

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2008年12月31日 (31.12.2008)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2009/001563 A1

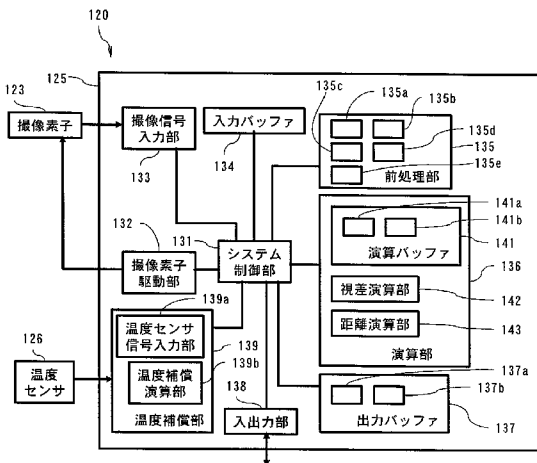
- (51) 国際特許分類:  
G01C 3/06 (2006.01) H04N 5/335 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/001667
- (22) 国際出願日: 2008年6月26日 (26.06.2008)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2007-170420 2007年6月28日 (28.06.2007) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): パナソニック株式会社 (PANASONIC CORPORATION)  
[JP/JP]; 5718501 大阪府門真市大字門真1006番地  
Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 飯島友邦 (IIJIMA, Tomokuni). 玉木悟史 (TAMAKI, Satoshi).
- (74) 代理人: 特許業務法人 有古特許事務所 (PATENT CORPORATE BODY ARCO PATENT OFFICE); 〒6500031 兵庫県神戸市中央区東町123番地の1 貿易ビル3階 Hyogo (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, 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, JP, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, 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, 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 (AT, BE, BG,

[続葉有]

(54) Title: IMAGING DEVICE AND SEMICONDUCTOR CIRCUIT DEVICE

(54) 発明の名称: 撮像装置及び半導体回路素子

[図7]



- 123 IMAGING ELEMENT
- 126 TEMPERATURE SENSOR
- 133 IMAGING SIGNAL INPUT SECTION
- 134 INPUT BUFFER
- 132 IMAGING ELEMENT DRIVE SECTION
- 131 SYSTEM CONTROL SECTION
- 139a TEMPERATURE SENSOR SIGNAL INPUT SECTION
- 139b TEMPERATURE COMPENSATION CALCULATION SECTION
- 139 TEMPERATURE COMPENSATION SECTION
- 138 INPUT/OUTPUT SECTION
- 135 PRE-PROCESSING SECTION
- 141 CALCULATION BUFFER
- 142 PARALLAX CALCULATION SECTION
- 143 DISTANCE CALCULATION SECTION
- 136 CALCULATION SECTION
- 137 OUTPUT BUFFER

(57) Abstract: An imaging device has a lens array including lenses, imaging regions arranged in one-to-one correspondence to the lenses and each having a light receiving surface substantially orthogonal to the optical axis direction of a corresponding lens, a temperature sensor (126) placed at a location near the lens array and sensing the temperatures of the location, a movement amount estimation section (139) for estimating the amounts of movement of the optical axes of all the lenses based on the temperature sensed by the temperature sensor (126), an imaging signal correction section (135) for correcting, based on the amounts of movement of the optical axes estimated by the movement amount estimation section (139), imaging signals generated in the imaging regions, and a parallax calculation section (142) for calculating a parallax based on the imaging signals corrected by the imaging signal correction section (135).

(57) 要約: 本発明の撮像装置は、複数のレンズを含むレンズアレイと、前記複数のレンズと一対一に対応して設けられ、対応する前記レンズの光軸方向に対して略垂直な受光面をそれぞれ有する複数の撮像領域と、前記レンズアレイの近傍に配置され温度を検知する温度センサ(126)、温度センサ(126)により検知された温度に基づいて、前記複数のレンズのすべての光軸の移動量を推定する移動量推定部(139)と、移動量推定部(139)により推定された前記光軸の移動量に基づいて、前記撮像領域において生成された撮像信号を補正する撮像信号補正部(135)と、撮像信号補正部(135)により補正された前記撮像信号に基づき視差を演算する視差演算部(142)とを備える。

WO 2009/001563 A1



CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,  
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE,  
SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,  
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：  
— 國際調查報告書

## 明 細 書

### 撮像装置及び半導体回路素子

#### 技術分野

[0001] 本発明は、距離計測可能な撮像装置及びその撮像装置に用いられる半導体回路素子に関する。

#### 背景技術

[0002] 距離計測が可能な従来の撮像装置として、特許文献1の撮像装置がある。図38は、特許文献1の撮像装置の分解斜視図である。また、図39は、同じく撮像装置の撮像ブロックを説明するための図である。図38及び図39に示すように、複眼撮像系である撮像装置901は、絞り部材902と、光学レンズアレイ903と、遮光ブロック904と、光学フィルタ906と、撮像ユニット907とを備えている。この撮像装置901において、4つの開口部902-1、902-2、902-3、902-4を持つ絞り部材902と、4つの光学ブロック（レンズ）903-1、903-2、903-3、903-4を持つ光学レンズアレイ903とにより、4つの撮像光学系が構成されており、それぞれを通過した光線がそれぞれ撮像ユニット907上の4つの撮像ブロック907-1、907-2、907-3、907-4に結像する。CCDセンサなどで形成された撮像ユニット907は、当該撮像ユニット907を駆動する駆動回路908と、これら複数の撮像ブロック907-1～907-4により撮像された画像間の視差情報を算出する視差算出回路909と共に、半導体基板910上に形成される。

[0003] 上述したように、絞り部材902の開口部902-1～902-4を通過した光線は、それぞれレンズ903-1～903-4により屈折作用を受けた後、遮光ブロック904内および光学フィルタ906を通過し、撮像ブロック907-1～907-4に結像する。そして、例えば、撮像ブロック907-1により撮像された画像と撮像ブロック907-2により撮像された画像との類似度をブロックマッチングを用いて演算し、その類似度に基づき

視差  $d$  を求めた後、下記式 (1) のように、視差  $d$  から距離  $L$  を求める。ここで、 $f$  はレンズ 903-1 および 903-2 の焦点距離であり、 $B$  はレンズ 903-1 及び 903-2 の光軸の間隔であり、 $p$  はレンズ 903-1 と 903-2 との光軸を結ぶ方向の撮像ユニット 907 の画素間隔である。

[0004]  $L = f B / p d \dots (1)$

しかしながら、レンズアレイ 903 は温度変化により変形し、それに伴いレンズの光軸の間隔  $B$  が変化するため、温度が変化すると正しく距離を求められない。

[0005] このような温度変化に対応する撮像装置が特許文献 2 に開示されている。その構造は温度センサを有している点を除いて特許文献 1 の撮像装置と同様であるため、図 38 を参照しながら説明すると、特許文献 2 の撮像装置は、等間隔に配置されたレンズ 903-1 ~ 903-4 と、それらのレンズ 903-1 ~ 903-4 近傍の温度  $T$  を測定する温度センサとを備え、その温度  $T$  を用いて、撮像ブロック 907-1 ~ 907-4 により撮像された画像  $I_1$  ~  $I_4$  を補正する。

[0006] より詳細に説明すると、この撮像装置は、下記式 (2) のように、基準温度  $T_0$  に対する温度変化量 ( $T - T_0$ ) を演算し、レンズアレイの熱線膨張率  $a_L$  と撮像ユニット 907 の線膨張率  $a_S$  との差 ( $a_L - a_S$ ) に基づき、温度変化による各レンズの光軸の間隔  $B$  の変化量  $z$  を求める。そして、下記式 (3) のように、撮像ブロック 907-1 により撮像された画像  $I_1$  を基準として、下記式 (4)、(5) 及び (6) のように、撮像ブロック 907-2、907-3、907-4 により撮像された画像  $I_2$ 、 $I_3$ 、 $I_4$  を、各レンズの光軸の間隔の変化分だけ補正する。ここで、レンズ 903-1 及び 903-2、並びにレンズ 903-3 及び 903-4 がそれぞれ互いに  $x$  軸方向に離れて配置され、レンズ 903-1 及び 903-3、並びにレンズ 903-2 及び 903-4 がそれぞれ互いに  $y$  軸方向に離れて配置されている。そして、 $p$  は撮像ユニット 907 の画素間隔であり、 $x$  軸方向と  $y$  軸方向とで同一である。 $I_1(x, y)$ 、 $I_2(x, y)$ 、 $I_3(x, y)$ 、

$I_4(x, y)$  は座標  $(x, y)$  における各画像の輝度を示す。温度変化により、レンズ 903-1 と比較してレンズ 903-2 は  $x$  軸方向に  $z/p$  画素だけ移動するため、式 (4) のように、 $I_2(x, y)$  を  $x$  軸方向に  $z/p$  だけ移動するように補正する。また、温度変化により、レンズ 903-3 は、レンズ 903-1 と比較して  $y$  軸方向に  $z/p$  画素だけ移動するため、式 (5) のように、 $I_3(x, y)$  を  $y$  軸方向に  $z/p$  だけ移動するように補正する。さらに、温度変化により、レンズ 903-4 は、レンズ 903-1 と比較して  $x$  軸方向に  $z/p$  画素、 $y$  軸方向に  $z/p$  画素だけ移動するため、式 (6) のように、 $I_4(x, y)$  を  $x$  軸方向に  $z/p$  画素、 $y$  軸方向に  $z/p$  画素だけ移動するように補正する。

$$[0007] \quad z = B(aL - aS)(T - T_0) \dots (2)$$

$$I_1(x, y) = I_1(x, y) \dots (3)$$

$$I_2(x, y) = I_2(x+z/p, y) \dots (4)$$

$$I_3(x, y) = I_3(y, x+z/p) \dots (5)$$

$$I_4(x, y) = I_4(x+z/p, y+z/p) \dots (6)$$

特許文献1：特開2003-143459号公報

特許文献2：特開2002-204462号公報

## 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

[0008] 前述のように、特許文献2に記載された従来の撮像装置は、撮像ブロック 907-1 により撮像された画像  $I_1$  を基準として、式 (4)、(5) 及び (6) のように、撮像ブロック 907-2、907-3、907-4 により撮像された画像  $I_2$ 、 $I_3$ 、 $I_4$  を、レンズの光軸の間隔の変化分だけ補正する。

[0009] しかしながら、レンズアレイの温度変化により、光軸中心は全てのレンズにおいて変化するため、画像  $I_1$  を基準とすると、光軸の間隔は正しく補正されるが、光軸中心の座標は正しく補正されない。例えば、レンズアレイの温度変化により、画像  $I_1$  を撮像する撮像ブロック 907-1 に対応するレ

レンズ903-1の光軸中心は変化するが、式(3)のように、画像I1の場合は補正が行われないため、当該レンズ903-1の光軸は補正されない。歪曲は、光軸中心に同心円状に存在するため、光軸が正しく補正されなければ、正しく歪曲補正をすることができない。すなわち、式(3)から(6)のように、画像I1を基準とした補正では、正しく光軸補正をすることができないため、正しく歪曲補正することができない。それゆえ、距離計測の精度が悪化する。

[0010] 本発明は、上記問題に鑑みなされたもので、温度が変化しても、適切な光軸補正を行うことにより正しく歪曲補正でき、その結果、高精度な距離計測を可能にする撮像装置及びその撮像装置に用いられる半導体回路素子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

[0011] 上記課題を解決するために、本発明の撮像装置は、複数のレンズを含むレンズアレイと、前記複数のレンズと一対一に対応して設けられ、前記温度センサにより検知された温度に基づいて、前記複数のレンズのすべての光軸の移動量に応じて前記撮像領域において生成された撮像信号を補正する温度補償／撮像信号補正部と、前記温度補償／撮像信号補正部により補正された前記撮像信号に基づき視差を演算する視差演算部と、を備える。

[0012] 上記発明に係る撮像装置において、前記温度補償／撮像信号補正部は、前記温度センサにより検知された温度に基づいて、前記複数のレンズのすべての光軸の移動量を推定する移動量推定部と、前記移動量推定部により推定された前記光軸の移動量に基づいて、前記撮像領域において生成された撮像信号を補正する撮像信号補正部と、を含み、前記視差演算部は、前記撮像信号補正部により補正された前記撮像信号に基づき視差を演算するよう構成されていてもよい。

[0013] 上記発明に係る撮像装置において、前記移動量推定部が、前記検知された温度に基づき前記複数のレンズの光軸間の間隔の変化量を算出し、その算出された変化量に基づいて、前記光軸の移動量を推定するように構成されてい

てもよい。ここで、当該移動量推定部が、前記算出された変化量の半分を前記光軸の移動量と推定するように構成されていてもよい。

[0014] また、前記撮像信号補正部は、前記移動量に基づき、光軸位置を補正し、その光軸周りの歪曲を補正するように構成されていてもよい。また、前記撮像信号補正部は、前記移動量に基づき、切り出し領域を変化させるように構成されていてもよい。

[0015] また、上記発明に係る撮像装置において、前記温度補償／撮像信号補正部は、前記温度センサにより検知された温度に基づいて、前記複数のレンズのすべての光軸の移動量を含む補正係数を作成する補正係数作成部と、前記補正係数に基づいて、前記撮像領域において生成された撮像信号を補正し補正後撮像信号を作成する撮像信号補正部と、を含み、視差演算部は、前記補正後撮像信号に基づき視差を演算するように構成されていてもよい。

[0016] 上記発明に係る撮像装置において、前記補正係数作成部は、前記算出された変化量の半分を前記光軸の移動量と作成するように構成されていてもよい。

[0017] この構成により、温度センサにより検知された温度に基づき複数のレンズの光軸間の間隔の変化量を算出し、その算出された変化量に基づいて、算出された変化量の半分を光軸の移動量とするように補正係数を作成し、この補正係数に撮像信号を補正する。このことにより、温度が変化しレンズアレイが変形しても、光軸の位置を正しく補償することができるため、温度の影響を低減した視差を得て、この視差に基づき正しい距離計測ができる。また、温度センサにより検知された温度に基づき複数のレンズ部の間隔の変化量を求め、複数のレンズの光軸原点をその変化量の半分だけ移動させて、光軸原点周りの歪みをなくすように画像を補正することにより、正しく歪みの影響を低減できるため、視差の検知及び距離測定を高精度に行うことができる。また、温度によりレンズ部の光軸の位置が変化すると、撮影される画像が移動することになる。例えば、自動車の前方監視に撮像装置を利用する場合、その撮像装置により得られた画像中心を運転者が見た画像の中心に合わせて

も、温度が変化すると画像中心がずれる。そのため、運転者は違和感を覚える。これに対し、本発明の撮像装置の場合、温度が変化しても、画像中心の変化を抑制することができる。そのため、自動車の前方監視にも適した撮像装置を実現することができる。

[0018] また、上記発明に係る撮像装置において、前記温度に応じた複数組の補正係数を複数の補正係数保存値として保存する補正係数保存部を有し、前記補正係数作成部は、前記複数組の補正係数保存値から前記温度に応じた補正係数保存値を選択し前記補正係数を作成するように構成されていてもよい。

[0019] この構成により、予め各温度に応じた補正係数を保存する。このことより、補正式から補正係数を演算することが不要になるため、その分だけ演算時間や演算回路が不要となり、低コストな撮像装置を実現する。また、温度に応じて複雑な非線形な変化をする補正係数について、実験で求めた値を保存し用いることにより、補正式で表現される変化と実際の変化との誤差を防止し、正しく歪みの影響を低減できるため、視差の検知及び距離測定を高精度に行うことができる。

[0020] また、上記発明に係る撮像装置において、前記温度センサの信号を入力しデジタル値である温度値を作成する温度センサ信号入力部を有し、前記補正係数保存部は、前記温度値よりも分解能が粗い組の前記補正係数保存値を保存するように構成されており、前記補正係数作成部は、前記温度値に基づき複数組の前記補正係数保存値を選択し補間処理して、前記補正係数を作成するように構成されていてもよい。

[0021] この構成により、予め各温度に応じた補正係数を保存するにあたり、全ての温度に対応した補正係数を保存せずに温度に対して間引いた補正係数を保存し、温度に対して補間した補正係数を用いる。このことにより、間引いた分だけ記憶領域を省略することができるため、その分だけ回路規模を縮小した低コストな撮像装置を実現することができる。

[0022] また、上記発明に係る撮像装置において、前記撮像信号補正部は、前記補正係数に基づき参照先座標を求め、前記参照先座標が示す複数の撮像信号を



参照し補間処理を施して、補正後撮像信号を作成するように構成されていてもよい。

[0023] 予め参照先座標を演算し保持する場合、補正後撮像信号の全ての画素に関し参照先座標が必要となるため、膨大な記憶容量が必要となり、その分だけ高コストとなる。特に、温度により参照先座標を変化させる必要がある場合、温度毎の参照先座標が必要であり、さらに膨大な記憶容量が必要となる。本発明の構成により、逐次、補正係数から参照先座標を求め、補正後撮像信号を作成する。このことにより、補正係数のみに記憶領域を割り当てればよく、大きな記憶容量は不要であるため、低コストな撮像装置を実現する。特に、温度より参照先座標を変化させる必要がある場合、その効果は顕著である。

[0024] また、本発明の回路素子は、複数のレンズを含むレンズアレイと、前記複数のレンズと一対一に対応して設けられ、対応する前記レンズの光軸方向に対して略垂直な受光面をそれぞれ有する複数の撮像領域とを有する撮像装置に用いられる半導体回路素子であって、前記レンズアレイの近傍に配置された温度センサによって検知された温度に基づいて、前記複数のレンズのすべての光軸の移動量に応じて前記撮像領域において生成された撮像信号を補正する温度補償／撮像信号補正部と、前記温度補償／撮像信号補正部により補正された前記撮像信号に基づき視差を演算する視差演算部と、を備える。

[0025] 上記本発明に係る回路素子において、前記温度補償／撮像信号補正部は、前記温度センサにより検知された温度に基づいて、前記複数のレンズのすべての光軸の移動量を推定する移動量推定部と、前記移動量推定部により推定された前記光軸の移動量に基づいて、前記撮像領域において生成された撮像信号を補正する撮像信号補正部と、を含み、前記視差演算部は、前記撮像信号補正部により補正された前記撮像信号に基づき視差を演算するよう構成されていてもよい。

[0026] ここで、前記移動量推定部は、前記検知された温度に基づき前記複数のレンズの光軸間の間隔の変化量を算出し、その算出された変化量に基づいて、

前記光軸の移動量を推定するように構成されていてもよい。また、前記移動量推定部は、前記算出された変化量の半分を前記光軸の移動量と推定するように構成されていてもよい。

[0027] また、前記撮像信号補正部は、前記移動量に基づき、光軸位置を補正し、その光軸周りの歪曲を補正するように構成されていてもよい。また、前記撮像信号補正部は、前記移動量に基づき、切り出し領域を変化させるように構成されていてもよい。

[0028] 上記本発明の回路素子において、前記温度補償／撮像信号補正部は、前記温度センサにより検知された温度に基づいて、前記複数のレンズのすべての光軸の移動量を含む補正係数を作成する補正係数作成部と、前記補正係数に基づいて、前記撮像領域において生成された撮像信号を補正し補正後撮像信号を作成する撮像信号補正部と、を含み、視差演算部は、前記補正後撮像信号に基づき視差を演算するように構成されていてもよい。

[0029] ここで、前記補正係数作成部は、前記算出された変化量の半分を前記光軸の移動量として前記補正係数を作成する作成するように構成されていてもよい。

[0030] 本発明の上記目的、他の目的、特徴、及び利点は、添付図面参照の下、以下の好適な実施態様の詳細な説明から明らかにされる。

### 発明の効果

[0031] 本発明によれば、レンズの光軸補正及び歪曲補正を適切に行うことができるため、高精度な距離計測が可能となる。

### 図面の簡単な説明

[0032] [図1] 図1は本発明の実施の形態1に係る撮像装置の構成を示す断面図である。

[図2] 図2は本発明の実施の形態1に係る撮像装置のレンズアレイの構成を示す平面図である。

[図3A] 図3Aは本発明の実施の形態1に係る撮像装置の回路部の構成を示す平面図である。

[図3B] 図 3 B は本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置の撮像素子の構成を示す平面図である。

[図4] 図 4 は本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置の温度センサの回路図である。

[図5] 図 5 は本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置において、無限遠にある物体像の位置を説明するための図である。

[図6] 図 6 は本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置において、有限距離の位置にある物体像の位置を説明するための図である。

[図7] 図 7 は本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置の構成を示すブロック図である。

[図8] 図 8 は本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置の撮像信号の切り出し位置を説明するための図である。

[図9A] 図 9 A は本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置の動作を示すフローチャートである。

[図9B] 図 9 B は平行移動処理と歪曲補正処理との前後の撮像信号を示す図である。

[図9C] 図 9 C は並行移動処理の前後の撮像信号を示す図である。

[図10] 図 1 0 は本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置の演算部の動作を示すフローチャートである。

[図11] 図 1 1 は本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置の第 1 の撮像信号と第 2 の撮像信号とを利用した視差演算の動作を示すフローチャートである。

[図12] 図 1 2 は本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置の第 1 の撮像信号と第 2 の撮像信号とを利用した視差演算における第 1 の撮像信号の分割ブロック及び演算順番を説明するための図である。

[図13] 図 1 3 は本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置の第 1 の撮像信号と第 2 の撮像信号とを利用した視差演算における第 2 の撮像信号の分割ブロック及び演算順番を説明するための図である。

[図14] 図 1 4 は本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置において、第 1 の撮像

信号と第2の撮像信号を利用したときの視差評価値の演算領域を説明するための図である。

[図15] 図15は本発明の実施の形態1に係る撮像装置の第1の撮像信号と第2の撮像信号を利用したときの視差演算における視差と視差評価値との関係を説明するための図である。

[図16] 図16は本発明の実施の形態1に係る撮像装置において、第1の撮像信号と第2の撮像信号を利用したときの視差演算における視差評価値の信頼度の演算領域を説明するための図である。

[図17] 図17は本発明の実施の形態1に係る撮像装置の第1の撮像信号と第3の撮像信号とを利用した視差演算の動作を示すフローチャートである。

[図18] 図18は本発明の実施の形態1に係る撮像装置の第1の撮像信号と第3の撮像信号とを利用した視差演算における第3の撮像信号の分割ブロックと演算順番を説明するための図である。

[図19] 図19は本発明の実施の形態1に係る撮像装置において、第1の撮像信号と第3の撮像信号とを利用したときの視差評価値の演算領域を説明するための図である。

[図20] 図20は本発明の実施の形態1に係る撮像装置の第1の撮像信号と第3の撮像信号とを利用したときの視差演算における視差と視差評価値との関係を説明するための図である。

[図21] 図21は本発明の実施の形態1に係る撮像装置において、第1の撮像信号と第3の撮像信号とを利用したときの視差演算における視差評価値の信頼度の演算領域を説明するための図である。

[図22] 図22は本発明の実施の形態1に係る撮像装置の第1の撮像信号と第4の撮像信号とを利用した視差演算の動作を示すフローチャートである。

[図23] 図23は本発明の実施の形態1に係る撮像装置の第1の撮像信号と第4の撮像信号とを利用した視差演算における第4の撮像信号の分割ブロックと演算順番を説明するための図である。

[図24] 図24は本発明の実施の形態1に係る撮像装置において、第1の撮像

信号と第 4 の撮像信号とを利用したときの視差評価値の演算領域を説明するための図である。

[図25] 図 2 5 は本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置の第 1 の撮像信号と第 4 の撮像信号とを利用したときの視差演算における視差と視差評価値との関係を説明するための図である。

[図26] 図 2 6 は本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置において、第 1 の撮像信号と第 4 の撮像信号とを利用したときの視差演算における視差評価値の信頼度の演算領域を説明するための図である。

[図27] 図 2 7 は実施の形態 1 の変形例に係る撮像装置のレンズアレイの構成を示す平面図である。

[図28] 図 2 8 は本発明の実施の形態 2 に係る撮像装置のレンズアレイの構成を示す平面図である。

[図29] 図 2 9 は本発明の実施の形態 3 に係る撮像装置の構成を示すブロック図である。

[図30] 図 3 0 は本発明の実施の形態 3 に係る撮像装置の動作を示すフローチャートである。

[図31] 図 3 1 は本発明の実施の形態 3 に係る係数保存部を説明するための図である。

[図32] 図 3 2 は本発明の実施の形態 3 に係る撮像装置の撮像信号の切り出し位置を説明するための図である。

[図33] 図 3 3 は本発明の実施の形態 3 に係る撮像装置の距離演算部の動作を示すフローチャートである。

[図34] 図 3 4 は本発明の実施の形態 3 に係る撮像装置において、ブロック分割を説明する図である。

[図35] 図 3 5 は本発明の実施の形態 3 に係る撮像装置において、第 1 の撮像信号と第 2 の撮像信号を利用したときの視差演算における視差評価値の演算領域を説明する図である。

[図36] 図 3 6 は本発明の実施の形態 3 に係る撮像装置の第 1 の撮像信号と第

2の撮像信号を利用したときの視差演算におけるずらし量と視差評価値との関係を説明する図である。

[図37]図37は実施の形態3の変形例に係る撮像装置のレンズアレイの構成を示す平面図である。

[図38]図38は従来の撮像装置の分解斜視図である。

[図39]図39は従来の撮像装置の撮像ブロックを説明するための図である。

### 符号の説明

- [0033]
- 101 カメラモジュール
  - 110 レンズモジュール
  - 111 鏡筒
  - 112 上部カバーガラス
  - 113 レンズアレイ
  - 113a 第1のレンズ部
  - 113b 第2のレンズ部
  - 113c 第3のレンズ部
  - 113d 第4のレンズ部
  - 120 回路部
  - 121 基板
  - 122 パッケージ
  - 123 撮像素子
  - 124 パッケージカバーガラス
  - 125 S L S I
  - 126 温度センサ
  - 127 金線
  - 131 システム制御部
  - 132 撮像素子駆動部
  - 133 撮像信号入力部
  - 134 入力バッファ

- 1 3 5 前処理部
- 1 3 5 a 第1の中間バッファ
- 1 3 5 b 第2の中間バッファ
- 1 3 5 c 第3の中間バッファ
- 1 3 5 d 第4の中間バッファ
- 1 3 5 e 前処理演算部
- 1 3 6 演算部
- 1 3 7 出力バッファ
- 1 3 7 a 第1の出力バッファ
- 1 3 7 b 第2の出力バッファ
- 1 3 8 入出力部
- 1 3 9 温度補償部
- 1 3 9 a 温度センサ信号入力部
- 1 3 9 b 温度補償演算部
- 1 4 1 演算バッファ
- 1 4 1 第1の演算バッファ
- 1 4 1 第2の演算バッファ
- 1 4 2 視差演算部
- 1 4 3 距離演算部
- 2 2 5 S L S I
- 2 3 4 温度センサ信号入力部
- 2 3 5 入出力部
- 2 4 1 係数保存部
- 2 4 2 温度補償演算部
- 2 4 3 撮像信号補正部
- 2 4 4 距離演算部

### 発明を実施するための最良の形態

[0034] 以下、本発明の好ましい実施の形態を、図面を参照しながら説明する。な

お、以下では全ての図を通じて同一又は相当する要素には同一の参照符号を付してその重複する説明を省略する。

[0035] (実施の形態 1)

本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置は、温度センサにより検知された温度に基づき複数のレンズの光軸の間隔の変化量を求め、複数のレンズの光軸原点を変化量の半分だけ移動し、光軸原点周りの歪みをなくすように画像を補正する。これにより、歪みの影響を適切に低減できるため、高精度な視差を検知でき、高精度に距離測定できる。

[0036] 図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置の構成を示す断面図である。図 1 に示すように、撮像装置 101 は、回路部 120 と、その回路部 120 の上方に設けられたレンズモジュール部 110 とを備えている。

[0037] レンズモジュール部 110 は、円筒状の鏡筒 111 と、その鏡筒 111 の開口を覆う上部カバーガラス 112 と、その上部カバーガラス 112 の下方であって鏡筒 111 の内部に設けられたレンズアレイ 113 とを有している。また、回路部 120 は、基板 121 と、その基板 121 上に設けられたパッケージ 122、撮像素子 123、パッケージカバーガラス 124、半導体回路素子であるシステム L S I (以下、S L S I と記す) 125、及びレンズアレイ 113 近傍の温度を検出する温度センサ 126 とを有している。

[0038] 鏡筒 111 は、上述のとおり円筒状であって、その内壁面は光の乱反射を防止するためにつやが消された黒で着色されており、樹脂を射出成形し形成される。上部カバーガラス 112 は、円盤状であり、光学ガラス材あるいは透明樹脂などから形成され、鏡筒 111 の上部の内壁に接着剤などにより固着され、その表面には摩擦などによる損傷を防止する保護膜と、入射光の反射を防止する反射防止膜とが設けられている。

[0039] 図 2 は、本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置のレンズアレイの構成を示す平面図である。レンズアレイ 113 は、略円盤状であり、光学ガラス剤または透明樹脂などから形成され、円形の第 1 のレンズ部 113 a、第 2 のレンズ部 113 b、第 3 のレンズ部 113 c、及び第 4 のレンズ部 113 d が



2行2列で基盤目状に配設されている。第1～第4のレンズ部113a～113dの配置方向に沿って、図2に示すようにx軸及びy軸を設定する。第1のレンズ部113a、第2のレンズ部113b、第3のレンズ部113c、および第4のレンズ部113dにおいて、被写体側から入射した光は、撮像素子123側へ射出され、撮像素子123上に4つの像が結像される。なお、図2に示すように、第1のレンズ部113aの光軸及び第2のレンズ部113bの光軸は、x軸方向では $D_x$ だけ離れており、y軸方向では一致する。第1のレンズ部113aの光軸及び第3のレンズ部113cの光軸は、x軸方向では一致しており、y軸方向では $D_y$ だけ離れている。第3のレンズ部113cの光軸及び第4のレンズ部113dの光軸は、x軸方向では $D_x$ だけ離れており、y軸方向は一致する。第4のレンズ部113dの光軸及び第1のレンズ部113aの光軸は、x軸方向では $D_x$ だけ離れており、y軸方向では $D_y$ だけ離れている。

[0040] 基板121は、樹脂基板から構成され、上面に鏡筒111がその底面を接して接着剤などにより固着される。このようにして、レンズモジュール部110と回路部120とが固定され、撮像装置101を構成する。

[0041] パッケージ122は、金属端子を有する樹脂からなり、鏡筒111の内側において、基板121の上面にその金属端子部が半田づけ等されて固着される。

[0042] 撮像素子123は、CCDセンサやCMOSセンサのような固体撮像素子であり、その受光面が第1のレンズ部113a、第2のレンズ部113b、第3のレンズ部113c、および第4のレンズ部113dの光軸と略垂直になるようにして配置される。撮像素子123の各端子は、パッケージ122の内側の底部の金属端子にワイヤーボンディングにより金線127で接続され、基板121を介して、SLSI125と電氣的に接続される。撮像素子123の受光面に、第1のレンズ部113a、第2のレンズ部113b、第3のレンズ部113c、および第4のレンズ部113dから射出された光がそれぞれ結像し、その光の情報が撮像素子123の画素を構成するフォトダ

イオードにより電気の情報へ変換され、その電気の情報がSLSI125に転送される。

[0043] 図3Aは、本発明の実施の形態1に係る撮像装置の回路部120の構成を示す平面図である。パッケージカバーガラス124は、平板状であり、透明樹脂により形成され、パッケージ122の上面に接着などにより固着される。なお、図3Aにおいては、便宜上、パッケージカバーガラス124を透して見える撮像素子123などは省略している。

[0044] SLSI125は、後述の方法で、撮像素子123を駆動し、撮像素子123からの電気情報を入力し、各種演算を行い、上位CPUと通信を行い、外部に画像情報や距離情報などを出力する。なお、SLSI125は、電源（例えば3.3V）とグランド（例えば、0V）に接続される。

[0045] 図3Bは、本発明の実施の形態1に係る撮像装置の撮像素子の構成を示す平面図である。図3Bに示すように、撮像素子123は、第1の撮像領域123a、第2の撮像領域123b、第3の撮像領域123c、および第4の撮像領域123dで構成されている。これらの第1～第4の撮像領域123a～123dは、それぞれの受光面が、第1～第4のレンズ部113a～113dの光軸と略垂直になるようにして2行2列で配置される。これらの各撮像領域123a～123dにて撮像信号が生成される。

[0046] 図4は、本発明の実施の形態1に係る撮像装置の温度センサの回路図である。図4に示すように、温度センサ126は、第1の固定抵抗126aとサーミスタ126bと第2の固定抵抗126cとが直列に接続されて構成されている。ここで、第1の固定抵抗126aの他端（サーミスタ126bに接続されない端）は電源126d（例えば3.3V）に接続され、第2の固定抵抗126cの他端（サーミスタ126bに接続されない端）はグランド126e（例えば、0V。SLSI125のグランドと同一電位）に接続される。また、第1の固定抵抗126aとサーミスタ126bとの接続点126fがSLSI125に接続されている。

[0047] 次に、被写体距離と視差との関係を説明する。本発明の実施の形態1に係

る撮像装置は、4つのレンズ部（第1のレンズ部113a、第2のレンズ部113b、第3のレンズ部113c、及び第4のレンズ部113d）を有するため、4つのレンズ部がそれぞれ形成する4つの物体像の相対的位置が、被写体距離に応じて変化する。

[0048] 図5は、本発明の実施の形態1に係る撮像装置において、無限遠にある物体像の位置を説明するための図である。図5においては、簡単のため、レンズアレイ113において、第1のレンズ部113a、および第2のレンズ部113bのみを記す。無限遠の物体10からの光の第1のレンズ部113aへの入射光L1と、第2のレンズ部113bへの入射光L2とは平行である。このため、第1のレンズ部113aと第2のレンズ部113bとの距離と、撮像素子123上の物体像11aと物体像11bとの距離とは等しい。すなわち、視差はない。

