

(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
2011年10月20日(20.10.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/129387 A1

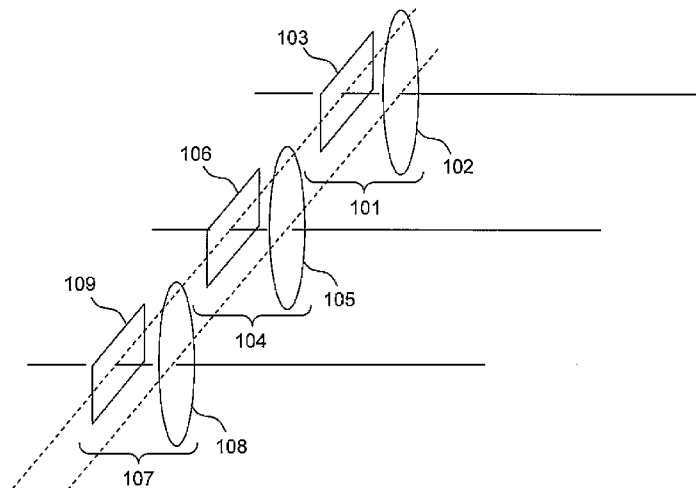
- (51) 国際特許分類:
H04N 5/225 (2006.01) H04N 5/349 (2011.01)
G03B 19/07 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/059243
- (22) 国際出願日: 2011年4月14日(14.04.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2010-092879 2010年4月14日(14.04.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について):
シャープ株式会社(SHARP KABUSHIKI KAISHA)
[JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町
2番22号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 大森圭祐
(OMORI Keisuke). 若林保孝(WAKABAYASHI Ya-
sutaka).
- (74) 代理人: 平木祐輔, 外(HIRAKI Yusuke et al.); 〒
1050001 東京都港区虎ノ門4丁目3番20号
神谷町MTビル19階 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS,
KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL,
PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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,

[続葉有]

(54) Title: IMAGE CAPTURE DEVICE

(54) 発明の名称: 撮像装置

[図1]



(57) Abstract: In an image capture device that generates a high-resolution image by employing a plurality of image capture assemblies to composite a capture image, memory usage increases when the process is carried out in hardware. Disclosed is an image capture device comprising at least three image capture assemblies, further comprising an optical assembly and an image capture element. The image capture assemblies are positioned in the pixel array direction of the image capture elements. A photographic subject, which is within an image capture distance of a prescribed range, is captured such that a sampling phase in the array direction is shifted by 0.2-0.8 pixels, relative to an image captured by a first image capture assembly, by any of the other image capture assemblies.

(57) 要約: 複数の撮像系を用いて撮像した画像を合成することにより高解像度な画像を生成する撮像装置において、ハードウェア化した際にメモリの使用量が多くなる。撮像装置に光学系と撮像素子とを有する撮像系を少なくとも3つ備え、前記撮像系は、前記撮像素子の画素の配列方向に配置され、所定範囲の撮像距離内にある被写体が、第一の撮像系の撮像画像に対し、他のいずれかの撮像系により、前記配列方向のサンプリング位相が0.2から0.8画素ずれて撮像されるようにする。



WO 2011/129387 A1



NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI 添付公開書類:

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
NE, SN, TD, TG).

明 細 書

発明の名称 : 撮像装置

技術分野

[0001] 本発明は、撮像系を複数用いた撮像装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、デジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラなどの撮像装置の多画素化や高精細化が進み、その光学性能を十分に出すためにレンズなどの光学系が大きくなってしまったり、撮像素子そのものが大きくなってしまいう問題がある。

[0003] 光学系や撮像素子の大きさを変えずに画像の解像度を向上させる方法として、光学系と撮像素子との相対的位置関係を時間的にずらしたり、プリズムを用いて光を複数に分離し、複数の撮像素子に入射させたりすることにより、被写体像と撮像素子の画素との位置関係が相互にずれた複数の画像情報を取得し、これらの複数の画像情報を合成することにより高解像度な画像を取得する「画素ずらし」と呼ばれる技術が知られている。例えば、特許文献 1 では、図 2 1 に示すように撮像素子を変位させる変位手段を備え、被写体像と撮像素子との相対的位置関係を撮像素子の画素の配列方向に対して斜め方向に変位させることで、水平方向と垂直方向の解像度を向上させる技術が提案されている。ここで、水平方向、垂直方向とは、図 2 2 に示すように、画素の配列方向を意味する。

[0004] また、画素ずらしの技術は、複数の撮像系を用いる複眼方式においても提案されている。特許文献 2 では、複数の撮像系を、画素の配列方向に対して垂直な方向に画素ずらしを実現するよう配置することで、解像度を向上させる技術が提案されている。

[0005] 複眼方式における画素ずらしの技術の理解を深めるため、図 2 3 から図 2 6 を用いて画素ずらしについて説明する。

[0006] 図 2 3 は、2 つの撮像系 2 3 0 2、撮像系 2 3 0 3 で共通の被写体 2 3 0

1を撮像している様子を示している。図24は、撮像系2302の撮像する領域を格子2401で示し、撮像系2303の撮像する領域を格子2402（破線）で示しており、最小の四角形の1つ1つが1つの画素によって撮像される領域を示している。図24では、2つの撮像系の各画素によって撮像される領域がほぼ重なりあっており、サンプリング位相が揃っている。一方、図25では、2つの撮像系の撮像素子の各画素が撮像する領域が水平方向に3/2画素、垂直方向に1/2画素分ずれており、サンプリング位相がずれている。ここでいうサンプリング位相とは、複数の撮像系における、被写体のある点の撮像素子上の結像点と画素との相対的な位置関係を意味する。例えば、図25においては、水平方向に3/2画素ずれて撮像されており、水平方向のサンプリング位相のずれは、小数部分である1/2画素となる。画素ずらしとは、このサンプリング位相がずれた状態を意味する。

[0007] 次に、図26を用いて、複眼方式において、撮像距離が変化した場合のサンプリング位相の変化について説明する。図26において、撮像系2601は光学系2602と撮像素子2603とを備え、撮像系2605は光学系2606と撮像素子2607とを備えている。光学系2602と光学系2606は同一平面上に配置されており、それぞれの光軸は上記平面に垂直であり、図26はその様子を上から見た図である。図26において、被写体は、光学系2602の光軸上の点P0もしくは点P1に位置している。点P0に位置する被写体の被写体像は、撮像素子2603の画素2604の中心に結像し、また、撮像素子2607の画素2608の中心に結像している。つまり、サンプリング位相が揃った状態にある。被写体がP0にある撮像距離H0の状態から、P1にある撮像距離H1の状態に変化した場合、撮像素子2607での結像位置がシフトし、そのシフト量の差は、 $u_0 - u_1$ となり、

$$u_0 - u_1 = f \times B \times \left(\left(1/H_0 \right) - \left(1/H_1 \right) \right) \cdots (1)$$

と表せる。ここで、 f は焦点距離、 B は基線長である。ここで、基線長 B は、光学系2602の主点Qと光学系2606の主点Rの距離とする。

[0008] 例えば、焦点距離 f を5mm、基線長 B を12mm、撮像距離 H_0 を70

0 mm、撮像距離 H_1 を 725 mm とすると、結像位置のシフト量の差は、
(1) 式より約 $3 \mu\text{m}$ となる。撮像素子の画素ピッチが $6 \mu\text{m}$ である場合、
撮像距離が 700 mm から 725 mm に変化することで、サンプリング位相
が約 $1/2$ 画素シフトすることになる。撮像距離 700 mm でサンプリング
位相が $1/2$ 画素ずれた状態にあるとすると、撮像距離が 725 mm に変化
した場合、 $1/2 + 1/2 = 1$ と整数となり、即ち、サンプリング位相が揃
ってしまい、高解像度化できなくなる。撮像距離に依らずサンプリング位相
がずれた状態にするには、(1) 式より、結像位置がシフトしないよう焦点
距離 f または基線長 B を小さくすればよい。基線長 B とは 2 つの撮像系の光
学系の主点間距離であるが、図 27 に示すように、基準となる撮像系の撮像
素子の画素の配列方向を水平方向、垂直方向とし、基線長 B の水平成分を水
平方向の基線長 B_H 、垂直成分を垂直方向の基線長 B_V と表現する。

[0009] 特許文献 2 では、水平方向の基線長と垂直方向の基線長が小さくなるよう
に複数の撮像系を配置することで、撮像距離が変化してもサンプリング位相
の変化が少なく、撮像距離に依らず画素ずらしする技術を提案している。

[0010] 図 28、29 を用いて、特許文献 2 に開示されている複眼方式を説明する。
図 28 に示すように、特許文献 2 では、光学系 301a、301b、301c を、同一平面内に各光軸 300a、300b、300c が平行となるよう配置し、光学系を平面内で回転させることで、被写体像の結像位置をずらし、画素ずらしを実現している。このとき、図 29 に示すように光軸 300b と光軸 300c の Y 方向（図中に記載）のずれが十分に小さいため、すなわち、Y 方向の基線長が十分に小さいため、撮像距離が変化しても Y 方向のサンプリング位相の変化を小さく抑えることが出来る。

[0011] X 方向（図中に記載）に関しては、X 方向の基線長が大きいいため、撮像距離によってはサンプリング位相が揃うが、光学系 301a と光学系 301b の X 方向の基線長が十分に小さいため、撮像距離が変化しても X 方向のサンプリング位相の変化を小さく抑えることが出来る。

[0012] このように、特許文献 2 では、撮像距離が変化に伴うサンプリング位相の

変化が小さくなるよう撮像系を配置し、撮像距離に依らず画素ずらしを実現する技術を提案している。

先行技術文献

特許文献

[0013] 特許文献1：特開平 1 0－3 0 4 2 3 5 号公報

特許文献2：国際公開WO 2 0 0 7 / 0 1 3 2 5 0 公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0014] しかしながら、複眼方式の画素ずらしにより高解像度画像を得るためには、各撮像素子における画像間のずれ量（視差）を計算しなければならない。特許文献2において、画素ずらし方向における撮像素子のずれ量は撮像距離に依らず約 1 / 2 画素であるが、画素ずらし方向と垂直な方向に関しては、基線長が大きく、撮像距離によって画像間のずれ量が変わるため、そのずれ量を知る必要がある。その方法として、例えば、ステレオマッチングという方法がある。ステレオマッチングとは、同一の被写体を撮影した視点の異なる複数の画像上において、一方の画像を基準とし、その画像中の各画素に対し対応点（同じ空間点の投影点）を他方の画像中から探索することである。ステレオマッチングには、テンプレートマッチングを利用して対応点を求める領域ベースマッチングやエッジやコーナーなどの特徴点を抽出して求める特徴ベースマッチングなど様々な方法がある。そして、このようにして得られた画像間のずれ量をもとに、各画素を生成する高解像度画像上の対応する点に配置する事により、高解像度画像を生成する。この際、特許文献2に示すように、垂直方向に異なる高さに配置された撮像系の画像を合成して高解像度画像を生成する際には、対応点が画像中の垂直方向にずれた場所に位置する。従って、ハードウェアによる処理時に画像の読み出しを画像左上から行う際、各撮像系で対応点の存在する領域に到達するタイミングが異なるため、データを保持しておく必要があり、ラインメモリあるいはフレームメ

モリを利用する必要がある。

[0015] また、特許文献2の構成では水平垂直全ての方向について高解像度化をするためには、水平垂直にそれぞれ1/2画素ずれた2眼が必要となり、水平あるいは垂直方向に各カメラを並置し、一方向に薄い構成を実現する事が出来ない。

[0016] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、水平、あるいは垂直の一方向に各カメラを配置し、ハードウェア化した際にメモリの使用量が少ない構成で、被写体の距離に依らず高解像度化することができる撮像装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0017] 本発明は上述した課題を解決するためになされたもので、

本発明の第一の技術手段は、

光学系と撮像素子とを有する撮像系を少なくとも3つ備え、前記撮像系は、前記撮像素子の画素の配列方向に配置され、第一の撮像系の撮像画像中の所定範囲内の撮像距離にある被写体が、前記第一の撮像系の撮像画像に対し、他のいずれかの撮像系により、前記配列方向のサンプリング位相が0.2から0.8画素ずれて撮像されることを特徴とする。

[0018] 第二の技術手段は、

第一の技術手段において、前記撮像系は前記配列方向に略等間隔に配置され、前記撮像系の光軸は略平行であることを特徴とする。

[0019] 第三の技術手段は、

第一または第二の技術手段において、所定範囲の撮像距離内にある被写体が、いずれかの撮像系の撮像画像に対し、他のいずれかの撮像系により、前記配列方向と垂直な方向のサンプリング位相が0.2から0.8画素ずれて撮像されることを特徴とする。

[0020] 第四の技術手段は、

第一または第二の技術手段において、所定範囲の撮像距離内にある被写体が、いずれかの撮像系の撮像画像に対し、他のいずれかの撮像系により、前記

配列方向と垂直な方向のサンプリング位相が略0.5画素ずれて撮像されることを特徴とする。

[0021] 第五の技術手段は、

第三または第四の技術手段において、所定範囲の撮像距離内にある被写体が、いずれかの撮像系の撮像画像に対し、他のいずれかの撮像系により、前記配列方向と垂直な方向のサンプリング位相がほぼずれなく撮像されることを特徴とする。

[0022] 第六の技術手段は、

第一または第二の技術手段において、所定範囲の撮像距離内にある被写体が、いずれかの撮像系の撮像画像に対し、他のいずれか2つの撮像系により、前記配列方向と垂直な方向のサンプリング位相が略1/3画素ずつずれて撮像されることを特徴とする。

[0023] 第七の技術手段は、光学系と撮像素子とを有する撮像系を少なくとも3つ備え、前記撮像系は略直線上に配置され、前記直線を含む平面の法線と前記撮像系の光軸とが略平行をなし、前記直線と前記撮像素子の画素の一方の配列方向とが略平行をなし、前記撮像系のいずれかの撮像系により、所定範囲内の撮像距離にある被写体が、前記配列方向のサンプリング位相がずれて撮像されるように構成されることを特徴とする。

