

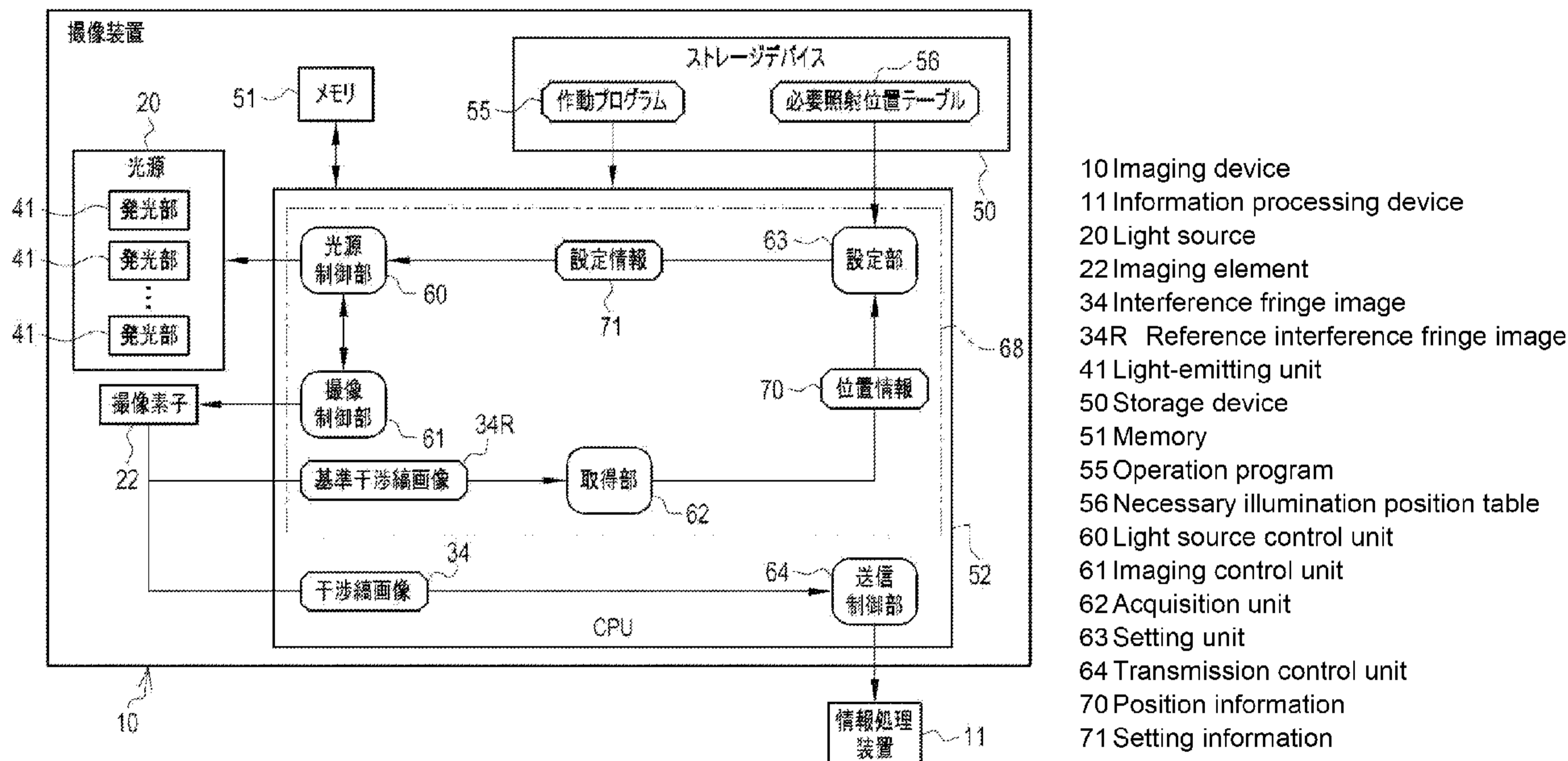


- (51) 国際特許分類:  
G01B 9/021 (2006.01) G01N 21/17 (2006.01)  
G01B 11/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/038538
- (22) 国際出願日: 2020年10月12日(12.10.2020)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2019-223581 2019年12月11日(11.12.2019) JP
- (71) 出願人: 富士フイルム株式会社 (FUJIFILM CORPORATION) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布2丁目26番30号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 山本 拓明 (YAMAMOTO, Hiroaki); 〒2588577 神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人太陽国際特許事務所 (TAIYO, NAKAJIMA & KATO); 〒1600022 東京都新宿区新宿4丁目3番17号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,

(54) Title: CONTROL DEVICE, OPERATION METHOD FOR CONTROL DEVICE, AND OPERATION PROGRAM FOR CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: 制御装置、制御装置の作動方法、制御装置の作動プログラム

[図10]



- 10 Imaging device
- 11 Information processing device
- 20 Light source
- 22 Imaging element
- 34 Interference fringe image
- 34R Reference interference fringe image
- 41 Light-emitting unit
- 50 Storage device
- 51 Memory
- 55 Operation program
- 56 Necessary illumination position table
- 60 Light source control unit
- 61 Imaging control unit
- 62 Acquisition unit
- 63 Setting unit
- 64 Transmission control unit
- 70 Position information
- 71 Setting information

(57) Abstract: A control device for an imaging device that has a light source and an imaging element. The light source can shine illumination light at an observed object from a plurality of illumination positions that have different illumination angles. The imaging element captures the interference fringe between diffracted light that is illumination light that has been diffracted by the observed object and reference light that is illumination light that does not pass through the observed object and thereby outputs interference fringe images. The control device comprises an acquisition unit that acquires position information that indicates the position of the observed object, a setting unit that, from among the plurality of illumination positions, sets necessary illumination positions that are illumination positions that correspond to the position

WO 2021/117328 A1

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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

---

of the observed object as indicated by the position information and are necessary for obtaining a plurality of interference fringe images that are to serve as the basis for a superresolution interference fringe image that has a greater resolution than the imaging element, a light source control unit that controls the operations of the light source and thereby causes illumination light to be shined from the necessary illumination positions, and an imaging control unit that causes an interference fringe image to be outputted from the imaging element for each necessary illumination position.

(57) 要約: 光源と撮像素子とを有する撮像装置の制御装置であって、光源は、照射角度が異なる複数の照射位置から、観察対象物体に対して照明光を照射することが可能であり、撮像素子は、観察対象物体によって回折された照明光である回折光と、観察対象物体を経ない照明光である参照光との干渉縞を撮像することで、干渉縞画像を出力するものであり、観察対象物体の位置を示す位置情報を取得する取得部と、位置情報で示される観察対象物体の位置に対応する照射位置であり、撮像素子の解像度を超える超解像干渉縞画像の元となる複数枚の干渉縞画像を得るために必要な照射位置である必要照射位置を、複数の照射位置の中から設定する設定部と、光源の動作を制御することにより、必要照射位置から照明光を照射させる光源制御部と、必要照射位置毎に、撮像素子から干渉縞画像を出力させる撮像制御部と、を備える制御装置。



## 明 細 書

発明の名称：

制御装置、制御装置の作動方法、制御装置の作動プログラム

### 技術分野

[0001] 本開示の技術は、制御装置、制御装置の作動方法、制御装置の作動プログラムに関する。

### 背景技術

[0002] デジタルホログラフィでは、光源から観察対象物体に照明光を照射する。そして、観察対象物体によって回折された照明光である回折光と、観察対象物体を経ない照明光である参照光との干渉縞を撮像素子で撮像することで、撮像素子から干渉縞画像を出力させる。干渉縞画像は、照明光の照射方向に沿う観察対象物体の厚み方向の情報を含んでいる。このため、干渉縞画像に対して適当な演算処理を施すことで、観察対象物体の任意の断層面を表す再構成画像を得ることができる。

[0003] 特表2014-507645号公報には、撮像素子の解像度を超える超解像干渉縞画像を生成し、超解像干渉縞画像から再構成画像を生成する技術が記載されている。具体的には、特表2014-507645号公報では、照射角度が異なる複数の照射位置から照明光を照射させ、複数の照射位置毎に干渉縞画像を出力させている。そして、各照射位置における複数枚の干渉縞画像に基づいて、超解像干渉縞画像を生成している。

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] 特表2014-507645号公報では、複数の照射位置の全てから照明光を照射させ、その都度干渉縞画像を出力させている。しかしながら、観察対象物体の位置によっては、複数の照射位置に対応する複数枚の干渉縞画像の中に、超解像化への寄与度がほとんどなく、省略しても問題ない干渉縞画像が存在する場合がある。この場合、超解像化への寄与度がほとんどない干

渉縞画像を撮像する処理が無駄になる。

[0005] 本開示の技術は、撮像素子の解像度を超える超解像干渉縞画像を、無駄な手間を掛けることなく得ることが可能な制御装置、制御装置の作動方法、制御装置の作動プログラム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

[0006] 上記目的を達成するために、本開示の制御装置は、光源と撮像素子とを有する撮像装置の制御装置であって、光源は、照射角度が異なる複数の照射位置から、観察対象物体に対して照明光を照射することが可能であり、撮像素子は、観察対象物体によって回折された照明光である回折光と、観察対象物体を経ない照明光である参照光との干渉縞を撮像することで、干渉縞画像を出力するものであり、観察対象物体の位置を示す位置情報を取得する取得部と、位置情報で示される観察対象物体の位置に対応する照射位置であり、撮像素子の解像度を超える超解像干渉縞画像の元となる複数枚の干渉縞画像を得るために必要な照射位置である必要照射位置を、複数の照射位置の中から設定する設定部と、光源の動作を制御することにより、必要照射位置から照明光を照射させる光源制御部と、必要照射位置毎に、撮像素子から干渉縞画像を出力させる撮像制御部と、を備える。

[0007] 光源は、複数の照明光の発光部が複数の照射位置に並べられた構成を有し、光源制御部は、必要照射位置に対応する発光部から照明光を照射させることが好ましい。

[0008] 光源は、照明光の発光部を少なくとも1つと、発光部の移動機構とを有し、光源制御部は、移動機構によって発光部を必要照射位置に移動させつつ、発光部から照明光を照射させることが好ましい。

[0009] 取得部は、複数の照射位置のうちの予め設定された1つの基準照射位置から照明光を照射して得られた干渉縞画像である基準干渉縞画像、または観察対象物体の任意の断層面を表す再構成画像であり、基準干渉縞画像を元に生成された再構成画像である基準再構成画像から、観察対象物体の位置を検出することで、位置情報を取得することが好ましい。

