

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2023年10月5日(05.10.2023)

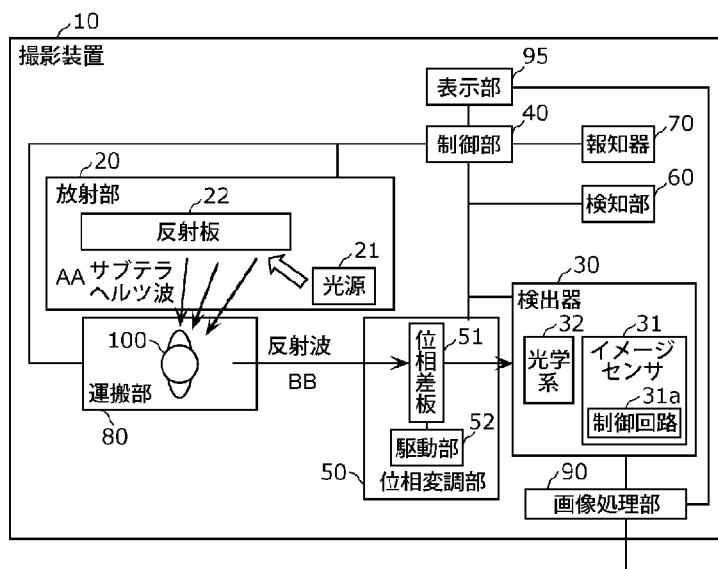


(10) 国際公開番号  
**WO 2023/189875 A1**

- (51) 国際特許分類: *G01N 21/3581* (2014.01) *G01N 21/17* (2006.01) 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号 Osaka (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/011070 (72) 発明者: 友松 駿介(TOMOMATSU, Shunsuke).  
山田 和宏(YAMADA, Kazuhiro).
- (22) 国際出願日: 2023年3月22日(22.03.2023)
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (74) 代理人: 新居 広守, 外(NII, Hiromori et al.);  
〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島5丁目  
3番10号タナカ・イトーピア新大阪ビル6  
階新居国際特許事務所内 Osaka (JP).
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願 2022-053410 2022年3月29日(29.03.2022) JP (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保  
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,  
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,  
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,  
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP,
- (71) 出願人: パナソニックIPマネジメント株式会  
社(PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY  
MANAGEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5406207

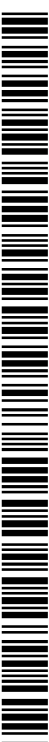
(54) Title: IMAGING DEVICE

(54) 発明の名称: 撮影装置



- 10 Imaging device
- 20 Emission unit
- 21 Light source
- 22 Reflecting plate
- 30 Detector
- 31 Image sensor
- 31a Control circuit
- 32 Optical system
- 40 Control unit
- 50 Phase modulation unit
- 51 Phase difference plate
- 52 Driving unit
- 60 Detection unit
- 70 Alarm
- 80 Conveyance unit
- 90 Image processing unit
- 95 Display unit
- AA Sub-terahertz waves
- BB Reflected waves

(57) Abstract: An imaging device (10) uses sub-terahertz waves to image a person (100) who passes through an imaging space (102). The imaging device (10) comprises: an emission unit (20) that emits sub-terahertz waves with toward the person (100); and a detector (30). The detector (30) has: an optical system (32) that forms an image from reflected waves, which are the sub-terahertz waves emitted from the emission unit (20) and reflected by the person (100); and an image sensor (31) that includes a plurality of pixels which are in a planar arrangement and which receive the reflected waves formed into an image by the optical system (32), and that generates an image on the basis of a cumulative intensity, which is obtained by cumulating, for a prescribed time, the intensity of the reflected waves received by each of the plurality of



WO 2023/189875 A1

KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

pixels, and the planar arrangement of the plurality of pixels. The prescribed time is not less than  $\lambda/1778$  seconds, where  $\lambda$  is the wavelength, in mm, of the sub-terahertz waves.

(57) 要約 : 撮影装置 (10) は、サブテラヘルツ波を用いて撮影空間 (102) を通過する人 (100) を撮影する。撮影装置 (10) は、人 (100) に対してサブテラヘルツ波を放射する放射部 (20) と、検出器 (30) と、を備える。検出器 (30) は、放射部 (20) より放射されたサブテラヘルツ波の、人 (100) による反射波を結像する光学系 (32) と、平面状に配置され、光学系 (32) により結像された反射波を受波する複数の画素を含み、複数の画素の各々で受波した反射波の強度を所定の時間分累積した累積強度と複数の画素の平面状の配置とに基づいて画像を生成するイメージセンサ (31) と、を有する。所定の時間は、サブテラヘルツ波の波長を  $\lambda$  mm とした場合に、 $\lambda/1778$  秒以上である。

## 明 細 書

**発明の名称：撮影装置**

**技術分野**

[0001] 本開示は、撮影装置に関する。

**背景技術**

[0002] 従来、テラヘルツ波及びサブテラヘルツ波を用いて撮影対象物の画像を撮影する撮影装置が知られている。例えば、特許文献1には、サブテラヘルツ波を用いて撮影対象物の画像を取得する撮影装置が開示されている。

**先行技術文献**

**特許文献**

[0003] 特許文献1：国際公開第2021/255964号

**発明の概要**

**発明が解決しようとする課題**

[0004] サブテラヘルツ波を用いて撮影対象物の画像を撮影する撮影装置では、画質の向上等のために、撮影対象物によるサブテラヘルツ波の反射特性とは関係なく生じる画像の明暗むらを抑制することが求められている。例えば、人体と危険物とのサブテラヘルツ波の反射特性の違いを利用して、サブテラヘルツ波を用いて撮影した画像は、人が危険物を所持しているか否かの危険物検知に用いられる。この場合、撮影対象物におけるサブテラヘルツ波の反射特性とは関係なく生じる明暗むらが画像に発生すると、危険物の検知精度が低下する。

[0005] そこで、本開示は、撮影対象物におけるサブテラヘルツ波の反射特性とは関係なく生じる画像の明暗むらを抑制できる撮影装置を提供する。

**課題を解決するための手段**

[0006] 本開示の一態様に係る撮影装置は、サブテラヘルツ波を用いて所定の領域を通過する撮影対象物を撮影する撮影装置であって、前記撮影対象物に対して前記サブテラヘルツ波を放射する放射部と、(i)前記放射部より放射さ

れた前記サブテラヘルツ波の、前記撮影対象物による反射波を結像する光学系と、(i i) 平面状に配置され、前記光学系により結像された前記反射波を受波する複数の画素を含み、前記複数の画素の各々で受波した前記反射波の強度を所定の時間分累積した累積強度と前記複数の画素の平面状の配置とに基づいて画像を生成するイメージセンサと、を有する検出器と、を備え、前記所定の時間は、前記サブテラヘルツ波の波長を $\lambda$  mmとした場合に、 $\lambda / 1778$ 秒以上である。

[0007] 本開示の一態様に係る撮影装置は、サブテラヘルツ波を用いて所定の領域を通過する撮影対象物を撮影する撮影装置であって、前記撮影対象物に対して前記サブテラヘルツ波を射出する放射部と、(i) 前記放射部より放射された前記サブテラヘルツ波の、前記撮影対象物による反射波を結像する光学系と、(i i) 平面状に配置され、前記光学系により結像された前記反射波を受波する複数の画素を含み、前記複数の画素の各々で受波した前記反射波の強度を所定の時間分累積した累積強度と前記複数の画素の平面状の配置とに基づいて画像を生成するイメージセンサを含む検出器と、前記撮影対象物が前記所定の領域を通過する際の移動状態を検知する検知部と、前記移動状態に基づいて前記撮影装置の動作を制御する制御部と、を備え、前記制御部は、前記移動状態に基づいて、前記所定の時間を決定し、前記イメージセンサに、決定した前記所定の時間分累積した前記累積強度に基づいて前記画像を生成させる。

### 発明の効果

[0008] 本開示の一態様に係る撮影装置によれば、撮影対象物におけるサブテラヘルツ波の反射特性とは関係なく生じる画像の明暗むらを抑制できる。

### 図面の簡単な説明

[0009] [図1]図1は、サブテラヘルツ波を用いた撮影における明暗むらの発生を説明するための図である。

[図2]図2は、実施の形態に係る撮影装置の外観を示す模式図である。

[図3]図3は、実施の形態に係る撮影装置の構成を示すブロック図である。

[図4]図4は、実施の形態に係る撮影装置を上方から見た場合の模式図である。

[図5]図5は、実施の形態に係るイメージセンサの回路構成の一例を示す図である。

[図6]図6は、図5で示されるイメージセンサの動作を説明するためのタイミングチャートである。

[図7]図7は、実施の形態に係るイメージセンサの回路構成の別の一例を示す図である。

[図8]図8は、図7で示されるイメージセンサの動作を説明するためのタイミングチャートである。

[図9]図9は、実施の形態に係る位相差板の一例を示す平面図である。

[図10]図10は、実施の形態に係る位相差板の一例を示す断面図である。

[図11]図11は、実施の形態に係る位相差板の一例の動きの例を説明するための模式図である。

[図12]図12は、実施の形態に係る位相差板の別の一例を示す平面図である。

[図13]図13は、実施の形態に係る位相差板の別の一例の動きの例を説明するための模式図である。

[図14]図14は、実施の形態に係る位相差板のさらに別の一例を示す平面図である。

[図15]図15は、実施の形態に係る位相差板のさらに別の一例の動きの例を説明するための模式図である。

[図16]図16は、実施の形態に係る検知部が出力する画像の例を示す図である。

[図17]図17は、実施の形態に係る検知部の配置の別の例を説明するための側面図である。

[図18]図18は、実施の形態に係る検知部の配置のさらに別の例を説明するための上面図である。

[図19]図19は、図17で示される検知部が出力する画像の例を示す図である。

[図20]図20は、図18で示される検知部が出力する画像の例を示す図である。

[図21]図21は、実施の形態に係る検知部が圧力センサで構成される場合の例を示す側面図である。

[図22]図22は、実施の形態に係る検知部が距離センサで構成される場合の例を示す上面図である。

[図23]図23は、実施の形態に係る検知部が人感センサで構成される場合の例を示す側面図である。

[図24]図24は、実施の形態に係る検知部が速度センサで構成される場合の例を示す上面図である。

[図25]図25は、実施の形態の変形例1に係る撮影装置を上方から見た場合の模式図である。

[図26]図26は、実施の形態の変形例1に係る位相差板の一例の動きの例を説明するための模式図である。

[図27]図27は、実施の形態の変形例1に係る位相差板の別の一例の動きの例を説明するための模式図である。

[図28]図28は、実施の形態の変形例1に係る位相差板のさらに別の一例の動きの例を説明するための模式図である。

[図29]図29は、実施の形態の変形例2に係る撮影装置を上方から見た場合の模式図である。

[図30]図30は、実施の形態の変形例3に係る撮影装置を上方から見た場合の模式図である。

[図31]図31は、実施の形態の変形例3に係る光源の動きの例を説明するための模式図である。

[図32]図32は、実施の形態の変形例3に係る光源の動きの別の例を説明するための模式図である。

[図33]図33は、実施の形態の変形例4に係る撮影装置を上方から見た場合の模式図である。

[図34]図34は、人の移動によるサブテラヘルツ波の光路長の変化を説明するための図である。

[図35A]図35Aは、実施の形態に係るイメージセンサの画素アレイにおける画素の配列の例を示す模式図である。

[図35B]図35Bは、検出器の撮影距離の例を示す模式図である。

[図36]図36は、実施の形態及び各変形例に係る撮影装置の動作例1のフローチャートである。

[図37]図37は、実施の形態及び各変形例に係る撮影装置の動作例2のフローチャートである。

[図38]図38は、実施の形態及び各変形例に係る撮影装置の動作例3のフローチャートである。

[図39]図39は、実施の形態及び各変形例に係る撮影装置の動作例4のフローチャートである。

[図40]図40は、実施の形態及び各変形例に係る撮影装置の動作例5のフローチャートである。

[図41]図41は、実施の形態及び各変形例に係る撮影装置の動作例6のフローチャートである。

## 発明を実施するための形態

[0010] (本開示の一態様を得るに至った経緯)

上述のように、撮影対象物におけるサブテラヘルツ波の反射特性とは関係なく生じる明暗むらを抑制することが求められている。本発明者らは、サブテラヘルツ波を用いて撮影対象物を撮影する際に、以下のような課題が生じることを見出した。

[0011] サブテラヘルツ波を用いて撮影する場合、サブテラヘルツ波は、可視光よりも波長が長いことによって、人体等の撮影対象物で鏡面反射するため、撮影対象物による反射波をイメージセンサによって効率的に受波することが難

しい。そのため、イメージセンサによって撮影対象物による反射波を受波しやすくするため、例えば、サブテラヘルツ波を反射板で拡散反射させてから撮影対象物に照射することで、様々な角度から撮影対象物に対してサブテラヘルツ波を放射する。このような方法を用いた場合、サブテラヘルツ波を射出する光源から撮影対象物までの光路長が異なるサブテラヘルツ波が撮影対象物に入射する。その結果、撮影対象物に入射するサブテラヘルツ波には、様々な位相の成分が含まれることになる。

[0012] 図1は、サブテラヘルツ波を用いた撮影における明暗むらの発生を説明するための図である。図1では、均一にサブテラヘルツ波を反射させる板状の撮影対象物Bを撮影する場合が示されている。図1の(a)には、撮影対象物Bにおけるある位置P1で反射した反射波を撮影する場合が模式的に示されている。また、図1の(b)には、撮影対象物Bにおける位置P1とは異なる位置P2で反射した反射波を撮影する場合が模式的に示されている。図1において、反射波が矢印で示されており、反射波がイメージセンサS上に結像されている。また、図1においては、反射波の波形W1a、W1b、W2a、W2bが反射波を示す矢印上に模式的に示されている。

[0013] 上述のように、撮影対象物Bに入射するサブテラヘルツ波には、様々な位相の成分が含まれるため、撮影対象物Bによる反射波の反射角度に対する位相の分布は、反射位置によって異なる場合がある。例えば、図1の(a)に示されるように、位置P1で反射した反射波の2つの成分は、波形W1a、W1bに示されるように、位相が同じであるため、同位相の成分がイメージセンサS上で結像される際に干渉して明るくなる。一方、図1の(b)に示されるように、位置P2で反射した反射波の2つの成分は、波形W2a、W2bに示されるように、位相が異なる（例えば半波長分ずれている）ため、異なる位相の成分がイメージセンサS上で結像される際に干渉して暗くなる。このように、均一な反射特性を有する撮影対象物Bを撮影しているにもかかわらず、得られる画像には明暗むらが発生する。

[0014] このように、本発明者らは、サブテラヘルツ波を用いた撮影では、撮影対

象物における反射位置によって反射波の反射角度に対する位相の分布が異なるために、得られる画像に明暗むらが発生する場合があることを見出した。なお、本明細書において、「反射波の反射角度に対する位相の分布」を、単に「反射波の位相の角度分布」と称する場合がある。

[0015] そこで、本開示は、このような課題を鑑み、撮影対象物におけるサブテラヘルツ波の反射特性とは関係なく生じる画像の明暗むらを抑制することができる撮影装置を提供する。

[0016] 本開示の概要として本開示に係る撮影装置の例を以下に示す。

[0017] 本開示の第1態様に係る撮影装置は、サブテラヘルツ波を用いて所定の領域を通過する撮影対象物を撮影する撮影装置であって、前記撮影対象物に対して前記サブテラヘルツ波を放射する放射部と、(i)前記放射部より放射された前記サブテラヘルツ波の、前記撮影対象物による反射波を結像する光学系と、(ii)平面状に配置され、前記光学系により結像された前記反射波を受波する複数の画素を含み、前記複数の画素の各々で受波した前記反射波の強度を所定の時間分累積した累積強度と前記複数の画素の平面状の配置とに基づいて画像を生成するイメージセンサと、を有する検出器と、を備え、前記所定の時間は、前記サブテラヘルツ波の波長を $\lambda$  mmとした場合に、 $\lambda / 1778$ 秒以上である。

[0018] これにより、撮影対象物の移動速度を人の一般的な移動速度である時速3.2 km (=秒速889 mm)とした場合に、所定の時間に撮影対象物がサブテラヘルツ波の波長の半分以上移動することになる。その結果、放射部から射出されたサブテラヘルツ波が、撮影対象物で反射してイメージセンサに入射するまでの光路長が、所定の時間における撮影対象物の移動の前後でサブテラヘルツ波の波長以上変化する。そのため、イメージセンサは、所定の時間に、サブテラヘルツ波の波長分ずれた2つの反射波の位相の角度分布パターン間の強度を累積できる。その結果、イメージセンサでは、位相の角度分布が異なる反射波の強度が効果的に累積され、上記で説明した干渉による明暗が平準化される。よって、本態様に係る撮影装置では、上述のような

撮影対象物におけるサブテラヘルツ波の反射特性とは関係なく生じる画像の明暗むらを抑制できる。

[0019] また、例えば、本開示の第2態様に係る撮影装置は、第1態様に係る撮影装置であって、前記撮影対象物が前記所定の領域を通過する際の移動状態を検知する検知部と、前記移動状態が停留中である場合に、前記撮影装置の動作を制御する制御部と、を備える。

[0020] これにより、撮影装置は、撮影対象物が停留中であるために、放射部から射出されたサブテラヘルツ波が、撮影対象物で反射してイメージセンサに入射するまでの光路長が所定の時間において変化しにくい場合に、制御部によって撮影装置の動作が制御される。よって、撮影対象物が停留中であっても、撮影装置の動作が適切に制御されることで、撮影対象物におけるサブテラヘルツ波の反射特性とは関係なく生じる画像の明暗むらを抑制できる。

[0021] また、例えば、本開示の第3態様に係る撮影装置は、第2態様に係る撮影装置であって、前記制御部は、前記移動状態に基づいて、前記所定の時間を決定し、前記イメージセンサに、決定した前記所定の時間分累積した前記累積強度に基づいて前記画像を生成させる。

[0022] また、本開示の第4態様に係る撮影装置は、サブテラヘルツ波を用いて所定の領域を通過する撮影対象物を撮影する撮影装置であって、前記撮影対象物に対して前記サブテラヘルツ波を射出する放射部と、(i)前記放射部より放射された前記サブテラヘルツ波の、前記撮影対象物による反射波を結像する光学系と、(ii)平面状に配置され、前記光学系により結像された前記反射波を受波する複数の画素を含み、前記複数の画素の各々で受波した前記反射波の強度を所定の時間分累積した累積強度と前記複数の画素の平面状の配置とに基づいて画像を生成するイメージセンサを含む検出器と、前記撮影対象物が前記所定の領域を通過する際の移動状態を検知する検知部と、前記移動状態に基づいて前記撮影装置の動作を制御する制御部と、を備え、前記制御部は、前記移動状態に基づいて、前記所定の時間を決定し、前記イメージセンサに、決定した前記所定の時間分累積した前記累積強度に基づいて

前記画像を生成させる。

[0023] 撮影対象物の移動によって、放射部から射出されたサブテラヘルツ波が、撮影対象物で反射してイメージセンサに入射するまでの光路長は変化する。また、イメージセンサが反射波の強度を累積する所定の時間における上記光路長の変化量は、撮影対象物の移動速度等の移動状態によって決まる。さらに、上記光路長の変化によってイメージセンサが受波する反射波の位相の角度分布も変化するため、撮影対象物の移動状態によって、所定の時間におけるイメージセンサが受波する反射波の位相の角度分布が影響を受けることになる。所定の時間にイメージセンサが受波する反射波の位相の角度分布が変化しやすいほど、イメージセンサが異なる位相の角度分布の反射波の強度を累積して画像の明暗むらが抑制できるため、イメージセンサによって生成される画像の明暗むらの生じやすさは、撮影対象物の移動状態に影響される。そのため、制御部が撮影対象物の移動状態に基づいて所定の時間を決定することで、画像の明暗むらに影響する所定の時間での上記光路長の変化量を適切に制御できる。よって、撮影対象物におけるサブテラヘルツ波の反射特性とは関係なく生じる画像の明暗むらを抑制できる。

[0024] また、例えば、本開示の第5態様に係る撮影装置は、第2態様から第4態様のいずれか1つに係る撮影装置であって、前記検知部は、前記移動状態として前記撮影対象物が前記所定の領域を通過する際の移動速度を検知し、前記制御部は、前記移動速度が所定の速度未満の場合に前記撮影対象物の前記移動状態が停留中であることを決定する。

[0025] これにより、放射部から射出されたサブテラヘルツ波が、撮影対象物で反射してイメージセンサに入射するまでの光路長が特に影響を受けやすい撮影対象物の移動速度に基づいて、移動状態を決定できる。

[0026] また、例えば、本開示の第6態様に係る撮影装置は、第2態様から第5態様のいずれか1つに係る撮影装置であって、前記制御部は、前記移動状態が停留中である場合に、前記検出器に前記画像の生成を停止させる。

[0027] これにより、撮影対象物におけるサブテラヘルツ波の反射特性とは関係な

く生じる画像の明暗むらが大きくなるような場合に、画像が生成されない。よって、例えば、画像を用いて危険物を検知する場合に、危険物の検知精度が低下するような画像が出力されず、誤検知を抑制できる。

[0028] また、例えば、本開示の第7態様に係る撮影装置は、第2態様から第5態様のいずれか1つに係る撮影装置であって、前記画像を表示する表示部を備え、前記制御部は、前記移動状態が停留中である場合に、前記表示部に前記画像の表示を停止させる、又は、前記画像に他の画像を重畳させる。

[0029] これにより、撮影対象物におけるサブテラヘルツ波の反射特性とは関係なく生じる画像の明暗むらが大きくなるような場合に、検出器が生成した画像がそのままの状態では表示されることがない。よって、例えば、ユーザが検出器30によって生成された画像を確認する場合に誤認識することが抑制される。

[0030] また、例えば、本開示の第8態様に係る撮影装置は、第2態様から第7態様のいずれか1つに係る撮影装置であって、警告を発出する報知器を備え、前記制御部は、前記移動状態が停留中である場合に、前記報知器に前記警告を発出させる。

[0031] これにより、撮影対象物が停留中であるために、所定の時間において、上記光路長の変化量が小さい、又は、無い場合でも、撮影対象物に警告を発出することで、撮影対象物に移動速度を速める等の移動状態の変化を促すことができる。

[0032] また、例えば、本開示の第9態様に係る撮影装置は、第2態様から第5態様のいずれか1つに係る撮影装置であって、前記イメージセンサが前記画像を生成する際の露光期間中に、前記イメージセンサが受波する前記反射波の位相の角度分布を変化させる位相変調部を備え、前記制御部は、前記移動状態が停留中である場合、前記位相変調部に前記位相の角度分布を変化させる。

[0033] これにより、撮影対象物が停留中であるために、所定の時間において、画像の明暗むらに影響する上記光路長の変化量が小さい、又は、無い場合でも

、位相変調部によって、イメージセンサが受波する反射波の位相の角度分布を変化させることができる。よって、撮影対象物におけるサブテラヘルツ波の反射特性とは関係なく生じる画像の明暗むらを抑制できる。

[0034] また、例えば、本開示の第10態様に係る撮影装置は、第9態様に係る撮影装置であって、前記放射部は、前記サブテラヘルツ波を射出する光源と、前記光源から射出された前記サブテラヘルツ波を拡散反射することにより前記撮影対象物に対して前記サブテラヘルツ波を放射する反射板と、を有し、前記位相変調部は、前記光源と前記反射板との間に配置され、透過する前記サブテラヘルツ波の位相を変化させる位相差板と、前記位相差板を所定の条件で動かす位相差板駆動部と、を有する。

[0035] これにより、撮影対象物に照射されるサブテラヘルツ波の位相が変化するため、効果的に、所定の時間においてイメージセンサが受波する反射波の位相の角度分布を変化させることができる。

[0036] なお、本明細書において、「拡散反射」とは、マクロ的に見て1つの入射角で反射板に対して入射したサブテラヘルツ波が、ミクロ的な凹凸を複数有する凹凸面の構造によって複数の反射角で反射されることを意味する。

[0037] また、例えば、本開示の第11態様に係る撮影装置は、第9態様に係る撮影装置であって、前記位相変調部は、前記所定の領域と前記イメージセンサとの間で前記反射波の光路上に配置され、透過する前記反射波の位相を変化させる位相差板と、前記位相差板を所定の条件で動かす位相差板駆動部と、を有する。

[0038] これにより、イメージセンサに入射する撮影対象物による反射波の位相が変化するため、効果的に、所定の時間においてイメージセンサが受波するサブテラヘルツ波の位相の角度分布を変化させることができる。

[0039] また、例えば、本開示の第12態様に係る撮影装置は、第9態様に係る撮影装置であって、前記位相変調部は前記光学系の少なくとも一部であり、前記光学系は、前記位相変調部として、前記反射波を反射することで前記イメージセンサに結像するミラーシステムを有し、前記ミラーシステムは、複数

のミラーを含み、前記複数のミラーの各々は、前記イメージセンサの露光期間中に反射する前記反射波の位相を変化させる。

[0040] これにより、位相変調部と検出器とを一体化して、イメージセンサが受波する反射波の位相の角度分布を変化させることができる。

[0041] また、例えば、本開示の第13態様に係る撮影装置は、第9態様に係る撮影装置であって、前記放射部は、前記サブテラヘルツ波を射出する光源と、前記光源から射出された前記サブテラヘルツ波を拡散反射することにより前記撮影対象物に対して前記サブテラヘルツ波を放射する反射板と、を有し、前記位相変調部は、前記光源を所定の条件で動かして、前記位相の角度分布を変化させる光源駆動部を含む。

[0042] これにより、光源が動くことで上記光路長が変化するため、効果的に、所定の時間においてイメージセンサが受波する反射波の位相の角度分布を変化させることができる。

[0043] また、例えば、本開示の第14態様に係る撮影装置は、第9態様に係る撮影装置であって、前記放射部は、前記サブテラヘルツ波を射出する光源と、前記光源から射出された前記サブテラヘルツ波を拡散反射することにより前記撮影対象物に対して前記サブテラヘルツ波を放射する反射板と、を有し、前記位相変調部は、前記反射板を所定の条件で動かして、前記位相の角度分布を変化させる反射板駆動部を含む。

[0044] これにより、反射板が動くことで上記光路長が変化するため、効果的に、所定の時間においてイメージセンサが受波する反射波の位相の角度分布を変化させることができる。

[0045] また、例えば、本開示の第15態様に係る撮影装置は、第9態様から第14態様のいずれか1つに係る撮影装置であって、前記位相変調部は、前記所定の領域内において、前記撮影対象物を前記イメージセンサの露光期間中に前記サブテラヘルツ波の波長の半分以上移動させて、前記位相の角度分布を変化させる運搬部を有する。

[0046] これにより、露光期間における撮影対象物の移動量が大きくなるため、上

記光路長の変化が大きくなり、効果的に、露光期間においてイメージセンサが受波する反射波の位相の角度分布を変化させることができる。

[0047] また、例えば、本開示の第16態様に係る撮影装置は、第1態様から第15態様のいずれか1つに係る撮影装置であって、前記所定の時間は、前記検出器における最短の撮影距離を $L$  mmとした場合に、 $L/27800$ 秒以下である。

[0048] これにより、所定の時間における撮影対象物の移動による、撮影対象物からの反射波が入射する画素の位置のずれが半画素分の長さ以下になりやすくなり、生成される画像におけるブレを抑制できる。