[0049] 図6は、本発明の実施の形態1に係る撮像装置において、有限距離の位置にある物体像の位置を説明するための図である。図6において、簡単のため、レンズアレイ113において、第1のレンズ部113a、および第2のレンズ部113bのみを記す。有限距離の物体12からの光の第1のレンズ部113aへの入射光L1と第2のレンズ部113bへの入射光L2とは平行ではない。従って、第1のレンズ部113aと第2のレンズ部113bとの距離に比べて、撮像素子123上の物体像13aと物体像13bとの距離は長い。すなわち、視差がある。

[0050] 物体像12までの距離（被写体距離）をL、第1のレンズ部113aと第2のレンズ部113bとの距離をDx、レンズ部113a、113bの焦点距離をfとすると、図6の直角を挟む2辺の長さがL、Dxの直角三角形と、直角を挟む2辺の長さがf、 $\Delta$ の直角三角形とが相似であることより、視差 $\Delta$ は、下記式（7）のように表される。

[0051]  $L = f \times Dx / \Delta \quad \dots (7)$

その他のレンズ部間についても同様の関係が成立する。このように、被写体距離に応じて4つのレンズ部113a、113b、113c、113dがそ

れぞれ形成する4つの物体像の相対的位置が変化する。例えば、被写体距離Lが小さくなると、視差 $\Delta$ が大きくなる。

[0052] 図7は、本発明の実施の形態1に係る撮像装置の構成を示すブロック図である。S L S I 1 2 5は、システム制御部131と、当該システム制御部131により制御される、撮像素子駆動部132、撮像信号入力部133、入力バッファ134、前処理部135、演算部136、出力バッファ137、入出力部138、及び温度補償部139とを有している。前処理部135は、第1の中間バッファ135a、第2の中間バッファ135b、第3の中間バッファ135c、第4の中間バッファ135d、及び前処理演算部135eを有し、後述するようにして撮像信号を補正する撮像信号補正部として機能する。演算部136は、第1の演算バッファ141a及び第2の演算バッファ141bを具備する演算バッファ141と、視差演算部142と、距離演算部143とを有する。また、出力バッファ137は、第1の出力バッファ137a、および第2の出力バッファ137bを有する。さらに、温度補償部139は、温度センサ信号入力部139a、および温度補償演算部139bを有し、後述するようにして各レンズ部113a~113dの光軸の移動量を推定する移動量推定部として機能する。また、温度補償部139と前処理部135とは、温度補償／撮像信号補正部を構成している。

[0053] システム制御部131は、CPU（中央演算処理装置：Central Processing Unit）及びロジック回路などから構成され、S L S I 1 2 5の全体を制御する。

[0054] 撮像素子駆動部132は、ロジック回路などから構成され、撮像素子123を駆動する信号を発生し、この信号に応じた電圧を撮像素子123に印加する。

[0055] 撮像信号入力部133は、CDS回路（相関二重サンプリング回路：Correlated Double Sampling Circuit）、AGC（自動利得制御器：Automatic Gain Controller）、及びADC（アナログ／デジタル変換器：Analog Digital Converter）が直列に接続されて構成される。撮像素子123からの電気信

号が入力された場合、撮像信号入力部 133 における CDS 回路により固定ノイズを除去し、AGC によりゲインを調整し、ADC によりアナログ信号からデジタル値に変換し、強度補正を行って、撮像信号 I0 とする。

[0056] 図 8 は、本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置の撮像信号の切り出し位置を説明するための図である。撮像信号入力部 133 に入力される撮像信号 I0(x, y) は、x 軸方向に H0 画素、y 軸方向に V0 画素を持っている。この撮像信号 I0(x, y) は、I0(0, 0) ((x, y)=(0, 0))、I0(1, 0)、I0(2, 0)、・・・、I0(H0-1, V0-1) の順に撮像信号入力部 133 に入力され、順次、入力バッファ 134 に転送される。また、各座標 (x, y) における強度補正係数  $ks(x, y)$  を用いて、下記式 (8) のように強度補正が行われる。なお、強度補正係数  $ks(x, y)$  は、検査工程などにおいて特定チャート（例えば、白色チャート）を撮影し決定され、EEPROM やフラッシュメモリ に保存される。

[0057]  $I0(x, y) = ks(x, y) \times I0(x, y) \dots (8)$

入力バッファ 134 は、DRAM (Dynamic Random Access Memory) などにより構成され、撮像信号入力部 133 から入力された撮像信号 I0(x, y) を保存する。

[0058] 前処理部 135 は、ロジック回路、DRAM などから構成される。この前処理部 135 においては、前処理演算部 135 e により入力バッファ 134 に保存された撮像信号 I0 から各レンズ部により結像された被写体像に係る画像を切り出し、歪曲補正処理を行い、第 1 のレンズ部 131 a に対応する第 1 の撮像信号 I1(x, y)、第 2 のレンズ部 131 b に対応する第 2 の撮像信号 I2(x, y)、第 3 のレンズ部に対応する第 3 の撮像信号 I3(x, y)、および第 4 のレンズ部に対応する第 4 の撮像信号 I4(x, y) を生成する。これらの撮像信号はそれぞれ第 1 の中間バッファ 135 a、第 2 の中間バッファ 135 b、第 3 の中間バッファ 135 c、および第 4 の中間バッファ 135 d に転送され、保存される。そして、下記式 (9) のように、座標変換テーブル  $tx1(x, y)$ 、 $ty1(x, y)$  に基づき撮像信号 I0(x, y) から第 1 の撮像信号 I1(x, y) が生成される。すなわち、座標 ( $tx1(x, y)$ ,  $ty1(x, y)$ ) の撮像信号 I0 が第 1 の撮像信号 I1(x, y) と

なる。座標 $(tx1(x, y), ty1(x, y))$ は、小数点を持ってよい。その場合、座標変換テーブル $tx1(x, y)$ の整数部分を $tx1i(x, y)$ とし、小数部分を $tx1f(x, y)$ として、下記式(10)のように4画素を利用し演算する。同様に、下記式(11)のように、座標変換テーブル $tx2(x, y)$ 、 $ty2(x, y)$ に基づき撮像信号 $I0(x, y)$ から第2の撮像信号 $I2(x, y)$ が生成され、下記式(12)のように、座標変換テーブル $tx3(x, y)$ 、 $ty3(x, y)$ に基づき撮像信号 $I0(x, y)$ から第3の撮像信号 $I3(x, y)$ が生成され、下記式(13)のように、座標変換テーブル $tx4(x, y)$ 、 $ty4(x, y)$ に基づき撮像信号 $I0(x, y)$ から第4の撮像信号 $I4(x, y)$ が生成される。なお、座標変換テーブル $tx1(x, y)$ 、 $ty1(x, y)$ 、 $tx2(x, y)$ 、 $ty2(x, y)$ 、 $tx3(x, y)$ 、 $ty3(x, y)$ 、 $tx4(x, y)$ 、 $ty4(x, y)$ は、後述の温度補償演算部139bにより生成される。

$$[0059] \quad I1(x, y) = I0(tx1(x, y), ty1(x, y)) \cdots (9)$$

$$I1(x, y) = \{1 - tx1f(x, y)\} \times \{1 - ty1f(x, y)\} \times I0(tx1i(x, y), ty1i(x, y))$$

$$+ tx1f(x, y) \times \{1 - ty1f(x, y)\} \times I0(tx1i(x, y)+1, ty1i(x, y))$$

$$+ \{1 - tx1f(x, y)\} \times ty1f(x, y) \times I0(tx1i(x, y), ty1i(x, y)+1)$$

$$+ tx1f(x, y) \times ty1f(x, y) \times I0(tx1i(x, y)+1, ty1i(x, y)+1) \cdots (10)$$

$$I2(x, y) = I0(tx2(x, y), ty2(x, y)) \cdots (11)$$

$$I3(x, y) = I0(tx3(x, y), ty3(x, y)) \cdots (12)$$

$$I4(x, y) = I0(tx4(x, y), ty4(x, y)) \cdots (13)$$

歪みがなく、温度によるレンズの膨張がない場合、図8のように、第1の撮像信号 $I1(x, y)$ は、原点を $(x01, y01)$ として、 $x$ 軸方向に $H1$ 画素、 $y$ 軸方向に $V1$ 画素だけ撮像信号 $I0$ を切り出した領域の画像を示す信号であり、第2の撮像信号 $I2(x, y)$ は、原点を $(x02, y02)$ として、 $x$ 軸方向に $H1$ 画素、 $y$ 軸方向に $V1$ 画素だけ撮像信号 $I0$ を切り出した領域の画像を示す信号である。また、第3の撮像信号 $I3(x, y)$ は、原点を $(x03, y03)$ として、 $x$ 軸方向に $H1$ 画素、 $y$ 軸方向に $V1$ 画素だけ撮像信号 $I0$ を切り出した領域の画像を示す信号であり、第4の撮像信号 $I4(x, y)$ は、原点を $(x04, y04)$ として、 $x$ 軸方向に $H1$ 画素、 $y$

軸方向にV1画素だけ撮像信号I0を切り出した領域の画像を示す信号である。

[0060] 第1の中間バッファ135aは、DRAMなどから構成され、座標変換テーブル $tx1(x, y)$ 、 $ty1(x, y)$ を用いた座標変換により歪曲補正処理された第1の撮像信号I1を順次読み込み、 $H1 \times V1$ 画素（x軸方向にH1画素、y軸方向にV1画素）のデータを保存する。第2の中間バッファ135bは、DRAMなどから構成され、座標変換テーブル $tx2(x, y)$ 、 $ty2(x, y)$ を用いた座標変換により歪曲補正処理された第2の撮像信号I2を順次読み込み、 $H1 \times V1$ 画素（x軸方向にH1画素、y軸方向にV1画素）のデータを保存する。また、第3の中間バッファ135cは、DRAMなどから構成され、座標変換テーブル $tx3(x, y)$ 、 $ty3(x, y)$ を用いた座標変換により歪曲補正処理された第3の撮像信号I3を順次読み込み、 $H1 \times V1$ 画素（x軸方向にH1画素、y軸方向にV1画素）のデータを保存する。さらに、第4の中間バッファ135dは、DRAMなどから構成され、座標変換テーブル $tx4(x, y)$ 、 $ty4(x, y)$ を用いた座標変換により歪曲補正処理された第4の撮像信号I4を順次読み込み、 $H1 \times V1$ 画素（x軸方向にH1画素、y軸方向にV1画素）のデータを保存する。

[0061] 演算部136は、SRAM (Static Random Access Memory) から構成された第1の演算バッファ141a及び第2の演算バッファ141bと、ロジック回路やCPUなどから構成された視差演算部142と、ロジック回路やCPUなどから構成された距離演算部143とから構成される。演算部136は、第1の撮像信号I1、第2の撮像信号I2、第3の撮像信号I3、および第4の撮像信号I4をブロック単位で読み込み、これらの撮像信号を第1の演算バッファ141a及び第2の演算バッファ141bに保存する。そして、視差演算部142において第1の演算バッファ141a及び第2の演算バッファ141bのデータなどに基づき視差を演算し、この視差に基づき距離演算部143において距離を演算し、求められた距離データを出力バッファ137に転送する。この動作の詳細は、後述する。

[0062] 出力バッファ137は、DRAMなどから構成され、演算部136から転送された画像データと距離データとを保存し、入出力部138に順次転送す

る。

- [0063] 入出力部 138 は、上位 CPU（図示せず）との間で通信を行うとともに、上位 CPU、外部メモリ（図示せず）、及び液晶ディスプレイなどの外部表示装置（図示せず）に対して、画像データ及び距離データを出力する。
- [0064] 温度センサ信号入力部 139 a は、ADC（Analog Digital Converter：アナログ・デジタル変換器）などから構成され、温度センサ 126 からアナログ電圧信号である温度センサ信号の入力を受ける。そして、温度センサ信号入力部 139 a は、入力されたアナログ信号をデジタル値に変換し、その値を温度値  $T_h$  として温度補償演算部 139 b に出力する。
- [0065] 温度補償演算部 139 b は、温度値  $T_h$  に基づき、前処理部 135 にて利用される座標変換テーブル  $tx_1(x, y)$ 、 $ty_1(x, y)$ 、 $tx_2(x, y)$ 、 $ty_2(x, y)$ 、 $tx_3(x, y)$ 、 $ty_3(x, y)$ 、 $tx_4(x, y)$ 、 $ty_4(x, y)$  を生成する。この座標変換テーブルを用いた変換処理により、各レンズ部 113 a ~ 113 d の光軸の移動量が推定されることになる。以下、この座標変換テーブルの生成の詳細について説明する。
- [0066] レンズアレイ 113 の温度が上昇した場合、各レンズ部 113 a ~ 113 d が膨張するため、図 2 において矢印で示すように各レンズ部 113 a ~ 113 d の光軸中心がレンズ外側に移動する。このレンズ膨張に伴う光軸間の間隔の変化は、下記式（14）及び（15）で表される。ここで、 $dbx$  は温度上昇に伴うレンズ部の光軸間の間隔の  $x$  軸方向の変化量であり、撮像素子 123 の画素間隔を単位とする。また、 $dby$  は温度上昇に伴うレンズ部の光軸間の間隔の  $y$  軸方向の変化量であり、撮像素子 123 の画素間隔を単位とする。また、 $D_x$  は基準温度  $T_{h0}$  における  $x$  軸方向のレンズ部の光軸間の間隔であり、 $a_L$  はレンズ部 113 の熱線膨張率であり、 $a_S$  は撮像素子 123 の熱線膨張率である。また、 $T_h$  は前述のようにセンサ温度であり、 $T_{h0}$  は基準温度であり、 $p$  は撮像素子 123 の画素間隔であり、 $D_y$  は基準温度  $T_{h0}$  における  $y$  軸方向のレンズ部の光軸間の間隔である。
- [0067]  $dbx = D_x \times (a_L - a_S) \times (T_h - T_{h0}) / p \cdots (14)$



$$dby = Dy \times (aL - aS) \times (Th - Th0) / p \dots (15)$$

レンズアレイ 1 1 3 は略円形であるため、温度上昇に伴い各レンズ部は等方的に膨張する。すなわち、図 8 に示すように、温度上昇に伴うレンズ部の光軸間隔の変化の半分（x 軸方向に  $dbx/2$ 、y 軸方向に  $dby/2$ ）だけ移動する。そこで、第 1 の撮像信号  $I_1(x, y)$  用の変換テーブル  $tx_1(x, y)$  及び  $ty_1(x, y)$  を下記式 (16)、(17) 及び (18) のように生成する。ここで、 $(x_{01}, y_{01})$  は撮像信号  $I_0$  における歪みがないときの原点座標、 $(xc_1, yc_1)$  は撮像信号  $I_1(x, y)$  における基準温度  $Th_0$  での光軸中心座標、 $(-dbx/2, -dby/2)$  は温度上昇による光軸中心の移動量、 $kd_2$  及び  $kd_4$  は歪曲係数である。なお、式 (18) における  $\hat{2}$  は二乗値を示す。また、第 2 の撮像信号  $I_2(x, y)$  用の変換テーブル  $tx_2(x, y)$  及び  $ty_2(x, y)$  を下記式 (19)、(20)、及び (21) のように生成する。ここで、 $(x_{02}, y_{02})$  は撮像信号  $I_0$  における歪みがないときの原点座標、 $(xc_2, yc_2)$  は撮像信号  $I_2(x, y)$  における基準温度  $Th_0$  での光軸中心座標、 $(+dbx/2, -dby/2)$  は温度上昇による光軸中心の移動量、 $kd_2$  及び  $kd_4$  は歪曲係数である。なお、式 (21) における  $\hat{2}$  は二乗値を示す。また、第 3 の撮像信号  $I_3(x, y)$  用の変換テーブル  $tx_3(x, y)$  及び  $ty_3(x, y)$  を下記式 (22)、(23)、及び (24) のように生成する。ここで、 $(x_{03}, y_{03})$  は撮像信号  $I_0$  における歪みがないときの原点座標、 $(xc_3, yc_3)$  は撮像信号  $I_3(x, y)$  における基準温度  $Th_0$  での光軸中心座標、 $(-dbx/2, +dby/2)$  は温度上昇による光軸中心の移動量、 $kd_2$  及び  $kd_4$  は歪曲係数である。なお、式 (24) における  $\hat{2}$  は二乗値を示す。さらに、第 4 の撮像信号  $I_4(x, y)$  用の変換テーブル  $tx_4(x, y)$  及び  $ty_4(x, y)$  を下記式 (25)、(26)、及び (27) のように生成する。ここで、 $(x_{04}, y_{04})$  は撮像信号  $I_0$  における歪みがないときの原点座標、 $(xc_4, yc_4)$  は撮像信号  $I_4(x, y)$  における基準温度  $Th_0$  での光軸中心座標、 $(+dbx/2, +dby/2)$  は温度上昇による光軸中心の移動量、 $kd_2$  及び  $kd_4$  は歪曲係数である。なお、式 (27) における  $\hat{2}$  は二乗値を示す。

[0068]  $tx_1(x, y) = x_{01} + xc_1 + \{x - xc_1 - dbx/2\} \times (1 + kd_2 \times r^2 + kd_4 \times r^4) \dots (16)$

$$ty1(x, y) = y01 + yc1 + \{y - yc1 - dby/2\} \times (1 + kd2 \times r2 + kd4 \times r4) \dots (17)$$

$$r2 = \{x - xc1 - dbx/2\}^2 + \{y - yc1 - dby/2\}^2, r4 = r2^2 \dots (18)$$

$$tx2(x, y) = x02 + xc2 + \{x - xc2 + dbx/2\} \times (1 + kd2 \times r2 + kd4 \times r4) \dots (19)$$

$$ty2(x, y) = y02 + yc2 + \{y - yc2 - dby/2\} \times (1 + kd2 \times r2 + kd4 \times r4) \dots (20)$$

$$r2 = \{x - xc2 + dbx/2\}^2 + \{y - yc2 - dby/2\}^2, r4 = r2^2 \dots (21)$$

$$tx3(x, y) = x03 + xc3 + \{x - xc3 - dbx/2\} \times (1 + kd2 \times r2 + kd4 \times r4) \dots (22)$$

$$ty3(x, y) = y03 + yc3 + \{y - yc3 + dby/2\} \times (1 + kd2 \times r2 + kd4 \times r4) \dots (23)$$

$$r2 = \{x - xc3 - dbx/2\}^2 + \{y - yc3 + dby/2\}^2, r4 = r2^2 \dots (24)$$

$$tx4(x, y) = x04 + xc4 + \{x - xc4 + dbx/2\} \times (1 + kd2 \times r2 + kd4 \times r4) \dots (25)$$

$$ty4(x, y) = y04 + yc4 + \{y - yc4 + dby/2\} \times (1 + kd2 \times r2 + kd4 \times r4) \dots (26)$$

$$r2 = \{x - xc4 + dbx/2\}^2 + \{y - yc4 + dby/2\}^2, r4 = r2^2 \dots (27)$$

なお、歪みが生じない場合、上記の座標変換テーブルを用いてなされる座標変換は、下記式(28)乃至(31)のように、撮像信号 $I_0(x, y)$ から画像を切り出し、その後、下記式(32)乃至(35)のように、平行移動を行うことに相当する。

$$[0069] \quad I1(x, y) = I_0(x + x01, y + y01) \dots (28)$$

$$I2(x, y) = I_0(x + x02, y + y02) \dots (29)$$

$$l3(x, y) = l0(x + x03, y + y03) \cdots (30)$$

$$l4(x, y) = l0(x + x04, y + y04) \cdots (31)$$

$$l1(x, y) = l1(x-dbx/2, y-dby/2) \cdots (32)$$

$$l2(x, y) = l2(x+dbx/2, y-dby/2) \cdots (33)$$

$$l3(x, y) = l3(y-dbx/2, x+dby/2) \cdots (34)$$

$$l4(x, y) = l4(x+dbx/2, y+dby/2) \cdots (35)$$

図9Aは、本発明の実施の形態1に係る撮像装置の動作を示すフローチャートである。SLSI125のシステム制御部131により、撮像装置101は、このフローチャートのとおり動作される。

[0070] ステップS1010において、撮像装置101は動作を開始する。例えば、上位CPU（図示せず）が、入出力部136を介し、撮像装置101に動作の開始を命令することにより、撮像装置101は、動作を開始する。次に、ステップS1020を実行する。

[0071] ステップS1020において、撮像信号を入力する。システム制御部131の命令により、撮像素子駆動部132が電子シャッターの動作及び撮像信号の転送を行うための信号を随時出力する。その結果、x軸方向にH0画素分、y軸方向にV0画素分の撮像信号 $l0(x, y)$ が撮像信号入力部133に入力される。この場合、撮像信号入力部133には、撮像信号 $l0(x, y)$ が $l0(0, 0)$  ( $(x, y)=(0, 0)$ )、 $l0(1, 0)$ 、 $l0(2, 0)$ 、 $\cdots$ 、 $l0(H0-1, V0-1)$ の順に入力され、順次、これらの信号が入力バッファ134に転送される。次に、ステップS1030を実行する。

[0072] ステップS1030において、温度センサ信号入力部139aは、温度センサ126から温度センサ信号の入力を受け、これをデジタル値に変換して温度値 $T_h$ として温度補償演算部139aに出力する。次に、ステップS1040を実行する。

[0073] ステップS1040において、温度補償演算部139bは、前述のようにして、温度値 $T_h$ に基づき、前処理部135で用いられる座標変換テーブル $tx1(x, y)$ 、 $ty1(x, y)$ 、 $tx2(x, y)$ 、 $ty2(x, y)$ 、 $tx3(x, y)$ 、 $ty3(x, y)$ 、 $tx4(x, y)$ 、 $ty$

4(x, y)を生成する。次に、ステップS 1 0 5 0を実行する。

[0074] ステップS 1 0 5 0において、前処理演算部 1 3 5 eは、前述のようにして、入力バッファ 1 3 4に保存された撮像信号I0から各レンズ部により結像された被写体像に係る画像を切り出し、平行移動処理（温度上昇に伴うレンズ部の光軸間の間隔の変化の半分（x軸方向に $dbx/2$ 、y軸方向に $dby/2$ ）だけ光軸がレンズアレイ 1 1 3の外側に平行移動するように座標変換テーブルを補償することにより実現される平行移動処理）と、歪曲補正とを行い、第1のレンズ部 1 1 3 aに対応する第1の撮像信号I1(x, y)、第2のレンズ部 1 1 3 bに対応する第2の撮像信号I2(x, y)、第3のレンズ部 1 1 3 cに対応する第3の撮像信号I3(x, y)、および第4のレンズ部 1 1 3 dに対応する第4の撮像信号I4(x, y)を生成する。これらの撮像信号はそれぞれ第1の中間バッファ 1 3 5 a、第2の中間バッファ 1 3 5 b、第3の中間バッファ 1 3 5 c、および第4の中間バッファ 1 3 5 dに転送され、保存される。

[0075] ここで、温度補償により歪曲補正の精度が向上することを説明する。図9 Bは、平行移動処理と歪曲補正処理との前後の撮像信号を示す図である。図9 Bにおいては、中央部の十字が太く表された格子が描画された平面板である被写体を撮像したときの撮像信号（画像）を示している。簡略化のため、第1の撮像信号の被写体像のみ示し、第2乃至第4の撮像信号の被写体像を省略している。ここで、撮像装置 1 0 1は、この平面板に正対させ、第1のレンズ部 1 1 3 aの光軸上に中央部の十字の交点が位置するように配置する。図9 B（a）は、基準温度における撮像信号を示す図であり、図9 B（b）は、平行移動処理と歪曲補正処理とを行わないときの第1の撮像信号を示す図である。図9 B（b）に示すように、基準温度のとき、中央に太い十字が位置する。図9 B（c）は、平行移動処理を行わず歪曲補正処理を行うときの第1の撮像信号を示す図である。図9 B（c）に示すように、歪曲補正により、格子が再現される。図9 B（d）は、基準温度よりも温度が高いときにおける撮像信号を示す図であり、図9 B（e）は、平行移動処理と歪曲補正処理とを行わないときの第1の撮像信号を示す図である。図9 B（e）

に示すように、基準温度より温度が高いときには、第1のレンズ部113aの光軸が左上に移動するに伴い被写体像が左上に移動するため、中央よりも左上に太い十字の交点が移動する。図9B(f)は、平行移動処理を行わず歪曲補正処理を行うときの第1の撮像信号を示す図である。図9B(f)に示すように、歪曲補正の光軸中心と歪曲の中心とがずれるため、格子が完全には再現されず、歪みが残る。図9B(g)は、基準温度よりも温度が高いときにおける撮像信号を示す図であり、図9B(h)は、平行移動処理を行い、歪曲補正処理を行わないときの第1の撮像信号を示す図である。図9B(h)に示すように、基準温度より温度が高いのとき、第1のレンズ部113aの光軸が左上に移動するに伴い被写体像が左上に移動するが、平行移動処理により左上への移動が補償され、中央に太い十字の交点が位置する。図9B(i)は、平行移動処理と歪曲補正処理とを行うときの第1の撮像信号を示す図である。図9B(i)に示すように、歪曲補正の光軸中心と歪曲の中心とが一致するため、格子が再現される。このように、温度が高くなると光軸原点が外側に平行移動するように座標変換テーブルを設定し平行移動を行うことにより、歪曲の補正精度を向上し、ひいては、視差演算精度を向上し、測距演算精度を向上する。

[0076] 次に、温度補償により被写体像が動かないことを説明する。図9Cは、平行移動処理の前後の撮像信号(画像)を示す図である。図9Cにおいて、説明を簡単にするために、各レンズ部(第1のレンズ部113a、第2のレンズ部113b、第3のレンズ部113c、および第4のレンズ部113d)が歪曲を持たず、それゆえ歪曲補正を行わないときの撮像信号を示す。図9Cにおいて、撮像装置101を車両前方に配置し、車両前方の被写体として車線のみが撮像されたときの撮像信号を示している。図9C(a)は、基準温度における撮像信号を示す図であり、図9C(b)は、平行移動処理を行わないときの第1の撮像信号を示す図である。図9C(b)に示すように、基準温度のとき、中央に被写体が位置する。図9C(d)は、基準温度よりも温度が高いときにおける撮像信号を示す図であり、図9C(e)は、平行

移動処理を行わないときの第1の撮像信号を示す図である。図9C(e)のように、基準温度より温度が高いときには、第1のレンズ部113aの光軸が左上に移動するに伴い被写体像が左上に移動する。図9C(g)は、基準温度よりも温度が高いときにおける撮像信号を示す図であり、図9C(h)は、平行移動処理を行うときの第1の撮像信号を示す図である。図9C(h)に示すように、基準温度より温度が高いとき、第1のレンズ部113aの光軸が左上に移動するに伴い被写体像が左上に移動するが、平行移動処理により左上への移動が補償され、中央に被写体が位置する。このように、温度が高くなると光軸原点が外側に平行移動するように座標変換テーブルを設定し平行移動を行うことにより、被写体の画像中心の移動を抑制する。次に、ステップS1100を実行する。

[0077] ステップS1100において、演算部136が、距離データを生成し、順次、第2の出力バッファ137bに転送する。この動作の詳細は後述する。また、演算部136は、距離データの他に画像データを生成し、順次、第1の出力バッファ137aに転送する。次に、ステップS1910を実行する。

[0078] ステップS1910において、外部にデータを出力する。入出力部138は、第1の出力バッファ137a上の画像データ、および第2の出力バッファ137b上の距離データを、上位CPU及び外部表示装置に出力する。次に、ステップS1920を実行する。

[0079] ステップS1920において、動作を終了するかどうかを判断する。例えば、システム制御部131は、入出力部136を介し、上位CPUと通信し、動作を終了するかどうかの命令を要求する。そして、上位CPUが終了を命令した場合(S1920でYES)、撮像装置101はステップS1930へ進み、動作を終了する。一方、上位CPUが終了を命令しなかった場合(S1920でNO)、撮像装置101は、動作を継続し、次に、ステップS1020を実行する。すなわち、上位CPUが終了を命令しない限り、ステップS1020、ステップS1030、ステップS1040、ステップS

1050、ステップS1100、およびステップS1910のループの実行が継続される。

[0080] 次に、ステップS1100における動作の詳細を説明する。図10は、本発明の実施の形態1に係る撮像装置の演算部の動作を示すフローチャートである。図10のフローチャートは、ステップS1100の動作の詳細を示す。ステップS1100の演算では、まず、ステップS1210を実行する。

[0081] ステップS1210において、演算の動作を開始する。次に、ステップS1220を実行する。

[0082] ステップS1220において、第1の撮像信号と第2の撮像信号とを利用した視差演算を実行する。図11は、本発明の実施の形態1に係る撮像装置の第1の撮像信号と第2の撮像信号とを利用した視差演算の動作を示すフローチャートである。図11のフローチャートは、ステップS1220の動作の詳細を示す。ステップS1220の演算では、まず、ステップS1310を実行する。

[0083] ステップS1310において、第1の撮像信号と第2の撮像信号とを利用した視差演算の動作を開始する。次に、ステップS1320を実行する。

[0084] ステップS1320において、ブロックインデックス*i*、*b*を0に初期化する。次に、ステップS1330を実行する。

[0085] ステップS1330において、ブロックを選択する。図12は、本発明の実施の形態1に係る撮像装置の第1の撮像信号と第2の撮像信号とを利用した視差演算における第1の撮像信号の分割ブロック及び演算順番を説明するための図であり、図13は、本発明の実施の形態1に係る撮像装置の第1の撮像信号と第2の撮像信号とを利用した視差演算における第2の撮像信号の分割ブロック及び演算順番を説明するための図である。

[0086] 図12に示すように、第1の撮像信号I1は、*x*軸方向にHB画素、*y*軸方向にVB画素の長形状のブロックに分割される。各ブロックは、*x*軸方向にHB画素、*y*軸方向にVB画素ずれて配置されるため、各ブロックは*x*軸方向、*y*軸方向ともに重なる部分はない。その結果、第1の撮像信号I1

は、 $x$ 軸方向に $N_h$ 個、 $y$ 軸方向に $N_v$ 個のブロックを持つことになる。

[0087] 第2の撮像信号 $I_2$ は、図13(b)に示すような $x$ 軸方向に $(HB+SB)$ 画素、 $y$ 軸方向に $VB$ 画素の長形状のブロックに分割される。各ブロックは、 $x$ 軸方向に $HB$ 画素、 $y$ 軸方向に $VB$ 画素ずれて配置されるため、 $x$ 軸方向では隣のブロックと重なるものの、 $y$ 軸方向では隣のブロックと重ならない。その結果、図13(a)に示すように、第2の撮像信号 $I_2$ は、 $x$ 軸方向に $N_h$ 個、 $y$ 軸方向に $N_v$ 個のブロックを持つことになる。なお、図面の右側のブロックにおいて $x$ 軸方向に $(HB+SB)$ 画素が取れない場合、適宜 $x$ 軸方向の右端部が削除される。以下では、 $HB=32$ 、 $VB=32$ の場合の例を示す。

[0088] 図12及び図13において、各ブロックの上段に記述された数字はブロックインデックス $ib$ を示す。また、図12及び図13において、各ブロックの下段に記述された座標 $(ib_x, ib_y)$ は、各ブロックが $x$ 軸方向に $ib_x$ 番目、 $y$ 軸方向に $ib_y$ 番目のブロックであることを示す。ここで、 $ib_x$ は0から $N_h-1$ まで、 $ib_y$ は0から $N_v-1$ まで存在する。ステップS1330においては、図12及び図13でブロックインデックス $ib$ により示されるブロック $B(ib)$ (座標 $(ib_x, ib_y)$ )で示されるブロック $B(ib_x, ib_y)$ が選択される。次に、ステップS1340を実行する。

[0089] ステップS1340において、撮像信号を転送する。より具体的には、ステップS1330において選択されたブロック $B(ib_x, ib_y)$ に該当する座標の第1の撮像信号 $I_1$ を式(9)に従い演算し、その結果得られた信号を第1の演算バッファ141aに転送する。第1の演算バッファ141aの座標 $(x, y)$ における値を $Bc_1(x, y)$ とする。ここで、 $HB=32$ 、 $VB=32$ であるため、 $x=0\sim 31$ 、 $y=0\sim 31$ である。

[0090] また、ステップS1330において選択されたブロック $B(ib_x, ib_y)$ に該当する座標の第2の撮像信号 $I_2$ を式(11)に従い演算し、その結果得られた信号を第2の演算バッファ141bに転送する。第2の演算バッファ141bの座標 $(x, y)$ における値を $Bc_2(x, y)$ とする。ここで、 $HB=32$ 、 $VB=32$ であるた



め、 $x=0\sim 31+SB$ 、 $y=0\sim 31$ である。

[0091] 例えば、 $i b = 0$ のとき、第1の演算バッファ141aには、座標(0, 0)と座標(31, 31)とで囲まれる1024画素の撮像信号I1が転送され、第2の演算バッファ141bには、図13において右斜上となる斜線が描かれた座標(0, 0)と座標(31+SB, 31)とで囲まれる(1024+32\*SB)画素の撮像信号I2が転送される。

[0092] 次に、 $i b = 1$ のとき、第1の演算バッファ141aには、座標(32, 0)と座標(63, 31)とで囲まれる1024画素の撮像信号I1が転送される。またこの場合、第2の演算バッファ141bには、図13において右斜下となる斜線が描かれた座標(32, 0)と座標(63+SB, 31)とで囲まれる(1024+32\*SB)画素の撮像信号I2が必要となるが、 $i b = 0$ と重なる部分(座標(32, 0)と座標(31+SB, 31)とで囲まれる32\*SB画素の領域)はすでに第2の演算バッファ141bに転送されているため、新たに座標(32+SB, 0)と座標(63+SB, 31)とで囲まれる1024画素のみを転送すればよい。なお、適宜、出力用の画像データとして、第1の出力バッファ137aにも転送する。次に、ステップS1350を実行する。