- [0010] 複数の照射位置のうちの予め設定された1つの基準照射位置から照明光を照射して得られた干渉縞画像である基準干渉縞画像の表示画面、または観察対象物体の任意の断層面を表す再構成画像であり、基準干渉縞画像を元に生成された再構成画像である基準再構成画像の表示画面を表示する制御を行う表示制御部を備え、取得部は、表示画面上での観察対象物体の位置の指定を受け付けることで、位置情報を取得することが好ましい。
- [0011] 取得部は、位置情報に加えて、観察対象物体のサイズを示すサイズ情報を取得し、設定部は、サイズ情報に応じて、必要照射位置の数を変更することが好ましい。
- [0012] 観察対象物体が複数存在し、かつ必要照射位置が複数の観察対象物体の間で重複する場合、光源制御部は、重複する必要照射位置から一度だけ照明光を照射させることが好ましい。
- [0013] 観察対象物体は培養中の細胞であることが好ましい。
- [0014] 照明光はコヒーレント光であることが好ましい。
- [0015] 本開示の制御装置の作動方法は、光源と撮像素子とを有する撮像装置の制御装置の作動方法であって、光源は、照射角度が異なる複数の照射位置から、観察対象物体に対して照明光を照射することが可能であり、撮像素子は、観察対象物体によって回折された照明光である回折光と、観察対象物体を經ない照明光である参照光との干渉縞を撮像することで、干渉縞画像を出力するものであり、観察対象物体の位置を示す位置情報を取得する取得ステップと、位置情報で示される観察対象物体の位置に対応する照射位置であり、撮像素子の解像度を超える超解像干渉縞画像の元となる複数枚の干渉縞画像を得るために必要な照射位置である必要照射位置を、複数の照射位置の中から設定する設定ステップと、光源の動作を制御することにより、必要照射位置から照明光を照射させる光源制御ステップと、必要照射位置毎に、撮像素子から干渉縞画像を出力させる撮像制御ステップと、を備える。
- [0016] 本開示の制御装置の作動プログラムは、光源と撮像素子とを有する撮像装置の制御装置の作動プログラムであって、光源は、照射角度が異なる複数の



照射位置から、観察対象物体に対して照明光を照射することが可能であり、撮像素子は、観察対象物体によって回折された照明光である回折光と、観察対象物体を経ない照明光である参照光との干渉縞を撮像することで、干渉縞画像を出力するものであり、観察対象物体の位置を示す位置情報を取得する取得部と、位置情報で示される観察対象物体の位置に対応する照射位置であり、撮像素子の解像度を超える超解像干渉縞画像の元となる複数枚の干渉縞画像を得るために必要な照射位置である必要照射位置を、複数の照射位置の中から設定する設定部と、光源の動作を制御することにより、必要照射位置から照明光を照射させる光源制御部と、必要照射位置毎に、撮像素子から干渉縞画像を出力させる撮像制御部として、コンピュータを機能させる。

## 発明の効果

[0017] 本開示の技術によれば、撮像素子の解像度を超える超解像干渉縞画像を、無駄な手間を掛けることなく得ることが可能な制御装置、制御装置の作動方法、制御装置の作動プログラムを提供することができる。

## 図面の簡単な説明

[0018] [図1]デジタルホログラフィシステムを示す図である。

[図2]撮像装置を示す図である。

[図3]観察領域を示す図である。

[図4]撮像素子の撮像面付近における回折光および透過光の様子、並びに干渉縞画像を示す図である。

[図5]干渉縞の成り立ちを説明するための図であり、図5 Aは干渉縞の明部の成り立ち、図5 Bは干渉縞の暗部の成り立ちをそれぞれ示す。

[図6]光源を示す斜視図である。

[図7]発光部の設置位置と照射位置を示す図である。

[図8]超解像干渉縞画像の生成原理を概念的に示す図であり、図8 Aはある発光部からコヒーレント光が照射された場合、図8 Bは、図8 Aの発光部とX方向で隣接する発光部からコヒーレント光が照射された場合をそれぞれ示す。

。

[図9]超解像干渉縞画像の生成原理を概念的に示す図である。

[図10]撮像装置のCPUの処理部を示すブロック図である。

[図11]中心に位置する1つの照射位置の発光部からコヒーレント光を照射して、基準干渉縞画像を得る様子を示す図である。

[図12]取得部において細胞の位置を検出する様子を示す図である。

[図13]干渉縞画像の領域と照射位置との対応関係を示す図である。

[図14]必要照射位置テーブルを示す図である。

[図15]干渉縞の中心点が位置する領域と、設定部により設定される必要照射位置の例を示す図である。

[図16]干渉縞の中心点が位置する領域と、設定部により設定される必要照射位置の例を示す斜視図である。

[図17]干渉縞の中心点が位置する領域と、設定部により設定される必要照射位置の例を示す図である。

[図18]干渉縞の中心点が位置する領域と、設定部により設定される必要照射位置の例を示す斜視図である。

[図19]干渉縞の中心点が位置する領域と、設定部により設定される必要照射位置の例を示す図である。

[図20]干渉縞の中心点が位置する領域と、設定部により設定される必要照射位置の例を示す斜視図である。

[図21]情報処理装置を構成するコンピュータを示すブロック図である。

[図22]情報処理装置のCPUの処理部を示すブロック図である。

[図23]超解像処理部を示す図である。

[図24]位置合わせ処理部による位置合わせ処理の詳細を示す図である。

[図25]再構成処理部による再構成処理の詳細を示す図である。

[図26]生成部による演算処理の概要を示す図である。

[図27]再構成画像表示画面を示す図である。

[図28]撮像装置の処理手順を示すフローチャートである。

[図29]情報処理装置の処理手順を示すフローチャートである。

- [図30]基準再構成画像から細胞の位置を検出する態様を示す図である。
- [図31]基準再構成画像から細胞の位置を検出する別の態様を示す図である。
- [図32]基準干渉縞画像表示画面を表示し、基準干渉縞画像表示画面上において細胞の位置を指定させる態様を示す図である。
- [図33]基準干渉縞画像表示画面を示す図である。
- [図34]基準再構成画像表示画面を表示し、基準再構成画像表示画面上において細胞の位置を指定させる態様を示す図である。
- [図35]基準再構成画像表示画面を示す図である。
- [図36]細胞のサイズを示すサイズ情報に応じて、必要照射位置の数を変更する第3実施形態を示す図である。
- [図37]第3実施形態の必要照射位置の具体例を示す図であり、図37Aは細胞のサイズが大であった場合、図37Bは細胞のサイズが中であった場合、図37Cは細胞のサイズが小であった場合をそれぞれ示す。
- [図38]第4実施形態の光源を示す平面図である。
- [図39]光源の別の例を示す図である。
- [図40]光源のさらに別の例を示す図である。

## 発明を実施するための形態

### [0019] [第1実施形態]

図1において、デジタルホログラフィシステム2は、撮像装置10と情報処理装置11とで構成される。撮像装置10と情報処理装置11とは電氣的に接続されており、相互にデータの遣り取りが可能である。撮像装置10には細胞12の培養容器13が導入される。細胞12は、本開示の技術に係る「観察対象物体」の一例である。情報処理装置11は、例えばデスクトップ型のパーソナルコンピュータである。

[0020] 図2において、撮像装置10は、光源20、ステージ21、および撮像素子22を備えている。光源20は、ステージ21上に載置された培養容器13に向けてコヒーレント光23を出射する。コヒーレント光23は、細胞12および培養容器13に入射する。より詳しくは図3に示すように、コヒー



レント光23は、培養容器13の中央付近の一部領域である観察領域25の全域に照射される。観察領域25は、例えば、1mm×1mmのサイズを有する。コヒーレント光23は、本開示の技術に係る「照明光」の一例である。なお、Z方向は、コヒーレント光23の照射方向である。X方向およびY方向は、Z方向に直交し、撮像素子22の撮像面32（図4参照）と平行な方向である。また、X方向およびY方向は、互いに直交し、撮像素子22の画素45（図8参照）の配列方向に沿う方向である。

[0021] 図4に示すように、細胞12および培養容器13に入射したコヒーレント光23は、細胞12および培養容器13によって回折された回折光30と、細胞12および培養容器13を経ずに透過した透過光31とに分かれる。回折光30と透過光31とは、撮像素子22の撮像面32上で干渉し、干渉縞33を生じる。撮像素子22は、この干渉縞33を撮像し、干渉縞画像34を出力する。透過光31は、本開示の技術に係る「参照光」の一例である。

[0022] 図5にも示すように、回折光30および透過光31を表す線のうち、実線は回折光30および透過光31の最大振幅の波面を示す。対して破線は回折光30および透過光31の最小振幅の波面を示す。撮像面32上に示す白点35は、回折光30および透過光31の波面が揃って強め合う部分である（図5A参照）。この白点35の部分は、干渉縞33においては明部36として現れる。対して、撮像面32上に示す黒点37は、回折光30および透過光31の波面が半波長分ずれて弱め合う部分である（図5B参照）。この黒点37の部分は、干渉縞33においては暗部38として現れる。

[0023] 図6に示すように、光源20は直方体状の筐体40を有する。筐体40のステージ21と対向する面には、 $5 \times 5 = 25$ 個の発光部41が、X方向およびY方向に等間隔で配列されている。発光部41は、それぞれ個別にコヒーレント光23を発する。こうした複数の発光部41が並べられた構成の光源20としては、例えば、垂直共振器面発光型半導体レーザーアレイ素子（VCSEL; Vertical Cavity Surface Emitting Laser）が挙げられる。なお、発光部41は、数 $\mu\text{m}$ オーダ

一のサイズを有する。

[0024] 図7に示すように、IP11、IP12、・・・、IP54、およびIP55といった、各発光部41の設置位置は、照射角度が異なる複数のコヒーレント光23の照射位置である。こうした複数の発光部41が複数の照射位置IP11～IP55に並べられた構成を有する光源20を用いることで、撮像素子22の解像度を超える超解像干渉縞画像104（図22等参照）を生成することができる。なお、「照射角度が異なる」とは、撮像素子22の撮像面32への、コヒーレント光23の入射角度が異なるという意である。また、図7は、撮像素子22の側から光源20を見た図である。