[0024] 第八の技術手段は、第七の技術手段において、前記撮像系のいずれかの撮像系により、所定範囲内の撮像距離にある被写体が、前記配列方向のサンプリング位相が0.2から0.8画素ずれて撮像されるように構成されることを特徴とする。

[0025] 第九の技術手段は、第七の技術手段において、前記撮像系の光軸は、前記配列方向に等間隔に配置されることを特徴とする。

[0026] 第十の技術手段は、第七から第九のいずれかの技術手段において、前記撮像系のいずれかの撮像系により、所定範囲内の撮像距離にある被写体が、前記配列方向と垂直な方向のサンプリング位相がずれて撮像されるように構成されることを特徴とする。

- [0027] 第十一の技術手段は、第七から第九のいずれかの技術手段において、前記撮像系のいずれかの撮像系により、所定範囲内の撮像距離にある被写体が、前記配列方向と垂直な方向のサンプリング位相が0.2から0.8画素ずれて撮像されるように構成されることを特徴とする。
- [0028] 第十二の技術手段は、第七から第九のいずれかの技術手段において、前記撮像系のいずれかの撮像系により、所定範囲内の撮像距離にある被写体が、前記配列方向と垂直な方向のサンプリング位相が0.5画素ずれて撮像されるように構成されることを特徴とする。
- [0029] 第十三の技術手段は、第十一または第十二の技術手段において、前記撮像系のいずれかの撮像系により、所定範囲内の撮像距離にある被写体が、前記配列方向と垂直な方向のサンプリング位相がずれなく撮像されるように構成されることを特徴とする。
- [0030] 第十四の技術手段は、第十または第十一の技術手段において、前記撮像系のいずれか3つの撮像系により、所定範囲内の撮像距離にある被写体が、前記配列方向と垂直な方向のサンプリング位相が1/3画素ずつずれて撮像されるように構成されることを特徴とする。

発明の効果

- [0031] 本発明によれば、複数の撮像系を用いて共通の被写体を撮像する撮像装置において、撮像系を水平あるいは垂直のどちらか一方向に並置することにより、得られた複数の画像を合成し画素数が多く解像度の高い画像を生成する際に、メモリの使用量を低減することが可能となる。また、一方向に並置することにより薄型化することが可能となる。

図面の簡単な説明

- [0032] [図1]本発明の第一の実施形態の構成を示す図である。
- [図2A]撮像素子の画素の配列方向とX軸、Y軸、Z軸との関係を説明する図である。
- [図2B]3つの撮像素子の配置を説明する図である。
- [図3]撮像装置を上から見たXZ平面図である。

[図4] 撮像距離を変化させた場合の結像位置のシフト量を示すグラフである。

[図5] サンプリング位相の撮像距離依存性を示すグラフである。

[図6] サンプリング位相のずれを計算した結果を示すグラフである。

[図7] 図5のサンプリング位相のずれと図6のサンプリング位相のずれを重ねた結果を示すグラフである。

[図8] 図7の縦軸の表示範囲を0.25画素から0.75画素にした結果を示すグラフである。

[図9] 撮像素子106と109を光軸方向から見た図である。

[図10] 3つの撮像系の配置の他の例を示す図である。

[図11] 3つの撮像系の配置のさらに他の例を示す図である。

[図12] 3つの撮像系の配置のさらに他の例を示す図である。

[図13] 垂直方向に並置された2つの撮像系が被写体を撮像している様子を示す図である。

[図14] 図13の状態では撮像した場合の撮像画像を示す図である。

[図15] 水平方向に並置された2つの撮像系が被写体を撮像している様子を示す図である。

[図16] 図15の状態では撮像した場合の撮像画像を示す図である。

[図17] $QR = 11.7\text{ mm}$ の場合のサンプリング位相のずれ量を示すグラフである。

[図18] $QR = 11.0\text{ mm}$ の場合のサンプリング位相のずれ量を示すグラフである。

[図19] 水平方向に並置した2つの撮像系で撮像した画像を示す図である。

[図20] 水平方向に並置した2つの撮像系で撮像した画像を示す図である。

[図21] 特許文献1に記載の技術を説明する図である。

[図22] 撮像素子に対する水平方向および垂直方向を説明する図である。

[図23] 2つの撮像系で共通の被写体を撮像している様子を示す図である。

[図24] 2つの撮像系の撮像する領域を格子で示した図である。

[図25] 画素ずらしの状態を説明する図である。

[図26]複眼方式において撮像距離が変化した場合のサンプリング位相の変化を説明する図である。

[図27]水平方向の基線長BHおよび垂直方向の基線長BVを説明する図である。

[図28]特許文献2に開示されている複眼方式を説明する図である。

[図29]特許文献2に開示されている複眼方式を説明する図である。

[図30]2つの撮像系による高解像度化を検証した結果を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0033] <第一の実施形態>

以下、本発明の第一の実施形態について、図面を参照して説明する。図1は本実施形態の構成を示す図である。図1は、本実施形態における撮像装置内に備えられる3つの撮像系の配置を示す図である。撮像系101は光学系102と撮像素子103を備え、撮像系104は光学系105と撮像素子106を備え、撮像系107は光学系108と撮像素子109を備えている。3つの光学系101、104、107は略同一平面上に配置されており、それぞれの光軸は略平行である。また、3つの撮像素子103、106、109は略同一平面上に配置されており、光学系が配置されている平面と撮像素子が配置されている平面は略平行である。

[0034] 本実施形態では、図2Aに示すように、撮像素子106の画素の配列方向を水平方向(X軸)、垂直方向(Y軸)とし、光軸と平行な方向を撮像距離Z軸とし、原点を光学系105の主点とする。また、図2Bに示すように、撮像素子103と109の画素の配列方向は撮像素子106の画素の配列方向と略平行である。また、撮像素子103、106、109の水平方向の画素ピッチは等しく、垂直方向の画素ピッチも等しい。また、各撮像素子の画素の読み出し方向はX方向であるものとする。

[0035] 図3は、図1に示す撮像装置を上から見たXZ平面図である。図3を用いて、撮像系104と107の水平方向のサンプリング位相の関係について述べる。図3に示すように、 $Z=H_0$ の点P0にある被写体は、撮像系104

では撮像素子 106 の画素 106 a の中央に結像しており、撮像系 107 では撮像素子 109 の画素 109 a の中央に結像している。即ち、撮像距離 H_0 では、撮像系 104 と 107 の水平方向のサンプリング位相は揃っている。サンプリング位相は光学系と撮像素子の相対的な位置関係を変化させることで変わるが、図 3 においては、撮像距離 P_0 において撮像系 104 と 107 の水平方向のサンプリング位相が揃っている状態にあるとする。次に、撮像距離を変化させた場合のサンプリング位相の変化について述べる。

[0036] 図 4 に、焦点距離 f を 5 mm、基線長 B ($=RS$) を 12 mm、撮像距離 H_0 を 500 mm として、撮像距離を H_0 から変化させた場合の結像位置のシフト量を (1) 式より計算した結果を示す。横軸は撮影距離、縦軸が結像位置のシフト量である。撮像距離の変化とともに、シフト量が増えている。

[0037] 次に、サンプリング位相のずれ量を計算する。サンプリング位相は、前記シフト量を撮像素子の画素ピッチで除した値と撮像距離 H_0 でのサンプリング位相のずれ量の和の小数点以下の値から算出出来る。例えば、図 4 において、撮像距離 H_1 ($=600$ mm) でのシフト量は (1) 式より、

$$u_0 - u_1 = 5 \times 12 \times \left(\left(1/500 \right) - \left(1/600 \right) \right) = 0.02 \quad (\text{mm})$$

となり、画素ピッチを $6 \mu\text{m}$ として、シフト量を画素ピッチで除すると、

$$0.02 \div 0.006 \doteq 3.33 \quad (\text{画素})$$

となり、撮像距離 H_0 ($=500$ mm) から 3.33 画素シフトしている。

撮像距離 H_0 でサンプリング位相が 0.5 画素ずれているとすると、撮像距離 H_1 でのサンプリング位相のずれ量は、

$$3.33 + 0.5 = 3.83 \quad (\text{画素})$$

となり、小数点以下の 0.83 画素が撮像距離 H_1 でのサンプリング位相のずれ量となる。上記計算によりサンプリング位相のずれ量が負の値となる場合は、1 を足した値がサンプリング位相のずれ量となる。

[0038] 図 5 にサンプリング位相の撮像距離依存性を示す。水平方向の画素ピッチ

は $6\mu\text{m}$ とする。基準とした撮像距離 H_0 ($=500\text{mm}$) ではサンプリング位相が揃っているとする。撮像距離を変えるとサンプリング位相が変化することがわかる。従って、撮像系104と107は撮像距離によってサンプリング位相が揃う距離があり、撮像距離に依っては高解像度化出来ない距離がある。

[0039] そこで、本実施形態では、撮像系104と107では高解像度化出来ない撮像領域を、撮像系104と101により高解像度化し、撮像領域全体に渡る高解像度化を実現する。

[0040] 前述のように、基準とした撮像距離 H_0 で撮像系104と107のサンプリング位相が揃っているため、撮像系104と101のサンプリング位相が $1/2$ 画素ずれるよう、撮像素子103を配置する。図3において、点 P_0 にある被写体は、撮像系104では撮像素子106の画素106aの中央に結像しているが、撮像系101では撮像素子103の画素103aと撮像素子103bの間に結像しており、サンプリング位相が $1/2$ 画素ずれている。

[0041] 次に、撮像距離を変化させた場合のサンプリング位相の変化について述べる。

[0042] 図6に、焦点距離 f を 5mm 、基線長 B ($=QR$) を 12mm 、撮像距離 H_0 を 500mm として、撮像距離を H_0 から変化させた場合の結像位置のシフト量を(1)式より計算しサンプリング位相のずれを計算した結果を示す。基準とした撮像距離 H_0 ($=500\text{mm}$) ではサンプリング位相が $1/2$ 画素ずれており、撮像距離を変えるとサンプリング位相が変化することがわかる。

[0043] 次に、図5に示した撮像系104と107のサンプリング位相のずれと、図6に示した撮像系104と101のサンプリング位相のずれを重ねた結果を図7に示す。撮像系104と107のサンプリング位相のずれを細線で、撮像系104と101のサンプリング位相のずれを太線で示している。図7からわかるように、一方のサンプリング位相が揃う撮像距離において、他方のサンプリング位相がずれており、すべての撮像距離において少なくとも一

方は画素ずらしの状態となっている。図7の縦軸の表示範囲を0.25画素から0.75画素にしたものを、図8に示す。すべての撮像距離において、サンプリング位相のずれ量のどちらか一方が必ず0.25画素から0.75画素の範囲内に入っていることがわかる。

[0044] 次に、高解像度化するために必要なサンプリング位相のずれ量について述べる。図30に、2つの撮像系を用いて高解像度化の検証を行った結果を示す。水平に配置した2つの撮像系で解像度測定用のチャートを撮像し、2つの画像を合成し、合成画像の水平方向の解像度を評価した。図の横軸は撮像系からチャートまでの撮像距離を示しており、チャートを100cmから1cm刻みで125cmまで、順に計26点に配置して撮像した。図の縦軸は、合成画像の水平方向の解像度を示している。また、縦軸には、サンプリング位相のずれ量も合わせて示している。サンプリング位相のずれ量は、撮像系の焦点距離や画素ピッチ、撮像距離等を用いて、上述の方法で算出した。図より、十分に解像度を向上させるには、0.20画素から0.80画素のサンプリング位相のずれが必要であることがわかる。したがって、3つの撮像系を用い、すべての撮像距離において、サンプリング位相のずれ量のどちらか一方が必ず0.25画素から0.75画素の範囲内に入っている図8の条件においては、すべての撮像距離において高解像度化出来る。

[0045] 本実施形態では、撮像系104と101の水平方向の基線長QRと、撮像系104と107の水平方向の基線長RSをいずれも12mmと等しい構成とし、焦点距離 f も5mmと等しくした。基線長、焦点距離を等しくすることで、撮像距離に変化に伴うシフト量の変化量が等しくなり、基準とする距離において、ある1つの撮像系（ここでは撮像系104）とサンプリング位相の揃う撮像系（ここでは撮像系107）と、サンプリング位相の1/2画素ずれる撮像系（ここでは撮像系101）を備えることで、すべての撮像距離にある被写体を、高解像度化可能な画素ずらしの状態で撮像することが可能となる。

[0046] 次に、垂直方向の高解像度化について述べる。図9に、撮像素子106と

109を光軸方向から見た図を示す。R'とS'は撮像素子104と107のそれぞれの光軸と撮像素子が交わる点を示しており、光軸の高さは一致している。撮像素子109は、撮像素子106に対し、垂直方向にサンプリング位相が1/2画素ずれるよう配置されている。光軸の高さが一致していることから、垂直方向の基線長は零であり、式(1)より、撮像距離が変化してもサンプリング位相が変化しない。従って、すべての撮像距離において垂直方向のサンプリング位相が1/2画素ずれており、すべての撮像距離において高解像度化出来る。また、水平方向と同様、垂直方向の高解像度化についても、3つの撮像系のうち、少なくとも2つの撮像系のサンプリング位相が高解像度化可能な0.20から0.80画素ずれていればよい。

[0047] 以上のような構成により、撮像系を水平方向に3つ配置することで、撮像距離に依らず、垂直方向にも水平方向にも高解像度化可能となる。

[0048] なお、垂直方向の高解像度化については、3つの撮像系のうち、少なくとも2つの撮像系のサンプリング位相が高解像度化可能な0.20から0.80画素ずれた状態であればよい。ため、3つの撮像系の配置は、上記に限らない。例えば、図10に示すように、3つの撮像系のサンプリング位相が1/3画素ずつずれた構成でもよいし、図11に示すように、基準の撮像系に対し、一方の撮像系のサンプリング位相が1/2画素ずれており、他方の撮像系のサンプリング位相が揃う構成でもよいし、図12に示すように、基準の撮像系に対し、2つの撮像系のサンプリング位相が共に1/2画素ずれており、その2つの撮像系のサンプリング位相が揃う構成にしてもよい。

