数の画素 $P \times X$ のアレイである。図 18 (b) に示すように、各画素 $P \times X$ は、正方形のミラーであり、対角に設けられたヒンジを軸として、ON 方向と OFF 方向に傾動可能となっている。パターンニングデバイス 114 は、全画素を独立してオン、オフ制御可能に構成される。以下の説明では、マトリクスの形状を図 18 (c) のように簡略化して

示す。

[0142] パターン発生器 116 は、少なくともひとつの画素からなるピクセルブロック B を単位として、参照光の強度分布（すなわちパターン信号 P T N）を制御し、さらにピクセルブロック B は、可変である。ピクセルブロック B は、連続（隣接）するオン画素の集合（またはオフ画素の集合、もしくはオン画素とオフ画素の集合）と把握することができる。実施例 3. 1 では、ピクセルブロック B のサイズが可変であるものとする。

[0143] 図 19（a）～（d）は、サイズが異なるピクセルブロック B を示す図である。サイズは、ピクセルブロック B に含まれるピクセル数（すなわち面積）と把握できる。図 19（a）～（d）はそれぞれ、縦横 1×1 ピクセル、 2×2 ピクセル、 3×3 ピクセル、 4×4 ピクセルのピクセルブロック $B_{1 \times 1}$ ～ $B_{4 \times 4}$ を示す。同じピクセルブロック B に含まれる画素は、同じ状態（オン、オフ）とされる。

[0144] 図 20（a）、（b）は、サイズが異なるピクセルブロック B にもとづくパターン信号（画像データ）P T N の例を示す図である。以下では、 $m = n = 16$ のパターンニングデバイス 114 を想定する。

[0145] 図 20（a）では、図 19（b）の 2×2 ピクセルのピクセルブロック $B_{2 \times 2}$ が適用され、ピクセルブロック $B_{2 \times 2}$ ごとにオン、オフが制御される。1 回のセンシングあたり、パターン信号 P T N は M 通りで変化する。なお、ハッチングを付した画素 P I X がオン画素であり、そうでない画素 P I X はオフ画素である。

[0146] 図 20（b）では、図 19（d）の 4×4 ピクセルのピクセルブロック $B_{4 \times 4}$ が適用され、ピクセルブロック $B_{4 \times 4}$ ごとにオン、オフが制御される。パターン信号 P T N の個数 M は、ピクセルブロックのサイズに応じて異なってもよく、一般的には、ピクセルブロックのサイズを大きくし、ピクセルブロックの数を減らすことで、1 回のセンシング当たりのパターンの個数 M を減らすことができる。

[0147] 図 21 は、パターン制御の変形例を示す図である。 4×4 ピクセルのピク

セルブロック $B_{4 \times 4}$ の配置が、横方向に関して完全に揃っておらず、いくつかの行において横方向に 2 ピクセル、オフセットしている。

[0148] 以上が実施例 3. 1 に係るパターン制御である。このパターン制御は、パターンニングデバイス 1 1 4 の実効的な解像度を動的に変化させているものと把握できる。再構成処理部 1 3 4 における演算量は、解像度に応じて増加するところ、空間的な分解能がそれほど必要とされない状況では、ピクセルブロック B のサイズを大きくすることで、演算量を減らすことができる。

[0149] あるいは、高速に移動する物体 O B J を捉えたい場合には、ピクセルブロック B のサイズを大きくし、パターンの個数を減らして照射時間を減らすことで、ブレのない画像を復元できる。また演算量、照射回数を減らすことにより、フレームレートを高めることができ、物体 O B J の移動に追従することができる。

[0150] (実施例 3. 2)

実施例 3. 1 では、1 つのパターンには、同じピクセルブロック B が含まれたがその限りでない。実施例 3. 2 では、サイズが異なるピクセルブロックのレイアウトを予め規定しておき、走行シーンに応じて選択する。図 2 2 (a)、(b) は、走行シーンに応じたサイズの異なるピクセルブロック B のレイアウトを説明する図である。

[0151] 図 2 2 (a) を参照すると、下側の領域には、サイズが小さいピクセルブロック B_s が配置され、上側ほど、サイズが大きいピクセルブロック B_L が配置される。郊外の走行シーンでは、車両前方の上方には、空（車両や歩行者が存在しない空間）が広がっているため、ピクセルブロック B のサイズを大きくして、解像度を低下させる。反対に、下側は路面に対応し、重要な物体（あるいは路面標識）が存在する可能性が高いため、ピクセルブロック B のサイズを小さくして、解像度を高めている。

[0152] 図 2 2 (b) を参照すると、中央に近いほどサイズが小さいピクセルブロック B_s が配置され、外周側ほど、サイズが大きいピクセルブロック B_L が配置される。高速道路などの走行シーンでは、画面中央付近に消失点が位置し

ており、遠方の対向車は消失点から出現し、出現当初はサイズが小さく、実車に接近するにしたがって、サイズが大きくなる。図 2 2 (b) のレイアウトによれば、遠方の小さく見える物体 O B J を検出しやすくなる。

[0153] (実施例 3. 3)

実施例 3. 2 では、予め複数のレイアウトを規定しておき、複数のレイアウトの中から走行シーンに適したひとつを適応的に選択したが、その限りではなく、サイズの異なるピクセルブロック B のレイアウトを動的に変化させてもよい。

[0154] 図 2 3 は、サイズの異なるピクセルブロック B の動的なレイアウトを説明する図である。あるフレーム 1 において、均一なサイズ (2×2 ピクセル) のピクセルブロック $B_{2 \times 2}$ からなるパターンが使用される。このフレーム 1 において復元された画像から、物体 O B J の位置が推定される。そして、次のフレーム 2 では、物体 O B J が存在する領域には、サイズが小さいピクセルブロック B を配置し、そこから遠ざかるほど、ピクセルブロック B のサイズを大きくしてもよい。

[0155] (実施例 3. 1 ~ 3. 3 に関連する変形例)

(変形例 1)

これまでの説明では、ピクセルブロック B の形状が正方形であったが、その限りでない。図 2 4 (a) ~ (c) は、変形例 1 に係るピクセルブロック B を示す図である。ピクセルブロック B は横に長い長方形であり、そのサイズが動的に変化する。

[0156] (変形例 2)

実施例 3. 1 ~ 3. 3 では、縦方向と横方向を同じスケールで変化させたが、縦方向のピクセル数のみ、あるいは横方向のピクセル数のみを変化させてもよい。図 2 5 (a) ~ (d) は、変形例 2 に係るピクセルブロック B を示す図である。この例では、ピクセルブロック B は横方向のピクセル数が可変である。

[0157] (実施例 3. 4)

実施例 3. 1 ~ 3. 3 では、ピクセルブロック B のサイズを変化させる場合を説明した。実施例 3. 4 では、ピクセルブロック B の形状を適応的に変化させる。

[0158] 図 170 (a) ~ (d) は、形状が異なるピクセルブロック B を示す図である。図 170 (a) には横方向 (X 方向) に長いピクセルブロック B_x が、図 170 (b) には、縦方向 (Y 方向) に長いピクセルブロック B_y が、図 170 (c) には、斜め方向に長いピクセルブロック B_{xy} が示される。図 170 (d) には基本となる正方形のピクセルブロック B_s が示される。図 170 (a) ~ (d) のピクセルブロック B のサイズはすべて等しい。

[0159] 図 27 (a) ~ (c) は、形状が異なるピクセルブロックにもとづくパターン信号 PTN の例を示す図である。ピクセルブロック B の長さおよび位置の少なくとも一方は、ランダムに決定される。図 27 (a) は、横長のピクセルブロック B_x を用いたパターン信号 PTN_x の一例を、図 27 (b) は、縦長のピクセルブロック B_y を用いたパターン信号 PTN_y の一例を、図 27 (c) は、斜め方向のピクセルブロック B_{xy} を用いたパターン信号 PTN_{xy} の一例を示す。

[0160] 物体 OBJ とイメージング装置 100 の相対的な運動を考える。

[0161] 物体 OBJ がイメージング装置 100 に対して相対的に水平方向に移動するとき、横長のピクセルブロック B_x からなるパターン信号 PTN_x を用いると、正方形のピクセルブロック B_s を用いた場合に比べて、横方向の実効的な解像度は低下するため、横方向の画像のシャープさは低下し、あるいは横方向の位置の検出精度は低下するが、捕捉時間 (言い換えれば露光時間) が長くなり、検出強度 D が増加するため、S/N 比を高めて検出がしやすくなる (つまり感度が上がる)。

[0162] 同じパターン信号 PTN_x を用いて、縦方向に移動する物体 OBJ をセンシングする場合、正方形のピクセルブロック B_s を用いた場合に比べて、捕捉時間は短くなるため検出強度 D が低下し、検出感度は下がるが、縦方向の解像度は改善され、縦方向の位置の検出精度が高まる。

[0163] パターン信号 $P T N_Y$ 、パターン信号 $P T N_Z$ にも同様の考えが適用できる。一般化すると、ピクセルブロック B が伸びる方向に運動する物体に対して検出感度を高め、それと垂直な方向に移動する物体についてはシャープな像が得られ、あるいは位置の検出精度を高めることができる。

[0164] 図28(a)、(b)は、形状に特徴を有するピクセルブロック B を有するパターン信号 $P T N$ にもとづくセンシングを説明する図である。はじめは図28(a)に示すように、とある形状(5×5ピクセルの正方形)のピクセルブロック B_S を含むパターン信号 $P T N_S$ を利用してセンシングしている。このセンシングにより、物体 $O B J$ は自動車であり、横方向に移動していることが検出される。パターン信号 $P T N_S$ にもとづくセンシングでは、物体 $O B J$ の先端の位置は X' と判定され、実際の物体 $O B J$ の先端の位置 X とは誤差がある。

[0165] そこで、物体 $O B J$ の横方向の位置を正確に検出するために、縦長のピクセルブロック B_Y を含むパターン信号 $P T N_Y$ に切り替える。これにより、横方向の解像度が高まるため、物体 $O B J$ の先端の位置は X'' と判定され、実際の物体 $O B J$ の先端の位置 X に近づけることができる。

[0166] 縦方向に関しては、物体 $O B J$ は移動しないため、縦長のピクセルブロック B_Y を用いることのデメリットはほとんど存在しないと言える。

[0167] 図28(a)、(b)の例では、ある物体 $O B J$ を積極的に捕捉するために、ピクセルブロック B の形状を切り替えたが、その限りでなく、特定の物体 $O B J$ を消すために、ピクセルブロック B の形状を利用してもよい。たとえば、車載のセンシング装置にとって、雨や雪はノイズであり、画像を復元する必要がないといえる。そして雨や雪の移動方向は一定であるから、ピクセルブロック B の形状を最適化すると、雨や雪の影響を排除しやすくなる。

[0168] たとえば雨が鉛直方向に降っている場合、縦方向(鉛直方向)に短い、言い換えれば横方向に長い形状のピクセルブロック B が好適である。複数のパターンを連続して照射する一連のセンシング動作において、特定のピクセルブロックの光が、雨の向こう側の物体 $O B J$ へ到達し、雨の手前側の光検出

器 1 2 0 に戻ってくる過程で、特定のピクセルブロックの光が雨粒によって大きく影響を受ける（遮蔽される）確率が小さくなる。つまり各画素の雨の影響が均一化されることで、雨の影響を除去する処理（ノイズキャンセリング）が容易になる。

[0169] （実施例 3. 5）

これまでの実施例 3. 1 ～ 3. 4 では、同一のピクセルブロック B に含まれる画素はすべてオン（もしくはオフ）であった。これに対して、実施例 3. 5 では、同一のピクセルブロック B は、オン画素とオフ画素の両方を含む。つまり、ピクセルブロック B は、所定配置された二以上のオン画素とオフ画素を含む。このようなピクセルブロックをパターンブロック（Patterned Block）と称する。照明装置 1 1 0 は、パターンブロックの組み合わせによって、強度分布を規定する。

[0170] 図 2 9 （a）～（d）は、実施例 3. 5 に係るパターンブロック P B を説明する図である。図 2 9 （a）～（d）には、パターンブロック P B 内のオン画素とオフ画素の分布（パターン）が示される。

[0171] 図 2 9 （a）では、パターンブロック P B の 4 辺に沿ってオフ画素が配置されており、図 2 9 （b）では、パターンブロック P B の隣接する 2 辺に沿ってオフ画素が配置されている。

[0172] 図 2 9 （c）では、オン画素が斜め方向にクロスするように配置される。図 2 9 （d）では、オン画素が縦横でクロスするように配置される。

[0173] 図 3 0 （a）、（b）は、パターンブロックの組み合わせにもとづくパターン信号の例を示す図である。図 3 0 （a）は、図 2 9 （a）のパターンブロックにより形成されるパターン信号の一例である。図 3 0 （b）は、図 2 9 （d）のパターンブロックにより形成されるパターン信号の一例である。図 3 0 （a）と図 3 0 （b）とは、オンであるパターンブロックの配置は同じである。

[0174] パターンブロックの概念を導入し、オン画素とオフ画素の分布を最適化することで、ある特定のシーンや物体に対して適したセンシングを提供するこ

とができる。

[0175] さらに、パターンブロックを複数規定しておき、それらを、物体OBJの形状や動き、あるいは走行シーンに合わせて適応的に選択することにより、物体OBJを正確に検出できるようになり、あるいは、演算量やフレームレートを制御できるようになる。

[0176] ゴーストイメージングによるセンシングでは、参照光S1のランダム性、空間インコヒーレント性が画質に大きな影響を与える。図29(a)や(b)のパターンブロックによれば、以下で説明するように、空間インコヒーレント性を改善できる。

[0177] 図31(a)、(b)は、参照光の空間インコヒーレント性の改善を説明する図である。一般に、ある光源から出射する光束は、ある広がり角を持って進む。ニアフィールドを観察する顕微鏡では、画素ごとの光束の広がりとは問題とならない。しかしながら車載用のイメージング装置100は、ファールフィールドの物体を検出する必要があるため、光束の広がりが問題を引き起こす。具体的には図31(a)に示すように、照明装置110の隣接する2つのオン領域（あるいは画素）A、Bから出射した2つの光束は、照明装置110から遠く離れた物体OBJの位置においてオーバーラップする。このような光束の重なりは、空間インコヒーレント性を低下させる。

[0178] 図29(a)や(b)のパターンブロックを利用すると、連続するオン画素の個数を2個に制限することができる。これは、隣接する2つのオン領域の間に、オフ画素が挿入されることを意味する。これにより、図31(b)に示すように、隣接する2つのオン領域A、Bを空間的に分離できるため、物体OBJに照射される参照光に関しても、光束の重なりを低減することができ、空間インコヒーレント性を改善できる。図29(c)のパターンブロックBを用いた場合も、横方向、縦方向に関しては、連続するオン画素の個数を1個または2個とすることができる。

[0179] たとえば、遠方に物体OBJが存在する場合には、図29(a)～(c)のパターンブロックBを用い、物体OBJが近い場合には通常のパターンブ

ロック（あるいはピクセルブロック）を用いてもよい。

[0180]（実施例 3. 6）

ピクセルブロック B あるいはパターンブロック P B にもとづく強度分布の制御のいくつかは、照明装置 110 の複数の画素のオン、オフ制御に、制約条件を課していると把握することができる。

[0181] たとえば、図 29（a）のパターンブロック P B を利用した強度分布制御は、隣接する 2 個のオン画素の間には、 $2 + 4 \times n$ 個（ $n \geq 0$ ）のオフ画素が挿入されるという制約条件と把握できる。

[0182] あるいは、図 29（b）のパターンブロック P B を利用した強度分布制御は、隣接する 3 個のオン画素の間には、 $1 + 4 \times n$ 個（ $n \geq 0$ ）のオフ画素が挿入されるという制約条件と把握できる。

[0183] 言い換えれば、空間インコヒーレント性を改善できる強度分布は、パターンブロック P B を用いずに、所定の制約条件にもとづいて生成してもよい。

[0184] 図 32（a）、（b）は、空間インコヒーレント性を改善できる強度分布の例を示す図である。図 32（a）、（b）では、隣接する画素がオンとならないという制約条件のもと、複数の画素のオン、オフがランダムに決定されている。図 32（a）では、縦方向、横方向、斜め方向に関するオン画素の隣接が禁止される。図 32（b）では、斜め方向のオン画素の隣接は許容され、縦方向と横方向に関するオン画素の隣接が禁止される。

[0185]（実施例 3. 7）

制約条件にもとづく強度分布の制御の別の例を説明する。図 33（a）～（d）は、点灯率を制約条件としたパターン制御を説明する図である。図 33（a）～（d）では、点灯率（全画素数に対するオン画素の個数の比率）が異なっており、それぞれ、点灯率は 20%、40%、60%、80%である。パターン発生器を擬似ランダム信号（P R B S : Pseudo Random Bit Sequence）発生器で構成する場合、点灯率は、R P B S のマーク率に対応付けられる。

[0186] 点灯率を高めると、光量が増加するため、より遠方の物体をセンシングす

ることが可能となる。あるいは、より反射率が低い物体や、反射面積が小さい物体の検出が可能となる。点灯率を高めることで、光の減衰率が高い濃霧環境下でも、反射光の量を増やすことができるため、検出感度を高めることができる。

[0187] 反対に、近い物体をセンシングする場合、反射率が高い物体、大きい物体を検出する際には、点灯率を低下させてもよい。

[0188] また参照光 S 1 を白色光とする場合、走行環境に応じて点灯率を動的に制御することにより、運転者からの視認性を高めたり、他の交通参加者に注意や警報を与えたり、先行車や対向車、歩行者へのグレアを低減できる。

[0189] たとえば、点灯率を低下させれば、前方が暗くなるため、対向車や歩行者へのグレアを防止することができる。反対に点灯率を高めれば、前方が明るくなるため、運転者からの視認性を高めたりできる。また点灯率を時間的に増減させれば、参照光 S 1 を擬似的に点滅させることができ、自車の運転者や、他の交通参加者に注意や警報を与えることができる。

[0190] 図 3 3 (a) ~ (d) の例では、全画素に関する点灯率を規定しているが、複数の領域に分割して、領域ごとに、点灯率を規定してもよい。図 3 4 (a) 、 (b) は、変形例に係る点灯率の制御を説明する図である。たとえば点灯率が 5 0 % とする場合に、全画素を通してのマーク率を 5 0 % として P R B S を生成すると、上半分にオン画素が集中し、下半分にオフ画素が集中し、明るさにムラが生ずる。そこで図 3 4 (a) に示すように、上半分の領域と下半分の領域それぞれについて、マーク率が 5 0 % の P R B S を生成して強度分布を規定すれば、明るさのムラを低減できる。

[0191] 図 3 4 (b) に示すように、複数の領域に分割し、領域ごとに点灯率を独立に指定可能としてもよい。この場合、対向車や先行車が存在する領域については点灯率を下げるなどの制御を行うことができる。

[0192] 続いて実施の形態 3 に関連する変形例を説明する。

[0193] (変形例 3. 1)

実施の形態では、照明装置 1 1 0 を、光源 1 1 2 とパターンニングデバイス

114の組み合わせで構成したがその限りでない。たとえば照明装置110は、マトリクス状に配置される複数の半導体光源（LED（発光ダイオード）やLD（レーザダイオード））のアレイで構成し、個々の半導体光源のオン、オフ（あるいは輝度）を制御可能に構成してもよい。

[0194]（用途）

続いて実施の形態3に係るイメージング装置100の用途を説明する。このイメージング装置100は、図10の物体識別システム10に利用できる。物体識別システム10のセンサとして、実施の形態2で説明したイメージング装置100を用いることで、以下の利点を得ることができる。