[0093] ステップS1350において、視差演算を実行する。まず、視差評価値 $R(kx)$ を演算する。ここで、 $kx$ は画像をどれだけずらすかを示すずらし量であり、 $kx=0, 1, 2, \dots, SB$ のように変化させる。図14は、本発明の実施の形態1に係る撮像装置において、第1の撮像信号と第2の撮像信号を利用したときの視差評価値の演算領域を説明するための図である。図14のように、 $Bc1$ で示される領域は、第1の演算バッファ141aの領域であり、 $Bc2$ で示される領域は、第2の演算バッファ141bにおいて、 $Bc1$ で示されるブロックから $x$ 軸方向にずらし量 $kx$ だけ移動した領域である。そして、ずらし量 $kx=0$ から $SB$ について、下記式(36)に示される絶対値差分総和(SAD: Sum of Absolute Differences)を演算し、視差評価値 $R(kx)$ とする。ここで、 $\sum \sum$ は $x$ 軸方向及び $y$ 軸方向の総和を示し、 $x$ 軸方向に $0\sim HB-1$ (ここでは31)、 $y$ 軸方向に $0\sim VB-1$ (ここでは31)まで変化させる。

[0094]  $R(kx) = \sum \sum |Bc1(x, y) - Bc2(x+k, y)| \dots (36)$

この視差評価値 $R(kx)$ は、第1の演算バッファ141aのデータ $Bc1$ と、 $x$ 軸方向に $kx$ だけ離れた領域における第2の演算バッファ141bのデータ $Bc2$ とがどれだけ相関があるかを示し、値が小さいほど相関が大きい（よく似ている）ことを示す。ここで、第1の演算バッファ141aのデータ $Bc1$ は、第1の撮像信号 $I1$ を転送したものであり、第2の演算バッファ141bのデータ $Bc2$ は、第2の撮像信号 $I2$ を転送したものであるため、視差評価値 $R(kx)$ は、第1の撮像信号 $I1$ と対応する第2の撮像信号 $I2$ とがどれだけ相関があるかを示すことになる。

[0095] 図15は、本発明の実施の形態1に係る撮像装置の第1の撮像信号及び第2の撮像信号を利用したときの視差演算における視差と視差評価値との関係を説明するための図である。図15のように、視差評価値 $R(kx)$ はずらし量 $kx$ の値によって変化し、ずらし量 $kx = \Delta$ のとき極小値を持つ。第1の演算バッファ141aのデータ $Bc1$ は、当該データ $Bc1$ を $x$ 軸方向に $\Delta$ だけ移動した領域に存在する第2の演算バッファ141bのデータ $Bc2$ と最も相関がある（最も似ている）ことを示す。したがって、第1の演算バッファ141aのデータ $Bc1$ と第2の演算バッファ141bのデータ $Bc2$ との $x$ 軸方向の視差が $\Delta$ であることが分かる。そして、このときの視差 $\Delta$ を、第1の撮像信号及び第2の撮像信号を利用したときのブロック $B(ibx, iby)$ における視差値 $\Delta 12(ibx, iby)$ として保存する。

[0096] 次に、第1の撮像信号と第2の撮像信号を利用したときのブロック $B(ibx, iby)$ における視差値 $\Delta 12(ibx, iby)$ の信頼度を演算する。図16は、本発明の実施の形態1に係る撮像装置において、第1の撮像信号と第2の撮像信号とを利用したときの視差演算における視差評価値の信頼度の演算領域を説明するための図である。データ $Bc1$ は第1の演算バッファ141aの領域内に格納されたデータである。また、データ $Bc2$ は、データ $Bc1$ を $x$ 軸方向に $\Delta 12(ibx, iby)$ だけ移動した第2の演算バッファ141bにおけるデータである。そして、下記式(37)のように、それぞれの領域のデータ $Bc1(x, y)$ 、 $Bc2(x + \Delta 12(ibx, iby), y)$ について、正規化相関係数を、第1の撮像信号及び第2の撮像

信号を利用したときのブロックB(ibx, iby)における信頼度E12(ibx, iby)とする。ΣΣはx軸方向及びy軸方向の総和を示し、x軸方向に0~HB-1(ここでは31)、y軸方向に0~VB-1(ここでは31)まで変化させる。次に、ステップS1360を実行する。

$$\begin{aligned}
 [0097] \quad E12(ibx, iby) &= \frac{\sum \sum (Bc1(x, y) - avg1) (Bc2(x + \Delta 12(ibx, iby), y) - avg2)}{\sum \sum (Bc1(x, y) - avg1) (Bc1(x, y) - avg1)} \\
 &/ \frac{\sum \sum (Bc2(x + \Delta 12(ibx, iby), y) - avg2) (Bc2(x + \Delta 12(ibx, iby), y) - avg2)}{\sum \sum Bc1(x, y) / (HB * VB)} \\
 &avg1 = \sum \sum Bc1(x, y) / (HB * VB) \\
 &avg2 = \sum \sum Bc2(x + \Delta 12(ibx, iby), y) / (HB * VB) \quad \dots (37)
 \end{aligned}$$

ステップS1360において、ブロックインデックスibに1を加える。次に、ステップS1370を実行する。

[0098] ステップS1370において、第1の撮像信号と第2の撮像信号とを利用した視差演算を終了するかどうかを判断する。ブロックインデックスibがNh\*Nv未満のとき(S1370でNO)、次のブロックの視差を演算するために、ステップS1330に戻る。一方、ブロックインデックスibがNh\*Nv以上のとき(S1370でYES)、全てのブロックの視差を演算したと判断し、次に、ステップS1380を実行する。

[0099] ステップS1380において、第1の撮像信号と第2の撮像信号とを利用した視差演算を終了し、上位ルーチンへ戻る。

[0100] このようにして、第1の撮像信号と第2の撮像信号とを利用した視差演算において、ブロックインデックスibで示される32x32画素のブロックB(ibx, iby)について、視差値Δ12(ibx, iby)とその信頼度E12(ibx, iby)とが求められた。ここで、12は第1の撮像信号と第2の撮像信号とを利用していることを示し、(ibx, iby)は図12において各ブロックの下段に示される座標を示す(ibxは0からNh-1まで、ibyはVh-1まで変化する)。次に、図10のステップS1230を実行する。

[0101] ステップS1230において、第1の撮像信号と第3の撮像信号とを利用した視差演算を実行する。図17は、本発明の実施の形態1に係る撮像装置

の第1の撮像信号と第3の撮像信号とを利用した視差演算の動作を示すフローチャートである。図17のフローチャートは、ステップS1230の動作の詳細を示す。ステップS1230の演算では、まず、ステップS1410を実行する。

- [0102] ステップS1410において、第1の撮像信号と第3の撮像信号とを利用した視差演算の動作を開始する。次に、ステップS1420を実行する。
- [0103] ステップS1420において、ブロックインデックス  $i_b$  を0に初期化する。次に、ステップS1430を実行する。
- [0104] ステップS1430において、ブロックを選択する。第1の撮像信号のブロック分割は、ステップS1330と同様であり、説明を省略する。図18は、本発明の実施の形態1に係る撮像装置の第1の撮像信号と第3の撮像信号とを利用した視差演算における第3の撮像信号の分割ブロックと演算順番を説明するための図である。第3の撮像信号  $I_3$  は、 $x$  軸方向に  $H_B$  画素、図18(b)に示すように  $y$  軸方向に  $(V_B + S_B)$  画素の長形状のブロックに分割される。各ブロックは、 $x$  軸方向に  $H_B$  画素、 $y$  軸方向に  $V_B$  画素ずれて配置されるため、 $y$  軸方向では隣のブロックと重なるものの、 $x$  軸方向では隣のブロックと重ならない。その結果、図18(a)に示すように、第3の撮像信号  $I_3$  は、 $x$  軸方向に  $N_h$  個、 $y$  軸方向に  $N_v$  個のブロックを持つことになる。なお、図面の下側のブロックにおいて  $y$  軸方向に  $(V_B + S_B)$  画素を取れないブロックは、適宜  $y$  軸方向の下端部が削除される。以下では、 $H_B = 32$ 、 $V_B = 32$  の場合の例を示す。
- [0105] 図18において、各ブロックの上段に記述された数字はブロックインデックス  $i_b$  を示す。また、図18において、各ブロックの下段に記述された座標  $(i_{bx}, i_{by})$  は、各ブロックが  $x$  軸方向に  $i_{bx}$  番目、 $y$  軸方向に  $i_{by}$  番目のブロックであることを示す。ここで、 $i_{bx}$  は0から  $N_h - 1$  まで、 $i_{by}$  は0から  $N_v - 1$  まで存在する。ステップS1430において、図12及び図18においてブロックインデックス  $i_b$  で示されるブロック  $B(i_b)$  (座標  $(i_{bx}, i_{by})$  で示されるブロック  $B(i_{bx}, i_{by})$ ) が選択され

る。次に、ステップS 1 4 4 0を実行する。

[0106] ステップS 1 4 4 0において、撮像信号を転送する。より具体的には、ステップS 1 4 3 0において選択されたブロックB(ibx, iby)に該当する座標の第1の撮像信号I1を式(9)に従い演算し、その結果得られた信号を第1の演算バッファBc1に転送する。第1の演算バッファ1 4 1 aの座標(x, y)における値をBc1(x, y)とする。ここで、HB=32、VB=32であるため、x=0~31、y=0~31である。

[0107] また、ステップS 1 4 3 0において選択されたブロックB(ibx, iby)に該当する座標の第3の撮像信号I3を式(12)に従い演算し、その結果得られた第2の演算バッファ1 4 1 bに転送する。第2の演算バッファ1 4 1 bの座標(x, y)における値をBc2(x, y)とする。

ここで、HB=32、VB=32であるため、x=0~31、y=0~31+SBである。

[0108] 例えば、ib=0のとき、第1の演算バッファ1 4 1 aには、座標(0, 0)と座標(31, 31)とで囲まれる1024画素の撮像信号I1が転送され、第2の演算バッファ1 4 1 bには、図18において右斜上となる斜線が描かれた座標(0, 0)と座標(31, 31+SB)とで囲まれる(1024+32\*SB)画素の撮像信号I2が転送される。

[0109] 次に、ib=1のとき、第1の演算バッファ1 4 1 aには、座標(0, 32)と座標(31, 63)とで囲まれる1024画素の撮像信号I1が転送される。またこの場合、第2の演算バッファ1 4 1 bには、図18において右斜下となる斜線が描かれた座標(0, 32)と座標(31, 63+SB)とで囲まれる(1024+32\*SB)画素の撮像信号I2が必要となるが、ib=0と重なる部分(座標(0, 32)と座標(31, 31+SB)で囲まれる32\*SB画素の領域)はすでに第2の演算バッファ1 4 1 aに転送されているため、新たに座標(0, 32+SB)と座標(31, 63+SB)とで囲まれる1024画素のみを転送すればよい。次に、ステップS 1 4 5 0を実行する。

[0110] ステップS 1 4 5 0において、視差演算を実行する。まず、視差評価値R(ky)を演算する。ここで、kyは画像をどれだけずらすかを示すずらし量であり、ky=0、1、2、…、SBのように変化させる。図19は、本発明の実施の形態1に係る撮像装置において、第1の撮像信号と第3の撮像信号とを利用し

たときの視差評価値の演算領域を説明するための図である。図19のように、Bc1で示される領域は、第1の演算バッファ141aの領域であり、Bc2で示される領域は、第2の演算バッファ141bにおいて、Bc1で示されるブロックからy軸方向にずらし量kyだけ移動した領域である。そして、ずらし量ky=0からSBについて、下記式(38)に示される絶対値差分総和を演算し、視差評価値R(ky)とする。ここで、 $\sum \sum$ はx軸方向及びy軸方向の総和を示し、x軸方向に0~HB-1(ここでは31)、y軸方向に0~VB-1(ここでは31)まで変化させる。

$$[0111] \quad R(ky) = \sum \sum |Bc1(x, y) - Bc2(x, y+k)| \dots (38)$$

この視差評価値R(ky)は、第1の演算バッファ141aのデータBc1と、y軸方向にkyだけ離れた領域における第2の演算バッファ141bのデータBc2とがどれだけ相関があるかを示し、値が小さいほど相関が大きい(よく似ている)ことを示す。ここで、第1の演算バッファ141aのデータBc1は、第1の撮像信号I1を転送したものであり、第2の演算バッファ141bのデータBc2は、第3の撮像信号I3を転送したものであるため、視差評価値R(ky)は、第1の撮像信号I1と対応する第3の撮像信号I3とがどれだけ相関があるかを示すことになる。

[0112] 図20は、本発明の実施の形態1に係る撮像装置の第1の撮像信号と第3の撮像信号とを利用したときの視差演算における視差と視差評価値との関係を説明するための図である。図20のように、視差評価値R(ky)はずらし量kyの値によって変化し、ずらし量ky=Δのとき極小値を持つ。第1の演算バッファ141aのデータBc1のデータは、当該データBc1をy軸方向にΔだけ移動した領域に存在する第2の演算バッファ141bのデータBc2と最も相関がある(最も似ている)ことを示す。したがって、第1の演算バッファ141aのデータBc1と第2の演算バッファ141bのデータBc2とのy軸方向の視差がΔであることが分かる。そして、このときの視差Δを第1の撮像信号及び第3の撮像信号を利用したときのブロックB(ibx, iby)における視差値Δ13(ibx, iby)として保存する。

[0113] 次に、第1の撮像信号と第3の撮像信号を利用したときのブロックB(ibx, iby)における視差値 $\Delta 13(ibx, iby)$ の信頼度を演算する。図21は、本発明の実施の形態1に係る撮像装置において、第1の撮像信号と第3の撮像信号とを利用したときの視差演算における視差評価値の信頼度の演算領域を説明するための図である。Bc1で示される領域は第1の演算バッファ141aの領域であり、Bc2で示される領域は、第2の演算バッファ141bにおいてy軸方向に $\Delta 13(ibx, iby)$ だけ移動した領域である。そして、下記式(39)のように、それぞれの領域のデータBc1(x, y)、Bc2(x, y+ $\Delta 13(ibx, iby)$ )について、正規化相関係数を第1の撮像信号と第3の撮像信号を利用したときのブロックB(ibx, iby)における信頼度E13(ibx, iby)とする。 $\Sigma \Sigma$ はx軸方向及びy軸方向の総和を示し、x軸方向に0~HB-1(ここでは31)、y軸方向に0~VB-1(ここでは31)まで変化させる。次に、ステップS1460を実行する。

$$\begin{aligned}
 [0114] \quad E13(ibx, iby) &= \frac{\Sigma \Sigma (Bc1(x, y) - avg1) (Bc2(x, y + \Delta 13(ibx, iby)) - avg2)}{\Sigma \Sigma (Bc1(x, y) - avg1) (Bc1(x, y) - avg1)} \\
 &\quad / \frac{\Sigma \Sigma (Bc2(x, y + \Delta 13(ibx, iby)) - avg2) (Bc2(x, y + \Delta 13(ibx, iby)) - avg2)}{\Sigma \Sigma Bc1(x, y) / (HB * VB)} \\
 &\quad / \frac{\Sigma \Sigma Bc2(x, y + \Delta 13(ibx, iby)) / (HB * VB)}{\dots} \quad (39)
 \end{aligned}$$

ステップS1460において、ブロックインデックスibに1を加える。次に、ステップS1470を実行する。

[0115] ステップS1470において、第1の撮像信号と第3の撮像信号とを利用した視差演算を終了するかどうかを判断する。ブロックインデックスibが $Nh * Nv$ 未満のとき(S1470でNO)、次のブロックの視差を演算するために、ステップS1430に戻る。一方、ブロックインデックスibが $Nh * Nv$ 以上のとき(S1470でYES)、全てのブロックの視差を演算したと判断し、ステップS1480に進む。

[0116] ステップS1480において、第1の撮像信号と第3の撮像信号とを利用した視差演算を終了し、上位ルーチンへ戻る。このようにして、第1の撮像

信号と第3の撮像信号とを利用した視差演算において、ブロックインデックス  $i_b$  で示される  $32 \times 32$  画素のブロック  $B(i_b x, i_b y)$  について、視差量  $\Delta I_3(i_b x, i_b y)$  とその信頼度  $E_{I3}(i_b x, i_b y)$  とが求められた。ここで、 $I_3$  は第1の撮像信号と第3の撮像信号とを利用していることを示し、 $(i_b x, i_b y)$  は図12において各ブロックの下段に示される座標を示す ( $i_b x$  は0から  $N_h - 1$  まで、 $i_b y$  は  $V_h - 1$  まで変化する)。次に、図10のステップ  $S_{1240}$  を実行する。

[0117] ステップ  $S_{1240}$  において、第1の撮像信号と第4の撮像信号とを利用した視差演算を実行する。図22は、本発明の実施の形態1に係る撮像装置の第1の撮像信号と第4の撮像信号とを利用した視差演算の動作を示すフローチャートである。図22のフローチャートは、ステップ  $S_{1240}$  の動作の詳細を示す。ステップ  $S_{1240}$  の演算では、まず、ステップ  $S_{1510}$  を実行する。

[0118] ステップ  $S_{1510}$  において、第1の撮像信号と第4の撮像信号とを利用した視差演算の動作を開始する。次に、ステップ  $S_{1520}$  を実行する。

[0119] ステップ  $S_{1520}$  において、ブロックインデックス  $i_b$  を0に初期化する。次に、ステップ  $S_{1530}$  を実行する。

[0120] ステップ  $S_{1530}$  において、ブロックを選択する。第1の撮像信号のブロック分割は、ステップ  $S_{1320}$  と同様であり、説明を省略する。図23は、本発明の実施の形態1に係る撮像装置の第1の撮像信号と第4の撮像信号とを利用した視差演算における第4の撮像信号の分割ブロックと演算順番を説明するための図である。図23において、第4の撮像信号  $I_4$  は、図23(b)のような  $(H_B + S_B) * (V_B + S_B * D_y / D_x) - S_B * S_B * D_y / D_x$  画素のブロックに分割され、 $x$  軸方向に  $H_B$  画素、 $y$  軸方向に  $V_B$  画素ずれて配置され、 $x$  軸方向に  $N_h$  個、 $y$  軸方向に  $N_v$  個のブロックを持つ。また、図23において、図23(b)のようなブロックを取れないブロック (例えば、右上や右下や左下のブロック) は、適宜取れない部分が削除される (例えば、右上のブロックは  $H_B * V_B$  の長方形のブロックとなる)。なお、実施の形態1では、



以下、 $HB=32$ 、 $VB=32$ の例を示す。また、第4の撮像信号 $I_4$ のブロックの長さが $x$ 軸方向と $y$ 軸方向とで異なるように設定したが、これは、レンズ間隔が $x$ 軸方向と $y$ 軸方向とで異なり、視差の発生する大きさの比が $D_x : D_y$ となることを考慮したためである。

- [0121] 図23において、各ブロックの上段に記述された数字はブロックインデックス $i_b$ を示す。また、図23において、各ブロックの下段に記述された座標 $(i_{bx}, i_{by})$ は、各ブロックが $x$ 軸方向に $i_{bx}$ 番目、 $y$ 軸方向に $i_{by}$ 番目のブロックであることを示す。ここで、 $i_{bx}$ は0から $N_h - 1$ まで、 $i_{by}$ は0から $V_h - 1$ まで存在する。ステップS1530において、図23でブロックインデックス $i_b$ で示されるブロック $B(i_b)$ （座標 $(i_{bx}, i_{by})$ ）で示されるブロック $B(i_{bx}, i_{by})$ ）が選択される。次に、ステップS1540を実行する。
- [0122] ステップS1540において、撮像信号を転送する。より具体的には、ステップS1530において選択されたブロック $B(i_{bx}, i_{by})$ に該当する座標の第1の撮像信号 $I_1$ を式(9)に従い演算し、その結果得られた信号を第1の演算バッファ141aに転送する。第1の演算バッファ141aの座標 $(x, y)$ における値を $Bc1(x, y)$ とする。ここで、 $HB=32$ 、 $VB=32$ であるため、 $x=0\sim 31$ 、 $y=0\sim 31$ である。
- [0123] また、ステップS1530において選択されたブロック $B(i_{bx}, i_{by})$ に該当する座標の第4の撮像信号 $I_4$ を式(13)に従い演算し、第2の演算バッファ141bに転送する。第2の演算バッファ141bの座標 $(x, y)$ における値を $Bc2(x, y)$ とする。ここで、 $HB=32$ 、 $VB=32$ であるため、 $x=0\sim 31+SB$ 、 $y=0\sim 31+SB * Dy/Dx$ である。
- [0124] 例えば、 $i_b=0$ のとき、第1の演算バッファ141aには、座標 $(0, 0)$ と座標 $(31, 31)$ とで囲まれる1024画素の撮像信号 $I_1$ が転送され、第2の演算バッファ141bには、図23において右斜下となる斜線が描かれた座標 $(0, 0)$ と座標 $(31+SB, 31+SB * Dy/Dx)$ とで囲まれる領域の撮像信号 $I_4$ が転送される。
- [0125] また、 $i_b=1$ のとき、第1の演算バッファ141aには、座標 $(32, 0)$ と

座標(63, 31)とで囲まれる1024画素の撮像信号I1が転送される。またこの場合、第2の演算バッファ141bには、図23において右斜下となる斜線が描かれた座標(32, 0)と座標(63+SB, 31+SB\*Dy/Dx)とで囲まれる領域の撮像信号I4が必要となるが、Ib=0と重なる部分はすでに第2の演算バッファ141bに転送されているため、重複部分は転送しなくてもよい。次に、ステップS1550を実行する。

[0126] ステップS1550において、視差演算を実行する。まず、視差評価値R(kx)を演算する。ここで、kxは画像をどれだけずらすかを示すずらし量であり、kx=0、1、2、・・・、SBのように変化させる。図24は、本発明の実施の形態1に係る撮像装置において、第1の撮像信号と第4の撮像信号とを利用したときの視差評価値の演算領域を説明するための図である。図24のように、Bc1で示される領域は、第1の演算バッファ141aの領域であり、Bc2で示される領域は、第2の演算バッファ141bにおいて、Bc1で示されるブロックからx軸方向にkxだけy軸方向にずらし量kyだけ移動した領域である。そして、ずらし量kx=0からSBについて、下記式(40)に示される絶対値差分総和(SAD。Sum of Absolute Differences)を演算し、視差評価値R(ky)とする。ここで、 $\sum \sum$ はx軸方向とy軸方向の総和を示し、x軸方向に0~HB-1(ここでは31)、y軸方向に0~VB-1(ここでは31)まで変化させる。なお、第1の撮像信号I1を結像するレンズ部113aと第4の撮像信号を結像するレンズ部113dとがx軸方向にDxだけy軸方向にDyだけ離れて配置され、発生する視差のx軸方向に対するy軸方向の比がDy/Dxとなるため、y軸方向のずらし量kyは下記式(41)のように、x軸方向のずらし量にDy/Dxを乗じた値とする。

$$[0127] \quad R(k) = \sum \sum |Bc1(x, y) - Bc2(x+kx, y+ky)| \cdots (40)$$

$$ky = kx * Dy / Dx \cdots (41)$$

この視差評価値R(kx)は、第1の演算バッファ141aのデータBc1と、x軸方向にkxだけy軸方向にkyだけ離れた領域における第2の演算バッファ141bのデータBc2と

がどれだけ相関があるかを示し、値が小さいほど相関が大きい（よく似ている）ことを示す。ここで、第1の演算バッファ141aのデータBc1は、第1の撮像信号I1を転送したものであり、第2の演算バッファ141bのデータBc2は、第4の撮像信号I4を転送したものであるため、視差評価値R(kx)は、第1の撮像信号I1と対応する第4の撮像信号I4とがどれだけ相関があるかを示すことになる。

[0128] 図25は、本発明の実施の形態1に係る撮像装置の第1の撮像信号と第4の撮像信号とを利用したときの視差演算における視差と視差評価値との関係を説明するための図である。図25のように、視差評価値R(kx)はずらし量kxの値によって変化し、ずらし量 $kx = \Delta$ のとき極小値を持つ。第1の演算バッファ141aのデータBc1は、当該データBc1をx軸方向に $\Delta$ だけy軸方向に $\Delta \times Dy/Dx$ だけ移動した領域に存在する第2の演算バッファ141bのデータBc2と最も相関がある（最も似ている）ことを示す。したがって、第1の演算バッファ141aのデータBc1と第2の演算バッファ141bのデータBc2とのx軸方向の視差が $\Delta$ である（y軸方向の視差が $\Delta \times Dy/Dx$ である）ことが分かる。そして、このときの視差 $\Delta$ を第1の撮像信号と第4の撮像信号とを利用したときのブロックB(ibx, iby)における視差値 $\Delta 14(ibx, iby)$ として保存する。

[0129] 次に、第1の撮像信号と第4の撮像信号を利用したときのブロックB(ibx, iby)における視差値 $\Delta 14(ibx, iby)$ の信頼度を演算する。図26は、本発明の実施の形態1に係る撮像装置において、第1の撮像信号と第4の撮像信号とを利用したときの視差演算における視差評価値の信頼度の演算領域を説明するための図である。データBc1は、第1の演算バッファ141aの領域内に格納されたデータである。また、データBc2は、データBc1をx軸方向に $\Delta 14(ibx, iby)$ だけy軸方向に $\Delta 14(ibx, iby) \times Dy/Dx$ だけ移動した第2の演算バッファ141bにおけるデータである。そして、下記式(42)のように、それぞれの領域のデータBc1(x, y)、Bc2(x +  $\Delta 14(ibx, iby)$ , y +  $\Delta 14(ibx, iby) \times Dy/Dx$ )について、正規化相関係数を第1の撮像信号と第4の撮像信号とを利用し

たときのブロックB(ibx, iby)における信頼度E14(ibx, iby)とする。ΣΣはx軸方向とy軸方向の総和を示し、x軸方向に0~HB-1(ここでは31)、y軸方向に0~VB-1(ここでは31)まで変化させる。次に、ステップS1560を実行する。

- [0130] E14(ibx, iby)
- $$= \sum \sum (Bc1(x, y) - avg1) (Bc2(x + \Delta 14(ibx, iby), y + \Delta 14(ibx, iby) * Dy/Dx) - avg2)$$
- $$/ \sum \sum (Bc1(x, y) - avg1) (Bc1(x, y) - avg1)$$
- $$/ \sum \sum (Bc2(x + \Delta 14(ibx, iby), y + \Delta 14(ibx, iby) * Dy/Dx) - avg2)$$
- $$(Bc2(x + \Delta 14(ibx, iby), y + \Delta 14(ibx, iby) * Dy/Dx) - avg2)$$
- $$avg1 = \sum \sum Bc1(x, y) / (HB * VB)$$
- $$avg2 = \sum \sum Bc2(x + \Delta 14(ibx, iby), y + \Delta 14(ibx, iby)) / (HB * VB) \dots (42)$$
- ステップS1560において、ブロックインデックスibに1を加える。次に、ステップS1570を実行する。

- [0131] ステップS1570において、第1の撮像信号と第4の撮像信号とを利用した視差演算を終了するかどうかを判断する。ブロックインデックスibがNh\*Nv未満のとき(S1570でNO)、次のブロックの視差を演算するために、ステップS1530に戻る。一方、ブロックインデックスibがNh\*Nv以上のとき(S1570でYES)、全てのブロックの視差を演算したと判断し、次に、ステップS1580を実行する。

- [0132] ステップS1580において、第1の撮像信号と第4の撮像信号とを利用した視差演算を終了し、上位ルーチンへ戻る。

- [0133] このようにして、第1の撮像信号と第4の撮像信号とを利用した視差演算において、ブロックインデックスibで示される32x32画素のブロックB(ibx, iby)について、視差量Δ14(ibx, iby)とその信頼度E14(ibx, iby)とが求められた。ここで、14は第1の撮像信号と第4の撮像信号とを利用していることを示し、(ibx, iby)は図12において各ブロックの下段に示される座標を示す(ibxは0からNh-1まで、ibyはVh-1まで変化する)。次

に、図10のステップS1250を実行する。

[0134] ステップS1250において、視差を選択する。それぞれのブロックに対し、信頼度 $E_{12}(ibx, iby)$ 、 $E_{13}(ibx, iby)$ 、および $E_{14}(ibx, iby)$ を比較し、最大の信頼度を与える視差をそのブロックでの視差 $\Delta(ibx, iby)$ とする。なお、 $x$ 軸方向の視差に合わせるように、下記式(43)の変換を行う。次に、ステップS1260を実行する。

[0135]  $\Delta(ibx, iby) = \Delta_{12}(ibx, iby)$   $E_{12}(ibx, iby)$ が最大るとき  
 $\Delta(ibx, iby) = \Delta_{13}(ibx, iby) * Dx/Dy$   $E_{13}(ibx, iby)$ が最大るとき  
 $\Delta(ibx, iby) = \Delta_{14}(ibx, iby)$   $E_{14}(ibx, iby)$ が最大るとき … (43)

ステップS1260において、距離演算部143は、距離演算を行い、その結果を、順次、第2の出力バッファ137bに、距離データとして転送する。前述のように式(7)に基づき距離を演算する。すなわち、視差 $\Delta(ibx, iby)$ を持つブロックにおける被写体の距離 $L(ibx, iby)$ は、下記式(44)のように演算される。なお、 $f$ はレンズ部113の焦点距離であり、 $Dx$ は各レンズ部113a~113dの $x$ 軸方向の間隔であり、 $p$ は撮像素子の素子間隔である。次に、ステップS1270を実行する。

[0136]  $L(ibx, iby) = f * Dx / p / \Delta(ibx, iby)$  … (44)

ステップS1270において、演算動作を終了し、上位ルーチンへ戻る。次に、ステップS1910を実行する。

[0137] 本実施の形態の撮像装置が以上のように構成されて動作することにより、以下の効果が奏される。

[0138] 以上のとおり、実施の形態1の撮像装置は、温度センサ126によりレンズアレイ113の周囲温度を計測し、温度値 $Th$ として入力する。そして、レンズアレイ113が略円形であるために等方的に膨張することを利用し、式(14)及び(15)によって、レンズアレイ113の各レンズ部の光軸の間隔を求め、その間隔の半分だけ光軸が変化するものとして、座標変換テーブルを作成する。このことにより、温度が変化しレンズアレイ113が変形

しても、光軸の位置を正しく補償することができるため、温度の影響を低減した視差を得て、この視差に基づき正しい距離計測ができる。また、温度センサ126により検知された温度に基づき複数のレンズ部の間隔の変化量を求め、複数のレンズの光軸原点をその変化量の半分だけ移動させて、光軸原点周りの歪みをなくすように画像を補正することにより、正しく歪みの影響を低減できるため、視差の検知及び距離測定を高精度に行うことができる。

[0139] 温度によりレンズ部の光軸の位置が変化すると、撮影される画像が移動することになる。例えば、自動車の前方監視に撮像装置を利用する場合、その撮像装置により得られた画像中心を運転者が見た画像の中心に合わせても、温度が変化すると画像中心がずれる。そのため、運転者は違和感を覚える。これに対し、実施の形態1の撮像装置の場合、温度が変化しても、画像中心の変化を抑制することができる。そのため、自動車の前方監視にも適した撮像装置を実現することができる。

[0140] なお、光軸中心から離れるほど歪曲が大きくなり、測距精度は一般的に悪くなる。本実施の形態の撮像装置によれば、光軸を上記のように補償することにより、歪曲が大きい領域の利用を避けるという効果も期待できる。

[0141] 一組のレンズ部に対応した撮像信号において、それぞれのレンズ部の光軸中心を結ぶ直線に平行な形状をなす撮像対象に対しては、それぞれのレンズ部により得られる撮像信号において同一形状となるため、視差を求めることができない。実施の形態1の撮像装置によれば、3つの撮像信号の組（第1の撮像信号I1及び第2の撮像信号I2、第1の撮像信号I1及び第3の撮像信号I3、並びに第1の撮像信号I1及び第4の撮像信号I4）を選択し、それぞれの組に対しそれぞれの視差 $\Delta 12(ibx, iby)$ 、 $\Delta 13(ibx, iby)$ 、及び $\Delta 14(ibx, iby)$ を得る。このことにより、1つの組で正しく視差を求められない撮像対象であっても、他の組で正しく視差を求めることができるため、その視差に基づき距離を計測できる。例えば、水平な線状の撮像対象は、水平方向に並べられた組（第1の撮像信号I1及び第2の撮像信号I2）からは距離を計測することができないが、鉛直方向に並べられた組（第1の撮像信号I1及び第3の撮像

信号13、並びに第2の撮像信号12及び第4の撮像信号14)、及び斜めに並べられた組(第1の撮像信号11及び第4の撮像信号14)を用いることにより、距離を計測することができる。そのため、多様な形状の撮像対象に対応することができる。

[0142] また、実施の形態1の撮像装置によれば、複数の前記視差の信頼度( $E_{12}(ibx, iby)$ 、 $E_{13}(ibx, iby)$ 、及び $E_{14}(ibx, iby)$ )をそれぞれ演算し、ブロックB( $ibx, iby$ )毎に、視差( $\Delta_{12}(ibx, iby)$ 、 $\Delta_{13}(ibx, iby)$ 、及び $\Delta_{14}(ibx, iby)$ )のうち信頼度が最も大きい視差 $\Delta(ibx, iby)$ を特定し、その視差 $\Delta(ibx, iby)$ に基づいて距離を演算する。このように、信頼性が高い視差 $\Delta(ibx, iby)$ に基づき視差演算するため、信頼性が高い距離計測が可能となる。また、全ての組の視差( $\Delta_{12}(ibx, iby)$ 、 $\Delta_{13}(ibx, iby)$ 、及び $\Delta_{14}(ibx, iby)$ )において距離演算を行わず、信頼性が高い視差( $\Delta(ibx, iby)$ )のみの距離演算を行うため、高速な距離計測が可能となる。

[0143] なお、実施の形態1に係る撮像装置において、温度センサ126は、基板121上に配設されている。このように、温度センサ126を基板121上に配設する場合、基板121上の配線を用いて温度センサ126と温度センサ信号入力部139aとを接続すればよいため、実装が容易であるという利点がある。しかし、このような構成に限定されるわけではない。温度センサ126は、レンズアレイ113近傍の基板121の温度を検出しているが、その目的は、レンズアレイ113の温度を検出することにある。レンズアレイ113の温度は直接または間接的に検出することができる。レンズアレイ113の温度を間接的に検出するには、レンズアレイ113の温度と相関関係を有する温度あるいは温度以外の物理量を検出すればよい。そして、それらをレンズアレイ113の温度に補正し、あるいはレンズアレイ113の温度との差異を見込むことによって、それらを、直接検出するレンズアレイ113の温度の代わりに用いることができる。本実施の形態では、この観点から、レンズアレイ113近傍の基板121の温度を検出している。従って、これ以外に、例えば、温度センサ126をパッケージ122内部の撮像素子