[0049] また、例えば、本開示の第17態様に係る撮影装置は、第1態様から第16態様のいずれか1つに係る撮影装置であって、前記所定の時間は、前記イメージセンサの1フレームにおける露光期間の長さである。

[0050] これにより、イメージセンサが1フレームの露光期間で画像を生成できるため、1つの画像を生成するための時間を短くできる。

[0051] また、例えば、本開示の第18態様に係る撮影装置は、第1態様から第17態様のいずれか1つに係る撮影装置であって、前記所定の時間は、 $\lambda/254$ 秒以上である。

[0052] これにより、上記光路長が、所定の時間における撮影対象物の移動の前後でさらに大きく変化する。よって、撮影対象物におけるサブテラヘルツ波の反射特性とは関係なく生じる画像の明暗むらをさらに抑制できる。

[0053] また、例えば、本開示の第19態様に係る撮影装置は、第1態様から第18態様のいずれか1つに係る撮影装置であって、前記サブテラヘルツ波の周波数は、 $0.05$  THz以上 $2$  THz以下であり、前記サブテラヘルツ波の波長は、 $0.15$  mm以上 $6$  mm以下である。

[0054] 以下では、実施の形態について、図面を参照しながら具体的に説明する。

[0055] なお、以下で説明する実施の形態は、いずれも包括的又は具体的な例を示すものである。以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置及び接続形態、ステップ、ステップの順序などは、一例

であり、本開示を限定する主旨ではない。また、以下の本実施の形態における構成要素のうち、独立請求項に記載されていない構成要素については、任意の構成要素として説明される。また、各図は、必ずしも厳密に図示したものではない。したがって、例えば、各図において縮尺などは必ずしも一致しない。また、各図において、実質的に同一の構成については同一の符号を付し、重複する説明は省略又は簡略化することがある。

[0056] また、本明細書において、平行などの要素間の関係性を示す用語、及び、平板などの要素の形状を示す用語、直後などの時間を示す用語、並びに、数値範囲は、厳格な意味のみを表す表現ではなく、実質的に同等な範囲、例えば数%程度の差異をも含むことを意味する表現である。

[0057] (実施の形態)

[構成]

まず、実施の形態に係る撮影装置の構成について説明する。

[0058] 図2は、本実施の形態に係る撮影装置10の外観を示す模式図である。図2では、反射板22以外の構成要素は省略されている。

[0059] 図2に示されるように、撮影装置10は、例えば、人100が、反射板22に挟まれた通路101上の撮影空間102を通過する際に、人100に対してサブテラヘルツ波を照射し、照射されたサブテラヘルツ波の、人100による反射波に基づいて画像を撮影する撮影装置である。つまり、撮影装置10は、サブテラヘルツ波を用いて撮影空間102を通過する人100を撮影する。撮影空間102は、例えば、通路101上の空間うち、反射板22に挟まれた空間である。また、撮影装置10は、例えば、人100が衣服等の下に隠し持つ刃物等の危険物を撮影する。人100及び人100が衣服等の下に隠し持つ刃物等の危険物は、それぞれ撮影対象物の一例である。また、撮影空間102は、所定の空間の一例である。なお、撮影空間102は、サブテラヘルツ波が照射され、撮影空間102内の撮影対象物を、サブテラヘルツ波を用いて撮影できる空間であれば、特に限定されない。

[0060] なお、本明細書において、「サブテラヘルツ波」とは、0.05THz以

上 2 THz 以下の周波数であり、0.15 mm 以上 6 mm 以下の波長である電磁波を意味する。本明細書におけるサブテラヘルツ波は、0.08 THz 以上 1 THz 以下の周波数であり、0.3 mm 以上 3.75 mm 以下の波長である電磁波であってもよい。

[0061] 以下、撮影装置 10 の各構成要素の詳細について説明する。図 3 は、本実施の形態に係る撮影装置 10 の構成を示すブロック図である。また、図 4 は、本実施の形態に係る撮影装置 10 を上方から見た場合の模式図である。図 4 には、撮影空間 102 を人 100 が通過する様子を示されている。また、図 4 には、光源 21 から射出されるサブテラヘルツ波の進路の一例が、矢印で示されている。

[0062] 撮影装置 10 は、放射部 20 と、検出器 30 と、制御部 40 と、位相変調部 50 と、検知部 60 と、報知器 70 と、運搬部 80 と、画像処理部 90 と、表示部 95 と、を備える。

[0063] [放射部]

放射部 20 は、人 100 に対してサブテラヘルツ波を放射する。放射部 20 は、例えば、サブテラヘルツ波を射出する光源 21 と、光源 21 から射出されたサブテラヘルツ波を拡散反射する反射板 22 と、を有する。本実施の形態においては、放射部 20 は、2 つの光源 21 と、2 つの反射板 22 と、を有する。

[0064] 光源 21 は、反射板 22 に対してサブテラヘルツ波を射出する光源である。具体的には、光源 21 は、反射板 22 の表面 22a に対してサブテラヘルツ波を射出する。また、図 4 に示されるように、光源 21 が射出したサブテラヘルツ波の少なくとも一部が、1 回以上反射板 22 で拡散反射するように、光源 21 は、反射板 22 に対してサブテラヘルツ波を射出する。また、光源 21 が射出するサブテラヘルツ波の一部は、直接、人 100 に入射してもよい。光源 21 は、例えば、ほぼ単一の波長のサブテラヘルツ波を射出する。光源 21 は、例えば、コヒーレントなサブテラヘルツ波を射出する光源である。

- [0065] 例えば、2つの光源21のうち一方の光源21は、2つの反射板22のうち一方の反射板22に向けてサブテラヘルツ波を射出する。2つの光源21のうち他方の光源21は、2つの反射板22のうち他方の反射板22に向けてサブテラヘルツ波を射出する。一方の光源21は、例えば、一方の反射板22の表面22a側、かつ、一方の反射板22の第1方向側に位置する。第1方向は、撮影装置10において、通路101が延び、人100が進む方向である。また、第1方向は、例えば、上方から見た場合に反射板22が延びる方向と平行（言い換えると反射板22の厚み方向と垂直）である。他方の光源21は、例えば、他方の反射板22の表面22a側、かつ、他方の反射板22の第1方向側に位置する。光源21と反射板22とは、例えば、離間している。また、光源21は、例えば、検出器30よりも反射板22に近い位置に配置される。なお、放射部20が有する光源21の数は、2つに制限されるものではなく、1つであってもよく、3つ以上であってもよい。
- [0066] 光源21は、例えば、サブテラヘルツ波を光源21の周囲へ放射する点光源である。また、光源21は、第1方向における反射板22の端部に沿って延び、サブテラヘルツ波を放射する線光源であってもよい。光源21は、例えば、公知のサブテラヘルツ波発生素子を含む光源等によって実現される。
- [0067] 反射板22は、人100が通過する通路101上の空間、具体的には撮影空間102を、通路101の両側部の少なくとも一方から覆う。通路101の両側部の少なくとも一方から覆うとは、具体的には、通路101を上方から見た場合の、両側方、つまり通路101が延びる方向に対して垂直な2つの方向の少なくとも一方から覆うことを意味する。本実施の形態においては、反射板22は、人100が通過する通路101上の撮影空間102を通路101の両側部から挟んでいる。つまり、反射板22は、撮影空間102を、通路101の両側部の両方から覆う。撮影空間102は、例えば、通路101上の空間うち、2つの反射板22それぞれの内側の表面22aに挟まれた空間である。
- [0068] 本実施の形態においては、2つの反射板22が、通路101の両側部の床

面から立設して対向している。つまり、2つの反射板22は、上方から見た場合に通路101を挟む位置関係になるように配置されている。また、図示されている例では、2つの反射板22は、互いに平行な位置関係になるように配置されている。また、図示されている例では、2つの反射板22は、それぞれ、通路101が設けられている床面に対して垂直に立設している。なお、撮影装置10は、少なくとも1つの反射板22を備えていればよく、例えば、2つ反射板22のうち、一方のみを備えていてもよい。また、例えば、撮影装置10は、図示されている2つの反射板22以外の反射板、例えば、2つの反射板22の上方に位置する反射板をさらに備えてもよい。また、反射板22は、床面から立設するトンネル状の反射板であってもよい。

[0069] 2つの反射板22は、それぞれ、板状である。2つの反射板22は、それぞれ、反射板22の厚み方向から見た場合の正面となる面である面として、表面22aを有する。2つの反射板22は、2つの反射板22の一方の表面22aと、2つの反射板22の他方の表面22aとが対面するよう配置されている。つまり、表面22aは、反射板22における撮影空間102側の面である。反射板22の平面視形状は、特に制限されないが、例えば、それぞれ、矩形である。

[0070] 反射板22は、光源21から射出されたサブテラヘルツ波を拡散反射する。具体的には、反射板22は、撮影空間102側から入射するサブテラヘルツ波を表面22aで拡散反射する。そのため、表面22aは、サブテラヘルツ波の放射面であり、反射板22は、面光源として機能する。

[0071] 反射板22において、表面22aは、サブテラヘルツ波を拡散反射させる凹凸面である。表面22aでは、例えば、粗さ曲線要素の平均長さ $RS_m$ が光源21から射出されるサブテラヘルツ波の波長以上である。表面22aでは、例えば、粗さ曲線要素の平均長さ $RS_m$ が0.15mm以上であり、0.3mm以上であってもよい。これにより、サブテラヘルツ波が効率良く表面22aで拡散反射される。

[0072] 反射板22は、例えば、少なくとも表面22aを含む部分が金属又は導電

性酸化物等の導電性部材で構成される。なお、反射板 22 において、表面 22a を覆う保護部材が存在していてもよい。保護部材は、例えば、サブテラヘルツ波を透過させる樹脂等の材料で構成される。

[0073] 光源 21 から射出されたサブテラヘルツ波は、図 4 に示されるように、2 つの反射板 22 の少なくとも一方で 1 回以上拡散反射され、人 100 に照射される。このように、サブテラヘルツ波を拡散反射する反射板 22 が撮影空間 102 を挟むことにより、撮影空間 102 に入射したサブテラヘルツ波がとどまりやすくなると共に、人 100 に対して様々な角度からサブテラヘルツ波が照射される。

[0074] また、光源 21 から射出されたサブテラヘルツ波は、反射板 22 で 1 回以上拡散反射して人 100 に放射されるため、光源 21 から射出されたサブテラヘルツ波の人 100 に照射されるまでの光路長に分布が生じる。その結果、当該光路長の分布によって人 100 上で入射するサブテラヘルツ波の位相が分布するので、人 100 による反射波にも位相の角度分布が生じる。そのため、このような放射部 20 を用いた場合には、図 1 を用いて説明したように、反射波を撮影した画像に明暗むらが生じやすい。本実施の形態に係る撮影装置 10 では、このような画像の明暗むらを抑制できる。

[0075] [検出器]

検出器 30 は、放射部 20 から放射されたサブテラヘルツ波の人 100 による反射波に基づいて画像を生成する。画像を生成することを、「撮影する」とも称する。つまり、撮影装置 10 の検出器 30 は、撮影空間 102 に存在する人 100 を撮影する。検出器 30 は、生成した画像を画像処理部 90 へ出力する。検出器 30 は、イメージセンサ 31 と、光学系 32 と、を有する。検出器 30 は、人 100 による反射波を受波できる位置に配置される。検出器 30 は、例えば、反射板 22 の第 1 方向側に位置する。

[0076] イメージセンサ 31 は、光源 21 から射出された後、反射板 22 で拡散反射されることで放射されたサブテラヘルツ波の、人 100 による反射波を受波する。イメージセンサ 31 は、受波した反射波の強度を検出し、検出した

強度に基づいて画像を生成する。具体的には、イメージセンサ31は、平面状に配置され、光学系32により結像された反射波を受波する複数の画素を含む。イメージセンサ31は、複数の画素の各々で受波した反射波の強度を所定の時間分累積した累積強度に応じた信号と、複数の画素の平面状の配置とに基づいて画像を生成する。所定の時間は、例えば、1フレームにおける露光期間の長さであるが、複数のフレームにおける露光期間の長さの合計であってもよい。イメージセンサ31は、例えば、人100から発せられた反射波の像を、累積強度に応じた電気信号に変換する。そして、イメージセンサ31は、変換した電気信号に基づく画像を生成する。イメージセンサ31に生成された画像は、画像処理部90に出力される。また、イメージセンサ31は、イメージセンサ31の各回路を制御する制御回路31aを含む。イメージセンサ31の詳細構成は後述する。

[0077] 光学系32は、放射部20から放射されたサブテラヘルツ波の、人100による反射波をイメージセンサ31に結像する。光学系32は、例えば、少なくとも1つのレンズ又はミラーを含んで構成される。

[0078] 本実施の形態において、イメージセンサ31は、例えば、従来のサブテラヘルツ波の画像を生成するイメージセンサよりも受波した反射波の強度を累積する所定の時間を長く設定可能である。所定の時間は、例えば、放射部20が放射するサブテラヘルツ波の波長を $\lambda$  mmとした場合に、 $\lambda / 177$  8秒以上であり、 $\lambda / 254$  秒以上であってもよい。これにより、所定の時間において、撮影空間102内の人100の移動によって、イメージセンサ31が受波する反射波の位相の角度分布が所定以上変化するため、得られる画像の明暗むらを抑制できる。また、画像のぶれを抑制する観点からは、所定の時間は、 $\lambda / 10$  秒以下であってもよく、 $\lambda / 30$  秒以下であってもよい。

[0079] ここで、受波した反射波の強度を累積する所定の時間を長く設定可能なイメージセンサ31の構成について説明する。

[0080] 図5は、本実施の形態に係るイメージセンサ31の回路構成の一例を示す

図である。図5に示されるように、イメージセンサ31は、画素アレイ910と、積分回路920と、マルチプレクサ930と、アナログデジタルコンバータ940と、合成回路950と、を備える。

[0081] 画素アレイ910は、平面状に配置された複数の画素911を含む。画素アレイ910は、反射波が結像される受波面を形成する。図5で示される例では、複数の画素911は、8行4列のアレイ状に配置されている。図5においては、32個の画素911のうち4個の画素911が代表して示されている。以下では、画素アレイ910に32個の画素911が含まれる例について説明するが、複数の画素911の数は、特に制限されない。

[0082] 複数の画素911はそれぞれ、受波したサブテラヘルツ波を電荷に変換するダイオード等の変換素子を含む。複数の画素911はそれぞれ、受波したサブテラヘルツ波（具体的には人100による反射波）の強度に応じた量の電荷を生成する。なお、複数の画素911の構成は、ダイオードを含む構成に限らず、受波したサブテラヘルツ波を電気信号に変換できる変換素子を含んでいれば特に制限されない。

[0083] 積分回路920は、露光期間中に画素911からの入力を積分する回路である。積分回路920は、マルチプレクサ930を介して、複数の画素911のそれぞれと接続されている。積分回路920には、画素911で発生した電荷（電圧）が入力される。

[0084] 積分回路920は、オペアンプ921と、容量素子922と、スイッチ923と、を含む。

[0085] オペアンプ921の反転入力端子は、マルチプレクサ930を介して、複数の画素911に接続される。オペアンプ921の非反転入力端子は、基準電圧 $V_{ref}$ に接続される。オペアンプ921の出力は、アナログデジタルコンバータ940に接続される。

[0086] 容量素子922の一端は、オペアンプ921の反転入力端子とマルチプレクサ930との間に接続される。容量素子922の他端は、オペアンプ921の出力とアナログデジタルコンバータ940との間に接続される。

- [0087] スイッチ923の一端は、オペアンプ921の反転入力端子とマルチプレクサ930との間に接続される。スイッチ923の他端は、抵抗を介して、オペアンプ921の出力とアナログデジタルコンバータ940との間に接続される。また、スイッチ923は、容量素子922とは並列に接続される。
- [0088] 積分回路920では、スイッチ923がオフの期間に画素911からの電荷が容量素子922に蓄積され（つまり、電圧を積分）、オペアンプ921によって蓄積された電荷に応じた電圧を出力する。また、スイッチ923がオンになることで容量素子922に蓄積された電荷が放電される。
- [0089] マルチプレクサ930は、選択信号に基づいて、複数の画素911の出力のうち、1つの画素911の出力を選択して、積分回路920に出力する。
- [0090] アナログデジタルコンバータ940は、積分回路920からの出力をAD（Analog to Digital）変換し、後段回路に出力する。また、アナログデジタルコンバータ940は、スイッチ923のオンオフの動作と、読み出す画素911の選択を同期させる信号を出力する。
- [0091] 合成回路950は、複数のフレームで得られた各画素911の信号を合成する。合成回路950は、例えば、アナログデジタルコンバータ940でAD変換されたデジタル信号（画素値）を受け取ってメモリ等で保持し、複数のフレームでの各画素911の信号を積算又は平均化する。なお、図5で示される例では、合成回路950は、アナログデジタルコンバータ940の後段に設けられているが、アナログデジタルコンバータ940の前段に設けられていてもよい。例えば、合成回路950は、マルチプレクサ及び容量素子等を含み、AD変換前の複数のフレームに渡る各画素911のアナログ信号（電圧）を保持及び累積する回路であってもよい。そして、合成回路950によって累積されたアナログ信号がAD変換されてもよい。
- [0092] 図5においては図示が省略されているが、画素アレイ910、積分回路920、マルチプレクサ930、アナログデジタルコンバータ940及び合成回路950のうちの少なくとも1つの動作は、例えば、上述の制御回路31aによって制御される。また、制御回路31aは、複数の画素911の露光

期間（フレーム長）を決定するクロックを変調する機能を有していてもよい。

[0093] 次に、図5で示されるイメージセンサ31の動作の一例について説明する。図6は、図5で示されるイメージセンサ31の動作を説明するためのタイミングチャートである。図6では、複数の画素911のうち、4つの画素911の信号読み出しの動作タイミングが代表して画素1から画素4と示される行で示されている。

[0094] 図6に示されるように、まず、画素1の信号を積分する前のリセット動作が、リセット期間に行われる。具体的には、スイッチ923がオンされて容量素子922の電荷が放電され、マルチプレクサ930によって画素1の入力が選択されることで、リセット動作が行われる。

[0095] 次に、スイッチ923がオフされることで、画素1の露光期間が開始する。スイッチ923がオフの期間で画素1からの電荷が容量素子922に蓄積され、画素1の入力（電圧）が積分される。つまり、人100による反射波の強度が累積される。

[0096] 次に、画素1の露光期間終了後の読み出し期間において、積分された電圧が積分回路920から読み出される。具体的には積分された電圧は、アナログデジタルコンバータ940に入力され、AD変換されて後段回路に出力される。これにより、画素1の露光期間において積分された、画素1が受波した反射波の強度に応じたデジタル信号（画素値）が出力される。

[0097] 画素1の読み出し期間終了後、画素2のリセット期間が開始し、画素2においても画素1と同様のリセットから信号の読み出しまでの動作が行われる。このような動作が、画素3及び画素4、さらに他の複数の画素911についても順次行われることで、1フレーム期間 $T_f$ が終了し、複数の画素911のそれぞれの画素値が出力される。

[0098] 図5で示されるイメージセンサ31は、32個の画素911に対して1つの積分回路920が接続されている。そのため、図6からわかるように、1つの画素911の露光期間中に、他の画素911に露光期間を設定すること

ができない。その結果、1つの画素911の露光期間は、 $T_f / 32$ 以下になる。そのため、イメージセンサ31が合成回路950を含まない場合には、非常に短い時間しか反射波の強度が累積されていない累積強度に応じた信号に基づいて画像が生成される。これに対して、イメージセンサ31が合成回路950を含むことで、複数のフレームのそれぞれの露光期間での信号を合成した画像を生成できるため、強度を累積する所定の時間を長くすることができる。つまり、強度を累積する所定の時間は、露光期間の長さ信号を合成するフレーム数をかけた時間となる。

[0099] 次に、イメージセンサ31の別の回路構成について説明する。図7は、本実施の形態に係るイメージセンサ31の回路構成の別の一例を示す図である。以下の説明では、図5と同じ構成要素についての説明を省略又は簡略化する場合がある。

[0100] 図7に示されるように、イメージセンサ31は、画素アレイ910と、積分回路群920Aと、アナログデジタルコンバータ940と、マルチプレクサ960と、マルチプレクサ970と、を備える。

[0101] 積分回路群920Aは、複数の積分回路920を含む。図7では、積分回路群920Aにおいて、複数の積分回路920が縦に並んで配置されている図が示されているが、複数の積分回路920の配置は特に制限されない。複数の積分回路920は、列状に並んでいなくてもよく、離散して配置されていてもよい。

[0102] 積分回路群920Aにおいて、複数の積分回路920は、複数の画素911と一対一で接続されている。つまり、1つの画素911に対して、1つの積分回路920が接続されている。そのため、本例においては、図5で示した例のような、画素911と積分回路920との間のマルチプレクサ930は必要が無い。なお、複数の積分回路920は、複数の画素911と一対一で接続されていなくてもよく、2以上の画素911に対して、マルチプレクサを介して1つの積分回路920が接続されてもよい。

[0103] マルチプレクサ960は、複数の積分回路920のそれぞれのスイッチ9

23の制御線に接続される。マルチプレクサ960は、選択信号に基づいて、複数の積分回路920のうち、1つの積分回路920を選択してスイッチ923のオンオフを制御する信号を出力する。

[0104] マルチプレクサ970は、複数の積分回路920のそれぞれの出力（オペアンプ921の出力端子）に接続される。マルチプレクサ970は、選択信号に基づいて、複数の積分回路920の出力のうち、1つの積分回路920の出力を選択して、アナログデジタルコンバータ940に出力する。

[0105] 図7においては図示が省略されているが、画素アレイ910、積分回路群920A、アナログデジタルコンバータ940、マルチプレクサ960及びマルチプレクサ970のうちの少なくとも1つの動作は、例えば、上述の制御回路31aによって制御される。また、制御回路31aは、複数の画素911の露光期間（フレーム長）を決定するクロックを変調する機能を有していてもよい。

[0106] 次に、図7で示されるイメージセンサ31の動作の一例について説明する。図8は、図7で示されるイメージセンサ31の動作を説明するためのタイミングチャートである。図8では、複数の画素911のうち、代表して4つの画素911の信号読み出しの動作タイミングが、画素1から画素4と示される行に示されている。

[0107] 図8に示されるように、まず画素1の信号を積分する前のリセット動作が、リセット期間に行われる。ここでは、マルチプレクサ960の選択によって、画素1に対応する積分回路920のスイッチ923がオンされる。

[0108] 次に、画素1に対応する積分回路920のスイッチ923がオフされることで、画素1の露光期間が開始する。

[0109] 次に、画素1の露光期間中に、画素2のリセット動作が、リセット期間に行われ、さらに画素2の露光期間が開始する。この際、マルチプレクサ960の選択によって、画素2に対応する積分回路920のスイッチ923が制御される。このように、画素1の露光期間と画素2のリセット期間及び露光期間は重なっている。

- [0110] 次いで、画素2と同様に、画素3及び画素4、さらに他の複数の画素911についても、画素1の露光期間中に、リセット動作が行われて露光期間が開始する。
- [0111] すべての複数の画素911の露光期間が開始後、画素1の露光期間が終了し、読み出し期間において、マルチプレクサ970によって画素1に対応する積分回路920が選択されて、積分された電圧が画素1に対応する積分回路920から読み出される。具体的には積分された電圧は、アナログデジタルコンバータ940に入力され、AD変換されて後段回路に出力される。これにより、画素1の露光期間において積分された、画素1が受波した反射波の強度に応じたデジタル信号（画素値）が出力される。ここで、画素1の読み出し期間は、画素1以外の画素911の露光期間と重なっている。
- [0112] 画素1の読み出し期間終了後、画素1と同様の読み出し動作が、画素1以外の複数の画素911についても順次行われる。これにより、複数の画素911のそれぞれの画素値が得られ、複数の画素911の各々で受波した反射波の強度を所定の時間分累積した累積強度に応じた信号と、複数の画素911の平面状の配置とに基づいて、画像が生成される。
- [0113] 図8に示されるように、本例においては、イメージセンサ31が複数の積分回路920を備えることによって、複数の画素911それぞれの露光期間を重複させることができる。そのため、複数の画素911において、フレーム期間 $T_f$ における露光期間の割合を大きくすることができる。本例においては、イメージセンサ31が反射波の強度を累積する所定の時間は1フレームにおける露光期間の長さであり、図5で示される例のイメージセンサ31と比べて、図7で示される例のイメージセンサ31は、長い露光期間を確保できるため、1フレーム期間 $T_f$ での強度を累積する所定の時間を長くすることができる。そのため、画像を生成する時間を短くできる。また、連続した期間で反射波の強度が累積されるため、得られる画像のぶれを抑制できる。
- [0114] なお、図7に示されるイメージセンサ31が、図5に示される合成回路9

50をさらに備えていてもよい。

[0115] [制御部]

再び図3及び図4を参照し、制御部40は、撮影装置10における動作を制御する制御装置である。制御部40は、例えば、撮影装置10における動作の制御として、放射部20、検出器30、位相変調部50、検知部60、報知器70、運搬部80及び表示部95のうちの少なくとも1つの動作を制御する。また、制御部40は、例えば、検知部60によって検知された人100が撮影空間102を通過する際の移動状態に基づいて、撮影装置10における動作を制御する。制御部40による動作の制御の詳細は後述する。

[0116] 制御部40は、例えば、プロセッサとメモリとを備え、プロセッサが、メモリに記憶されるプログラムを実行することにより実現される。

[0117] [位相変調部]

位相変調部50は、イメージセンサ31が画像を生成する際の露光期間中に、イメージセンサ31が受波する反射波の位相の角度分布を変化させる。本実施の形態においては、位相変調部50は、放射部20から放射されたサブテラヘルツ波が人100によって反射された後の反射波の少なくとも一部の成分の位相を、反射波がイメージセンサ31に入射するまでに変化させることで、イメージセンサ31が受波する反射波の位相の角度分布を変化させる。なお、位相変調部50は、人100に放射されるサブテラヘルツ波の位相を変化させることで、イメージセンサ31が受波する反射波の位相の角度分布を変化させてもよい。位相変調部50が、人100に放射されるサブテラヘルツ波の位相を変化させる例については後述する。

[0118] 位相変調部50は、例えば、制御部40の制御に基づいて動作するが、撮影装置10による画像の撮影中は、常時動作していてもよい。

[0119] 位相変調部50は、位相差板51と、駆動部52と、を有する。駆動部52は、位相差板駆動部の一例である。

[0120] 位相差板51は、サブテラヘルツ波の透過性を有し、透過するサブテラヘルツ波の位相を変化させる板状の部材である。位相差板51では、例えば、

位相差板 5 1 を透過する位置によって透過するサブテラヘルツ波の位相の変化量が異なる。本実施の形態においては、位相差板 5 1 を透過するサブテラヘルツ波は、放射部 2 0 から放射されたサブテラヘルツ波の、人 1 0 0 による反射波である。位相差板 5 1 が駆動部 5 2 に動かされることにより、位置及び時間によって位相差板 5 1 を透過するサブテラヘルツ波の位相の変化量が変化する。

[0121] 位相差板 5 1 は、例えば、位相差板 5 1 の厚み方向から入射するサブテラヘルツ波の 5 0 % 以上を透過させる。位相差板 5 1 は、位相差板 5 1 の厚み方向から入射するサブテラヘルツ波の 8 0 % 以上を透過させてもよく、9 0 % 以上を透過させてもよい。