[0195] イメージング装置100すなわち量子レーダカメラを用いることで、ノイズ耐性が格段に高まる。たとえば、降雨時、降雪時、あるいは霧の中を走行する場合、肉眼では物体OBJを認識しにくい、イメージング装置100を用いることで、雨、雪、霧の影響を受けずに、物体OBJの復元画像Gを得ることができる。

[0196] 車載用のイメージング装置100の検出対象は、車、人、バイクや自転車、構造物や動植物とさまざまである。またイメージング装置が使用される状況も、天候、時間帯、走行道路、走行速度などの走行環境に応じて大きく変化する。また、イメージング装置自体が移動するとともに、対象物も移動し、それらの相対的な移動方向もさまざまである。参照光の強度分布を、ピクセルブロックやパターブロックにもとづいて動的に制御することにより、車載用途に適したセンシングが可能となる。

[0197] 実施の形態3で説明したイメージング装置100は、図11の自動車に搭載でき、図12の車両用灯具に内蔵してもよい。

[0198]（実施の形態4）

（実施の形態4の概要）

以下で説明する実施の形態4は、ゴーストイメージングの原理を用いたイメージング装置に関する。イメージング装置は、参照光の強度分布を複数M通りで変化させながら物体に照射する照明と、複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ それ

それぞれについて、物体からの反射光を測定する光検出器と、複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ と光検出器の出力にもとづく複数の検出強度 $b_1 \sim b_M$ の相関をとることにより、物体の復元画像を再構成する演算処理装置と、を備える。

[0199] 複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ は以下の処理によって決定することができる。

(i) 照明から物体を経て光検出器に至る経路の伝達特性をモデル化する。

(ii) 基準物体およびそれに対応する基準画像を定義する。

(iii) 複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ に初期値を与える。

(iv) モデル化した伝達特性にもとづいて、複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ それぞれを有する参照光を基準物体に照射したときの、検出強度 $b_1 \sim b_M$ の推定値 $\hat{b}_1 \sim \hat{b}_M$ を計算する。

(v) 複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ と複数の推定値 $\hat{b}_1 \sim \hat{b}_M$ の相関をとることにより、基準物体の復元画像を再構築する。

(vi) 復元画像と基準画像の誤差が小さくなるように、複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ それぞれを修正する。処理 (iv) ～ (vi) を繰り返すことにより、複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ を決定することができる。

[0200] この実施の形態によれば、想定される被写体などに応じて基準画像を定義して、パターンを最適化することにより、照射回数を減らすことができる。

[0201] 基準物体および基準画像は、複数 N セット ($N \geq 2$)、定義されてもよい。この場合、複数の被写体を想定できるため、より汎用性を高めることができる。

[0202] 誤差は、式 (4) の目的関数 $F(I)$ で表されてもよい。

[数4]

$$F(I) = \sum_{i=1}^N \sum_{x \in W} \sum_{y \in H} \{T_i(x, y) - G_i(x, y, I)\}^2 \quad \cdots (4)$$

$$G(x, y, I) = \frac{1}{M} \sum_{r=1}^M [\{\hat{b}_r - \langle \hat{b} \rangle\} \cdot I_r(x, y)]$$

$$\hat{b} = \sum_{x \in W} \sum_{y \in H} \{I(x, y) \cdot T(x, y)\}$$

$$\langle \hat{b} \rangle = \frac{1}{M} \sum_{r=1}^M \hat{b}_r$$

但し、Wは画像の幅、Hは画像の高さ、 $T_i(x, y)$ はi番目の基準画像、 $G_i(x, y, I)$ はi番目の復元画像を表す。

[0203] 複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ を、複数セット用意しておき、走行環境に応じたひとつのセットを選択的に使用してもよい。これにより、さまざまな走行環境において常に同じ強度分布のセットを用いる場合に比べて、画質を改善できる。

[0204] (実施の形態4の詳細な説明)

図35は、実施の形態4に係るイメージング装置100を示す図である。イメージング装置100はゴーストイメージングの原理を用いた相関関数イメージセンサであり、照明110、光検出器120、演算処理装置130を備える。イメージング装置100を、量子レーダカメラとも称する。

[0205] 照明110は、疑似熱光源であり、実質的にランダムとみなしうる強度分布 $I(x, y)$ を有する参照光S1を生成し、物体OBJに照射する。物体OBJへの参照光S1の照射は、その強度分布を、複数のM通りのパターンに応じて変化させながら行われる。照明110は、たとえば均一な強度分布

を有する光 S_0 を生成する光源 112 と、この光 S_0 の強度分布 I を空間的に変調可能なパターンニングデバイス 114 を含む。光源 112 は、レーザや発光ダイオードなどを用いてもよい。参照光 S_1 の波長やスペクトルは特に限定されず、複数のあるいは連続スペクトルを有する白色光であってもよいし、所定の波長を含む単色光であってもよい。

[0206] パターンニングデバイス 114 としては、DMD (Digital Micromirror Device) や液晶デバイスを用いることができる。パターンニングデバイス 114 には、演算処理装置 130 から、強度分布 I を指定するパターン信号 PTN (画像データ) が与えられており、したがって演算処理装置 130 は、現在、物体 OBJ に照射される参照光 S_1 の強度分布 I_r を知っている。

[0207] 光検出器 120 は、物体 OBJ からの反射光を測定し、検出信号 D_r を出力する。検出信号 D_r は、強度分布 I_r を有する参照光を物体 OBJ に照射したときに、光検出器 120 に入射する光エネルギー (あるいは強度) の空間的な積分値である。したがって光検出器 120 は、シングルピクセルのデバイス (フォトディテクタ) を用いることができる。光検出器 120 からは、複数 M 通りの強度分布 $I_1 \sim I_M$ それぞれに対応する複数の検出信号 $D_1 \sim D_M$ が出力される。

[0208] 演算処理装置 130 は、パターン発生器 132 および再構成処理部 134 を含む。パターン発生器 132 は、参照光 S_1 の強度分布 I を指定するパターン信号 PTN_r を発生し、時間とともにパターン信号 PTN_r を切り替える ($r = 1, 2, \dots, M$)。従来では、照明 110 が発生する参照光 S_1 の強度分布は、ランダムに生成していたが、本実施の形態では、予め決められた複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ のセットが用いられる。したがって複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ を規定する複数のパターン信号 $PTN_1 \sim PTN_M$ のセットは、パターン発生器 132 の内部のメモリ (パターンメモリ) に予め保持されている。

[0209] 再構成処理部 134 は、複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ と、複数の検出強度 $b_1 \sim b_M$ の相関をとることにより、物体 OBJ の復元画像 $G(x, y)$ を再構成する。検出強度 $b_1 \sim b_M$ は、検出信号 $D_1 \sim D_M$ にもとづいている。検出強度 b

と検出信号 D の関係は、光検出器 120 の種類や方式などを考慮して定めればよい。

[0210] ある強度分布 I_r の参照光 S_1 を、ある照射期間にわたり照射するとする。また検出信号 D_r は、ある時刻（あるいは微小時間）の受光量すなわち瞬時値を表すとする。この場合、照射期間において検出信号 D_r を複数回サンプリングし、検出強度 b_r を、検出信号 D_r の全サンプリング値の積分值、平均値あるいは最大値としてもよい。あるいは、全サンプリング値のうちのいくつかを選別し、選別したサンプリング値の積分值や平均値、最大値を用いてもよい。複数のサンプリング値の選別は、たとえば最大値から数えて序列 x 番目から y 番目を抽出してもよいし、任意のしきい値より低いサンプリング値を除外してもよいし、信号変動の大きさが小さい範囲のサンプリング値を抽出してもよい。

[0211] 光検出器 120 として、カメラのように露光時間が設定可能なデバイスを用いる場合には、光検出器 120 の出力 D_r をそのまま、検出強度 b_r とすることができる。

[0212] 検出信号 D_r から検出強度 b_r への変換は、演算処理装置 130 が実行してもよいし、演算処理装置 130 の外部で行ってもよい。

[0213] 相関には、式 (5) の相関関数が用いられる。 I_r は、 r 番目の強度分布であり、 b_r は r 番目の検出強度の値である。

[数5]

$$G(x, y) = \frac{1}{M} \sum_{r=1}^M [\{b_r - \langle b \rangle\} \cdot I_r(x, y)] \quad \cdots (5)$$

$$\langle b \rangle = \frac{1}{M} \sum_{r=1}^M b_r$$

[0214] 以上がイメージング装置 100 の全体の基本構成である。以下、複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ の決め方を説明する。複数の強度 $I_1 \sim I_M$ は、予めコンピュ

ータを用いて決定される。

[0215] 図36は、複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ のセットの決定方法を示すフローチャートである。照明110から物体OBJを経て光検出器120に至る経路の伝達特性をモデル化する(S100)。この伝達特性には、照明110から物体OBJまでの光の伝達特性と、物体OBJの反射特性と、物体OBJから光検出器120までの光の伝搬特性と、光検出器120の変換特性が含まれる。

[0216] 基準物体およびそれに対応する基準画像 $T(x, y)$ を定義する(S102)。基準画像 $T(x, y)$ は、基準物体の反射特性を規定する。図37は、基準物体と基準画像 $T(x, y)$ の関係を説明する図である。

[0217] ここでは説明の簡素化、理解の容易化のために、グレースケールとして考える。基準画像 $T(x, y)$ の画素値は0～1で正規化されるものとする。この場合、各画素 p の画素値は、基準物体の対応する部分の反射率を表す。たとえばある画素 p の画素値が1であるとき、それに対応する基準物体の反射率は1（すなわち100%）であり、画素値が0であるとき、それに対応する基準物体の反射率は0（すなわち0%）であり、画素値が0.5であるとき、それに対応する基準物体の反射率は0.5（すなわち50%）のように対応付けることができる。

[0218] 図36に戻る。複数のパターンに初期値を与えるステップと、(iv)伝達特性にもとづいて、複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ それぞれを有する参照光 S_1 を基準物体OBJに照射したときの、検出強度 $b_1 \sim b_M$ の推定値 $\hat{b}_1 \sim \hat{b}_M$ を計算する(S106)。

[0219] たとえば照明110から物体OBJまでの光路において光は減衰せず、参照光 S_1 は、基準物体OBJを包含する矩形（図37の右の破線で示す矩形）の全体にわたって照射されるものとする。また物体OBJから光検出器120までの光路において光は減衰せず、物体OBJからの反射光はすべて光検出器120に入射するものと仮定する。この仮定のもとでは、強度分布が $I_r(x, y)$ である参照光を基準物体に照射したときの検出強度の推定値 b

$\hat{b}_r$ は、式（６）で表される。但し、 W は画像の幅、 H は画像の高さを表す。

[数6]

$$\hat{b}_r = \sum_{x \in W} \sum_{y \in H} \{I_r(x, y) \cdot T(x, y)\} \quad \cdots (6)$$

[0220] 現在の強度分布 $I_1(x, y) \sim I_M(x, y)$ の組み合わせ（あるいは状態）を I と表記する。式（７）の相関関数にもとづいて、強度分布のセット I を用いて、復元画像 $G(x, y, I)$ を再構成する（S108）。式（７）は、式（５）の検出強度 b_r を、推定値 $\hat{b}_r$ に置き換えたものである。

[数7]

$$G(x, y, I) = \frac{1}{M} \sum_{r=1}^M [\{\hat{b}_r - \langle \hat{b} \rangle\} \cdot I_r(x, y)] \quad \cdots (7)$$

$$\langle \hat{b} \rangle = \frac{1}{M} \sum_{r=1}^M \hat{b}_r$$

[0221] 基準画像 $T(x, y)$ は、復元画像 $G(x, y, I)$ の正解に相当する。そこで、復元画像 $G(x, y, I)$ と、基準画像 $T(x, y)$ の誤差 ε を計算し（S110）、誤差 ε 小さくなるように、複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ それぞれを修正する（S114）。

[0222] この処理は誤差 ε がその許容値 ε_{MAX} より大きい間繰り返される（S112のY）。 $\varepsilon < \varepsilon_{MAX}$ となると（S112のN）、そのときの複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ のセット I を保存し（S116）、最適化処理が終了する。

[0223] この実施の形態によれば、想定される被写体などに応じて基準画像を定義して、パターンを最適化することにより、照射回数を減らすことができる。

[0224] 好ましくは、基準画像 $T(x, y)$ と基準物体を、複数 N セット用意し、それらについて総合的な誤差 ε が小さくなるように、複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ を最適化するとよい。この場合、複数の被写体を想定できるため、より汎用

性を高めることができる。

[0225] この場合の誤差 ε は、式 (8) の目的関数 $F(I)$ で表されてもよい。

[数8]

$$F(I) = \sum_{i=1}^N \sum_{x \in W} \sum_{y \in H} \{T_i(x, y) - G_i(x, y, I)\}^2 \quad \dots (8)$$

$T_i(x, y)$ は、 i 番目のセットの基準画像を表す。

[0226] 誤差 ε を最小化するアルゴリズムは特に限定されず、公知のものを用いることができる。たとえば最小化には、確率的勾配降下法を用いることができる。この問題は以下の式 (9) で定式化できる。

[数9]

$$\hat{I} = \arg \min F(I) \quad \dots (9)$$

$\hat{I}$ は、最適な強度分布 $I_1 \sim I_M$ のセットである。なお、強度分布 $I_1 \sim I_M$ の画素値は負をとらないから、非負の制約条件を設けることができる。

[0227] (検証)

以下、具体的な強度分布 $I_1 \sim I_M$ のセットの決定および検証について説明する。基準画像（基準物体）としては、notMNISTと呼ばれるさまざまなフォントで表されたアルファベット等の画像データのセットを利用した (<https://kaggle.com/lubaroli/notmnist/home>)。このデータセットに含まれる画像は529114枚である。機械学習において、データの多様性は性能向上につながる可能性が高いため、以下の処理を加えて擬似的にデータ数を増加させた（かさ増し）。これらのデータを用いて、バッチサイズ64で10エポック学習を行った。

- ・ランダムに上下方向、左右方向に10%シフト
- ・ランダムに10%ズーム
- ・ランダムに10%回転

・ランダムに上下、左右反転

- [0228] 強度分布 $I_1 \sim I_M$ の数 M は、100、500、1000として、それぞれの最適な強度分布のセット I_{100}^* 、 I_{500}^* 、 I_{1000}^* を求めた。最適化アルゴリズムとしては、Adam (Kingma Diederik, Jimmy Ba, "Adam: A Method for Stochastic Optimization", arXiv:1412.6980, 2014) を用いた。パラメータは文献にしたがい、 $\alpha = 0.001$ 、 $\beta_1 = 0.9$ 、 $\beta_2 = 0.999$ とした。
- [0229] 図38は、 $M = 100$ に対して得られる100通りの強度分布 $I_1 \sim I_{100}$ からなるセット I_{100}^* 示す図である。各画素の値は、0～255の範囲に正規化されている。 $M = 500$ 、 $M = 1000$ についても同様のセットが得られるが、スペースの関係で図示は省略する。
- [0230] 図39は、最適化された強度分布のセットを用いたときの復元画像を示す図である。一番左は正解画像であり、上から順に、アルファベットのK、カエル、電車、トラックの写真を用いている。復元画像の下には、正解画像との誤差を表すPSNRの数値を示す。カエル、電車、トラックの画像は、CIFAR-10から引用した (Alex Krizhevsky, "Learning multiple layers of features from tiny images" 2009)。PSNRは、数値が大きいほど、誤差が小さいことを示す。
- [0231] 最適化された強度分布のセットを用いることにより、 $M = 100$ の場合であっても、元の物体をある程度復元できており、 $M = 500$ ではさらに正確に復元でき、 $M = 1000$ ではさらに正確に復元できることがわかる。
- [0232] 比較のために、従来のランダムな強度分布のセットを用いたときの復元画像を計算した。ここではアルファベットのKについての結果を示す。図40は、ランダムな強度分布のセットを用いたときの復元画像を示す図である。ランダムな強度分布を用いると、10000回照射を行う場合でも、PSNRは9.578程度である。これに対して、本実施の形態によれば、100回照射でPSNR=14.20、500回照射でPSNR=18.63、1000回照射でPSNR=22.13が得られており、従来に比べてPSNR

Rは著しく改善されることがわかる。

[0233] 続いて実施の形態4に関する変形例を説明する。

[0234] (変形例4. 1)

イメージング装置100において、強度分布のセットを複数用意しておき、走行環境に応じてそれらを切り替えるようにしてもよい。

[0235] 上述の説明では、イメージング装置100から物体OBJの間で、光の減衰等が存在しないとした。これは、晴天時の見通しがよい場合に対応付けることができる。もちろん、この仮定のもとで得られた強度分布のセットは、降雨、降雪あるいは濃霧の中を走行する状況でも有効であるが、降雨、降雪、あるいは濃霧などの走行環境に応じて、強度分布のセットを切り替えれば、さらに復元画像Gの誤差を小さくできる。

[0236] たとえばイメージング装置100と物体OBJの間に、雨、雪、霧が存在する走行環境を想定する場合、それぞれ影響を考慮して、伝達特性（光の伝搬特性）をモデル化すればよい。この場合、検出強度 b_r の推定値 $\hat{b}_r$ の計算式が式(6)から修正されることとなる。そして、修正された推定値 $\hat{b}_r$ にもとづいて、強度分布のセットを最適化すればよい。

[0237] 複数の走行環境を想定し、各走行環境に適した強度分布のセットを最適化する際には、各走行環境（すなわち降雨、降雪、濃霧）において基準物体を撮影し、得られた画像を基準画像として、上述の機械学習を行ってもよい。この場合、伝達特性（光の伝搬特性）のモデル化を簡略化できる。

[0238] あるいは、走行環境としては、雨、雪、霧などの違いに加えて、あるいはそれらに変えて、昼の走行と夜の走行、低速走行と高速走行などを考慮して、各走行環境に適した強度分布のセットを用意してもよい。

[0239] (変形例4. 2)

実施の形態4では、照明110を、光源112とパターンングデバイス114の組み合わせで構成したがその限りでない。たとえば照明110は、マトリクス状に配置される複数の半導体光源（LED（発光ダイオード）やLD（レーザダイオード））のアレイで構成し、個々の半導体光源のオン、オ

フ（あるいは輝度）を制御可能に構成してもよい。

[0240] 続いて実施の形態4に係るイメージング装置100の用途を説明する。このイメージング装置100は、図10の物体識別システム10に利用できる。物体識別システム10のセンサとして、実施の形態4で説明したイメージング装置100を用いることで、以下の利点を得ることができる。

[0241] 第1に、イメージング装置100すなわち量子レーダカメラを用いることで、ノイズ耐性が格段に高まる。たとえば、降雨時、降雪時、あるいは霧の中を走行する場合、肉眼では物体OBJを認識しにくい、イメージング装置100を用いることで、雨、雪、霧の影響を受けずに、物体OBJの復元画像Gを得ることができる。

[0242] 第2に、参照光S1として、予め機械学習によって最適化した強度分布 $I_1 \sim I_M$ のセットを用いることで、少ない照射回数で、物体OBJの像を復元できる。上の対比では従来のランダムな強度分布では、数千回にも及ぶ照射回数が必要であったのに対して、本実施形態では、100～1000回程度の照射回数まで減らすことができる。これにより、1枚の復元画像を得るために要する時間、すなわちフレームレートを従来よりも増やすことができる。これにより、イメージング装置100と物体OBJが相対的に移動する車載用途において必要なフレームレートを達成することができる。

[0243] 実施の形態4で説明したイメージング装置100は、図11の自動車に搭載でき、図12の車両用灯具に内蔵してもよい。

[0244] 実施の形態1～4において、ゴーストイメージング（あるいはシングルピクセルイメージング）の手法として、相関計算を用いた手法を説明したが、画像の再構築の手法はそれに限定されない。いくつかの実施の形態では、相関計算に変えて、フーリエ変換やアダマール逆変換を使用した解析的手法や、スパースモデリングなどの最適化問題を解く手法、およびAI・機械学習を利用したアルゴリズムによって、画像を再構築してもよい。