[0049] 次に、複眼方式の画素ずらしにより高解像度画像を得るために必要な、複数の画像のずれ量(視差)の計算について述べる。図13は、2つの撮像系1301と1302が垂直方向に並置され、被写体1303を撮像している。図14に、図13の状態で撮像した場合の撮像系1301の撮像画像1401と、撮像系1302の撮像画像1402を示す。被写体1303は垂直方向にずれて撮像される。ハードウェア処理により、撮影画像1402を基準とし撮影画像1401中から対応点を探索する場合、例えば、網掛けで示

す撮影画像 1402 中の画素 1404 に対応する点は、撮影画像 1401 中の画素 1403 となるが、対応点の探索を斜線で示す左上の画素 1405 から行くと、対応点である画素 1403 に到達するまでデータを保持しておく必要があり、ラインメモリあるいはフレームメモリを利用する必要が生じる。

[0050] 一方、図 15 は、2つの撮像系 1501 と 1502 が水平方向に並置され、被写体 1503 を撮像している。図 16 に、図 15 の状態で撮像した場合の撮像系 1501 の撮像画像 1601 と、撮像系 1502 の撮像画像 1602 を示す。被写体 1503 は水平方向にずれて撮像される。ハードウェア処理により、撮影画像 1602 を基準とし撮影画像 1601 中から対応点を探索する場合、例えば、網掛けで示す撮影画像 1602 中の画素 1604 に対応する点は、撮影画像 1601 中の画素 1603 となるが、垂直方向のずれがないため、対応点の探索を斜線で示す左上の画素 1605 から行う必要はなく、対応点である画素 1603 と同じ高さのライン上の左端の画素である横線で示す画素 1606 から探索すればよく、対応点に到達するまで保持しておくデータ量を、撮像系を垂直に並置する場合に比べて大幅に低減することが可能となる。

[0051] また、3つの撮像系を水平方向に並置することにより、従来の垂直方向と水平方向に並置する構成と比較し、垂直方向に薄型化することが可能となる。

[0052] <第二の実施形態>

次に、本発明の第二の実施形態について述べる。第一の実施形態では、焦点距離の等しい3つの撮像系を水平方向の基線長が等しくなるよう配置することで、撮像距離に依らず垂直方向、水平方向ともに高解像度化可能な構成を実現した。

[0053] 第二の実施形態では、撮像装置の実際の製造過程において位置精度に誤差が生じた場合においても撮像距離に依らず高解像度化可能な構成について説明する。

- [0054] 3つの撮像系が等間隔に並んでいない場合、撮像距離の変化に伴うシフト量の大きさが異なるが、基線長の違いが微小であれば、サンプリング位相に与える影響も微小となり、撮像距離に依らず高解像度化可能となる。
- [0055] 例えば、図3において、3つの撮像系の焦点距離 f を5 mm、基線長 RS と QR を12 mmとして、高解像度化したい撮像距離の範囲を1000 mmから3000 mmとした場合において、上記撮像距離範囲内において高解像度化出来るよう撮像するための基線長 QR の許容誤差を求める。撮像距離1500 mmで撮像系104と撮像系107のサンプリング位相が1/2画素ずれる状態とし、撮像系101と撮像系104のサンプリング位相が揃った状態とする。 QR を $QR=12$ mmの状態から1 mmずつ変化させると、 $QR=11.7$ mmから $QR=12.4$ mmの範囲においては、撮像距離1000 mmから3000 mmの間における撮像系104と撮像系107のサンプリング位相と、撮像系101と撮像系104のサンプリング位相の少なくとも一方が0.20から0.80画素ずれており、撮像距離に依らず高解像度化出来ると言える。図17に $QR=11.7$ mmの場合のサンプリング位相のずれ量を示し、図18に $QR=11.0$ mmの場合のサンプリング位相のずれ量を示す。図18では、丸で示した撮像距離2320 mm付近と2980 mm付近において2つのサンプリング位相のずれ量が共に0.20から0.80画素の範囲に入っておらず、高解像度化出来ない状態となっている。一方、図17では、すべての距離において2つのサンプリング位相のずれ量のいずれか一方が0.20から0.80画素の範囲に入っており、高解像度化出来る状態となっている。
- [0056] 以上のように、第二の実施形態では、撮像系101と104の基線長 QR と撮像系104と107の基線長 RS 基線長に誤差がある場合においても、許容範囲内にその誤差を抑えることにより、所定の撮像距離の範囲内において、撮像距離に依らず高解像度化することが可能となる。
- [0057] なお、サンプリング位相は基線長だけでなく、光軸と撮像素子の相対的な位置関係、焦点距離、画素ピッチによっても変化し、また、高解像度化した

い撮像距離の範囲にも依存するため、許容される誤差の範囲を基線長だけで定義することは出来ないが、光学系の光軸と撮像素子の相対的な位置関係、焦点距離、画素ピッチ、高解像度化したい撮像距離の範囲が決まれば、許容範囲は式（１）から求まるシフト量より計算することが可能となる。

[0058] 本実施形態では、所定の撮像距離の範囲内において、２つのサンプリング位相のずれ量のうち、少なくとも一方が、高解像度化可能な 0.20 から 0.80 画素の範囲に入るよう３つの撮像系を配置することで、撮像距離に依らず、水平方向の解像度を向上させることが可能となる。

[0059] また、垂直方向に関しては、第一の実施形態と同様の構成にすることで、撮像距離に依らず高解像度化可能となる。

[0060] <第三の実施形態>

次に、本発明の第三の実施形態について述べる。第三の実施形態では、図 11 や図 12 に示すように、水平方向に配置した３つの撮像系のうち、２つの撮像系の垂直方向のサンプリング位相が揃い、もう１つの撮像系の垂直方向のサンプリング位相が他の２つの撮像系に対し $1/2$ 画素ずれる構成とする。

[0061] 本発明では、基線長の小さな垂直方向については撮像距離に依らずサンプリング位相のずれがほぼ一定であるが、基線長の大きな水平方向については撮像距離によってサンプリング位相のずれが変化するため、画像間のずれ量（視差）をステレオマッチングなどの方法を用いて求める必要がある。ステレオマッチング法において対応点を探索する際、サンプリング位相にずれがある場合には、完全に一致する対応点は存在せず、所定の対応点は画素と画素の間に存在することになる。

[0062] 図 19 を用いて説明する。図 19 は、水平方向に並置した２つの撮像系で撮像した画像 1901 と 1902 を示している。撮像画像 1902 中の画素 1903 に対応する点を撮像画像 1901 中から探索すると、対応する点は画素 1904 と画素 1905 の間に存在する。

[0063] 更に、垂直方向にもサンプリング位相にずれがある場合について、図 20

を用いて説明する。図20は、水平方向に並置した2つの撮像系で撮像した画像2001と2002を示しており、垂直方向のサンプリング位相も $1/2$ 画素ずれている。図20において、撮像画像2002中の画素2003に対応する点は、撮像画像2001中の4つの画素2004、2005、2006、2007の間に存在する。

[0064] このように、対応点探索の際、サンプリング位相にずれがある場合は完全に一致する対応点が存在せず、計算精度が低下する恐れがある。第三の実施形態では、2つの撮像系の垂直方向のサンプリング位相が揃っており、対応点探索をする際、少なくとも垂直方向にはずれのない2つの画像から検索することが可能となり、計算精度が向上する。計算精度が向上することにより、画像間のずれ量をもとに各画素に対応する点に配置し高解像度画像上を生成する際の誤差が小さくなり、より解像度の高い画像を生成することが可能となる。

[0065] <第四の実施形態>

次に、本発明の第四の実施形態について述べる。第四の実施形態では、図10に示すように、3つの撮像系の垂直方向のサンプリング位相が $1/3$ 画素ずつずれる構成とする。上述のように、2つの撮像系で高解像度化する場合、サンプリング位相が $1/2$ 画素ずれている状態が最適な条件であるが、これは、サンプリングの間隔が最も狭くなるためである。例えば、垂直方向のサンプリング位相が 0.3 画素ずれている状態であるとする、上下方向のうち、一方は 0.3 画素ずれているが、他方は 0.7 画素ずれており、サンプリングの間隔が広い。垂直方向のサンプリング位相が $1/2$ 画素ずれている状態であれば、上下方向ともに $1/2$ 画素となる。したがって、撮像系を3つ備える場合は、サンプリング位相が $1/3$ 画素ずつずれている状態が、サンプリングの間隔が最も狭くなる構成であり、高解像度化に好適である。

[0066] 上述のように、本発明は、3つの撮像系を画素の配列方向に配置し、所定範囲の撮像距離内にある被写体が、いずれか2つの撮像系により、高解像度

化の条件であるサンプリング位相のずれが0.2から0.8画素ずれた状態で撮像される構成にすることで、水平・垂直両方向を高解像度化するとともに、3つの撮像系を一方向に配置することで、ハードウェアで視差算出などの画像処理を行うために必要な処理量やメモリ量を削減することが出来る。

産業上の利用可能性

[0067] 本発明は撮像系を複数用いた撮像装置に利用可能である。

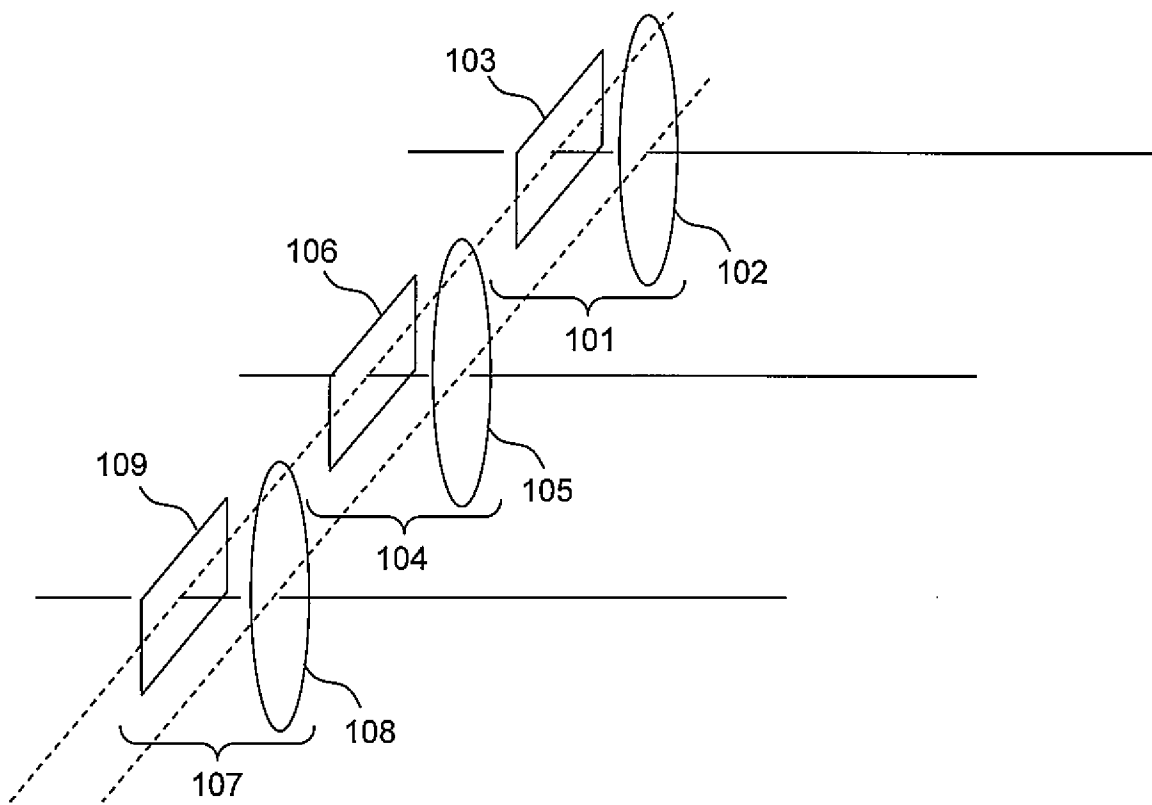
符号の説明

[0068] 101、104、107、1301、1302、1501、1502 撮像系
102、105、108 光学系
103、106、109 撮像素子
1303、1503 被写体
1401、1402、1601、1602、1901、1902、2001、2002 撮像画像
1403、1404、1405、1603、1604、1605、1606、1903、1904、1905、2003、2004、2005、2006、2007 画素

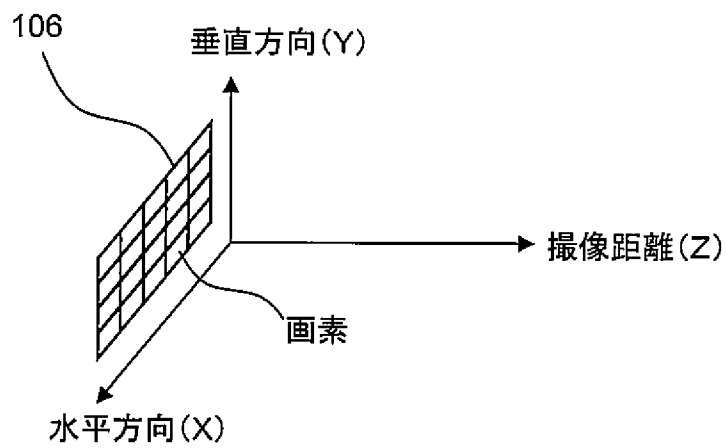
請求の範囲

- [請求項1] 光学系と撮像素子とを有する撮像系を少なくとも3つ備え、前記撮像系は、前記撮像素子の画素の配列方向に配置され、第一の撮像系の撮像画像中の所定範囲内の撮像距離にある被写体が、前記第一の撮像系の撮像画像に対し、他のいずれかの撮像系により、前記配列方向のサンプリング位相が0.2から0.8画素ずれて撮像されることを特徴とする撮像装置。
- [請求項2] 前記撮像系は前記配列方向に略等間隔に配置され、前記撮像系の光軸は略平行であることを特徴とする請求項1に記載の撮像装置。
- [請求項3] 所定範囲の撮像距離内にある被写体が、いずれかの撮像系の撮像画像に対し、他のいずれかの撮像系により、前記配列方向と垂直な方向のサンプリング位相が0.2から0.8画素ずれて撮像されることを特徴とする請求項1または2に記載の撮像装置。
- [請求項4] 所定範囲の撮像距離内にある被写体が、いずれかの撮像系の撮像画像に対し、他のいずれかの撮像系により、前記配列方向と垂直な方向のサンプリング位相が略0.5画素ずれて撮像されることを特徴とする請求項1または2に記載の撮像装置。
- [請求項5] 所定範囲の撮像距離内にある被写体が、いずれかの撮像系の撮像画像に対し、他のいずれかの撮像系により、前記配列方向と垂直な方向のサンプリング位相がほぼずれなく撮像されることを特徴とする請求項3または4に記載の撮像装置。
- [請求項6] 所定範囲の撮像距離内にある被写体が、いずれかの撮像系の撮像画像に対し、他のいずれか2つの撮像系により、前記配列方向と垂直な方向のサンプリング位相が略1/3画素ずつずれて撮像されることを特徴とする請求項1または2に記載の撮像装置。