[0122] 位相差板 5 1 は、撮影空間 1 0 2 とイメージセンサ 3 1 との間で、イメージセンサ 3 1 に入射する人 1 0 0 による反射波の光路上に配置される。図 4 に示される例では、位相差板 5 1 は、撮影空間 1 0 2 と光学系 3 2 との間に配置されているが、光学系 3 2 とイメージセンサ 3 1 との間に配置されていてもよい。

[0123] 位相差板 5 1 の材料としては、サブテラヘルツ波の透過性を有する樹脂材料等の誘電体がいられる。樹脂材料としては、例えば、ポリカーボネート系樹脂、アクリル系樹脂、エポキシ系樹脂、シリコン系樹脂、ポリスチレン系樹脂、ポリエチレン系樹脂、ポリプロピレン系樹脂及びフッ素系樹脂等が挙げられる。

[0124] 駆動部 5 2 は、位相差板 5 1 を所定の条件で動かすことで、イメージセンサ 3 1 が受波する反射波の位相の角度分布を変化させる駆動装置である。駆動部 5 2 は、例えば、イメージセンサ 3 1 の露光期間において、位相差板 5 1 を透過するサブテラヘルツ波の位相の変化量が変化するよう位相差板 5 1 を動かす。駆動部 5 2 は、例えば、モータ及びアクチュエータ等の駆動機、並びに、位相差板 5 1 に動力を伝達するためのベルト、ギア、プーリー及び接続軸等の動力伝達部材等で構成される。

[0125] ここで、位相差板 5 1 の詳細について、具体例を挙げて説明する。

[0126] 図9は、本実施の形態に係る位相差板51の一例を示す平面図である。図10は、本実施の形態に係る位相差板51の一例を示す断面図である。図10は、図9のX-X線における断面を表している。図11は、本実施の形態に係る位相差板51の一例の動きの例を説明するための模式図である。なお、図9及び図10では、第1領域51aと第2領域51bとの区別のため、それぞれの領域に異なる模様を付している。これは後述する図12及び図14でも同様である。

[0127] 図9及び図10に示されるように、位相差板51は、第1領域51aと第2領域51bとを含む。第1領域51a及び第2領域51bは、それぞれ、サブテラヘルツ波の透過性を有する。第1領域51aと第2領域51bとは、サブテラヘルツ波が透過した際のサブテラヘルツ波の位相の変化量が異なる。具体的には、第1領域51aと第2領域51bとは厚みが異なることで、サブテラヘルツ波が透過した際のサブテラヘルツ波の位相の変化量が異なっている。本実施の形態においては、第1領域51a及び第2領域51bを透過するサブテラヘルツ波は、人100による反射波である。図示されている例では、第1領域51aの厚みは、第2領域51bの厚みより小さいが、大きくてもよい。

[0128] 例えば、位相差板51に用いる材料の屈折率に応じて、第1領域51a及び第2領域51bの厚みを設定することで、サブテラヘルツ波の位相の変化量を所望の量にすることができる。なお、第1領域51aと第2領域51bとで用いる材料の屈折率を変えることで、サブテラヘルツ波が透過した際のサブテラヘルツ波の位相の変化量が異なってもよい。この場合には、第1領域51aと第2領域51bとの厚みは同じであってもよい。

[0129] 第1領域51aと第2領域51bとのサブテラヘルツ波が透過した際のサブテラヘルツ波の位相の変化量の差は、例えば、撮影装置10で用いるサブテラヘルツ波の波長の $1/4$ 以上 $3/4$ 以下（つまり、 $90^\circ$ 以上 $270^\circ$ 以下）であり、撮影装置10で用いるサブテラヘルツ波の波長の $1/2$ （つまり、 $180^\circ$ ）であってもよい。これにより、効果的にイメージセンサ3

1が受波する反射波の位相の角度分布を変えて、干渉による明暗むらを抑制できる。なお、位相差板51は、第1領域51a及び第2領域51bとはサブテラヘルツ波が透過した際のサブテラヘルツ波の位相の変化量が異なるさらに別の領域を含んでいてもよい。

[0130] 図11に示されるように、位相差板51は、例えば、駆動部52によって、光学系32の中心32cを通り、光学系32への反射波の入射方向D1に平行な方向に対して傾斜角度が $-10^\circ$ 以上 $10^\circ$ 以下の回転軸R1を回転中心として回転される。ここで、回転軸R1は、仮想的な軸線であり、必ずしも実体的な軸体が存在することを意味するものではない。以降で説明する回転軸についても同様である。また、光学系32への反射波の入射方向D1は、例えば、光学系32の焦点と光学系32の中心32cとを結ぶ方向（言い換えると光学系32の光軸方向）である。例えば、プーリーを付けたモータを駆動部52に用いて、プーリーと位相差板51とをベルトで繋ぐことで、位相差板51は動かされる。位相差板51は、例えば、イメージセンサ31の露光期間に1周以上回転する。位相差板51の回転速度は、駆動部52によって回転可能な速度であれば、特に制限されない。また、図9及び図11に示されるように、回転軸R1は、例えば、位相差板51の厚み方向に平行であり、平面視における位相差板51の中心51cを通る。このように、光学系32の中心32cを通る回転軸R1を回転中心として回転するように位相差板51が配置されることで、駆動する位相差板51をコンパクトに配置することができる。なお、回転軸R1は、位相差板51の中心51cを通過しなくてもよい。また、回転軸R1は、光学系32の中心32c以外の位置を通過してもよい。また、回転軸R1は、位相差板51の厚み方向に平行でなくてもよく、厚み方向に対して傾斜（例えば、 $-10^\circ$ 以上 $10^\circ$ 以下の傾斜角度で傾斜）していてもよい。

[0131] 図9に示されるように、位相差板51は、例えば、平面視において、円状であるが、位相差板51の平面視形状は特に限定されない。本明細書において平面視とは、位相差板51を位相差板51の厚み方向に沿って見た場合を

意味する。第1領域51aと第2領域51bとは、平面視において、位相差板51の回転方向に沿って並ぶように配置される。本例において、第1領域51a及び第2領域51bはそれぞれ、例えば、位相差板51の中心51cを頂点とする扇形であり、第1領域51aと第2領域51bとが円弧方向に沿って並んでいる。なお、図9で示される例では、位相差板51は、1つの第1領域51a及び1つの第2領域51bを含んでいるが、複数の第1領域51a及び複数の第2領域51bを含んでいてもよい。この場合、第1領域51aと第2領域51bとは、例えば、位相差板51の回転方向に沿って交互に並ぶ。

[0132] また、平面視において、第1領域51aの面積は、第2領域51bの面積よりも大きい。第1領域51a及び第2領域51bが複数である場合には、第1領域51a及び第2領域51bの面積はそれぞれ、複数の領域の合計面積である。

[0133] 第1領域51aは、平面視において、回転軸R1を挟んで点対称な位置に第1領域51aが存在する対称領域51a1と、回転軸R1を挟んで点対称な位置に第2領域51bが存在する非対称領域51a2と、を含む。これにより、回転軸R1を挟んで点対称な位置関係にある2点を通る反射波の成分は、ある時点ではどちらも対称領域51a1を通り、ある2点を通る反射波の成分の位相は同じように変化する。それに対して、ある2点を通る反射波の成分は、ある時点とは別の時点では、位相差板51が回転することで非対称領域51a2と第2領域51bとを通ることになるため、ある2点を通る反射波の成分の位相の変化量が異なることになる。そのため、位相差板51が回転することで、イメージセンサ31の露光期間中に、効果的にイメージセンサ31が受波する反射波の位相の角度分布が変化し、画像の明暗むらを抑制しやすくなる。

[0134] 平面視において、非対称領域51a2の面積は、例えば、位相差板51の面積の $1/8$ 以上 $3/8$ 以下であり、 $1/4$ であってもよい。また、平面視において、対称領域51a1の面積は、例えば、位相差板51の面積の $3/8$

8以上5／8以下であり、1／2であってもよい。これにより、上記2点を通る反射波の成分の位相の変化量が同じである時間と異なる時間との差が小さくなり、より効果的にイメージセンサ31が受波する反射波の位相の角度分布を変化させることができる。

[0135] なお、位相差板51は、透過するサブテラヘルツ波の位相を変化させることができる部材であれば特に制限されない。ここで、位相差板51の別の一例について説明する。図12は、本実施の形態に係る位相差板51の別の一例を示す平面図である。図13は、本実施の形態に係る位相差板51の別の一例の動きの例を説明するための模式図である。

[0136] 図12に示されるように、別の一例では、位相差板51は、複数の第1領域51a及び複数の第2領域51bを含む。なお、本例において、位相差板51は、1つの第1領域51a及び1つの第2領域51bのみを含んでいてもよい。

[0137] 図13に示されるように、位相差板51は、例えば、駆動部52によって、光学系32を通らず、光学系32への反射波の入射方向D1に平行な方向に対して傾斜角度が $-10^\circ$ 以上 $10^\circ$ 以下の回転軸R2を回転中心として回転される。位相差板51は、例えば、イメージセンサ31の露光期間に1周以上回転する。位相差板51の回転速度は、駆動部52によって回転可能な速度であれば、特に制限されない。また、図12及び図13に示されるように、回転軸R2は、例えば、位相差板51の厚み方向に平行であり、平面視における位相差板51の中心51cを通る。このように、光学系32を通らない回転軸R2を回転中心として回転するように位相差板51が配置されることで、軸体を位相差板51に取り付けるだけで位相差板51を回転させることができるため、構造を簡素化できる。なお、回転軸R2は、位相差板51の中心51cを通過しなくてもよい。また、回転軸R2は、位相差板51の厚み方向に平行でなくてもよく、厚み方向に対して傾斜（例えば、 $-10^\circ$ 以上 $10^\circ$ 以下の傾斜角度で傾斜）していてもよい。

[0138] 図12に示されるように、本例では、位相差板51は、例えば、平面視に

において、円状であるが、位相差板51の平面視形状は特に限定されない。図12に示されるように、平面視において、第1領域51aと第2領域51bとは、位相差板51の回転方向に沿って交互に並んでいる。本例において、複数の第1領域51a及び複数の第2領域51bはそれぞれ、例えば、位相差板51の中心51cを頂点とする扇形であり、第1領域51aと第2領域51bとが円弧方向に沿って交互に並んでいる。平面視において、複数の第1領域51a及び複数の第2領域51bのそれぞれの面積は、例えば、互いに等しい。なお、平面視において、複数の第1領域51a及び複数の第2領域51bのそれぞれの面積は、少なくとも1つが異なってもよい。

[0139] 次に、位相差板51のさらに別の一例について説明する。図14は、本実施の形態に係る位相差板51のさらに別の一例を示す平面図である。図15は、本実施の形態に係る位相差板51のさらに別の一例の動きの例を説明するための模式図である。

[0140] 図14に示されるように、さらに別の一例では、位相差板51は、複数の第1領域51a及び複数の第2領域51bを含む。第1領域51aと第2領域51bとは所定の方向に沿って並ぶように配置される。なお、本例において、位相差板51が含む第1領域51a及び第2領域51bの少なくとも一方の数は、1つであってもよい。

[0141] 図15に示されるように、位相差板51は、例えば、駆動部52によって、光学系32への反射波の入射方向D1に直交する方向、かつ、位相差板51の厚み方向に直交する方向に移動される。位相差板51は、例えば、位相差板51の移動方向に沿って、所定の周波数で往復移動される。所定の周波数は、例えば、周期がイメージセンサ31の露光期間以下になる周波数である。また、駆動部52によって往復移動可能な周波数であれば、所定の周波数の上限は特に制限されない。

[0142] 図14に示されるように、本例では、位相差板51は、例えば、平面視において、長軸と短軸とを有するオーバル状であるが、位相差板51の平面視形状は特に限定されない。位相差板51の平面視形状は、長軸と短軸とを有

する楕円状又は長方形状等の形状であってもよい。また、位相差板51の平面視形状は、円状、正方形状又は多角形状等であってもよい。図14に示されるように、平面視において、第1領域51aと第2領域51bとは、位相差板51の移動方向に沿って交互に並んでいる。そのため、本例において、複数の第1領域51a及び複数の第2領域51bはそれぞれ、ストライプ状である。また、移動方向は、例えば、位相差板51の長軸方向と平行である。位相差板51は、少なくとも所定の位置で第1領域51aと第2領域51bとが入れ替わるように移動方向に沿って動かされる。

[0143] このように、本実施の形態では、図9から図15を用いて説明した位相差板51を回転又は往復移動させるだけで、位相差板51を透過する反射波の位相の変化量を変化させることができる。

[0144] [検知部]

再び、図3及び図4を参照し、検知部60は、撮影空間102における人100の移動状態等を検知するためのセンサである。検知部60は、例えば、人100の移動状態として、人100が撮影空間を通過する際の移動速度等を検知する。検知部60は、撮影空間102における人100の存在、位置及び姿勢のうち少なくとも1つを検知してもよい。検知部60は、例えば、検知結果を制御部40に出力する。図4で示される例では、検知部60は、撮影空間102の第1方向側に配置されているが、撮影空間102における人100の移動状態が検知できれば、どこに配置されていてもよい。

[0145] 検知部60は、例えば、動画像を撮影する可視光カメラである。また、検知部60は、測距機能を有していてもよい。検知部60は、例えば、動画像を撮影することで、撮影空間102における人100の移動速度、存在、位置及び姿勢のうち少なくとも1つを検知する。検知部60は、移動状態に関する情報を検知結果として出力する。検知部60は、検知結果として動画像を制御部40に出力してもよく、動画像から人100の移動速度、存在、位置及び姿勢のうち少なくとも1つを決定して、決定した結果を検知結果として制御部40に出力してもよい。また、検知部60は、人感センサ又は速度

センサ等の他のセンサであってもよい。また、撮影装置10が備える検知部60の数は、図4に示されている例では1つであるが、撮影装置10は複数の検知部60を備えていてもよい。

[0146] なお、撮影装置10は、検知部60を備えていなくてもよい。制御部40は、監視カメラ等の外部機器から人100の移動状態に関する検知結果を取得してもよい。

[0147] ここで、検知部60による移動状態の検知の詳細について説明する。撮影装置10において、制御部40は、例えば、検知部60によって検知された人100の移動状態に基づいて、人100の移動状態が停留中であるか否かを決定する。なお、本明細書において、停留中とは、人100が完全に静止している状態だけでなく、人100の移動速度が所定未満（例えば、一般的な人の移動速度未満）であるような単位時間当たりの人100の移動量が少ない状態も含む状態を意味する表現である。つまり、本明細書において、停留中とは、所定の時間における人100の移動量が所定量未満であることを示す表現である。

[0148] まず、検知部60が図4で示される位置に配置された可視光カメラである場合について説明する。図16は、検知部60が出力する画像の例を示す図である。図16には、可視光カメラである検知部60が撮影したNフレーム目の画像及びN+Mフレーム目の画像の例が示されている。数値Mは、例えば1であるが、2以上の自然数であってもよい。なお、図16では、N+Mフレーム目の画像において、Nフレーム目の画像における人100が破線で示されているが、実際の画像においては実線の人100のみが撮影されている。これらは、後述する図19及び図20でも同様である。

[0149] 図16に示されるように、検知部60は、検知した移動状態を示す情報として、画像を出力する。制御部40は、例えば、検知部60が検知した移動状態に基づいて、移動状態が停留中であるか否かを決定する。図16で示される例では、制御部40は、画像における人100の大きさの変化に基づいて、人100の移動状態が停留中であるか否かを決定する。制御部40は、

Nフレーム目の画像における人100の大きさとN+Mフレーム目の画像における人100の大きさとを比較する。制御部40は、人100の大きさの変化が、所定の値未満である場合に移動状態が停留中であると決定し、所定の値以上の場合に移動状態が停留中では無く移動中であると決定する。人100の大きさは、例えば、人100の光学系32の光軸からの高さであるが、人100全体の高さ又は幅等の他の指標であってもよい。具体的な移動状態の決定の基準の例としては、検知部60のフレームレートが20fps、撮影位置（検知部60から人100までの距離）が4000mm、人100の光軸からの高さが400mm、数値M=1である場合、制御部40は、Nフレーム目の画像とN+Mフレーム目の画像とで、人100の大きさの変化が1.1%未満であれば、移動状態が停留中であると決定する。

[0150] 次に、可視光カメラである検知部60が、第1方向と直交する方向から人100を撮影する場合について説明する。図17は、検知部60の配置の別の例を説明するための側面図である。図18は、検知部60の配置のさらに別の例を説明するための上面図である。なお、図17及び図18では、反射板22及び検知部60以外の撮影装置10の構成の図示は省略されている。

[0151] 図17で示される例では、検知部60は、反射板22の上方に配置されている。また、図18に示される例では、検知部60は、反射板22の側方に配置されている。図18に示される例の場合、反射板22は、可視光を透過させつつ、サブテラヘルツ波を反射させる透明性導電性酸化物等の材料を用いて形成される。図17又は図18で示されるような位置に検知部60が配置されることで、検知部60は、人100を第1方向と直交する方向から撮影できる。

[0152] 図19は、図17で示される検知部60が出力する画像の例を示す図である。図20は、図18で示される検知部60が出力する画像の例を示す図である。図19及び図20には、可視光カメラである検知部60が撮影したNフレーム目の画像及びN+Mフレーム目の画像の例が示されている。図19では、図17で示される位置で検知部60が撮影した人100の画像が示さ

れている。また、図20では、図18で示される位置で検知部60が撮影した人100の画像が示されている。

[0153] 図19及び図20で示される例では、制御部40は、画像における人100の位置の変化に基づいて、人100の移動状態が停留中であるか否かを決定する。制御部40は、Nフレーム目の画像における人100の位置とN+Mフレーム目の画像における人100の位置とを比較する。制御部40は、人100の位置の変化が、所定の値未満である場合に移動状態が停留中であると決定し、所定の値以上の場合に移動状態が停留中では無く移動中であると決定する。具体的な移動状態の決定の基準の例としては、検知部60のフレームレートが20fps、数値M=1である場合、制御部40は、Nフレーム目の画像とN+Mフレーム目の画像とで、人100の位置の変化が44mm未満であれば、移動状態が停留中であると決定する。

[0154] なお、上記では、制御部40は、検知部60が出力する2フレーム分の画像から人の移動状態を決定したが、3フレーム分以上の画像から移動状態を決定してもよい。

[0155] 次に、検知部60が可視光カメラでは無く、他のセンサで構成される場合について説明する。

[0156] まず、検知部が圧力センサで構成される場合について説明する。図21は、本実施の形態に係る検知部60aが圧力センサで構成される場合の例を示す側面図である。なお、図21では、反射板22及び検知部60a以外の撮影装置10の構成の図示は省略されている。

[0157] 撮影装置10は、検知部60の代わりに検知部60aを備えていてもよい。図21に示されるように、検知部60aは、圧電素子等を用いた複数の圧力センサで構成される。複数の圧力センサは、例えば、通路101の床に設けられ、第1方向に沿って並んでいる。検知部60aは、複数の圧力センサの各々の検知結果を所定の測定間隔で出力する。また、検知部60aでは、人100の重心が位置する圧力センサでは高い圧力が検知されるため、高い圧力が検知された圧力センサの位置により人100の位置が決定される。そ

のため、検知部60aでは、複数の圧力センサの各々が所定の測定間隔で圧力を検知することで、人100の移動状態を検知できる。なお、検知部60aは、運搬部80に設けられていてもよい。

[0158] 制御部40は、例えば、検知部60aの検知結果における人100の位置の変化に基づいて、人100の移動状態が停留中であるか否かを決定する。制御部40は、検知部60aのN回目の測定における検知結果と検知部60aのN+M回目の測定における検知結果とを比較する。数値Mは、例えば1であるが、2以上の自然数であってもよい。制御部40は、人100の位置の変化が、所定の値未満である場合に移動状態が停留中であると決定し、所定の値以上の場合に移動状態が停留中では無く移動中であると決定する。具体的な移動状態の決定の基準の例としては、検知部60aの測定間隔が0.1秒、数値M=1である場合、制御部40は、N回目の測定における検知結果とN+M回目の測定における検知結果とで、人100の位置の変化が8.9mm未満であれば、移動状態が停留中であると決定する。

[0159] 次に、検知部が距離センサ（測距装置）で構成される場合について説明する。図22は、本実施の形態に係る検知部60bが距離センサで構成される場合の例を示す上面図である。なお、図22では、反射板22及び検知部60b以外の撮影装置10の構成の図示は省略されている。

[0160] 撮影装置10は、検知部60の代わりに検知部60bを備えていてもよい。図22に示されるように、検知部60bは、検知部60bと人100との間の距離を測定する距離センサで構成される。検知部60bは、例えば、反射板22の第1方向側（つまり撮影空間102の第1方向側）に設けられる。検知部60bは、距離センサの検知結果を所定の測定間隔で出力する。また、検知部60bでは、検知部60bと人100との間の距離により人100の位置が決定される。そのため、検知部60bでは、距離センサが所定の測定間隔で検知部60bと人100との間の距離を検知することで、人100の移動状態を検知できる。

[0161] 制御部40は、検知部60bの検知結果における人100の位置の変化に

基づいて、人100の移動状態が停留中であるか否かを決定する。制御部40は、検知部60bのN回目の測定における検知結果と検知部60bのN+M回目の測定における検知結果とを比較する。数値Mは、例えば1であるが、2以上の自然数であってもよい。制御部40は、人100の位置の変化が、所定の値未満である場合に移動状態が停留中であると決定し、所定の値以上の場合に移動状態が停留中では無く移動中であると決定する。具体的な移動状態の決定の基準の例としては、検知部60bの測定間隔が0.1秒、数値M=1である場合、制御部40は、N回目の測定における検知結果とN+M回目の測定における検知結果とで、人100の位置の変化が8.9mm未満であれば、移動状態が停留中であると決定する。

[0162] 次に、検知部が人感センサで構成される場合について説明する。図23は、本実施の形態に係る検知部60cが人感センサで構成される場合の例を示す側面図である。なお、図23では、反射板22及び検知部60c以外の撮影装置10の構成の図示は省略されている。

[0163] 撮影装置10は、検知部60の代わりに検知部60cを備えていてもよい。図23に示されるように、検知部60cは、赤外線等を利用し、人100が存在するか否かを検知する複数の人感センサで構成される。複数の人感センサは、例えば、反射板22の上方（つまり撮影空間102の上方）で第1方向に沿って並んでいる。複数の人感センサの各々は、自身の下方の所定の範囲に人100が存在するか否かを検知する。検知部60cは、複数の人感センサの各々の検知結果を所定の測定間隔で出力する。また、検知部60cでは、人100の存在が検知された人感センサの位置により人100の位置が決定される。そのため、検知部60cでは、複数の人感センサの各々が所定の測定間隔で人100が存在するか否かを検知することで、人100の移動状態を検知できる。

[0164] 制御部40は、検知部60cの検知結果における人100の位置の変化に基づいて、人100の移動状態が停留中であるか否かを決定する。制御部40は、検知部60cのN回目の測定における検知結果と検知部60cのN+

M回目の測定における検知結果とを比較する。数値Mは、例えば1であるが、2以上の自然数であってもよい。制御部40は、人100の位置の変化が、所定の値未満である場合に移動状態が停留中であると決定し、所定の値以上の場合に移動状態が停留中では無く移動中であると決定する。具体的な移動状態の決定の基準の例としては、検知部60cの測定間隔が0.1秒、数値M=1である場合、制御部40は、N回目の測定における検知結果とN+M回目の測定における検知結果とで、人100の位置の変化が8.9mm未満であれば、移動状態が停留中であると決定する。

[0165] なお、上記では、制御部40は、検知部60aから60cのいずれかが出力する2回の検知結果から人の移動状態を決定したが、3回以上の検知結果から移動状態を決定してもよい。

[0166] 次に、検知部が速度センサ（速度測定装置）で構成される場合について説明する。図24は、本実施の形態に係る検知部60dが速度センサで構成される場合の例を示す上面図である。なお、図24では、反射板22及び検知部60d以外の撮影装置10の構成の図示は省略されている。

[0167] 撮影装置10は、検知部60の代わりに検知部60dを備えていてもよい。図24に示されるように、検知部60dは、人100の移動速度を測定する速度センサで構成される。検知部60dは、例えば、反射板22の第1方向側（つまり撮影空間102の第1方向側）に設けられる。検知部60dは、撮影空間102を移動している人100の移動速度の検知結果を出力する。検知部60dでは、速度センサが撮影空間102を移動している人100の移動速度を検知することで、人100の移動状態を検知できる。

[0168] 制御部40は、検知部60dが検知した人100の移動速度に基づいて、人100の移動状態が停留中であるか否かを決定する。制御部40は、人100の移動速度が、所定の値未満である場合に移動状態が停留中であると決定し、所定の値以上の場合に移動状態が停留中では無く移動中であると決定する。具体的な移動状態の決定の基準の例としては、制御部40は、人100の移動速度が秒速889mm未満であれば、移動状態が停留中であると決

定する。また、検知部60から60cのいずれかが用いられる場合であっても、制御部40は、検知部60から60cの検知結果から人100の移動速度を算出し、算出した人100の移動速度に基づいて、人100の移動状態が停留中であるか否かを決定してもよい。

[0169] なお、上記の具体的な移動状態の決定の基準の例は、一般的な人の移動速度である時速3.2km(=秒速889mm)未満で人100が移動している場合の検知結果に基づく基準である。なお、この決定の基準の例は一例であり、これに限らない。判定の基準となる人100の移動速度は、例えば、放射部20が放射するサブテラヘルツ波の波長を $\lambda$ mmとし、イメージセンサ31の露光期間の長さをT秒とした場合に、秒速 $(B \times \lambda / 2) / T$ mmである。定数Bは例えば、1以上15以下又は7以上15以下の数値であり、放射部20及び検出器30の仕様等に応じて設定される。

[0170] また、制御部40は、検知部60から60dのいずれかが検知した移動状態に基づいて、移動状態が移動中であると決定した場合、さらに移動の程度を決定してもよい。例えば、停留中か否かの決定の基準とは別の所定の閾値を設定し、制御部40は、移動状態に基づく値が、所定の閾値以下であるか否かによって、移動中の移動量が小さいか大きいかを決定する。なお、移動中の移動の程度の分類は、2段階に限定されず、3段階以上の移動の程度に分類してもよい。

[0171] [その他の構成]

再び、図3及び図4を参照し、撮影装置10が備える他の構成要素について説明する。

[0172] 報知器70は、人100に対して警告を発出する。警告は、例えば、人100に対して移動速度が遅い又は静止している等の停留中であることを報知するために発出される。報知器70は、例えば、光源、スピーカ及びディスプレイの少なくとも1つを有し、光、音及び画像の少なくとも1つを用いて警告を発出する。報知器70は、単に光又は音を発出することによって警告を発出してもよく、人100が停留中であることを示す情報、又は、人100

0に移動速度を速める等の移動状態の変化を促す情報を表示することで警告を発出してもよい。なお、撮影装置10は、報知器70を備えていなくてもよい。

[0173] 運搬部80は、撮影空間102内において、人100を所定の条件で移動させる運搬装置である。運搬部80は、常時動作していてもよく、必要に応じて動作するか否かを制御されてもよい。位相変調部50は、位相差板51及び駆動部52に加えて、又は、代えて、運搬部80を有していてもよい。なお、撮影装置10は、運搬部80を備えていなくてもよい。