[0245] 実施の形態にもとづき、具体的な語句を用いて本発明を説明したが、実施の形態は、本発明の原理、応用の一側面を示しているにすぎず、実施の形態

には、請求の範囲に規定された本発明の思想を逸脱しない範囲において、多くの変形例や配置の変更が認められる。

産業上の利用可能性

[0246] 本発明は、車両用灯具に関する。

符号の説明

[0247] O B J …物体、1 0 …物体識別システム、2 0 …イメージング装置、4 0 …演算処理装置、4 2 …分類器、1 0 0 …イメージング装置、1 1 0 …照明、1 2 0 …光検出器、1 3 0 …演算処理装置、1 3 2 …パターン発生器、1 3 4 …再構成処理部、2 0 0 …車両用灯具、2 0 2 …光源、2 0 4 …点灯回路、2 0 6 …光学系、3 0 0 …自動車、3 0 2 …前照灯、3 1 0 …灯具システム、3 0 4 …車両側 E C U、4 0 0 …車両用灯具、4 0 2 …筐体、4 0 4 …カバー、4 1 0 …前照灯、4 1 2 …光源、4 1 4 …リフレクタ、4 1 6 …パターンニングデバイス、4 2 0 …疑似熱光源、4 2 2 …光源、4 2 4 …パターンニングデバイス、4 3 0 …共通部材。

請求の範囲

- [請求項1] 車両用灯具であって、
 前照灯と、
 参照光の強度分布をランダムに切り替えながら物体に照射する疑似熱光源と、
 を備え、
 前記疑似熱光源は、前記物体からの反射光を測定する光検出器、および、前記検出器の出力と前記参照光の強度分布にもとづいて、前記物体の復元画像を再構成する演算処理装置とともにイメージング装置を構成するものであり、
 前記前照灯の少なくとも一部の構成要素は、前記疑似熱光源と共有されることを特徴とする車両用灯具。
- [請求項2] 前記疑似熱光源は、前記前照灯と光学系を共有することを特徴とする請求項1に記載の車両用灯具。
- [請求項3] 前記前照灯の前記光学系は、配光を制御するパターンニングデバイスを含み、前記疑似熱光源と前記前照灯は、前記パターンニングデバイスを共有することを特徴とする請求項2に記載の車両用灯具。
- [請求項4] 前記前照灯の前記光学系は、光源の出射光を車両前方に反射するリフレクタを含み、前記疑似熱光源と前記前照灯は、前記リフレクタを共有することを特徴とする請求項2に記載の車両用灯具。
- [請求項5] 前記参照光は、赤外または紫外であることを特徴とする請求項2から4のいずれかに記載の車両用灯具。
- [請求項6] 前記疑似熱光源は、前記前照灯と光源を共有することを特徴とする請求項1から5のいずれかに記載の車両用灯具。
- [請求項7] 前記参照光は白色光であることを特徴とする請求項6に記載の車両用灯具。
- [請求項8] 請求項1から7のいずれかに記載の車両用灯具を備えることを特徴とする車両。

- [請求項9] 測定範囲を複数の区画に分割し、区画を切り替えながら強度分布がランダムな参照光を照射する照明装置と、
 物体からの反射光を測定する光検出器と、
 前記複数の区画それぞれについて、前記光検出器の出力にもとづく検出強度と前記参照光の強度分布にもとづいて、前記物体の当該区画に含まれる部分の復元画像を再構成する演算処理装置と、
 を備えることを特徴とする車載用イメージング装置。
- [請求項10] 前記複数の区画の個数は、分割にともなう演算時間の減少量が、測定時間の増加量より大きくなるように定められることを特徴とする請求項9に記載の車載用イメージング装置。
- [請求項11] 請求項9または10に記載の車載用イメージング装置を備えることを特徴とする車両用灯具。
- [請求項12] 請求項9または10に記載の車載用イメージング装置を備えることを特徴とする車両。
- [請求項13] 測定範囲を複数の区画に分割し、区画を切り替えながら強度分布がランダムな参照光を照射するステップと、
 光検出器によって物体からの反射光を測定するステップと、
 前記複数の区画それぞれについて、前記光検出器の出力にもとづく検出強度と前記参照光の強度分布にもとづいて前記物体の当該区画に含まれる部分の復元画像を再構成するステップと、
 を備えることを特徴とするイメージング方法。
- [請求項14] 前記複数の区画の個数は、分割にともなう演算時間の減少量が、測定時間の増加量より大きくなるように定められることを特徴とする請求項13に記載のイメージング方法。
- [請求項15] ゴーストイメージングにもとづくイメージング装置に使用される照明装置であって、
 マトリクス状に配置された複数の画素を有し、前記複数の画素のオン、オフの組み合わせにもとづいて、光の強度分布を変調可能に構成

され、

少なくともひとつの画素を含むピクセルブロックを単位として前記強度分布が制御され、前記ピクセルブロックは可変であることを特徴とする照明装置。

[請求項16] 前記ピクセルブロックのサイズが可変であることを特徴とする請求項15に記載の照明装置。

[請求項17] 過去のセンシングにより物体が存在すると判定される領域において前記ピクセルブロックのサイズを小さくすることを特徴とする請求項16に記載の照明装置。

[請求項18] 前記ピクセルブロックの形状が可変であることを特徴とする請求項15から17のいずれかに記載の照明装置。

[請求項19] 前記ピクセルブロックの形状は、横長の図形、縦長の図形、斜め方向に伸びる図形のうち少なくとも二種類で変化することを特徴とする請求項18に記載の照明装置。

[請求項20] 前記ピクセルブロックの形状は、物体の移動方向にもとづいて選択されることを特徴とする請求項18または19に記載の照明装置。

[請求項21] 前記ピクセルブロックは、所定のパターンにしたがって配置されるオン画素とオフ画素を含むことを特徴とする請求項15から20のいずれかに記載の照明装置。

[請求項22] 前記ピクセルブロックの隣接する少なくとも2辺に沿ってオフ画素が配置されることを特徴とする請求項21に記載の照明装置。

[請求項23] ゴーストイメージングにもとづくイメージング装置に使用される照明装置であって、

マトリクス状に配置された複数の画素を有し、前記複数の画素のオン、オフの組み合わせにもとづいて、光の強度分布を変調可能に構成され、

を備え、

二以上のオン画素とオフ画素を含む所定パターンを用いて、前記強

度分布が制御されることを特徴とする照明装置。

[請求項24] 前記所定パターンが複数規定され、前記強度分布は、複数の所定パターンから動的に選択される少なくともひとつにもとづいて制御されることを特徴とする請求項23に記載の照明装置。

[請求項25] 物体に参照光を照射する請求項15から24のいずれかに記載の照明装置と、

前記物体からの反射光を測定する光検出器と、

前記光検出器の出力にもとづく検出強度と前記参照光の強度分布にもとづいて前記物体の復元画像を再構成する演算処理装置と、

を備えることを特徴とするイメージング装置。

[請求項26] 請求項25に記載のイメージング装置を備えることを特徴とする車両用灯具。

[請求項27] 請求項25に記載のイメージング装置を備えることを特徴とする車両。

[請求項28] ゴーストイメージングにもとづくイメージング装置に使用される照明装置であって、

マトリクス状に配置された複数の画素を有し、前記複数の画素のオン、オフの組み合わせにもとづいて、光の強度分布を変調可能に構成され、

所定の制約条件のもと、前記複数の画素のオン、オフが制御されることを特徴とする照明装置。

[請求項29] 前記所定の制約条件は、隣接する画素がオンとならないことを含むことを特徴とする請求項28に記載の照明装置。

[請求項30] 前記所定の制約条件は、動的に変化することを特徴とする請求項28または29に記載の照明装置。

[請求項31] 前記所定の制約条件は、オン画素とオフ画素の比率である点灯率を規定することを特徴とする請求項28から30のいずれかに記載の照明装置。

- [請求項32] 前記複数の画素が複数の領域に分割され、領域それぞれにおいて、オンとオフの画素の割合が規定されることを特徴とする請求項28から31のいずれかに記載の照明装置。
- [請求項33] 物体に参照光を照射する請求項28から32のいずれかに記載の照明装置と、
前記物体からの反射光を測定する光検出器と、
前記光検出器の出力にもとづく検出強度と前記参照光の強度分布にもとづいて前記物体の復元画像を再構成する演算処理装置と、
を備えることを特徴とするイメージング装置。
- [請求項34] 請求項33に記載のイメージング装置を備えることを特徴とする車両用灯具。
- [請求項35] 請求項33に記載のイメージング装置を備えることを特徴とする車両。
- [請求項36] 参照光の強度分布を複数 M 通りに変化させながら物体に照射する照明と、
複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ それぞれについて、前記物体からの反射光を測定する光検出器と、
前記複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ と、前記光検出器の出力にもとづく複数の検出強度 $b_1 \sim b_M$ の相関をとることにより、前記物体の復元画像を再構成する演算処理装置と、
を備え、
前記複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ は、機械学習によって予め生成されていることを特徴とするイメージング装置。
- [請求項37] 前記複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ が、複数の走行環境に対応して複数セット用意され、走行環境に応じたひとつのセットが選択的に使用されることを特徴とする請求項37に記載のイメージング装置。
- [請求項38] 参照光の強度分布を複数 M 通りに変化させながら物体に照射する照明と、

複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ それぞれについて、前記物体からの反射光を測定する光検出器と、

前記複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ と、前記光検出器の出力にもとづく複数の検出強度 $b_1 \sim b_M$ の相関をとることにより、前記物体の復元画像を再構成する演算処理装置と、

を備え、

前記複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ は、

(i) 前記照明から前記物体を経て前記光検出器に至る経路の伝達特性をモデル化するステップと、

(ii) 基準物体およびそれに対応する基準画像を定義するステップと、

(iii) 前記複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ に初期値を与えるステップと、

(iv) 前記伝達特性にもとづいて、前記複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ それぞれを有する参照光を前記基準物体に照射したときの、前記検出強度 $b_1 \sim b_M$ の推定値 $\hat{b}_1 \sim \hat{b}_M$ を計算するステップと、

(v) 前記複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ と、前記複数の推定値 $\hat{b}_1 \sim \hat{b}_M$ の相関をとることにより、前記基準物体の復元画像を再構築するステップと、

(vi) 前記復元画像と、前記基準画像の誤差が小さくなるように、前記複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ それぞれを修正するステップと、

(vii) ステップ (iv) ～ (vi) を繰り返すことにより前記複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ を決定するステップと、

によって得られることを特徴とするイメージング装置。

[請求項39] 前記基準物体および前記基準画像は、複数 N セット ($N \geq 2$)、定義されることを特徴とする請求項38に記載のイメージング装置。

[請求項40] 前記誤差は、式 (1) の目的関数 $F(I)$ で表されることを特徴とする請求項39に記載のイメージング装置。

[数1]

$$F(I) = \sum_{i=1}^N \sum_{x \in W} \sum_{y \in H} \{T_i(x, y) - G_i(x, y, I)\}^2 \quad \cdots(1)$$

$$G(x, y, I) = \frac{1}{M} \sum_{r=1}^M [\{\hat{b}_r - \langle \hat{b} \rangle\} \cdot I_r(x, y)]$$

$$\hat{b} = \sum_{x \in W} \sum_{y \in H} \{I(x, y) \cdot T(x, y)\}$$

$$\langle \hat{b} \rangle = \frac{1}{M} \sum_{r=1}^M \hat{b}_r$$

但し、Wは画像の幅、Hは画像の高さ、 $T_i(x, y)$ はi番目の基準画像、 $G_i(x, y, I)$ はi番目の復元画像を表す。

[請求項41] ステップ(vi)において確率的勾配降下法を用いることを特徴とする請求項38から40のいずれかに記載のイメージング装置。

[請求項42] 前記基準物体および前記基準画像として、アルファベットの画像データのセットを用いることを特徴とする請求項39に記載のイメージング装置。

[請求項43] 異なる複数の環境を想定し、前記複数の環境それぞれについて、前記複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ が用意されることを特徴とする請求項39から42のいずれかに記載のイメージング装置。

[請求項44] 請求項36から43のいずれかに記載のイメージング装置と、
前記イメージング装置によって得られる画像にもとづいて、物体の種類を識別可能な演算処理装置と、
を備えることを特徴とする物体識別システム。

[請求項45] 請求項44に記載の物体識別システムを備えることを特徴とする車

両用灯具。

[請求項46] 請求項44に記載の物体識別システムを備えることを特徴とする車両。

[請求項47] イメージング装置に用いる複数の強度分布のセットを決定する方法であって、

前記イメージング装置は、

参照光の強度分布を複数 M 通りで変化させながら物体に照射する照明と、

前記複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ それぞれについて、前記物体からの反射光を測定する光検出器と、

前記複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ と、前記光検出器の出力にもとづく複数の検出強度 $b_1 \sim b_M$ の相関をとることにより、前記物体の復元画像を再構成する演算処理装置と、

を備え、

前記方法は、

(i) 前記照明から前記物体を経て前記光検出器に至る経路の伝達特性をモデル化するステップと、

(ii) 基準物体およびそれに対応する基準画像を定義するステップと、

(iii) 前記複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ に初期値を与えるステップと、

(iv) 前記伝達特性にもとづいて、前記複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ それぞれを有する参照光を前記基準物体に照射したときの、前記検出強度 $b_1 \sim b_M$ の推定値 $\hat{b}_1 \sim \hat{b}_M$ を計算するステップと、

(v) 前記複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ と、前記複数の推定値 $\hat{b}_1 \sim \hat{b}_M$ の相関をとることにより、前記基準物体の復元画像を再構築するステップと、

(vi) 前記復元画像と、前記基準画像の誤差が小さくなるように、

前記複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ それぞれを修正するステップと、

を備え、ステップ (iv) ～ (vi) を繰り返すことにより前記複数の強度分布 $I_1 \sim I_M$ のセットを決定することを特徴とする方法。

[請求項48] 前記基準物体および前記基準画像は、複数 N セット ($N \geq 2$)、定義されることを特徴とする請求項47に記載の方法。

[請求項49] 前記誤差は、式 (1) の目的関数 $F(I)$ で表されることを特徴とする請求項48に記載の方法。

[数2]

$$G(x, y) = \frac{1}{M} \sum_{r=1}^M [\{b_r - \langle b \rangle\} \cdot I_r(x, y)] \quad \cdots (2)$$

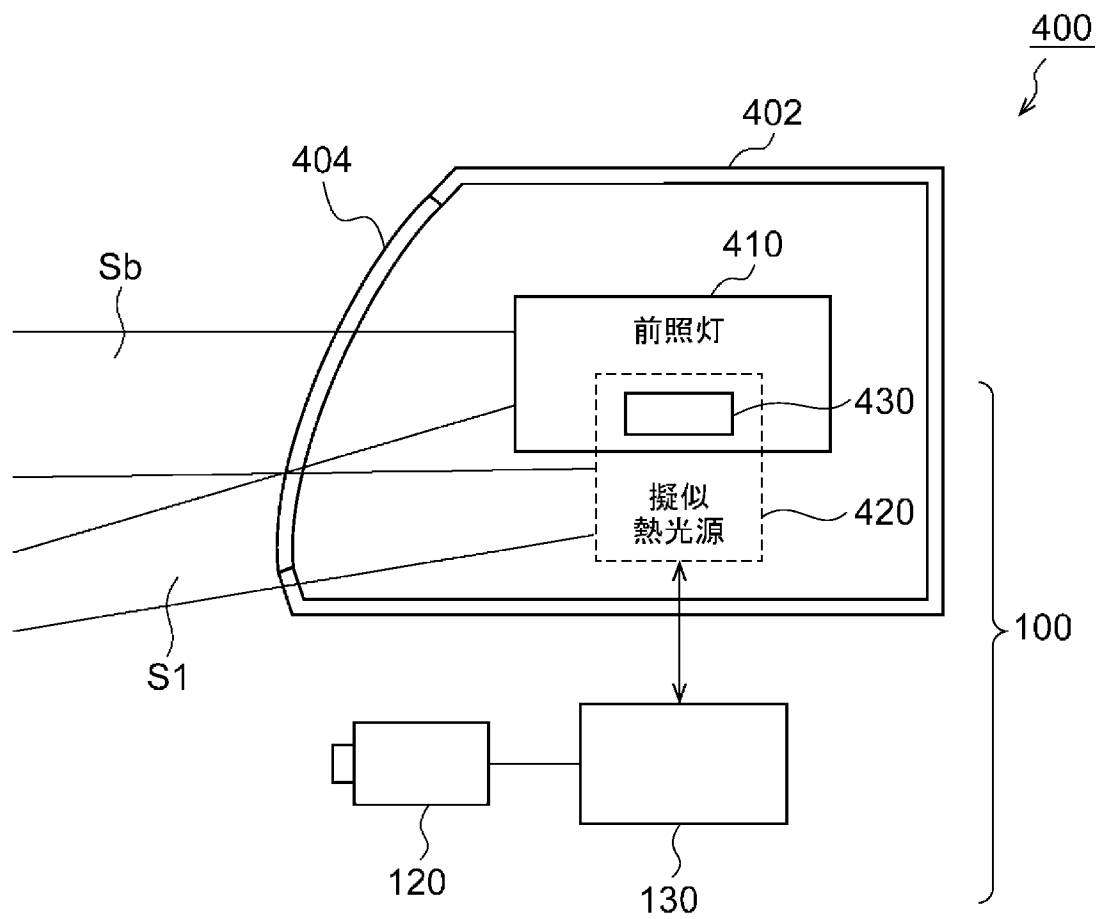
$$\langle b \rangle = \frac{1}{M} \sum_{r=1}^M b_r$$