[0025] 図8および図9は、超解像干渉縞画像104の生成原理を概念的に示す図である。まず図8において、図8Aは、ある発光部41Aからコヒーレント光23が照射された場合、図8Bは、発光部41AとX方向で隣接する発光部41Bからコヒーレント光23が照射された場合をそれぞれ示す。発光部41Aからのコヒーレント光23の細胞12への入射角度と、発光部41Bからのコヒーレント光23の細胞12への入射角度とは異なる。このため、撮像素子22の画素45で得られる、細胞12による干渉縞33の情報も異なる。したがって、図8Aの場合と図8Bの場合とで、それぞれ異なる画素値の干渉縞画像34Aおよび34Bが得られる。○印は干渉縞画像34Aの画素値を表し、□印は干渉縞画像34Bの画素値を表している。なお、撮像素子22の画素45は、例えば、 $2\mu\text{m} \times 2\mu\text{m}$ のサイズを有する。

[0026] 図8Aの場合と図8Bの場合とで、細胞12のサンプリング点が画素45の半分、すなわち半画素分ずれていたと仮定する。この場合、図9に示すように、例えば、図8Aの場合に得られた干渉縞画像34Aを基準として、図8Bの場合に得られた干渉縞画像34Bを半画素ずらし、干渉縞画像34BBとする。そのうえで、図8Aの場合に得られた干渉縞画像34Aと、干渉縞画像34BBとを統合し、干渉縞画像34ABBとする。干渉縞画像34ABBは、干渉縞画像34Aおよび34Bの2倍の画素数の画像である。つまり、干渉縞画像34ABBは、撮像素子22の解像度を超える超解像干渉

縞画像 104 に他ならない。なお、干渉縞画像 34B を半画素ずらし、干渉縞画像 34BB とする処理は、位置合わせ処理と呼ばれる。また、干渉縞画像 34A と干渉縞画像 34BB を統合する処理は、再構成処理と呼ばれる。

[0027] 図 8 および図 9 では、X 方向のみの一次元で説明しているが、これに Y 方向が加わった二次元であっても、超解像干渉縞画像 104 の生成原理の基本的な考え方は同じである。例えば X 方向および Y 方向で隣接する  $2 \times 2 = 4$  個の発光部 41 から各々コヒーレント光 23 が照射され、その都度撮像素子 22 から干渉縞画像 34 を出力された場合を考える。この場合、上記同様に細胞 12 のサンプリング点が半画素分ずれていたと仮定すると、撮像素子 22 から出力された干渉縞画像 34 の、 $2 \times 2 = 4$  倍の画素数の超解像干渉縞画像 104 が得られることになる。

[0028] 図 10 において、撮像装置 10 は、ストレージデバイス 50、メモリ 51、および CPU (Central Processing Unit) 52 を備えている。ストレージデバイス 50 およびメモリ 51 は、CPU 52 と接続されている。これらストレージデバイス 50、メモリ 51、および CPU 52 は、本開示の技術に係る「コンピュータ」の一例である。

[0029] ストレージデバイス 50 は、ハードディスクドライブ、あるいはソリッドステートドライブである。メモリ 51 は、CPU 52 が処理を実行するためのワークメモリである。CPU 52 は、ストレージデバイス 50 に記憶されたプログラムをメモリ 51 へロードして、プログラムにしたがった処理を実行することにより、コンピュータの各部を統括的に制御する。

[0030] ストレージデバイス 50 には、作動プログラム 55 が記憶されている。作動プログラム 55 は、ストレージデバイス 50、メモリ 51、および CPU 52 で構成されるコンピュータを制御装置として機能させるためのアプリケーションプログラムである。すなわち、作動プログラム 55 は、本開示の技術に係る「制御装置の作動プログラム」の一例である。ストレージデバイス 50 には、必要照射位置テーブル 56 も記憶されている。

[0031] 作動プログラム 55 が起動されると、CPU 52 は、メモリ 51 等と協働



して、光源制御部60、撮像制御部61、取得部62、設定部63、および送信制御部64として機能する。これら各部のうち、光源制御部60、撮像制御部61、取得部62、および設定部63によって、本開示の制御装置68が実現される。

[0032] 光源制御部60は、光源20の動作を制御し、発光部41からコヒーレント光23を照射させる。撮像制御部61は、撮像素子22の動作を制御し、撮像素子22から干渉縞画像34を出力させる。光源制御部60および撮像制御部61は、発光部41からのコヒーレント光23の照射タイミングと、撮像素子22による干渉縞画像34の撮像タイミングとを同期させる。

[0033] 取得部62は、撮像素子22から基準干渉縞画像34Rを受け取る。取得部62は、基準干渉縞画像34Rから、細胞12の位置を検出する。これにより、取得部62は、細胞12の位置を示す位置情報70を取得する。取得部62は、位置情報70を設定部63に出力する。

[0034] 設定部63は、必要照射位置テーブル56を参照しつつ、位置情報70で示される細胞12の位置に対応する照射位置IPである必要照射位置を、複数の照射位置IP11~IP55の中から設定する。必要照射位置は、超解像干渉縞画像104の元となる複数枚の干渉縞画像34を得るために必要な照射位置IPである。設定部63は、必要照射位置を示す設定情報71を光源制御部60に出力する。

[0035] 光源制御部60は、設定情報71で示される必要照射位置の発光部41からコヒーレント光23を照射させる。撮像制御部61は、必要照射位置毎に、撮像素子22から干渉縞画像34を出力させる。

[0036] 送信制御部64は、撮像素子22から干渉縞画像34を受け取る。送信制御部64は、干渉縞画像34を情報処理装置11に送信する制御を行う。なお、干渉縞画像34を一旦ストレージデバイス50に記憶してから、送信制御部64により情報処理装置11に送信してもよい。

[0037] 図11に示すように、基準干渉縞画像34Rは、複数の照射位置IP11~IP55のうち、ハッチングで示す中心に位置する1つの照射位置IP3

3の発光部41からコヒーレント光23を照射して得られた干渉縞画像34である。すなわち、照射位置IP33は、本開示の技術に係る「基準照射位置」の一例である。

[0038] 図12に示すように、取得部62は、基準干渉縞画像34Rを画像解析し、細胞12の位置として、例えば、基準干渉縞画像34Rに映る干渉縞33の中心点C1の位置を検出する。取得部62は、干渉縞33の中心点C1の位置座標(X\_C1、Y\_C1)を、位置情報70として設定部63に出力する。

[0039] 図13は、干渉縞画像34を $5 \times 5 = 25$ 分割した各領域R11、R12、・・・、R54、およびR55と、各照射位置IP11～IP55との対応関係を示す図である。例えば左上隅の領域R11は照射位置IP15と対応し、右上隅の領域R15は照射位置IP11と対応している。また、左下隅の領域R51は照射位置IP55と対応し、右下隅の領域R55は照射位置IP51と対応している。

[0040] 図14において、必要照射位置テーブル56には、基準干渉縞画像34Rの領域R11～R55毎に、対応する必要照射位置が登録されている。例えば、干渉縞33の中心点C1が位置する基準干渉縞画像34Rの領域がR11であった場合、必要照射位置は、領域R11に対応する照射位置（以下、中心点对応照射位置という）IP15と、中心点对応照射位置IP15に隣接する照射位置IP14、IP24、およびIP25の、計4箇所である。干渉縞33の中心点C1が位置する基準干渉縞画像34Rの領域がR12であった場合、必要照射位置は、領域R12に対応する中心点对応照射位置IP14と、中心点对応照射位置IP14に隣接する照射位置IP13、IP15、IP23、IP24、およびIP25の、計6箇所である。干渉縞33の中心点C1が位置する基準干渉縞画像34Rの領域がR42であった場合、必要照射位置は、領域R42に対応する中心点对応照射位置IP44と、中心点对応照射位置IP44に隣接する照射位置IP33、IP34、IP35、IP43、IP45、IP53、IP54、およびIP55の、計

9箇所である。このように、必要照射位置は、干渉縞33の中心点C1が位置する基準干渉縞画像34Rの領域Rに対応する中心点对応照射位置を必ず含んでいる。そして、この中心点对応照射位置と、中心点对応照射位置に隣接する照射位置IPとで構成される。また、必要照射位置の数は、最小4箇所、最大9箇所である。

[0041] 図15～図20は、必要照射位置の具体例を示す図である。まず図15および図16は、干渉縞33の中心点C1が位置する基準干渉縞画像34Rの領域がR14であった場合を示す。この場合、必要照射位置テーブル56によれば、必要照射位置は、照射位置IP11、IP12、IP13、IP21、IP22、およびIP23である。光源制御部60は、例えば、照射位置IP11、IP12、IP13、IP23、IP22、IP21の順に、発光部41からコヒーレント光23を照射させる。

[0042] 図17および図18は、干渉縞33の中心点C1が位置する基準干渉縞画像34Rの領域がR42であった場合を示す。この場合、必要照射位置テーブル56によれば、必要照射位置は、照射位置IP33、IP34、IP35、IP43、IP44、IP45、IP53、IP54、およびIP55である。光源制御部60は、例えば、照射位置IP33、IP34、IP35、IP45、IP44、IP43、IP53、IP54、IP55の順に、発光部41からコヒーレント光23を照射させる。

[0043] 図15～図18は、基準干渉縞画像34Rに映る干渉縞33が1つの場合を示したが、図19および図20は、基準干渉縞画像34Rに映る干渉縞33が2つの場合を示す。すなわち、図19および図20は、干渉縞33の中心点C1が位置する基準干渉縞画像34Rの領域がR21およびR42であった場合を示す。この場合、必要照射位置テーブル56によれば、領域R21に対応する必要照射位置は、照射位置IP14、IP15、IP24、IP25、IP34、およびIP35である。また、領域R42に対応する必要照射位置は、照射位置IP33、IP34、IP35、IP43、IP44、IP45、IP53、IP54、およびIP55である。つまり、照射



位置 I P 3 4 および I P 3 5 が必要照射位置として重複している。光源制御部 6 0 は、例えば、照射位置 I P 3 3、I P 4 3、I P 5 3、I P 5 4、I P 4 4、I P 3 4、I P 2 4、I P 1 4、I P 1 5、I P 2 5、I P 3 5、I P 4 5、I P 5 5 の順に、発光部 4 1 からコヒーレント光 2 3 を照射させる。すなわち、光源制御部 6 0 は、重複する必要照射位置である照射位置 I P 3 4 および I P 3 5 から一度だけコヒーレント光 2 3 を照射させる。