[0174] 運搬部80は、例えば、イメージセンサ31の露光期間中に光源21が射出するサブテラヘルツ波の波長の半分以上移動させて、イメージセンサ31が受波するサブテラヘルツ波の位相の角度分布を変化させる。運搬部80が人100を動かす速度は、例えば、光源21が射出するサブテラヘルツ波の波長を $\lambda$  mmとし、イメージセンサ31の露光期間をT秒とした場合、例えば、秒速 $(\lambda/2)/T$  mm以上であり、秒速 $(7 \times \lambda/2)/T$  mm以上であってもよい。また、安全性の観点から、運搬部80が人100を動かす速度は、秒速 $(30 \times \lambda/2)/T$  mm以下であってもよい。

[0175] 画像処理部90は、検出器30より画像を受け取ると、例えば、受け取った画像を外部に出力すると共に、受け取った画像に対して画像処理を行い、その画像処理の結果を外部に出力する。

[0176] 画像処理部90が行う画像処理は、例えば、検出器30から出力された画像に、所定の特徴を有する物体（例えば、刃物の特徴を有する物体）が含まれているか否かを判定し、所定の特徴を有する物体が含まれていると判定する場合には、所定の検知信号（例えば、刃物の特徴を有する物体が撮影されている旨を示す警報）を出力する処理であってもよい。画像処理部90は、例えば、プロセッサとメモリとを備え、プロセッサが、メモリに記憶されるプログラムを実行することにより実現される。制御部40と画像処理部90とは、プロセッサ及びメモリを共有していてもよい。

[0177] なお、撮影装置10は、画像処理部90を備えていなくてもよく、検出器

30が外部の画像処理装置に画像を出力してもよい。また、画像処理部90の機能が、検出器30に備えられていてもよい。

[0178] 表示部95は、制御部40の制御に基づいて、画像を表示する。例えば、検出器30が生成した画像を表示する。これにより、ユーザが画像を確認できる。表示部95は、画像処理部90による画像処理結果を示す画像等の検出器30が生成した画像以外の画像を表示してもよい。表示部95は、例えば、液晶パネル又は有機ELパネルなどの表示パネルによって実現される。

[0179] [変形例1]

続いて、実施の形態の変形例1について説明する。以下の説明では、実施の形態との相違点を中心に説明を行い、共通点の説明を省略又は簡略化する。

[0180] 図25は、本変形例に係る撮影装置110を上方から見た場合の模式図である。図25に示されるように、撮影装置110は、実施の形態に係る撮影装置10と比較して、位相差板51が、光学系32に入射する反射波の光路上に配置される代わりに、光源21と反射板22との間に配置されている点で相違する。本変形例においては、位相差板51は、光源21から射出されたサブテラヘルツ波が透過し、透過するサブテラヘルツ波の位相を変化させる。つまり、本変形例においては、位相変調部50は、人100に放射されるサブテラヘルツ波の少なくとも一部の成分の位相を変化させることで、イメージセンサ31が受波する反射波の位相の角度分布を変化させる。

[0181] 位相差板51は、例えば、上述の図9、図12及び図14等を用いて説明した各種の形状でありうる。ここで、位相差板51の動きについて説明する。図26は、本変形例に係る位相差板51の一例の動きの例を説明するための模式図である。図27は、本変形例に係る位相差板51の別の一例の動きの例を説明するための模式図である。図28は、本変形例に係る位相差板51のさらに別の一例の動きの例を説明するための模式図である。

[0182] 例えば、上述の図9及び図10で示される位相差板51の一例が用いられる場合には、図26で示されるように位相差板51は動かされる。具体的に

は、位相差板 5 1 は、例えば、駆動部 5 2 によって、光源 2 1 の発光中心 2 1 c を通り、光源 2 1 のサブテラヘルツ波の射出方向 D 2 に平行な方向に対して傾斜角度が  $-10^{\circ}$  以上  $10^{\circ}$  以下の回転軸 R 3 を回転中心として回転される。位相差板 5 1 は、例えば、イメージセンサ 3 1 の露光期間に 1 周以上回転する。位相差板 5 1 の回転速度は、駆動部 5 2 によって回転可能な速度であれば、特に制限されない。光源 2 1 のサブテラヘルツ波の射出方向 D 2 は、例えば、光源 2 1 の光軸の方向、つまり、光源 2 1 がサブテラヘルツ波を射出する範囲の中心となる方向である。また、回転軸 R 3 は、例えば、位相差板 5 1 の厚み方向に平行であり、平面視における位相差板 5 1 の中心 5 1 c を通る。なお、回転軸 R 3 は、位相差板 5 1 の中心 5 1 c を通ってなくてもよい。また、回転軸 R 3 は、光源 2 1 の発光中心 2 1 c 以外の位置を通っていてもよい。また、回転軸 R 3 は、位相差板 5 1 の厚み方向に平行でなくてもよく、厚み方向に対して傾斜（例えば、 $-10^{\circ}$  以上  $10^{\circ}$  以下の傾斜角度で傾斜）していてもよい。

[0183] また、例えば、上述の図 1 2 で示される位相差板 5 1 の別の一例が用いられる場合には、図 2 7 で示されるように位相差板 5 1 は動かされる。具体的には、位相差板 5 1 は、例えば、駆動部 5 2 によって、光源 2 1 を通らず、光源 2 1 のサブテラヘルツ波の射出方向 D 2 に平行な方向に対して傾斜角度が  $-10^{\circ}$  以上  $10^{\circ}$  以下の回転軸 R 4 を回転中心として回転される。位相差板 5 1 は、例えば、イメージセンサ 3 1 の露光期間に 1 周以上回転する。位相差板 5 1 の回転速度は、駆動部 5 2 によって回転可能な速度であれば、特に制限されない。また、回転軸 R 4 は、例えば、位相差板 5 1 の厚み方向に平行であり、平面視における位相差板 5 1 の中心 5 1 c を通る。なお、回転軸 R 4 は、位相差板 5 1 の中心 5 1 c を通ってなくてもよい。また、回転軸 R 4 は、位相差板 5 1 の厚み方向に平行でなくてもよく、厚み方向に対して傾斜（例えば、 $-10^{\circ}$  以上  $10^{\circ}$  以下の傾斜角度で傾斜）していてもよい。

[0184] また、例えば、上述の図 1 4 で示される位相差板 5 1 のさらに別の一例が

用いられる場合には、図28で示されるように位相差板51は動かされる。具体的には、位相差板51は、例えば、駆動部52によって、光源21のサブテラヘルツ波の射出方向D2に直交する方向、かつ、位相差板51の厚み方向に直交する方向に移動される。位相差板51は、例えば、移動方向に沿って所定の周波数で往復移動される。所定の周波数は、例えば、周期がイメージセンサ31の露光期間以下になる周波数である。また、駆動部52によって往復移動可能な周波数であれば、所定の周波数の上限は特に制限されない。

[0185] このように、図26から図28に示されるように位相差板51が動かされることで、光源21から射出されるサブテラヘルツ波が通る位置で、第1領域51aと第2領域51bとが入れ替わる。そのため、人100に放射されるサブテラヘルツ波の位相を変化させることができ、イメージセンサ31の露光期間において、イメージセンサ31が受波する反射波の位相の角度分布が変化する。

[0186] [変形例2]

続いて、実施の形態の変形例2について説明する。以下の説明では、実施の形態との相違点を中心に説明を行い、共通点の説明を省略又は簡略化する。

[0187] 図29は、本変形例に係る撮影装置210を上方から見た場合の模式図である。図29に示されるように、撮影装置210は、実施の形態に係る撮影装置10と比較して、検出器30及び位相変調部50の代わりに、検出器230及び位相変調部250を備える点で相違する。

[0188] 検出器230は、光学系32の代わりに、位相変調部250を構成するミラーシステム251が光学系として機能する点で、検出器30と異なる。つまり、位相変調部250は、検出器230の光学系の少なくとも一部であり、検出器230の光学系は、位相変調部250としてミラーシステム251を有する。

[0189] 本変形例においては、位相変調部250は、放射部20から放射されたサ

ブテラヘルツ波が人100によって反射された後の反射波の一部の成分の位相を変化させることで、イメージセンサ31が受波する反射波の位相の角度分布を変化させる。

[0190] ミラーシステム251は、放射部20から放射されたサブテラヘルツ波の、人100による反射波をイメージセンサ31に結像する。ミラーシステム251は、例えば、曲面状に配置された複数のミラーを含む。ミラーシステム251の複数のミラーの各々は、イメージセンサ31の露光期間中に、複数のミラーの各々に入射した人100からの反射波の位相を反射させる際に変化させる。例えば、ミラーシステム251では、複数のミラーの各々は、イメージセンサ31の露光期間中に、各ミラーで反射した際の位相の変化特性が変化する。また、ミラーシステム251において、ミラー毎に反射する人100からの反射波の位相の変化量が異なりうる。例えば、ミラーシステム251の複数のミラーは、ある時点において、人100からの反射波の位相を変化させずに反射させるミラーと、人100からの反射波の位相を変化させて反射させるミラーとを有し、これらのミラーの特性が時間によって変化する。このようなミラーシステム251を用いることにより、イメージセンサ31が受波する反射波の位相の角度分布を変化させることができる。位相を変化させるミラーは、例えば、位相を180°変化させて反射させる。ミラーシステム251は、例えば、位相の変化を制御する回路等を備える反射型の空間光位相変調素子で構成される。

[0191] このように、検出器30と位相変調部250とが一体化されることで、撮影装置210の構造を簡素化できる。

[0192] [変形例3]

続いて、実施の形態の変形例3について説明する。以下の説明では、実施の形態との相違点を中心に説明を行い、共通点の説明を省略又は簡略化する。

[0193] 図30は、本変形例に係る撮影装置310を上方から見た場合の模式図である。図30に示されるように、撮影装置310は、実施の形態に係る撮影

装置 10 と比較して、位相変調部 50 の代わりに、位相変調部 350 を備える点で相違する。

[0194] 位相変調部 350 は、人 100 に放射されるサブテラヘルツ波の位相を変化させることで、イメージセンサ 31 が受波する反射波の位相の角度分布を変化させる。

[0195] 位相変調部 350 は、駆動部 352 を有する。駆動部 352 は光源駆動部の一例である。駆動部 352 は、光源 21 を所定の条件で動かすことで、イメージセンサ 31 が受波する反射波の位相の角度分布を変化させる駆動装置である。そのため、撮影装置 310 においては、光源 21 は固定されておらず、移動可能に設置されている。

[0196] 駆動部 352 は、例えば、イメージセンサ 31 の露光期間において、人 100 に照射されるサブテラヘルツ波の位相が変化するように光源 21 を動かすことにより、イメージセンサ 31 が受波する人 100 による反射波の位相の角度分布を変化させる。具体的には、光源 21 が動くことで、光源 21 から射出されたサブテラヘルツ波の人 100 に入射するまでの光路長が変化するため、人 100 のサブテラヘルツ波が入射する各位置で、サブテラヘルツ波の位相が変化する。その結果、イメージセンサ 31 が受波する人 100 による反射波の位相の角度分布が変化する。

[0197] 駆動部 352 は、例えば、モータ及びアクチュエータ等の駆動機、並びに、光源 21 に動力を伝達するためのベルト、ギア、プーリー及び接続軸等の動力伝達部材等で構成される。

[0198] ここで、本変形例における光源 21 の動きについて説明する。図 31 は、本変形例に係る光源 21 の動きの例を説明するための模式図である。図 32 は、本変形例に係る光源 21 の動きの別の例を説明するための模式図である。

[0199] 図 31 に示されるように、光源 21 は、例えば、駆動部 352 によって、光源 21 のサブテラヘルツ波の射出方向 D2 に垂直な移動方向 1、又は、射出方向 D2 に平行な移動方向 2 に沿って、所定の周波数で往復移動される。

所定の周波数は、例えば、周期がイメージセンサ 3 1 の露光期間以下になる周波数である。また、駆動部 3 5 2 によって往復移動可能な周波数であれば、所定の周波数の上限は特に制限されない。また、この際の振動範囲は、例えば、光源 2 1 が射出するサブテラヘルツ波の波長以上である。そのため、光源 2 1 は、イメージセンサ 3 1 の露光期間において、移動範囲が、光源 2 1 が射出するサブテラヘルツ波の波長以上になるように動かされる。これにより、光源 2 1 から射出されたサブテラヘルツ波の人 1 0 0 に入射するまでの光路長がサブテラヘルツ波の波長以上変化する。そのため、効果的にイメージセンサ 3 1 が受波する人 1 0 0 による反射波の位相の角度分布を変化させることができる。また、この際の振動範囲は、例えば、光源 2 1 が射出するサブテラヘルツ波が、往復移動のどの位置においても反射板 2 2 に照射される範囲で設定される。なお、光源 2 1 は、移動方向 1 と移動方向 2 との間の方向（つまり合成されたベクトルの方向）に往復移動されてもよい。

[0200] また、図 3 2 に示されるように、光源 2 1 は、例えば、駆動部 3 5 2 によって、光源 2 1 の発光中心 2 1 c を通らず、光源 2 1 のサブテラヘルツ波の射出方向 D 2 に平行な方向の回転軸 R 5 を回転中心として回転される。つまり、光源 2 1 は、発光中心 2 1 c が環状の軌道を描くように動かされる。図 3 2 に示される例では、回転軸 R 5 は、光源 2 1 のいずれの位置も通らない。このように、光源 2 1 が環状の軌道を描くことで、光源 2 1 が止まることなく動き続けることができるため、効果的に光源 2 1 が射出するサブテラヘルツ波のイメージセンサ 3 1 に入射するまでの光路長を変化させることができる。この際の軌道の長さは、例えば、光源 2 1 が射出するサブテラヘルツ波の波長以上である。また、この際の軌道の径が、光源 2 1 が射出するサブテラヘルツ波の波長以上であってもよい。また、この際の軌道の長さは、例えば、光源 2 1 が射出するサブテラヘルツ波が、軌道のどの位置においても反射板 2 2 に照射される範囲で設定される。なお、回転軸 R 5 は、発光中心 2 1 c を通らなければ、射出方向 D 2 と交差していてもよく、射出方向 D 2 と直交していてもよい。

## [0201] [変形例4]

続いて、実施の形態の変形例4について説明する。以下の説明では、実施の形態との相違点を中心に説明を行い、共通点の説明を省略又は簡略化する。

[0202] 図33は、本変形例に係る撮影装置410を上方から見た場合の模式図である。図33に示されるように、撮影装置410は、実施の形態に係る撮影装置10と比較して、位相変調部50の代わりに、位相変調部450を備える点で相違する。

[0203] 位相変調部450は、人100に放射されるサブテラヘルツ波の位相を変化させることで、イメージセンサ31が受波する反射波の位相の角度分布を変化させる。

[0204] 位相変調部450は、駆動部452を有する。駆動部452は反射板駆動部の一例である。駆動部452は、反射板22を所定の条件で動かすことで、イメージセンサ31が受波する反射波の位相の角度分布を変化させる駆動装置である。そのため、撮影装置410においては、反射板22は固定されておらず、移動可能に設置されている。

[0205] 駆動部452は、例えば、イメージセンサ31の露光期間において、人100に照射されるサブテラヘルツ波の位相が変化するように反射板22を動かすことにより、イメージセンサ31が受波する人100による反射波の位相の角度分布を変化させる。具体的には、反射板22が動くことで、光源21から射出されたサブテラヘルツ波の人100に入射するまでの光路長が変化するため、人100のサブテラヘルツ波が入射する各位置で、サブテラヘルツ波の位相が変化する。その結果、イメージセンサ31が受波する人100による反射波の位相の角度分布が変化する。

[0206] 駆動部452は、例えば、モータ及びアクチュエータ等の駆動機、並びに、反射板22に動力を伝達するためのベルト、ギア、プーリー及び接続軸等の動力伝達部材等で構成される。

[0207] ここで、本変形例に係る反射板22の動きについて説明する。図33に示

されるように、反射板 2 2 は、例えば、駆動部 4 5 2 によって、反射板 2 2 の厚み方向に平行な移動方向 3 に沿って、所定の周波数で往復移動される。所定の周波数は、例えば、周期がイメージセンサ 3 1 の露光期間以下になる周波数である。また、駆動部 4 5 2 によって往復移動可能な周波数であれば、所定の周波数の上限は特に制限されない。また、この際の振動範囲は、例えば、光源 2 1 が射出するサブテラヘルツ波の波長の半分以上である。そのため、反射板 2 2 は、例えば、イメージセンサ 3 1 の露光期間において、反射板 2 2 の厚み方向における移動範囲が、光源 2 1 が射出するサブテラヘルツ波の波長の半分以上になるように動かされる。反射板 2 2 の位置が、反射板 2 2 の厚み方向にサブテラヘルツ波の波長の半分以上動くことで、光源 2 1 から射出されたサブテラヘルツ波が反射板 2 2 で反射して人 1 0 0 に入射するまでの光路長がサブテラヘルツ波の波長以上変化する。そのため、効果的にイメージセンサ 3 1 が受波する人 1 0 0 による反射波の位相の角度分布を変化させることができる。また、この際の振動範囲は、人 1 0 0 が通る撮影空間 1 0 2 が確保でき、表面 2 2 a から放射されるサブテラヘルツ波が撮影空間 1 0 2 を通る人 1 0 0 に照射される範囲で設定される。

[0208] また、反射板 2 2 は、駆動部 4 5 2 によって、反射板 2 2 の厚み方向に垂直な移動方向 4 に沿って、所定の周波数で往復移動されてもよい。所定の周波数は、例えば、周期がイメージセンサ 3 1 の露光期間以下になる周波数である。また、駆動部 4 5 2 によって往復移動可能な周波数であれば、所定の周波数の上限は特に制限されない。また、この際の振動範囲は、例えば、光源 2 1 が射出するサブテラヘルツ波の波長以上である。そのため、反射板 2 2 は、例えば、イメージセンサ 3 1 の露光期間において、反射板 2 2 の厚み方向に垂直な方向における移動範囲が、光源 2 1 が射出するサブテラヘルツ波の波長以上になるように動かされる。反射板 2 2 の位置が、反射板 2 2 の厚み方向に垂直な方向にサブテラヘルツ波の波長以上動くことで、サブテラヘルツ波を拡散反射させるためにサブテラヘルツ波の波長に応じて設定されている表面 2 2 a の凹凸形状の位置がずれて反射板 2 2 による拡散反射の方

向が効果的に変化する。そのため、効果的にイメージセンサ31が受波する人100による反射波の位相の角度分布を変化させることができる。

[0209] なお、反射板22は、上述の反射板22の移動範囲になるように、移動方向3と移動方向4との間の方向（つまり合成されたベクトルの方向）に往復移動されてもよい。

[0210] [サブテラヘルツ波の光路長の変化の効果]

次に、実施の形態及び各変形例に係る撮影装置を用いて撮影する場合の、光源21から射出されたサブテラヘルツ波の人100で反射してイメージセンサ31に入射するまでの光路長が変化することによる効果について説明する。

[0211] 図34は、人100の移動によるサブテラヘルツ波の光路長の変化を説明するための図である。図34では、人100が第1方向に沿って撮影空間102内を速度 $v$ で移動している状態が示されている。図34では、移動前の、(i)人100、(ii)人100に入射するサブテラヘルツ波の一例、及び、(iii)人100による反射波の一例が実線で示されている。また、図34では、移動前の状態からイメージセンサ31の1フレームの露光期間の長さ経過後の、(i)人100、(ii)人100に入射するサブテラヘルツ波の一例、及び、(iii)人100による反射波の一例が破線で示されている。なお、図34では、見やすさのため、人100の移動量を誇張して示している。

[0212] 図34に示されるように、人100に対して放射されるサブテラヘルツ波は、人100で反射してイメージセンサ31に向かう。そのため、人100が第1方向に沿って移動する場合、光源21から射出されたサブテラヘルツ波が人100で反射してイメージセンサ31に入射するまでの光路長は、およそ人100の移動量の倍の長さ分変化する。

[0213] 画像の明暗むらの抑制のために、イメージセンサ31上における反射波の位相の角度分布パターンを効果的に変化させることを考えた場合、例えば、上記光路長をサブテラヘルツ波の波長以上変化させる。これにより、イメー

ジセンサ31が受波する反射波の位相の角度分布パターンがサブテラヘルツ波の波長分ずれることになる。上記光路長をサブテラヘルツ波の波長以上変化させるための人100の移動量は、サブテラヘルツ波の波長の半分である。そのため、イメージセンサ31の露光期間が、人100がサブテラヘルツ波の波長の半分を移動するだけの時間に設定されれば、イメージセンサ31は、露光期間中にサブテラヘルツ波の波長分ずれた2つの位相の角度分布パターン間の強度を累積できる。その結果、位相の角度分布が異なる反射波の強度が累積し、干渉による明暗が平準化される。例えば、図1を用いて説明したような、図1の(a)で示される位置P1での反射波の位相の角度分布と、図1の(b)で示される位置P2での反射波の位相の角度分布とが、異なる反射位置ではなく、人100の同じ反射位置での反射波において露光期間中に生じることで、露光期間中に累積された反射波の強度に応じた信号による明暗は平準化される。

[0214] 具体的には、人100の移動速度を秒速 $v$  mmとし、放射部20が放射するサブテラヘルツ波の波長を $\lambda$  mmとした場合、露光期間の長さが $(\lambda/2)/v$ 秒以上であれば、露光期間中に人100はサブテラヘルツ波の波長の半分以上移動する。そのため、人100の移動速度を、一般的な人の移動速度として、時速3.2 km (=秒速889 mm) とすると、露光期間の長さを $\lambda/1778$ 秒以上に設定することで、人100におけるサブテラヘルツ波の反射特性とは関係なく生じる画像の明暗むらを効果的に抑制できる。イメージセンサ31の露光期間の長さがこのような時間であれば、例えば、撮影装置10は、位相変調部50を備えていなくても、画像の明暗むらを抑制することが可能である。

[0215] また、イメージセンサ31の露光期間における人100の移動量が大きくなると、明暗が平準化される効果が高まる。図1で示して説明したような均一な反射率の撮影対象物にサブテラヘルツ波を照射した場合、本発明者らは、シミュレーションにより検討した結果、サブテラヘルツ波の波長分ずれた8つの位相の角度分布パターンの強度を積算することで、最明部に対する最

暗部の画素値の比率が0.25以下になる結果を得た。そのため、露光期間中に上記光路長がサブテラヘルツ波の7波長分以上変化するように、つまり、 $(7 \times \lambda / 2) / v$ 秒以上の露光期間の長さを設定することで、さらに明暗むらを効果的に抑制できる。例えば、上記と同様に、人100の移動速度を秒速889mmとすると、露光期間の長さを $\lambda / 254$ 秒以上に設定することで、さらに明暗むらを効果的に抑制できる。

[0216] また、同様の原理で、上記の変形例3及び変形例4のように、位相変調部350又は位相変調部450によって、光源21から射出されるサブテラヘルツ波の人100までの光路長を変化させる場合でも、露光期間中に光路長がサブテラヘルツ波の波長以上変化することで、人100におけるサブテラヘルツ波の反射特性とは関係なく生じる画像の明暗むらを効果的に抑制できる。

[0217] なお、上記説明では、イメージセンサ31の1フレームの露光期間で反射波の強度を累積する例を説明したが、複数のフレームの露光期間で反射波の強度を累積する場合でも同様の効果が得られる。

[0218] また、露光期間の長さが $\lambda / 1778$ 秒未満であっても、位相変調部50、250、350、450によって、イメージセンサ31の露光期間中に、イメージセンサ31が受波する反射波の位相の角度分布を変化させることでも、イメージセンサ31は位相の角度分布が異なる反射波の強度を累積し、干渉による明暗を平準化できる。よって、人100におけるサブテラヘルツ波の反射特性とは関係なく生じる画像の明暗むらを効果的に抑制できる。また、例えば、位相変調部50、250、350、450によって、イメージセンサ31の露光期間中に、イメージセンサ31が受波する反射波の位相の角度分布を変化させる場合、露光期間の長さが $\lambda / 2000$ 秒以下であってもよい。

[0219] また、露光期間において、人100における同一箇所からの反射波を主に同一の画素911で受波してブレを抑制する観点から、露光期間の長さは、検出器30の撮影距離及びイメージセンサ31の画素アレイ910における

画素911の配列に基づいて、所定の時間以下に設定されてもよい。ここで、ブレを抑制するための露光期間について、図35A及び図35Bを用いて説明する。

[0220] 図35Aは、イメージセンサ31の画素アレイ910における画素911の配列の例を示す模式図である。図35Bは、検出器30の撮影距離Lの例を示す模式図である。なお、図35Bでは、検出器30のうちの画素アレイ910及び光学系32のみが模式的に示されている。また、図35Bでは、撮影される人100が実線の矢印で示されており、実線の矢印で示される人100よりも1画素分ずれて撮影される場合の人100が破線の矢印で示されている。

[0221] 図35Aに示されるように、画素アレイ910の一辺の長さがT mmであり、当該一辺の画素911の個数がN個とする。また、画素アレイ910の中央から画素アレイ910における端部の行の画素911までの距離をT1とし、画素アレイ910の中央から画素アレイ910における端部から2番目の行の画素911までの距離をT2とする。この場合の距離T1、T2は、図35Aに示される通りである。

[0222] 図35Bに示されるように、検出器30の光学系32から撮影対象物である人100までの撮影距離がL mmであり、画素アレイ910と光学系32との距離がb mmであり、光学系32の焦点距離がf mmであり、1画素分ずれて撮影される場合の人100の移動距離がD mmであるとする。また、1画素分ずれて人100が撮影された場合に、人100からの反射光が画素アレイ910における端部の行の画素911にも入射するとする。この場合、図35Bに示されるように、 $D = L(1 - T2/T1)$ となる。そのため、人100が秒速889 mmで移動する場合、露光期間の長さが $L(1 - T2/T1) / 889$ 秒であると、人100からの反射光が1画素分ずれて画素アレイ910に入射することになる。ブレを抑制する観点からは、露光期間の長さは、例えば、画素アレイ910に入射する人100からの反射光のずれを半画素分以下にできる $L(1 - T2/T1) / 1778$ 秒以

下である。また、画素アレイ 910 の一辺の画素 911 の個数  $N = 32$ 、画素アレイ 910 の一辺の長さ  $T = 100$  として、図 35 A で示される条件から距離  $T_1$ 、 $T_2$  を算出すると、 $L(1 - T_2 / T_1) / 1778 = L / 27800$  となる。つまり、露光期間の長さは、 $L / 27800$  以下であってもよい。この場合の撮影距離  $L$  は、例えば、人 100 が撮影される場合の検出器 30 における最短の撮影距離である。具体的には、検出器 30 における最短の撮影距離  $L$  は、例えば、撮影空間 102 と光学系 32 との間の最短距離である。

[0223] [動作例]

次に、実施の形態及び各変形例に係る撮影装置の動作例について説明する。以下では主に実施の形態に係る撮影装置 10 の動作を中心に説明するが、各変形例に係る撮影装置についても同様の動作を行うことが可能である。また、以下で説明する動作例は、人 100 が撮影空間 102 を通過する際の移動状態に基づいて、制御部 40 が撮影装置 10 における動作を制御する場合の例である。

[0224] なお、実施の形態及び各変形例に係る撮影装置は、下記の動作例のうち 1 つを実施してもよく、複数を組み合わせて実施してもよい。また、実施の形態及び各変形例に係る撮影装置は、下記の動作を行わない撮影装置であってもよい。また、以下の動作例では、検知部 60 が人 100 の移動状態を検知する場合について説明するが、検知部 60 の代わりに検知部 60 a から 60 d のいずれかが人 100 の移動状態を検知してもよい。

[0225] (1) 動作例 1

まず、実施の形態及び各変形例に係る撮影装置の動作例 1 について説明する。図 36 は、実施の形態及び各変形例に係る撮影装置の動作例 1 のフローチャートである。