123に並列して配設するようにしてもよい。この場合、撮像素子123の近傍に温度センサ126が配置されるため、温度センサ126の実装時にゴミ等が撮像素子123に付着しないようにする配慮が必要となるものの、レンズアレイ113により近くなることにより、温度検出の精度が増す。その結果、光軸の変化をより正しく補正し、歪曲をより正しく補正することができるので、距離測定精度を向上させることができる。

[0144] また、SLSI125の一部が温度センサ126となるような製造プロセスを用いてSLSI125を作成してもよい。この場合、温度センサ126を実装する必要がないため、その分だけ実装コストを低減できる。

[0145] また、温度センサ126が、鏡筒111の外壁または内壁に貼設されていてもよい。この場合、温度センサ126の配線に考慮が必要だが、レンズアレイ113に近い鏡筒111に温度センサ126を配置することができるため、温度検出の精度が増す。よって、光軸の変化をより正しく補正し、歪曲をより正しく補正することができ、距離測定精度を向上させることができる。また、鏡筒111の内部に埋設されていてもよい。この場合、温度センサ126の配線及び鏡筒111の製造方法に考慮が必要だが、レンズアレイ113に近い鏡筒111の内部に温度センサ126を配置することができるため、同様にして距離測定精度を向上させることができる。

[0146] また、温度センサ126をレンズアレイ113の適宜の位置に配設し、適宜配線により接続してもよい。この場合、温度センサ126の配線に考慮が必要だが、レンズアレイ113に温度センサ126を直接配設するため、さらに温度検出の精度が増し、その結果距離測定精度を向上させることができる。また、レンズ部の内部に埋設されていてもよい。この場合、温度センサ126の配線及びレンズアレイ113の製造方法に考慮が必要だが、レンズアレイ113の内部に温度センサ126を配置するため、さらに温度検出の精度が増し、距離測定精度を向上させることができる。

[0147] また、実施の形態1に係る撮像装置において、レンズアレイ113は略円形に成型されているが、これに限定されない。図27は、実施の形態1の変



形例に係る撮像装置のレンズアレイの構成を示す平面図である。図 27 (a) に示すレンズアレイ 113A のように、長形状に成型されてもよい。さらに、図 27 (b) に示すレンズアレイ 113B のように、その端面等に平面方向に伸びる突起等が設けられていてもよい。このようにレンズアレイが略円形でない構成においても、レンズ部はほぼ等方に膨張するため、実施の形態 1 と同様に動作させることにより、実施の形態 1 の場合と同様の効果を得ることができる。

[0148] (実施の形態 2)

本発明の実施の形態 1 に係る撮像装置は、レンズアレイ 113 が略円形に成型され、各レンズ部 (第 1 のレンズ部 113a、第 2 のレンズ部 113b、第 3 のレンズ部 113c、および第 4 のレンズ部 113d) がレンズアレイ 113 の中心から同一距離に配置されている。そして、温度センサ 126 によって検知された温度に基づきレンズアレイ 113 の各レンズ部の光軸の間隔の変化量を求め、各レンズ部の光軸原点を変化量の半分だけ移動し、光軸原点周りの歪みをなくすように画像を補正する。これにより、温度が変化しても正しく歪みの影響を低減できるため、高精度な視差を検知し、それゆえ高精度に距離測定する撮像装置を実現した。また、温度が変化しても、画像中心が変化しない撮像装置を実現した。

[0149] これに対し、本発明の実施の形態 2 に係る撮像装置は、レンズアレイの中心から同一距離に配置されない各レンズ部を備えている。このように、各レンズ部がレンズアレイの中心から同一距離に配置されない場合においても、温度変化に影響されることなく高精度な視差を検知し、それゆえ高精度に距離測定し、かつ、画像中心の変化を抑制することができる。

[0150] 実施の形態 2 の撮像装置は、実施の形態 1 のレンズアレイ 113 をレンズアレイ 213 に置換え、さらに、実施の形態 1 の温度補償部 139b を温度補償演算部 239b に置き換えたものである。その他の構成は実施の形態 1 と同様であり、同一の符号を付与し、説明を省略する。

[0151] 図 28 は、本発明の実施の形態 2 に係る撮像装置のレンズアレイの構成を

示す平面図である。レンズアレイ 2 1 3 は、略円盤状であり、光学ガラス材や透明樹脂などから形成され、第 1 のレンズ部 2 1 3 a、第 2 のレンズ部 2 1 3 b、第 3 のレンズ部 2 1 3 c、および第 4 のレンズ部 2 1 3 d が基盤目状に配置される。第 1 ~ 第 4 のレンズ部 2 1 3 a ~ 2 1 3 d の配置方向に沿って、図 2 8 に示すように x 軸及び y 軸を設定する。第 1 のレンズ部 2 1 3 a、第 2 のレンズ部 2 1 3 b、第 3 のレンズ部 2 1 3 c、および第 4 のレンズ部 2 1 3 d において、被写体側から入射した光は、撮像素子 1 2 3 側へ射出し、撮像素子 1 2 3 上に 4 つの像を結像する。なお、図 2 8 に示すように、第 1 のレンズ部 2 1 3 a の光軸と第 2 のレンズ部 2 1 3 b の光軸とは、水平方向 (x 軸方向) では  $D_x$  だけ離れ、垂直方向 (y 軸方向) では一致しており、レンズアレイ 2 1 3 の中心 2 1 3 o を通る y 軸方向の軸に対して対称な位置に配置される。そして、第 1 のレンズ部 2 1 3 a の光軸と第 2 のレンズ部 2 1 3 b の光軸とは、レンズアレイ 2 1 3 の中心 2 1 3 o から y 軸方向に  $D_{y1}$  だけ離れて配置される。また、第 3 のレンズ部 2 1 3 c の光軸と第 4 のレンズ部 2 1 3 d の光軸とは、水平方向 (x 軸方向) では  $D_x$  だけ離れ、垂直方向 (y 軸方向) では一致しており、レンズアレイの中心 2 1 3 o を通る y 軸方向の軸に対して対称な位置に配置される。そして、第 3 のレンズ部 2 1 3 c の光軸と第 4 のレンズ部 2 1 3 d の光軸とは、レンズアレイ 2 1 3 の中心 2 1 3 o から y 軸方向に  $D_{y2}$  だけ離れて配置される。

- [0152] 温度補償演算部 1 3 9 b は、温度値  $Th$  に基づき、前処理部 1 3 5 にて利用される座標変換テーブル  $tx1(x, y)$ 、 $ty1(x, y)$ 、 $tx2(x, y)$ 、 $ty2(x, y)$ 、 $tx3(x, y)$ 、 $ty3(x, y)$ 、 $tx4(x, y)$ 、 $ty4(x, y)$  を生成する。レンズアレイ 2 1 3 の温度が上昇した場合、各レンズ部 2 1 3 a ~ 2 1 3 d が膨張する。この場合、レンズアレイ 2 1 3 は略円形であるため、図 2 8 において矢印で示すように、各レンズ部 2 1 3 a ~ 2 1 3 d の光軸中心がレンズアレイ 2 1 3 の中心 2 1 3 o に対してレンズ外側に移動する。この移動量は、レンズアレイ 2 1 3 の中心 2 1 3 o から各レンズ部 2 1 3 a ~ 2 1 3 d の光軸までの距離に略比例する。すなわち、温度上昇によるレンズアレイ 2 1 3 の膨張に伴う第 1 のレン

ズ部 2 1 3 a の x 軸方向の移動量  $dbx1$  及び y 軸方向の移動量  $dby1$  は、撮像素子 1 2 3 の画素間隔を単位として、下記式 (4 5) 及び (4 6) のように表される。ここで、 $Dx/2$  は基準温度  $Th0$  におけるレンズアレイ 2 1 3 の中心 2 1 3 o を通る x 軸方向の軸と第 1 のレンズ部 2 1 3 a の光軸との距離であり、 $Dy1$  は同じく y 軸方向の軸と第 1 のレンズ部 2 1 3 a の光軸との距離である。また、 $aL$  はレンズアレイ 2 1 3 の熱線膨張率であり、 $aS$  は撮像素子 1 2 3 の熱線膨張率であり、 $Th$  は前述のように温度値であり、 $Th0$  は基準温度であり、 $p$  は撮像素子 1 2 3 の画素間隔である。

- [0153] また、温度上昇によるレンズアレイ膨張に伴う第 2 のレンズ部 2 1 3 b の x 軸方向の移動量  $dbx2$  及び y 軸方向の移動量  $dby2$  は、撮像素子 1 2 3 の画素間隔を単位として、下記式 (4 7) 及び (4 8) のように表される。ここで、 $Dx/2$  は基準温度  $Th0$  におけるレンズアレイ 2 1 3 の中心 2 1 3 o を通る x 軸方向の軸と第 2 のレンズ部 2 1 3 b の光軸との距離であり、 $Dy1$  は同じく y 軸方向の軸と第 2 のレンズ部 2 1 3 b の光軸との距離である。また、温度上昇によるレンズアレイ膨張に伴う第 3 のレンズ部 2 1 3 c の x 軸方向の移動量  $dbx3$  及び y 軸方向の移動量  $dby3$  は、撮像素子 1 2 3 の画素間隔を単位として、下記式 (4 9) 及び (5 0) のように表される。ここで、 $Dx/2$  は基準温度  $Th0$  におけるレンズアレイの中心 2 1 3 o を通る x 軸方向の軸と第 3 のレンズ部 2 1 3 c の光軸との距離であり、 $Dy2$  は同じく y 軸方向の軸と第 3 のレンズ部 2 1 3 c の光軸との距離である。さらに、温度上昇によるレンズアレイ膨張に伴う第 4 のレンズ部 2 1 3 d の x 軸方向の移動量  $dbx4$  及び y 軸方向の移動量  $dby4$  は、撮像素子 1 2 3 の画素間隔を単位として、下記式 (5 1) 及び (5 2) のように表される。ここで、 $Dx/2$  は基準温度  $Th0$  におけるレンズアレイの中心 2 1 3 o を通る軸と第 4 のレンズ部 2 1 3 d の光軸との距離であり、 $Dy2$  は同じく y 軸方向の軸と第 4 のレンズ部 2 1 3 d の光軸との距離である。

[0154]  $dbx1 = (Dx/2) \times (aL - aS) \times (Th - Th0) / p \cdots (4 5)$

$$dby1 = Dy1 \times (aL - aS) \times (Th - Th0) / p \cdots (4 6)$$

$$dbx2 = (Dx/2) \times (aL - aS) \times (Th - Th0) / p \cdots (4 7)$$

$$dby2 = Dy1 \times (aL - aS) \times (Th - Th0) / p \cdots (48)$$

$$dbx3 = (Dx/2) \times (aL - aS) \times (Th - Th0) / p \cdots (49)$$

$$dby3 = Dy2 \times (aL - aS) \times (Th - Th0) / p \cdots (50)$$

$$dbx4 = (Dx/2) \times (aL - aS) \times (Th - Th0) / p \cdots (51)$$

$$dby4 = Dy2 \times (aL - aS) \times (Th - Th0) / p \cdots (52)$$

撮像装置は、上述の温度上昇に伴う移動量だけ、各撮像信号を補正する。すなわち、第1の撮像信号 $I1(x, y)$ 用の変換テーブル $tx1(x, y)$ 及び $ty1(x, y)$ を下記式(53)、(54)及び(55)のように生成する。ここで、 $(x01, y01)$ は撮像信号 $I0$ における歪みがないときの原点座標、 $(xc1, yc1)$ は撮像信号 $I1(x, y)$ における基準温度 $Th0$ での光軸中心座標、 $(-dbx1, -dby1)$ は温度上昇による光軸中心の移動量、 $kd2$ 及び $kd4$ は歪曲係数である。なお、式(55)における $\wedge 2$ は二乗値を示す。また、第2の撮像信号 $I2(x, y)$ 用の変換テーブル $tx2(x, y)$ 及び $ty2(x, y)$ を下記式(56)、(57)及び(58)のように生成する。ここで、 $(x02, y02)$ は撮像信号 $I0$ における歪みがないときの原点座標、 $(xc2, yc2)$ は撮像信号 $I2(x, y)$ における基準温度 $Th0$ での光軸中心座標、 $(+dbx2, -dby2)$ は温度上昇による光軸中心の移動量、 $kd2$ 及び $kd4$ は歪曲係数である。なお、式(58)における $\wedge 2$ は二乗値を示す。また、第3の撮像信号 $I3(x, y)$ 用の変換テーブル $tx3(x, y)$ 及び $ty3(x, y)$ を下記式(59)、(60)及び(61)のように生成する。ここで、 $(x03, y03)$ は撮像信号 $I0$ における歪みがないときの原点座標、 $(xc3, yc3)$ は撮像信号 $I3(x, y)$ における基準温度 $Th0$ での光軸中心座標、 $(-dbx3, +dby3)$ は温度上昇による光軸中心の移動量、 $kd2$ 及び $kd4$ は歪曲係数である。なお、式(61)における $\wedge 2$ は二乗値を示す。また、第4の撮像信号 $I4(x, y)$ 用の変換テーブル $tx4(x, y)$ 及び $ty4(x, y)$ を下記式(62)、(63)及び(64)のように作成する。ここで、 $(x04, y04)$ は撮像信号 $I0$ における歪みがないときの原点座標、 $(xc4, yc4)$ は撮像信号 $I4(x, y)$ における基準温度 $Th0$ での光軸中心座標、 $(+dbx4, +dby4)$ は温度上昇による光軸中心の移動量、 $kd2$ 及び $kd4$ は歪曲係数である。なお、式(64)における $\wedge 2$ は二乗値を示す。

$$[0155] \quad tx1(x, y) = x01 + xc1 + \{x - xc1 - dbx1\} \times (1 + kd2 \times r2 + kd4 \times r4) \quad \dots (53)$$

$$ty1(x, y) = y01 + yc1 + \{y - yc1 - dby1\} \times (1 + kd2 \times r2 + kd4 \times r4) \quad \dots (54)$$

$$r2 = \{x - xc1 - dbx1\}^2 + \{y - yc1 - dby1\}^2, r4 = r2^2 \quad \dots (55)$$

$$tx2(x, y) = x02 + xc2 + \{x - xc2 + dbx2\} \times (1 + kd2 \times r2 + kd4 \times r4) \quad \dots (56)$$

$$ty2(x, y) = y02 + yc2 + \{y - yc2 - dby2\} \times (1 + kd2 \times r2 + kd4 \times r4) \quad \dots (57)$$

$$r2 = \{x - xc2 + dbx2\}^2 + \{y - yc2 - dby2\}^2, r4 = r2^2 \quad \dots (58)$$

$$tx3(x, y) = x03 + xc3 + \{x - xc3 - dbx3\} \times (1 + kd2 \times r2 + kd4 \times r4) \quad \dots (59)$$

$$ty3(x, y) = y03 + yc3 + \{y - yc3 + dby3\} \times (1 + kd2 \times r2 + kd4 \times r4) \quad \dots (60)$$

$$r2 = \{x - xc3 - dbx3\}^2 + \{y - yc3 + dby3\}^2, r4 = r2^2 \quad \dots (61)$$

$$tx4(x, y) = x04 + xc4 + \{x - xc4 + dbx4\} \times (1 + kd2 \times r2 + kd4 \times r4) \quad \dots (62)$$

$$ty4(x, y) = y04 + yc4 + \{y - yc4 + dby4\} \times (1 + kd2 \times r2 + kd4 \times r4) \quad \dots (63)$$

$$r2 = \{x - xc4 + dbx4\}^2 + \{y - yc4 + dby4\}^2, r4 = r2^2 \quad \dots (64)$$

なお、歪みが生じない場合、上記の座標変換テーブルを用いてなされる座標変換は、下記式(65)乃至(68)のように、撮像信号 $I_0(x, y)$ から画像を切り出し、その後、下記式(69)乃至(72)のように、平行移動することに相当する。

$$[0156] \quad I1(x, y) = I_0(x + x01, y + y01) \quad \dots (65)$$

$$I2(x, y) = I_0(x + x02, y + y02) \quad \dots (66)$$

$$I3(x, y) = I_0(x + x03, y + y03) \quad \dots (67)$$

$$I4(x, y) = I_0(x + x04, y + y04) \quad \dots (68)$$

$$l1(x, y) = l1(x-dbx1, y-dby1) \cdots (69)$$

$$l2(x, y) = l2(x+dbx2, y-dby2) \cdots (70)$$

$$l3(x, y) = l3(y-dbx3, x+dby3) \cdots (71)$$

$$l4(x, y) = l4(x+dbx4, y+dby4) \cdots (72)$$

本実施の形態の撮像装置が以上のように構成されて動作することにより、実施の形態 1 と同様の効果が奏される。

[0157] (実施の形態 3)

本発明の実施の形態 3 に係る撮像装置は、温度毎の係数を持ち、温度センサにより検知された温度に基づき複数のレンズの光軸の間隔の変化量を求め、複数のレンズの光軸原点を変化量の半分だけ移動し、光軸原点周りの歪みをなくすように画像を補正する。これにより、小規模の回路で歪みの影響を適切に低減できるため、高精度な視差を検知でき、低コストで高精度に距離測定できる。

[0158] 実施の形態 3 の撮像装置は、実施の形態 1 の撮像装置 101 のシステム L S I 125 をシステム L S I 225 に変更したものである。その他の構成は、実施の形態 1 の撮像装置と同様であり、説明を省略する。

[0159] S L S I 225 は、後述の方法で、撮像素子 123 を駆動し、撮像素子 123 からの電気情報を入力し、各種演算を行い、上位 CPU と通信を行い、外部に画像情報や距離情報などを出力する。なお、S L S I 225 は、電源（例えば 3.3V）とグランド（例えば、0V）に接続される。

[0160] 次に、光軸中心の温度補償の原理を説明する。図 2 の矢印のように、温度上昇に伴いレンズアレイ 113 が膨張し光軸中心がレンズ外側に移動する。レンズアレイが温度上昇に比例し等方的に膨張すると仮定すると、光軸中心の間隔は、下記式 (109)、(110) で表される。ここで、dbx は温度上昇に伴う光軸間隔の x 方向の変化量であり、単位は撮像素子 123 の受光素子の間隔である。また、dby は温度上昇に伴う光軸間隔の y 方向の変化量であり、単位は撮像素子 122 の受光素子の間隔である。また、Dx は基準温度  $T_{h0}$  における x 方向のレンズ間の光軸の間隔であり、Dy は基準温度  $T_{h0}$

における y 方向のレンズ間の光軸の間隔であり、 $a_L$ はレンズアレイ 1 1 3 の熱線膨張率であり、 $a_S$ は撮像素子 1 2 3 の熱線膨張率であり、 $T$ は温度であり、 $T_{h0}$ は基準温度であり、 $p$ は撮像素子 1 2 3 の受光素子の間隔である。

$$[0161] \quad dbx = Dx * (a_L - a_S) * (T - T_{h0}) / p \dots (109)$$

$$dby = Dy * (a_L - a_S) * (T - T_{h0}) / p \dots (110)$$

そして、温度上昇に伴い各レンズ部の光軸中心は等方的に膨張するため、図 2 のように、温度上昇に伴うレンズ間の光軸間隔の変化の半分（x 方向に  $p*dbx/2$ 、y 方向に  $p*dby/2$ ）だけ移動する。すなわち、第 1 のレンズ部 1 1 3 a の光軸中心は、x 方向に  $-p*dbx/2$ 、y 方向に  $-p*dby/2$  だけ移動する。また、第 2 のレンズ部 1 1 3 b の光軸中心は、x 方向に  $+p*dbx/2$ 、y 方向に  $-p*dby/2$  だけ移動する。また、第 3 のレンズ部 1 1 3 c の光軸中心は、x 方向に  $-p*dbx/2$ 、y 方向に  $+p*dby/2$  だけ移動する。また、第 4 のレンズ部 1 1 3 d の光軸中心は、x 方向に  $+p*dbx/2$ 、y 方向に  $+p*dby/2$  だけ移動する。

[0162] したがって、温度  $T$  を検知し、その温度  $T$  からレンズアレイ 1 1 3 の各レンズ間の光軸の間隔の変化  $dbx$ ,  $dby$  を求め、その変化  $dbx$ ,  $dby$  の半分だけレンズアレイ 1 1 3 の各レンズの光軸が移動すると推定し補償することにより、温度変化に伴うレンズアレイ 1 1 3 の膨張の影響を低減し、正確な視差を求めることができ、それゆえ、正確な距離を求めることができる。

[0163] 次に、焦点距離の温度補正を説明する。レンズアレイ 1 1 3 が樹脂から構成されるとき、温度上昇に伴い屈折率が小さくなり、それゆえ、焦点距離が長くなり、撮像素子 1 2 3 に結像される像が大きくなり（倍率が大きくなり）、視差が長くなる。そこで、温度  $T$  を検知し、その温度  $T$  から焦点距離の変化を推定し、推定された焦点距離  $f$  を式 (7) に代入することにより、温度変化に伴うレンズアレイ 1 1 3 の焦点距離の変化の影響を低減し、正確な視差を求めることができ、それゆえ、正確な距離を求めることができる。なお、式 (7) の焦点距離  $f$  を一定として、その分だけ像の倍率が変化するものとして撮像信号を補正してもよい。

[0164] 次に、鏡筒伸びの温度補正を説明する。鏡筒 1 1 1 が樹脂から構成される

とき、温度上昇に伴い鏡筒 1 1 1 が伸び、それゆえ、レンズアレイ 1 1 3 の主点から撮像素子 1 2 3 の受光面までの距離が長くなり、撮像素子 1 2 3 に結像される像が大きくなり（倍率が大きくなり）、視差が大きくなる。そこで、温度 T を検知し、その温度 T から鏡筒 1 1 1 の長さの変化を推定し、倍率の変化を推定し補償することにより、温度変化に伴う鏡筒 1 1 1 の伸びの影響を低減し、正確な視差を求めることができ、それゆえ、正確な距離を求めることができる。

[0165] 次に、本発明の実施の形態 3 に係る撮像装置の動作を説明する。図 29 は、本発明の実施の形態 3 に係る撮像装置の構成を示すブロック図である。S L S I 2 2 5 は、システム制御部 1 3 1、撮像素子駆動部 1 3 2、撮像信号入力部 1 3 3、温度センサ信号入力部 2 3 4、入出力部 2 3 5、係数保存部 2 4 1、温度補償演算部 2 4 2、撮像信号補正部 2 4 3、および距離演算部 2 4 4 を有する。ここで、温度補償演算部 2 4 2 と撮像信号補正部 2 4 3 とは、温度補償／撮像信号補正部を構成している。

[0166] システム制御部 1 3 1 は、CPU（中央演算処理装置：Central Processing Unit）、ロジック回路などから構成され、S L S I 2 2 5 の全体を制御する。

[0167] 図 30 は、本発明の実施の形態 3 に係る撮像装置の動作を示すフローチャートである。S L S I 2 2 5 のシステム制御部 1 3 1 により、撮像装置は、このフローチャートのとおり動作する。なお、図 30 において、実施の形態 1 の図 9 A のフローチャートと同一又は相当するステップには同一の参照符号を付している。

[0168] ステップ S 1 0 1 0 において、撮像装置 1 0 1 は動作を開始する。例えば、上位 CPU（図示せず）が、入出力部 2 3 5 を介し、撮像装置 1 0 1 に動作の開始を命令することにより、撮像装置 1 0 1 は、動作を開始する。次に、ステップ S 1 0 2 0 を実行する。

[0169] ステップ S 1 0 2 0 において、撮像信号を入力する。撮像素子駆動部 1 3 2 は、ロジック回路などから構成され、システム制御部 1 3 1 の命令により



電子シャッターや転送を行うための信号撮像素子123を駆動する信号を発生し、この信号に応じた電圧を撮像素子122に印加する。撮像信号入力部133は、CDS回路（相関二重サンプリング回路：Correlated Double Sampling Circuit）、AGC（自動利得制御器：Automatic Gain Controller）、ADC（アナログ／デジタル変換器：Analog Digital Converter）が直列に接続されて構成され、撮像素子123からの電気信号が入力され、CDS回路により固定ノイズを除去し、AGCによりゲインを調整し、ADCによりアナログ信号からデジタル値に変換し撮像信号I0を出力する。ここで、撮像信号入力部133は、撮像信号I0(x,y)を、x方向にH0画素、y方向にV0画素だけ、I0(0,0)（(x,y)=(0,0)）、I0(1,0)、I0(2,0)、・・・、I0(H0-1,V0-1)の順に出力する。次に、ステップS1030を実行する。

[0170] ステップS1030において、温度センサ信号を入力する。温度センサ信号入力部234は、ADC（Analog Digital Converter：アナログ・デジタル変換器）などから構成され、温度センサ126からアナログ電圧信号である温度センサ信号を入力し、アナログ信号からデジタル値に変換し、温度センサ信号Tsとして出力する。例えば12bitのADCを用いると、温度センサ信号Tsは、0～4095までの値を取る。以下、温度センサ信号Tsは、12bitのADCを用いて作成されたものとして説明する。次に、ステップS1110を実行する。

[0171] ステップS1110において、各種の係数を温度補償する。温度補償演算部242は、温度センサ信号Tsを入力し、係数保存部241に保存されたデータを用いて、歪曲係数kd2, kd4、倍率(rx, ry)、第1のレンズ部113aの光軸中心(xc1, yc1)、第2のレンズ部113bの光軸中心(xc2, yc2)、第3のレンズ部113cの光軸中心(xc3, yc3)、第4のレンズ部113dの光軸中心(xc4, yc4)、焦点距離f、および各レンズ部のx方向の光軸間距離Dxを出力する。

[0172] 図31は、本発明の実施の形態3に係る係数保存部を説明するための図である。図31において、簡単のため、第1のレンズ部113aの光軸中心x

座標 $xc1$ のみが記述されている。図31のように、センサ温度信号 $T_s$ が0、256、512、768、1024、・・・、3840、4096のときの光軸中心 $x$ 座標 $xc1$ がそれぞれ $xc1_0$ 、 $xc1_{256}$ 、 $xc1_{512}$ 、 $xc1_{768}$ 、 $xc1_{1024}$ 、・・・、 $xc1_{3040}$ 、 $xc1_{4096}$ として係数保存部241に保存されている。そして、温度補償演算部242は、温度センサ値 $T_s$ に対応する光軸中心 $x$ 座標 $xc1$ を補間演算して作成する。例えば、温度センサ値 $T_s$ が512以上1024未満のとき、温度センサ信号 $T_s=512$ 、768のときの光軸中心 $x$ 座標 $xc1_{512}$ 、 $xc1_{768}$ を用いて、下記式(111)のように補間演算を行い、 $xc1$ を作成する。他の係数も同様に作成する。すなわち、第1のレンズ部113aの光軸中心 $y$ 座標 $yc1$ 、第2のレンズ部113bの光軸中心( $xc2$ ,  $yc2$ )、第3のレンズ部113cの光軸中心( $xc3$ ,  $yc3$ )、第4のレンズ部113dの光軸中心( $xc4$ ,  $yc4$ )、歪曲係数 $k2$ ,  $k4$ 、倍率( $rx$ ,  $ry$ )、焦点距離 $f$ 、および各レンズ部の $x$ 方向の光軸間距離 $Dx$ は、それぞれ係数保存部241に各温度での値が保存され、温度センサ信号 $T_s$ に関して補間演算を行って作成される。

$$[0173] \quad xc1 = xc1_{512} + (Ts-512)/(768-512)*(xc_{768}-xc1_{512}) \quad \dots (111)$$

なお、係数保存部241に保存される係数は以下のように作成され保存される。各レンズ部の光軸中心は、式(109)、(110)に基づき、下記式(112)、(113)のように、温度上昇に伴う光軸間の間隔の $x$ 方向の変化量 $dbx$ 、 $y$ 方向の変化量 $dby$ を演算し、その半分( $x$ 方向に $p*dbx/2$ 、 $y$ 方向に $p*dby/2$ )だけ光軸中心が移動するとして作成する。ここで、 $T(T_s)$ はADCによりデジタル値に変換された温度センサ信号 $T_s$ のときの物理的な温度を示す。具体的には、下記式(114)、(115)のように、第1のレンズ部113aの光軸中心( $xc1$ ,  $yc1$ )は、基準温度 $Th0$ における光軸中心( $xc10$ ,  $yc10$ )から $x$ 方向に $-dbx/2$ 、 $y$ 方向に $-dby/2$ だけ移動するように作成する。また、下記式(116)、(117)のように、第2のレンズ部113bの光軸中心( $xc2$ ,  $yc2$ )は、基準温度 $Th0$ における光軸中心( $xc20$ ,  $yc20$ )から $x$ 方向に $+dbx/2$ 、 $y$ 方向に $-dby/2$ だけ移動するように作成する。また、下記式(118)、(119)のように、第3のレンズ部113cの光軸中心( $xc3$ ,  $yc3$ )は、

基準温度 $Th_0$ における光軸中心 $(xc_{30}, yc_{30})$ から $x$ 方向に $-dbx/2$ 、 $y$ 方向に $+dby/2$ だけ移動するように作成する。また、第4のレンズ部113dの光軸中心 $(xc_4, yc_4)$ は、基準温度 $Th_0$ における光軸中心 $(xc_{40}, yc_{40})$ から $x$ 方向に $+dbx/2$ 、 $y$ 方向に $+dby/2$ だけ移動するように作成する。

$$[0174] \quad dbx = Dx * (aL - aS) * (T(Ts) - Th_0) / p \dots (112)$$

$$dby = Dy * (aL - aS) * (T(Ts) - Th_0) / p \dots (113)$$

$$xc_1 = xc_{10} - dbx/2 \dots (114)$$

$$yc_1 = yc_{10} - dby/2 \dots (115)$$

$$xc_2 = xc_{20} + dbx/2 \dots (116)$$

$$yc_2 = yc_{20} - dby/2 \dots (117)$$

$$xc_3 = xc_{30} - dbx/2 \dots (118)$$

$$yc_3 = yc_{30} + dby/2 \dots (119)$$

$$xc_4 = xc_{40} + dbx/2 \dots (120)$$

$$yc_4 = yc_{40} + dby/2 \dots (121)$$

歪曲係数 $k_2, k_4$ は、光学解析や実験などで各温度における値を求め、作成する。

[0175] 鏡筒の長さ $lk$ は下記式(122)のように推定される。ここで、 $Th_0$ は基準温度であり、 $lk_0$ は基準温度 $Th_0$ における鏡筒の長さであり、 $kk$ は鏡筒の熱線膨張率、 $T(Ts)$ は温度センサ信号 $Ts$ が示す温度センサの物理的な温度である。そこで、鏡筒の長さの変化の比率を倍率とする。具体的には、下記式(123)、(124)のように、 $x$ 方向の倍率 $rx$ 、 $y$ 方向の倍率 $ry$ として作成する。

$$[0176] \quad lk = lk_0 * \{1 + kk * (T(Ts) - Th_0)\} \dots (122)$$

$$rx = \{1 + kk * (T(Ts) - Th_0)\} \dots (123)$$

$$ry = \{1 + kk * (T(Ts) - Th_0)\} \dots (124)$$

焦点距離 $f$ は、光学解析や実験などで各温度における値を求め、作成する。

[0177]  $x$ 方向の光軸間距離 $Dx$ は、 $x$ 方向の光軸間距離の変化量が式(112)の $d$

bxで示されることより、このdbxを用いて下記式（125）のように作成する。

[0178]  $Dx = Dx0 + dbx * p \dots (125)$

なお、各温度で各種方法で測定された係数を保存してもよい。次に、ステップS1120を実行する。

[0179] ステップS1120において、画像を補正し切り出す。撮像信号補正部243は、撮像信号I0、歪曲係数kd2, kd4、倍率(rx, ry)、第1のレンズ部113aの光軸中心(xc1, yc1)、第2のレンズ部113bの光軸中心(xc2, yc2)、第3のレンズ部113cの光軸中心(xc3, yc3)、および第4のレンズ部113dの光軸中心(xc4, yc4)を入力し、撮像信号I0から各レンズ部により結像された被写体像を撮像した画像を切り出し、歪曲補正などの補正処理を行い、第1のレンズ部113aに対応する第1の撮像信号I1(x, y)、第2のレンズ部113bに対応する第2の撮像信号I2(x, y)、第3のレンズ部113cに対応する第3の撮像信号I3(x, y)、および第4のレンズ部113dに対応する第4の撮像信号I4(x, y)を出力する。

[0180] 図32は、本発明の実施の形態3に係る撮像装置の撮像信号の切り出し位置を説明するための図である。歪みがなく、温度によるレンズの膨張がない場合、図32のように、第1の撮像信号I1(x, y)は、撮像信号I0を原点(x01, y01)、x方向にH1画素、y方向にV1画素だけ切り出した領域の画像であり、第2の撮像信号I2(x, y)は、撮像信号I0を原点(x02, y02)、x方向にH1画素、y方向にV1画素だけ切り出した領域の画像であり、第3の撮像信号I3(x, y)は、撮像信号I0を原点(x03, y03)、x方向にH1画素、y方向にV1画素だけ切り出した領域の画像であり、第4の撮像信号I4(x, y)は、撮像信号I0を原点(x04, y04)、x方向にH1画素、y方向にV1画素だけ切り出した領域の画像である。実施の形態3の撮像装置は、熱膨張による光軸中心の移動、歪み補正、倍率補正を加味し、以下のような処理を行う。

[0181] 下記式（126）、（127）、（128）のように、歪曲係数kd2, kd4、倍率(rx, ry)、第1のレンズ部113aの光軸中心(xc1, yc1)を用いて、第1