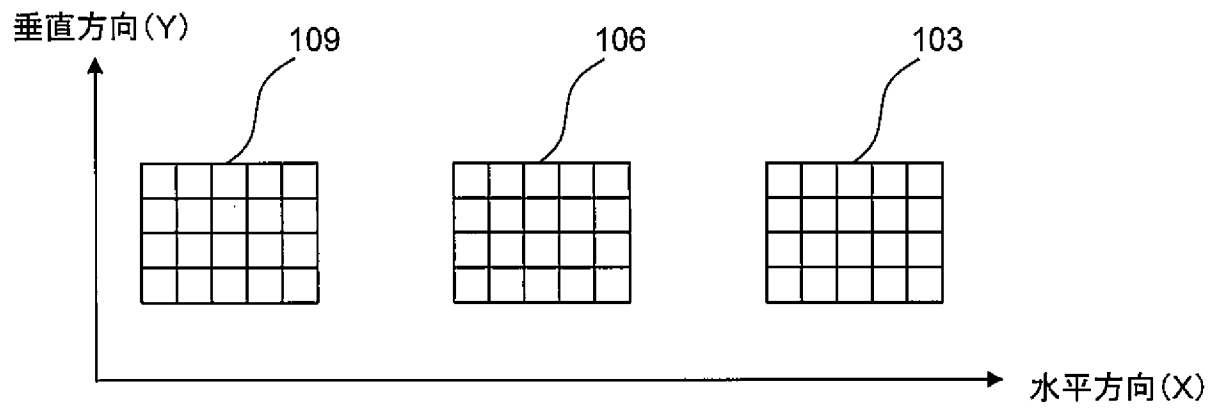
[図1]



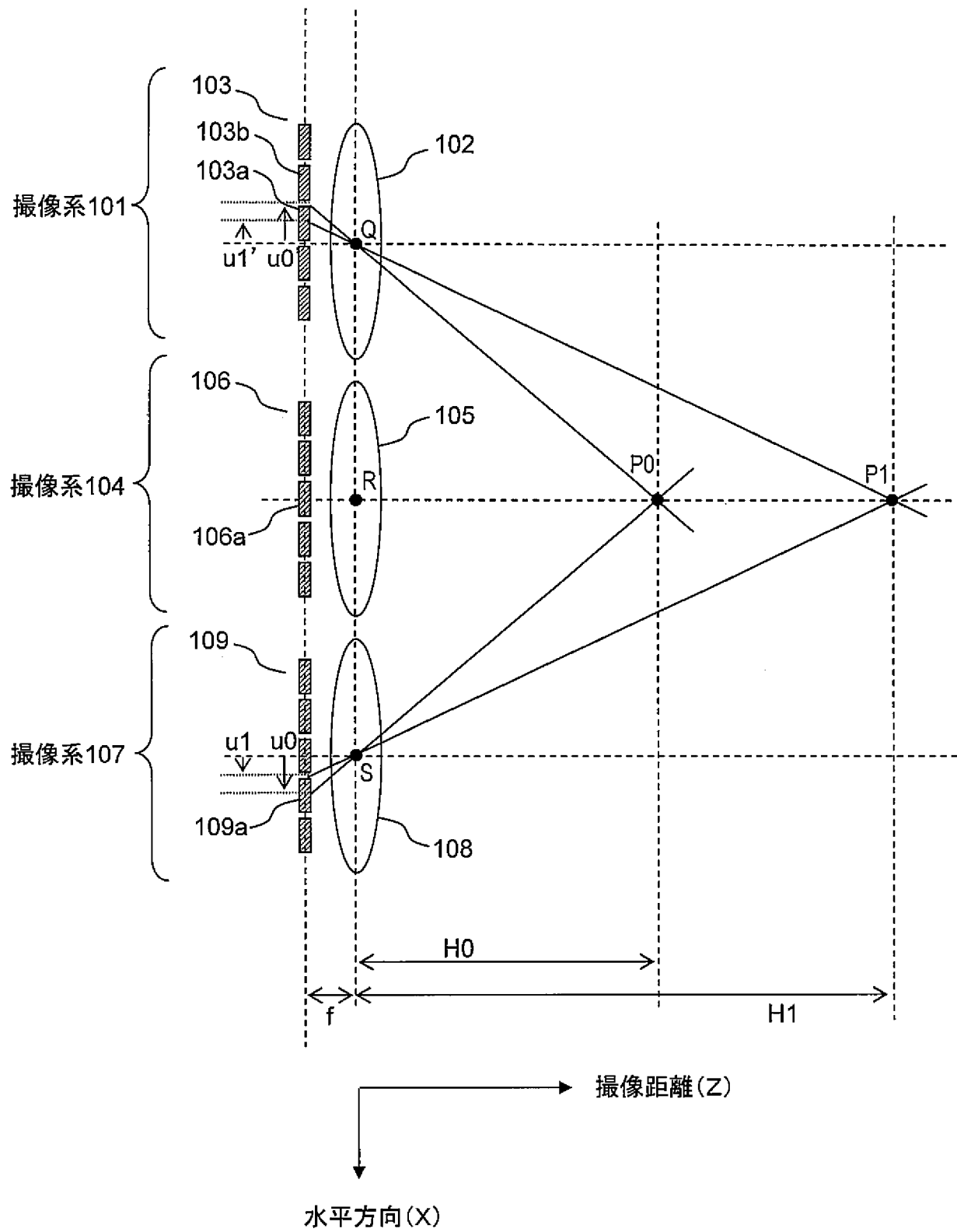
[図2A]



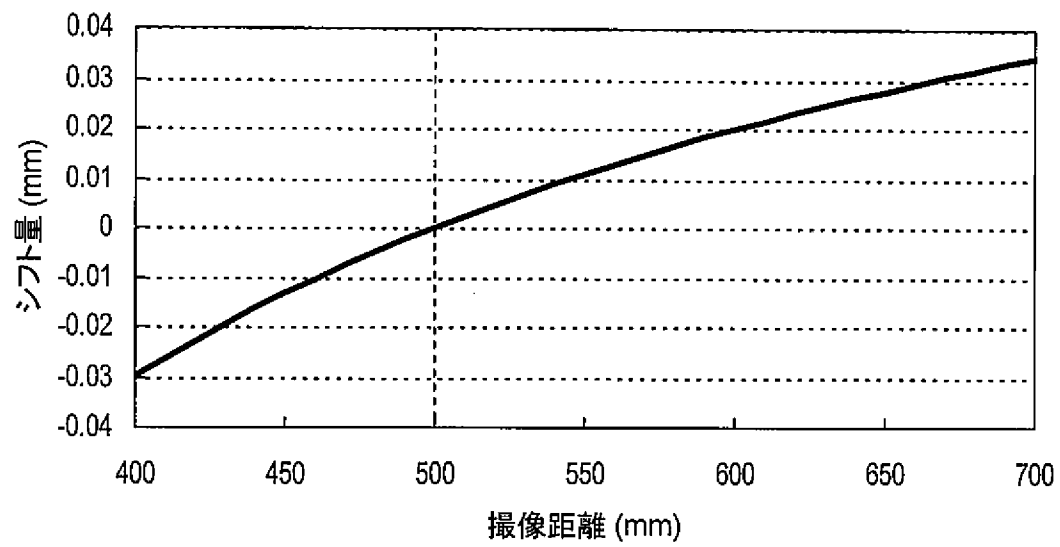
[図2B]



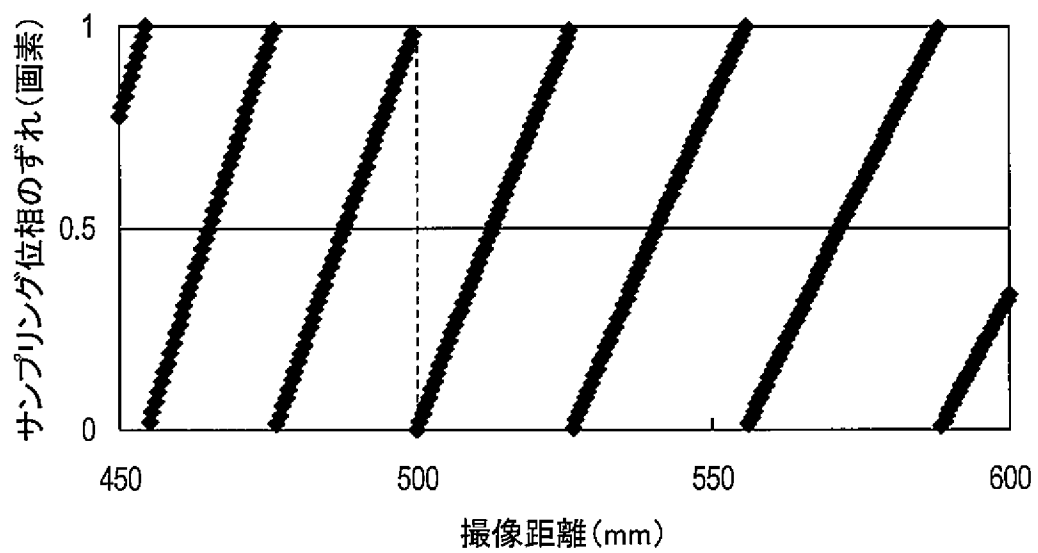
[図3]



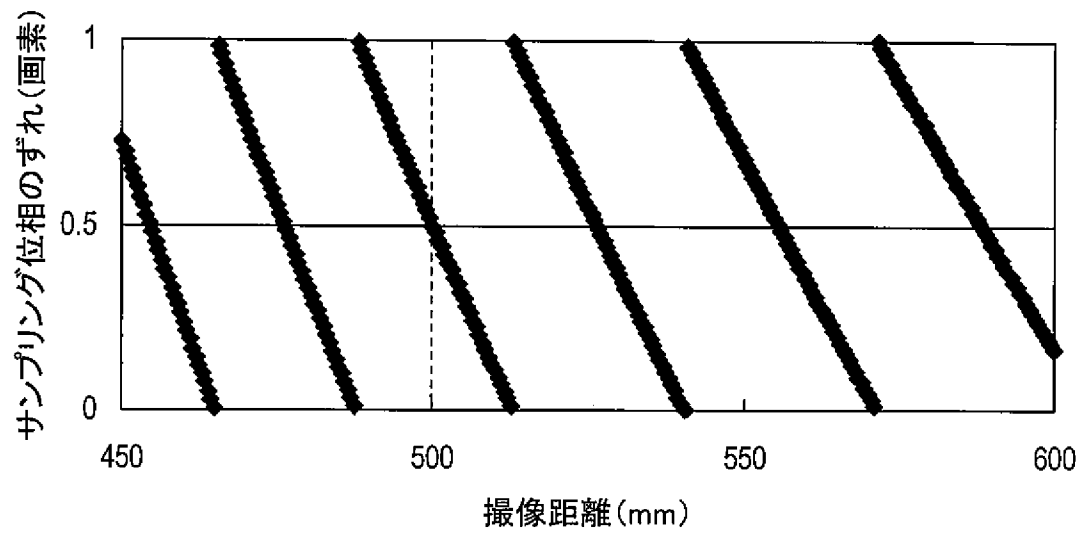
[図4]



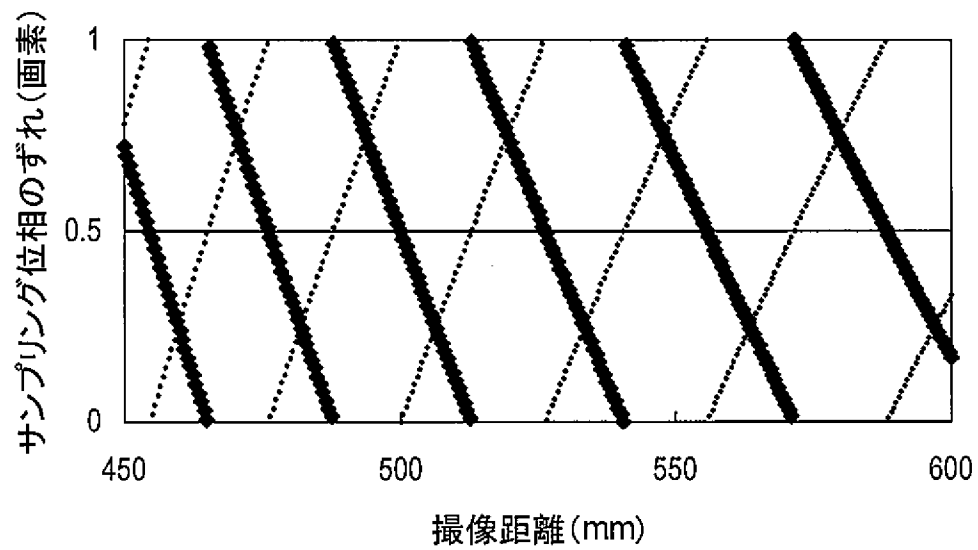
[図5]