[0226] 動作例 1 では、図 36 に示されるように、撮影装置 10 において、人 100 が撮影空間 102 内に侵入してくると、検知部 60 は、人 100 の移動状態を検知する (ステップ S11)。検知部 60 は、例えば、人 100 が移動

する動画像を取得することで、人100の移動状態を検知する。

[0227] 次に、制御部40は、ステップS11で検知部60が検知した人100の移動状態に基づいて、イメージセンサ31が受波する反射波の強度を累積する所定の時間を決定する（ステップS12）。例えば、制御部40は、上記の[検知部]で説明した方法により人100の移動状態が停留中であるか否か決定し、人100の移動状態が停留中である場合に、人100の移動状態が停留中ではない場合よりも長い時間に所定の時間を決定する。また、人100の移動状態が停留中ではない場合、制御部40は、さらに人100の移動の程度を決定し、移動の程度に基づいて、所定の時間を決定してもよい。また、例えば、制御部40は、検知部60の検知結果から人100の移動速度を算出し、人100の移動速度を秒速 $v$  mmとし、放射部20が放射するサブテラヘルツ波の波長を $\lambda$  mmとした場合に、所定の時間を $(A \times \lambda / 2) / v$ 秒に決定する。定数Aは例えば、1以上15以下又は7以上15以下の数値であり、放射部20及び検出器30の仕様等に応じて設定される。

[0228] 次に、制御部40は、イメージセンサ31に、ステップS12で決定した所定の時間分累積した累積強度に応じた信号に基づいて画像を生成させる（ステップS13）。これにより、人100が映る画像が撮影される。

[0229] 上記のように、光源21から射出されたサブテラヘルツ波のイメージセンサ31に入射するまでの光路長は、人100の移動によって変化する。また、イメージセンサ31が受波する反射波の強度を累積する所定の時間内での上記光路長の変化量は、人100の移動状態（例えば、人100の移動速度）によって決まる。さらに、上記光路長の変化によってイメージセンサ31が受波する反射波の反射角度に対する位相の分布も変化するため、人100の移動状態によって、所定の時間におけるイメージセンサ31が受波する反射波の反射角度に対する位相の分布が影響を受けることになる。所定の時間にイメージセンサ31が受波する反射波の位相の角度分布が変化しやすいほど、イメージセンサ31が異なる位相の角度分布の反射波の強度を累積して

画像の明暗むらが抑制できるため、イメージセンサ31によって生成される画像の明暗むらの生じやすさは、人100の移動状態に影響される。本動作例では、ステップS12で、制御部40が人100の移動状態に基づいて所定の時間を決定することで、所定の時間での上記光路長の変化量を適切に制御可能である。例えば、制御部40は、上述のようにサブテラヘルツ波の波長以上、上記光路長を変化させることができるように、所定の時間を決定できる。よって、イメージセンサ31は、適切な所定の時間で、位相の角度分布が異なる反射波の強度を累積し、明暗むらの抑制された画像を生成できる。

[0230] (2) 動作例2

次に、実施の形態及び各変形例に係る撮影装置の動作例2について説明する。図37は、実施の形態及び各変形例に係る撮影装置の動作例2のフローチャートである。

[0231] 動作例2では、図37に示されるように、まず、撮影装置10において、人100が撮影空間102内に侵入してくると、検知部60は、人100の移動状態を検知する(ステップS21)。ステップS21は、上述のステップS11と同じである。

[0232] 次に、制御部40は、ステップS21で検知部60が検知した人100の移動状態が停留中であるか否かを判定する(ステップS22)。制御部40は、例えば、検知部60から出力される検知結果に基づいて、上記の[検知部]で説明した方法により人100の移動状態が停留中であるか否か決定する。

[0233] 次に、制御部40は、人100の移動状態が停留中であると判定した場合(ステップS22でYes)、位相変調部50にイメージセンサ31が受波する反射波の位相の角度分布を変化させる(ステップS23)。制御部40は、ステップS23において、人100の移動速度等の移動状態に基づいて、反射波の位相の角度分布を変化させるための駆動部52よる駆動の速度等の条件を決定し、決定した条件に基づいて、位相変調部50にイメージセン

サ31が受波する反射波の位相の角度分布を変化させてもよい。なお、各変形例に係る撮影装置の動作においては、制御部40は、位相変調部50の代わりに、各変形例に係る撮影装置が備える位相変調部にイメージセンサ31が受波する反射波の位相の角度分布を変化させる。

[0234] そして、制御部40は、位相変調部50を動作させている間に、イメージセンサ31に受波した反射波に基づく画像を生成させる（ステップS24）。この際、イメージセンサ31は、 $\lambda / 1778$ 秒以上の時間分累積した累積強度に応じた信号に基づいて画像を生成してもよい。

[0235] 一方、制御部40は、人100の移動状態が停留中でないと判定した場合（ステップS22でN）、位相変調部50を動作させることなく、イメージセンサ31に受波した反射波に基づく画像を生成させる（ステップS24）。

[0236] 動作例2においては、人100の移動状態が停留中である場合に、制御部40が、位相変調部50にイメージセンサ31が受波するサブテラヘルツ波の位相の角度分布を変化させる。そのため、人100の移動速度が遅い、又は、静止している等によって人100が停留しているために、イメージセンサ31が受波する反射波の位相の角度分布の変化が小さくなるような場合でも、位相変調部50によってイメージセンサ31が受波する反射波の位相の角度分布を変化させるため、得られる画像の明暗むらを抑制することができる。

[0237] なお、動作例2において、制御部40は、人100の移動状態が停留中であるか否かを判定する代わりに、検知部60の検知結果に基づいて、人100が所定の空間内に存在するか否かを判定してもよい。例えば、制御部40は、人100が所定の空間内に存在すると判定した場合には、人100の移動状態に関わらず、位相変調部50にイメージセンサ31が受波する反射波の位相の角度分布を変化させて、イメージセンサ31に受波した反射波に基づく画像を生成させる。これにより、得られる画像の明暗むらをより確実に抑制できる。

## [0238] (3) 動作例3

次に、実施の形態及び各変形例に係る撮影装置の動作例3について説明する。図38は、実施の形態及び各変形例に係る撮影装置の動作例3のフローチャートである。

[0239] 動作例3では、図38に示されるように、まず、撮影装置10において、人100が撮影空間102内に侵入してくると、検知部60は、人100の移動状態を検知する(ステップS31)。ステップS31は、上述のステップS11と同じである。

[0240] 次に、制御部40は、ステップS31で検知部60が検知した人100の移動状態が停留中であるか否かを判定する(ステップS32)。ステップS32は、上述のステップS22と同じである。

[0241] 次に、制御部40は、人100の移動状態が停留中であると判定した場合(ステップS32でYes)、報知器70に警告を発出させる(ステップS33)。そして、制御部40は、イメージセンサ31に受波した反射波に基づく画像を生成させる(ステップS34)。例えば、制御部40は、ステップS33で報知器70に警告を発出させてから一定時間経過後に、イメージセンサ31に受波した反射波に基づく画像を生成させる。上記一定時間は、例えば、0.5秒から5.0秒以下である。

[0242] 一方、制御部40は、人100の移動状態が停留中でないと判定した場合(ステップS32でNo)、報知器70を動作させることなく、イメージセンサ31に受波した反射波に基づく画像を生成させる(ステップS34)。

[0243] 動作例3においては、人100の移動状態が停留中の場合に、制御部40が、報知器70に警告を発出させる。そのため、人100に移動速度を速める等の移動状態の変化を促すことができ、人100が移動速度を速めることで、イメージセンサ31が受波する反射波の位相の角度分布の変化が大きくなり、得られる画像の明暗むらを抑制することができる。

## [0244] (4) 動作例4

次に、実施の形態及び各変形例に係る撮影装置の動作例4について説明す

る。図39は、実施の形態及び各変形例に係る撮影装置の動作例4のフローチャートである。

- [0245] 動作例4では、図39に示されるように、まず、撮影装置10において、人100が撮影空間102内に侵入してくると、検知部60は、人100の移動状態を検知する（ステップS41）。ステップS41は、上述のステップS11と同じである。
- [0246] 次に、制御部40は、ステップS41で検知部60が検知した人100の移動状態に基づいて、イメージセンサ31が受波する反射波の強度を累積する所定の時間を決定する（ステップS42）。ステップS42は、上述のステップS12と同じである。
- [0247] 次に、制御部40は、ステップS41で検知部60が検知した人100の移動状態が停留中であるか否かを判定する（ステップS43）。ステップS43は、上述のステップS22と同じである。
- [0248] 次に、制御部40は、人100の移動状態が停留中であると判定した場合（ステップS43でYes）、位相変調部50にイメージセンサ31が受波する反射波の位相の角度分布を変化させる（ステップS44）。ステップS44は、上述のステップS23と同じである。
- [0249] そして、制御部40は、イメージセンサ31に、ステップS42で決定した所定の時間分累積した累積強度に応じた信号に基づいて画像を生成させる（ステップS45）。これにより、人100が映る画像が撮影される。
- [0250] 一方、制御部40は、人100の移動状態が停留中でないと判定した場合（ステップS43でNo）、位相変調部50を動作させることなく、イメージセンサ31に受波した反射波に基づく画像を生成させる（ステップS45）。
- [0251] 動作例4においては、人100の移動状態が停留中である場合に、制御部40が、位相変調部50にイメージセンサ31が受波する反射波の位相の角度分布を変化させる。さらに、ステップS42で、制御部40が人100の移動状態に基づいて所定の時間を決定する。よって、人100の移動状態が

停留中であっても、上記の動作例 1 及び動作例 2 で説明した得られる画像の明暗むらを抑制する効果の両方が発現される。

[0252] 以上のように、動作例 1 から 4 では、画像の明暗むらに影響する人 100 の移動状態に基づいて、制御部 40 が撮影装置 10 の動作を制御するため、撮影条件を適切に変更できる。例えば、動作例 2 から 4 では、制御部 40 は、検知部 60 によって検知された人 100 の移動状態が停留中である場合に、撮影装置 10 の動作が通常とは異なる動作となるように撮影装置 10 の動作を制御している。よって、人 100 におけるサブテラヘルツ波の反射特性とは関係なく生じる画像の明暗むらを抑制できる。

[0253] (5) 動作例 5

次に、実施の形態及び各変形例に係る撮影装置の動作例 5 について説明する。図 40 は、実施の形態及び各変形例に係る撮影装置の動作例 5 のフローチャートである。

[0254] 動作例 5 では、図 40 に示されるように、まず、撮影装置 10 において、人 100 が撮影空間 102 内に侵入してくると、検知部 60 は、人 100 の移動状態を検知する (ステップ S51)。ステップ S51 は、上述のステップ S11 と同じである。

[0255] 次に、制御部 40 は、ステップ S51 で検知部 60 が検知した人 100 の移動状態が停留中であるか否かを判定する (ステップ S52)。ステップ S52 は、上述のステップ S22 と同じである。

[0256] 次に、制御部 40 は、人 100 の移動状態が停留中であると判定した場合 (ステップ S52 で Yes)、検出器 30 に画像の生成を停止させる (ステップ S53)。これにより、撮影装置 10 から人 100 が撮影された画像が出力されなくなる。

[0257] 一方、制御部 40 は、人 100 の移動状態が停留中でないと判定した場合 (ステップ S52 で No)、イメージセンサ 31 に受波した反射波に基づく画像を生成させる (ステップ S54)。イメージセンサ 31 は、例えば、 $\lambda/1778$  秒以上の時間分累積した累積強度に応じた信号に基づいて画像を

生成する。また、イメージセンサ31は、人100の移動状態に基づいて決定された所定の時間分累積した累積強度に応じた信号に基づいて画像を生成してもよい。

[0258] 動作例5においては、人100の移動状態が停留中の場合に、制御部40が、検出器30に画像を生成させない。そのため、人100の移動状態が停留中であるために、得られる画像の明暗むらが大きくなる場合に、撮影装置10から画像が出力されない。よって、例えば、画像を用いて危険物を検知する場合に、危険物の検知精度が低下するような画像が出力されず、誤検知を抑制できる。

[0259] (6) 動作例6

次に、実施の形態及び各変形例に係る撮影装置の動作例6について説明する。図41は、実施の形態及び各変形例に係る撮影装置の動作例6のフローチャートである。

[0260] 動作例6では、図41に示されるように、まず、撮影装置10において、人100が撮影空間102内に侵入してくると、検知部60は、人100の移動状態を検知する(ステップS61)。ステップS61は、上述のステップS11と同じである。

[0261] 次に、制御部40は、イメージセンサ31に受波した反射波に基づく画像を生成させる(ステップS62)。イメージセンサ31は、例えば、 $\lambda/1778$ 秒以上の時間分累積した累積強度に応じた信号に基づいて画像を生成する。また、イメージセンサ31は、人100の移動状態に基づいて決定された所定の時間分累積した累積強度に応じた信号に基づいて画像を生成してもよい。

[0262] 次に、制御部40は、ステップS61で検知部60が検知した人100の移動状態が停留中であるか否かを判定する(ステップS63)。ステップS63は、上述のステップS22と同じである。

[0263] 次に、制御部40は、人100の移動状態が停留中であると判定した場合(ステップS63でYes)、表示部95に表示させる画像の表示態様を変

更させる（ステップS64）。制御部40は、例えば、表示部95に、ステップS62で生成した画像の表示を停止させる、又は、ステップS62で生成した画像に他の画像を重畳させる。他の画像は、例えば、ステップS62で生成した画像の明暗むらが大きいことを示す画像である。

[0264] 一方、制御部40は、人100の移動状態が停留中でないと判定した場合（ステップS63でN）、通常の表示態様で、表示部95にステップS62で生成した画像を表示させる（ステップS65）。

[0265] 動作例6においては、人100の移動状態が停留中の場合に、制御部40が、表示部95に表示させる画像の表示態様を変更させる。そのため、人100の移動状態が停留中であるために、得られる画像の明暗むらが大きくなる場合に、検出器30が生成した画像がそのままの状態では表示されることがない。よって、例えば、ユーザが検出器30によって生成された画像を確認する場合に誤認識することが抑制される。

[0266] （他の実施の形態）

以上、本開示に係る撮影装置について、実施の形態及び各変形例に基づいて説明したが、本開示は、これら実施の形態及び各変形例に限定されるものではない。本開示の趣旨を逸脱しない限り、当業者が思いつく各種変形をこれら実施の形態に施したものや、異なる実施の形態及び各変形例における構成要素を組み合わせる構築される形態も、本開示の1つ又は複数の態様の範囲内に含まれる。

[0267] 上記実施の形態及び各変形例では、光源21及び検出器30は、反射板22の第1方向側のみに配置されていたが、これに限らない。光源21及び検出器30は、反射板22の第1方向側とは反対側にも配置されていてもよい。これにより、人100の前側と後ろ側とを両方撮影できる。

[0268] また、上記実施の形態及び各変形例では、撮影対象物は人100であったが、これに限らない。撮影対象物は、荷物等であってもよい。例えば、撮影装置10は、スーツケースなどの荷物、又は、製品中の異物を撮影してもよい。

- [0269] また、上記実施の形態及び各変形例では、位相差板51は、第1領域51aと第2領域51bとの両方を含んでいたが、これに限らない。例えば、位相差板51は、第1領域51a又は第2領域51bのみで構成されていてもよい。この場合、位相差板51は、例えば、駆動部52によって、光源21から射出されるサブテラヘルツ波の少なくとも一部又は光学系32に入射する反射波の少なくとも一部が通る位置と通らない位置とを交互に移動するように動かされる。
- [0270] また、上記実施の形態及び各変形例では、放射部20は、光源21と、反射板22とを有していたが、これに限らない。例えば、放射部20は、人100に対して様々な角度からサブテラヘルツ波を放射できるように配置された、複数の光源で構成されてもよい。また、例えば、放射部20は、複数のサブテラヘルツ波発生素子がある面に沿って並べられた面光源であってもよい。
- [0271] また、上記実施の形態及び各変形例において、制御部40及び画像処理部90等の各構成要素は、専用のハードウェアで構成されるか、各構成要素に適したソフトウェアプログラムを実行することによって実現されてもよい。各構成要素は、CPU又はプロセッサなどのプログラム実行部が、ハードディスク又は半導体メモリなどの記録媒体に記録されたソフトウェアプログラムを読み出して実行することによって実現されてもよい。
- [0272] また、各構成要素は、回路（又は集積回路）でもよい。これらの回路は、全体として1つの回路を構成してもよいし、それぞれ別々の回路でもよい。また、これらの回路は、それぞれ、汎用的な回路でもよいし、専用の回路でもよい。
- [0273] また、本開示の包括的又は具体的な態様は、システム、装置、方法、集積回路、コンピュータプログラム又はコンピュータ読み取り可能なCD-ROMなどの非一時的な記録媒体で実現されてもよい。また、システム、装置、方法、集積回路、コンピュータプログラム及び非一時的な記録媒体の任意な組み合わせで実現されてもよい。例えば、本開示は、撮影装置の各構成要素

が備える制御部等が行う制御をコンピュータに実行させるためのプログラムとして実現されてもよい。

[0274] また、上記実施の形態及び各変形例において説明された撮影装置の動作における複数の処理の順序は一例である。複数の処理の順序は、変更されてもよいし、複数の処理は、並行して実行されてもよい。

[0275] また、上記実施の形態及び各変形例は、請求の範囲又はその均等の範囲において種々の変更、置き換え、付加、省略などを行うことができる。

### 産業上の利用可能性

[0276] 本開示は、物体を撮影する撮影装置に広く利用可能である。

### 符号の説明

[0277] 1 0、1 1 0、2 1 0、3 1 0、4 1 0 撮影装置  
2 0 放射部  
2 1 光源  
2 1 c 発光中心  
2 2 反射板  
2 2 a 表面  
3 0、2 3 0 検出器  
3 1 イメージセンサ  
3 1 a 制御回路  
3 2 光学系  
3 2 c、5 1 c 中心  
4 0 制御部  
5 0、2 5 0、3 5 0、4 5 0 位相変調部  
5 1 位相差板  
5 1 a 第1領域  
5 1 a 1 対称領域  
5 1 a 2 非対称領域  
5 1 b 第2領域

5 2、3 5 2、4 5 2 駆動部  
6 0、6 0 a、6 0 b、6 0 c、6 0 d 検知部  
7 0 報知器  
8 0 運搬部  
9 0 画像処理部  
9 5 表示部  
1 0 0 人  
1 0 1 通路  
1 0 2 撮影空間  
2 5 1 ミラーシステム  
9 1 0 画素アレイ  
9 1 1 画素  
9 2 0 積分回路  
9 2 0 A 積分回路群  
9 2 1 オペアンプ  
9 2 2 容量素子  
9 2 3 スイッチ  
9 3 0、9 6 0、9 7 0 マルチプレクサ  
9 4 0 アナログデジタルコンバータ  
9 5 0 合成回路  
D 1 入射方向  
D 2 射出方向  
R 1、R 2、R 3、R 4、R 5 回転軸

## 請求の範囲

- [請求項1] サブテラヘルツ波を用いて所定の領域を通過する撮影対象物を撮影する撮影装置であって、
- 前記撮影対象物に対して前記サブテラヘルツ波を放射する放射部と、
- 、
- ( i ) 前記放射部より放射された前記サブテラヘルツ波の、前記撮影対象物による反射波を結像する光学系と、 ( i i ) 平面状に配置され、前記光学系により結像された前記反射波を受波する複数の画素を含み、前記複数の画素の各々で受波した前記反射波の強度を所定の時間分累積した累積強度と前記複数の画素の平面状の配置とに基づいて画像を生成するイメージセンサと、を有する検出器と、を備え、
- 前記所定の時間は、前記サブテラヘルツ波の波長を $\lambda$  mmとした場合に、 $\lambda / 1778$ 秒以上である、
- 撮影装置。
- [請求項2] 前記撮影対象物が前記所定の領域を通過する際の移動状態を検知する検知部と、
- 前記移動状態が停留中である場合に、前記撮影装置の動作を制御する制御部と、を備える、
- 請求項1に記載の撮影装置。
- [請求項3] 前記制御部は、前記移動状態に基づいて、前記所定の時間を決定し、前記イメージセンサに、決定した前記所定の時間分累積した前記累積強度に基づいて前記画像を生成させる、
- 請求項2に記載の撮影装置。
- [請求項4] サブテラヘルツ波を用いて所定の領域を通過する撮影対象物を撮影する撮影装置であって、
- 前記撮影対象物に対して前記サブテラヘルツ波を射出する放射部と、
- 、
- ( i ) 前記放射部より放射された前記サブテラヘルツ波の、前記撮

影対象物による反射波を結像する光学系と、(i i) 平面状に配置され、前記光学系により結像された前記反射波を受波する複数の画素を含み、前記複数の画素の各々で受波した前記反射波の強度を所定の時間分累積した累積強度と前記複数の画素の平面状の配置とに基づいて画像を生成するイメージセンサを含む検出器と、

前記撮影対象物が前記所定の領域を通過する際の移動状態を検知する検知部と、

前記移動状態に基づいて前記撮影装置の動作を制御する制御部と、を備え、

前記制御部は、前記移動状態に基づいて、前記所定の時間を決定し、前記イメージセンサに、決定した前記所定の時間分累積した前記累積強度に基づいて前記画像を生成させる、

撮影装置。

[請求項5] 前記検知部は、前記移動状態として前記撮影対象物が前記所定の領域を通過する際の移動速度を検知し、

前記制御部は、前記移動速度が所定の速度未満の場合に前記撮影対象物の前記移動状態が停留中であることを決定する、

請求項2から4のいずれか1項に記載の撮影装置。

[請求項6] 前記制御部は、前記移動状態が停留中である場合に、前記検出器に前記画像の生成を停止させる、

請求項2から4のいずれか1項に記載の撮影装置。

[請求項7] 前記画像を表示する表示部を備え、

前記制御部は、前記移動状態が停留中である場合に、前記表示部に前記画像の表示を停止させる、又は、前記画像に他の画像を重畳させる、

請求項2から4のいずれか1項に記載の撮影装置。

[請求項8] 警告を発出する報知器を備え、

前記制御部は、前記移動状態が停留中である場合に、前記報知器に

前記警告を発出させる、

請求項 2 から 4 のいずれか 1 項に記載の撮影装置。

[請求項9]

前記イメージセンサが前記画像を生成する際の露光期間中に、前記イメージセンサが受波する前記反射波の位相の角度分布を変化させる位相変調部を備え、

前記制御部は、前記移動状態が停留中である場合、前記位相変調部に前記位相の角度分布を変化させる、

請求項 2 から 4 のいずれか 1 項に記載の撮影装置。

[請求項10]

前記放射部は、

前記サブテラヘルツ波を射出する光源と、

前記光源から射出された前記サブテラヘルツ波を拡散反射することにより前記撮影対象物に対して前記サブテラヘルツ波を放射する反射板と、を有し、

前記位相変調部は、

前記光源と前記反射板との間に配置され、透過する前記サブテラヘルツ波の位相を変化させる位相差板と、

前記位相差板を所定の条件で動かす位相差板駆動部と、を有する、

請求項 9 に記載の撮影装置。

[請求項11]

前記位相変調部は、

前記所定の領域と前記イメージセンサとの間で前記反射波の光路上に配置され、透過する前記反射波の位相を変化させる位相差板と、

前記位相差板を所定の条件で動かす位相差板駆動部と、を有する、

請求項 9 に記載の撮影装置。

[請求項12]

前記位相変調部は前記光学系の少なくとも一部であり、

前記光学系は、前記位相変調部として、前記反射波を反射することで前記イメージセンサに結像するミラーシステムを有し、

前記ミラーシステムは、複数のミラーを含み、  
前記複数のミラーの各々は、前記イメージセンサの露光期間中に反射する前記反射波の位相を変化させる、  
請求項 9 に記載の撮影装置。

[請求項13]

前記放射部は、  
前記サブテラヘルツ波を射出する光源と、  
前記光源から射出された前記サブテラヘルツ波を拡散反射することにより前記撮影対象物に対して前記サブテラヘルツ波を放射する反射板と、を有し、  
前記位相変調部は、前記光源を所定の条件で動かして、前記位相の角度分布を変化させる光源駆動部を含む、  
請求項 9 に記載の撮影装置。

[請求項14]

前記放射部は、  
前記サブテラヘルツ波を射出する光源と、  
前記光源から射出された前記サブテラヘルツ波を拡散反射することにより前記撮影対象物に対して前記サブテラヘルツ波を放射する反射板と、を有し、  
前記位相変調部は、前記反射板を所定の条件で動かして、前記位相の角度分布を変化させる反射板駆動部を含む、  
請求項 9 に記載の撮影装置。

[請求項15]

前記位相変調部は、前記所定の領域内において、前記撮影対象物を前記イメージセンサの露光期間中に前記サブテラヘルツ波の波長の半分以上移動させて、前記位相の角度分布を変化させる運搬部を有する、  
請求項 9 に記載の撮影装置。

[請求項16]

前記所定の時間は、前記検出器における最短の撮影距離を  $L$  mm とした場合に、 $L / 27800$  秒以下である、  
請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の撮影装置。

[請求項17] 前記所定の時間は、前記イメージセンサの1フレームにおける露光期間の長さである、

請求項1から4のいずれか1項に記載の撮影装置。

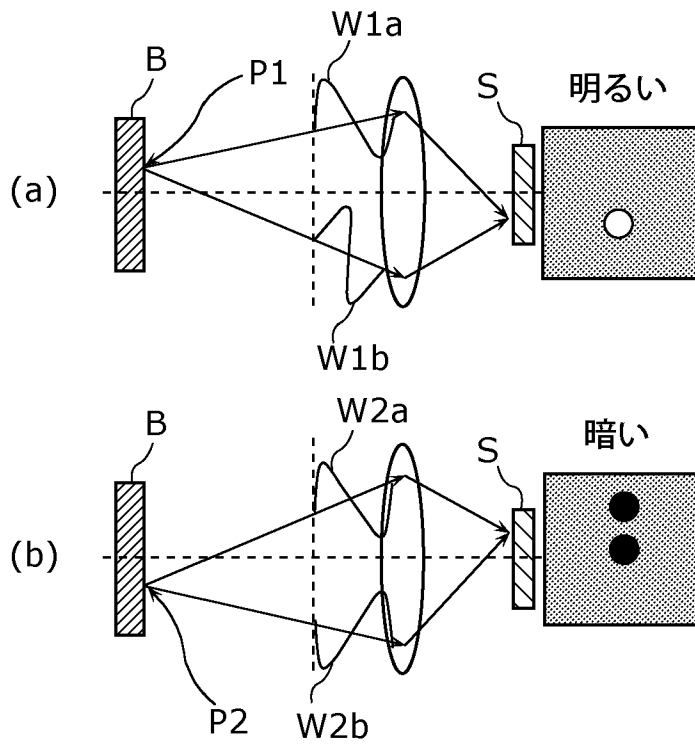
[請求項18] 前記所定の時間は、 $\lambda / 254$ 秒以上である、