[0044] 図 2 1 において、情報処理装置 1 1 を構成するコンピュータは、ストレージデバイス 8 0、メモリ 8 1、CPU (Central Processing Unit) 8 2、通信部 8 3、ディスプレイ 8 4、および入力デバイス 8 5 を備えている。これらはバスライン 8 6 を介して相互接続されている。

[0045] ストレージデバイス 8 0 は、情報処理装置 1 1 を構成するコンピュータに内蔵、またはケーブル、ネットワークを通じて接続されたハードディスクドライブである。もしくはストレージデバイス 8 0 は、ハードディスクドライブを複数台連装したディスクアレイである。ストレージデバイス 8 0 には、オペレーティングシステム等の制御プログラム、各種アプリケーションプログラム、およびこれらのプログラムに付随する各種データ等が記憶されている。なお、ハードディスクドライブに代えてソリッドステートドライブを用いてもよい。

[0046] メモリ 8 1 は、CPU 8 2 が処理を実行するためのワークメモリである。CPU 8 2 は、ストレージデバイス 8 0 に記憶されたプログラムをメモリ 8 1 へロードして、プログラムにしたがった処理を実行することにより、コンピュータの各部を統括的に制御する。

[0047] 通信部 8 3 は、LAN (Local Area Network) 等のネットワークを介した各種情報の伝送制御を行うネットワークインターフェースである。ディスプレイ 8 4 は各種画面を表示する。情報処理装置 1 1 を構成するコンピュータは、各種画面を通じて、入力デバイス 8 5 からの操作指示の入力を受け付ける。入力デバイス 8 5 は、キーボード、マウス、タッチ

パネル等である。

[0048] 図22において、情報処理装置11のストレージデバイス80には、作動プログラム90が記憶されている。ストレージデバイス80には、干渉縞画像群91および再構成画像92も記憶される。干渉縞画像群91は、撮像装置10から送信された、超解像干渉縞画像104の元となる複数枚の干渉縞画像34の集まりである。

[0049] 作動プログラム90が起動されると、情報処理装置11を構成するコンピュータのCPU82は、メモリ81等と協働して、リードライト（以下、RW（Read Write）と略す）制御部100、超解像処理部101、再構成処理部102、および表示制御部103として機能する。

[0050] RW制御部100は、ストレージデバイス80への各種データの記憶、およびストレージデバイス80内の各種データの読み出しを制御する。例えば、RW制御部100は、撮像装置10からの干渉縞画像34を受け取り、ストレージデバイス80に干渉縞画像群91として記憶する。また、RW制御部100は、干渉縞画像群91をストレージデバイス80から読み出し、干渉縞画像群91を超解像処理部101に出力する。

[0051] 超解像処理部101は、干渉縞画像群91から超解像干渉縞画像104を生成する。超解像処理部101は、超解像干渉縞画像104を再構成処理部102に出力する。

[0052] 再構成処理部102は、超解像干渉縞画像104から再構成画像92を生成する。再構成処理部102は、再構成画像92をRW制御部100に出力する。RW制御部100は、再構成画像92をストレージデバイス80に記憶する。また、RW制御部100は、再構成画像92をストレージデバイス80から読み出し、再構成画像92を表示制御部103に出力する。

[0053] 表示制御部103は、ディスプレイ84への各種画面の表示を制御する。各種画面には、再構成画像92を表示する画面である再構成画像表示画面150（図27参照）等が含まれる。

[0054] 図23において、超解像処理部101は、位置合わせ処理部110および

生成部 1 1 1 を有している。位置合わせ処理部 1 1 0 は、干渉縞画像群 9 1 を構成する複数枚の干渉縞画像 3 4 に対して、図 9 で概要を示した位置合わせ処理を行う。位置合わせ処理部 1 1 0 は、位置合わせ処理の結果である位置合わせ情報 1 1 2 を生成部 1 1 1 に出力する。

[0055] 生成部 1 1 1 は、位置合わせ情報 1 1 2 を参照しつつ、干渉縞画像群 9 1 を構成する複数枚の干渉縞画像 3 4 に対して、図 9 で概要を示した再構成処理を行う。これにより、超解像干渉縞画像 1 0 4 が生成される。

[0056] 図 2 4 は、位置合わせ処理部 1 1 0 による位置合わせ処理の詳細を示す図である。位置合わせ処理部 1 1 0 は、例えば、領域ベースマッチングによる位置合わせ処理を行う。まず、位置合わせ処理部 1 1 0 は、位置合わせ対象画像 1 2 0 に対して、平行移動、回転、拡大縮小といった種々の変形パラメータを適用し、位置合わせ対象画像 1 2 0 を変形して変形位置合わせ対象画像 1 2 0 D とする（ステップ S T 1）。次いで、変形位置合わせ対象画像 1 2 0 D と位置合わせ基準画像 1 2 1 とを比較し、これらの類似度を算出する（ステップ S T 2）。そして、類似度が高くなるように変形パラメータを更新する（ステップ S T 3）。位置合わせ処理部 1 1 0 は、変形位置合わせ対象画像 1 2 0 D と位置合わせ基準画像 1 2 1 との類似度が予め設定された閾値以上となるまで、これらステップ S T 1 ~ S T 3 の処理を繰り返す。位置合わせ処理部 1 1 0 は、変形位置合わせ対象画像 1 2 0 D と位置合わせ基準画像 1 2 1 との類似度が閾値以上となったときの変形パラメータを、位置合わせ情報 1 1 2 として生成部 1 1 1 に出力する。

[0057] 位置合わせ基準画像 1 2 1 は、干渉縞画像群 9 1 を構成する複数枚の干渉縞画像 3 4 のうちの 1 枚であり、位置合わせ対象画像 1 2 0 は、位置合わせ基準画像 1 2 1 以外の干渉縞画像 3 4 である。位置合わせ基準画像 1 2 1 は、例えば、中心点对応照射位置の発光部 4 1 からコヒーレント光 2 3 を照射した場合に得られた干渉縞画像 3 4 である。図 1 5 および図 1 6 の例でいえば、干渉縞 3 3 の中心点 C 1 が位置する基準干渉縞画像 3 4 R の領域は R 1 4 で、領域 R 1 4 に対応する中心点对応照射位置は I P 1 2 である。このた



め、中心点对応照射位置 I P 1 2 の発光部 4 1 からコヒーレント光 2 3 を照射した場合に得られた干渉縞画像 3 4 が、位置合わせ基準画像 1 2 1 となる。図 1 9 および図 2 0 の例のように干渉縞 3 3 が複数ある場合、位置合わせ基準画像 1 2 1 は、干渉縞 3 3 の中心点 C 1 が位置する基準干渉縞画像 3 4 R の領域 R に対応する中心点对応照射位置であって、中央の領域 R 3 3 に対応する照射位置 I P 3 3 により近い中心点对応照射位置（図 1 9 および図 2 0 の場合は領域 R 4 2 に対応する照射位置 I P 4 4）の発光部 4 1 からコヒーレント光 2 3 を照射した場合に得られた干渉縞画像 3 4 である。

[0058] 図 2 5 は、生成部 1 1 1 による再構成処理の詳細を示す図である。生成部 1 1 1 は、例えば、最大事後確率 (MAP ; Maximum A Posteriori) 推定による再構成処理を行う。まず、生成部 1 1 1 は、適当な仮定超解像干渉縞画像 1 0 4 A S を生成し、仮定超解像干渉縞画像 1 0 4 A S から、撮像素子 2 2 の点拡がり関数 (PSF ; Point Spread Function)、位置合わせ情報 1 1 2 等に基づいて、推定干渉縞画像群 9 1 E S を生成する (ステップ S T 5)。次いで、推定干渉縞画像群 9 1 E S と実際の干渉縞画像群 9 1 とを比較する (ステップ S T 6)。そして、推定干渉縞画像群 9 1 E S と実際の干渉縞画像群 9 1 との差が小さくなるように、仮定超解像干渉縞画像 1 0 4 A S を更新する (ステップ S T 7)。生成部 1 1 1 は、推定干渉縞画像群 9 1 E S と実際の干渉縞画像群 9 1 との差が予め設定された閾値未満となるまで、これらステップ S T 5 ~ S T 7 の処理を繰り返す。生成部 1 1 1 は、推定干渉縞画像群 9 1 E S と実際の干渉縞画像群 9 1 との差が閾値未満となった場合の仮定超解像干渉縞画像 1 0 4 A S を、最終的な超解像干渉縞画像 1 0 4 として出力する。

[0059] 図 2 6 は、再構成処理部 1 0 2 による演算処理の概要を示す図である。再構成処理部 1 0 2 は、まず、超解像干渉縞画像 1 0 4 を再構成し、再構成画像 9 2 を生成する。再構成画像群 1 3 0 は、複数枚の再構成画像 9 2 の集まりである。これら複数枚の再構成画像 9 2 はそれぞれ、Z 方向に沿う細胞 1 2 および培養容器 1 3 の厚み方向に、等間隔で並んだ各断層面 1 3 1 を表す

画像である。

[0060] 再構成処理部102は、再構成画像群130の複数枚の再構成画像92の中から、最もピントが合った1枚の再構成画像92を選択する。再構成処理部102は、選択した再構成画像92をRW制御部100に出力する。なお、最もピントが合った再構成画像92を選択する方法としては、複数枚の再構成画像92のそれぞれのコントラスト値を算出し、コントラスト値が最も高い再構成画像92を、最もピントが合った再構成画像92として選択する方法等を採用することができる。

[0061] 図27に示すように、再構成画像表示画面150には、種類情報151とともに再構成画像92が表示される。種類情報151は、細胞12の種類、細胞12の培養日数、培養容器13の種類、培養液の種類および使用量を含む。再構成画像表示画面150は、確認ボタン152が選択された場合に表示が消える。

[0062] 次に、上記構成による作用について、図28および図29のフローチャートを参照して説明する。撮像装置10において作動プログラム55が起動されると、図10で示したように、撮像装置10のCPU52は、光源制御部60、撮像制御部61、取得部62、設定部63、および送信制御部64として機能される。

[0063] 図28において、まず、光源制御部60の制御の下、図11で示したように、基準照射位置である照射位置IP33の発光部41からコヒーレント光23が照射される（ステップST100）。そして、これにより生じた干渉縞33が、撮像制御部61の制御の下で撮像素子22により撮像され、撮像素子22から基準干渉縞画像34Rが出力される（ステップST110）。基準干渉縞画像34Rは取得部62に入力される。