但し、 W は画像の幅、 H は画像の高さ、 $T_i(x, y)$ は i 番目の基準画像、 $G_i(x, y, I)$ は i 番目の復元画像を表す。

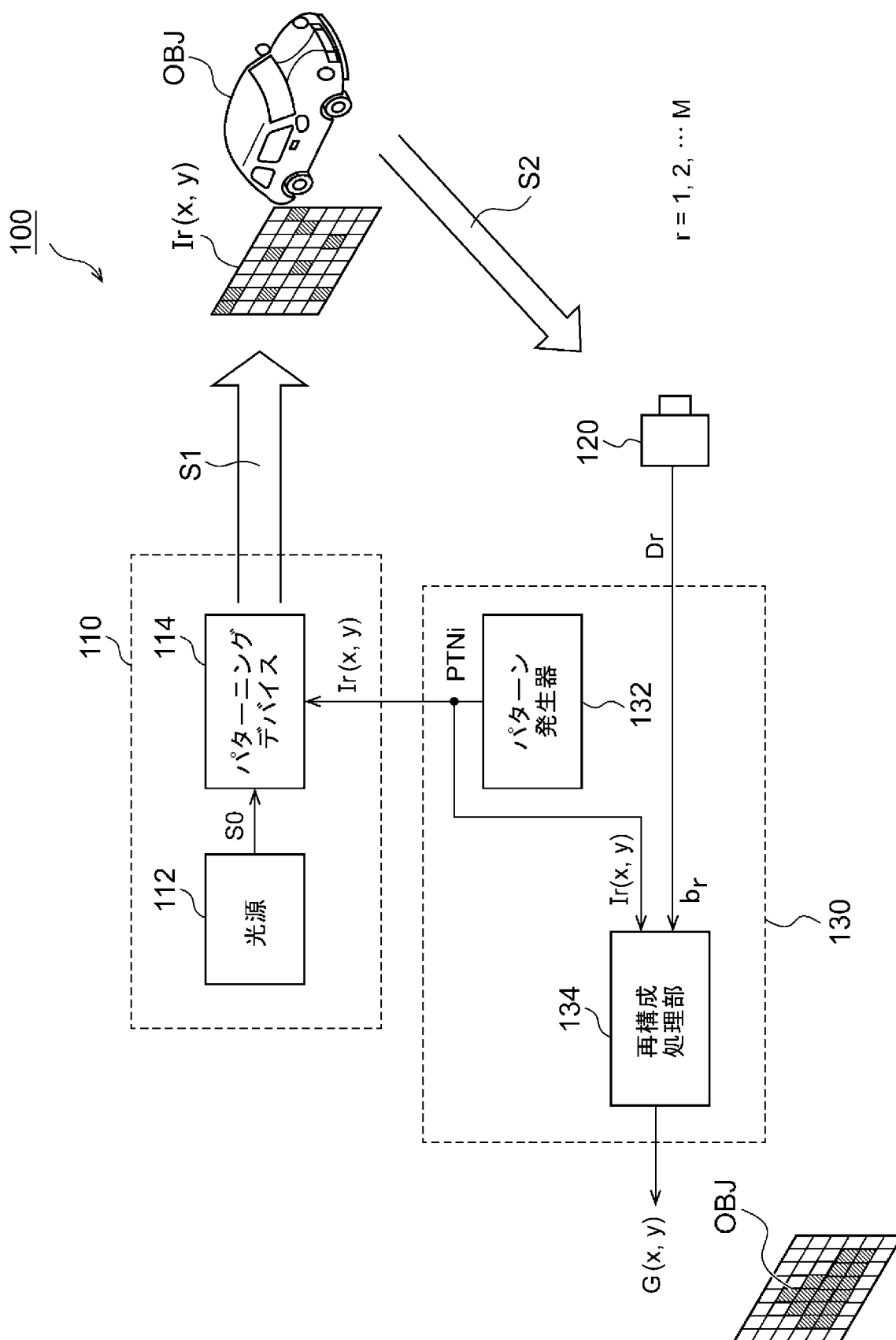
[請求項50] ステップ (vi) において確率的勾配降下法を用いることを特徴とする請求項47から49のいずれかに記載の方法。

[請求項51] 前記基準物体および前記基準画像として、アルファベットの画像データのセットを用いることを特徴とする請求項47から50のいずれかに記載の方法。

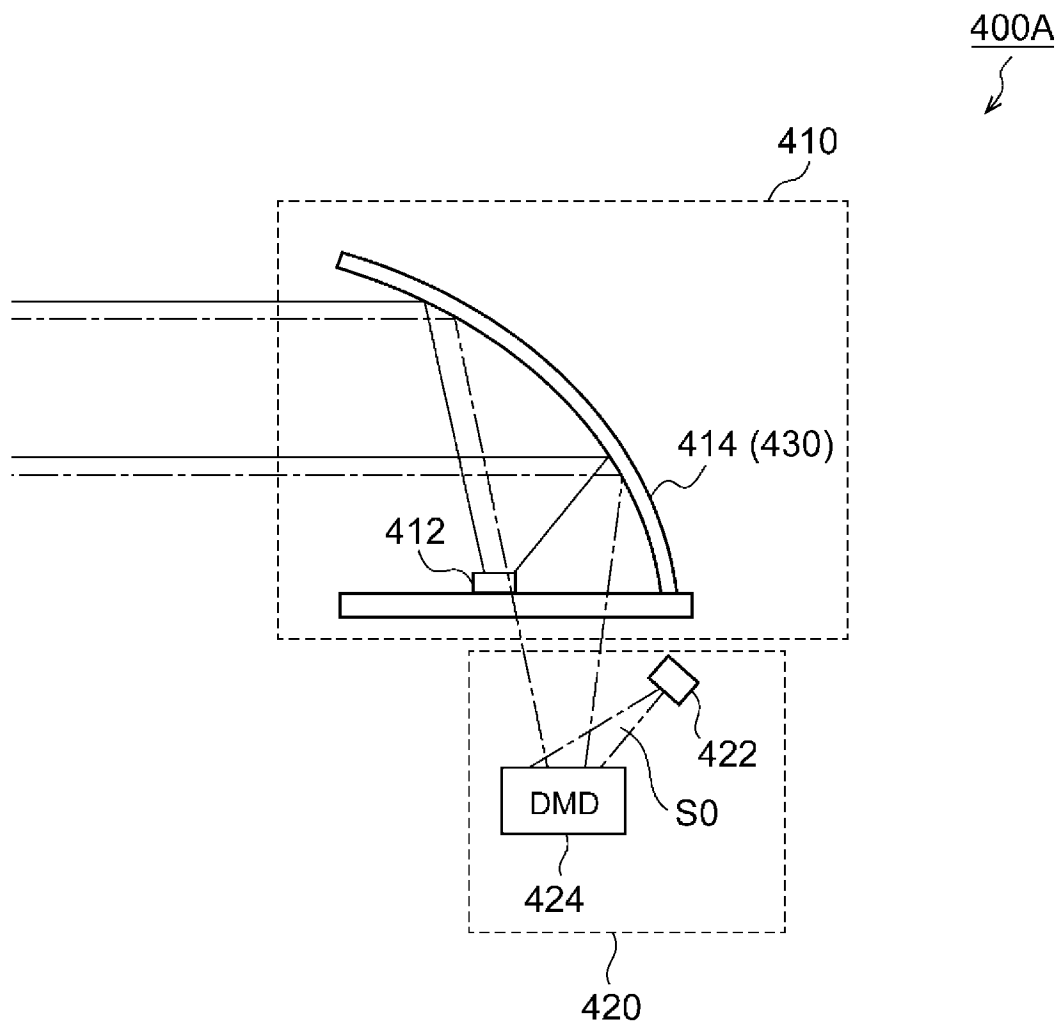
[図1]



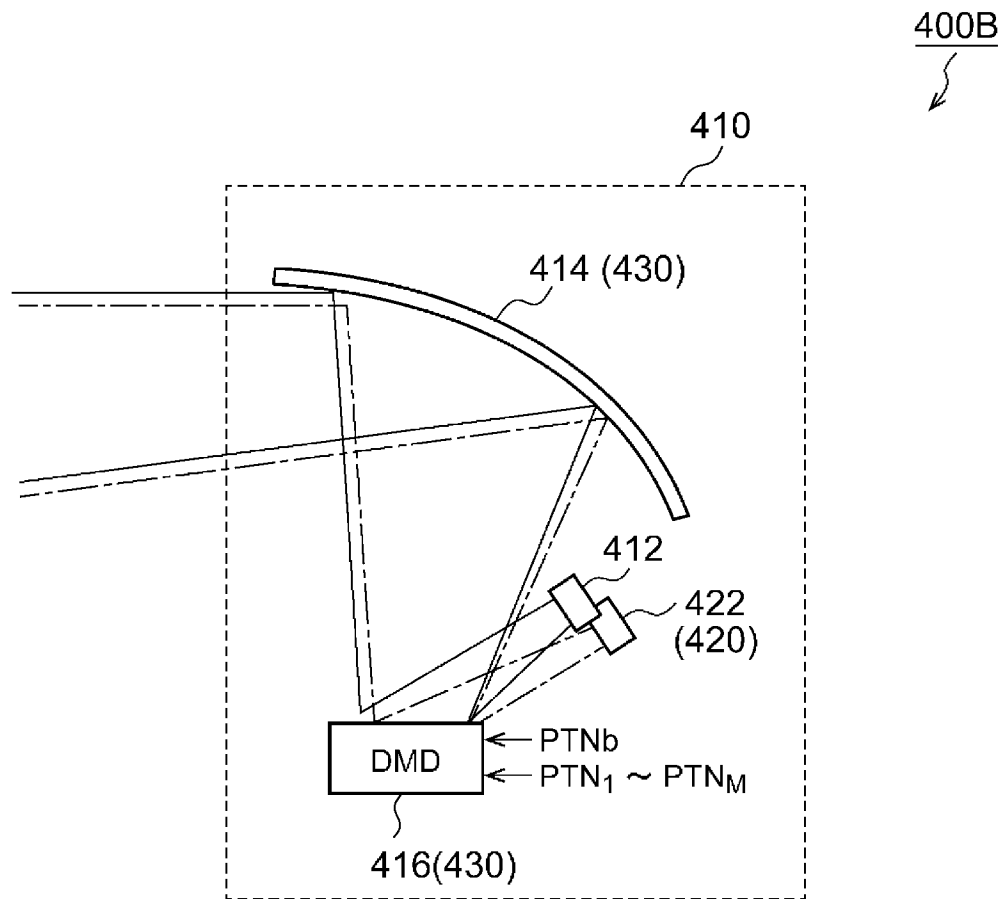
[図2]



[図3]



[図4]



[図5]



[図6]

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1
1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1
1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0
1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1
1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1

||

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1

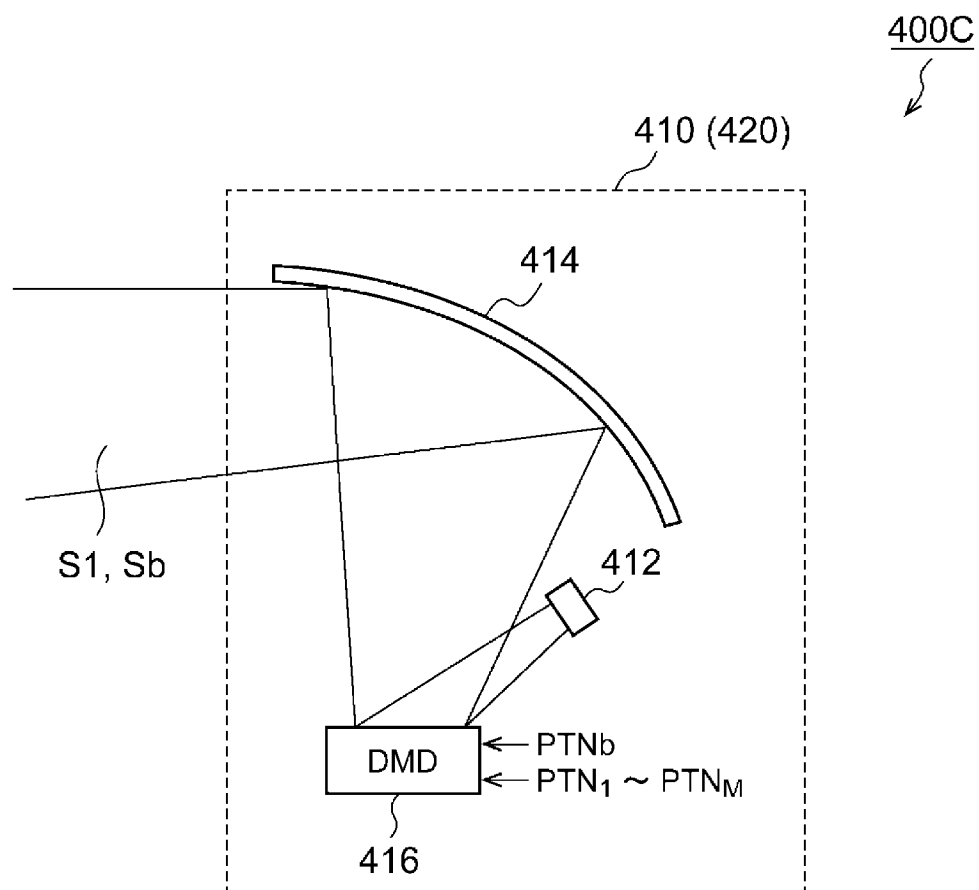
PTNb

⊗

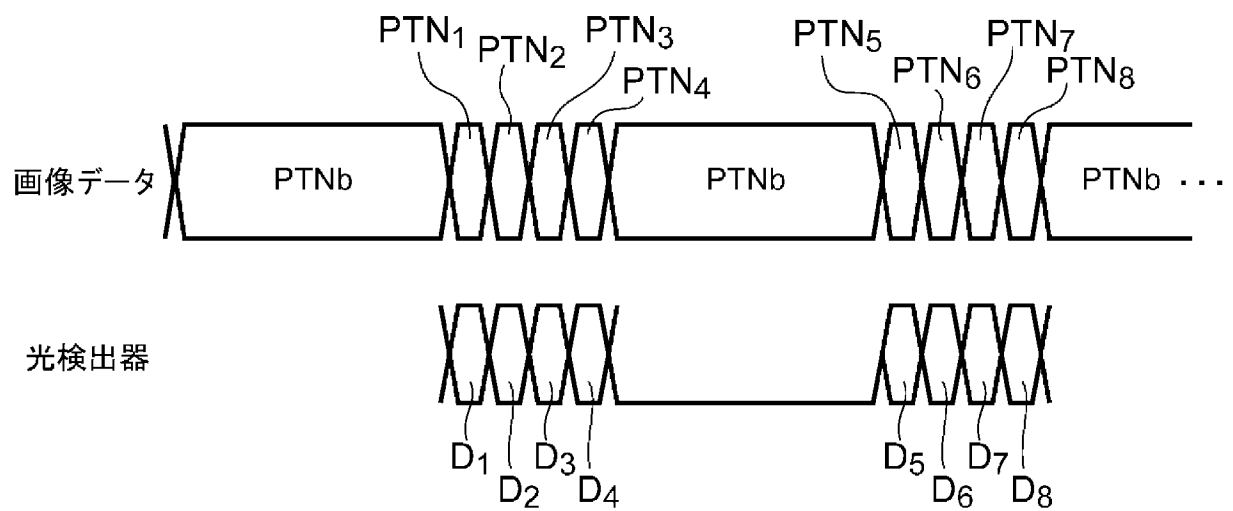
1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1
1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1
1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1
1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0
1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1
1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1

PTNi

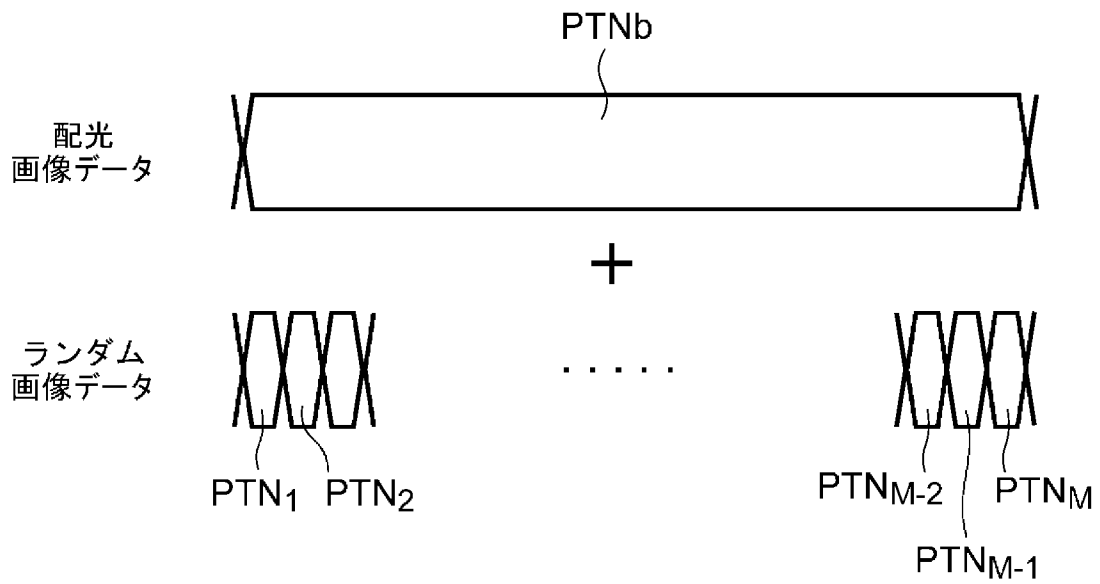
[図7]



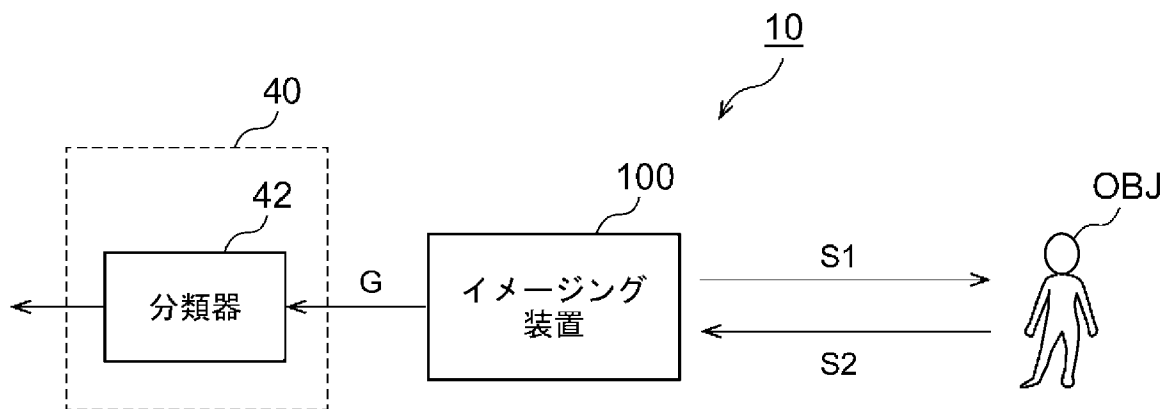
[図8]



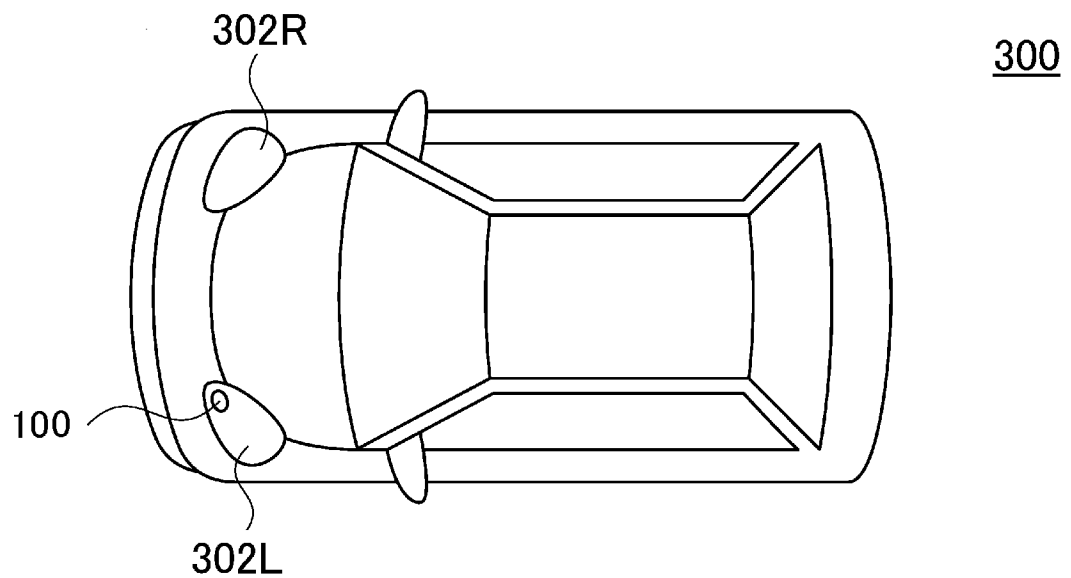
[図9]