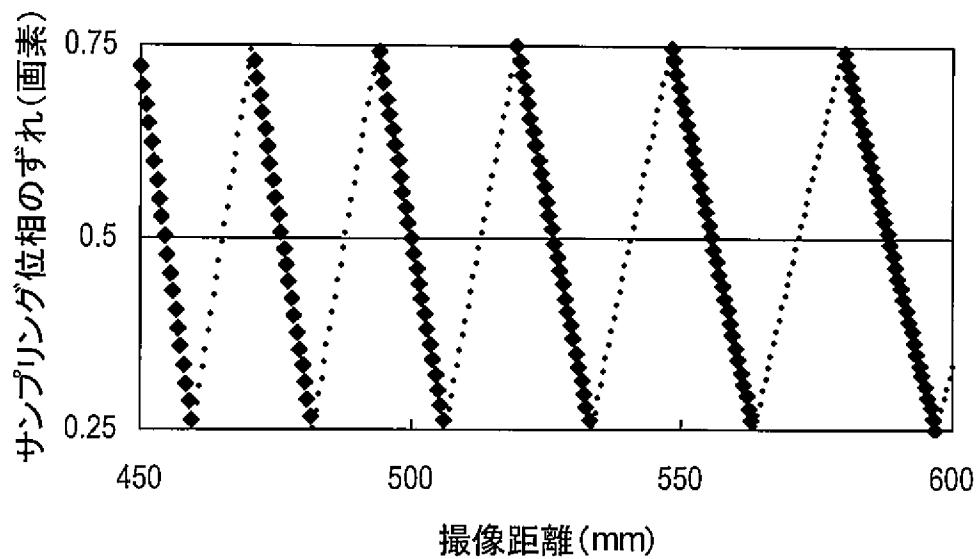
[図6]



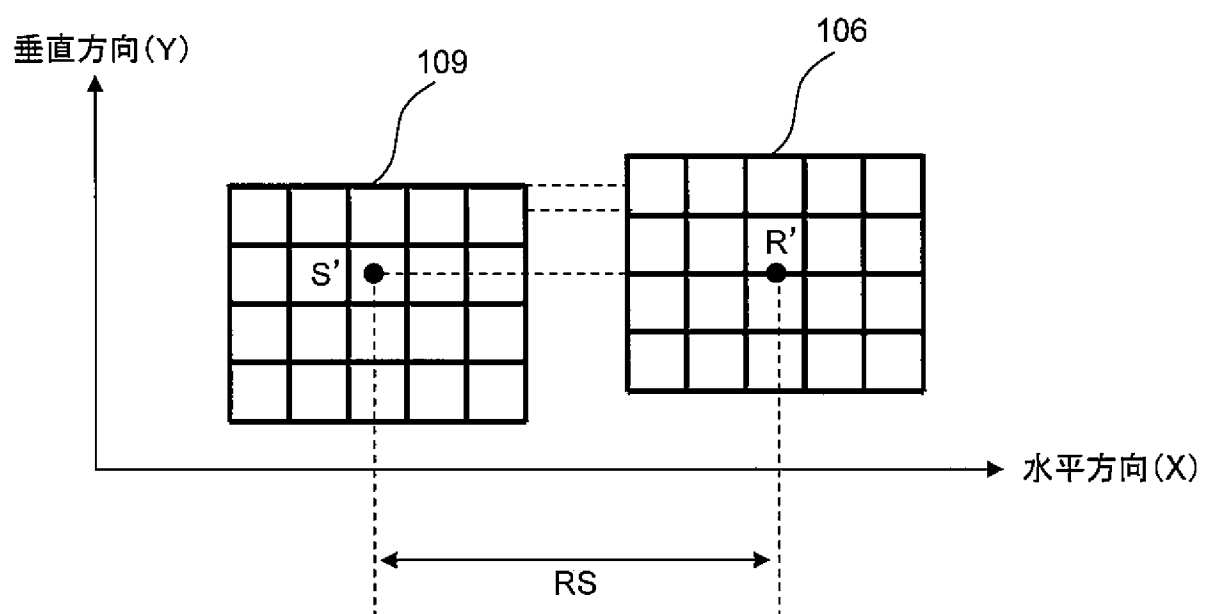
[図7]



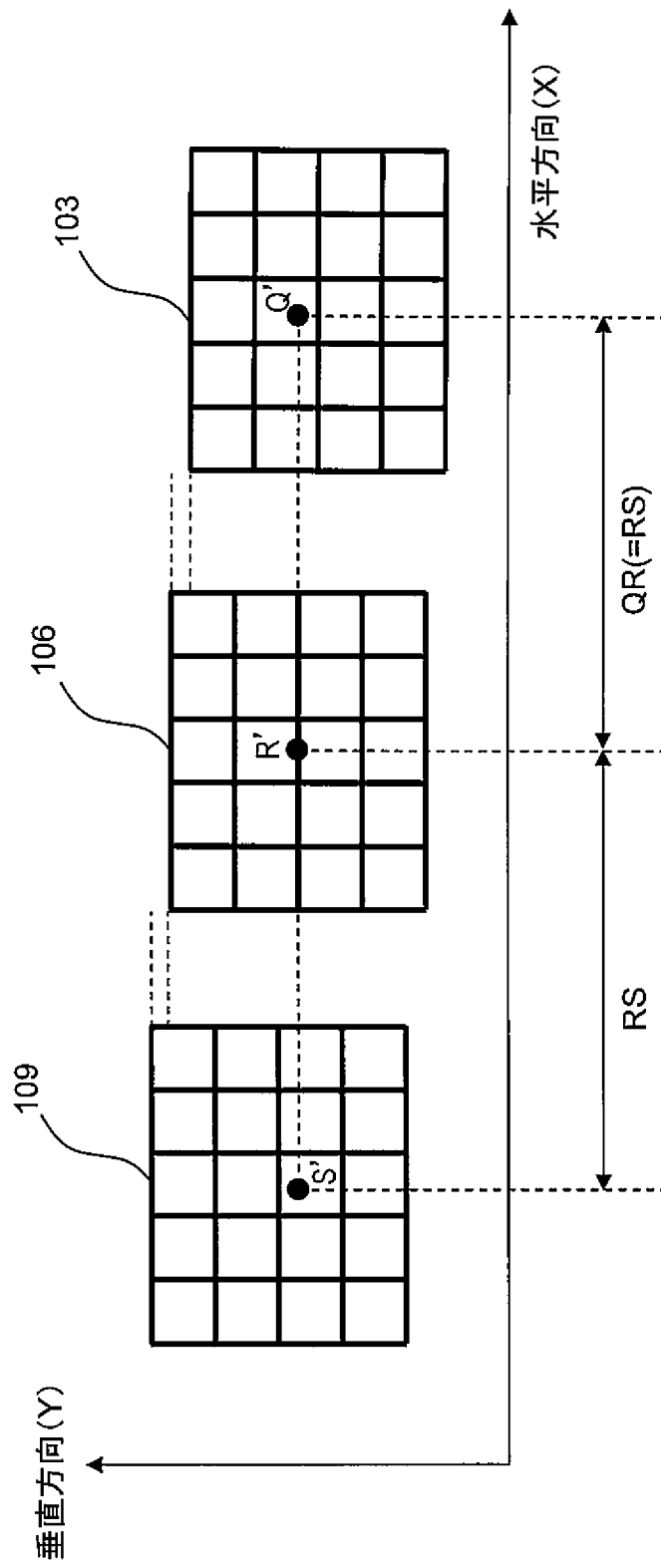
[図8]



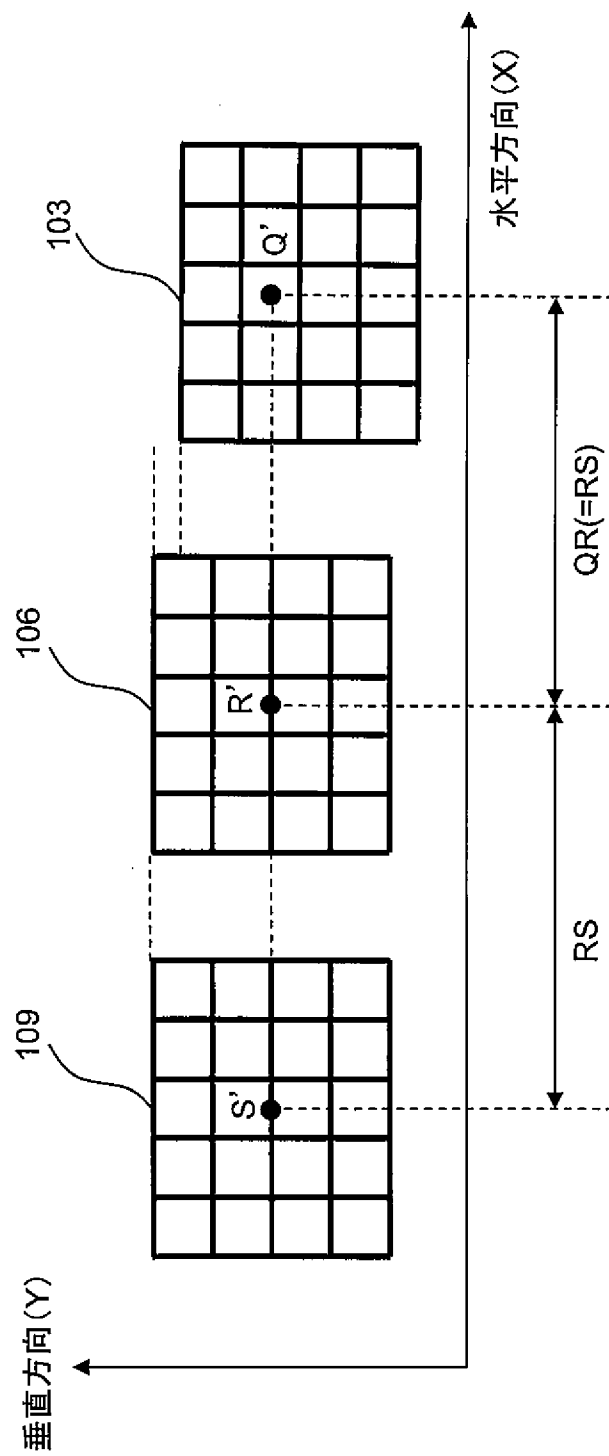
[図9]



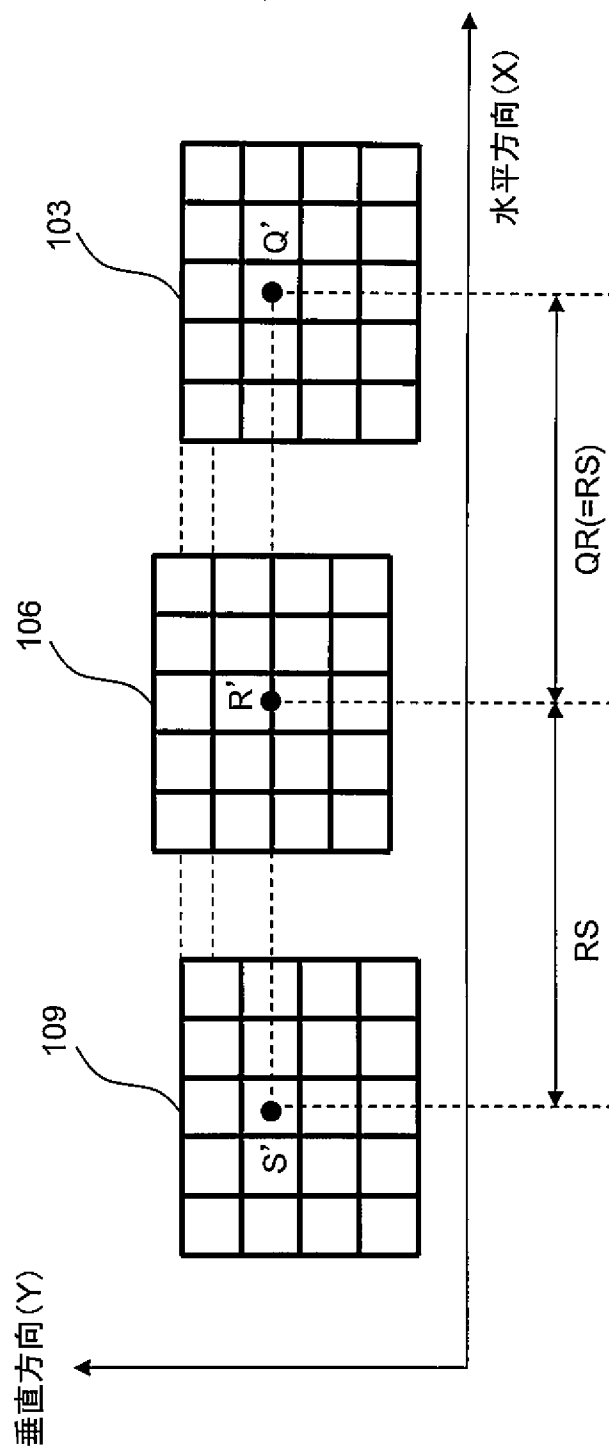
[図10]



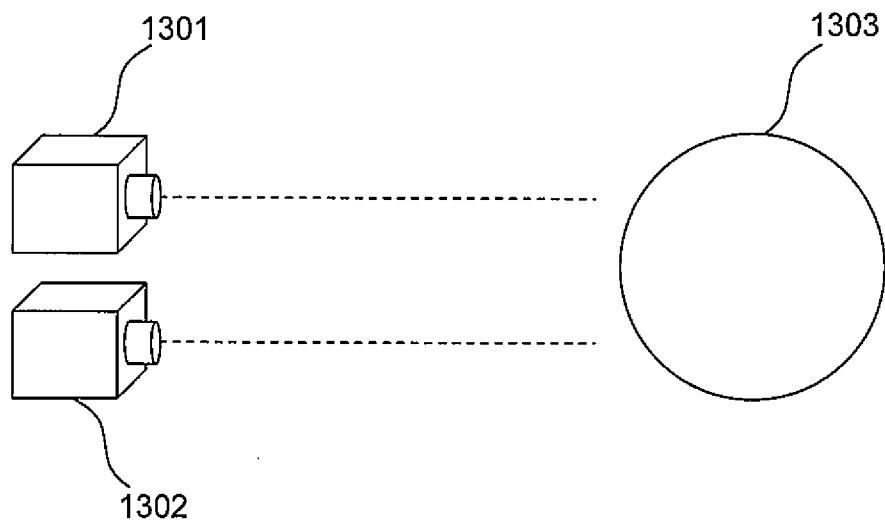
[図11]