請求項1から4のいずれか1項に記載の撮影装置。

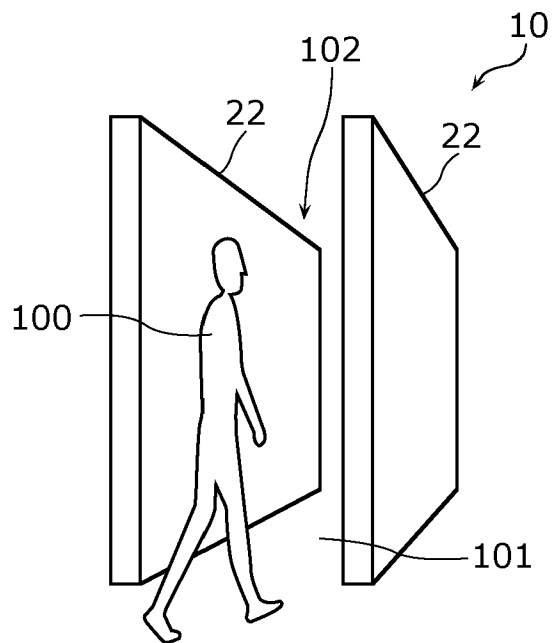
[請求項19] 前記サブテラヘルツ波の周波数は、 $0.05\text{ THz}$ 以上 $2\text{ THz}$ 以下であり、前記サブテラヘルツ波の波長は、 $0.15\text{ mm}$ 以上 $6\text{ mm}$ 以下である、

請求項1から4のいずれか1項に記載の撮影装置。

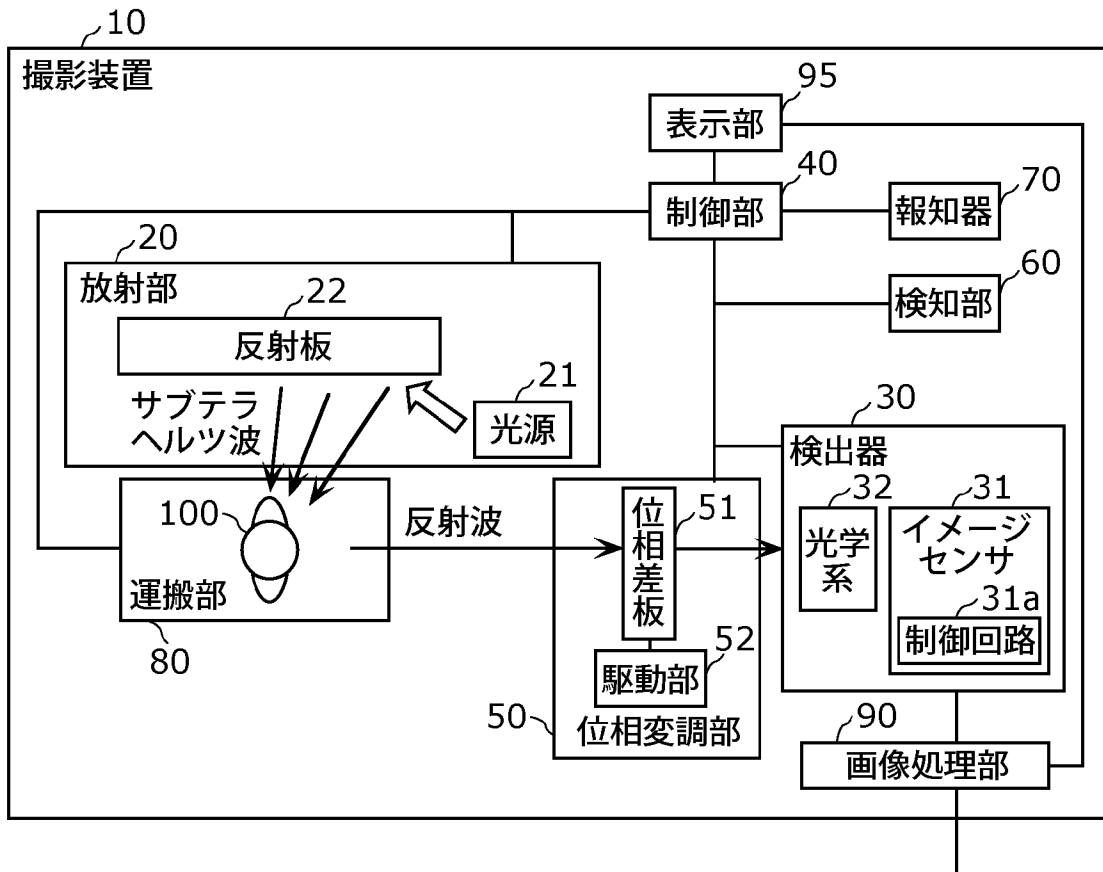
[図1]



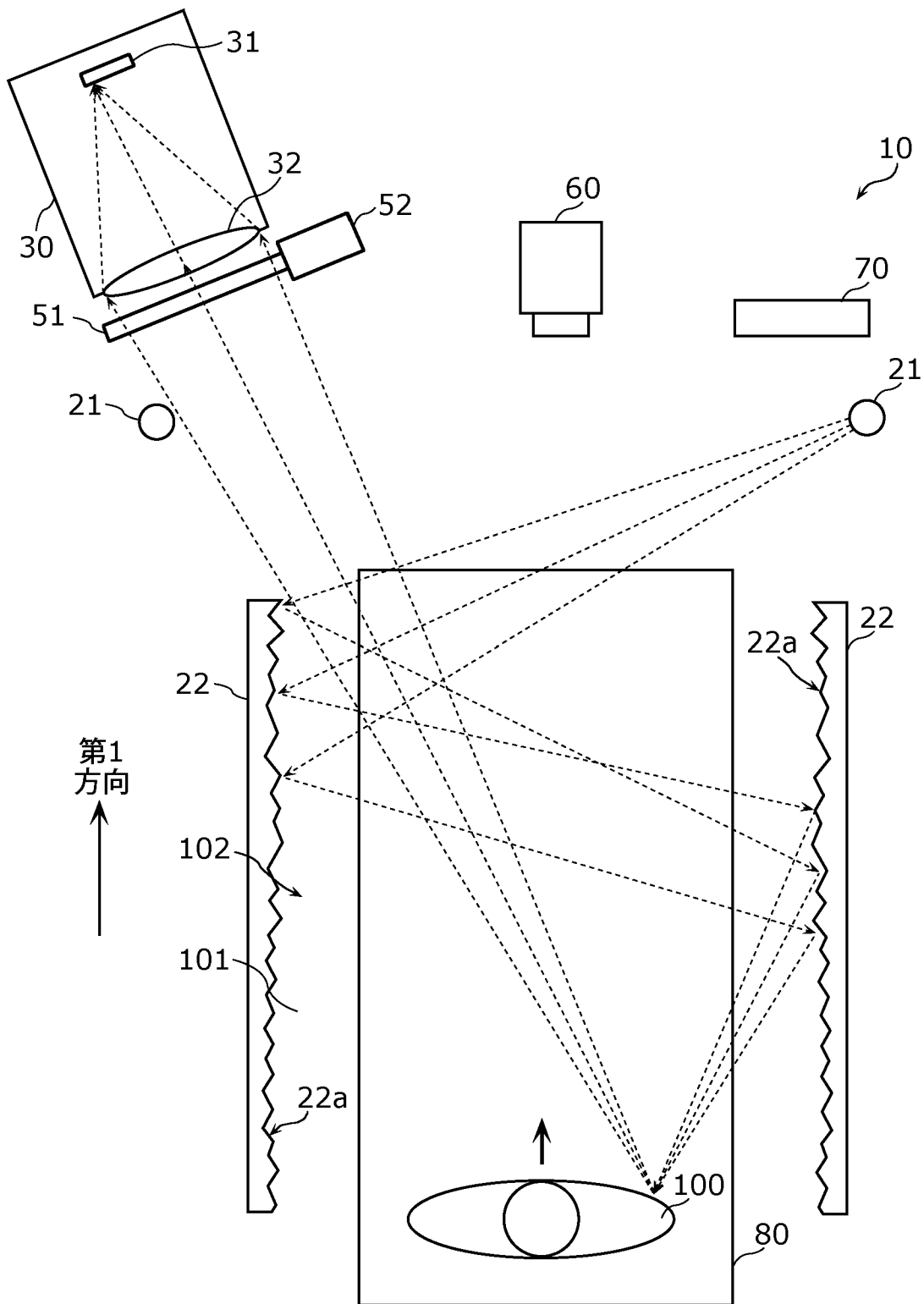
[図2]



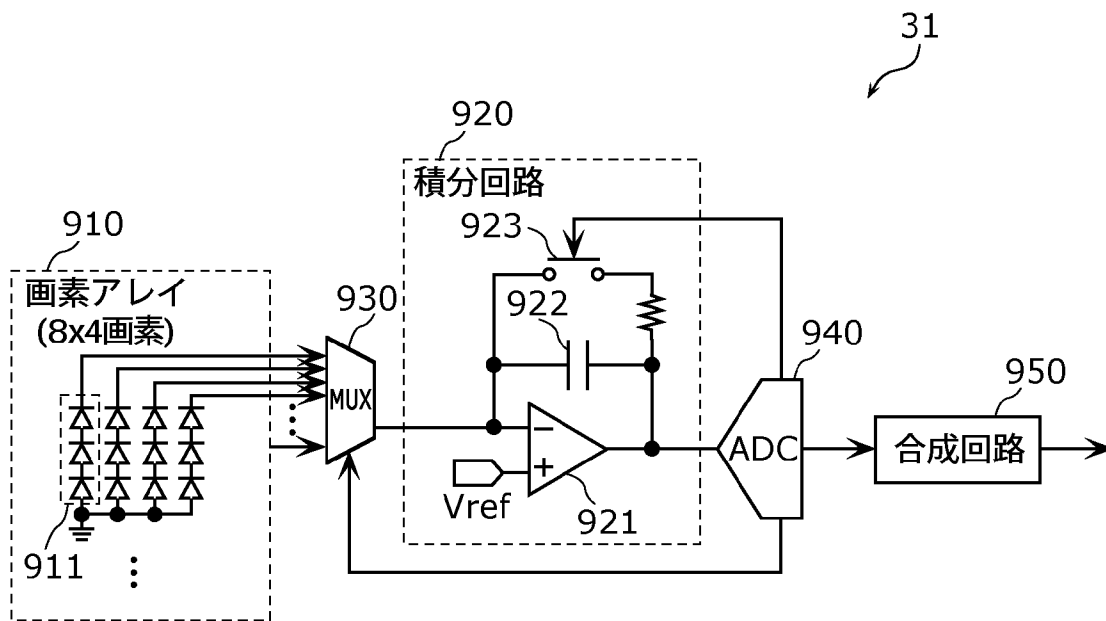
[図3]



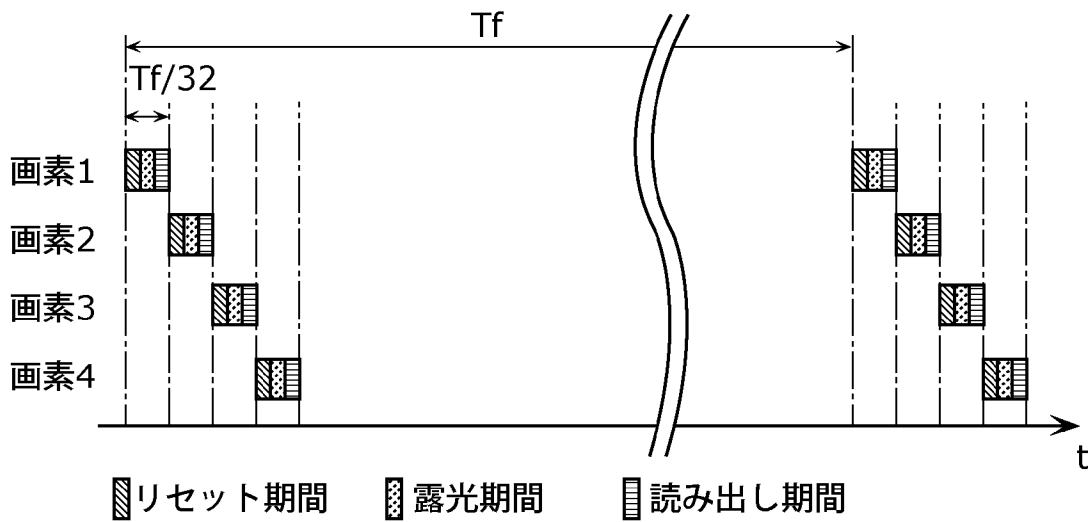
[図4]



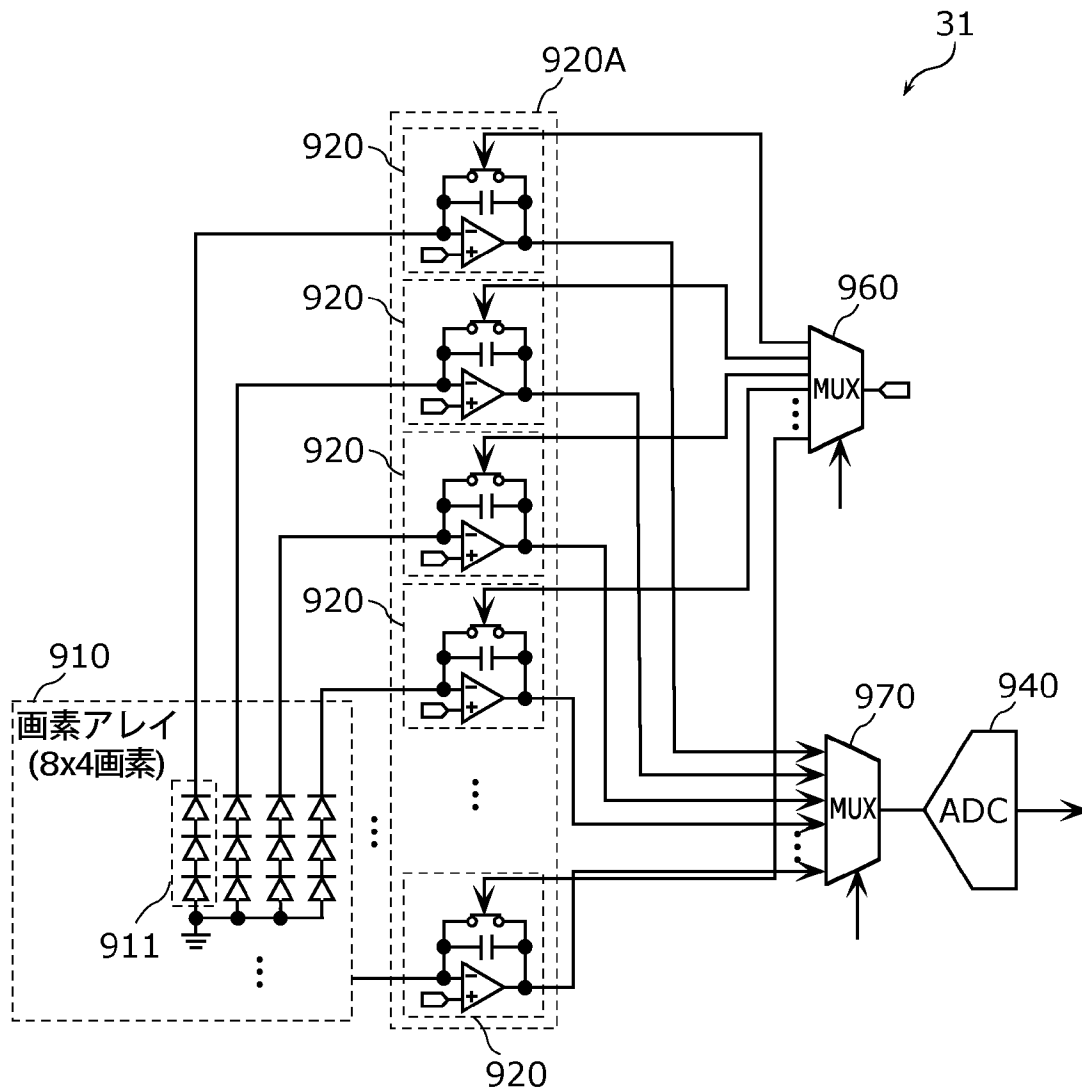
[図5]



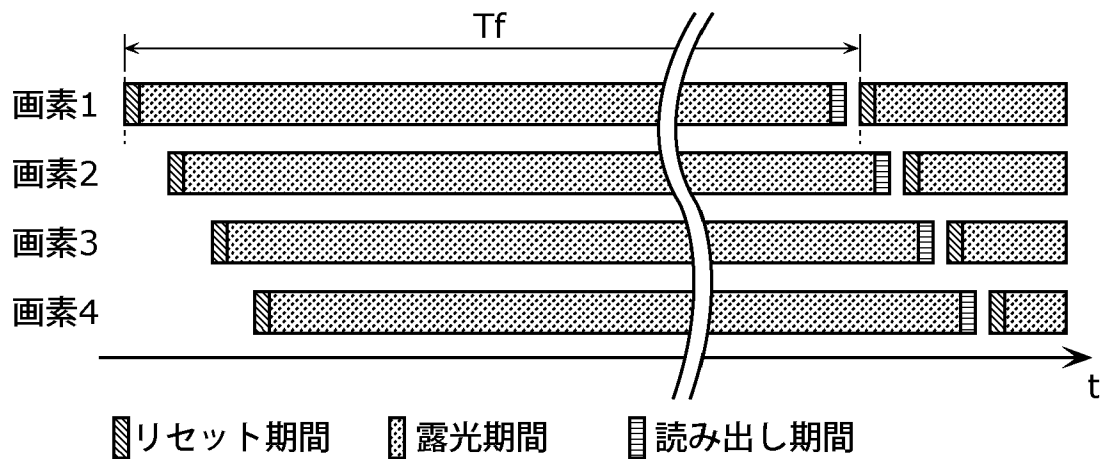
[図6]



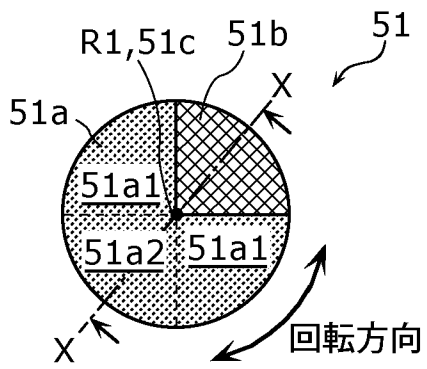
[図7]



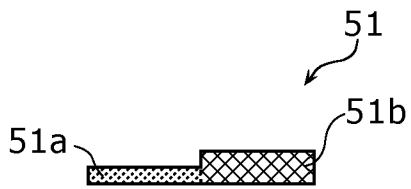
[図8]



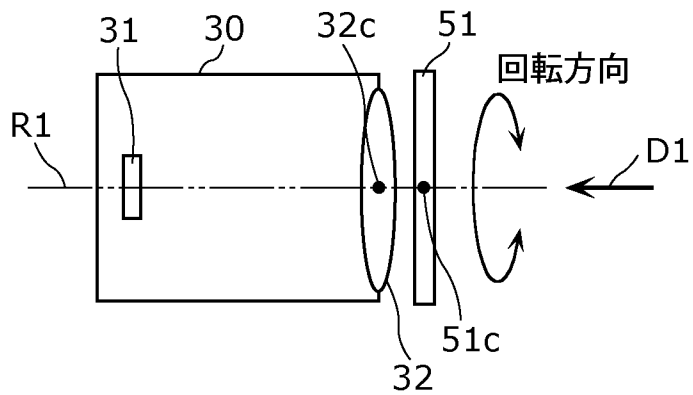
[図9]



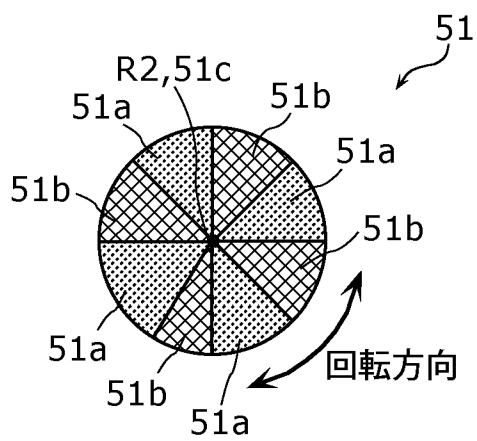
[図10]



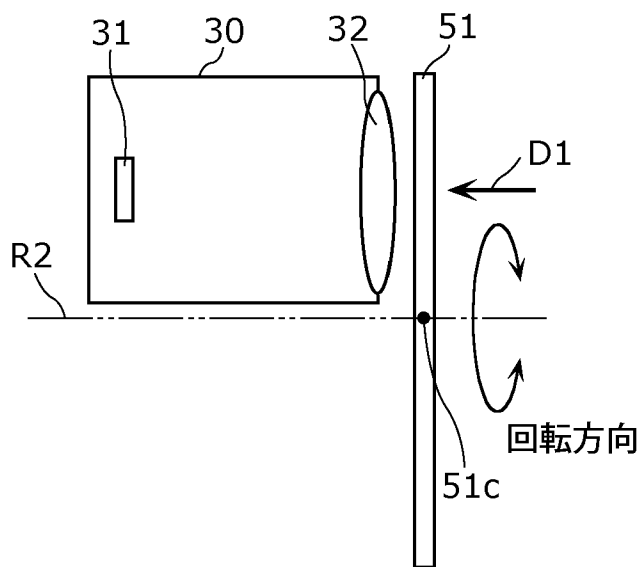
[図11]



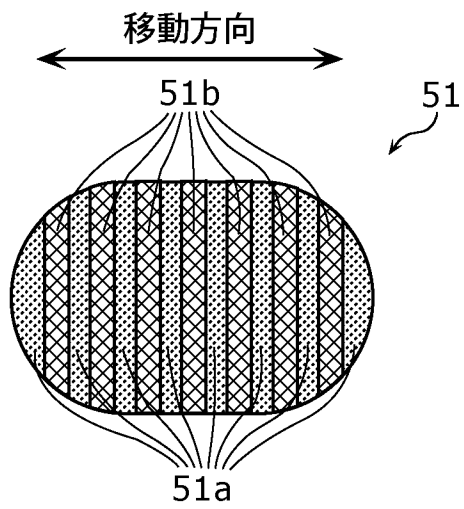
[図12]



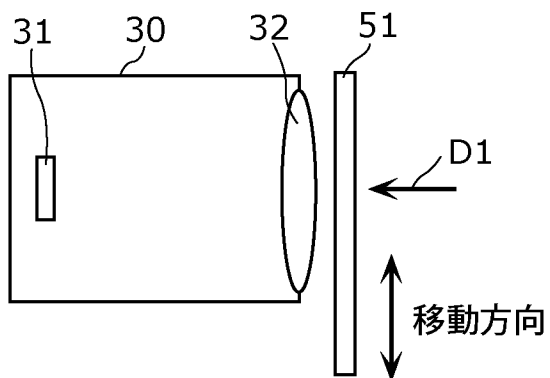
[図13]



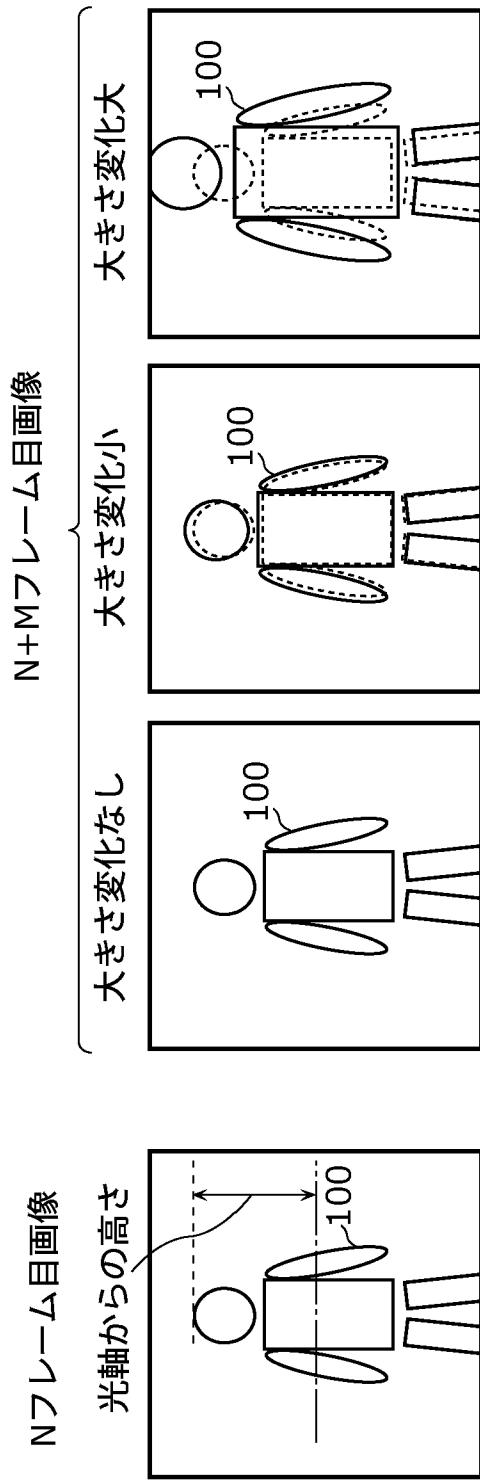
[図14]



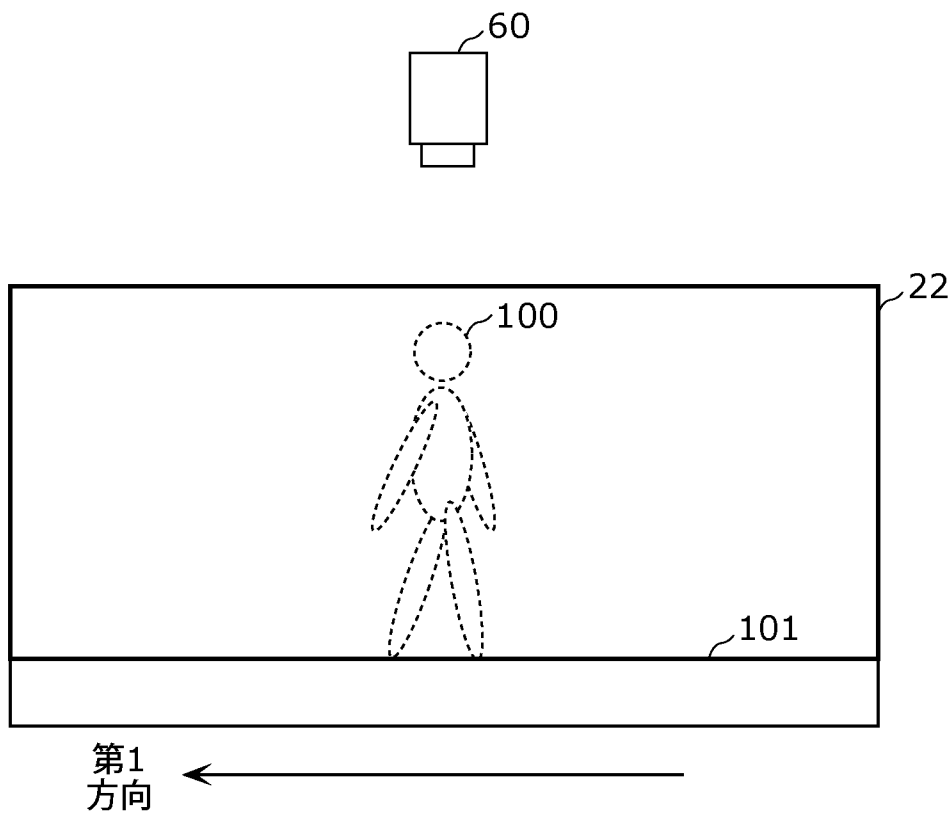
[図15]