[0064] 取得部62では、図12で示したように、細胞12の位置として、基準干渉縞画像34Rから干渉縞33の中心点C1の位置が検出される。これにより、取得部62において位置情報70が取得される（ステップST120）。位置情報70は、取得部62から設定部63に出力される。なお、ステッ

ステップST120は、本開示の技術に係る「取得ステップ」の一例である。

[0065] 設定部63では、図15～図20で示したように、必要照射位置テーブル56および位置情報70に基づいて、必要照射位置が複数の照射位置IP11～IP55の中から設定される（ステップST130）。そして、必要照射位置を示す設定情報71が生成される。設定情報71は、設定部63から光源制御部60に出力される。なお、ステップST130は、本開示の技術に係る「設定ステップ」の一例である。

[0066] 光源制御部60の制御の下、設定情報71で示される必要照射位置の発光部41からコヒーレント光23が照射される（ステップST140）。そして、これにより生じた干渉縞33が、撮像制御部61の制御の下で撮像素子22により撮像され、撮像素子22から干渉縞画像34が出力される（ステップST150）。この際、図19および図20で示したように、細胞12が複数存在し、かつ必要照射位置が複数の細胞12の間で重複する場合、重複する必要照射位置から一度だけコヒーレント光23が照射される。なお、ステップST140は、本開示の技術に係る「光源制御ステップ」の一例である。また、ステップST150は、本開示の技術に係る「撮像制御ステップ」の一例である。

[0067] 干渉縞画像34は送信制御部64に入力され、送信制御部64により情報処理装置11に送信される（ステップST160）。これらステップST140～ST160は、全ての必要照射位置における干渉縞画像34の撮像が終了しない間（ステップST170でNO）は繰り返される。全ての必要照射位置における干渉縞画像34の撮像が終了した場合（ステップST170でYES）、ステップST140～ST160の繰り返し処理が終了される。

[0068] 情報処理装置11において作動プログラム90が起動されると、図22で示したように、情報処理装置11のCPU82は、RW制御部100、超解像処理部101、再構成処理部102、および表示制御部103として機能される。



- [0069] 情報処理装置 11 では、撮像装置 10 からの干渉縞画像 34 が受信される。干渉縞画像 34 は、RW制御部 100 によってストレージデバイス 80 に記憶される。これにより、ストレージデバイス 80 には、干渉縞画像群 91 が記憶される。
- [0070] 図 29 において、RW制御部 100 により、ストレージデバイス 80 から干渉縞画像群 91 が読み出される（ステップ ST 200）。干渉縞画像群 91 は、RW制御部 100 から超解像処理部 101 に出力される。
- [0071] 図 23～図 25 で示したように、超解像処理部 101 において位置合わせ処理および再構成処理が行われ、干渉縞画像群 91 から超解像干渉縞画像 104 が生成される（ステップ ST 210）。超解像干渉縞画像 104 は、超解像処理部 101 から再構成処理部 102 に出力される。
- [0072] 図 26 で示したように、再構成処理部 102 において、超解像干渉縞画像 104 から再構成画像 92 が生成される（ステップ ST 220）。再構成画像 92 は、再構成処理部 102 から RW制御部 100 に出力され、RW制御部 100 によりストレージデバイス 80 に記憶される（ステップ ST 230）。
- [0073] RW制御部 100 により、ストレージデバイス 80 から再構成画像 92 が読み出される。再構成画像 92 は、RW制御部 100 から表示制御部 103 に出力される。そして、図 27 で示したように、表示制御部 103 により、再構成画像表示画面 150 がディスプレイ 84 に表示され、再構成画像 92 がユーザの閲覧に供される（ステップ ST 240）。
- [0074] 以上説明したように、撮像装置 10 の制御装置 68 は、取得部 62、設定部 63、光源制御部 60、および撮像制御部 61 を備える。取得部 62 は、観察対象物体である細胞 12 の位置を示す位置情報 70 を取得する。設定部 63 は、必要照射位置を複数の照射位置 IP 11～IP 55 の中から設定する。必要照射位置は、位置情報 70 で示される細胞 12 の位置に対応する照射位置であり、撮像素子 22 の解像度を超える超解像干渉縞画像 104 の元となる複数枚の干渉縞画像 34 を得るために必要な照射位置である。光源制

御部60は、光源20の動作を制御することにより、必要照射位置からコヒーレント光23を照射させる。撮像制御部61は、必要照射位置毎に、撮像素子22から干渉縞画像34を出力させる。このため、超解像化への寄与度がほとんどない干渉縞画像34を撮像することがない。したがって、超解像干渉縞画像104を、無駄な手間を掛けることなく得ることが可能となる。

[0075] 取得部62は、複数の照射位置IP11～IP55のうちの予め設定された1つの基準照射位置IP33からコヒーレント光23を照射して得られた干渉縞画像34である基準干渉縞画像34Rから、細胞12の位置を検出することで、位置情報70を取得する。このため、ユーザの手を煩わせることなく、位置情報70を取得することができる。

[0076] 細胞12が複数存在し、かつ必要照射位置が複数の細胞12の間で重複する場合、光源制御部60は、重複する必要照射位置から一度だけコヒーレント光23を照射させる。このため、重複する必要照射位置から何度もコヒーレント光23を照射させ、略同じ干渉縞画像34を何枚も撮像する手間を省くことができ、より短時間で超解像干渉縞画像104を得ることができる。

[0077] 細胞培養の分野は、iPS (Induced Pluripotent Stem) 細胞等の出現により、最近脚光を浴びている。このため、無駄な時間を掛けることなく、培養中の細胞12を詳細に解析する技術が要望されている。本開示の技術では、観察対象物体を培養中の細胞12としている。したがって、本開示の技術は、最近の要望に応えることができる技術であるといえる。

[0078] なお、取得部62は、基準干渉縞画像34Rから細胞12の位置を検出することで、位置情報70を取得しているが、これに限らない。図30に示すように、基準干渉縞画像34Rに代えて、基準干渉縞画像34Rを元に生成された再構成画像92である基準再構成画像92Rから細胞12の位置を検出することで、位置情報70を取得してもよい。

[0079] この場合、撮像装置10のCPU52は、図10で示した各部60～64 (図30では取得部62のみ図示) に加えて、生成部160としても機能す

る。生成部 160 は、情報処理装置 11 の再構成処理部 102 と同じ機能を有する。生成部 160 は、再構成処理部 102 が超解像干渉縞画像 104 から再構成画像 92 を生成するのと同じく、基準干渉縞画像 34 R から基準再構成画像 92 R を生成する。生成部 160 は、基準再構成画像 92 R を取得部 62 に出力する。

[0080] 取得部 62 は、基準再構成画像 92 R を画像解析し、細胞 12 の位置として、例えば、基準再構成画像 92 R に映る細胞 12 の中心点 C2 の位置を検出する。取得部 62 は、細胞 12 の中心点 C2 の位置座標 (X<sub>C2</sub>、Y<sub>C2</sub>) を、位置情報 70 として設定部 63 に出力する。

[0081] 干渉縞 33 は、細胞 12 だけでなく培養液中のゴミ等によっても生じる。このため、基準干渉縞画像 34 R に映る干渉縞 33 の中心点 C1 の位置を、細胞 12 の位置として検出した場合、ゴミ等を細胞 12 として誤認識する可能性が少なからずある。したがって、図 30 で示したように、基準干渉縞画像 34 R に代えて、基準干渉縞画像 34 R を元に生成された基準再構成画像 92 R から細胞 12 の位置を検出することが好ましい。ただし、基準干渉縞画像 34 R から基準再構成画像 92 R を生成する手間が掛かる。このため、そうした手間の削減を第 1 に考えた場合は、基準干渉縞画像 34 R から細胞 12 の位置を検出する方法を採用したほうがよい。

[0082] なお、図 31 に示す態様としてもよい。すなわち、基準干渉縞画像 34 R を撮像装置 10 から情報処理装置 11 に送信し、情報処理装置 11 の再構成処理部 102 において基準干渉縞画像 34 R から基準再構成画像 92 R を生成する。そして、基準再構成画像 92 R を情報処理装置 11 から撮像装置 10 に送信する。こうすれば、撮像装置 10 に生成部 160 を設けなくとも済む。

[0083] [第 2 実施形態]

位置情報 70 を取得する態様は、上記第 1 実施形態で例示した、基準干渉縞画像 34 R、または基準再構成画像 92 R から細胞 12 の位置を検出する態様に限らない。図 32 ~ 図 35 に示す第 2 実施形態を採用してもよい。



[0084] 図32において、撮像装置10は、基準干渉縞画像34Rを情報処理装置11に送信する。情報処理装置11の表示制御部103は、基準干渉縞画像34Rの表示画面である基準干渉縞画像表示画面170（図33も参照）をディスプレイ84に表示する制御を行う。そして、基準干渉縞画像表示画面170上において、入力デバイス85を介して、ユーザに細胞12の位置を指定させる。情報処理装置11は、この基準干渉縞画像表示画面170上での細胞12の位置の指定を元に位置情報70を生成し、生成した位置情報70を撮像装置10に送信する。取得部62は、情報処理装置11からの位置情報70を取得する。

[0085] 図33に示すように、基準干渉縞画像表示画面170には、基準干渉縞画像34Rが表示され、その下部には指定解除ボタン171および指定ボタン172が設けられている。細胞12の位置である干渉縞33の中心点C1は、例えば、基準干渉縞画像34R上の所望の位置に入力デバイス85のマウスのカーソルを合わせ、マウスをダブルクリックすることで入力することが可能である。指定解除ボタン171が選択された場合、直近で指定した干渉縞33の中心点C1の指定が解除される。指定ボタン172が選択された場合、そのとき指定されていた干渉縞33の中心点C1の位置座標（ $X_{C1}$ 、 $Y_{C1}$ ）が、位置情報70として取得部62に取得される。

[0086] 図34は、基準干渉縞画像34Rに代えて基準再構成画像92Rを用いる例である。この場合、情報処理装置11の再構成処理部102は、基準干渉縞画像34Rから基準再構成画像92Rを生成する。再構成処理部102は、基準再構成画像92Rを表示制御部103に出力する。表示制御部103は、基準再構成画像92Rの表示画面である基準再構成画像表示画面180（図35も参照）をディスプレイ84に表示する制御を行う。そして、基準再構成画像表示画面180上において、入力デバイス85を介して、ユーザに細胞12の位置を指定させる。情報処理装置11は、この基準再構成画像表示画面180上での細胞12の位置の指定を元に位置情報70を生成し、生成した位置情報70を撮像装置10に送信する。取得部62は、情報処理