の撮像信号用の参照先座標(tx1, ty1)を演算し、下記式(129)のように、第1の撮像信号用の参照先座標(tx1, ty1)を用いて撮像信号I0から第1の撮像信号I1(x, y)を演算する。なお、第1の撮像信号用の参照先座標(tx1, ty1)は、小数点を持ってよい。その場合、第1の撮像信号用の参照先座標(tx1, ty1)の整数部分を(tx1i, ty1i)とし、小数部分を(tx1f, ty1f)とし、下記式(130)のように4画素を利用し演算する。ここで、式(126)、(127)、(128)、(129)、(130)において、xに関して0からH1-1まで、yに関して0からV1-1までの演算を行う。同様に、下記式(131)、(132)、(133)のように、歪曲係数kd2, kd4、倍率(rx, ry)、第2のレンズ部113bの光軸中心(xc2, yc2)を用いて、第2の撮像信号用の参照先座標(tx2, ty2)を演算し、下記式(134)のように、第2の撮像信号用の参照先座標(tx2, ty2)を用いて撮像信号I0から第2の撮像信号I2(x, y)を演算する。また、下記式(135)、(136)、(137)のように、歪曲係数kd2, kd4、倍率(rx, ry)、第3のレンズ部113cの光軸中心(xc3, yc3)を用いて、第3の撮像信号用の参照先座標(tx3, ty3)を演算し、下記式(138)のように、第3の撮像信号用の参照先座標(tx3, ty3)を用いて撮像信号I0から第3の撮像信号I3(x, y)を演算する。また、下記式(139)、(140)、(141)のように、歪曲係数kd2, kd4、倍率(rx, ry)、第4のレンズ部113dの光軸中心(xc4, yc4)を用いて、第4の撮像信号用の参照先座標(tx4, ty4)を演算し、下記式(142)のように、第4の撮像信号用の参照先座標(tx4, ty4)を用いて撮像信号I0から第4の撮像信号I4(x, y)を演算する。なお、以下の式において、<sup>2</sup>は二乗演算を示し、<sup>4</sup>は四乗演算を示す。

$$[0182] \quad tx1 = x01 + xc1 + (x - xc1) * (1 + kd2 * r1^2 + kd4 * r1^4) * rx \cdot \cdot (126)$$

$$ty1 = y01 + yc1 + (y - yc1) * (1 + kd2 * r1^2 + kd4 * r1^4) * ry \cdot \cdot (127)$$

$$r1^2 = (x - xc1)^2 + (y - yc1)^2, r1^4 = (r1^2)^2 \cdot \cdot \cdot (128)$$

$$I1(x, y) = I0(tx1, ty1) \cdot \cdot \cdot (129)$$

$$\begin{aligned}
l1(x, y) &= (1 - tx1f) * (1 - ty1f) * l0(tx1i, ty1i) \\
&+ tx1f * (1 - ty1f) * l0(tx1i+1, ty1i) \\
&+ (1 - tx1f) * ty1f * l0(tx1i, ty1i+1) \\
&+ tx1f * ty1f * l0(tx1i+1, ty1i+1) \dots (130)
\end{aligned}$$

$$tx2 = x02 + xc2 + (x - xc2) * (1 + kd2 * r2^2 + kd4 * r2^4) * rx \dots (131)$$

$$ty2 = y02 + yc2 + (y - yc2) * (1 + kd2 * r2^2 + kd4 * r2^4) * ry \dots (132)$$

$$r2^2 = (x - xc2)^2 + (y - yc2)^2, r2^4 = (r2^2)^2 \dots (133)$$

$$l2(x, y) = l0(tx2, ty2) \dots (134)$$

$$tx3 = x03 + xc3 + (x - xc3) * (1 + kd2 * r3^2 + kd4 * r3^4) * rx \dots (135)$$

$$ty3 = y03 + yc3 + (y - yc3) * (1 + kd2 * r3^2 + kd4 * r3^4) * ry \dots (136)$$

$$r3^2 = (x - xc3)^2 + (y - yc3)^2, r2^4 = (r2^2)^2 \dots (137)$$

$$l3(x, y) = l0(tx3, ty3) \dots (138)$$

$$tx4 = x04 + xc4 + (x - xc4) * (1 + kd2 * r4^2 + kd4 * r4^4) * rx \dots (139)$$

$$ty4 = y04 + yc4 + (y - yc4) * (1 + kd2 * r4^2 + kd4 * r4^4) * ry \dots (140)$$

$$r4^2 = (x - xc4)^2 + (y - yc4)^2, r2^4 = (r2^2)^2 \dots (141)$$

$$l4(x, y) = l0(tx4, ty4) \dots (142)$$

なお、上記の変換において、歪みがなく、倍率を補正しないとき、下記式(143)、(144)、(145)、(146)のように、撮像信号 $l0(x, y)$ から画像を切り出し、その後、下記式(147)、(148)、(149)、(150)のように、平行移動することに相当する。次に、ステップS1200を実行する。

$$[0183] \quad l1(x, y) = l0(x + x01, y + y01) \dots (143)$$

$$l2(x, y) = l0(x + x02, y + y02) \dots (144)$$

$$l3(x, y) = l0(x + x03, y + y03) \dots (145)$$

$$l4(x, y) = l0(x + x04, y + y04) \dots (146)$$

$$l1(x, y) = l1(x-dbx/2, y-dby/2) \dots (147)$$

$$l2(x, y) = l2(x+dbx/2, y-dby/2) \dots (148)$$

$$l3(x, y) = l3(y-dbx/2, x+dby/2) \dots (149)$$

$$l4(x, y) = l4(x+dbx/2, y+dby/2) \dots (150)$$

ステップS 1 2 0 0において、距離を演算する。距離演算部 2 4 4は、第1の撮像信号I1、第2の撮像信号I2、第3の撮像信号I3、第4の撮像信号I4、焦点距離f、x方向の光軸間距離Dxを入力し、距離を演算し、距離データD1Sを出力する。

[0184] 図33は、本発明の実施の形態3に係る撮像装置の距離演算部の動作を示すフローチャートである。図33のフローチャートは、ステップS 1 2 0 0の動作の詳細を示す。ステップS 1 2 0 0の演算では、まず、ステップS 1 3 1 0を実行する。

[0185] ステップS 1 3 1 0において、演算の動作を開始する。次に、ステップS 1 3 3 0を実行する。

[0186] ステップS 1 3 3 0において、ブロックを分割する。

[0187] 図34は、本発明の実施の形態3に係る撮像装置において、ブロック分割を説明する図である。図34において、第1の撮像信号I1は、x方向にH B画素、y方向にV B画素を有する長形状のブロックに分割され、x方向にN h個、y方向にN v個のブロックを持つ。次に、ステップS 1 3 4 0を実行する。

[0188] ステップS 1 3 4 0において、ブロックを選択する。ステップS 1 3 1 0（図33）を実行後、初めてこのステップS 1 3 4 0を実行するときは(0, 0)で示されるブロックを選択し、以後、ステップS 1 3 4 0が実行されるときは、右側に順にずらしたブロックを選択する。なお、図34において右端のブロック（(N h-1, 0)、(N h-1, 1)、・・・で示されるブロック）を選択した次

は、1つ下の行の左端のブロック ((0, 1)、(0, 2)、・・・で示されるブロック) を選択する。すなわち、ステップS 1 3 1 0を実行後、初めてこのステップS 1 3 4 0を実行するときを0番目としたとき、i番目において(i%Nh, int(i/Nh))で示されるブロックを選択する。ここで、i%NhはiをNhで除算したときの剰余、int(i/Nh)はiをNhで除算したときの商の整数部である。以後このブロックを選択ブロックB(ih, iv)と呼ぶ。次に、ステップS 1 3 5 0を実行する。

[0189] ステップS 1 3 5 0において、視差演算する。まず、第1のレンズ撮像信号I1と第2のレンズ撮像信号I2との視差と視差信頼度とを演算する。最初に、第1のレンズ撮像信号I1と第2のレンズ撮像信号I2との視差評価値R12(kx)を演算する。ここで、kxは画像をどれだけずらすかを示すずらし量であり、kx=0、1、2、・・・、SBのように変化させる。

[0190] 図35は、本発明の実施の形態3に係る撮像装置において、第1の撮像信号と第2の撮像信号を利用したときの視差演算における視差評価値の演算領域を説明する図である。図35において、I1で示される領域は、第1のレンズ撮像信号I1の選択ブロックB(ih, iv)で選択された領域を示し、I2で示される領域は、選択ブロックの座標からx方向にkxだけずれた領域の第2のレンズ撮像信号I2である。ずらし量kx=0からSBについて、下記式(151)に示される絶対値差分総和(SAD: Sum of Absolute Differences)を演算し、視差評価値R12(kx)とする。すなわち、第1のレンズ撮像信号I1を基準として、視差評価値R12(kx)を演算する。

[0191] 
$$R12(kx) = \sum \sum |I1(x, y) - I2(x+kx, y)| \cdots (151)$$

この視差評価値R12(kx)は、選択ブロックB(ih, iv)の第1のレンズ撮像信号I1と選択ブロックからx方向にkxだけずれた領域における第2のレンズ撮像信号I2とがどれだけ相関があるかを示し、値が小さいほど相関が大きい(よく似ている)ことを示す。

[0192] 図36は、本発明の実施の形態3に係る撮像装置の第1の撮像信号と第2の撮像信号を利用したときの視差演算におけるずらし量と視差評価値との関



係を説明する図である。図36のように、視差評価値 $R12(kx)$ はずらし量 $kx$ の値によって変化し、ずらし量 $kx=\Delta$ のとき極小値を持つ。そのため、選択ブロック $B(ih, iv)$ の第1のレンズ撮像信号 $I1$ と選択ブロックから $x$ 方向に $\Delta$ だけずれた領域における第2のレンズ撮像信号 $I2$ とが最も相関が高い、すなわち、最も似ていることを示す。従って、選択ブロック $B(ih, iv)$ における第1のレンズ撮像信号 $I1$ と第2のレンズ撮像信号 $I2$ との視差が $\Delta$ であることが分かる。そこで、下記式(152)のように、この視差 $\Delta$ を選択ブロック $B(ih, iv)$ における第1のレンズ撮像信号 $I1$ と第2のレンズ撮像信号 $I2$ との視差値 $\Delta12(ih, iv)$ とし、下記式(153)のように、視差評価値 $R12(\Delta)$ を選択ブロック $B(ih, iv)$ における第1のレンズ撮像信号 $I1$ と第2のレンズ撮像信号 $I2$ との視差信頼度 $C12(ih, iv)$ とする。

$$[0193] \quad \Delta12(ih, iv) = \Delta \cdots (152)$$

$$C12(ih, iv) = R12(\Delta) \cdots (153)$$

次に、第1のレンズ撮像信号 $I1$ と第3のレンズ撮像信号 $I3$ との視差と信頼信頼度も同様に求める。ただし、ずらす方向を $y$ 方向に変更し、ずらし量を $ky$ とする。下記式(154)のように、選択ブロック $B(ih, iv)$ における第1のレンズ撮像信号 $I1$ と第3のレンズ撮像信号 $I3$ の視差評価値 $R13(ky)$ を求める。すなわち、第1のレンズ撮像信号 $I1$ を基準として、視差評価値 $R13(ky)$ を演算する。そして、最小値を与えるずらし量、すなわち視差 $\Delta$ を、下記式(155)のように、選択ブロック $B(ih, iv)$ における第1のレンズ撮像信号 $I1$ と第3のレンズ撮像信号 $I3$ との視差値 $\Delta13(ih, iv)$ とし、下記式(156)のように、視差評価値 $R13(\Delta)$ を選択ブロック $B(ih, iv)$ における第1のレンズ撮像信号 $I1$ と第3のレンズ撮像信号 $I3$ との信頼度 $C13(ih, iv)$ とする。

$$[0194] \quad R13(ky) = \sum \sum |I1(x, y) - I3(x, y+ky)| \cdots (154)$$

$$\Delta13(ih, iv) = \Delta \cdots (155)$$

$$C13(ih, iv) = R13(\Delta) \cdots (156)$$

次に、第1のレンズ撮像信号 $I1$ と第4のレンズ撮像信号 $I4$ との視差と信頼信頼度も同様に求める。ただし、ずらす方向を斜め方向(第1のレンズ部1

1 3 a の光軸と第 4 のレンズ部 1 1 3 d の光軸とを結ぶ方向) に変更し、ずらし量は x 方向に  $kx$ 、y 方向に  $kx \cdot Dy/Dx$  とする。下記式 (157) のように、選択ブロック B(ih, iv) における第 1 のレンズ撮像信号 I1 と第 4 のレンズ撮像信号 I4 の視差評価値  $R14(kx)$  を求める。すなわち、第 1 のレンズ撮像信号 I1 を基準として、視差評価値  $R14(kx)$  を演算する。そして、最小値を与えるずらし量、すなわち視差  $\Delta$  を、下記式 (158) のように、選択ブロック B(ih, iv) における第 1 のレンズ撮像信号 I1 と第 4 のレンズ撮像信号 I4 との視差値  $\Delta 14(ih, iv)$  とし、下記式 (159) のように、視差評価値  $R14(\Delta)$  を選択ブロック B(ih, iv) における第 1 のレンズ撮像信号 I1 と第 4 のレンズ撮像信号 I4 との信頼度  $C14(ih, iv)$  とする。なお、式 (157) において座標  $(x+kx, y+kx \cdot Dy/Dx)$  が小数となる時、レンズ撮像信号 I4 は周辺画素から線形補間などにより求める。なお、図 2 のように、 $Dx$ 、および  $Dy$  は、第 1 のレンズ部 1 1 3 a と第 4 のレンズ部 1 1 3 d における x 方向のレンズ部の間隔、および y 方向のレンズ部の間隔である。

$$[0195] \quad R14(ky) = \sum \sum |I1(x, y) - I4(x+kx, y+kx \cdot Dy/Dx)| \quad \dots \quad (157)$$

$$\Delta 14(ih, iv) = \Delta \quad \dots \quad (158)$$

$$C14(ih, iv) = R14(\Delta) \quad \dots \quad (159)$$

そして、上記 3 つの視差信頼度を比較し最も信頼できる視差値をこのブロックにおける視差値とする。すなわち、下記式 (60) のように、3 つの視差信頼度  $C12(ih, iv)$ 、 $C13(ih, iv)$ 、 $C14(ih, iv)$  を比較し、 $C12(ih, iv)$  が最も小さいとき  $\Delta 12(ih, iv)$  をブロック B(ih, iv) における視差値  $\Delta(ih, iv)$  とし、 $C13(ih, iv)$  が最も小さいとき  $\Delta 13(ih, iv)$  をブロック B(ih, iv) における視差値  $\Delta(ih, iv)$  とし、 $C14(ih, iv)$  が最も小さいとき  $\Delta 14(ih, iv)$  をブロック B(ih, iv) における視差値  $\Delta(ih, iv)$  とする。なお、信頼度 ( $C12$ 、 $C13$ 、 $C14$ ) として絶対値差分総和 (式 (53)、(56)、(59)) を用いたが正規化相関係数を用いてもよい。この場合、最も大きい信頼度を与える視差値を選択する。ここで、視差値を x 方向に統一するため、 $\Delta 13(ih, iv)$  を採用するとき、レンズ部の間隔の比である  $Dx/Dy$  を乗ずる。次に、ステップ S 1 3 6 0 を実行する。

[0196]  $\Delta(ih, iv) = \Delta_{12}(ih, iv)$  (G12(ih, iv)が最も小さいとき) . . .  
 . (160)

$$= \Delta_{13}(ih, iv) * Dx/Dy \quad (G13(ih, iv)が最も小さいとき)$$

$$= \Delta_{14}(ih, iv) \quad (G14(ih, iv)が最も小さいとき)$$

ステップS 1 3 6 0において、視差から距離を演算する。式(7)を距離Aについて解くと式(8)のように表されるため、ブロックB(ih, iv)に含まれる領域の距離DIS(x, y)は、下記式(161)のように示される。ここで、fは焦点距離、Dxはx方向の光軸間距離、pは撮像素子123の受光素子の間隔である。視差値Δが画素単位であるため、視差値Δにpを乗ずることにより、焦点距離fなど同一の単位系に変換する。次に、ステップS 1 3 7 0を実行する。

[0197]  $DIS(x, y) = \{f * Dx\} / \{p * \Delta(ih, iv)\}$  ((x, y)はB(ih, iv)の範囲) . . . (161)

ステップS 1 3 7 0において、距離演算を終了するかどうかを判断する。全てのブロックが選択されたとき(選択ブロックがB(Nh-1, Nv-1)のとき)、距離演算を終了すると判断し、次に、ステップS 1 3 8 0を実行する。一方、全てのブロックが選択されなかったとき(選択ブロックがB(Nh-1, Nv-1)でないとき)、距離演算を継続すると判断し、次に、ステップS 1 3 4 0を実行する。

[0198] ステップS 1 3 8 0において、距離演算を終了し、上位ルーチンへ戻る。このようにして、切出し後の座標(x, y)における距離DIS(x, y)が求められた。次に、ステップS 1 9 1 0(図30)を実行する。

[0199] ステップS 1 9 1 0において、入出力部235は、画像データ、距離データ、および温度データを撮像装置101の外部に出力する。画像データとして、撮像信号I0、あるいは第1の撮像信号I1を出力する。距離データとして、距離DISを出力する。温度データとして、温度センサ信号Tsを出力する。次に、ステップS 1 9 2 0を実行する。

[0200] ステップS 1 9 2 0において、動作を終了するかどうかを判断する。例え

ば、システム制御部 131 は、入出力部 235 を介し、上位 CPU（図示せず）と通信し、動作を終了するかどうかの命令を要求する。そして、上位 CPU が終了を命令すれば動作を終了し、次に、ステップ S1930 を実行する。一方、上位 CPU が終了を命令しなければ動作を継続し、次に、ステップ S1020 を実行する。すなわち、上位 CPU が終了を命令しない限り、ステップ S1020、ステップ S1030、ステップ S1110、ステップ S1120、ステップ S1200、およびステップ S1910 のループの実行を継続する。

- [0201] ステップ S1930 において、撮像装置 101 の動作を終了する。
- [0202] 本実施の形態の撮像装置が以上のように構成されて動作することにより、以下の効果が奏される。
- [0203] 以上のとおり、実施の形態 3 の撮像装置は、温度センサ 126 によりレンズアレイ 113 の周囲温度を計測し、温度センサ信号  $T_s$  として入力する。そして、レンズアレイ 113 が略円形であるために等方的に膨張することを利用し、式 (112) 及び (113) によって、レンズアレイ 113 の温度上昇に伴う光軸間の間隔の  $x$  方向の変化量  $dbx$ 、 $y$  方向の変化量  $dby$  を求め、その間隔の半分だけ光軸が変化するものとして、式 (114) から (121) によって、第 1 のレンズ部 113 a の光軸中心  $(x_{c1}, y_{c1})$ 、第 2 のレンズ部 113 b の光軸中心  $(x_{c2}, y_{c2})$ 、第 3 のレンズ部 113 c の光軸中心  $(x_{c3}, y_{c3})$ 、および第 4 のレンズ部 113 d の光軸中心  $(x_{c4}, y_{c4})$  を作成し、これらに基づき座標変換する。このことにより、実施の形態 1 と同様の効果を奏する。
- [0204] また、実施の形態 3 の撮像装置は、例えば、第 1 のレンズ部 113 a の光軸中心  $x$  座標  $x_{c1}$  ならば、温度センサ信号  $T_s$  に応じた複数組の補正係数（センサ温度信号  $T_s$  が 0、256、512、768、1024、・・・、3840、4096 のときの値である  $x_{c1\_0}$ 、 $x_{c1\_256}$ 、 $x_{c1\_512}$ 、 $x_{c1\_768}$ 、 $x_{c1\_1024}$ 、・・・、 $x_{c1\_3040}$ 、 $x_{c1\_4096}$ ）を係数保存部 241 に保存し、温度センサ信号  $T_s$  に関して式 (111) のように補間処理を行い、当該温度センサ信号  $T_s$  に応じた補正係数を作成する。同様に、第 1 のレンズ部 113 a の光軸中心

y座標 $yc_1$ 、第2のレンズ部113bの光軸中心( $xc_2, yc_2$ )、第3のレンズ部113cの光軸中心( $xc_3, yc_3$ )、第4のレンズ部113dの光軸中心( $xc_4, yc_4$ )、歪曲係数 $k_2, k_4$ 、倍率( $rx, ry$ )、焦点距離 $f$ 、および各レンズ部のx方向の光軸間距離 $D_x$ は、それぞれ係数保存部241に各温度での値を持ち、温度センサ信号 $T_s$ を用いて補間演算を行い、当該温度センサ信号 $T_s$ に応じたものが作成される。

[0205] このことより、補正式から補正係数を演算すること（例えば、式(112)から(121)のような演算をすること）が不要になるため、その分だけ演算時間や演算回路が不要となり、低コストな撮像装置を実現することができる。また、温度に応じて複雑な非線形な変化をする補正係数について、光学解析や実験で求めた値を保存し用いることにより、補正式で表現される変化と実際の変化との誤差を防止し、正しく歪みの影響を低減できるため、視差の検知及び距離測定を高精度に行うことができる。

[0206] また、実施の形態3の撮像装置は、予め各温度センサ信号 $T_s$ に応じた補正係数を保存するにあたり、全ての温度センサ信号 $T_s$ （0から4095までのデジタル値を取る）に対応した補正係数を保存せずに256おきに間引いた補正係数を保存し、温度に対して補間した補正係数を作成する。例えば、第1のレンズ部113aの光軸中心x座標 $xc_1$ ならば、温度センサ信号 $T_s$ に対し256おきに間引いた補正係数（センサ温度信号 $T_s$ が0、256、512、768、1024、・・・、3840、4096のときの値である $xc_{1\_0}, xc_{1\_256}, xc_{1\_512}, xc_{1\_768}, xc_{1\_1024}, \dots, xc_{1\_3040}, xc_{1\_4096}$ ）を保存し、温度センサ信号 $T_s$ に関して補間して用いる。このことにより、間引いた分だけ記憶領域を1/256倍に省略することができるため、その分だけ回路規模を縮小した低コストな撮像装置を実現することができる。

[0207] また、実施の形態3の撮像装置は、撮像信号補正部243において、第1のレンズ部113aの光軸中心( $xc_1, yc_1$ )、第2のレンズ部113bの光軸中心( $xc_2, yc_2$ )、第3のレンズ部113cの光軸中心( $xc_3, yc_3$ )、第4のレンズ部113dの光軸中心( $xc_4, yc_4$ )、歪曲係数 $k_2, k_4$ 、および倍率( $rx, ry$ )に基づ

き、式(126)、(127)、(128)を用いて第1の撮像信号用の参照先座標(tx1, ty1)を、式(131)、(132)、(133)を用いて第2の撮像信号用の参照先座標(tx2, ty2)を、式(135)、(136)、(137)を用いて第3の撮像信号用の参照先座標(tx3, ty3)を、式(139)、(140)、(141)を用いて第4の撮像信号用の参照先座標(tx4, ty4)を求める。そして、参照先座標が示す複数の撮像信号を参照して式(129)、(130)、(134)、(138)、(142)のように補間処理を施し、補正後撮像信号である第1の撮像信号I1、第2の撮像信号I2、第3の撮像信号I3、および第4の撮像信号I4を作成する。

[0208] 予め参照先座標を演算し保持する場合、補正後撮像信号(第1の撮像信号I1、第2の撮像信号I2、第3の撮像信号I3、および第4の撮像信号I4)の全ての画素(全て合わせて画素数が $4 \times H1 \times V1$ )に関し参照先座標(第1の撮像信号用の参照先座標(tx1, ty1)、第2の撮像信号用の参照先座標(tx2, ty2)、第3の撮像信号用の参照先座標(tx3, ty3)、および第4の撮像信号用の参照先座標(tx4, ty4))が必要となるため、膨大な記憶容量が必要となり、その分だけ高コストとなる。特に、温度により参照先座標を変化させる必要がある場合、温度毎の参照先座標が必要であり、さらに膨大な記憶容量が必要となる。本実施の形態の構成により、逐次、補正係数(第1のレンズ部113aの光軸中心(xc1, yc1)、第2のレンズ部113bの光軸中心(xc2, yc2)、第3のレンズ部113cの光軸中心(xc3, yc3)、第4のレンズ部113dの光軸中心(xc4, yc4)、歪曲係数k2, k4、および倍率(rx, ry))から参照先座標(第1の撮像信号用の参照先座標(tx1, ty1)、第2の撮像信号用の参照先座標(tx2, ty2)、第3の撮像信号用の参照先座標(tx3, ty3)、および第4の撮像信号用の参照先座標(tx4, ty4))を求め、補正後撮像信号(第1の撮像信号I1、第2の撮像信号I2、第3の撮像信号I3、および第4の撮像信号I4)を作成する。このことにより、補正係数のみに記憶領域を割り当てればよく、大きな容量の記憶領域は不要であるため、低コストな撮像装置を実現する。特に、温度に基づいて参照先座標を変化させる必要がある場合、その効果は顕著である。

[0209] また、実施の形態 3 の撮像装置は、温度補償演算部 2 4 2 において温度センサ信号  $T_s$  に基づき焦点距離  $f$  を作成し、距離演算部 2 4 4 の式 (1 6 1) において距離演算に利用する。温度変化に伴いレンズアレイ 1 1 3 の屈折率変化が変化し、焦点距離  $f$  が変化するため、一定の焦点距離  $f$  を用いると焦点距離  $f$  の温度変化分だけ距離精度が悪化する。本発明の構成により、レンズアレイ 1 1 3 の温度変化に対応した焦点距離  $f$  を距離演算に用いることができるため、高精度な距離演算を実現することができる。

[0210] また、実施の形態 3 の撮像装置は、温度補償演算部 2 4 2 において温度センサ信号  $T_s$  に基づき倍率 ( $r_x, r_y$ ) を作成し、撮像信号補正部 2 4 3 において倍率 ( $r_x, r_y$ ) などに基づき撮像信号  $I_0$  を補正し、補正後撮像信号 (第 1 の撮像信号  $I_1$ 、第 2 の撮像信号  $I_2$ 、第 3 の撮像信号  $I_3$ 、および第 4 の撮像信号  $I_4$ ) を作成する。温度変化に伴い鏡筒 1 1 1 の長さ (レンズアレイ 1 1 3 の各レンズ部 (第 1 のレンズ部 1 1 3 a、第 2 のレンズ部 1 1 3 b、第 3 のレンズ部 1 1 3 c、および第 4 のレンズ部 1 1 3 d) の主点と撮像素子 1 2 3 の受光面との距離) が変化し、その分だけ倍率が変化するため、倍率変化を考慮しなければ鏡筒の長さが温度変化する分だけ距離精度が悪化する。本実施の形態の構成により、鏡筒 1 1 1 の長さの温度変化に対応した倍率 ( $r_x, r_y$ ) だけ撮像信号を補正することにより、鏡筒の長さの温度変化の影響を低減することができるため、高精度な視差演算を実現し、それゆえ高精度な距離演算を実現することができる。

[0211] なお、実施の形態 3 の撮像装置において、温度センサ信号  $T_s$  に基づき焦点距離  $f$  を変化させたが、焦点距離  $f$  を一定に保ち、倍率 ( $r_x, r_y$ ) を変化させてもよい。 $f$  の変化に比例して倍率が変化するため、基準温度  $T_{h0}$  のときの焦点距離に対する比を焦点距離に関する倍率の変化の比とする。具体的には、 $f$  を温度が  $T(T_s)$  のときの焦点距離、 $f_0$  を基準温度  $T_{h0}$  のときの焦点距離とし、焦点距離の変化の比 ( $f/f_0$ ) を式 (1 2 3)、(1 2 4) の右辺に乘じ、下記式 (1 6 2)、(1 6 3) のように倍率 ( $r_x, r_y$ ) を演算する。

[0212]  $r_x = \{1 + k_x * (T(T_s) - T_{k0})\} * (f/f_0) \dots (162)$

$$r_y = \{1 + k_k * (T(T_s) - T_k0)\} * (f/f_0) \dots (163)$$

また、実施の形態3の撮像装置において、レンズアレイ113は4つのレンズ部を持ったがこれに限定されない。レンズ部の数が異なってもよい。

[0213] 図37は、実施の形態3の変形例に係る撮像装置のレンズアレイの構成を示す平面図である。図37(a)に示すレンズアレイ113Cのように、x方向にDxだけ離れた2つのレンズ部（第1のレンズ部113Ca、および第2のレンズ部113Cb）を持つものでもよい。なお、係数保存部241にそれぞれのレンズ部の光軸中心を以下のように決定し保存する。式(112)、(113)のように、温度上昇に伴う光軸間の間隔のx方向の変化量dbx、y方向の変化量dbyを演算し、その半分（x方向にp\*dbx/2、y方向にp\*dby/2）だけ光軸中心が移動するとして作成する。具体的には、下記式(164)、(165)のように、第1のレンズ部113Caの光軸中心(xc1, yc1)は、基準温度Th0における光軸中心(xc10, yc10)からx方向に-dbx/2だけ移動するように作成する。また、下記式(166)、(167)のように、第2のレンズ部113Cbの光軸中心(xc2, yc2)は、基準温度Th0における光軸中心(xc20, yc20)からx方向に+dbx/2だけ移動するように作成する。

[0214]  $xc1 = xc10 - dbx/2 \dots (164)$

$$yc1 = yc10 \dots (165)$$

$$xc2 = xc20 + dbx/2 \dots (166)$$

$$yc2 = yc20 \dots (167)$$

また、図37(b)に示すレンズアレイ113Dのように、最外周部のレンズ部同士がx方向にDxだけ、y方向にDyだけ離れた9つのレンズ部（第1のレンズ部113Da、第2のレンズ部113Db、第3のレンズ部113Dc、第4のレンズ部113Dd、第5のレンズ部113De、第6のレンズ部113Df、第7のレンズ部113Dg、第8のレンズ部113Dh、および第9のレンズ部113Di。x方向、y方向に関してそれぞれ等間隔に配置されたもの）を持つものでもよい。なお、係数保存部241にそれぞれ



れのレンズ部の光軸中心を以下のように決定し保存する。

- [0215] 式(112)、(113)のように、温度上昇に伴う光軸間の間隔のx方向の変化量 $dbx$ 、y方向の変化量 $dby$ を演算し、その半分(x方向に $p*dbx/2$ 、y方向に $p*dby/2$ )だけ光軸中心が移動するとして作成する。具体的には、下記式(168)、(169)のように、第1のレンズ部113Daの光軸中心 $(xc1, yc1)$ は、基準温度 $Th0$ における光軸中心 $(xc10, yc10)$ からx方向に $-dbx/2$ 、y方向に $-dby/2$ だけ移動するように作成する。また、下記式(170)、(171)のように、第2のレンズ部113Dbの光軸中心 $(xc2, yc2)$ は、基準温度 $Th0$ における光軸中心 $(xc20, yc20)$ からy方向に $-dby/2$ だけ移動するように作成する。また、下記式(172)、(173)のように、第3のレンズ部113Dcの光軸中心 $(xc3, yc3)$ は、基準温度 $Th0$ における光軸中心 $(xc30, yc30)$ からx方向に $+dbx/2$ 、y方向に $-dby/2$ だけ移動するように作成する。また、下記式(174)、(175)のように、第4のレンズ部113Ddの光軸中心 $(xc4, yc4)$ は、基準温度 $Th0$ における光軸中心 $(xc40, yc40)$ からx方向に $-dbx/2$ だけ移動するように作成する。また、下記式(176)、(177)のように、第5のレンズ部113Deの光軸中心 $(xc5, yc5)$ は、基準温度 $Th0$ における光軸中心 $(xc10, yc10)$ から移動しないように作成する。また、下記式(178)、(179)のように、第6のレンズ部113Dfの光軸中心 $(xc6, yc6)$ は、基準温度 $Th0$ における光軸中心 $(xc60, yc60)$ からx方向に $+dbx/2$ だけ移動するように作成する。また、下記式(180)、(181)のように、第7のレンズ部113Dgの光軸中心 $(xc7, yc7)$ は、基準温度 $Th0$ における光軸中心 $(xc70, yc70)$ からx方向に $-dbx/2$ 、y方向に $+dby/2$ だけ移動するように作成する。また、下記式(182)、(183)のように、第8のレンズ部113Dhの光軸中心 $(xc8, yc8)$ は、基準温度 $Th0$ における光軸中心 $(xc80, yc80)$ からy方向に $+dby/2$ だけ移動するように作成する。また、下記式(184)、(185)のように、第9のレンズ部113Diの光軸中心 $(xc9, yc9)$ は、基準温度 $Th0$ における光軸中心 $(xc90, yc90)$ からx方向に $+dbx/2$ 、y方向に $+dby/2$ だけ移動するように作成する。

$$[0216] \quad xc1 = xc10 - dbx/2 \quad \dots (168)$$

$$yc1 = yc10 - dby/2 \quad \dots (169)$$

$$xc2 = xc20 \quad \dots (170)$$

$$yc2 = yc20 - dby/2 \quad \dots (171)$$

$$xc3 = xc30 + dbx/2 \quad \dots (172)$$

$$yc3 = yc30 - dby/2 \quad \dots (173)$$

$$xc4 = xc40 - dbx/2 \quad \dots (174)$$

$$yc4 = yc40 \quad \dots (175)$$

$$xc5 = xc50 \quad \dots (176)$$

$$yc5 = yc50 \quad \dots (177)$$

$$xc6 = xc60 + dbx/2 \quad \dots (178)$$

$$yc6 = yc60 \quad \dots (179)$$

$$xc7 = xc70 - dbx/2 \quad \dots (180)$$

$$yc7 = yc70 + dby/2 \quad \dots (181)$$

$$xc8 = xc80 \quad \dots (182)$$

$$yc8 = yc80 + dby/2 \quad \dots (183)$$

$$xc9 = xc90 + dbx/2 \quad \dots (184)$$

$$yc9 = yc90 + dby/2 \quad \dots (185)$$

また、実施の形態 3 の撮像装置は、歪曲係数 $kd2$ ,  $kd4$ 、倍率( $rx$ ,  $ry$ )、第 1 のレンズ部 1 1 3 a の光軸中心( $xc1$ ,  $yc1$ )、第 2 のレンズ部 1 1 3 b の光軸中心( $xc2$ ,  $yc2$ )、第 3 のレンズ部 1 1 3 c の光軸中心( $xc3$ ,  $yc3$ )、第 4 のレンズ部 1 1 3 d の光軸中心( $xc4$ ,  $yc4$ )、焦点距離 $f$ 、および各レンズ部の x 方向の光軸間距離 $Dx$ を温度補償し、撮像信号を補正したが、これに限定されない。例えば、高次歪曲係数や、各レンズ部ごとの倍率や、各レンズ部ごとの回転補正などをしてもよい。