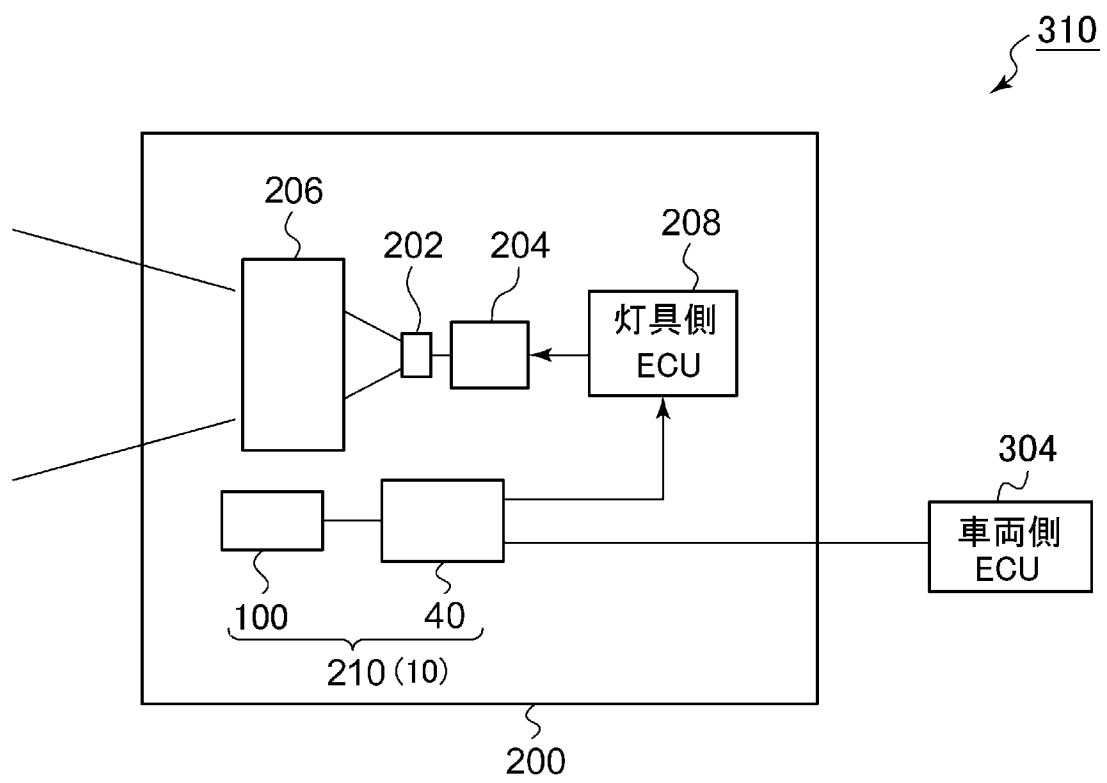
[図10]



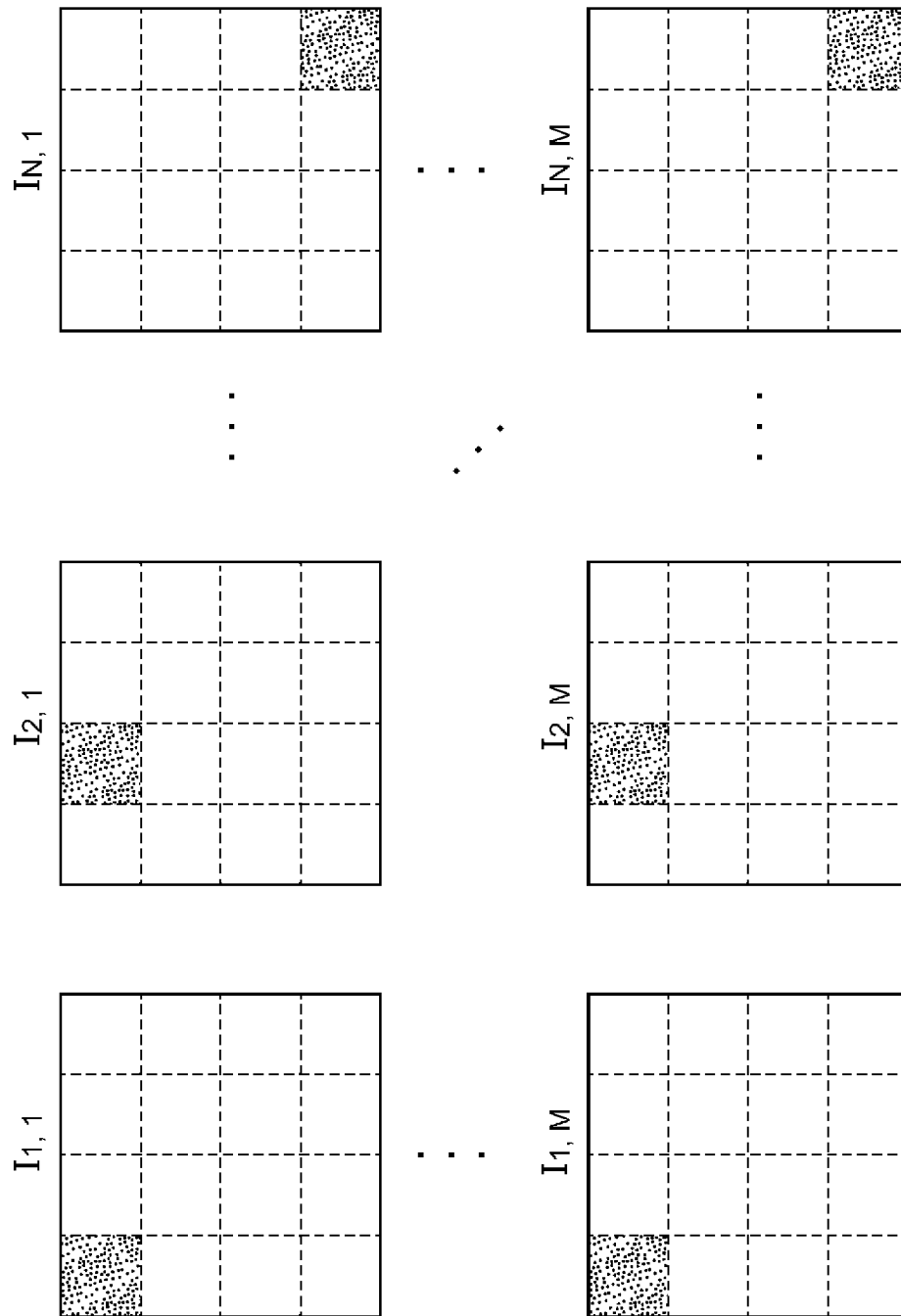
[図11]



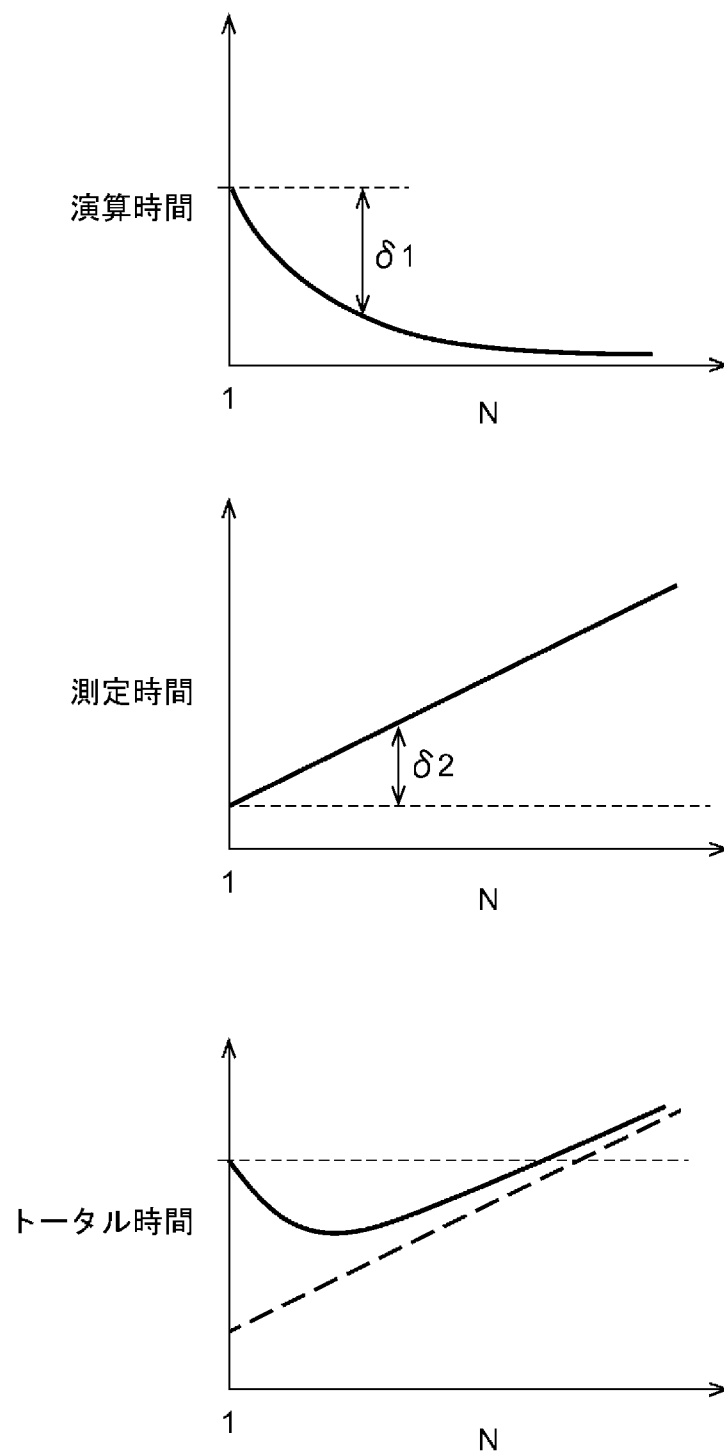
[図12]



[図14]

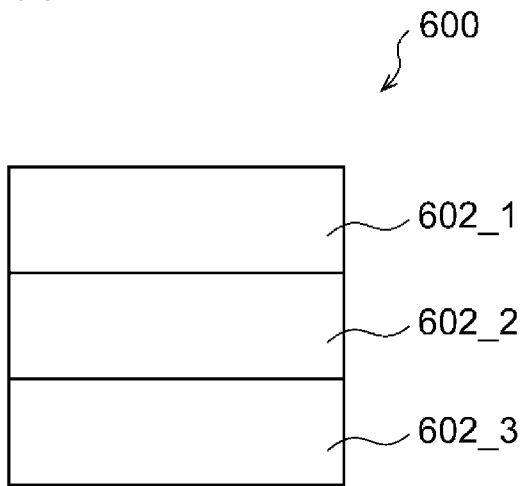


[図15]

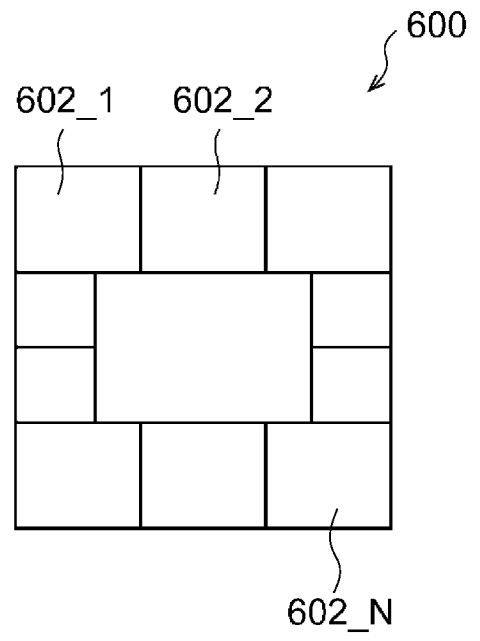


[図16]

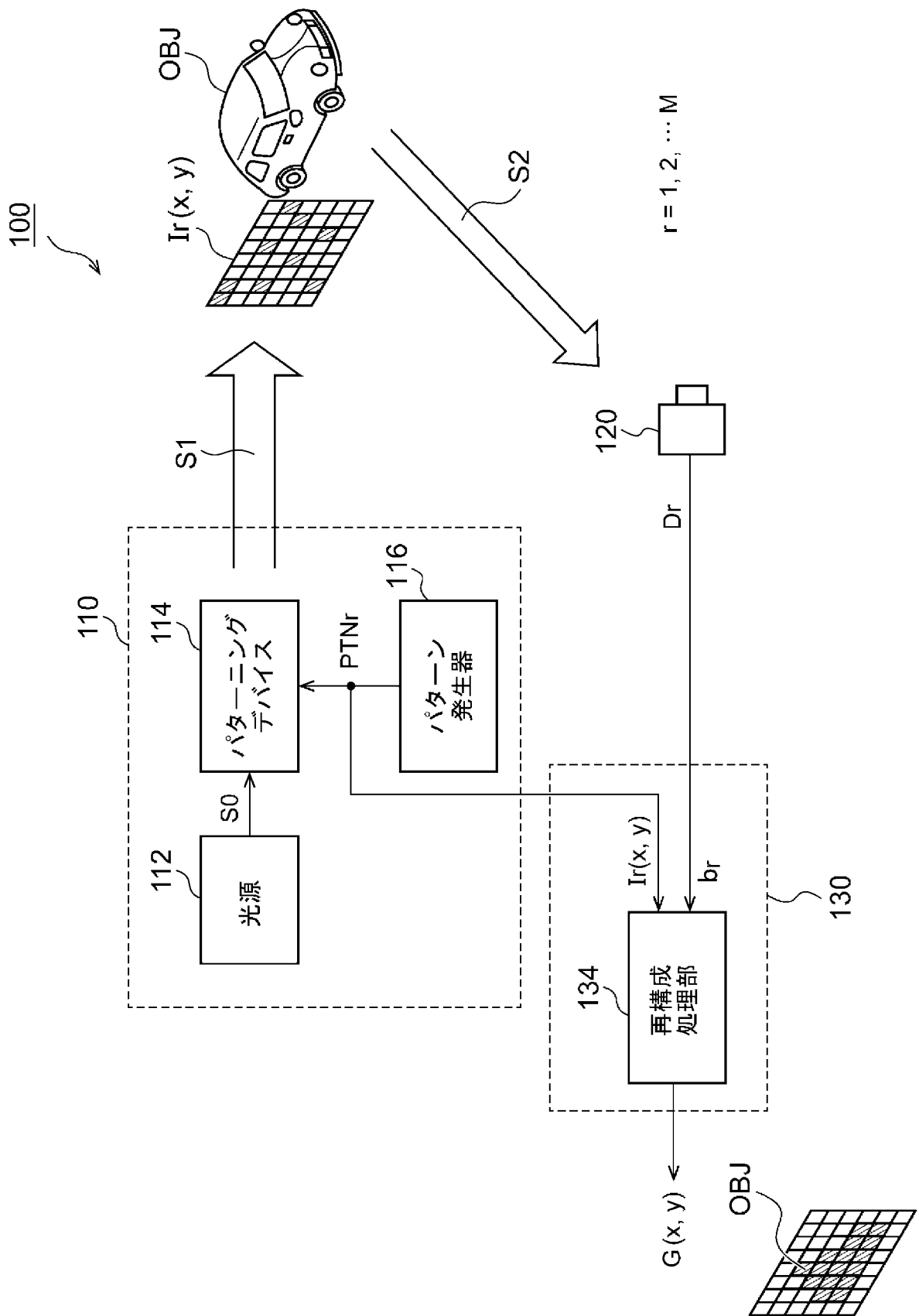
(a)



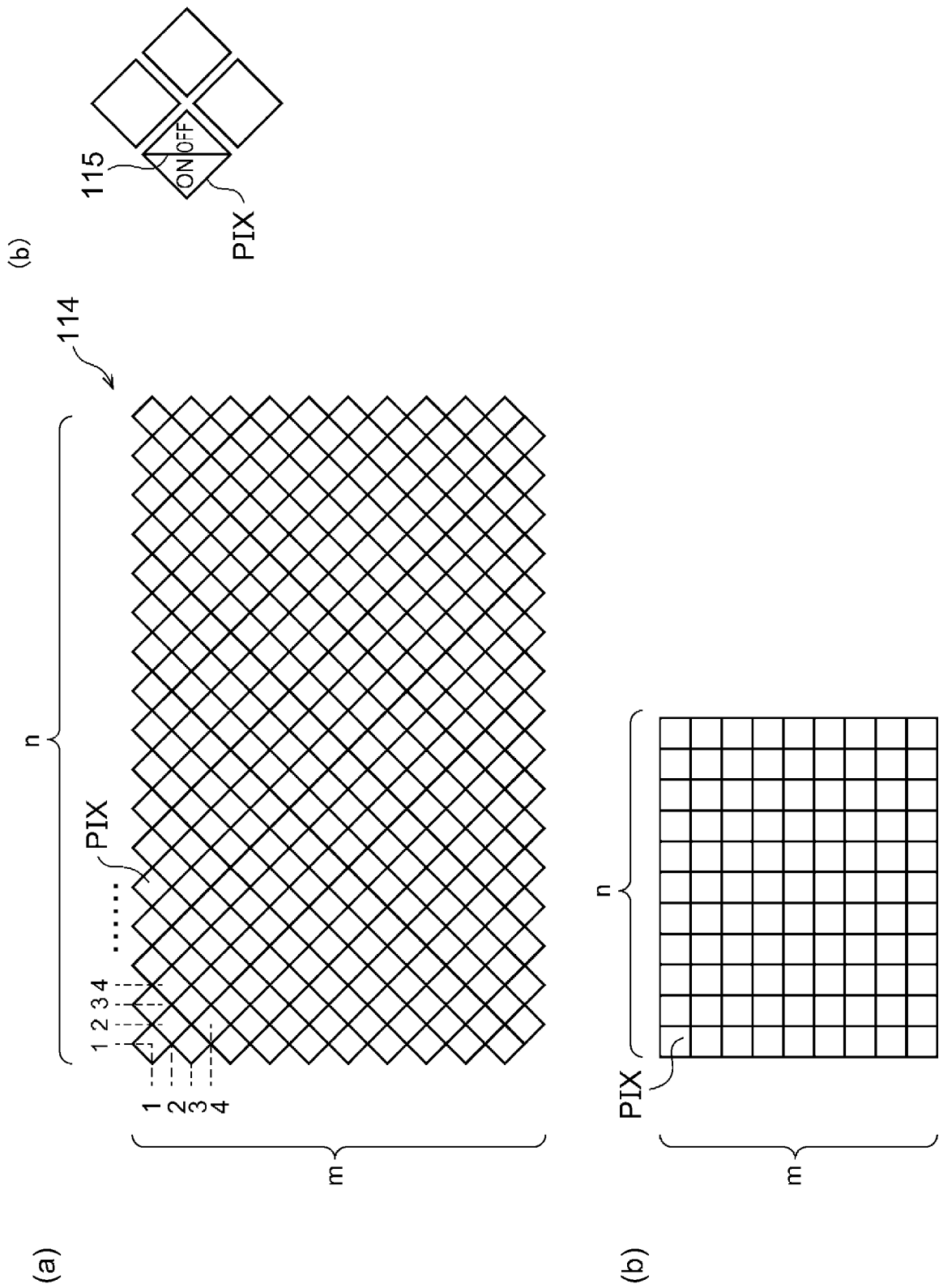
(b)



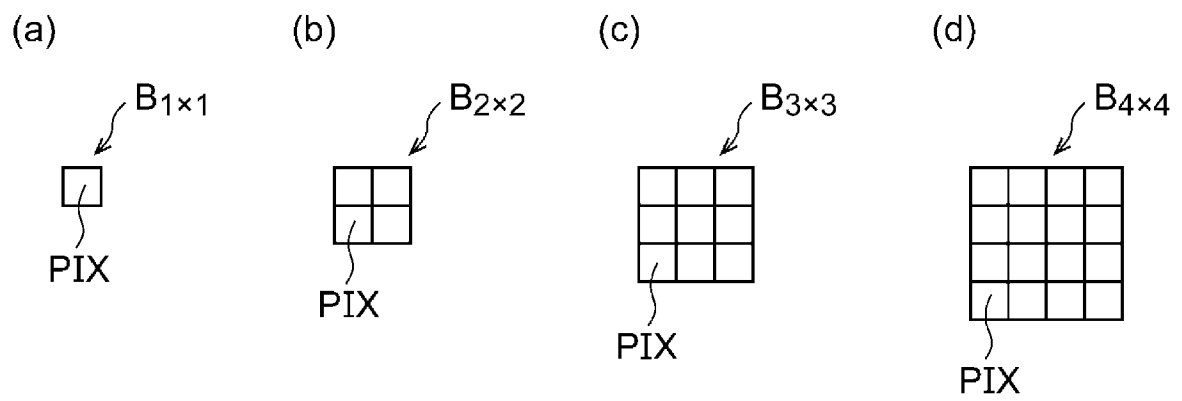
[図17]