装置 1 1 からの位置情報 7 0 を取得する。

[0087] 図 3 5 に示すように、基準再構成画像表示画面 1 8 0 には、基準再構成画像 9 2 R が表示され、その下部には指定解除ボタン 1 8 1 および指定ボタン 1 8 2 が設けられている。細胞 1 2 の位置である細胞 1 2 の中心点 C 2 は、基準干渉縞画像表示画面 1 7 0 の場合と同様に、基準再構成画像 9 2 R 上の所望の位置に入力デバイス 8 5 のマウスのカーソルを合わせ、マウスをダブルクリックすることで入力することが可能である。指定解除ボタン 1 8 1 が選択された場合、指定解除ボタン 1 7 1 の場合と同様に、直近で指定した細胞 1 2 の中心点 C 2 の指定が解除される。指定ボタン 1 8 2 が選択された場合、指定ボタン 1 7 2 の場合と同様に、そのとき指定されていた細胞 1 2 の中心点 C 2 の位置座標 (X\_\_C 2、Y\_\_C 2) が、位置情報 7 0 として取得部 6 2 に取得される。

[0088] このように、第 2 実施形態では、情報処理装置 1 1 の表示制御部 1 0 3 は、図 3 2 および図 3 3 で示した基準干渉縞画像表示画面 1 7 0、または図 3 4 および図 3 5 で示した基準再構成画像表示画面 1 8 0 を表示する制御を行う。取得部 6 2 は、基準干渉縞画像表示画面 1 7 0、または基準再構成画像表示画面 1 8 0 上での細胞 1 2 の位置の指定を受け付けることで、位置情報 7 0 を取得する。このため、ユーザ自らが指定した、より確からしい位置情報 7 0 を取得することができる。

[0089] なお、第 2 実施形態においては、光源制御部 6 0、撮像制御部 6 1、取得部 6 2、設定部 6 3、さらには情報処理装置 1 1 の表示制御部 1 0 3 によって、本開示の制御装置が実現される。このように、制御装置を構成する処理部は、撮像装置 1 0 だけでなく情報処理装置 1 1 にあってもよい。

[0090] [第 3 実施形態]

図 3 6 および図 3 7 に示す第 3 実施形態では、細胞 1 2 のサイズを示すサイズ情報 1 9 0 に応じて、必要照射位置の数を変更する。

[0091] 図 3 6 に示すように、取得部 6 2 は、例えば、基準再構成画像 9 2 R を画像解析し、基準再構成画像 9 2 R に映る細胞 1 2 の画素数をカウントする。

そして、カウントした画素数に応じた、大、中、小の三段階のサイズを、細胞12に宛がう。細胞12が複数存在する場合は、複数の細胞12の各々の画素数をカウントし、カウントした画素数が最小の細胞12を代表としてサイズを宛がう。これにより、取得部62は、細胞12のサイズを示すサイズ情報190を取得する。取得部62は、サイズ情報190を設定部63に出力する。

[0092] 設定部63は、サイズ情報190に応じて、必要照射位置の数を変更する。具体的には必要照射位置数テーブル191に示すように、細胞12のサイズが大であった場合は必要照射位置を最大5箇所、細胞12のサイズが中であった場合は必要照射位置を最大9箇所、細胞12のサイズが小であった場合は必要照射位置を最大17箇所とする。このように、細胞12のサイズが小さくなるにつれて、必要照射位置の数を増やす設定とする。細胞12のサイズが小さくなるにつれて、必要照射位置の数を増やす理由としては、細胞12のサイズが小さい程、撮像素子22の解像度の限界に近付き、鮮明な干渉縞画像34が得られにくくなるためである。

[0093] 図37は、干渉縞33の中心点C1が位置する基準干渉縞画像34Rの領域がR33であった場合の必要照射位置を示す。図37Aは細胞12のサイズが大であった場合を示し、図37Bは細胞12のサイズが中であった場合を示し、図37Cは細胞12のサイズが小であった場合を示す。図37Aの細胞12のサイズが大であった場合は、必要照射位置は、照射位置IP22、IP24、IP33、IP42、およびIP44の計5箇所である。図37Bの細胞12のサイズが中であった場合は、必要照射位置は、照射位置IP22、IP23、IP24、IP32、IP33、IP34、IP42、IP43、およびIP44の計9箇所である。図37Cの細胞12のサイズが小であった場合は、必要照射位置は、照射位置IP11、IP13、IP15、IP22、IP23、IP24、IP31、IP32、IP33、IP34、IP35、IP42、IP43、IP44、IP51、IP53、およびIP55の計17箇所である。



[0094] このように、第3実施形態では、取得部62は、位置情報70に加えて、細胞12のサイズを示すサイズ情報190を取得する。設定部63は、サイズ情報190に応じて、必要照射位置の数を変更する。このため、細胞12のサイズに適応した枚数の干渉縞画像34を得ることができ、かつ、細胞12のサイズに適応した超解像干渉縞画像104を生成することができる。

[0095] なお、細胞12のサイズは、大、中、小の三段階に限らない。サイズ小とそれ以外の二段階でもよい。あるいは、三段階より細かく分けてもよい。また、変更する必要照射位置の数も、例示した5箇所、9箇所、17箇所に限らない。サイズ大の場合は必要照射位置を1箇所だけにして、超解像干渉縞画像104自体を生成しないようにしてもよい。

[0096] [第4実施形態]

上記各実施形態では、複数の発光部41が複数の照射位置IP11～IP55に並べられた構成の光源20を例示したが、これに限らない。図38および図39に示す第4実施形態を採用してもよい。

[0097] 図38において、光源200は、1個の発光部201と、移動ステージ202と、移動機構203とを有する。発光部201は、移動機構203により、移動ステージ202上を移動する。移動機構203は、例えば、モータと、モータの回転をX方向およびY方向に沿った並進運動に変換するラックアンドピニオンギヤとを含む。移動機構203は、光源制御部60の制御の下、発光部201をX方向およびY方向に移動させ、 $5 \times 5 = 25$ 箇所の照射位置IP11～IP55に発光部201をガイドする。

[0098] こうした構成の光源200によっても、照射角度が異なる複数の照射位置IP11～IP55からコヒーレント光23を照射することが可能である。ただし、移動ステージ202および移動機構203の分、構成が複雑になる。また、発光部201を各必要照射位置に移動させなければならないので、上記各実施形態の光源20と比べて、複数枚の干渉縞画像34の撮像間隔が長くなる。撮像間隔が長くなると、撮像の合間に細胞12が動いてしまうおそれがある。このため、上記各実施形態の光源20のほうがより好ましい。

- [0099] なお、移動ステージ202を移動させる発光部201は1個に限らず、複数個でもよい。また、例えば図39に示すように、 $2 \times 2 = 4$ 個の発光部211が並べられた構成の光源210を、移動機構212によりX方向およびY方向に移動させてもよい。
- [0100] 上記各実施形態で示した光源20、200、210は、発光部41、201、211が撮像面32と平行に配置されているが、これに限らない。例えば図40に示す光源220を用いてもよい。
- [0101] 図40において、光源220は、中央の発光部221A以外の発光部221Bが撮像面32に対して傾斜して配置されている。発光部221Bの傾斜角度は、端に行くにつれて大きくなっている。また、発光部221Aを基準にして対称な位置の発光部221Bの傾斜角度は同じである。なお、発光部221Bを可動とし、発光部221Bの傾斜角度を変更可能に構成してもよい。
- [0102] 基準干渉縞画像34Rを、超解像干渉縞画像104の生成に流用してもよい。
- [0103] 発光部は、例えば、コヒーレント光23を発するレーザーダイオードに接続され、コヒーレント光23を導光する光ファイバの先端部でもよい。また、X方向またはY方向に沿う軸を中心に発光部を首振りさせることで、コヒーレント光23の照射角度を異ならせてもよい。この場合は、発光部の首振り位置が照射位置に相当する。
- [0104] 照射位置は、上記で例示した $5 \times 5 = 25$ 箇所に限らない。撮像素子22の画素45のサイズ、細胞12のサイズ等に応じて適宜変更することが可能である。
- [0105] 観察対象物体は例示の細胞12に限らない。細菌、ウイルス等を観察対象物体としてもよい。また、回折光は、観察対象物体を透過した回折光30に限らず、観察対象物体を反射した回折光でもよい。さらに、光源20からのコヒーレント光23を、回折光用と参照光用とに分光して、それぞれ観察対象物体に照射してもよい。また、照明光はコヒーレント光23でなくてもよ

く、観察に耐え得る干渉縞33が生じるものであればよい。

[0106] 制御装置を構成するコンピュータのハードウェア構成は種々の変形が可能である。例えば、制御装置を、処理能力および信頼性の向上を目的として、ハードウェアとして分離された複数台のコンピュータで構成することも可能である。例えば、光源制御部60および撮像制御部61の機能と、取得部62および設定部63の機能とを、2台のコンピュータに分散して担わせる。この場合は2台のコンピュータで制御装置を構成する。なお、2台のコンピュータは、撮像装置10と情報処理装置11であってもよい。例えば、光源制御部60および撮像制御部61の機能を撮像装置10、取得部62および設定部63の機能を情報処理装置11にそれぞれ担わせる。光源制御部60、撮像制御部61、取得部62、および設定部63の機能を、全て情報処理装置11に担わせてもよい。

[0107] このように、制御装置のコンピュータのハードウェア構成は、処理能力、安全性、信頼性等の要求される性能に応じて適宜変更することができる。さらに、ハードウェアに限らず、作動プログラム55および90等のアプリケーションプログラムについても、安全性および信頼性の確保を目的として、二重化したり、あるいは、複数のストレージデバイスに分散して格納することももちろん可能である。

[0108] 上記各実施形態において、例えば、光源制御部60、撮像制御部61、取得部62、設定部63、送信制御部64、RW制御部100、超解像処理部101（位置合わせ処理部110および生成部111）、再構成処理部102および160、並びに表示制御部103といった各種の処理を実行する処理部（Processing Unit）のハードウェア的な構造としては、次に示す各種のプロセッサ（Processor）を用いることができる。各種のプロセッサには、上述したように、ソフトウェア（作動プログラム55および90）を実行して各種の処理部として機能する汎用的なプロセッサであるCPU52および82に加えて、FPGA（Field Programmable Gate Array）等の製造後に回路構成を変更可