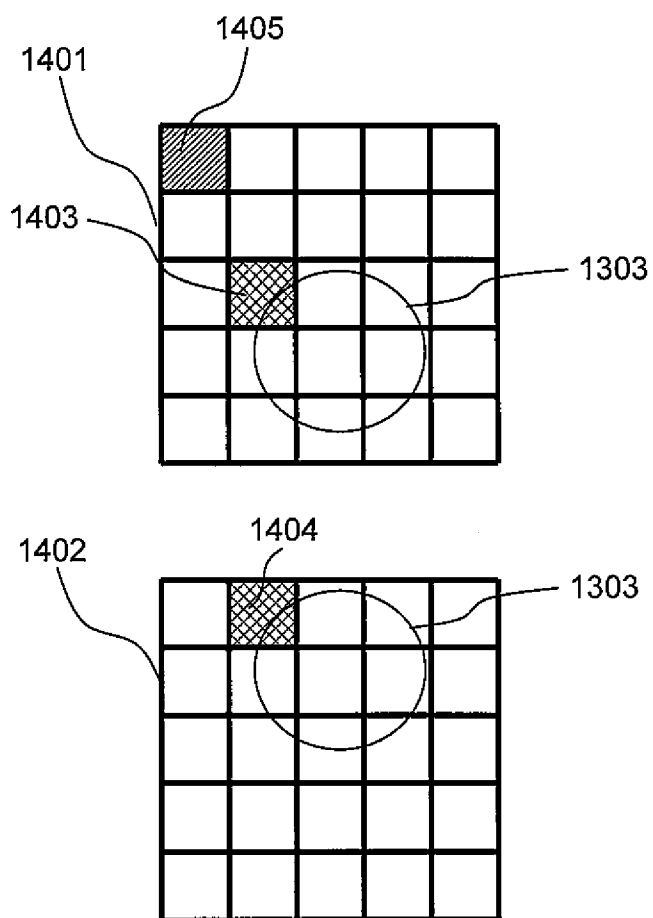
[図12]



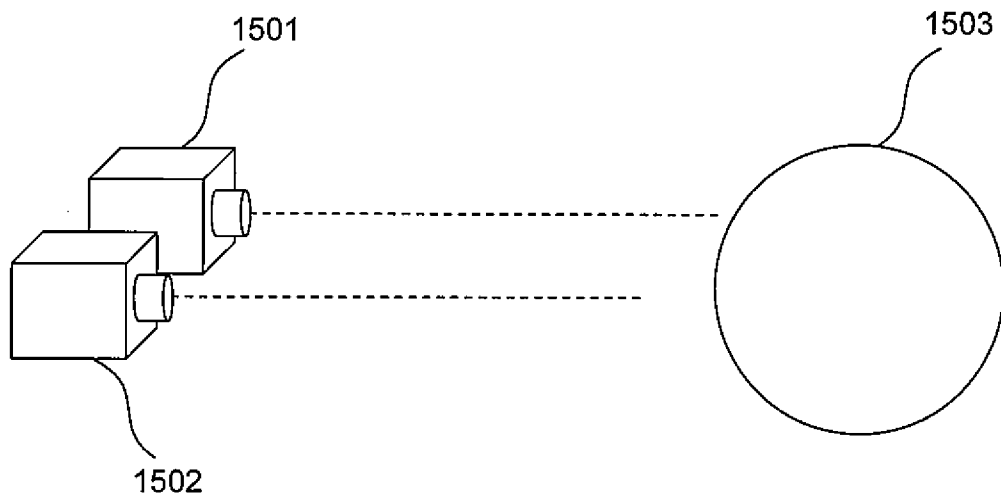
[図13]



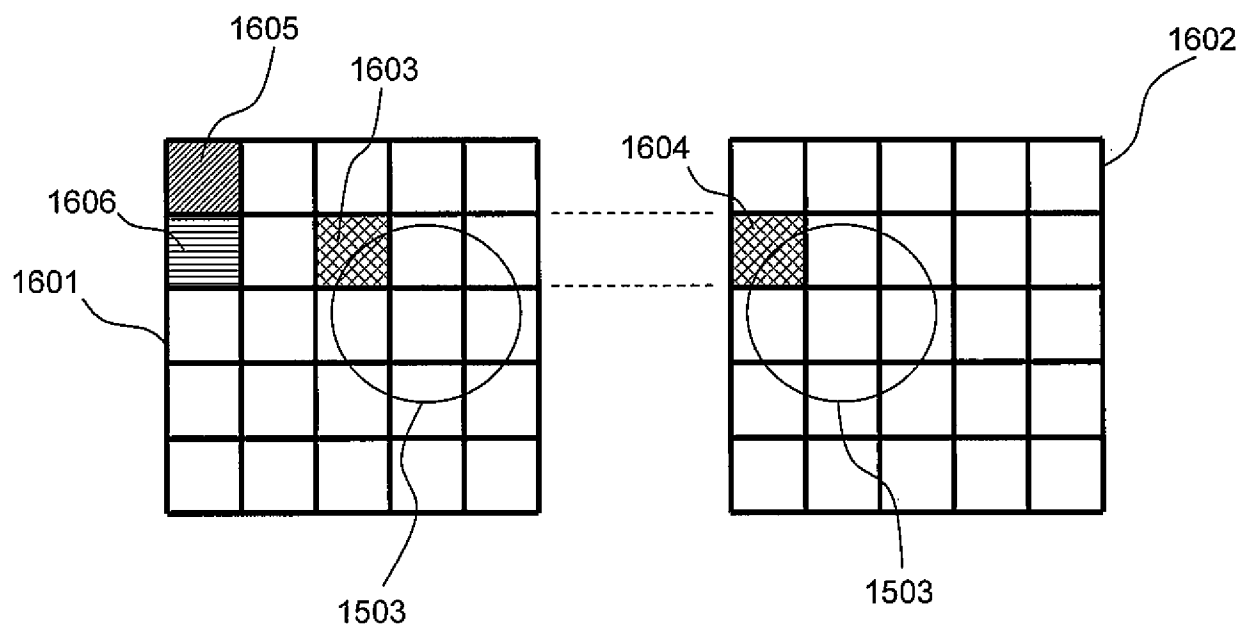
[図14]



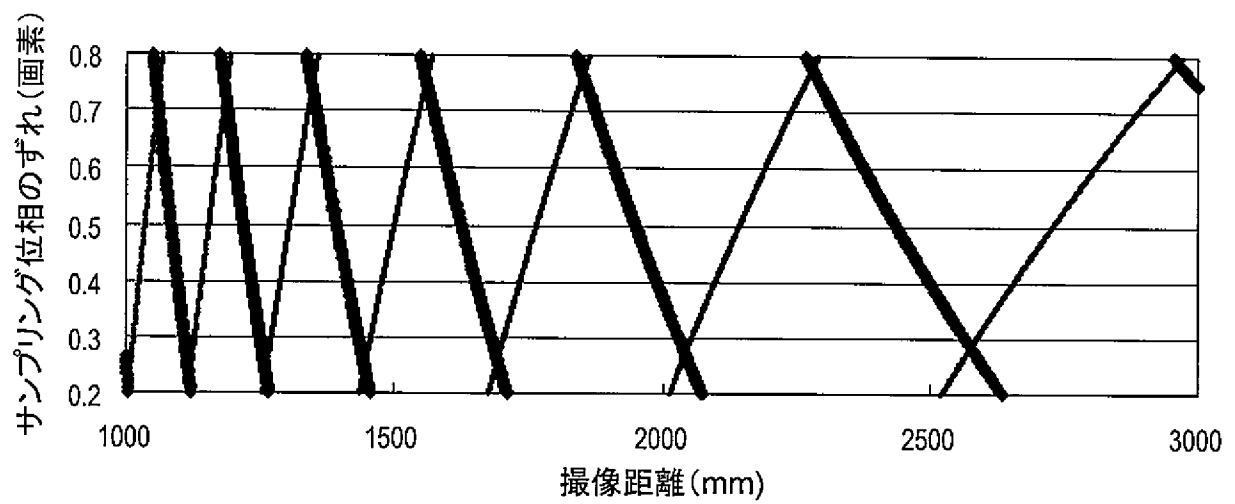
[図15]



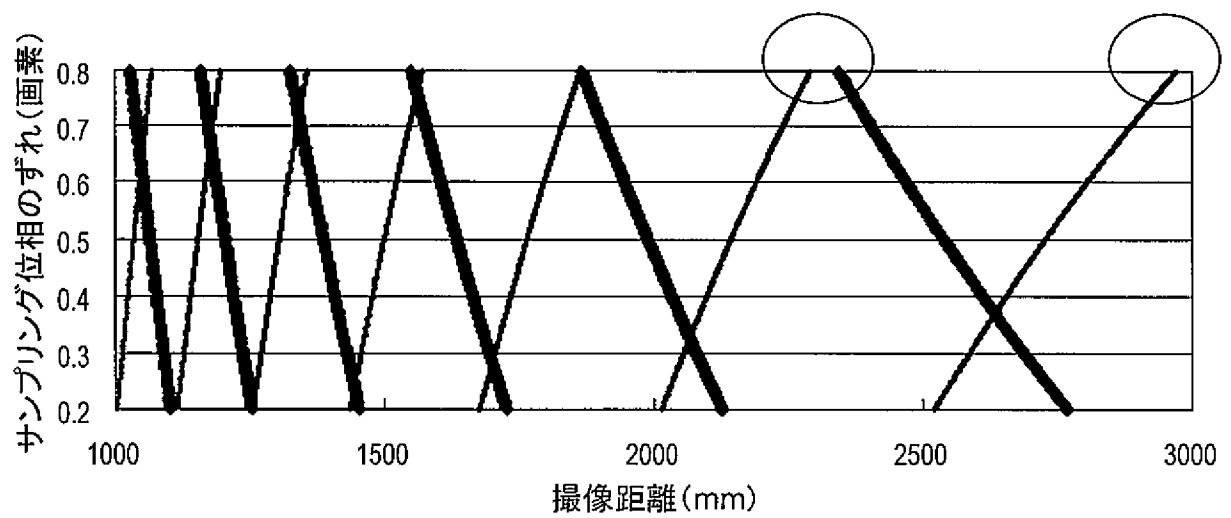
[図16]



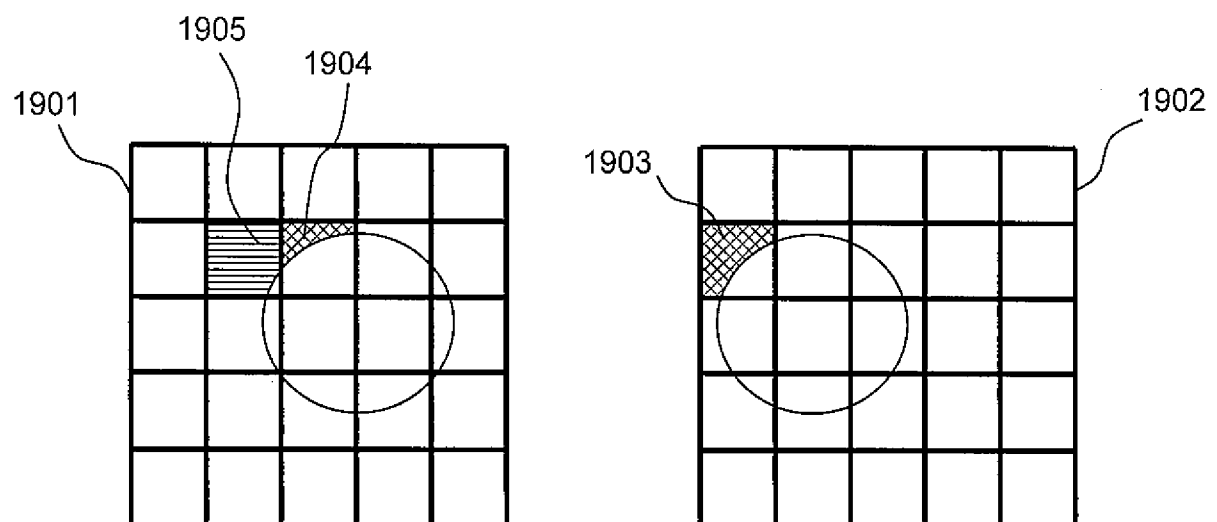
[図17]