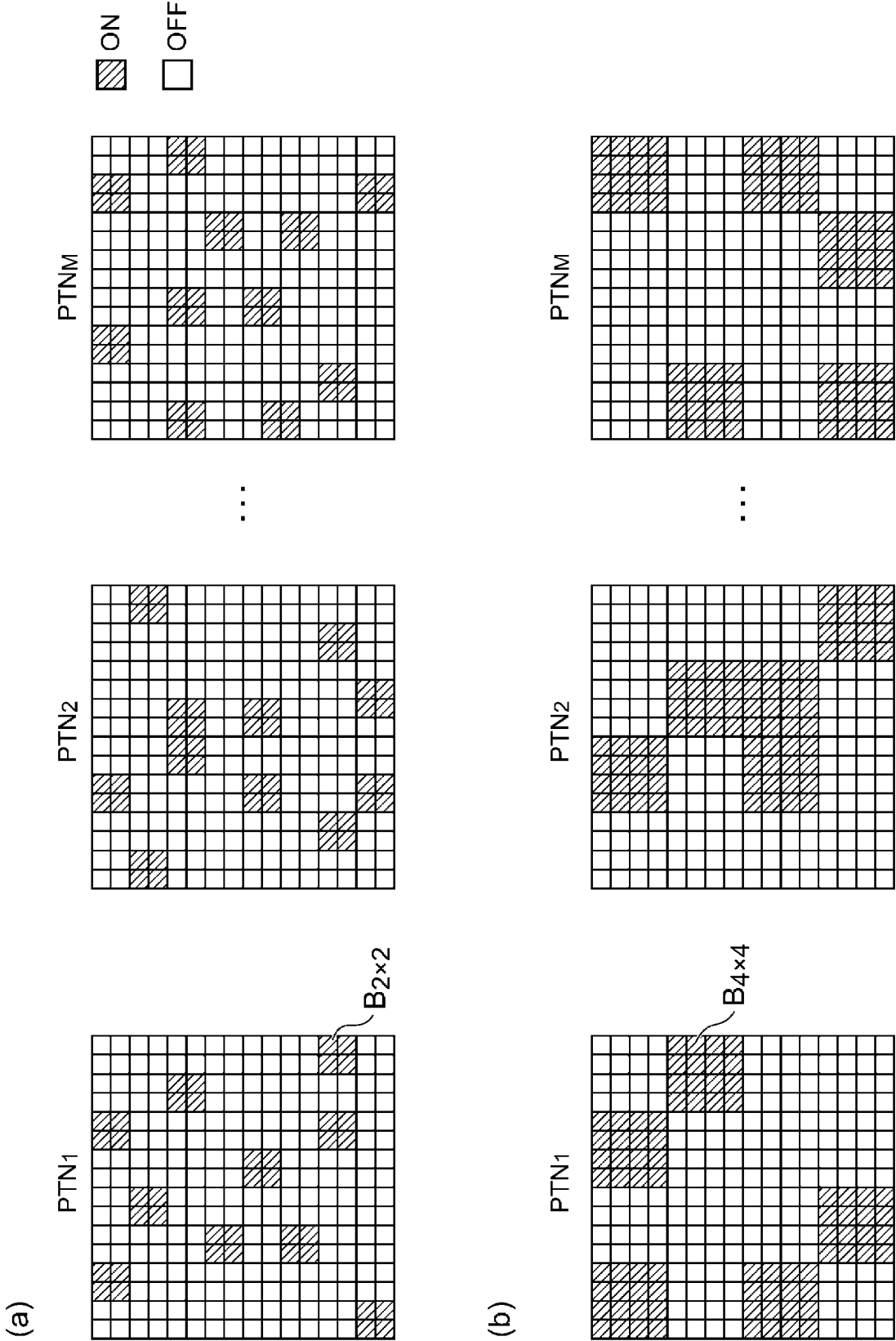
[図18]



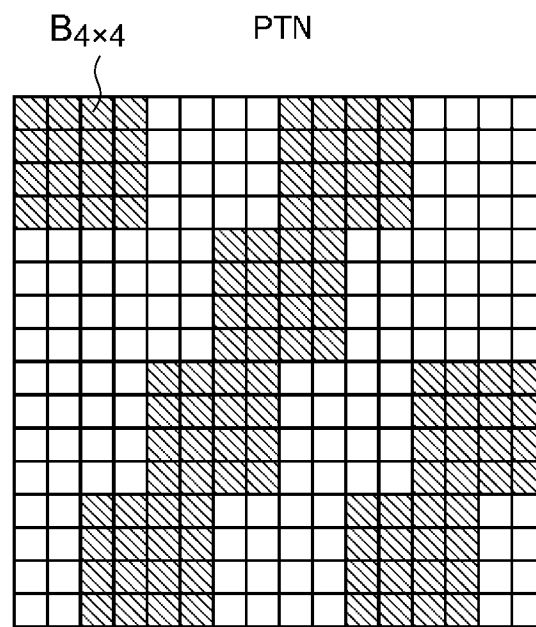
[図19]



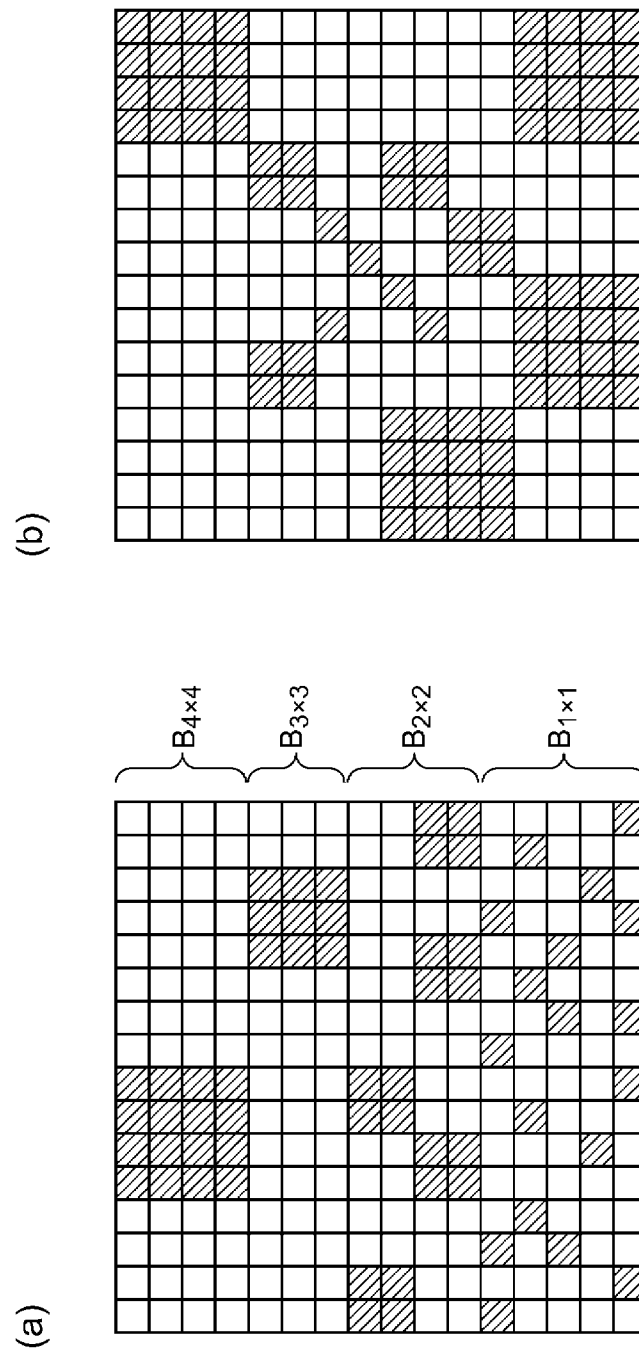
[図20]



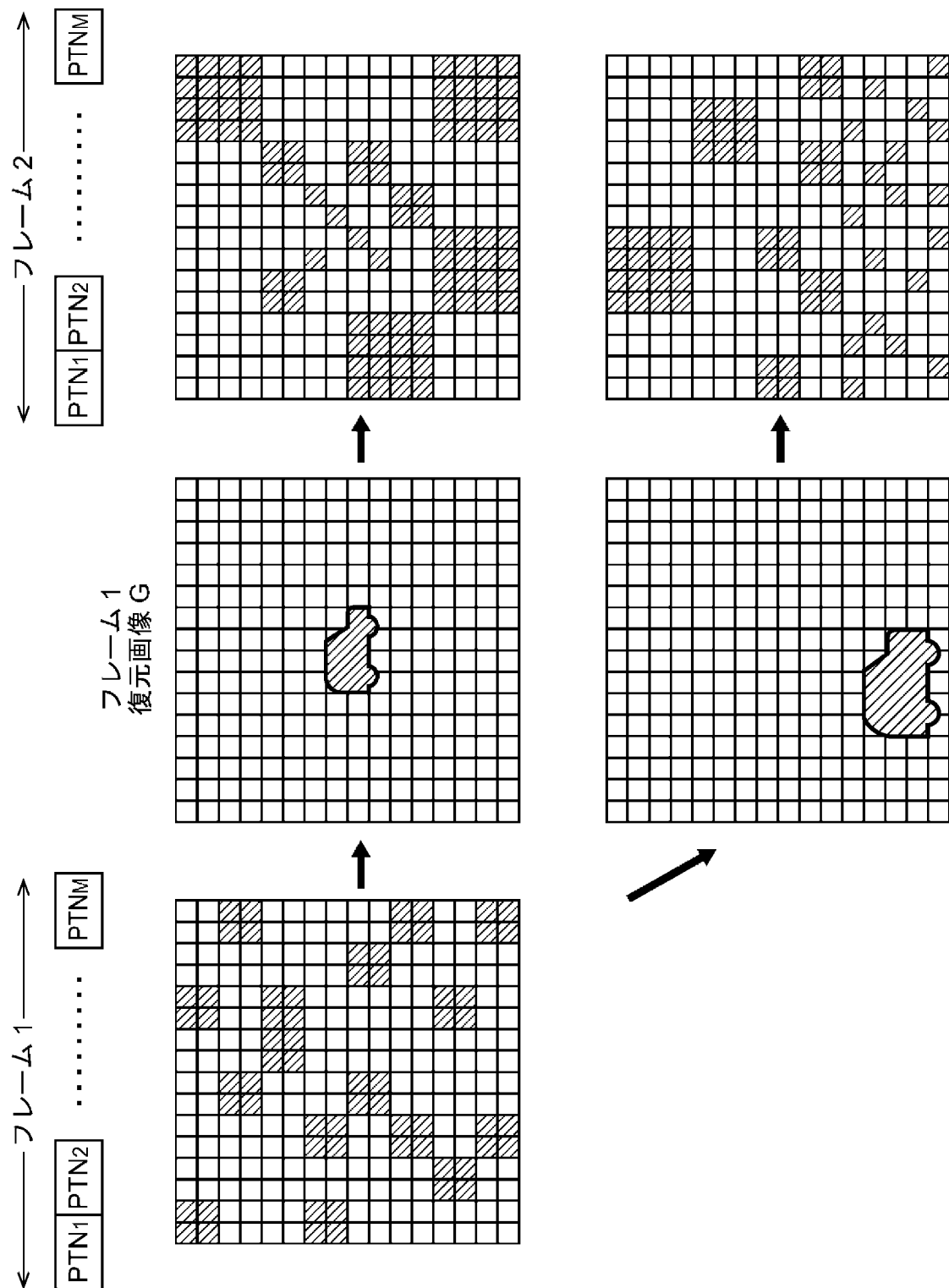
[図21]



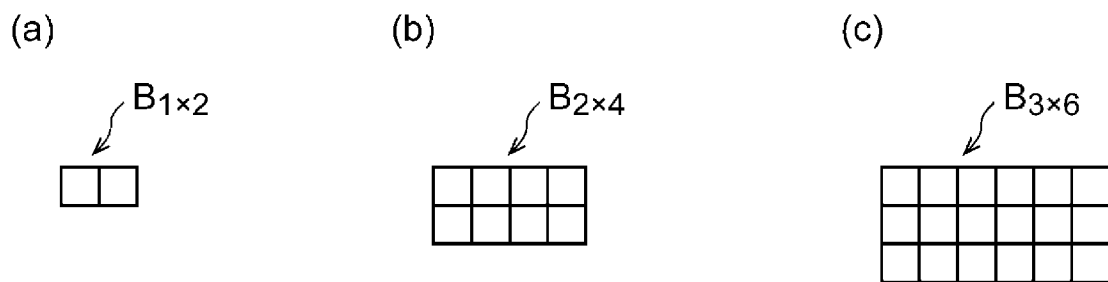
[図22]



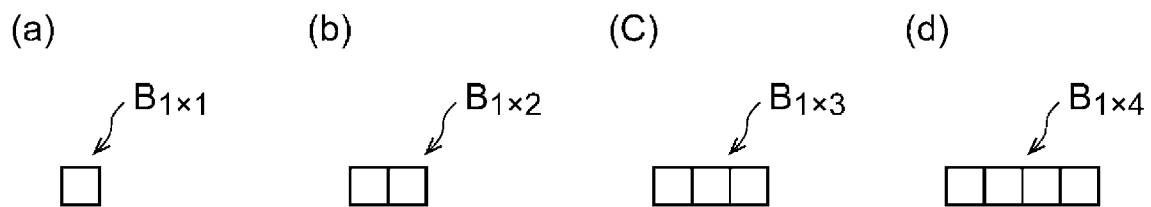
[図23]



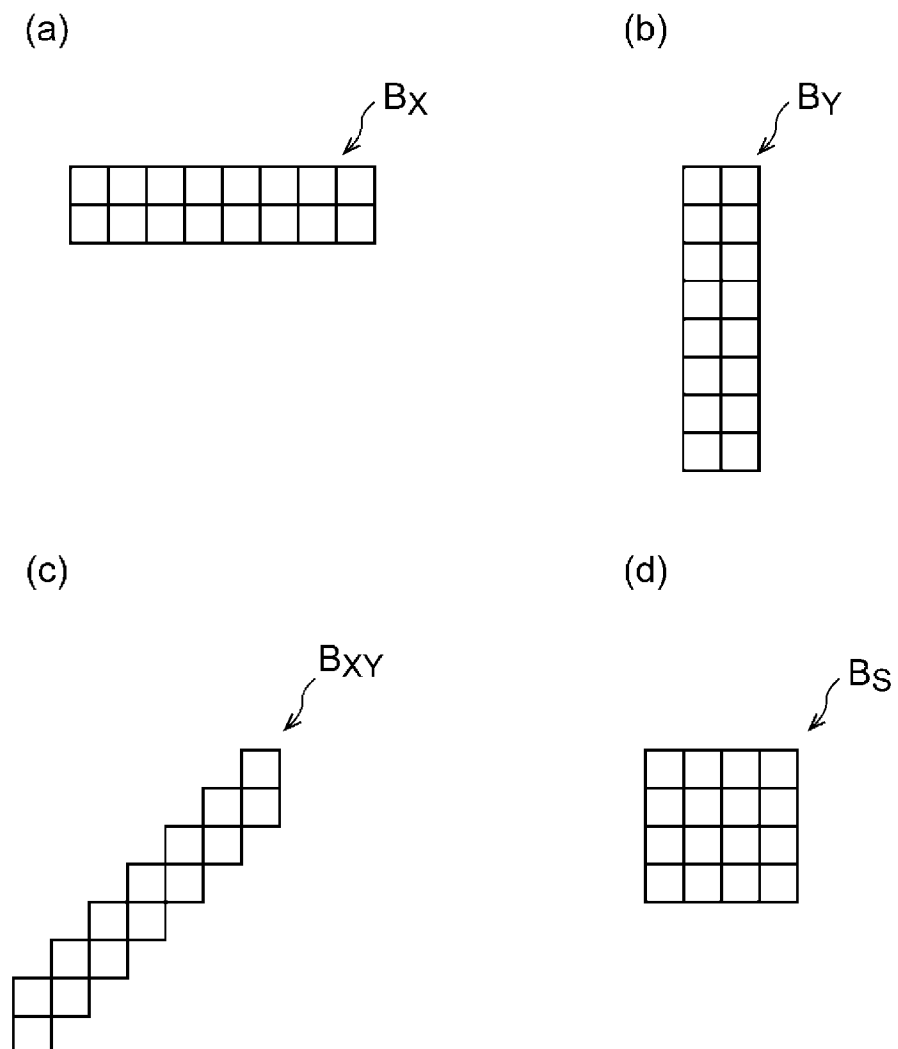
[図24]



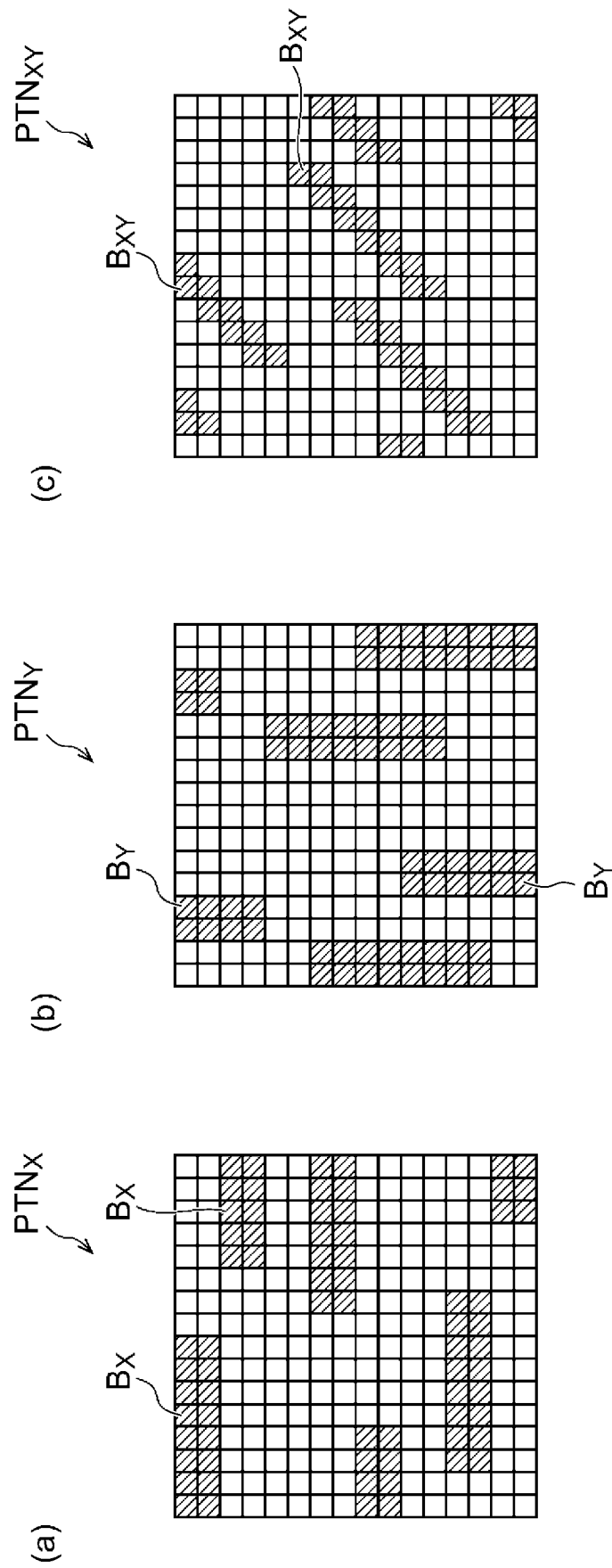
[図25]