能なプロセッサであるプログラマブルロジックデバイス (Programmable Logic Device:PLD)、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) 等の特定の処理を実行させるために専用に設計された回路構成を有するプロセッサである専用電気回路等が含まれる。

[0109] 1つの処理部は、これらの各種のプロセッサのうちの1つで構成されてもよいし、同種または異種の2つ以上のプロセッサの組み合わせ（例えば、複数のFPGAの組み合わせ、および／または、CPUとFPGAとの組み合わせ）で構成されてもよい。また、複数の処理部を1つのプロセッサで構成してもよい。

[0110] 複数の処理部を1つのプロセッサで構成する例としては、第1に、クライアントおよびサーバ等のコンピュータに代表されるように、1つ以上のCPUとソフトウェアの組み合わせで1つのプロセッサを構成し、このプロセッサが複数の処理部として機能する形態がある。第2に、システムオンチップ (System On Chip:SoC) 等に代表されるように、複数の処理部を含むシステム全体の機能を1つのIC (Integrated Circuit) チップで実現するプロセッサを使用する形態がある。このように、各種の処理部は、ハードウェア的な構造として、上記各種のプロセッサの1つ以上を用いて構成される。

[0111] さらに、これらの各種のプロセッサのハードウェア的な構造としては、より具体的には、半導体素子等の回路素子を組み合わせた電気回路 (circuitry) を用いることができる。

[0112] 以上の記載から、以下の付記項1に記載の発明を把握することができる。

[0113] [付記項1]

光源と撮像素子とを有する撮像装置の制御装置であって、

前記光源は、照射角度が異なる複数の照射位置から、観察対象物体に対して照明光を照射することが可能であり、

前記撮像素子は、前記観察対象物体によって回折された前記照明光である

回折光と、前記観察対象物体を経ない前記照明光である参照光との干渉縞を撮像することで、干渉縞画像を出力するものであり、

前記観察対象物体の位置を示す位置情報を取得する取得プロセッサと、

前記位置情報で示される前記観察対象物体の位置に対応する照射位置であり、前記撮像素子の解像度を超える超解像干渉縞画像の元となる複数枚の前記干渉縞画像を得るために必要な照射位置である必要照射位置を、複数の前記照射位置の中から設定する設定プロセッサと、

前記光源の動作を制御することにより、前記必要照射位置から前記照明光を照射させる光源制御プロセッサと、

前記必要照射位置毎に、前記撮像素子から前記干渉縞画像を出力させる撮像制御プロセッサと、

を備える制御装置。

[0114] 本開示の技術は、上述の種々の実施形態と種々の変形例を適宜組み合わせることも可能である。また、上記各実施形態に限らず、要旨を逸脱しない限り種々の構成を採用し得ることはもちろんである。さらに、本開示の技術は、プログラムに加えて、プログラムを非一時的に記憶する記憶媒体にもおよぶ。

[0115] 以上に示した記載内容および図示内容は、本開示の技術に係る部分についての詳細な説明であり、本開示の技術の一例に過ぎない。例えば、上記の構成、機能、作用、および効果に関する説明は、本開示の技術に係る部分の構成、機能、作用、および効果の一例に関する説明である。よって、本開示の技術の主旨を逸脱しない範囲内において、以上に示した記載内容および図示内容に対して、不要な部分を削除したり、新たな要素を追加したり、置き換えたりしてもよいことはいうまでもない。また、錯綜を回避し、本開示の技術に係る部分の理解を容易にするために、以上に示した記載内容および図示内容では、本開示の技術の実施を可能にする上で特に説明を要しない技術常識等に関する説明は省略されている。

[0116] 本明細書において、「Aおよび／またはB」は、「AおよびBのうちの少

なくとも1つ」と同義である。つまり、「Aおよび／またはB」は、Aだけであってもよいし、Bだけであってもよいし、AおよびBの組み合わせであってもよい、という意味である。また、本明細書において、3つ以上の事柄を「および／または」で結び付けて表現する場合も、「Aおよび／またはB」と同様の考え方が適用される。

[0117] 本明細書に記載された全ての文献、特許出願および技術規格は、個々の文献、特許出願および技術規格が参照により取り込まれることが具体的かつ個々に記された場合と同程度に、本明細書中に参照により取り込まれる。



## 請求の範囲

### [請求項1]

光源と撮像素子とを有する撮像装置の制御装置であって、

前記光源は、照射角度が異なる複数の照射位置から、観察対象物体に対して照明光を照射することが可能であり、

前記撮像素子は、前記観察対象物体によって回折された前記照明光である回折光と、前記観察対象物体を経ない前記照明光である参照光との干渉縞を撮像することで、干渉縞画像を出力するものであり、

前記観察対象物体の位置を示す位置情報を取得する取得部と、

前記位置情報で示される前記観察対象物体の位置に対応する照射位置であり、前記撮像素子の解像度を超える超解像干渉縞画像の元となる複数枚の前記干渉縞画像を得るために必要な照射位置である必要照射位置を、複数の前記照射位置の中から設定する設定部と、

前記光源の動作を制御することにより、前記必要照射位置から前記照明光を照射させる光源制御部と、

前記必要照射位置毎に、前記撮像素子から前記干渉縞画像を出力させる撮像制御部と、

を備える制御装置。

### [請求項2]

前記光源は、複数の前記照明光の発光部が複数の前記照射位置に並べられた構成を有し、

前記光源制御部は、前記必要照射位置に対応する前記発光部から前記照明光を照射させる請求項1に記載の制御装置。

### [請求項3]

前記光源は、前記照明光の発光部を少なくとも1つと、前記発光部の移動機構とを有し、

前記光源制御部は、前記移動機構によって前記発光部を前記必要照射位置に移動させつつ、前記発光部から前記照明光を照射させる請求項1に記載の制御装置。

### [請求項4]

前記取得部は、複数の前記照射位置のうちの予め設定された1つの基準照射位置から前記照明光を照射して得られた前記干渉縞画像であ

る基準干渉縞画像、または前記観察対象物体の任意の断層面を表す再構成画像であり、前記基準干渉縞画像を元に生成された再構成画像である基準再構成画像から、前記観察対象物体の位置を検出することで、前記位置情報を取得する請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の制御装置。

[請求項5] 複数の前記照射位置のうちの予め設定された 1 つの基準照射位置から前記照明光を照射して得られた前記干渉縞画像である基準干渉縞画像の表示画面、または前記観察対象物体の任意の断層面を表す再構成画像であり、前記基準干渉縞画像を元に生成された再構成画像である基準再構成画像の表示画面を表示する制御を行う表示制御部を備え、  
前記取得部は、前記表示画面上での前記観察対象物体の位置の指定を受け付けることで、前記位置情報を取得する請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の制御装置。

[請求項6] 前記取得部は、前記位置情報に加えて、前記観察対象物体のサイズを示すサイズ情報を取得し、  
前記設定部は、前記サイズ情報に応じて、前記必要照射位置の数を変更する請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の制御装置。

[請求項7] 前記観察対象物体が複数存在し、かつ前記必要照射位置が複数の前記観察対象物体の間で重複する場合、前記光源制御部は、重複する前記必要照射位置から一度だけ前記照明光を照射させる請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の制御装置。

[請求項8] 前記観察対象物体は培養中の細胞である請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の制御装置。

[請求項9] 前記照明光はコヒーレント光である請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の制御装置。

[請求項10] 光源と撮像素子とを有する撮像装置の制御装置の作動方法であって、  
前記光源は、照射角度が異なる複数の照射位置から、観察対象物体

に対して照明光を照射することが可能であり、

前記撮像素子は、前記観察対象物体によって回折された前記照明光である回折光と、前記観察対象物体を経ない前記照明光である参照光との干渉縞を撮像することで、干渉縞画像を出力するものであり、

前記観察対象物体の位置を示す位置情報を取得する取得ステップと

、  
前記位置情報で示される前記観察対象物体の位置に対応する照射位置であり、前記撮像素子の解像度を超える超解像干渉縞画像の元となる複数枚の前記干渉縞画像を得るために必要な照射位置である必要照射位置を、複数の前記照射位置の中から設定する設定ステップと、

前記光源の動作を制御することにより、前記必要照射位置から前記照明光を照射させる光源制御ステップと、

前記必要照射位置毎に、前記撮像素子から前記干渉縞画像を出力させる撮像制御ステップと、

を備える制御装置の作動方法。

[請求項11]

光源と撮像素子とを有する撮像装置の制御装置の作動プログラムであって、

前記光源は、照射角度が異なる複数の照射位置から、観察対象物体に対して照明光を照射することが可能であり、

前記撮像素子は、前記観察対象物体によって回折された前記照明光である回折光と、前記観察対象物体を経ない前記照明光である参照光との干渉縞を撮像することで、干渉縞画像を出力するものであり、

前記観察対象物体の位置を示す位置情報を取得する取得部と、

前記位置情報で示される前記観察対象物体の位置に対応する照射位置であり、前記撮像素子の解像度を超える超解像干渉縞画像の元となる複数枚の前記干渉縞画像を得るために必要な照射位置である必要照射位置を、複数の前記照射位置の中から設定する設定部と、