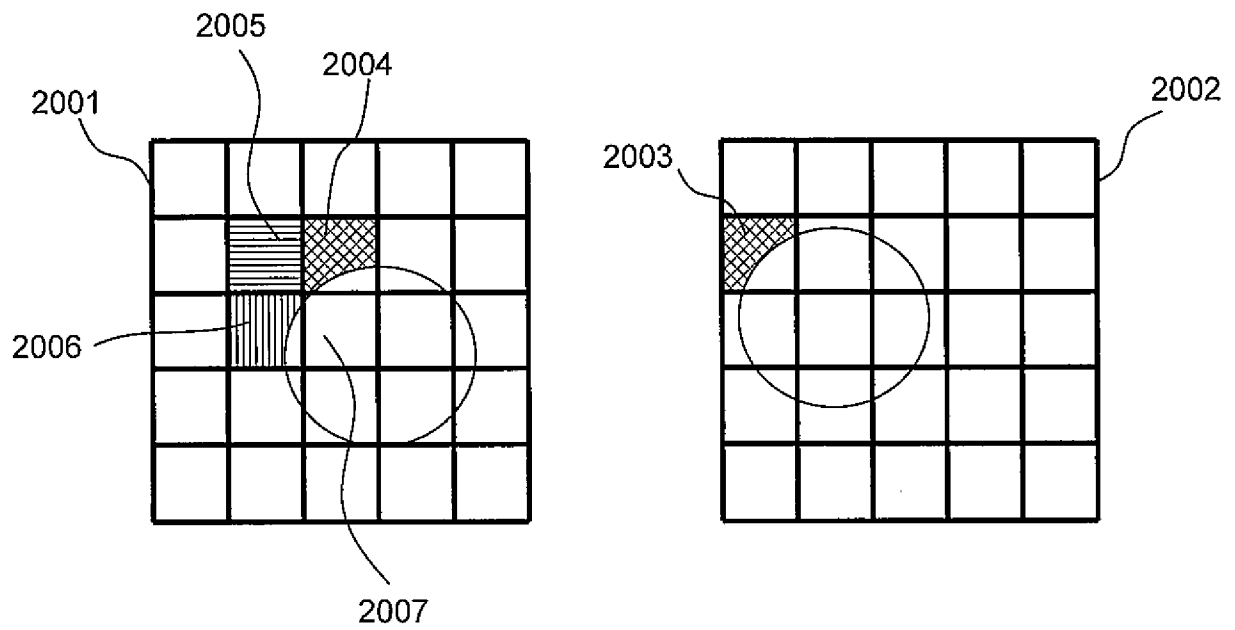
[図18]



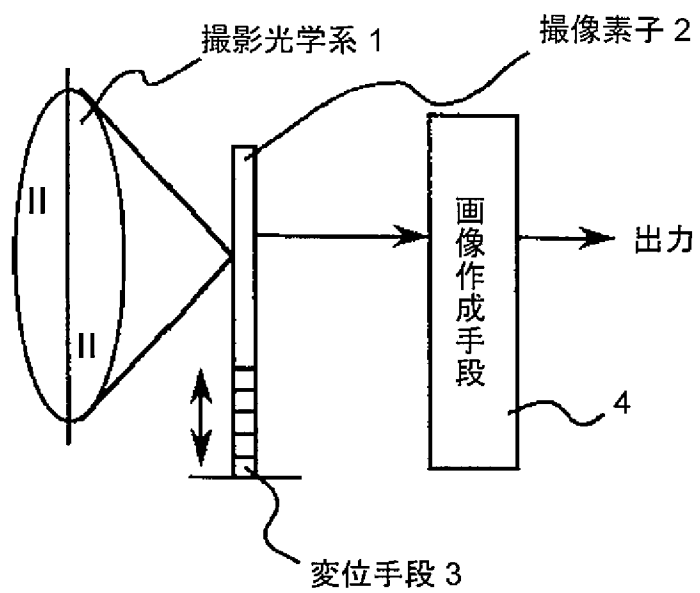
[図19]



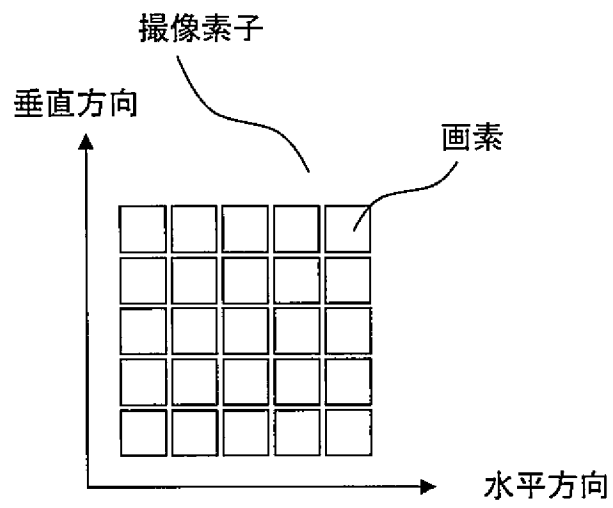
[図20]



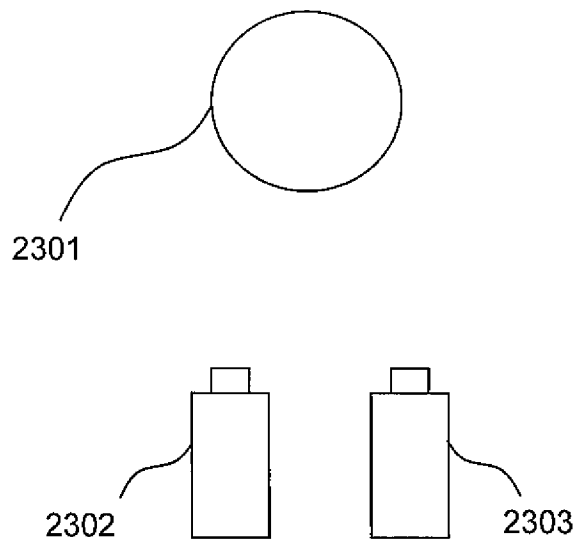
[図21]



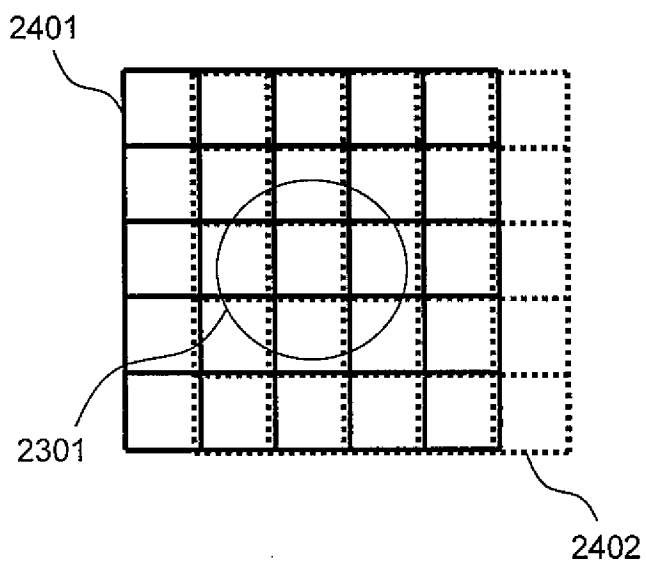
[図22]



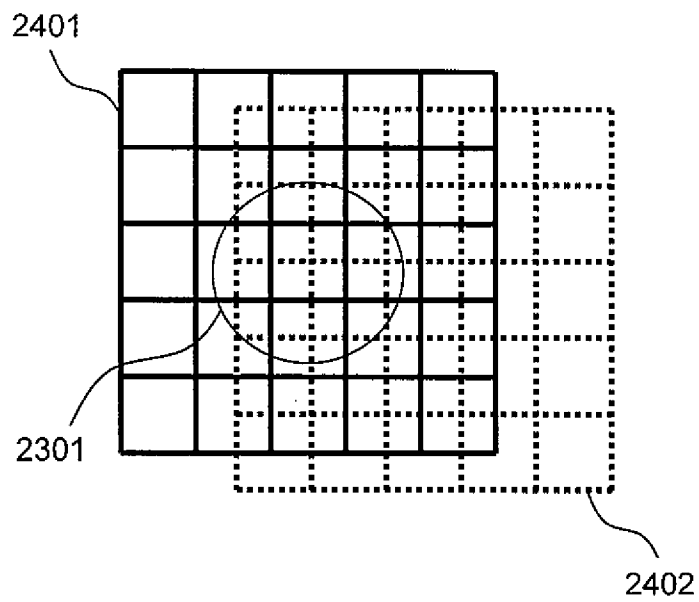
[図23]



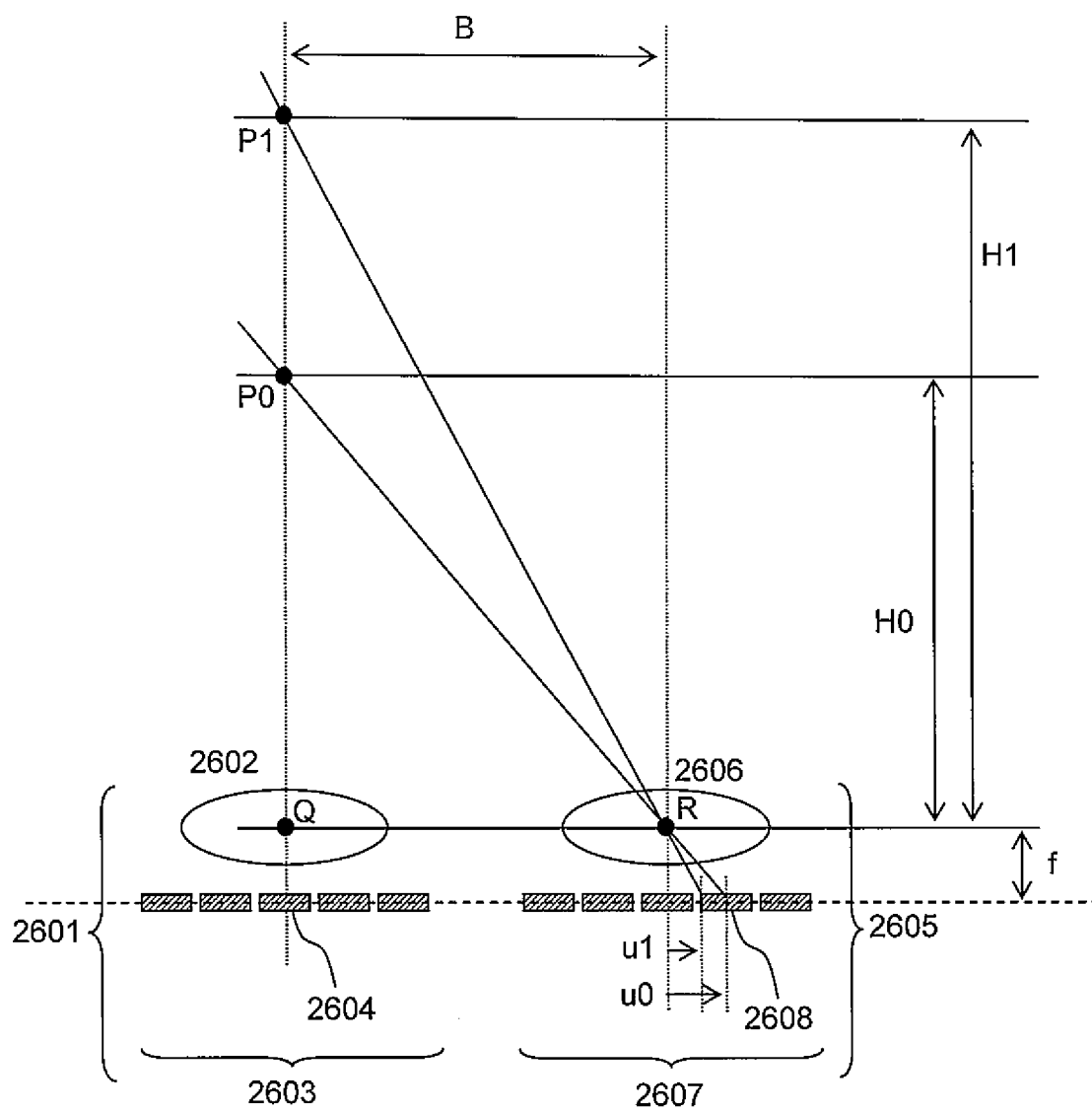
[図24]