[図26]

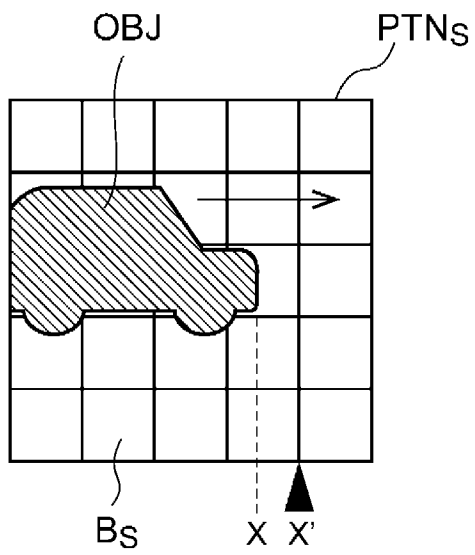


[図27]

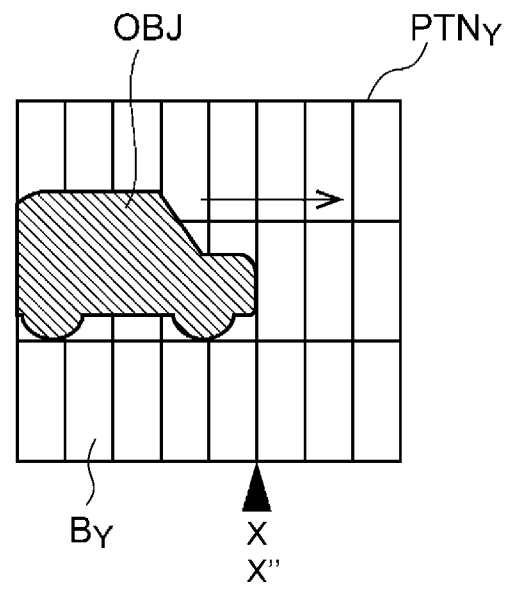


[図28]

(a)

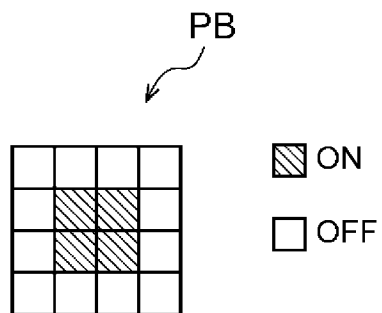


(b)

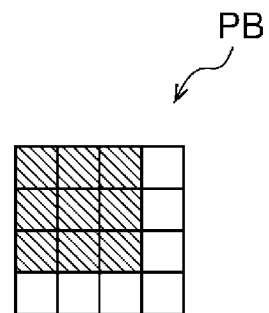


[図29]

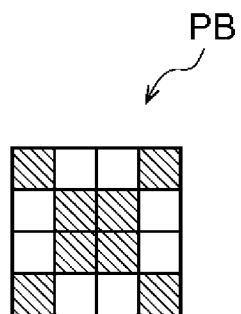
(a)



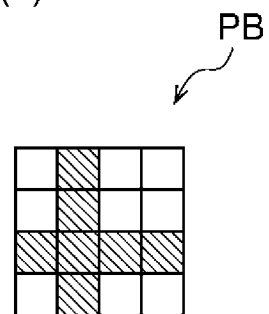
(b)



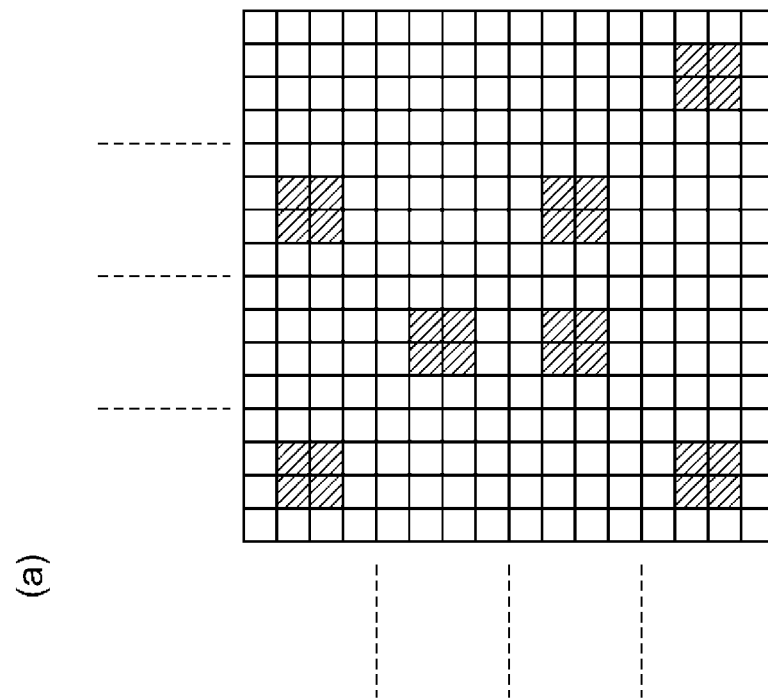
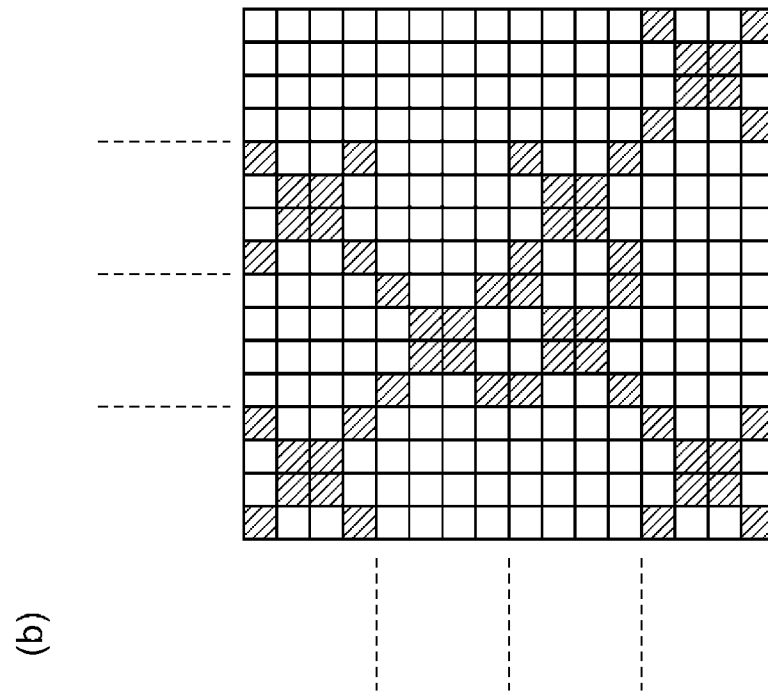
(c)



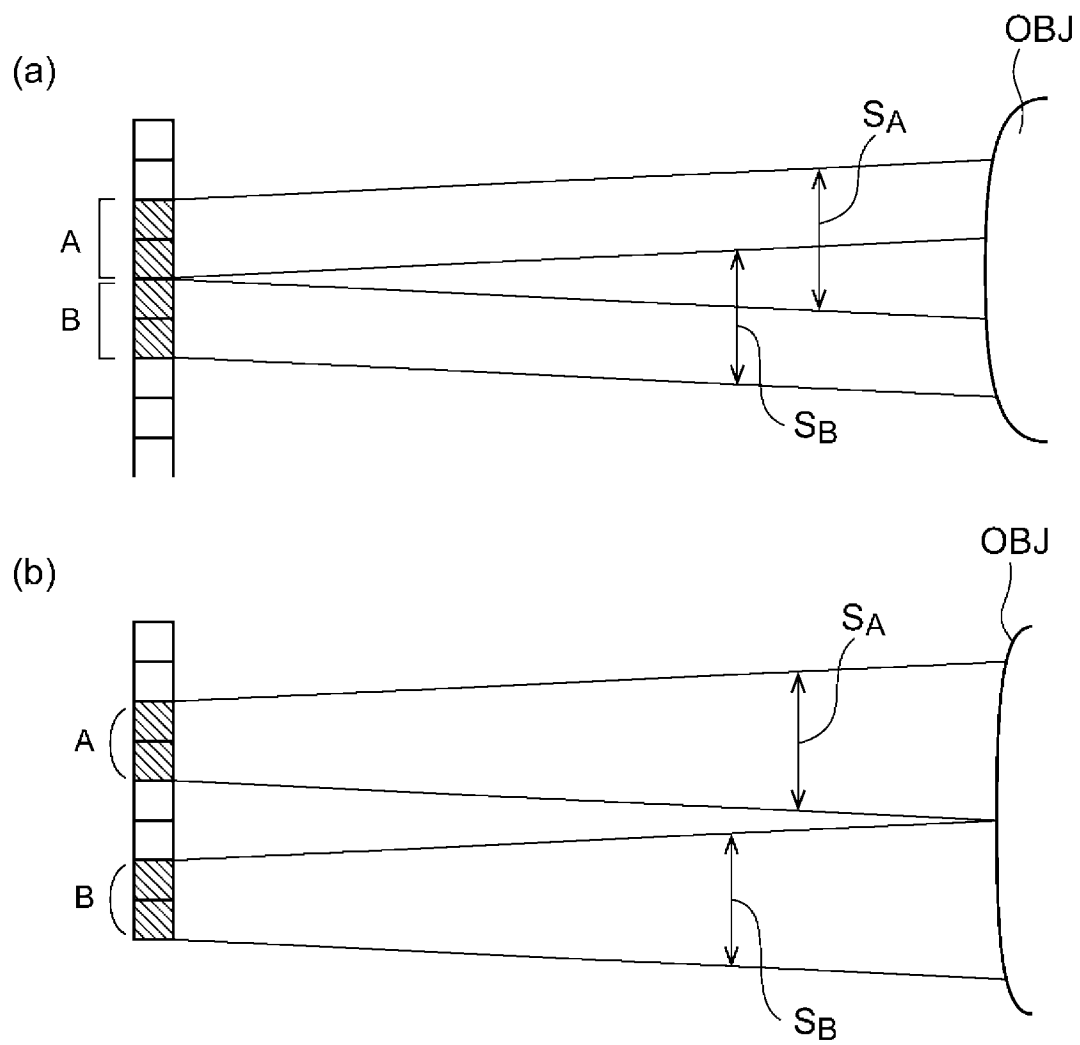
(d)



[図30]

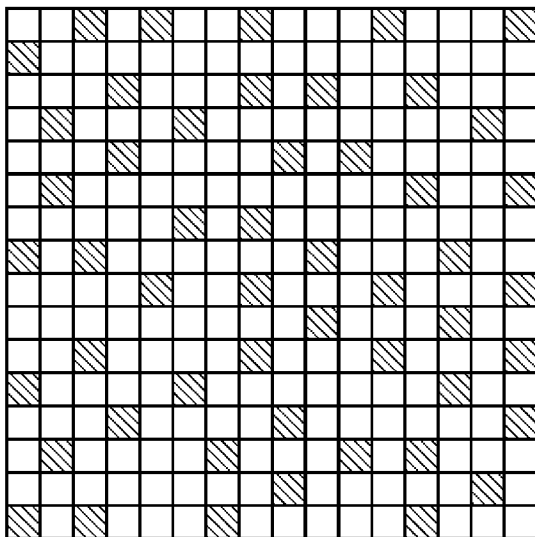


[図31]

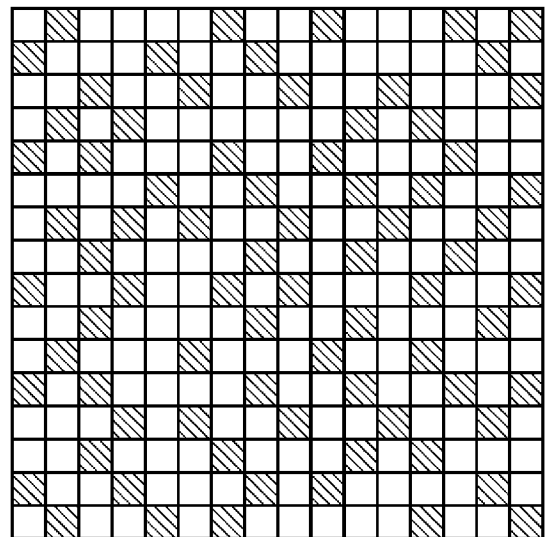


[図32]

(a)



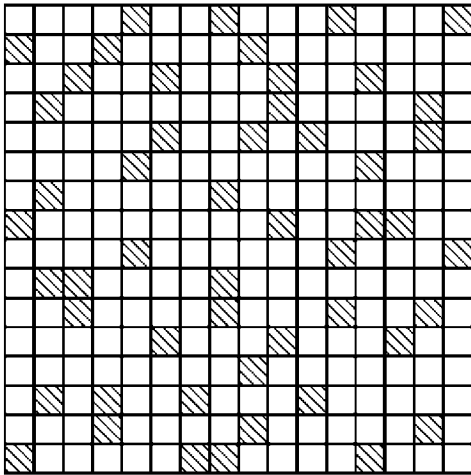
(b)



[図33]

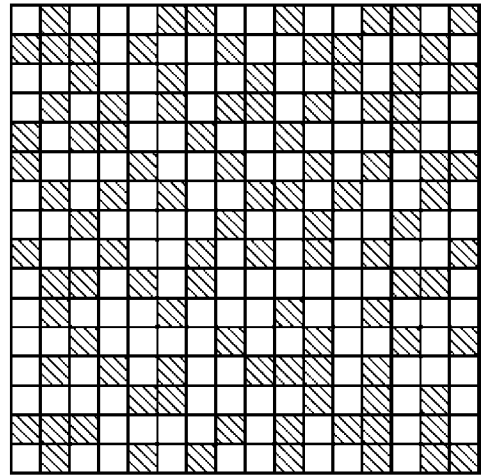
(a)

20% (51/256)



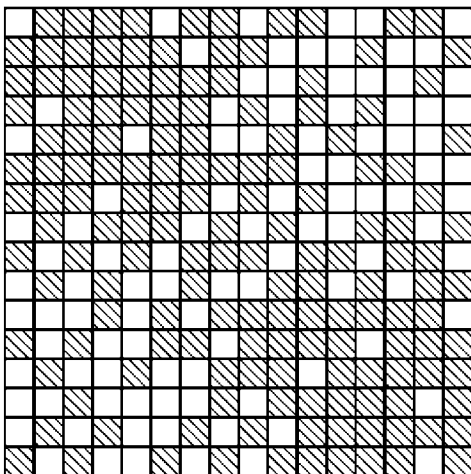
(b)

40% (102/256)



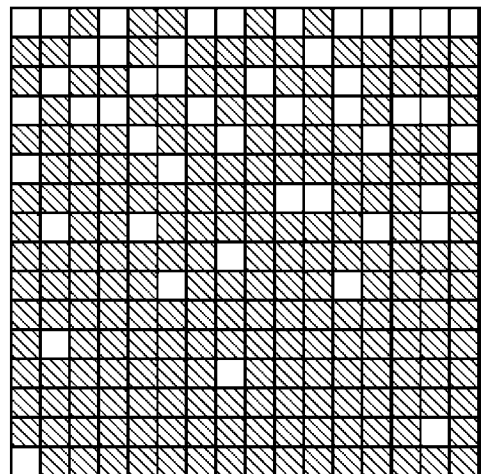
(c)

60% (154/256)



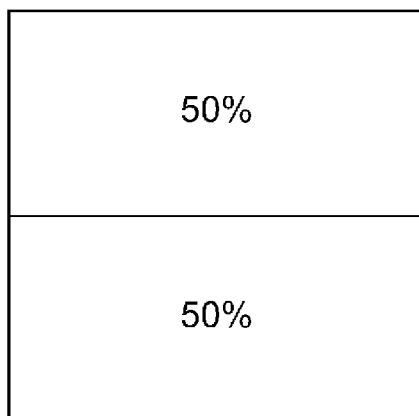
(d)

80% (205/256)

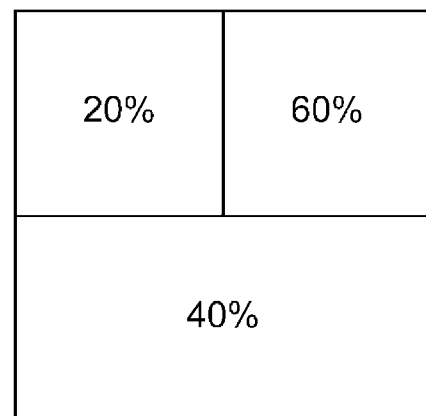


[図34]

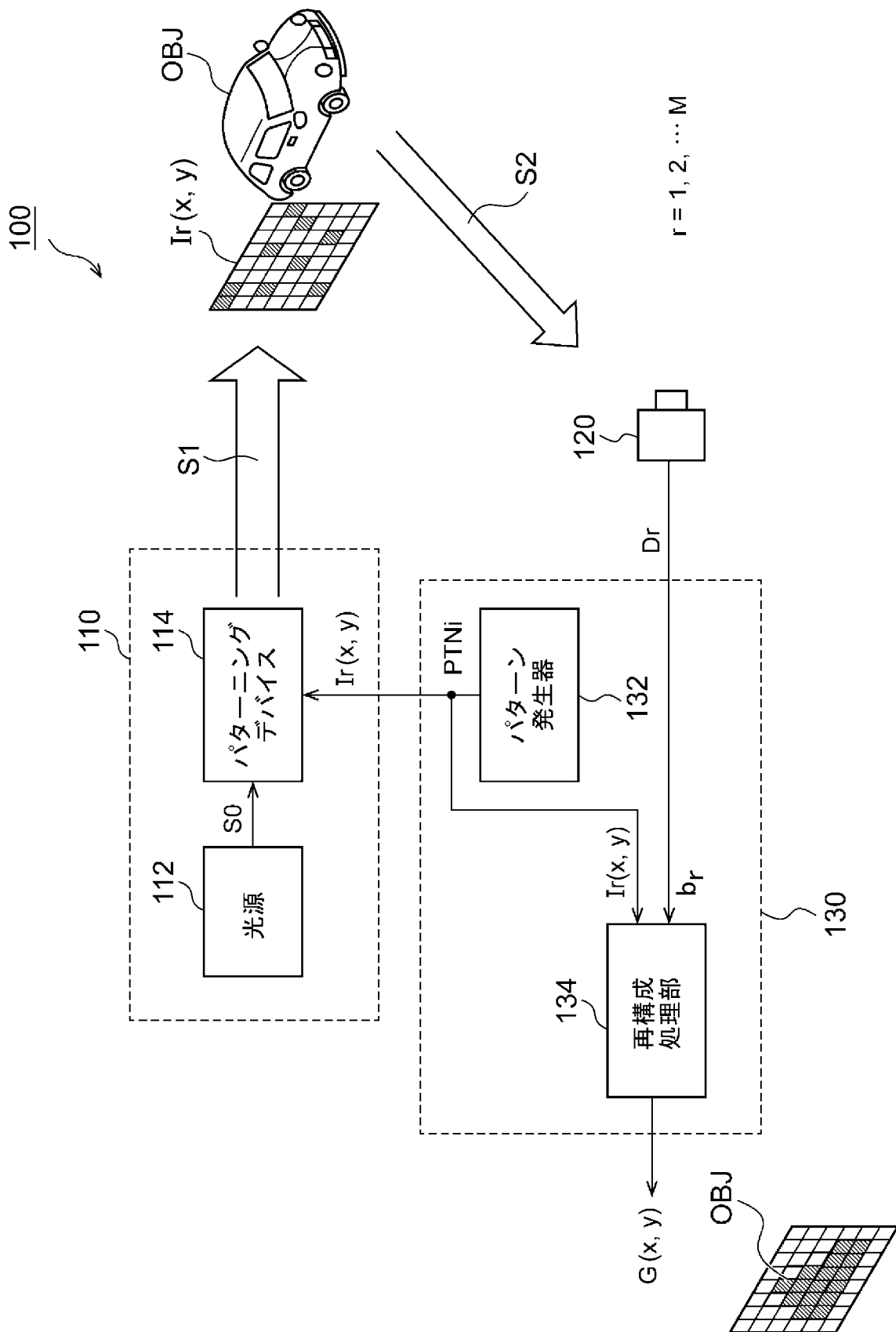
(a)