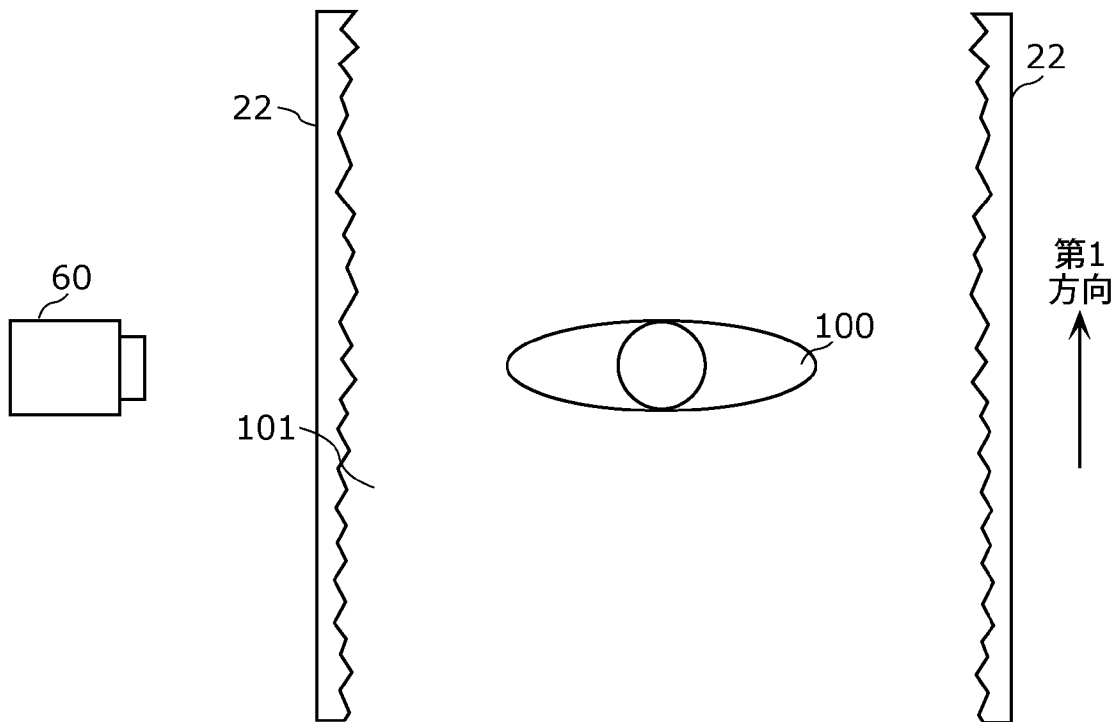
[図16]



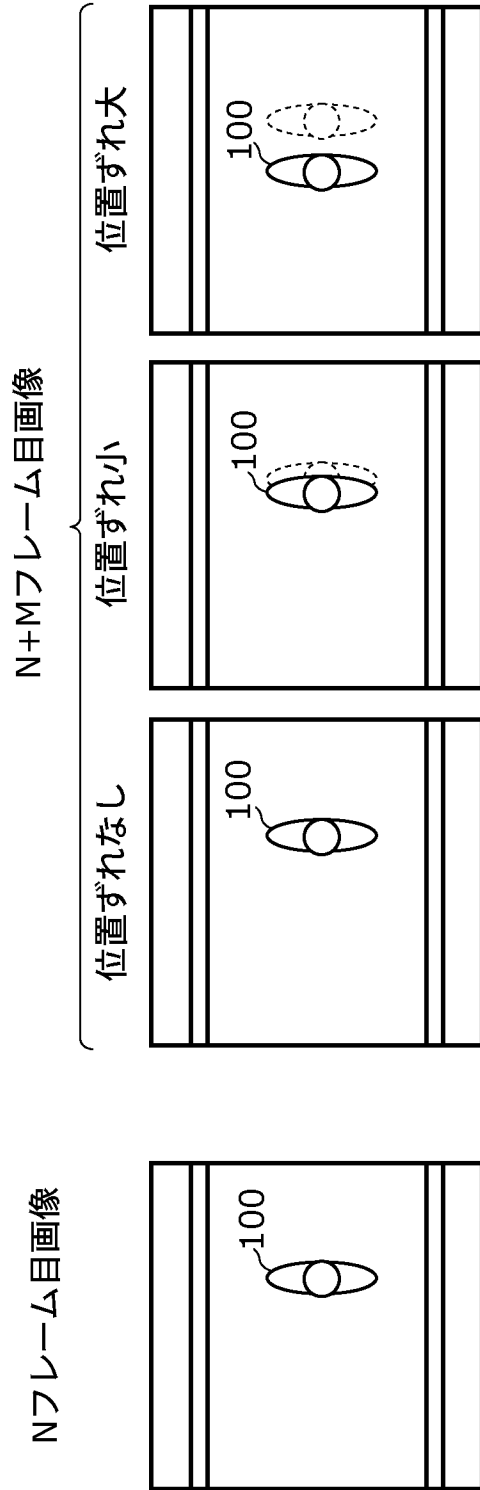
[図17]



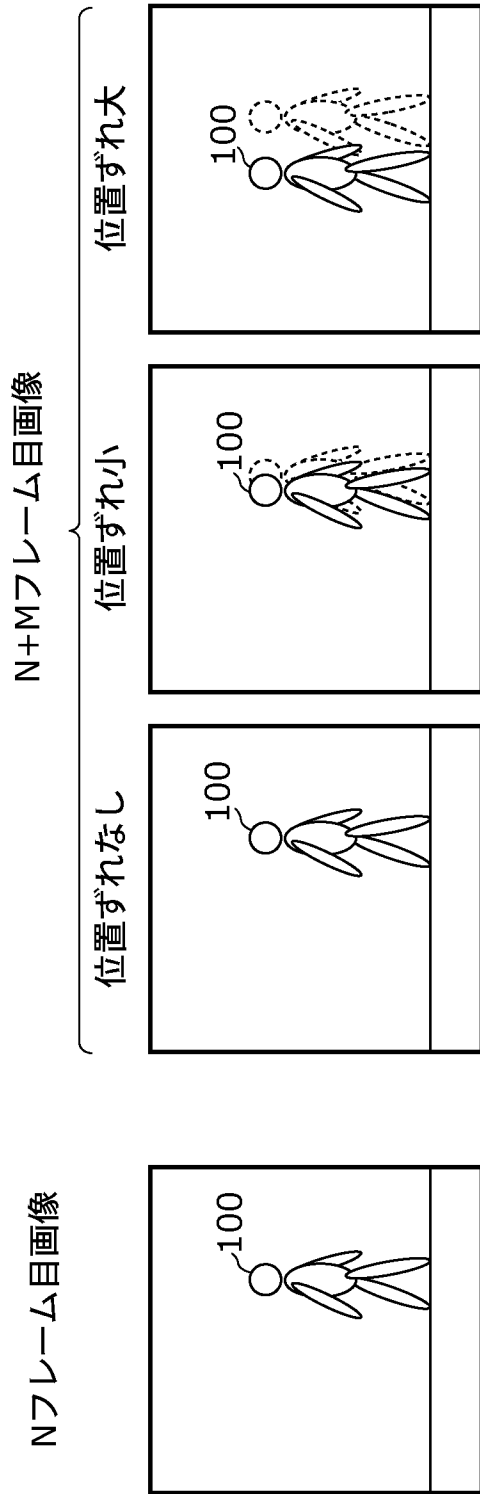
[図18]



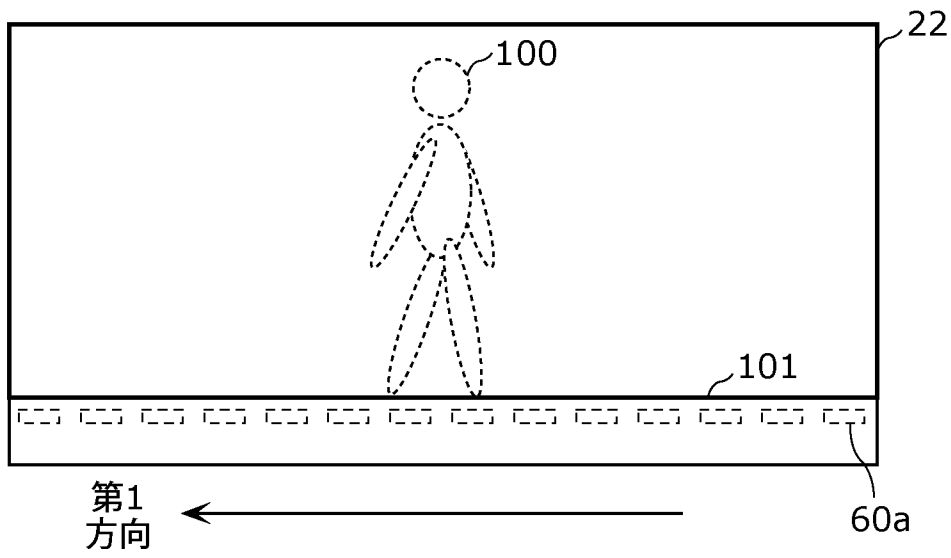
[図19]



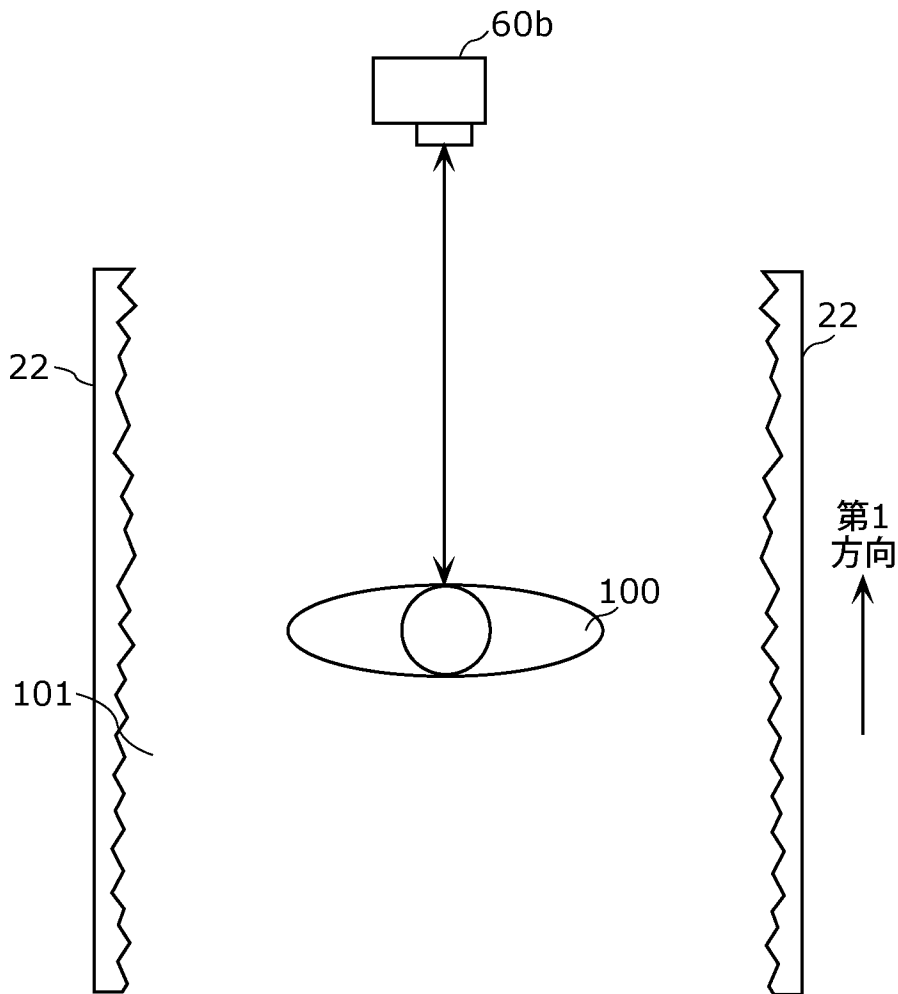
[図20]



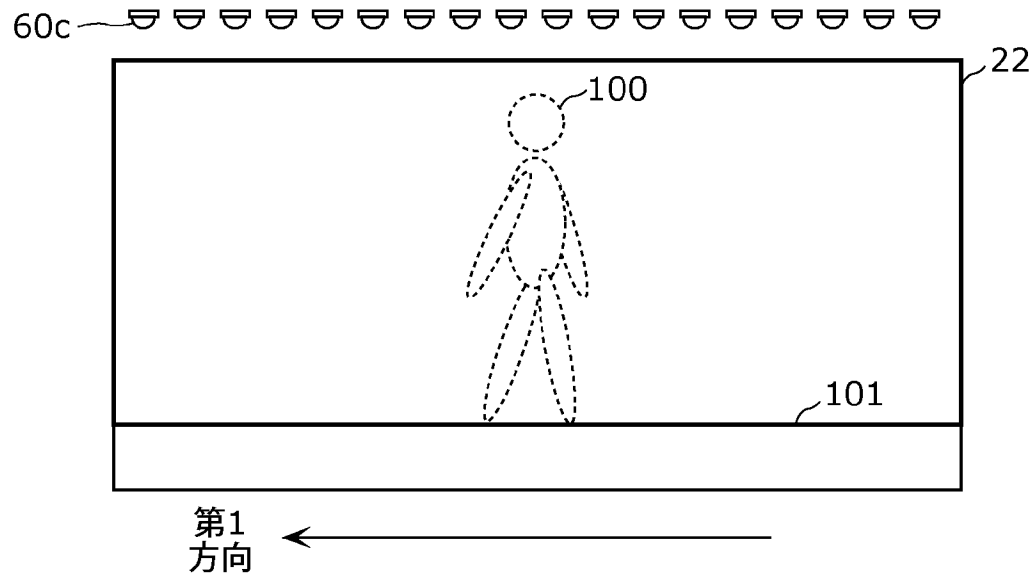
[図21]



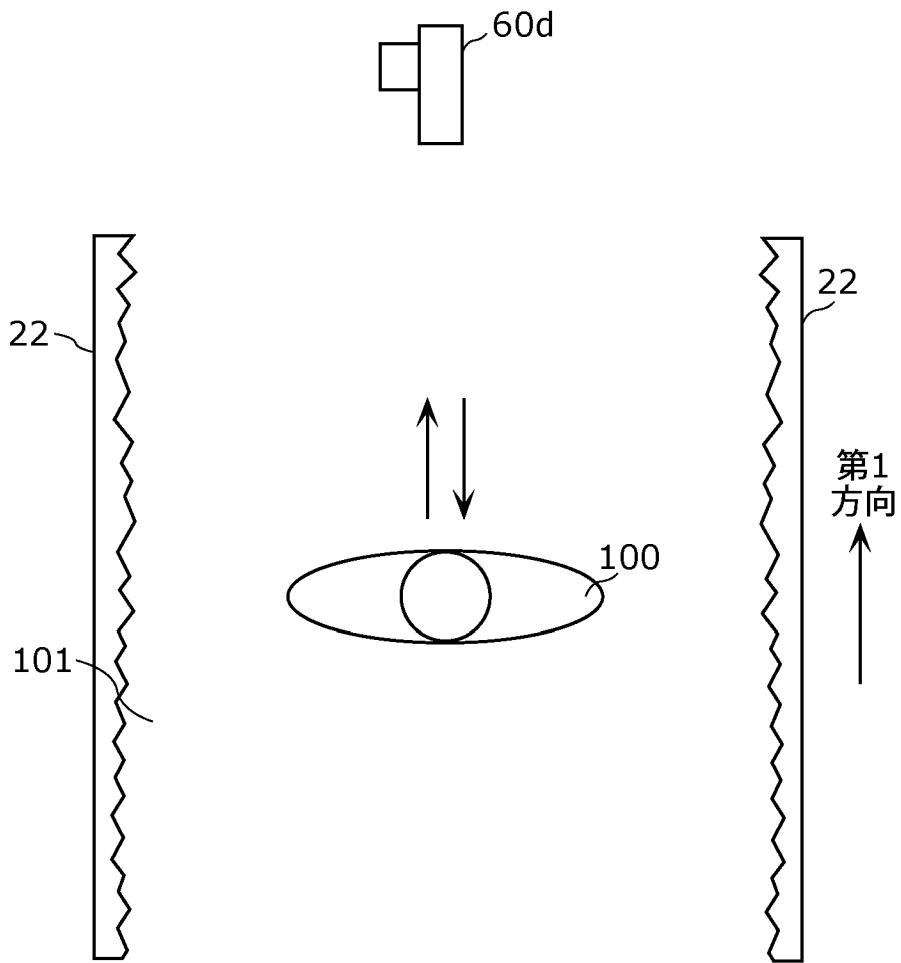
[図22]



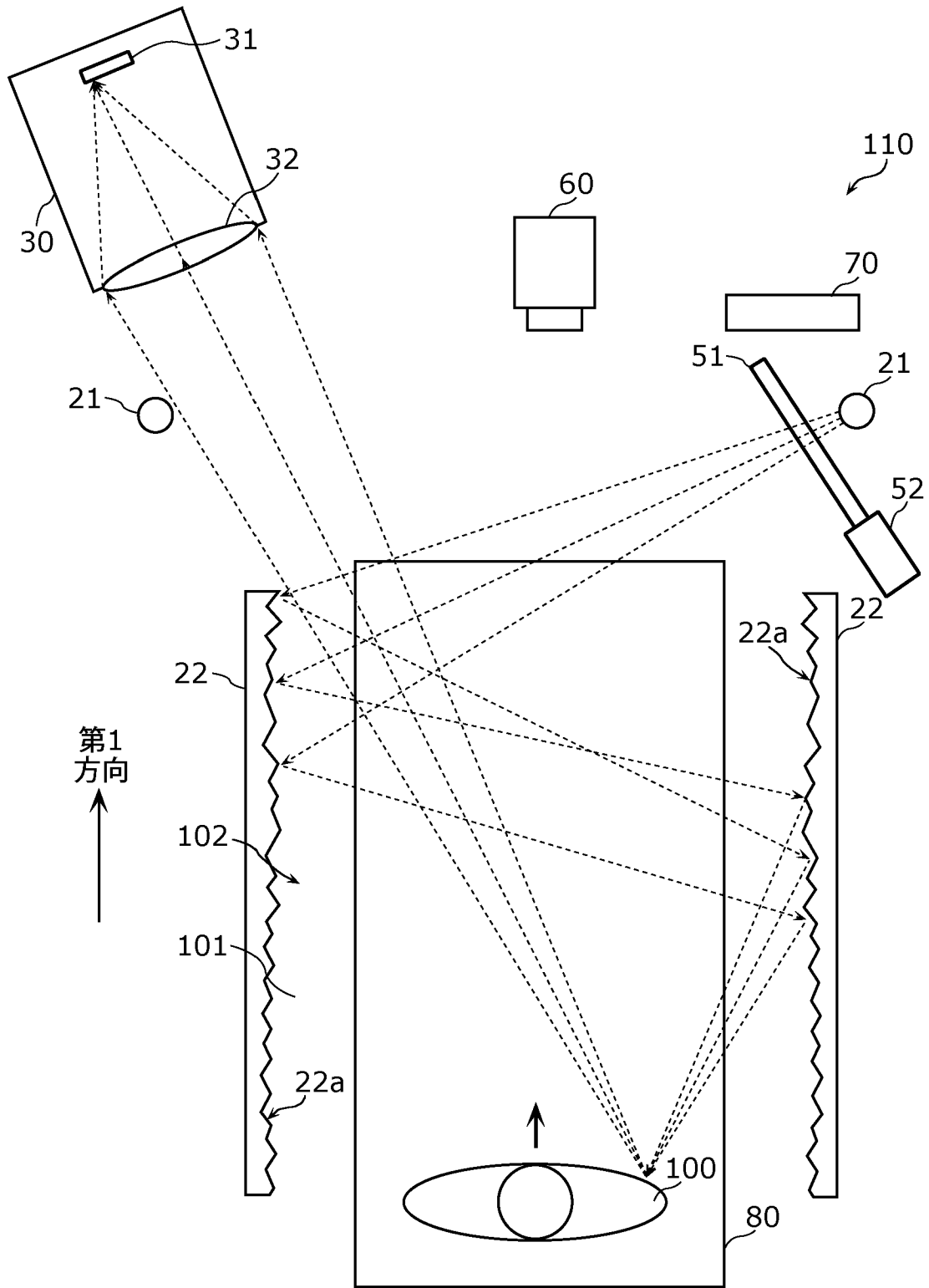
[図23]



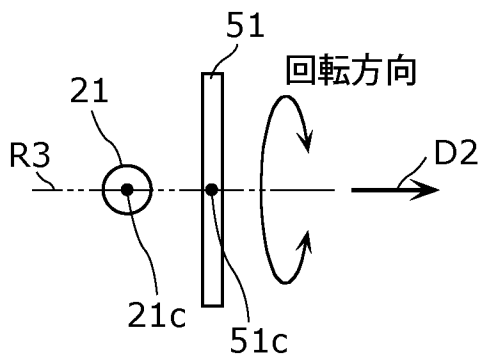
[図24]



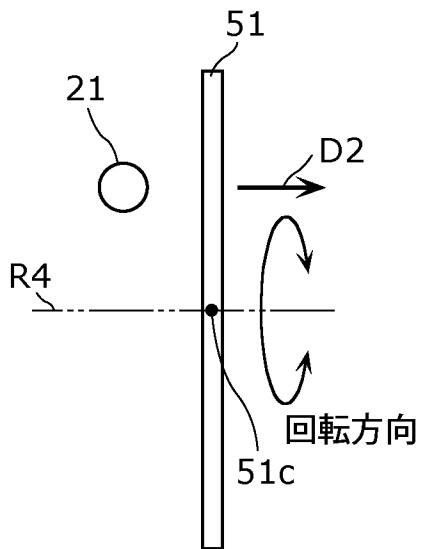
[図25]



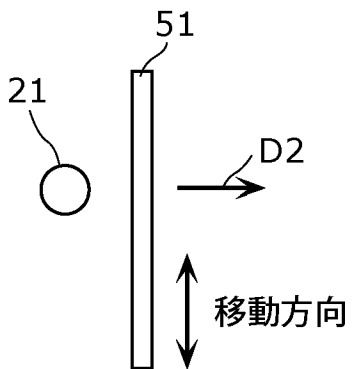
[図26]



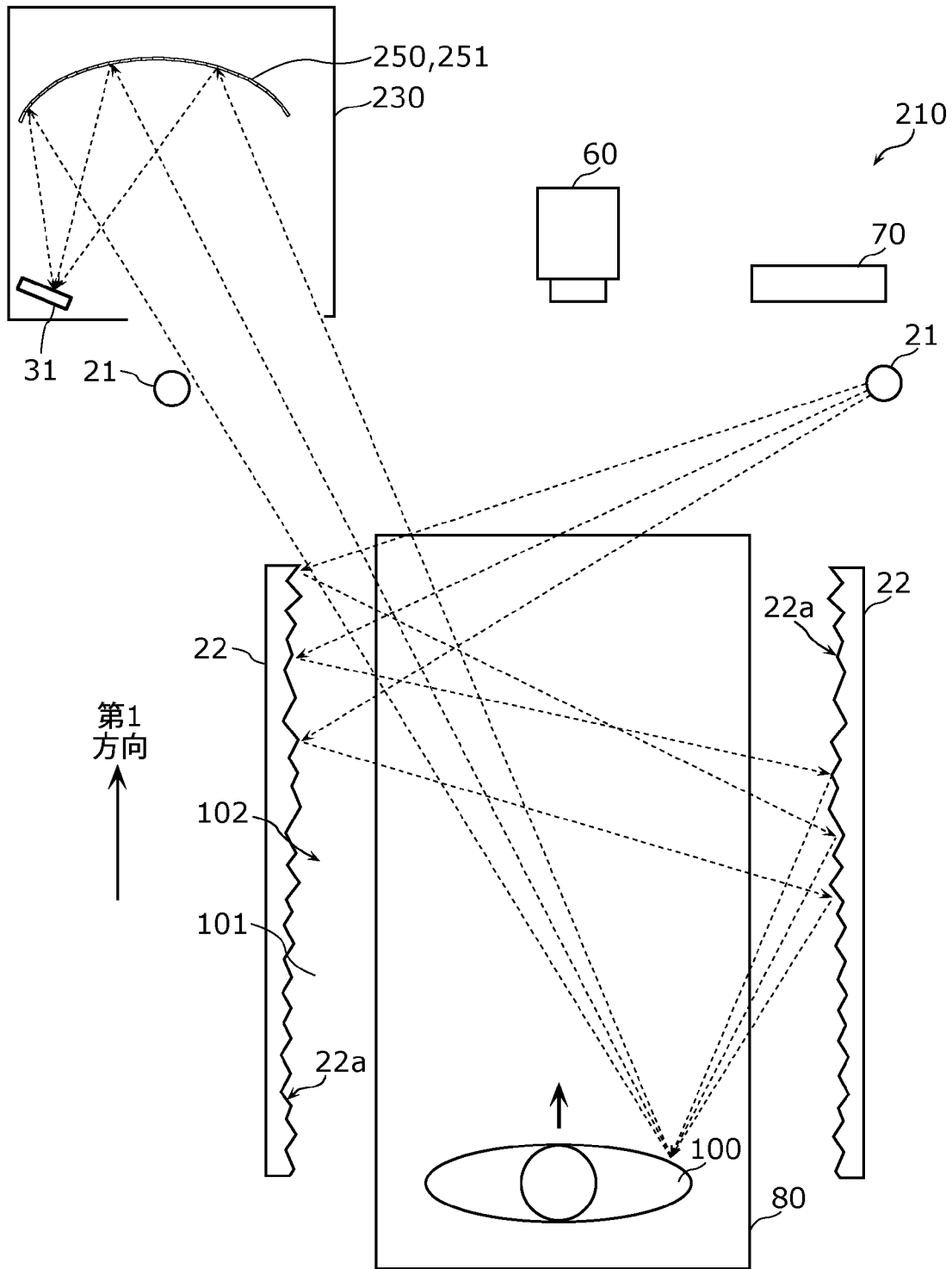
[図27]