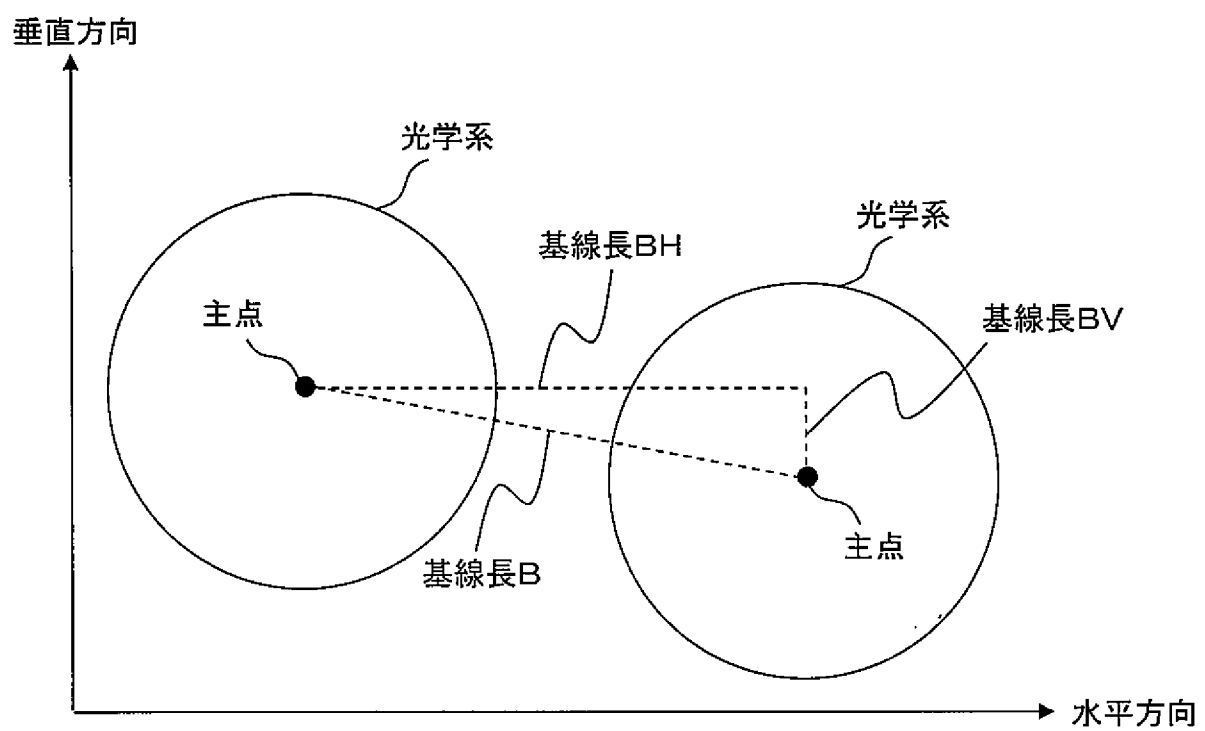
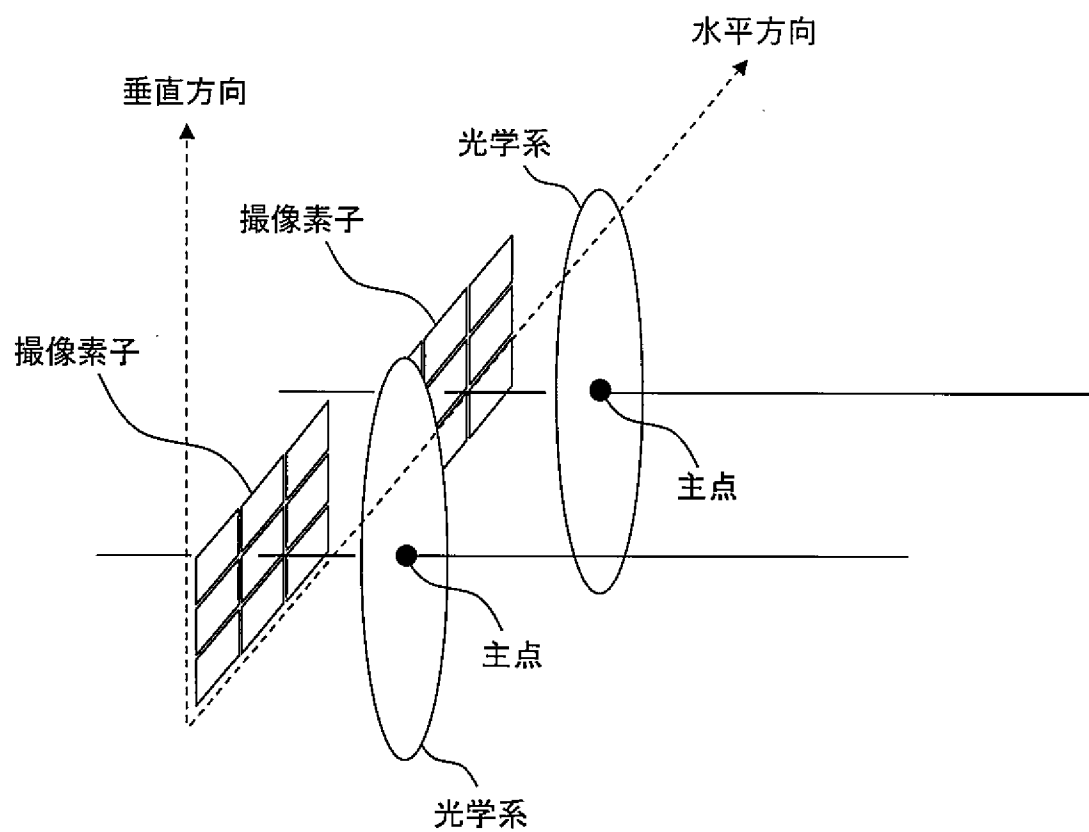
[図25]



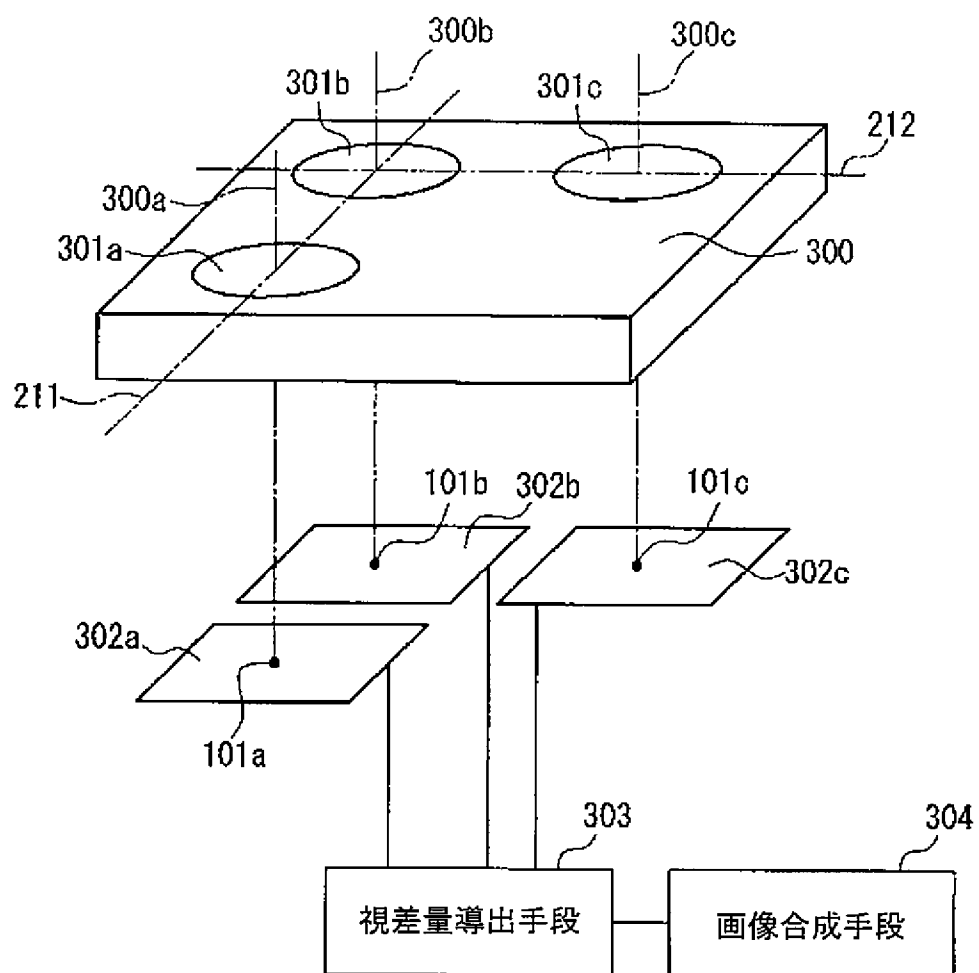
[図26]



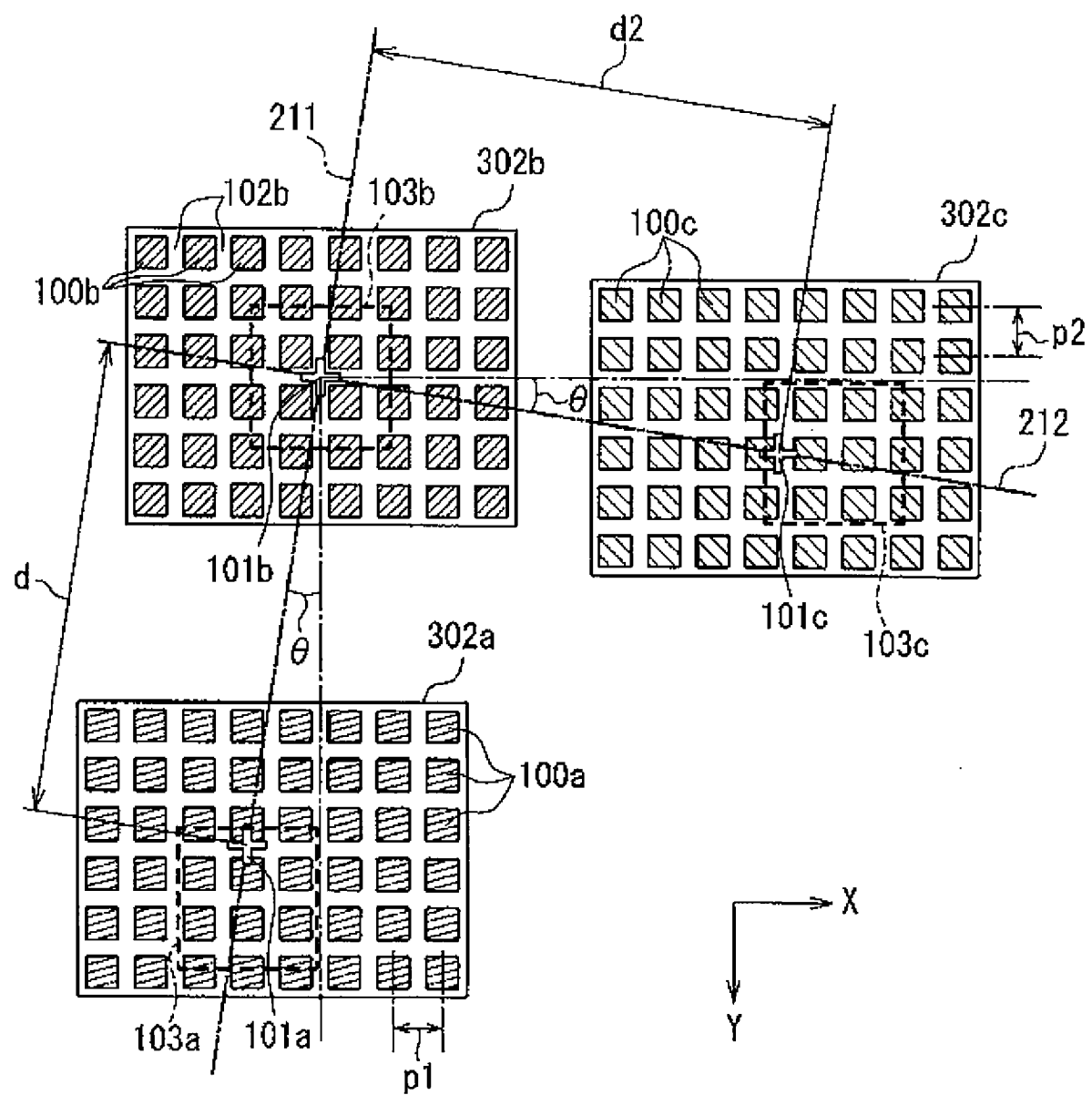
[图27]



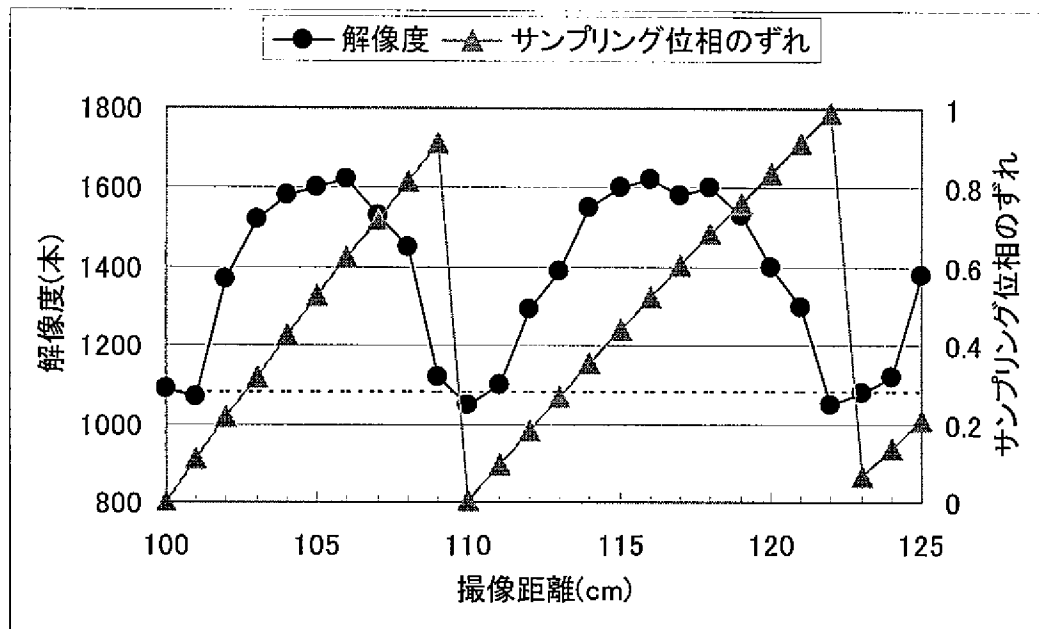
[図28]



[図29]



[図30]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/059243

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04N5/225(2006.01) i, G03B19/07(2006.01) i, H04N5/349(2011.01) 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)

H04N5/225, G03B19/07, H04N5/349

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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.
A	WO 2007/060847 A1 (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 31 May 2007 (31.05.2007), entire text; all drawings & US 2009/0160997 A1	1-6
A	JP 2001-78217 A (Canon Inc.), 23 March 2001 (23.03.2001), entire text; all drawings & US 6833873 B1	1-6
A	JP 11-355794 A (Hitachi Denshi, Ltd.), 24 December 1999 (24.12.1999), entire text; all drawings (Family: none)	1-6



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

17 May, 2011 (17.05.11)

Date of mailing of the international search report

31 May, 2011 (31.05.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H04N5/225(2006.01)i, G03B19/07(2006.01)i, H04N5/349(2011.01)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（I P C）） Int.Cl. H04N5/225, G03B19/07, H04N5/349			
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 日本国実用新案公報 1 9 2 2－1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1－2 0 1 1 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6－2 0 1 1 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4－2 0 1 1 年			
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）			
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	
A	WO 2007/060847 A1（松下電器産業株式会社）2007.05.31, 全文, 全図 & US 2009/0160997 A1	1-6	
A	JP 2001-78217 A（キヤノン株式会社）2001.03.23, 全文, 全図 & US 6833873 B1	1-6	
A	JP 11-355794 A（日立電子株式会社）1999.12.24, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-6	
☐ 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。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「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 「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） 「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日の後に公表された文献 「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矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「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 「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 「&」 同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 1 7 . 0 5 . 2 0 1 1		国際調査報告の発送日 3 1 . 0 5 . 2 0 1 1	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号 1 0 0－8 9 1 5 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 佐藤 直樹 電話番号 0 3－3 5 8 1－1 1 0 1 内線 3 5 8 1	5 P 9 5 6 2