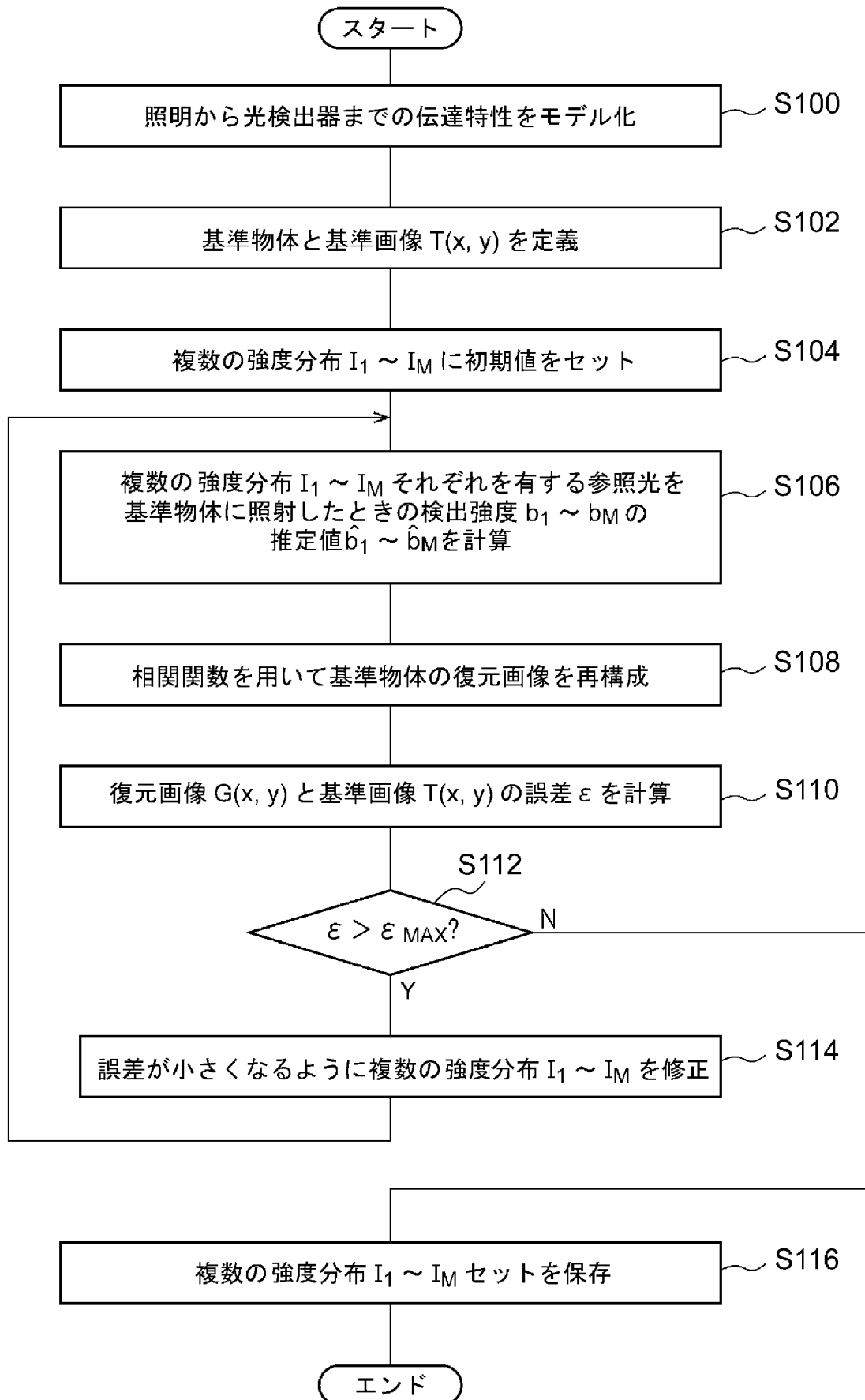
(b)



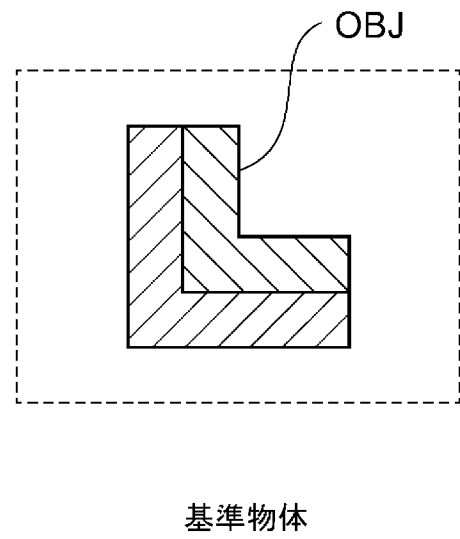
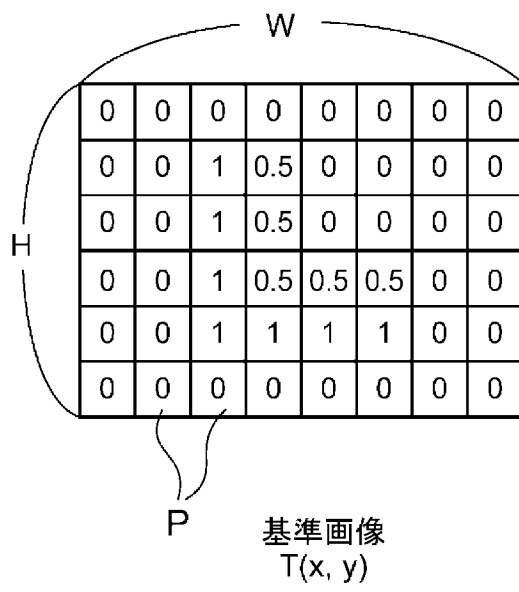
[図35]



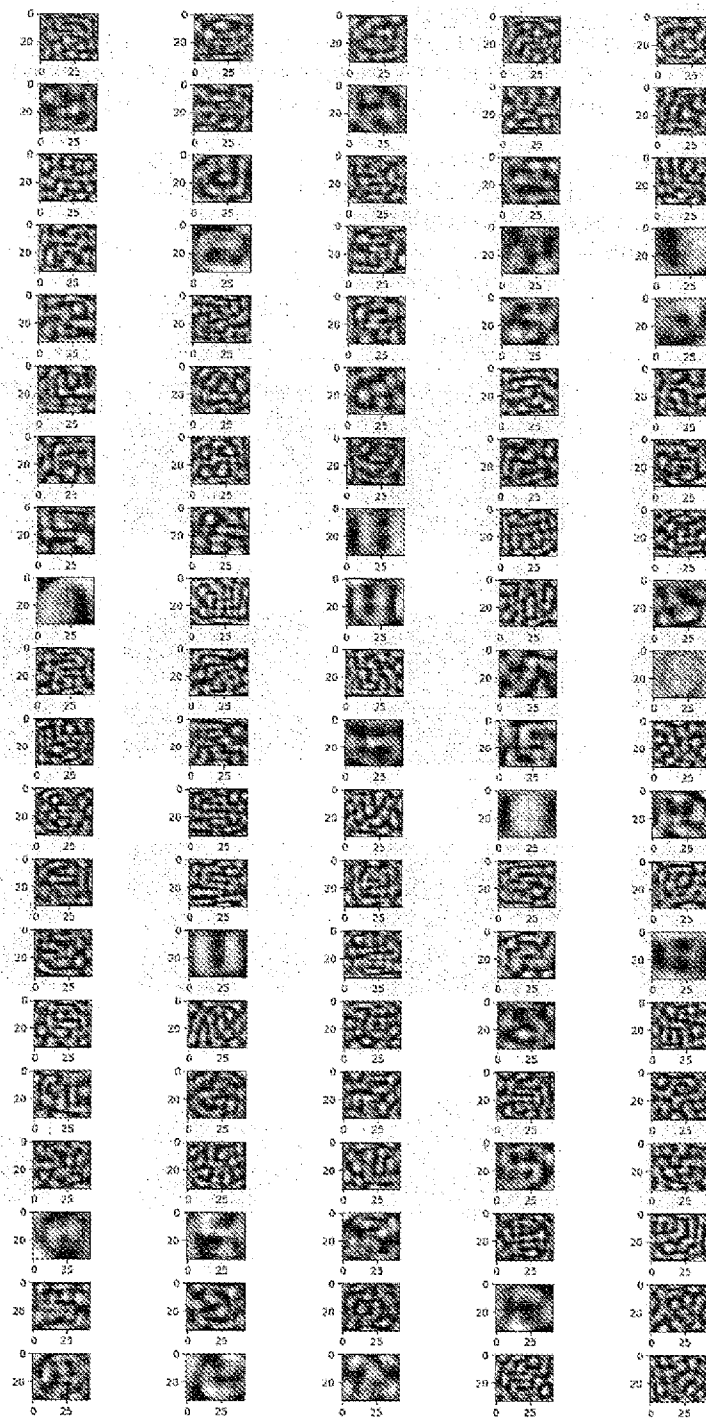
[図36]



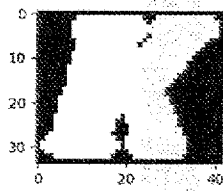
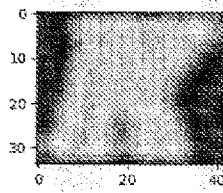
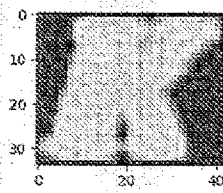
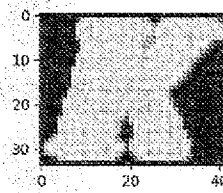
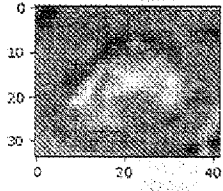
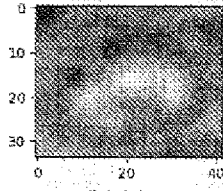
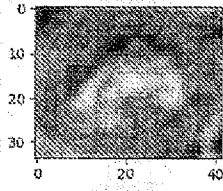
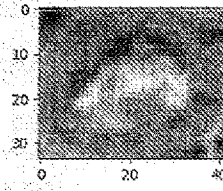
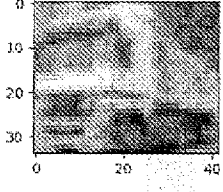
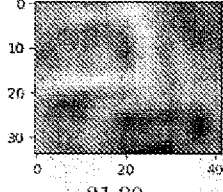
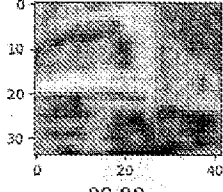
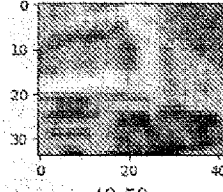
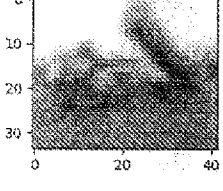
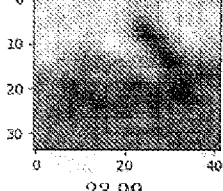
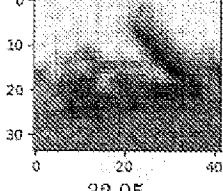
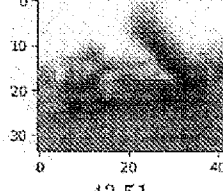
[図37]



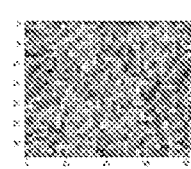
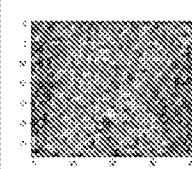
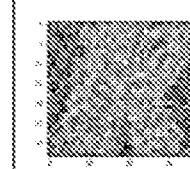
[図38]

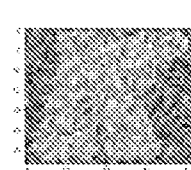
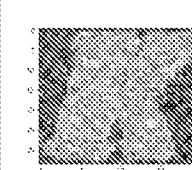
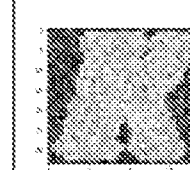


[図39]

正解画像	画像復元結果		
	100 回照射	500 回照射	1000 回照射
	 14.20	 18.63	 22.13
	 24.14	 34.29	 43.79
	 21.30	 30.93	 40.50
	 23.99	 32.05	 43.51

[図40]

復元画像			
照射回数	100	500	1000
PSNR	5.901	6.300	6.856

復元画像			
照射回数	1428	5000	10000
PSNR	7.030	8.318	9.578

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/050170

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S 17/89(2020.01)i; B60Q 1/04(2006.01)i; F21S 41/00(2018.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01S 7/48-G01S 7/51, G01S 17/00-G01S 17/95, B60Q1/04, F21S41/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 6412673 B1 (TAMAGAWA ACADEMY & UNIVERSITY) 05.10.2018 (2018-10-05) * paragraphs [0010]-[0011], [0015], [0029]-[0039], [0048]-[0049], [0063], [0073] *	1-14, 26-27, 34-35, 38-51
Y	JP 2018-156862 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 04.10.2018 (2018-10-04) * paragraphs [0039]-[0057], fig. 1-3 *	1-8, 11, 27, 35, 45
X	WO 2017/073737 A1 (THE UNIVERSITY OF TOKYO) 04.05.2017 (2017-05-04) * paragraphs [0009], [0038]-[0039], [0043], [0058], [0064], [0069], [0072]-[0077], [0081], [0095], [0109]-[0110] *	15-23, 25, 28-33
Y		24, 26-27, 34-51
Y	WO 2018/124285 A1 (THE UNIVERSITY OF TOKYO) 07.05.2018 (2018-05-07) * paragraphs [0003], [0011], [0024]-[0028], fig. 1 *	6-7, 24, 36-51
Y	JP 2018-155658 A (TOSHIBA CORP.) 04.10.2018 (2018-10-04) * paragraphs [0030]-[0031], fig. 5 *	9-14



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
13 February 2020 (13.02.2020)Date of mailing of the international search report
25 February 2020 (25.02.2020)Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/050170

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2014/0029850 A1 (U.S. ARMY RESEARCH LABORATORY ATTN:RDRL-LOC-I) 30.01.2014 (2014-01-30) * fig. 19A *	1-51

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2019/050170

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 6412673 B1	05 Oct. 2018	JP 2019-23640 A	
JP 2018-156862 A	04 Oct. 2018	WO 2019/016968 A1	
		US 2018/0264990 A1	
		* paragraphs [0048]-	
		[0066], fig. 1-3B *	
		EP 3375663 A1	
		CN 108626687 A	
WO 2017/073737 A1	04 May 2017	US 2018/0327699 A1	
		* paragraphs [0011],	
		[0074]-[0075],	
		[0079], [0096],	
		[0103], [0108],	
		[0111]-[0119],	
		[0123], [0138],	
		[0153]-[0157]*	
		EP 3372985 A1	
		CN 108351289 A	
WO 2018/124285 A1	07 May 2018	(Family: none)	
JP 2018-155658 A	04 Oct. 2018	(Family: none)	
US 2014/0029850 A1	30 Jan. 2014	US 8948539 B2	
		US 2013/0243334 A1	
		US 2013/0077888 A1	
		US 2014/0119651 A1	
		US 2014/0340570 A1	
		US 2014/0353475 A1	
		US 2016/0005154 A1	
		US 2017/0018061 A1	
		US 2012/0229668 A1	
		US 2012/0327287 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01S 17/89(2020.01)i; B60Q 1/04(2006.01)i; F21S 41/00(2018.01)i														
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G01S 7/48 - G01S 7/51, G01S 17/00 - G01S 17/95, B60Q1/04, F21S41/00 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table> 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年													
C. 関連すると認められる文献														
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号												
Y	JP 6412673 B1（学校法人玉川学園）05.10.2018（2018 - 10 - 05） * [0010]-[0011], [0015], [0029]-[0039], [0048]-[0049], [0063], [0073] *	1-14, 26-27, 34-35, 38-51												
Y	JP 2018-156862 A（トヨタ自動車株式会社）04.10.2018（2018 - 10 - 04） * [0039]-[0057], 図1-3 *	1-8, 11, 27, 35, 45												
X	WO 2017/073737 A1（国立大学法人東京大学）04.05.2017（2017 - 05 - 04） * [0009], [0038]-[0039], [0043], [0058], [0064], [0069], [0072]-[0077], [0081], [0095], [0109]-[0110] *	15-23, 25, 28-33												
Y		24, 26-27, 34-51												
Y	WO 2018/124285 A1（国立大学法人東京大学）07.05.2018（2018 - 05 - 07） * [0003], [0011], [0024]-[0028], 図1 *	6-7, 24, 36-51												
Y	JP 2018-155658 A（株式会社東芝）04.10.2018（2018 - 10 - 04） * [0030]-[0031], 図5 *	9-14												
A	US 2014/0029850 A1（U.S. ARMY RESEARCH LABORATORY ATTN:RDRL-LOC-I） 30.01.2014（2014 - 01 - 30） * 図19A *	1-51												
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>"T" 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>"X" 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>"E" 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</td> <td>"Y" 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>"L" 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）</td> <td>"&" 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"P" 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	"T" 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	"X" 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	"E" 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	"Y" 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	"L" 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	"&" 同一パテントファミリー文献	"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		"P" 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	
* 引用文献のカテゴリー	"T" 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	"X" 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの													
"E" 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	"Y" 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの													
"L" 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	"&" 同一パテントファミリー文献													
"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献														
"P" 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献														
国際調査を完了した日 13.02.2020	国際調査報告の発送日 25.02.2020													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 高場 正光 2S 2910 電話番号 03-3581-1101 内線 3216													

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2019/050170

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	6412673	B1	05.10.2018	JP	2019-23640	A	
				WO	2019/016968	A1	
JP	2018-156862	A	04.10.2018	US	2018/0264990	A1	
				* [0048]-[0066], 図1-3B *			
				EP	3375663	A1	
				CN	108626687	A	
WO	2017/073737	A1	04.05.2017	US	2018/0327699	A1	
				* [0011], [0074]-[0075], [0079], [0096], [0103], [0108], [0111]-[0119], [0123], [0138], [0153]-[0157] *			
				EP	3372985	A1	
				CN	108351289	A	
WO	2018/124285	A1	07.05.2018	(ファミリーなし)			
JP	2018-155658	A	04.10.2018	(ファミリーなし)			
US	2014/0029850	A1	30.01.2014	US	8948539	B2	
				US	2013/0243334	A1	
				US	2013/0077888	A1	
				US	2014/0119651	A1	
				US	2014/0340570	A1	
				US	2014/0353475	A1	
				US	2016/0005154	A1	
				US	2017/0018061	A1	
				US	2012/0229668	A1	
				US	2012/0327287	A1	