[0217] なお、実施の形態 1 及び 2 では、温度センサにより検知された温度に基づいて複数のレンズの光軸の移動量を推定し、その推定した光軸の移動量に基づいて撮像信号を補正した。また、実施の形態 3 では、温度センサにより検

知された温度に基づいて複数のレンズの光軸の移動量を含む補正係数を作成し、その補正係数に基づいて撮像信号を補正した。しかし、本発明における撮像信号の補正はこれらに限定されるものではなく、温度センサにより検知された温度に基づいて、温度変化による複数のレンズの光軸の移動量に応じて撮像信号を補正すればよい。

[0218] 上記説明から、当業者にとっては、本発明の多くの改良や他の実施形態が明らかである。従って、上記説明は、例示としてのみ解釈されるべきであり、本発明を実行する最良の態様を当業者に教示する目的で提供されたものである。本発明の精神を逸脱することなく、その構造及び／又は機能の詳細を実質的に変更できる。

#### **産業上の利用可能性**

[0219] 本発明の撮像装置は、距離計測可能な小型の撮像装置であるため、カメラ機能を備えた携帯型電話機、デジタルスチルカメラ、車載用カメラ、監視用カメラ、三次元計測器、および立体画像入力カメラ等に有用である。

## 請求の範囲

- [1] 複数のレンズを含むレンズアレイと、  
前記複数のレンズと一対一に対応して設けられ、対応する前記レンズの光軸方向に対して略垂直な受光面をそれぞれ有する複数の撮像領域と、  
前記レンズアレイの近傍に配置され温度を検知する温度センサと、  
前記温度センサにより検知された温度に基づいて、前記複数のレンズのすべての光軸の移動量に応じて前記撮像領域において生成された撮像信号を補正する温度補償／撮像信号補正部と、  
前記温度補償／撮像信号補正部により補正された前記撮像信号に基づき視差を演算する視差演算部と、を備える、撮像装置。
- [2] 前記温度補償／撮像信号補正部は、前記温度センサにより検知された温度に基づいて、前記複数のレンズのすべての光軸の移動量を推定する移動量推定部と、前記移動量推定部により推定された前記光軸の移動量に基づいて、前記撮像領域において生成された撮像信号を補正する撮像信号補正部と、を含み、  
前記視差演算部は、前記撮像信号補正部により補正された前記撮像信号に基づき視差を演算するよう構成されている、請求項1に記載の撮像装置。
- [3] 前記移動量推定部は、前記検知された温度に基づき前記複数のレンズの光軸間の間隔の変化量を算出し、その算出された変化量に基づいて、前記光軸の移動量を推定するよう構成されている、請求項2に記載の撮像装置。
- [4] 前記移動量推定部は、前記算出された変化量の半分を前記光軸の移動量と推定するよう構成されている、請求項3に記載の撮像装置。
- [5] 前記撮像信号補正部は、前記移動量に基づき、光軸位置を補正し、その光軸周りの歪曲を補正するよう構成されている、請求項2に記載の撮像装置。
- [6] 前記撮像信号補正部は、前記移動量に基づき、切り出し領域を変化させるよう構成されている、請求項2に記載の撮像装置。
- [7] 前記温度補償／撮像信号補正部は、前記温度センサにより検知された温度

に基づいて、前記複数のレンズのすべての光軸の移動量を含む補正係数を作成する補正係数作成部と、前記補正係数に基づいて、前記撮像領域において生成された撮像信号を補正し補正後撮像信号を作成する撮像信号補正部と、を含み、

視差演算部は、前記補正後撮像信号に基づき視差を演算するように構成されている、請求項 1 に記載の撮像装置。

[8] 前記補正係数作成部は、前記算出された変化量の半分を前記光軸の移動量と作成するように構成されている、請求項 7 に記載の撮像装置。

[9] 前記温度に応じた複数組の補正係数を複数の補正係数保存値として保存する補正係数保存部を有し、

前記補正係数作成部は、前記複数組の補正係数保存値から前記温度に応じた補正係数保存値を選択して前記補正係数を作成するように構成されている、請求項 7 に記載の撮像装置。

[10] 前記温度センサの信号を入力しデジタル値である温度値を作成する温度センサ信号入力部を有し、

前記補正係数保存部は、前記温度値よりも分解能が粗い組の前記補正係数保存値を保存するように構成されており、

前記補正係数作成部は、前記温度値に基づき複数組の前記補正係数保存値を選択し補間処理して、前記補正係数を作成するように構成されている、請求項 9 に記載の撮像装置。

[11] 前記撮像信号補正部は、前記補正係数に基づき参照先座標を求め、前記参照先座標が示す複数の撮像信号を参照し補間処理を施し補正後撮像信号を作成するように構成されている、請求項 7 に記載の撮像装置。

[12] 複数のレンズを含むレンズアレイと、前記複数のレンズと一対一に対応して設けられ、対応する前記レンズの光軸方向に対して略垂直な受光面をそれぞれ有する複数の撮像領域とを有する撮像装置に用いられる半導体回路素子であって、

前記レンズアレイの近傍に配置された温度センサによって検知された温度

に基づいて、前記複数のレンズのすべての光軸の移動量に応じて前記撮像領域において生成された撮像信号を補正する温度補償／撮像信号補正部と、

前記温度補償／撮像信号補正部により補正された前記撮像信号に基づき視差を演算する視差演算部と、を備える、半導体回路素子。

- [13] 前記温度補償／撮像信号補正部は、前記温度センサにより検知された温度に基づいて、前記複数のレンズのすべての光軸の移動量を推定する移動量推定部と、前記移動量推定部により推定された前記光軸の移動量に基づいて、前記撮像領域において生成された撮像信号を補正する撮像信号補正部と、を含み、

前記視差演算部は、前記撮像信号補正部により補正された前記撮像信号に基づき視差を演算するよう構成されている、請求項 1 2 に記載の半導体回路素子。

- [14] 前記移動量推定部は、前記検知された温度に基づき前記複数のレンズの光軸間の間隔の変化量を算出し、その算出された変化量に基づいて、前記光軸の移動量を推定するように構成されている、請求項 1 3 に記載の半導体回路素子。

- [15] 前記移動量推定部は、前記算出された変化量の半分を前記光軸の移動量と推定するように構成されている、請求項 1 4 に記載の半導体回路素子。

- [16] 前記撮像信号補正部は、前記移動量に基づき、光軸位置を補正し、その光軸周りの歪曲を補正するように構成されている、請求項 1 3 に記載の半導体回路素子。

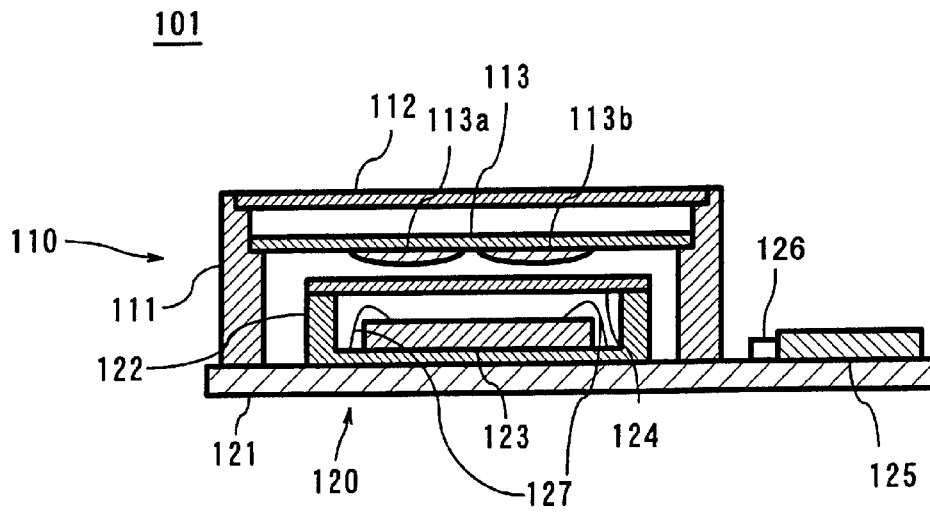
- [17] 前記撮像信号補正部は、前記移動量に基づき、切り出し領域を変化させるように構成されている、請求項 1 3 に記載の半導体回路素子。

- [18] 前記温度補償／撮像信号補正部は、前記温度センサにより検知された温度に基づいて、前記複数のレンズのすべての光軸の移動量を含む補正係数を作成する補正係数作成部と、前記補正係数に基づいて、前記撮像領域において生成された撮像信号を補正し補正後撮像信号を作成する撮像信号補正部と、を含み、

視差演算部は、前記補正後撮像信号に基づき視差を演算するように構成されている、請求項 12 に記載の半導体回路素子。

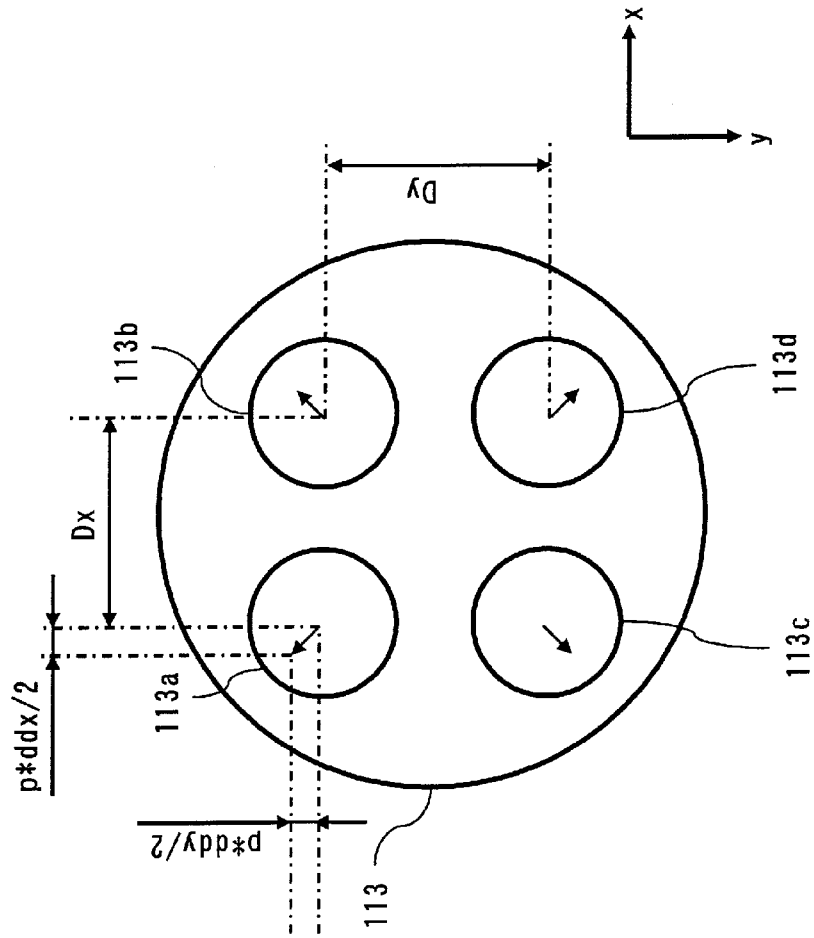
- [19] 前記補正係数作成部は、前記算出された変化量の半分を前記光軸の移動量として前記補正係数を作成する作成するように構成されている、請求項 18 に記載の半導体回路素子。

[図1]

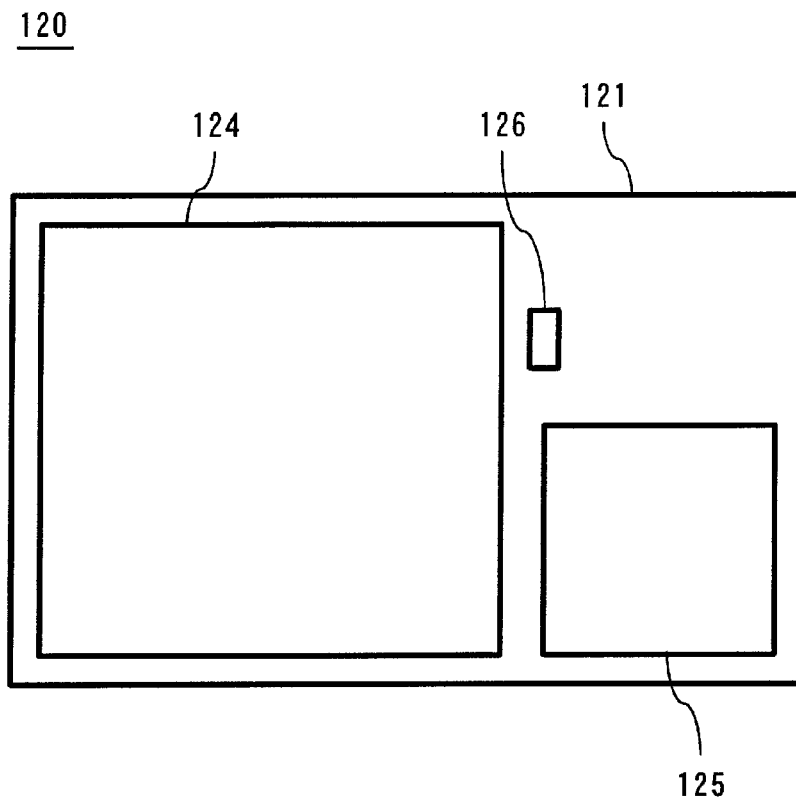




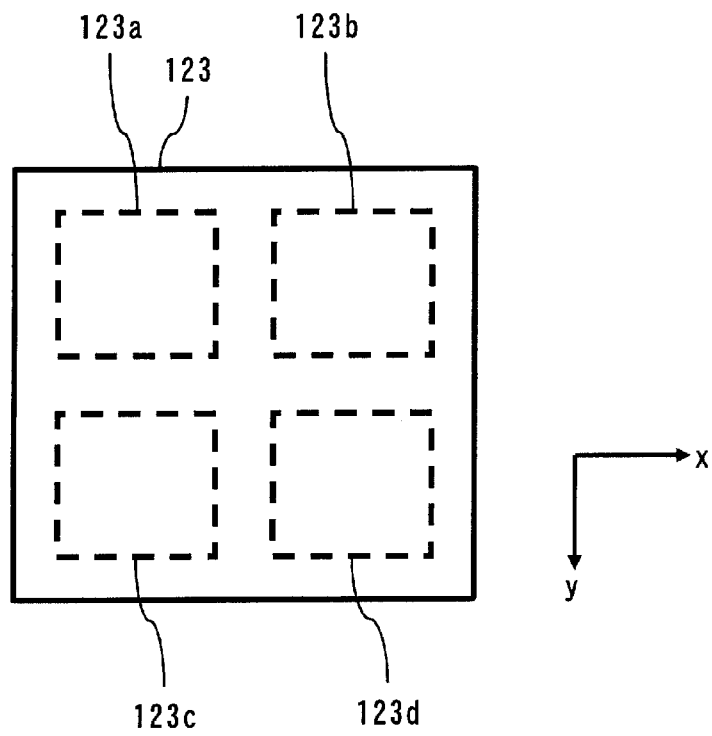
[図2]



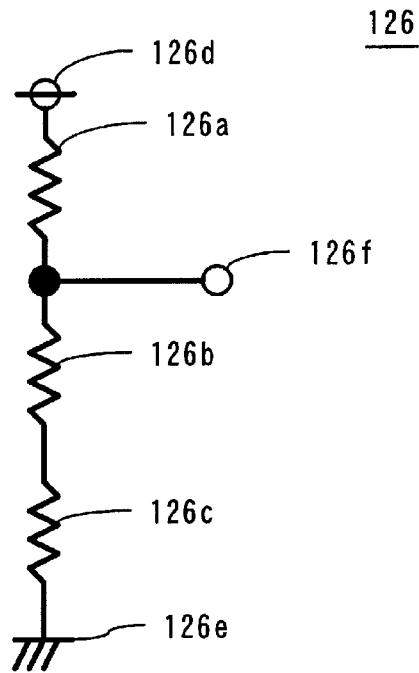
[図3A]



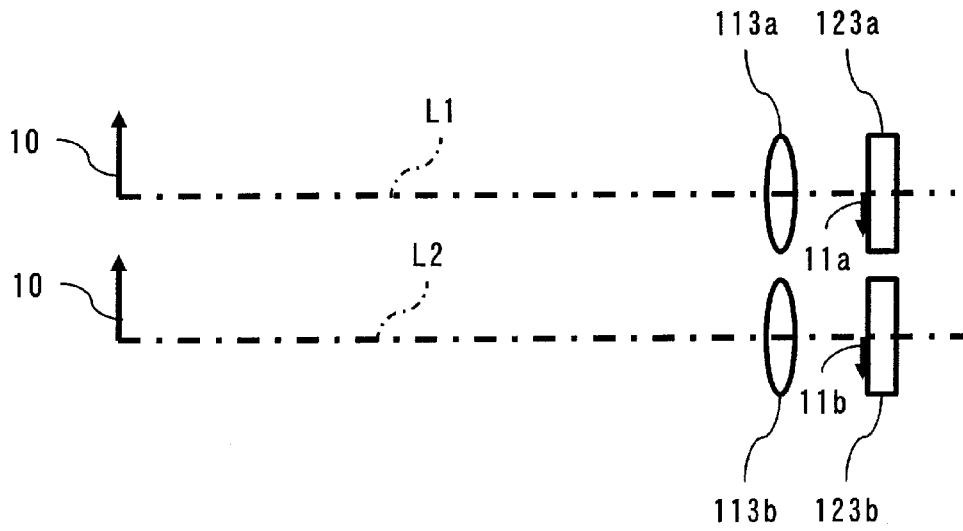
[図3B]



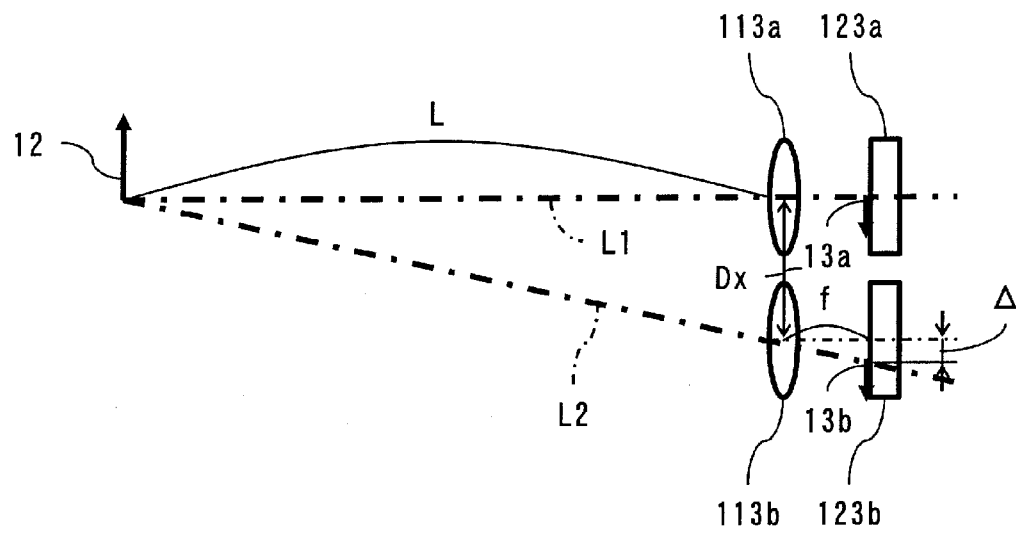
[図4]



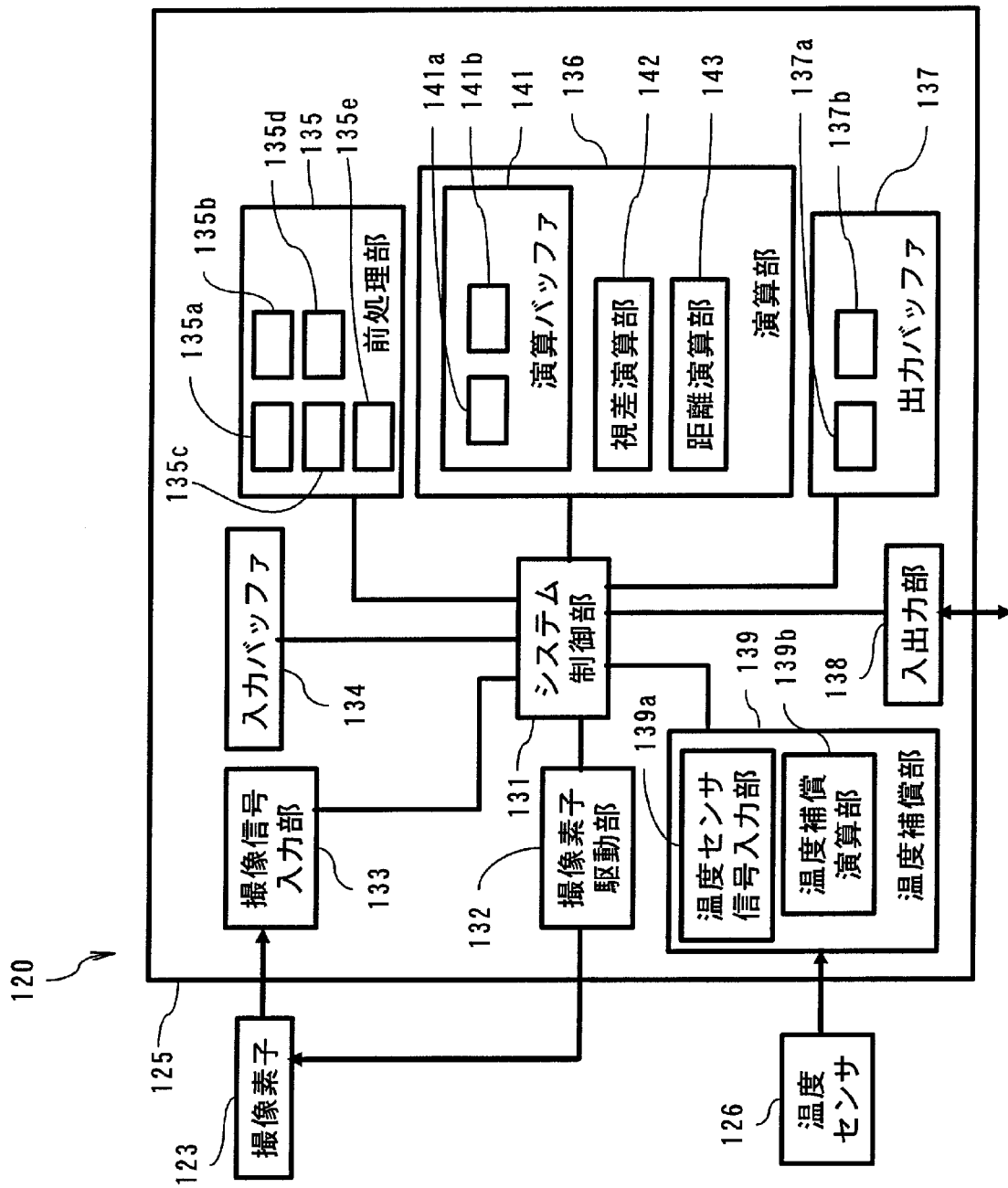
[図5]



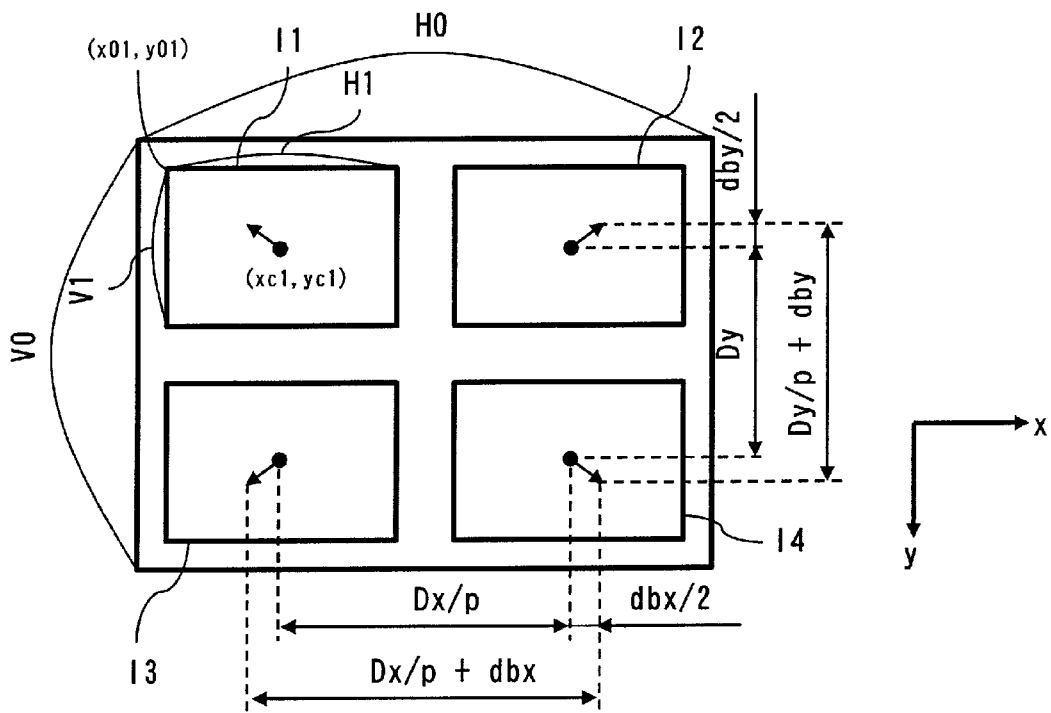
[図6]



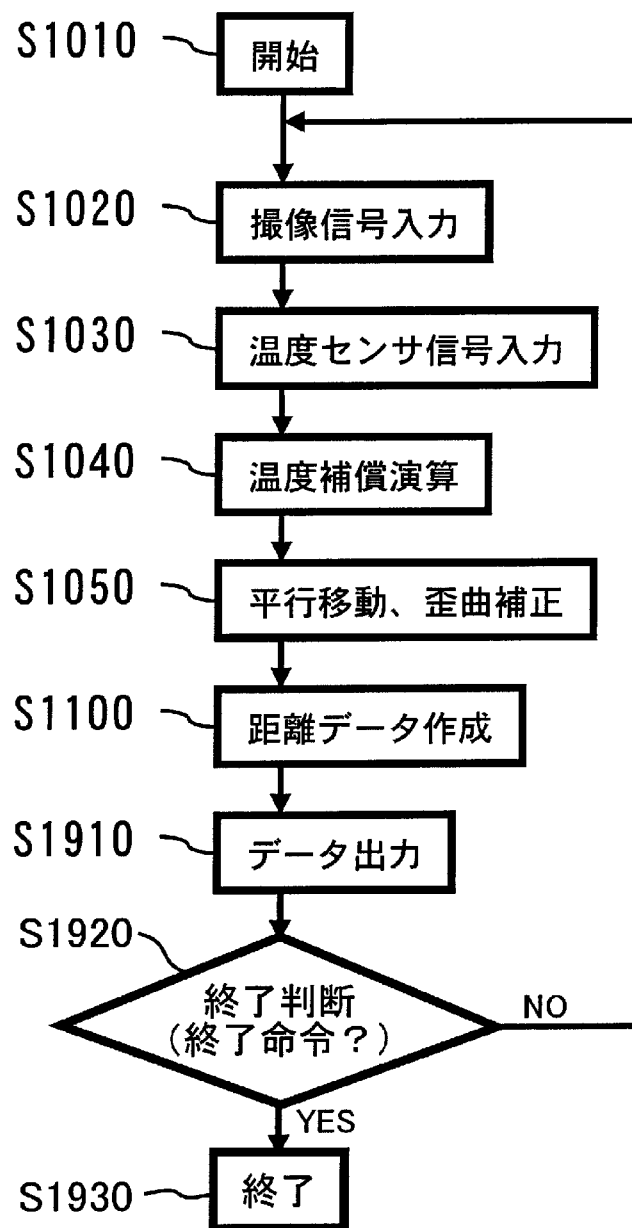
[図7]



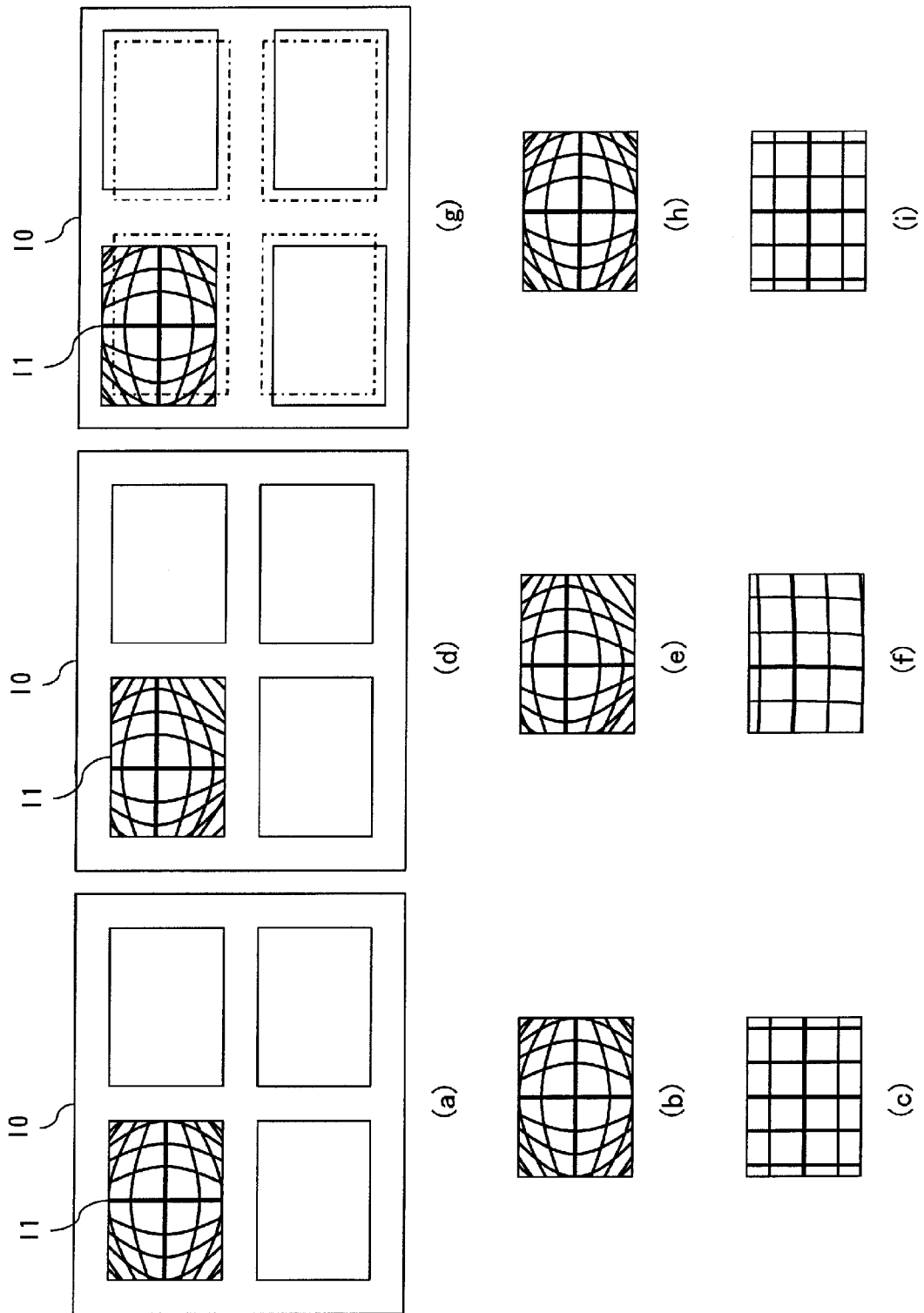
[図8]



[図9A]

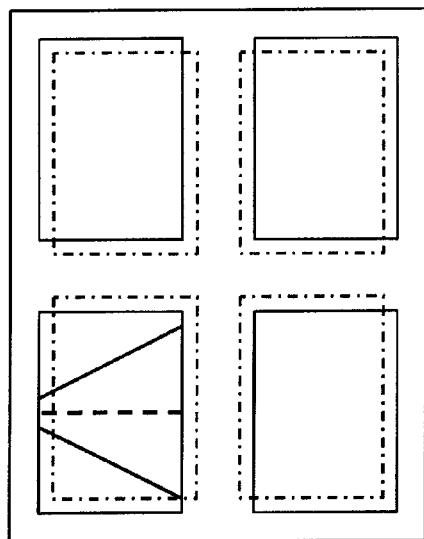


[図9B]

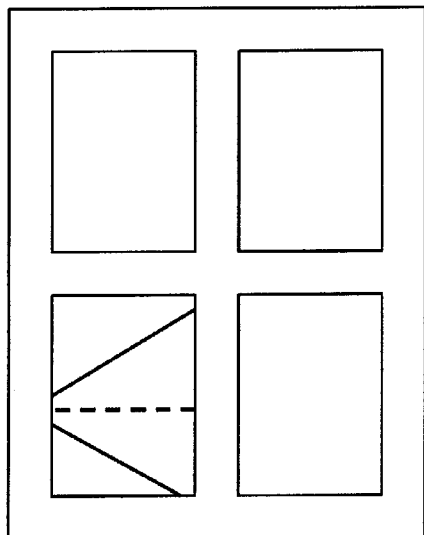




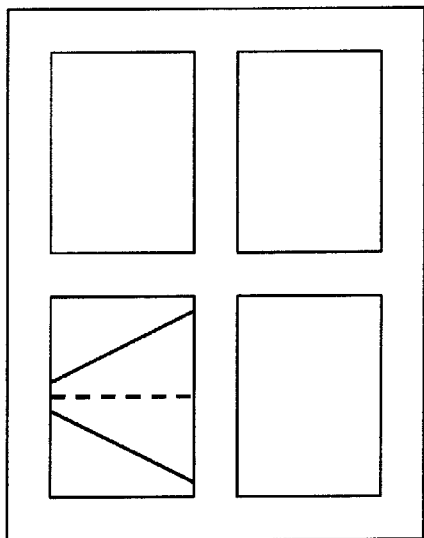
[図9C]