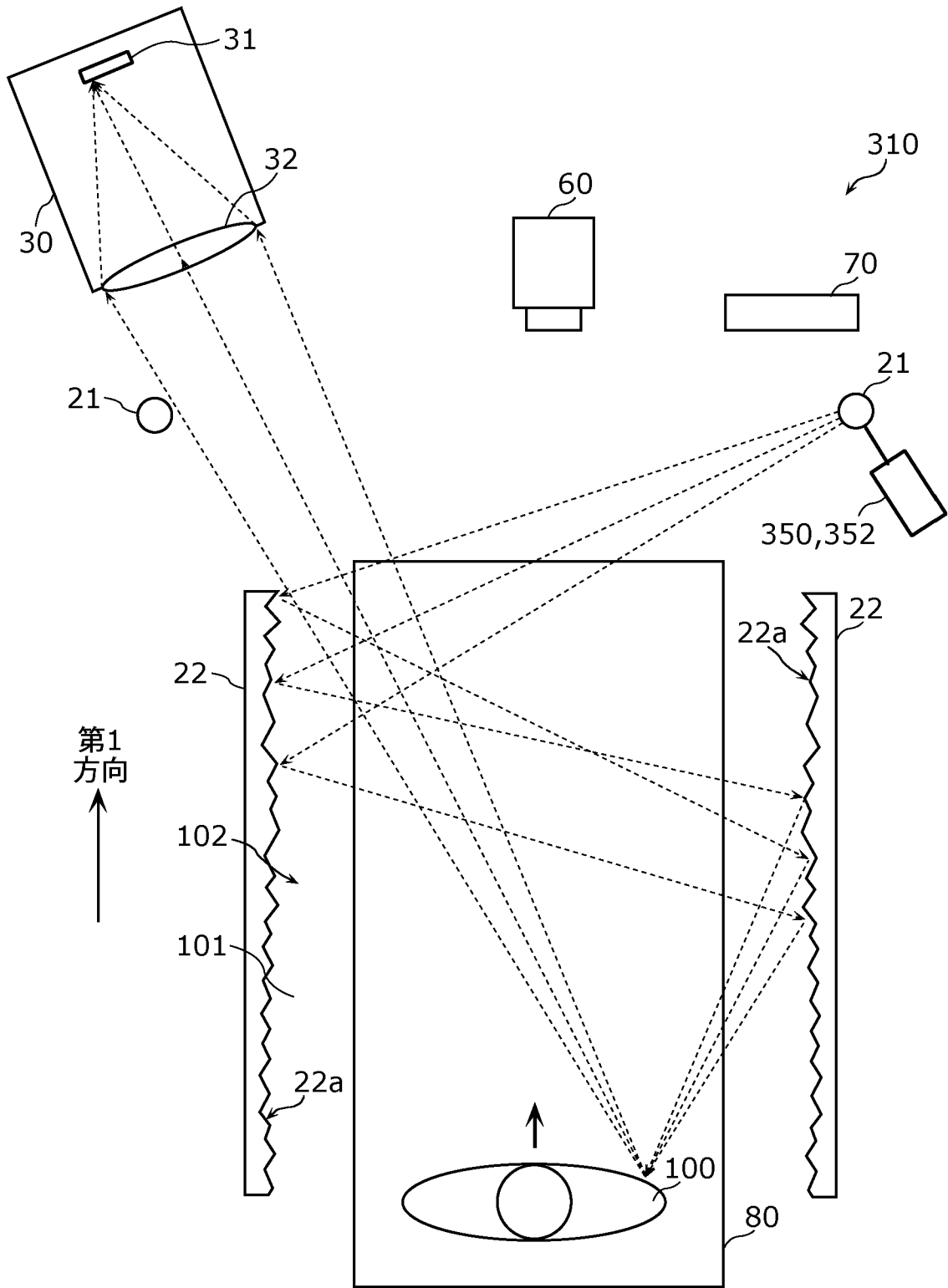
[図28]



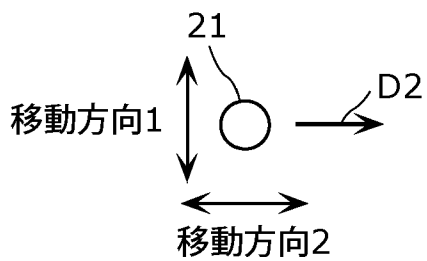
[図29]



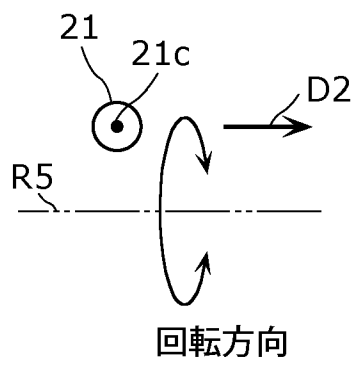
[図30]



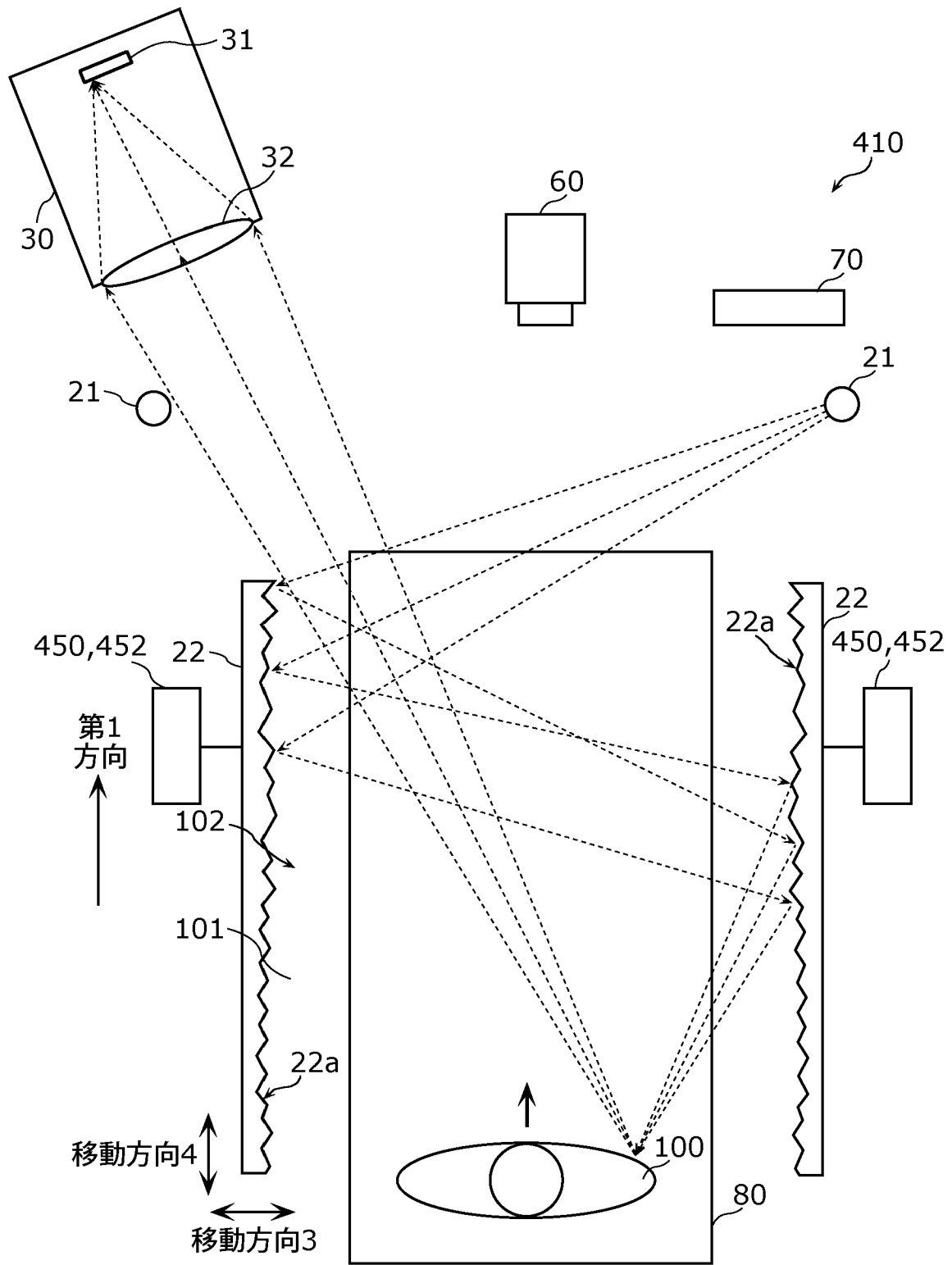
[図31]



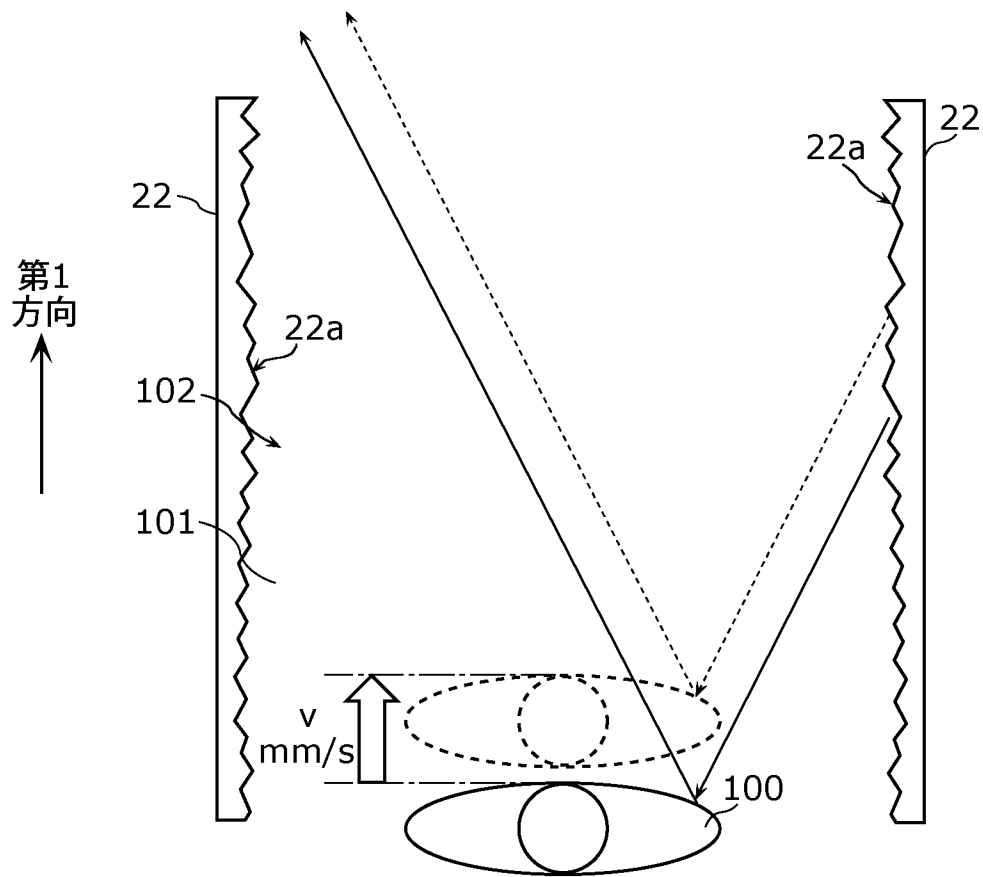
[図32]



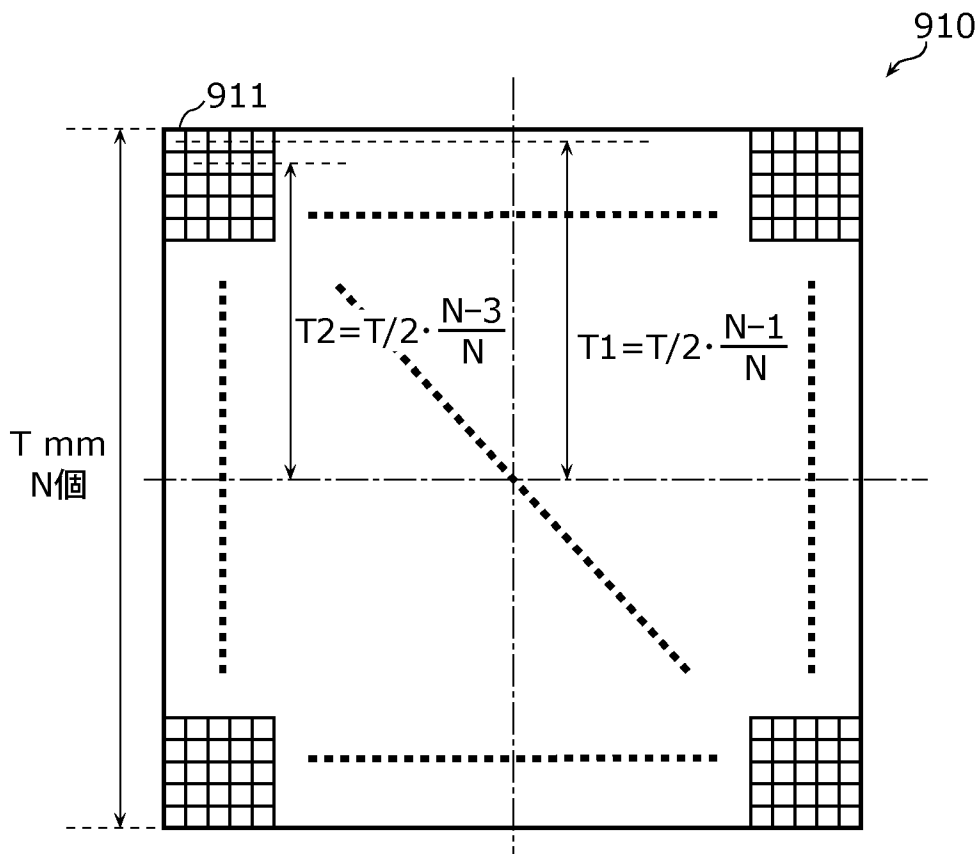
[図33]



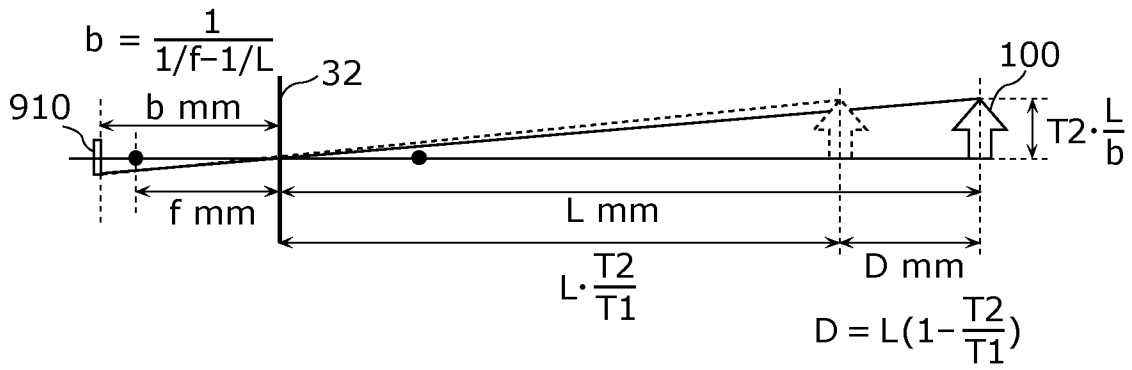
[図34]



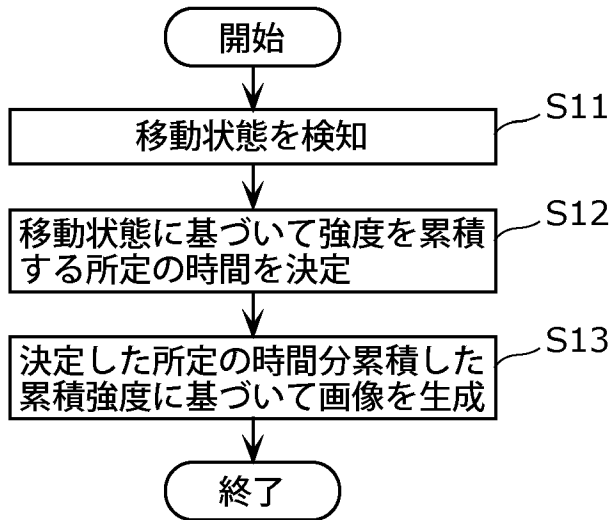
[図35A]



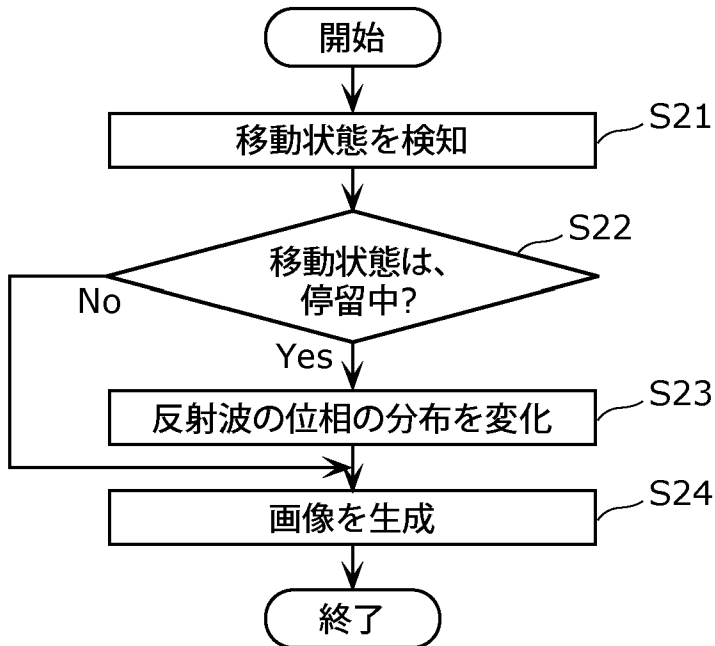
[図35B]



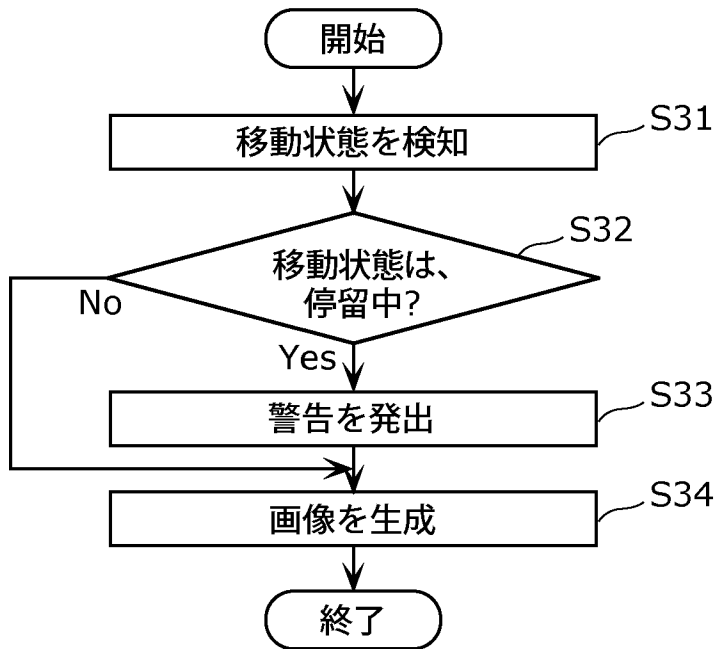
[図36]



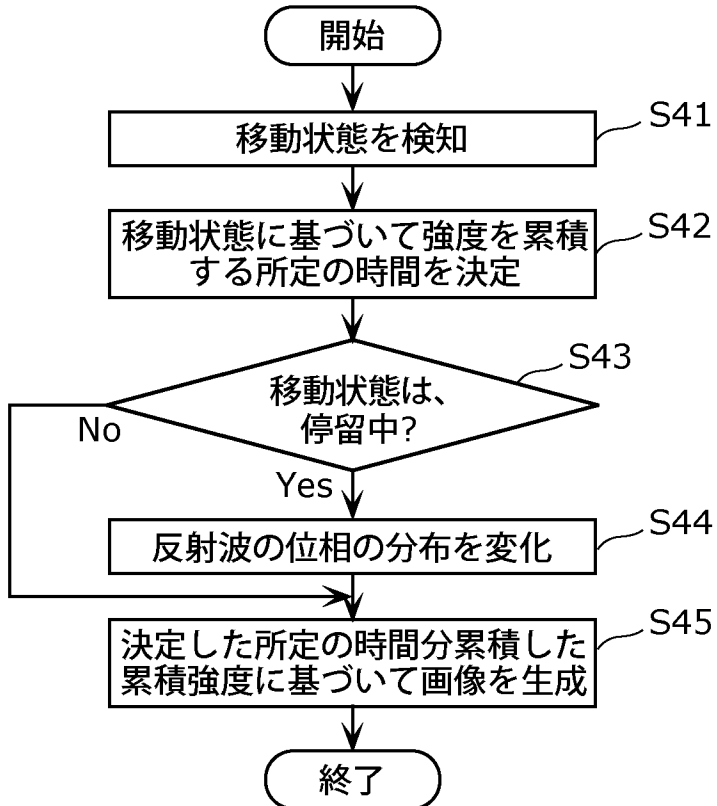
[図37]



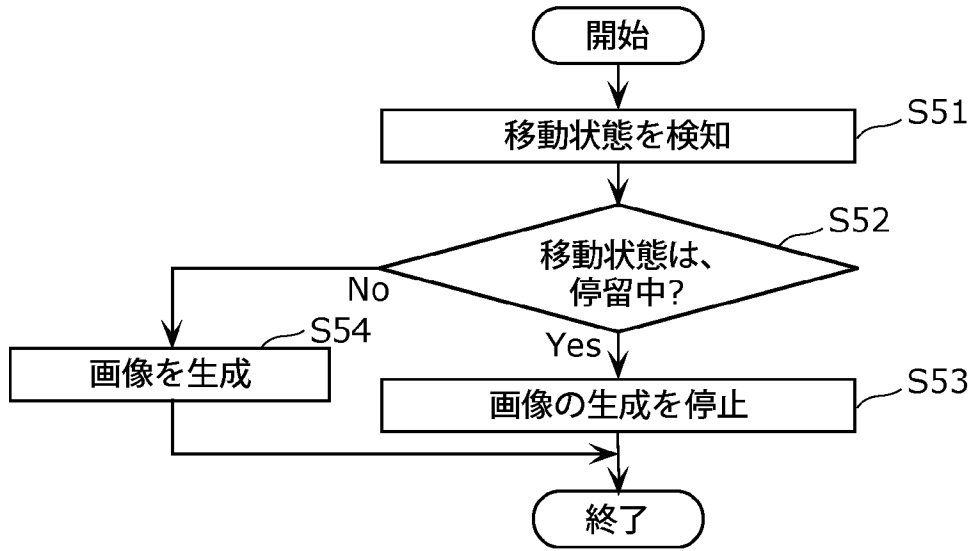
[図38]



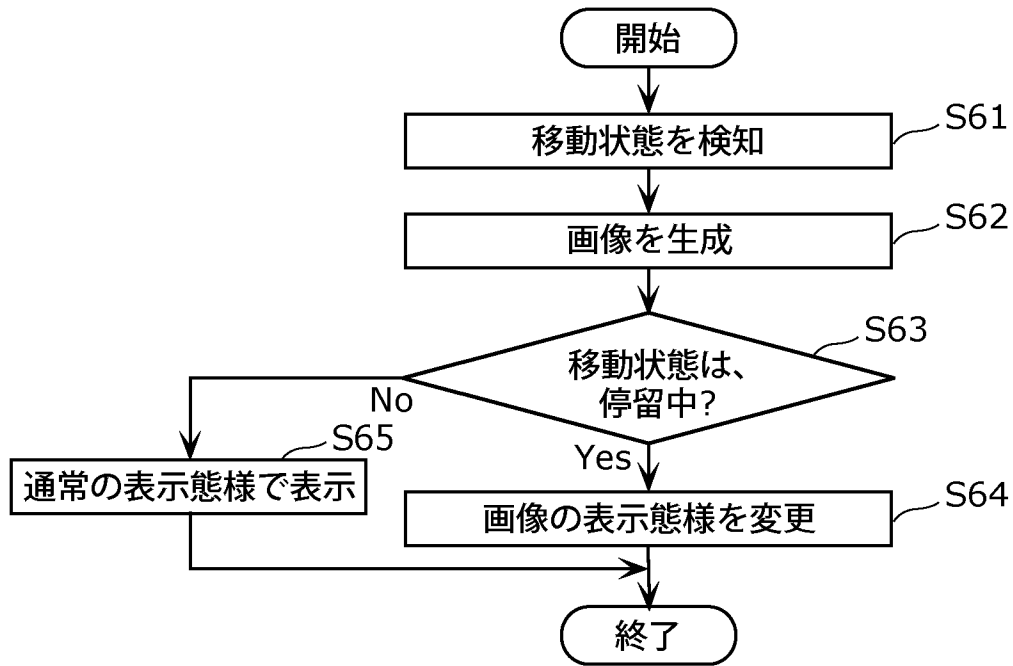
[図39]



[図40]



[図41]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/JP2023/011070**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>G01N 21/3581</i> (2014.01)i; <i>G01N 21/17</i> (2006.01)i FI: G01N21/3581; G01N21/17 A  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01N21/00-21/01; G01N21/17-21/61; G01N22/00-22/04; G01V8/00-8/26; G01S13/89; H04N23/56		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) JSTPlus/JST7580/JSTChina (JDreamIII); Science Direct; IEEE Xplore; SPIE Digital Library		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2021/255964 A1 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) 23 December 2021 (2021-12-23) paragraphs [0001]-[0196], fig. 1-13	1-19
A	US 2009/0294704 A1 (ZAILER, Eitan) 03 December 2009 (2009-12-03) entire text, all drawings	1-19
A	EP 3287816 A1 (NUCTECH COMPANY LIMITED) 28 February 2018 (2018-02-28) entire text, all drawings	1-19
A	JP 2020-153973 A (CANON KK) 24 September 2020 (2020-09-24) entire text, all drawings	1-19
A	OTANI, Chiko et al. Development of 300 GHz walkthrough body scanner for the security gate applications. Terahertz Emitters, Receivers, and Applications XII. 01 August 2021, Proc. of SPIE vol. 11827, 118270N-1 to 6, <DOI: 10.1117/12.2594528> entire text, all drawings	1-19
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" 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 <b>19 April 2023</b>		Date of mailing of the international search report <b>09 May 2023</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No. <b>PCT/JP2023/011070</b>
-----------------------------------------------------------

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2021/255964	A1	23 December 2021	US	2023/0112817	A1	paragraphs [0001]-[0227], fig. 1-13
				CN	115836208	A	
US	2009/0294704	A1	03 December 2009	WO	2006/131910	A2	
EP	3287816	A1	28 February 2018	CN	106443811	A	
JP	2020-153973	A	24 September 2020	US	2020/0296266	A1	
				DE	102020106655	A1	
				CN	111694065	A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01N 21/3581(2014.01)i; G01N 21/17(2006.01)i FI: G01N21/3581; G01N21/17 A		
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）） G01N21/00-21/01; G01N21/17-21/61; G01N22/00-22/04; G01V8/00-8/26; G01S13/89; H04N23/56 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 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023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） JSTPlus/JST7580/JSTChina (JDreamIII); Science Direct; IEEE Xplore; SPIE Digital Library		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2021/255964 A1 (パナソニックIPマネジメント株式会社) 23.12.2021 (2021 - 12 - 23) 段落[0001]-[0196], 図1-13	1-19
A	US 2009/0294704 A1 (ZAILER, Eitan) 03.12.2009 (2009 - 12 - 03) 全文, 全図	1-19
A	EP 3287816 A1 (NUCTECH COMPANY LIMITED) 28.02.2018 (2018 - 02 - 28) 全文, 全図	1-19
A	JP 2020-153973 A (キヤノン株式会社) 24.09.2020 (2020 - 09 - 24) 全文, 全図	1-19
A	OTANI, Chiko et al., Development of 300 GHz walkthrough body scanner for the security gate applications, Terahertz Emitters, Receivers, and Applications XII, 2021.08.01, Proc. of SPIE Vol. 11827, 118270N-1~6, <DOI: 10.1117/12.2594528> 全文, 全図	1-19
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" 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、一般的な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の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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “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	19.04.2023	国際調査報告の発送日 09.05.2023
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官）  古川 直樹 2W 3612  電話番号 03-3581-1101 内線 3258	

国際調査報告  
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/011070

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2021/255964	A1	23.12.2021	US	2023/0112817	A1	
					段落[0001]-[0227], FIGS.		
					1-13		
				CN	115836208	A	
US	2009/0294704	A1	03.12.2009	WO	2006/131910	A2	
EP	3287816	A1	28.02.2018	CN	106443811	A	
JP	2020-153973	A	24.09.2020	US	2020/0296266	A1	
				DE	102020106655	A1	
				CN	111694065	A	