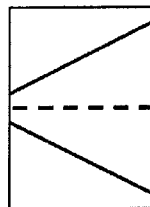
(g)



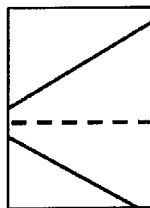
(d)



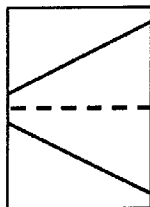
(a)



(h)

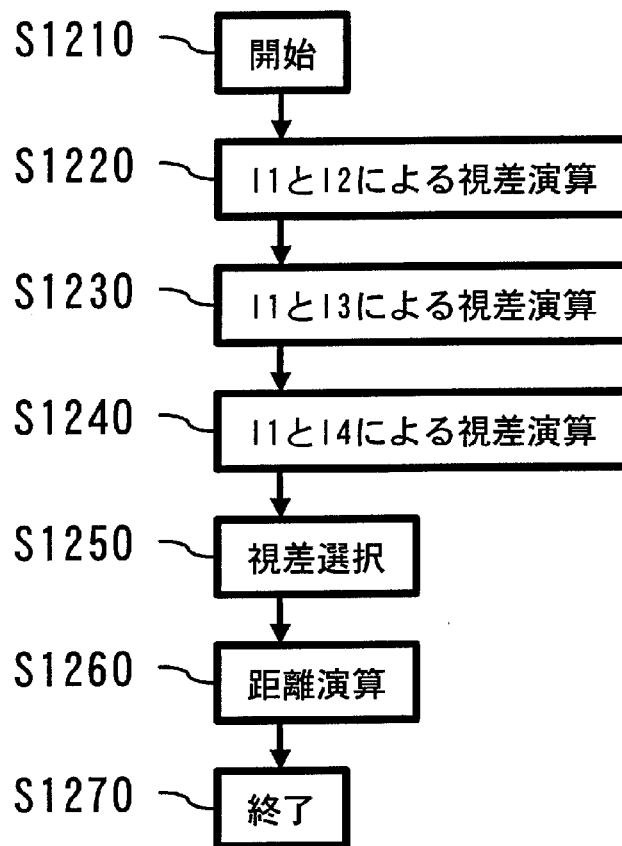


(e)

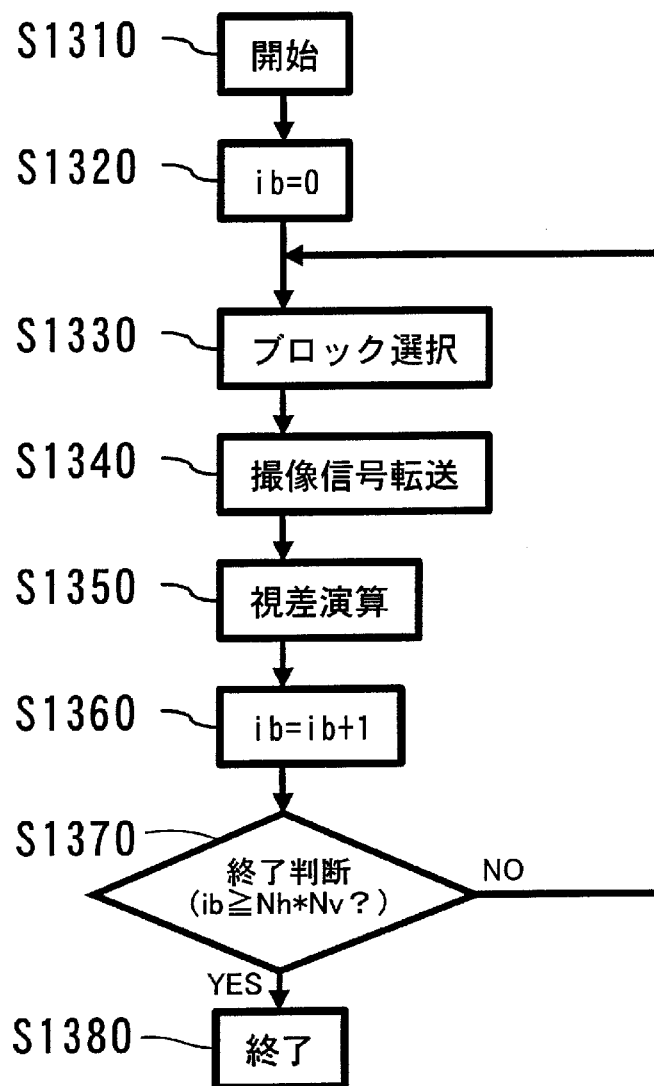


(b)

[図10]



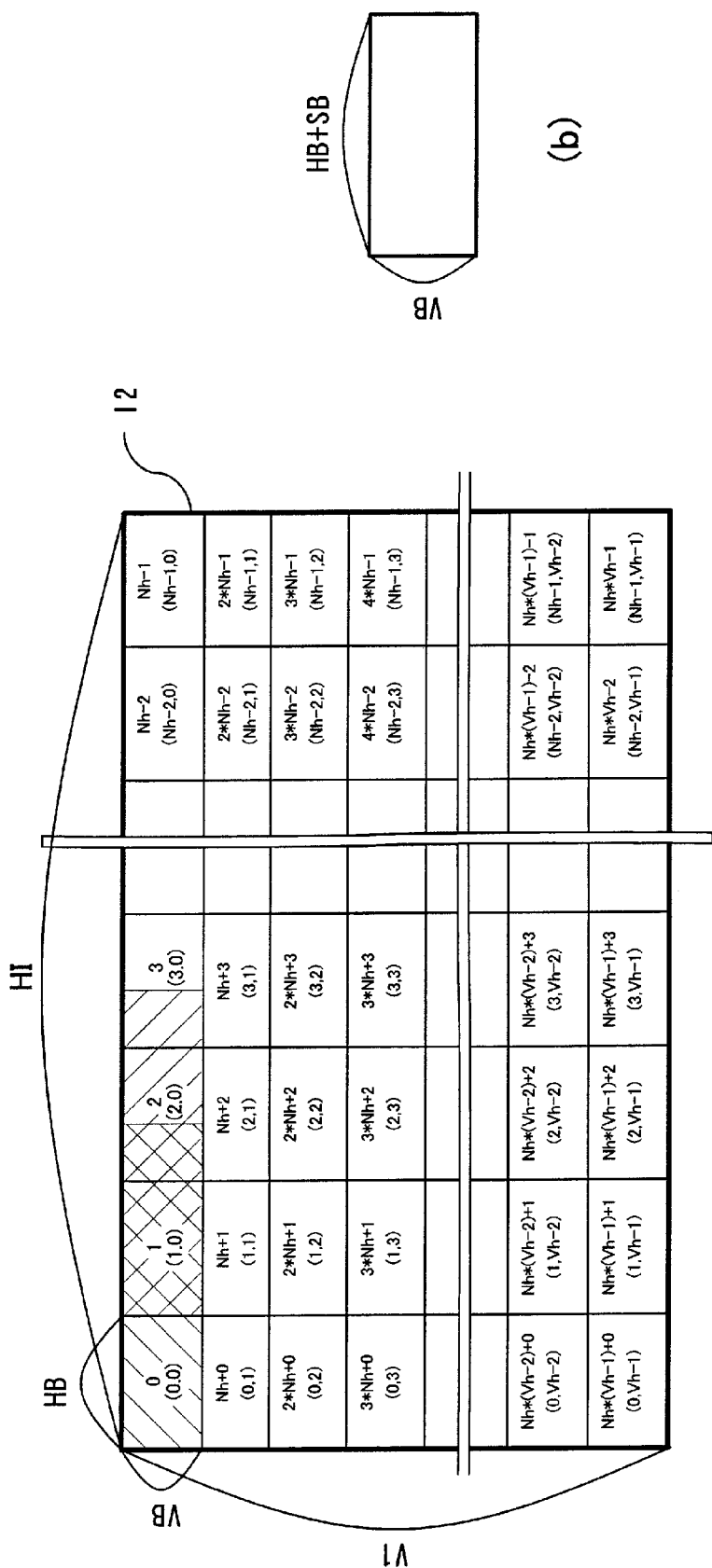
[図11]



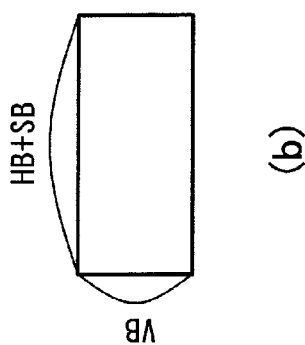
[12]

	0	1	2	3	
0	$(0,0)$	$(1,0)$	$(2,0)$	$(3,0)$	$Nh-1$ $(Nh-1,0)$
1	$Nh+0$ $(0,1)$	$Nh+1$ $(1,1)$	$Nh+2$ $(2,1)$	$Nh+3$ $(3,1)$	$2*Nh-1$ $(Nh-1,1)$
2	$2*Nh+0$ $(0,2)$	$2*Nh+1$ $(1,2)$	$2*Nh+2$ $(2,2)$	$2*Nh+3$ $(3,2)$	$3*Nh-1$ $(Nh-1,2)$
3	$3*Nh+0$ $(0,3)$	$3*Nh+1$ $(1,3)$	$3*Nh+2$ $(2,3)$	$3*Nh+3$ $(3,3)$	$4*Nh-1$ $(Nh-1,3)$
	$Nh*(Vh-2)+0$ $(0, Vh-2)$	$Nh*(Vh-2)+1$ $(1, Vh-2)$	$Nh*(Vh-2)+2$ $(2, Vh-2)$	$Nh*(Vh-2)+3$ $(3, Vh-2)$	$Nh*(Vh-1)-1$ $(Nh-1, Vh-2)$
	$Nh*(Vh-1)+0$ $(0, Vh-1)$	$Nh*(Vh-1)+1$ $(1, Vh-1)$	$Nh*(Vh-1)+2$ $(2, Vh-1)$	$Nh*(Vh-1)+3$ $(3, Vh-1)$	$Nh*Vh-1$ $(Nh-1, Vh-1)$

[13]

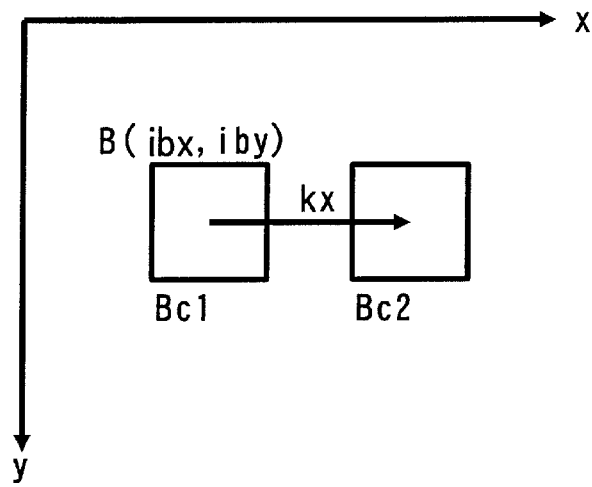


(a)

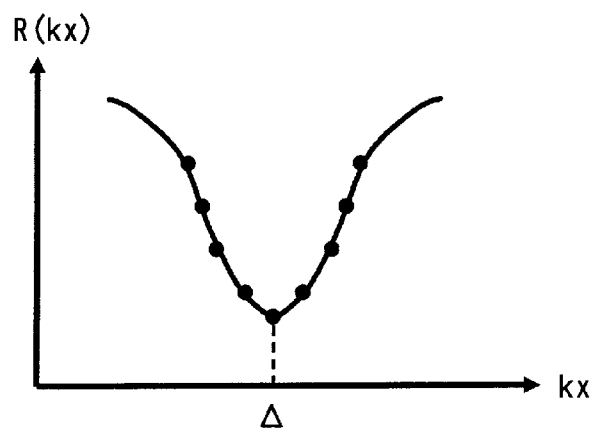


(b)

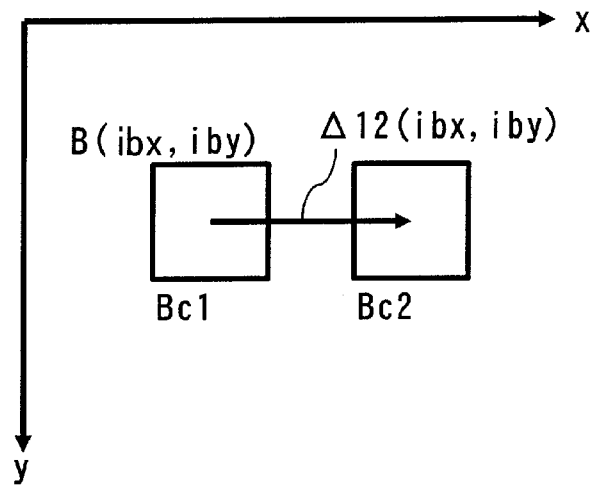
[圖14]



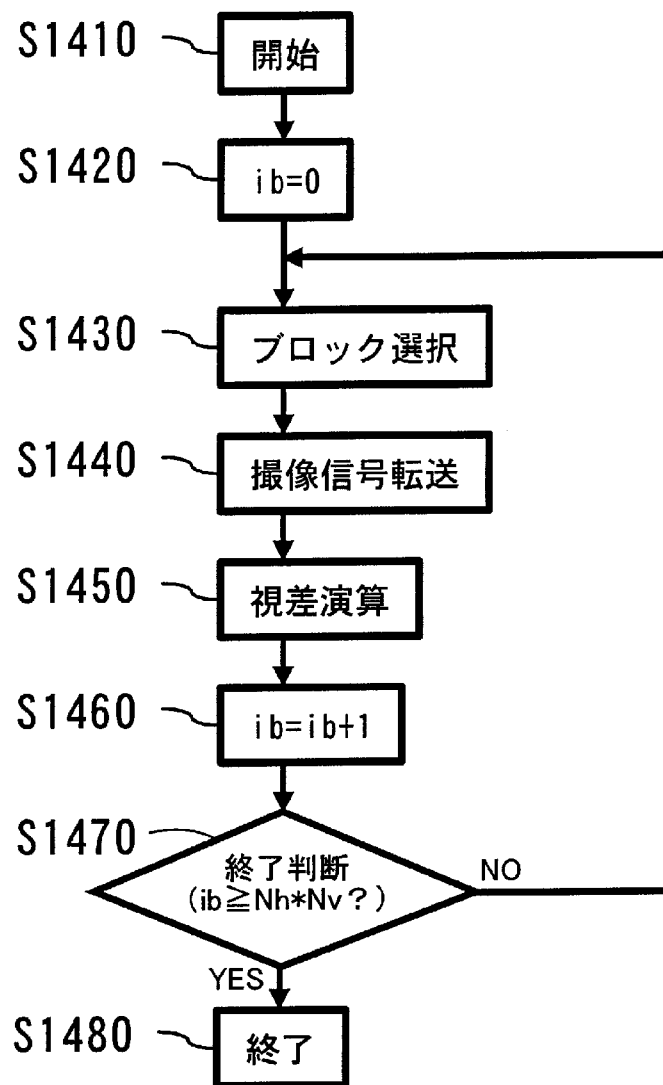
[圖15]



[圖16]

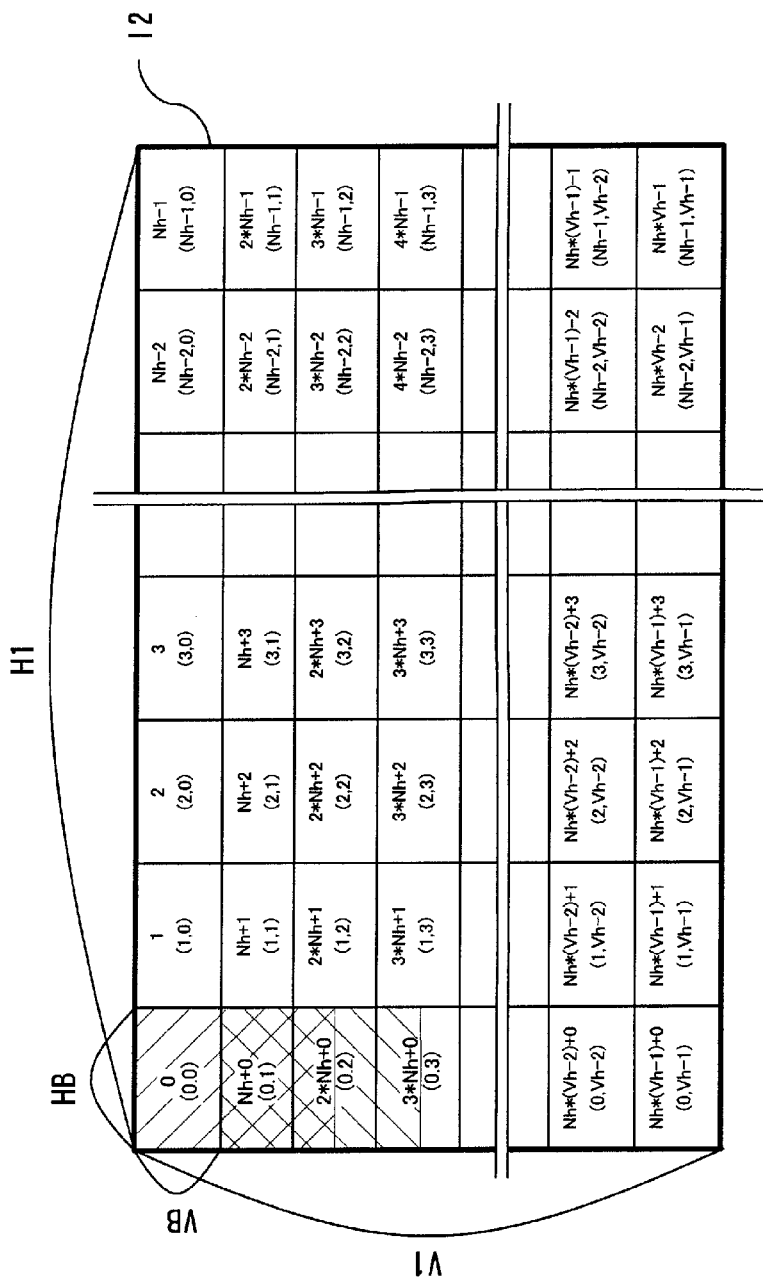


[図17]

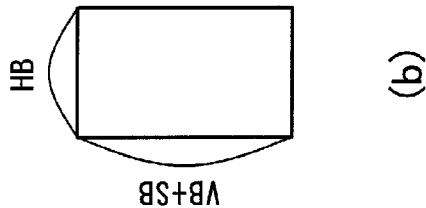




[18]

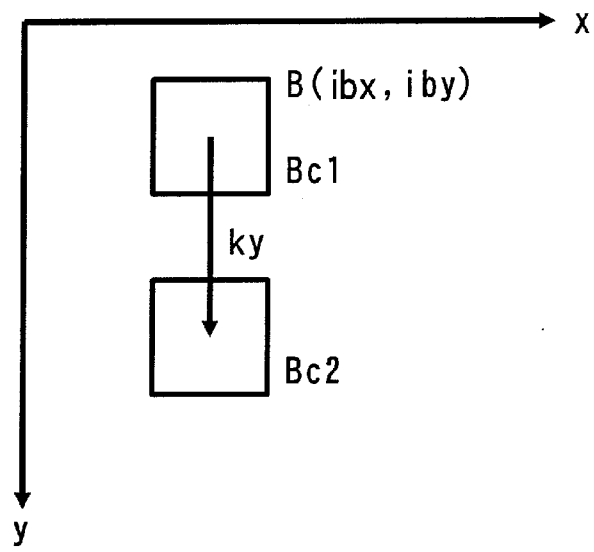


(a)

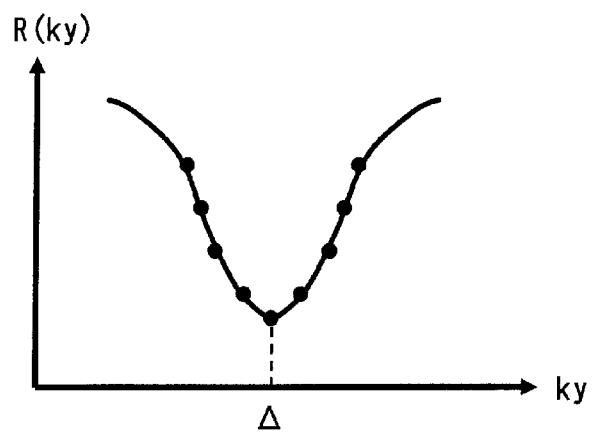


(b)

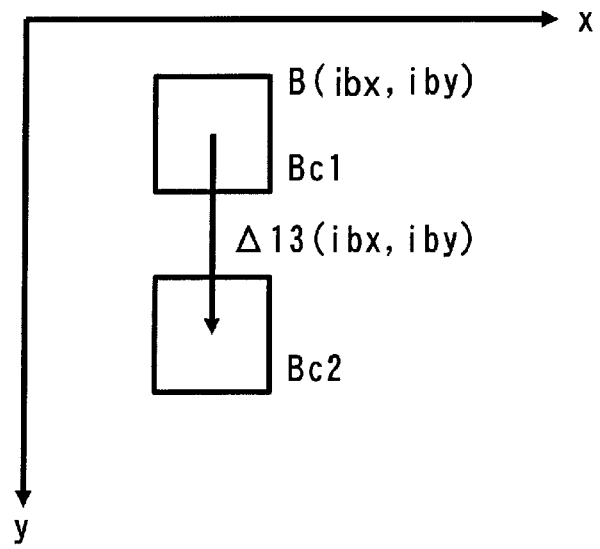
[圖19]



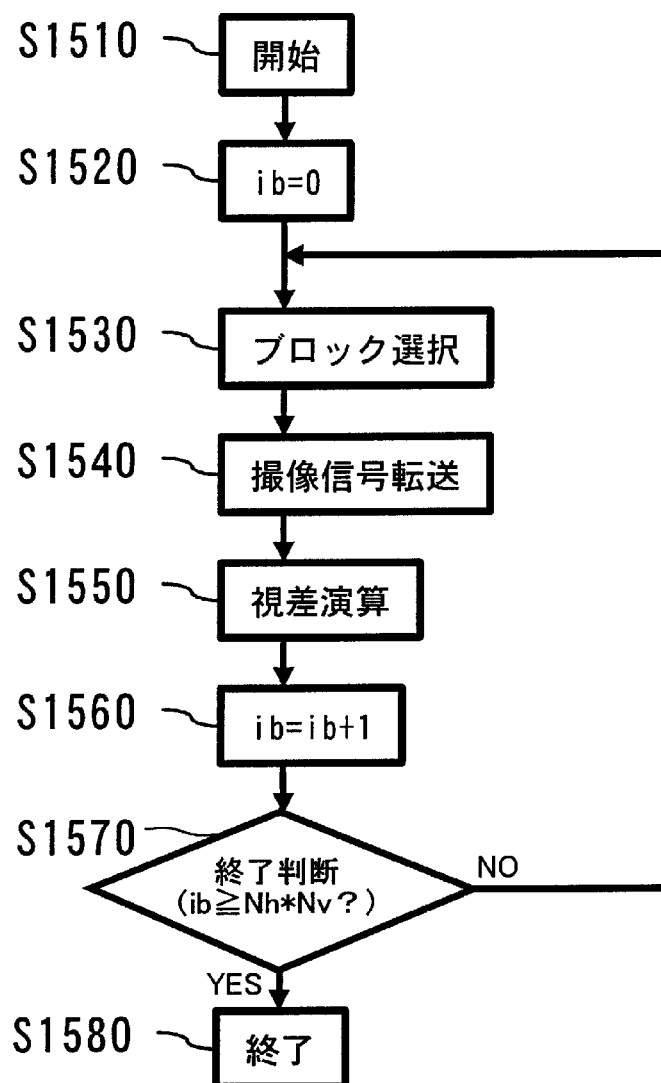
[圖20]



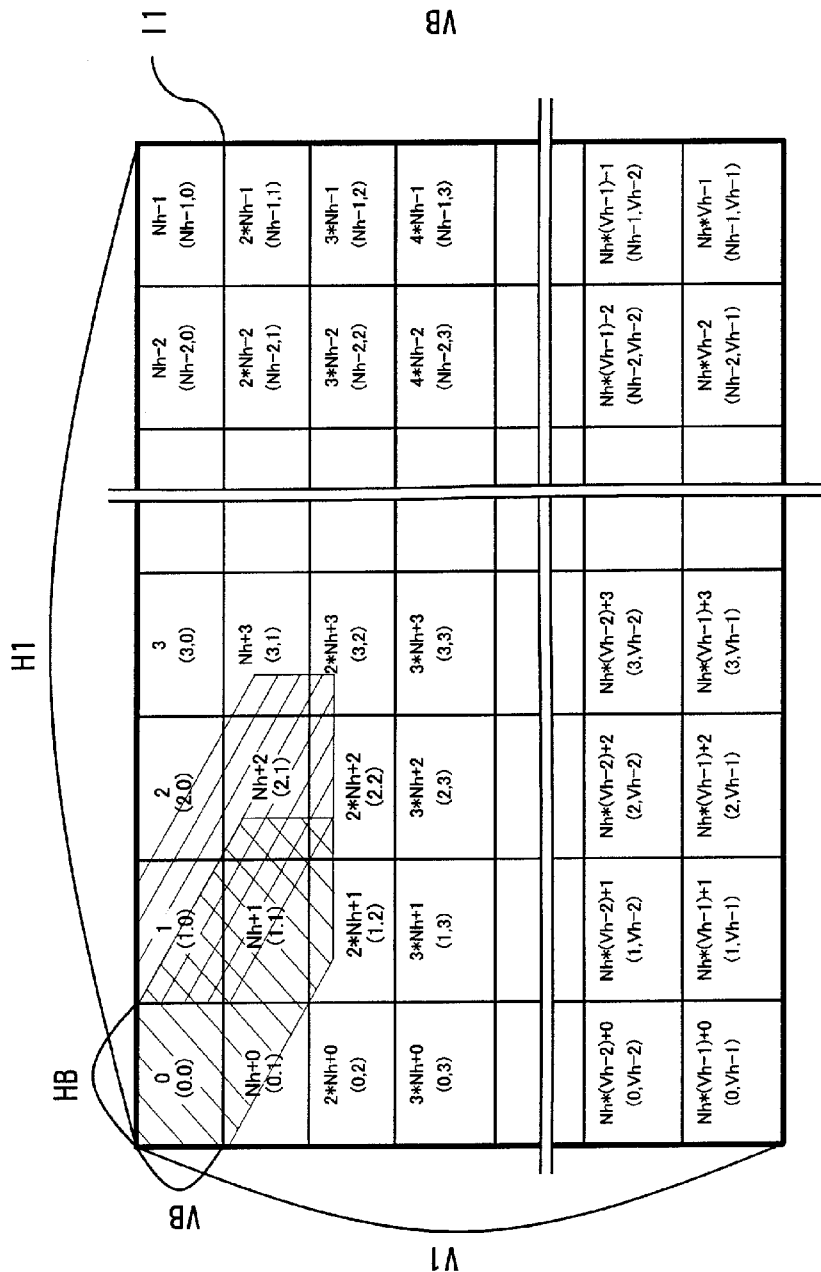
[図21]



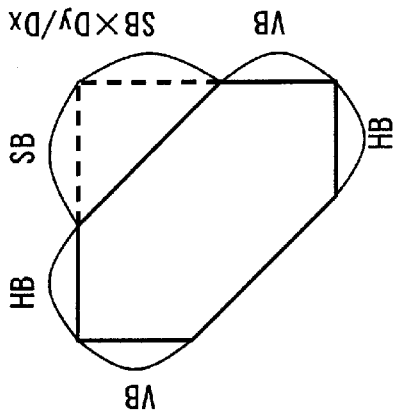
[図22]



[23]

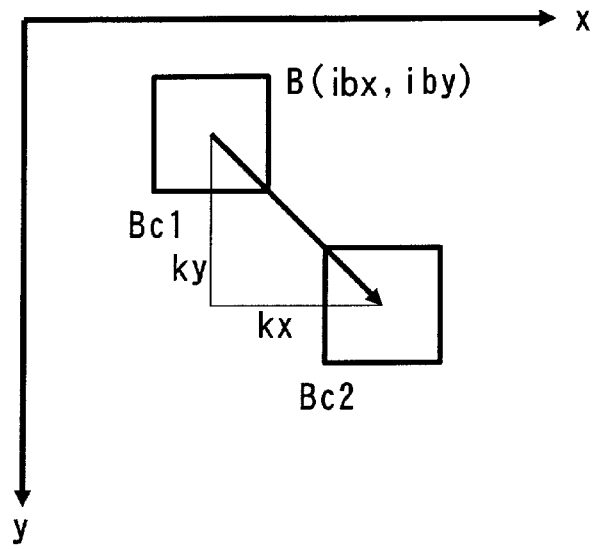


(a)

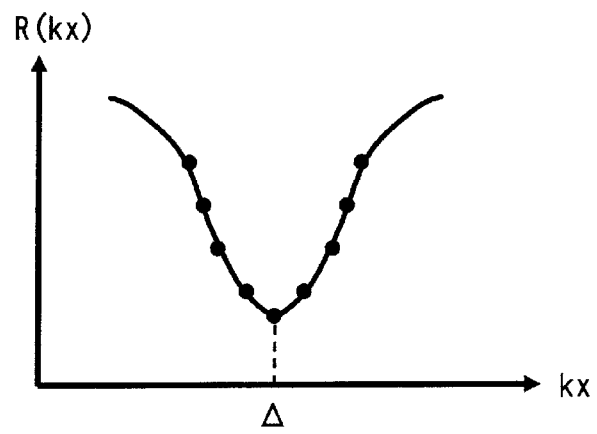


(b)

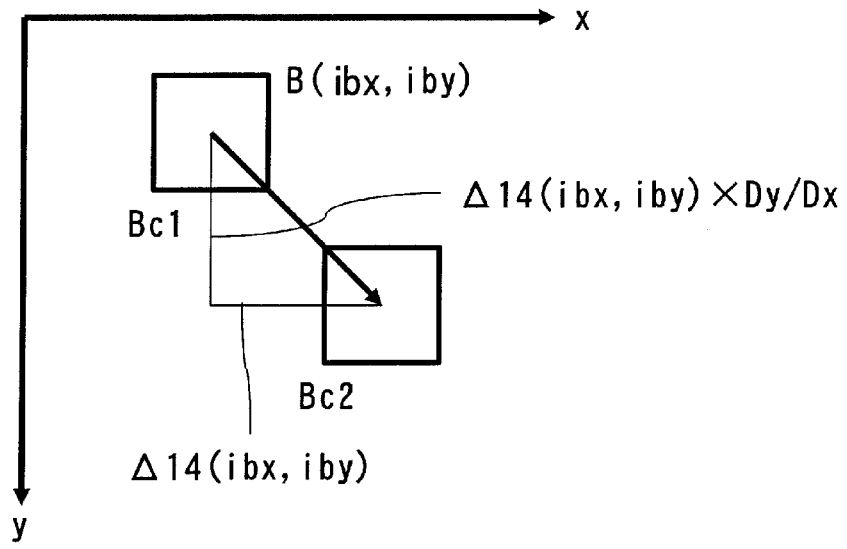
[圖24]



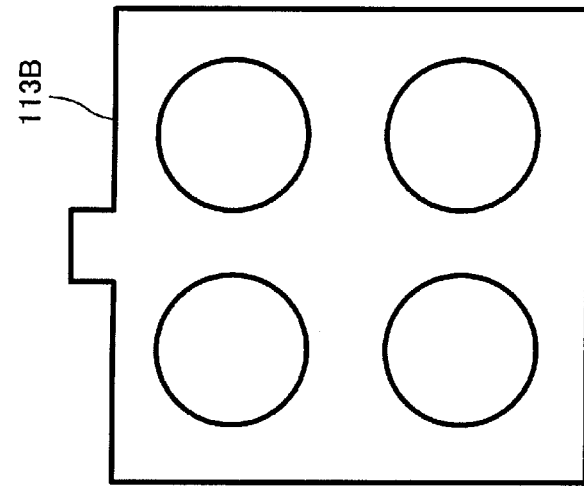
[圖25]



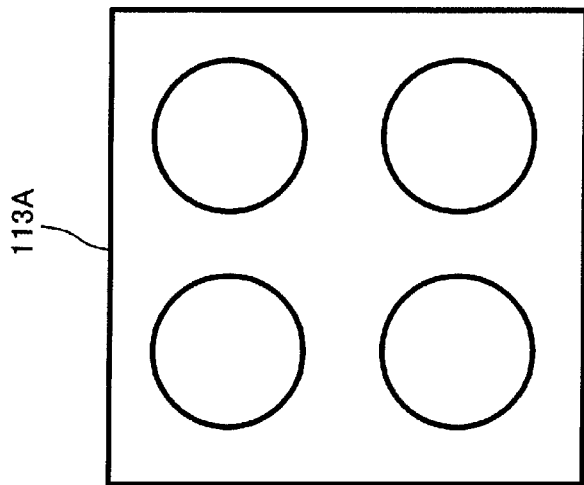
[図26]



[27]



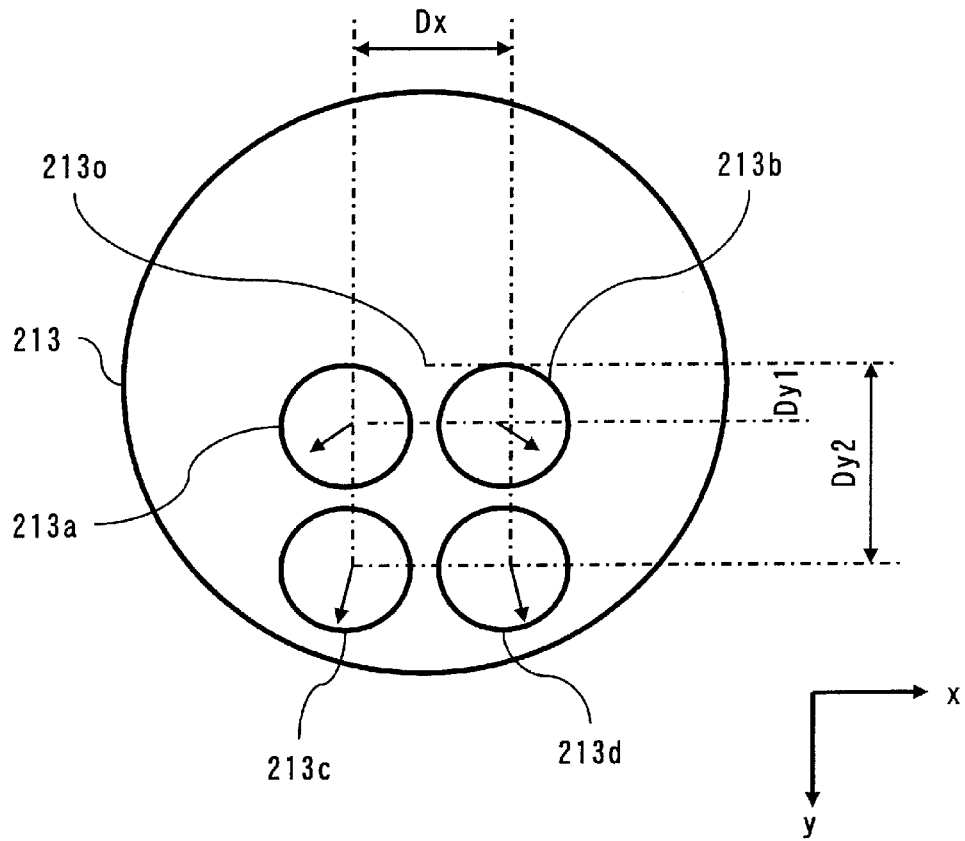
(b)



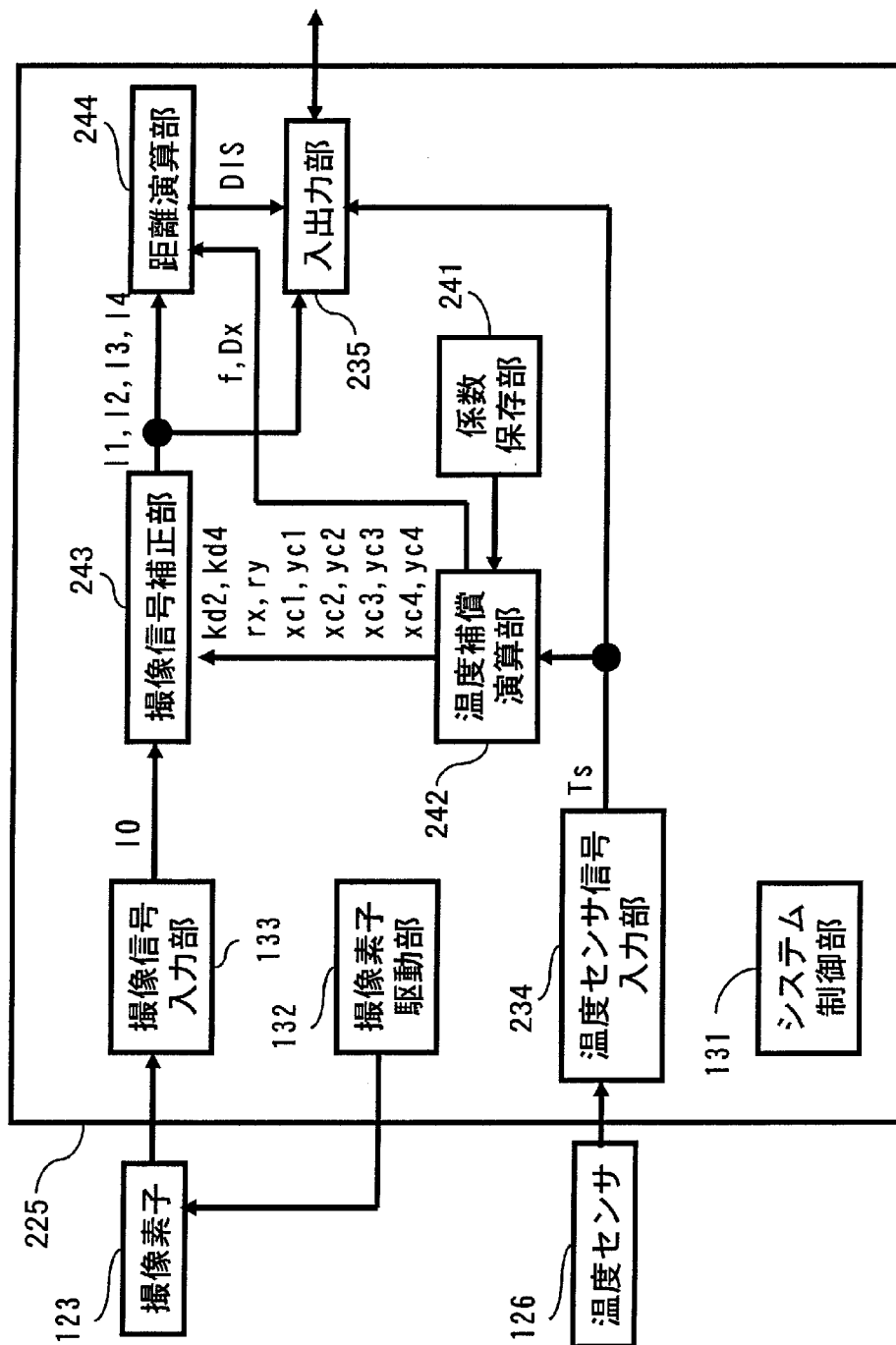
(a)



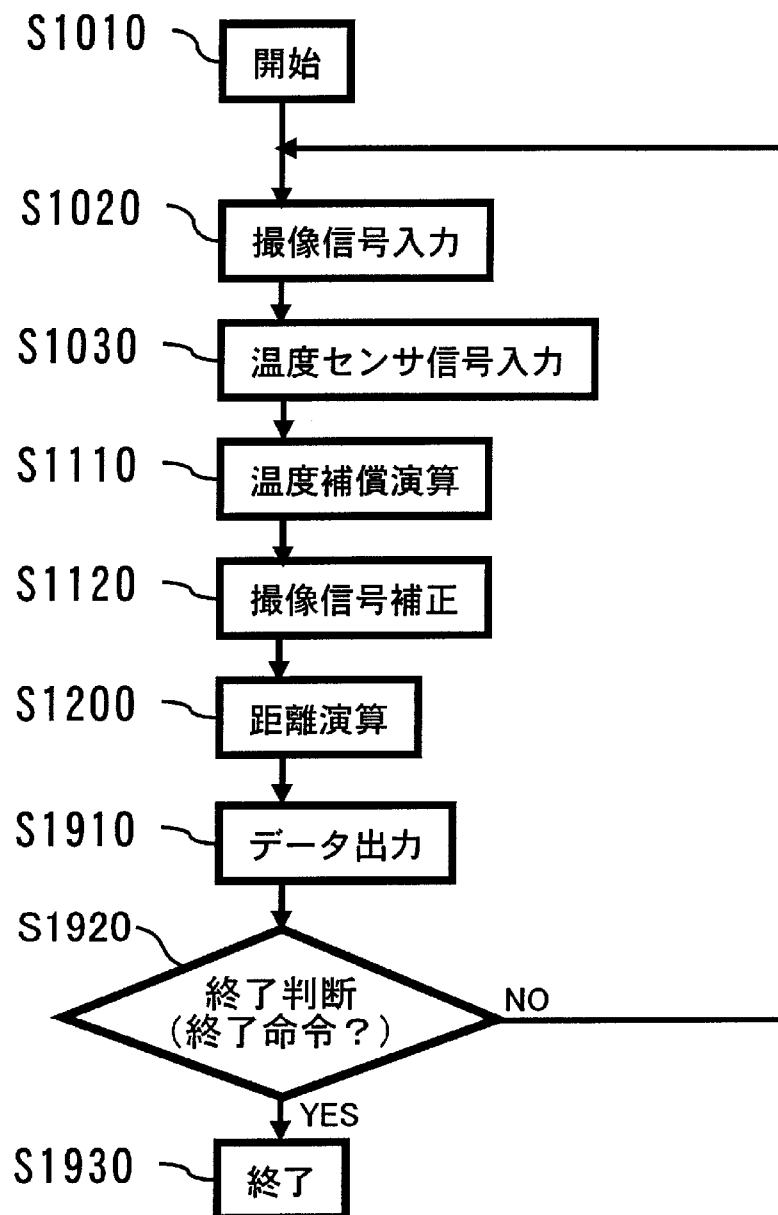
[図28]



[図29]



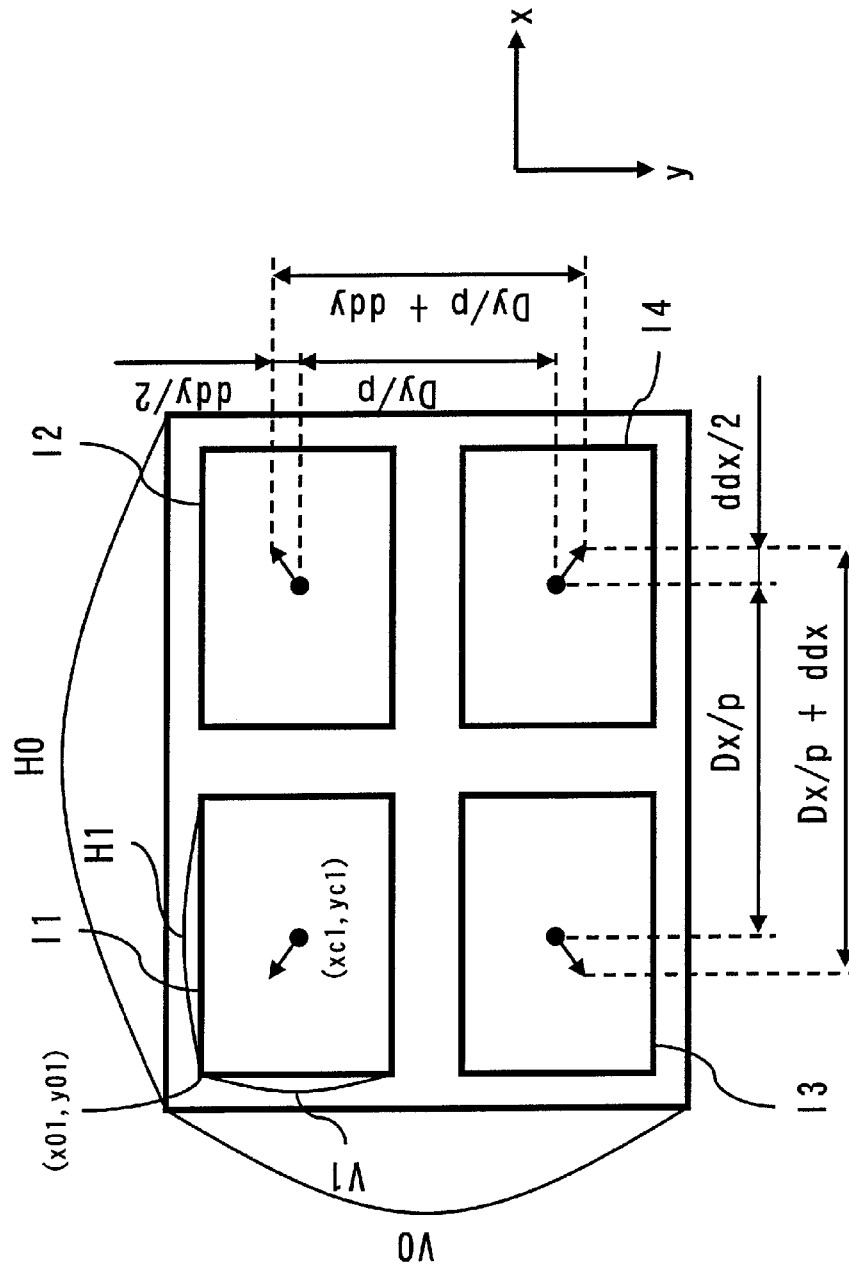
[図30]



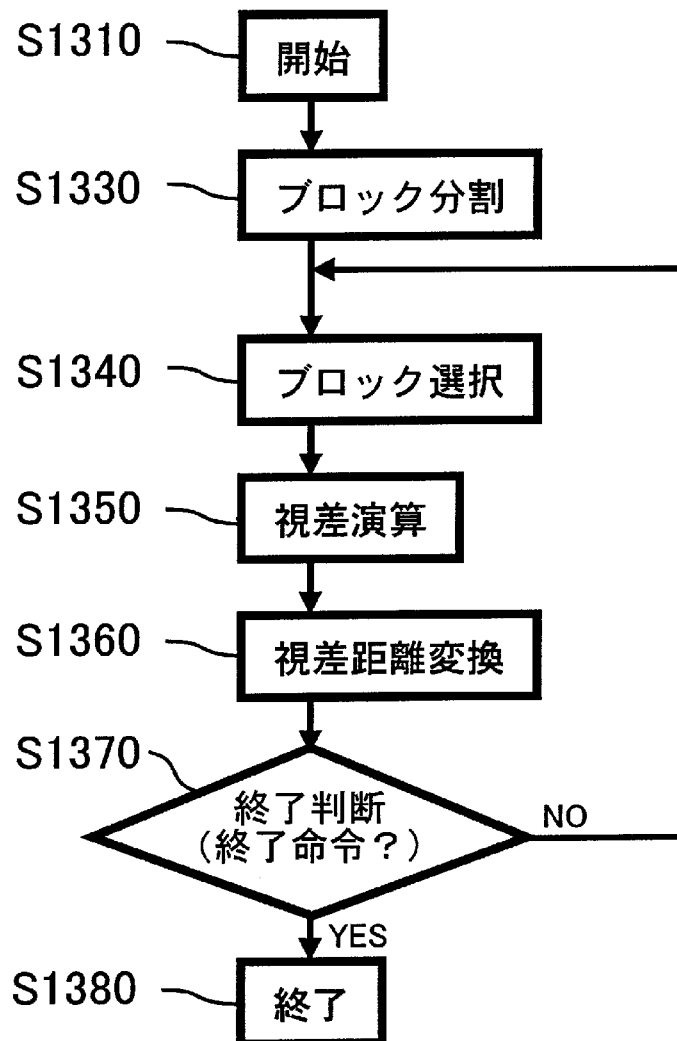
[図31]

Ts	xc1
0	xc1_0
256	xc1_256
512	xc1_512
768	xc1_768
1024	xc1_1024
...	...
3840	xc1_3840
4096	xc1_4096

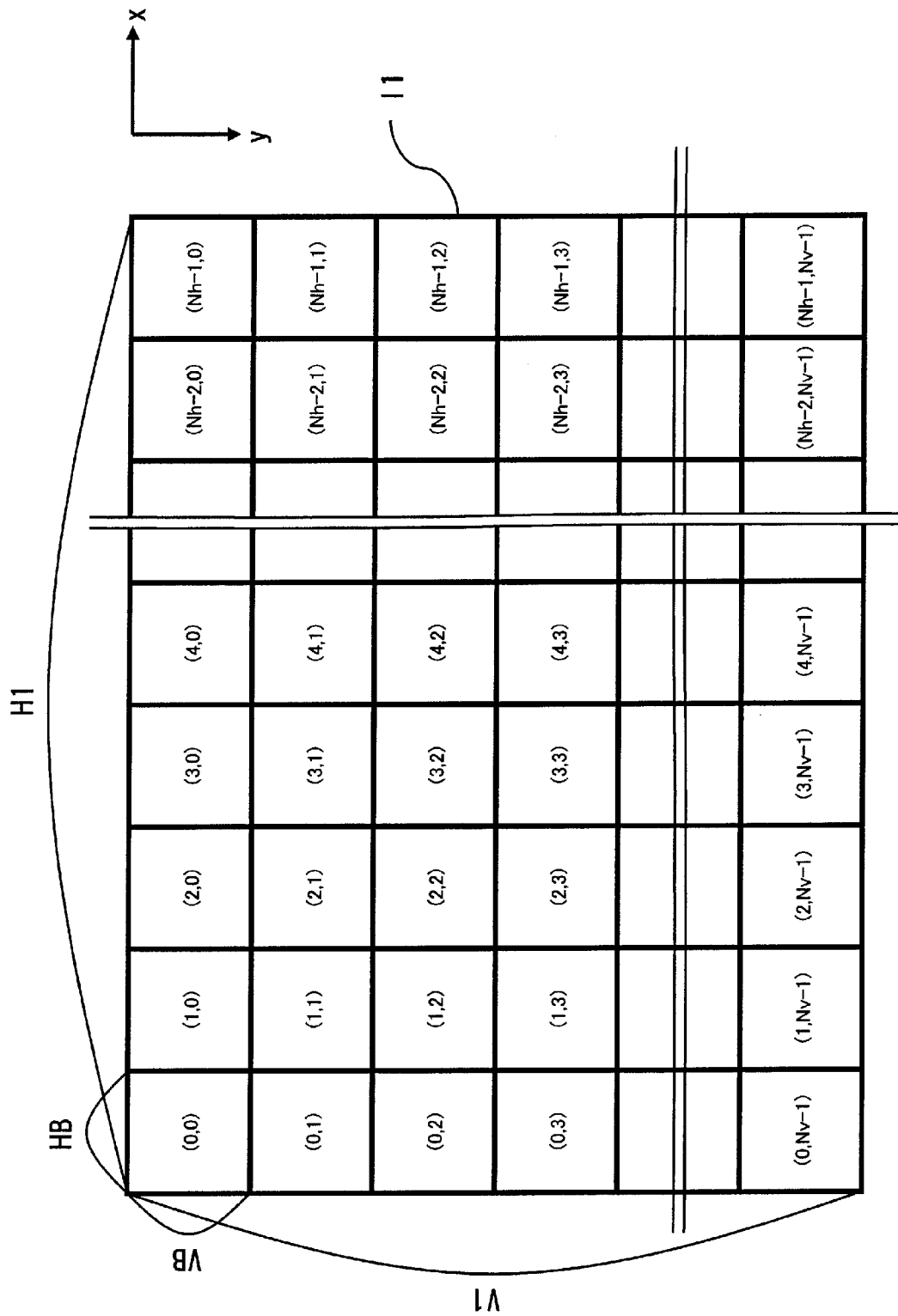
[図32]



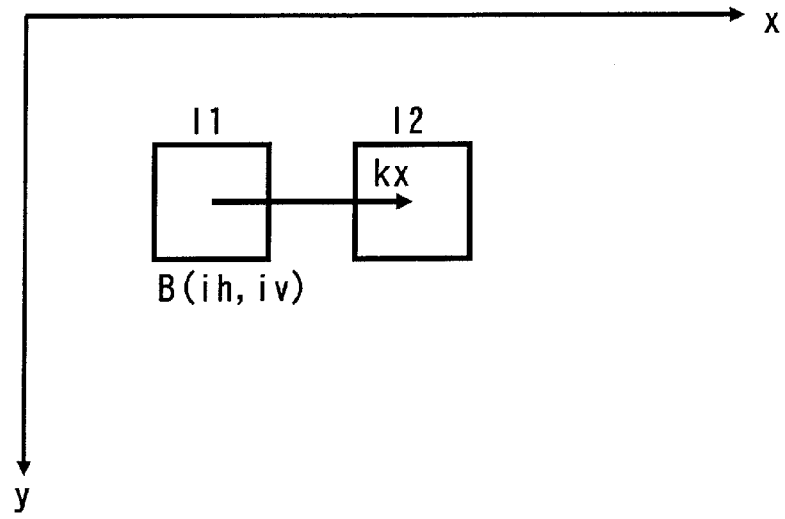
[図33]



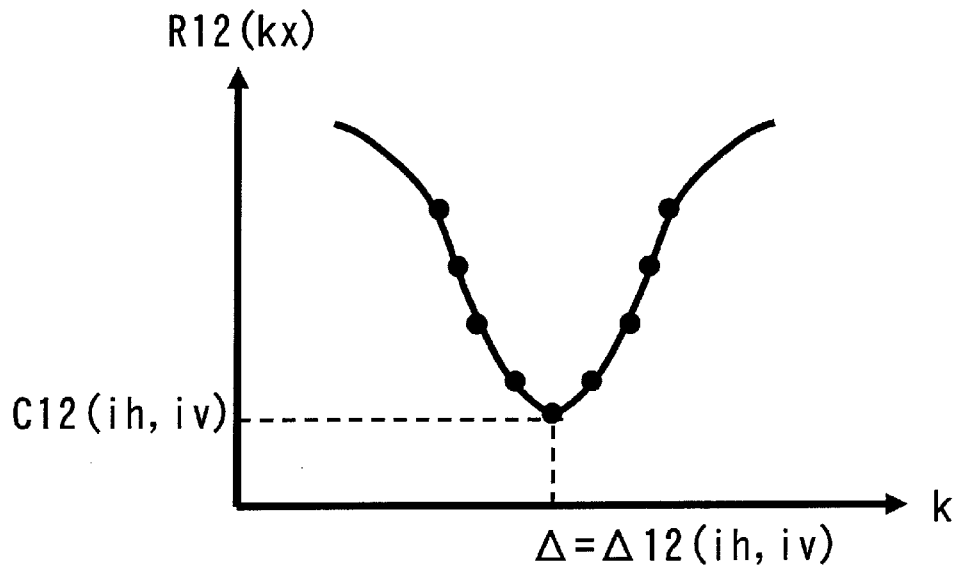
[図34]



[圖35]

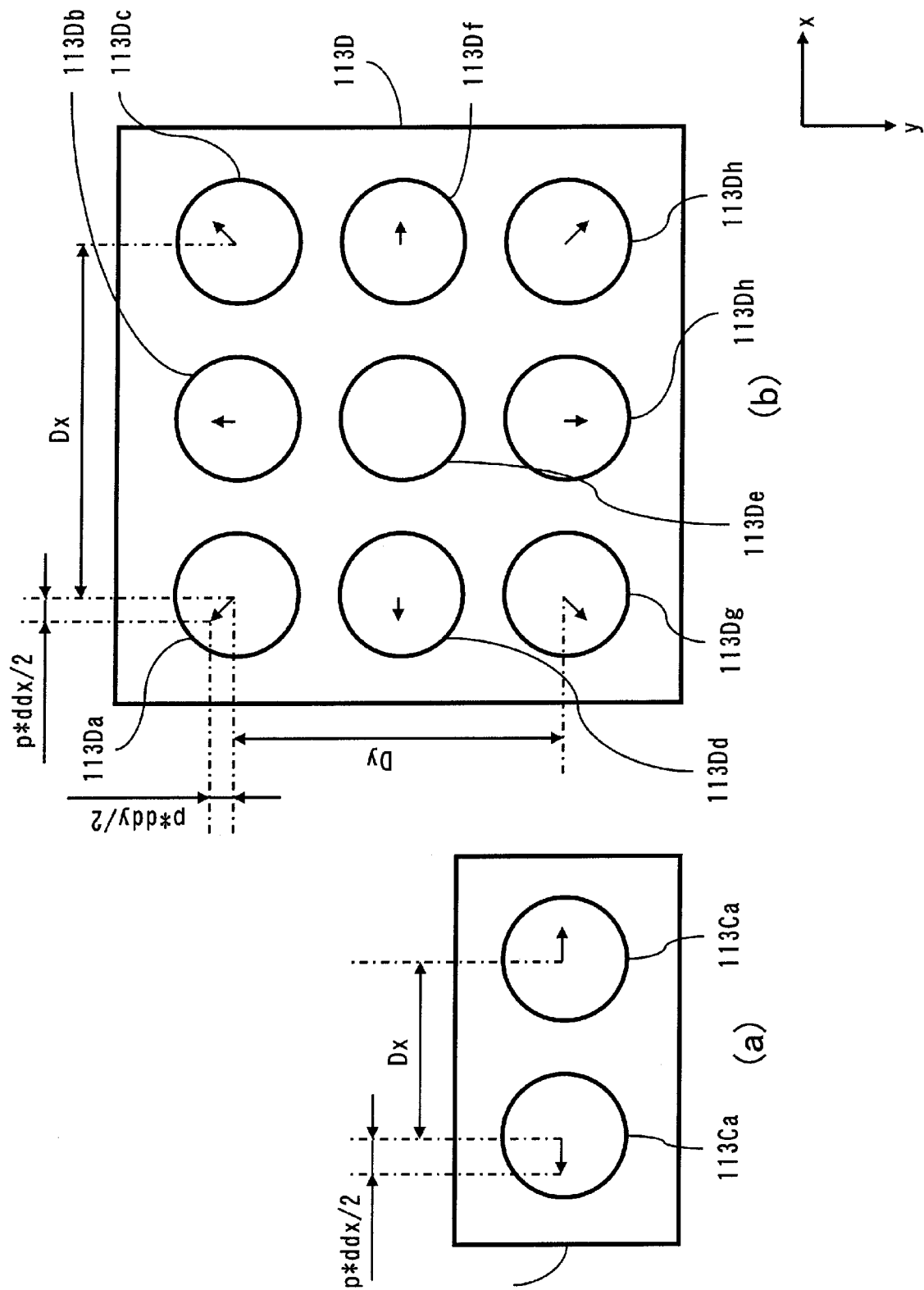


[圖36]

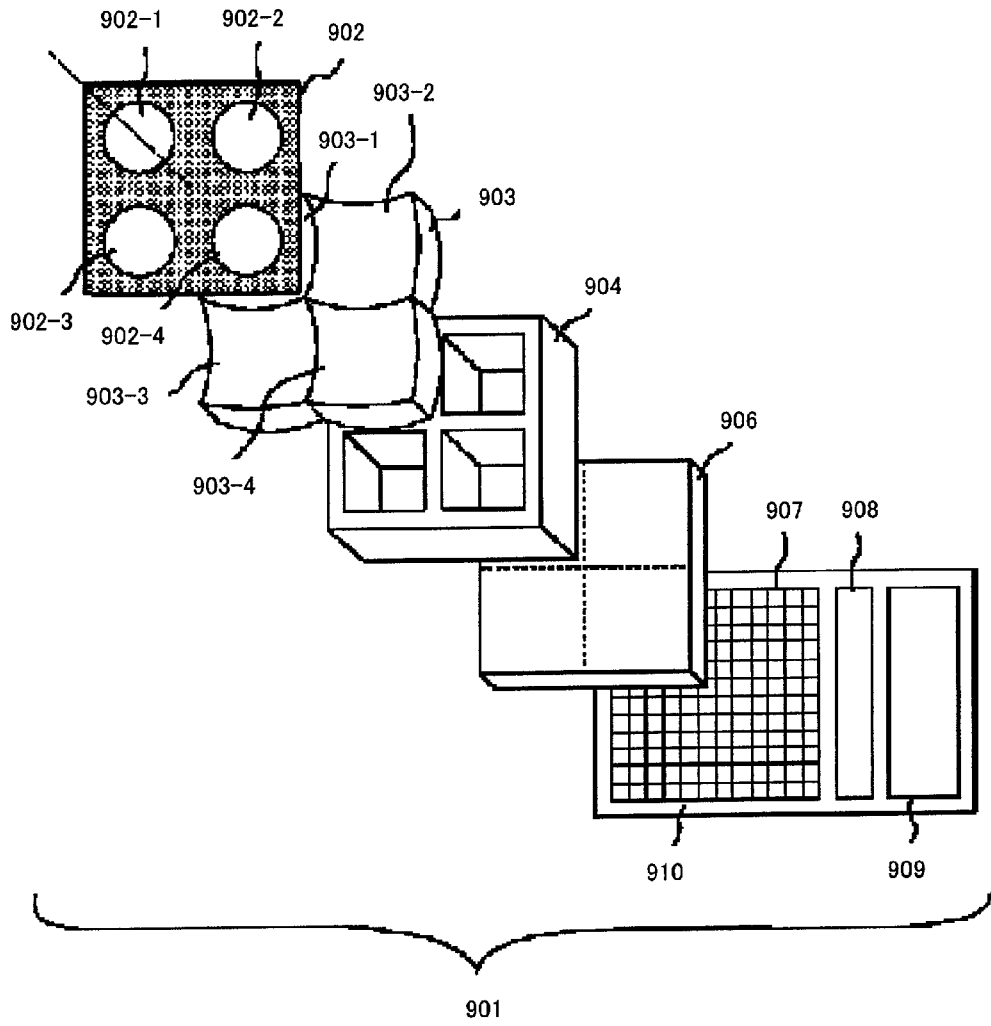




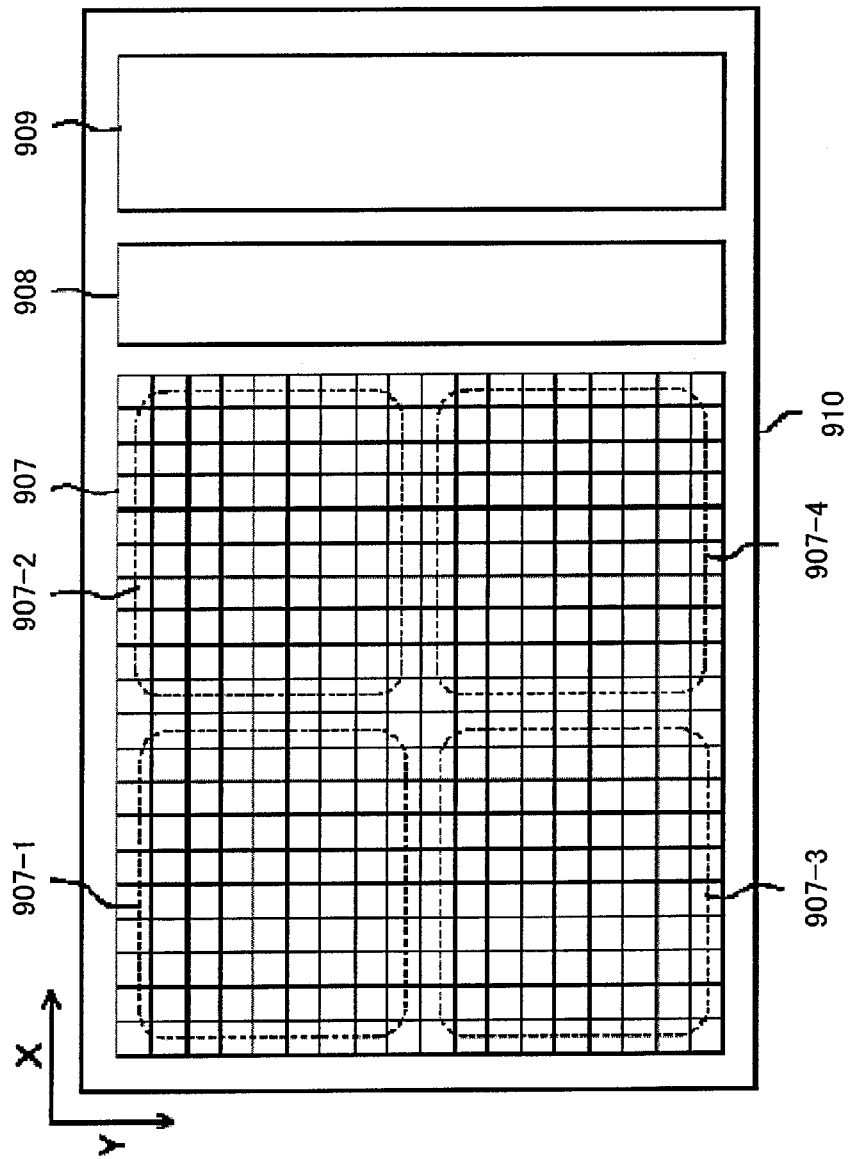
[図37]



[図38]



[図39]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/001667

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01C3/06(2006.01) i, H04N5/335(2006.01) 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) G01C3/00-3/32, H04N5/335		
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 1996-2008 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2008 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2008		
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	JP 2002-204462 A (Canon Inc.), 19 July, 2002 (19.07.02), Full text; Figs. 1 to 27 & US 2002/122124 A1	1-19
A	WO 2005/119175 A1 (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 15 December, 2005 (15.12.05), Full text; Figs. 1 to 15 & US 2007/247611 A1	1-19
A	JP 2003-143459 A (Canon Inc.), 16 May, 2003 (16.05.03), Full text; Figs. 1 to 7 & US 2003/86013 A1	1-19
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 25 July, 2008 (25.07.08)		Date of mailing of the international search report 05 August, 2008 (05.08.08)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/001667

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-99643 A (Fuji Electric Co., Ltd.), 13 April, 2001 (13.04.01), Full text; Figs. 1 to 10 & US 6337736 B1 & DE 10033695 A1	1-19
A	JP 10-281761 A (Fuji Electric Co., Ltd.), 23 October, 1998 (23.10.98), Full text; Figs. 1 to 9 & DE 19813476 A1	1-19
P,A	JP 2007-271301 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 18 October, 2007 (18.10.07), Full text; Figs. 1 to 49 (Family: none)	1-19

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G01C3/06(2006.01)i, H04N5/335(2006.01)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)) Int.Cl. G01C3/00-3/32, H04N5/335		
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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2008年 日本国実用新案登録公報 1996-2008年 日本国登録実用新案公報 1994-2008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 請求の範囲の番号
A	J P 2 0 0 2 - 2 0 4 4 6 2 A (キヤノン株式会社) 2002.07.19, 全文, 図1-27 & US 2002/122124 A1	1-19
A	WO 2005/119175 A1 (松下電器産業株式会社) 2005.12.15, 全文, 図1-15 & US 2007/247611 A1	1-19
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 25.07.2008	国際調査報告の発送日 05.08.2008	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 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) 須中 栄治 電話番号 03-3581-1101 内線 3256	2S 3714

C (続き) . 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 請求の範囲の番号
A	JP 2003-143459 A (キヤノン株式会社) 2003.05.16, 全文, 図1-7 & US 2003/86013 A1	1-19
A	JP 2001-99643 A (富士電機株式会社) 2001.04.13, 全文, 図1-10 & US 6337736 B1 & DE 10033695 A1	1-19
A	JP 10-281761 A (富士電機株式会社) 1998.10.23, 全文, 図1-9 & DE 19813476 A1	1-19
P, A	JP 2007-271301 A (松下電器産業株式会社) 2007.10.18, 全文, 図1-49 (ファミリーなし)	1-19