前記光源の動作を制御することにより、前記必要照射位置から前記

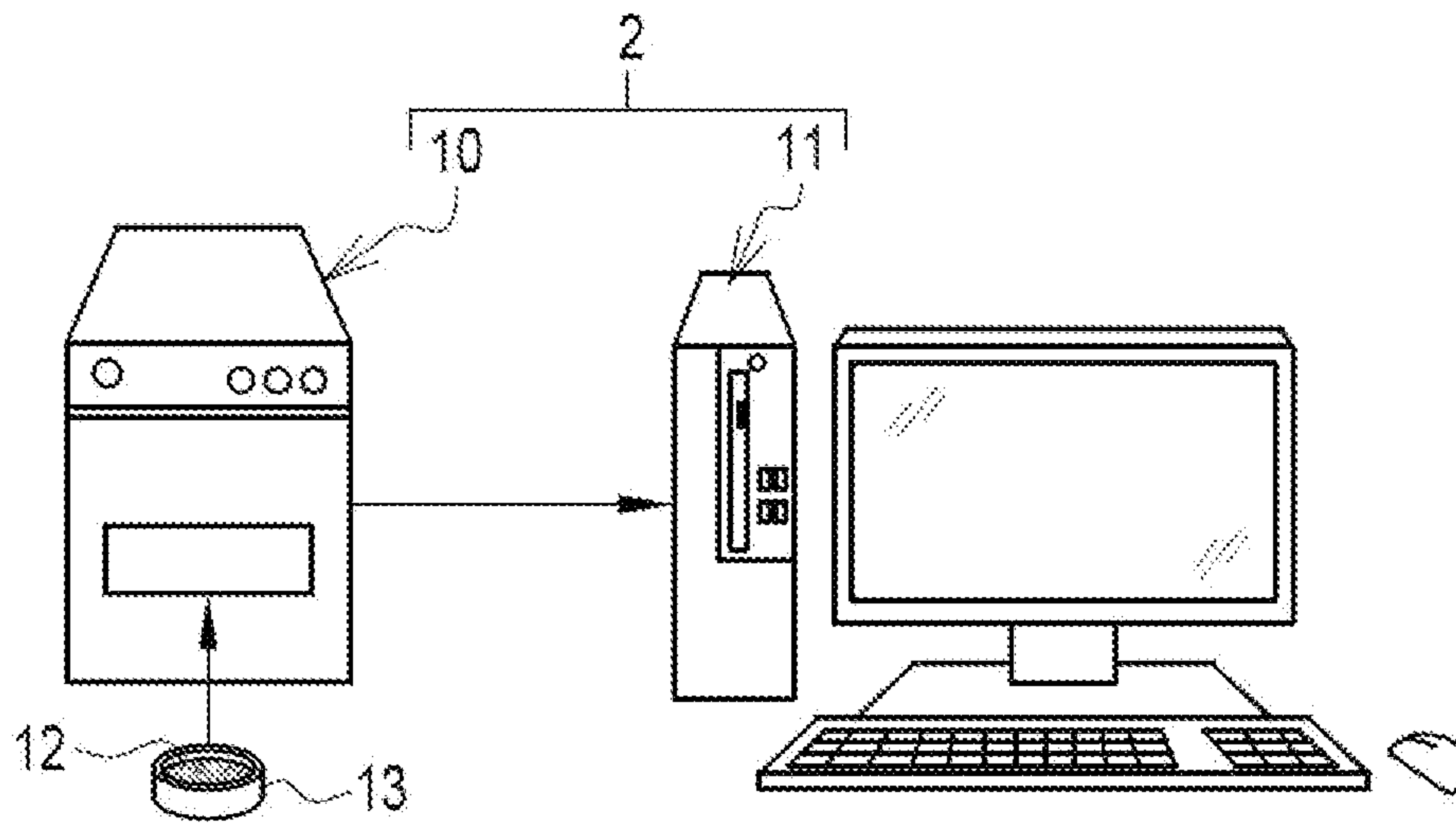


照明光を照射させる光源制御部と、

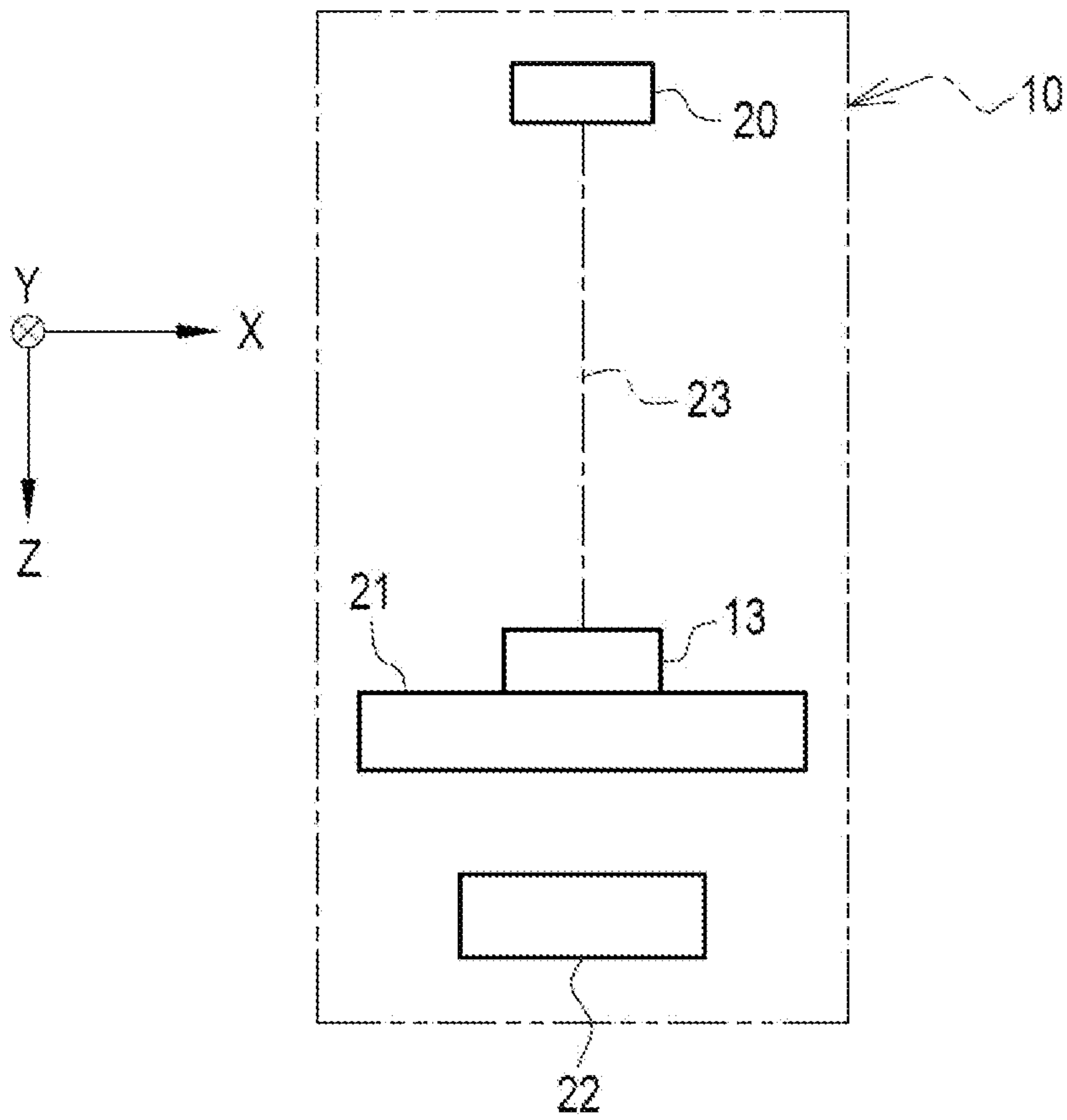
前記必要照射位置毎に、前記撮像素子から前記干渉縞画像を出力させる撮像制御部として、

コンピュータを機能させる制御装置の作動プログラム。

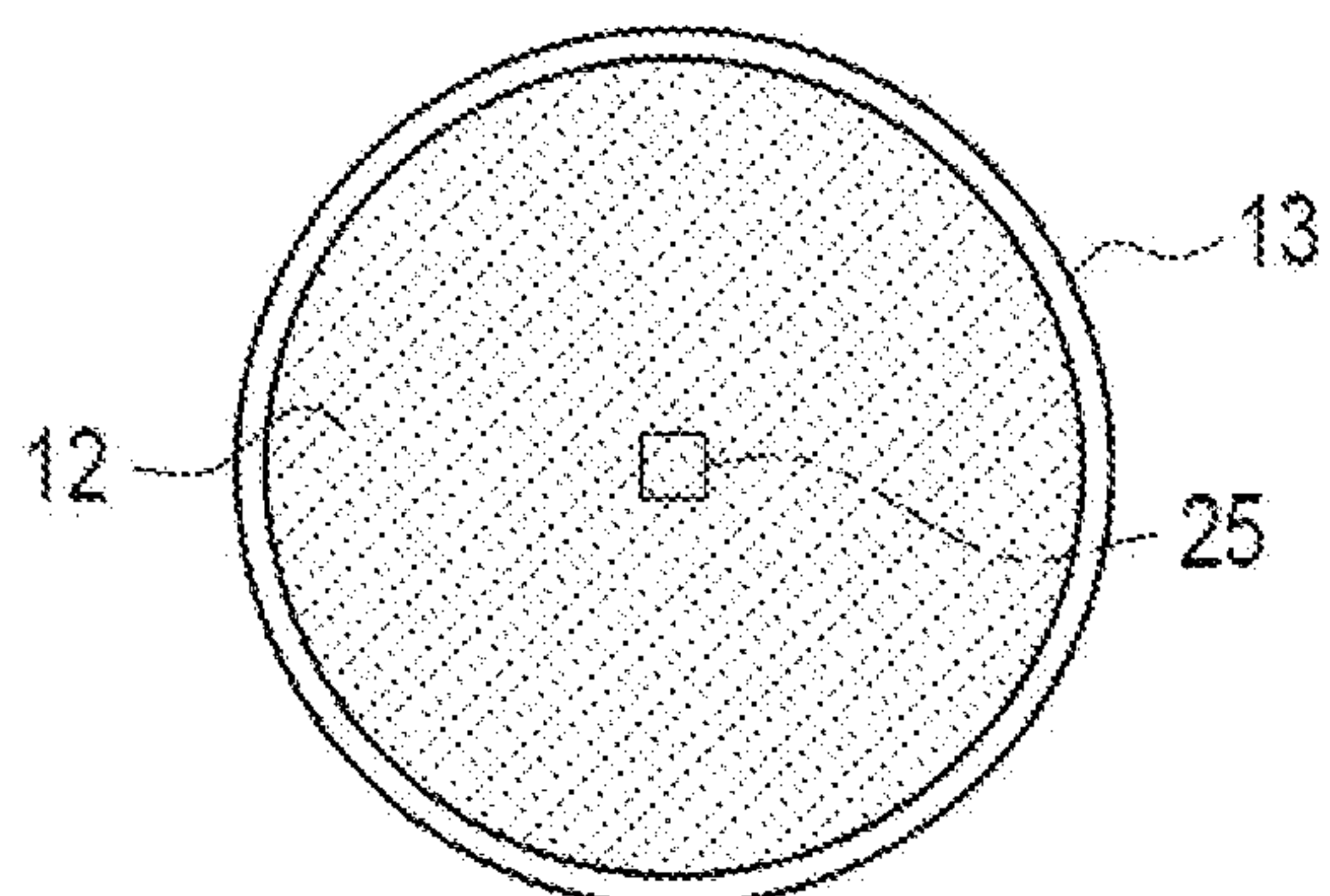
[図1]



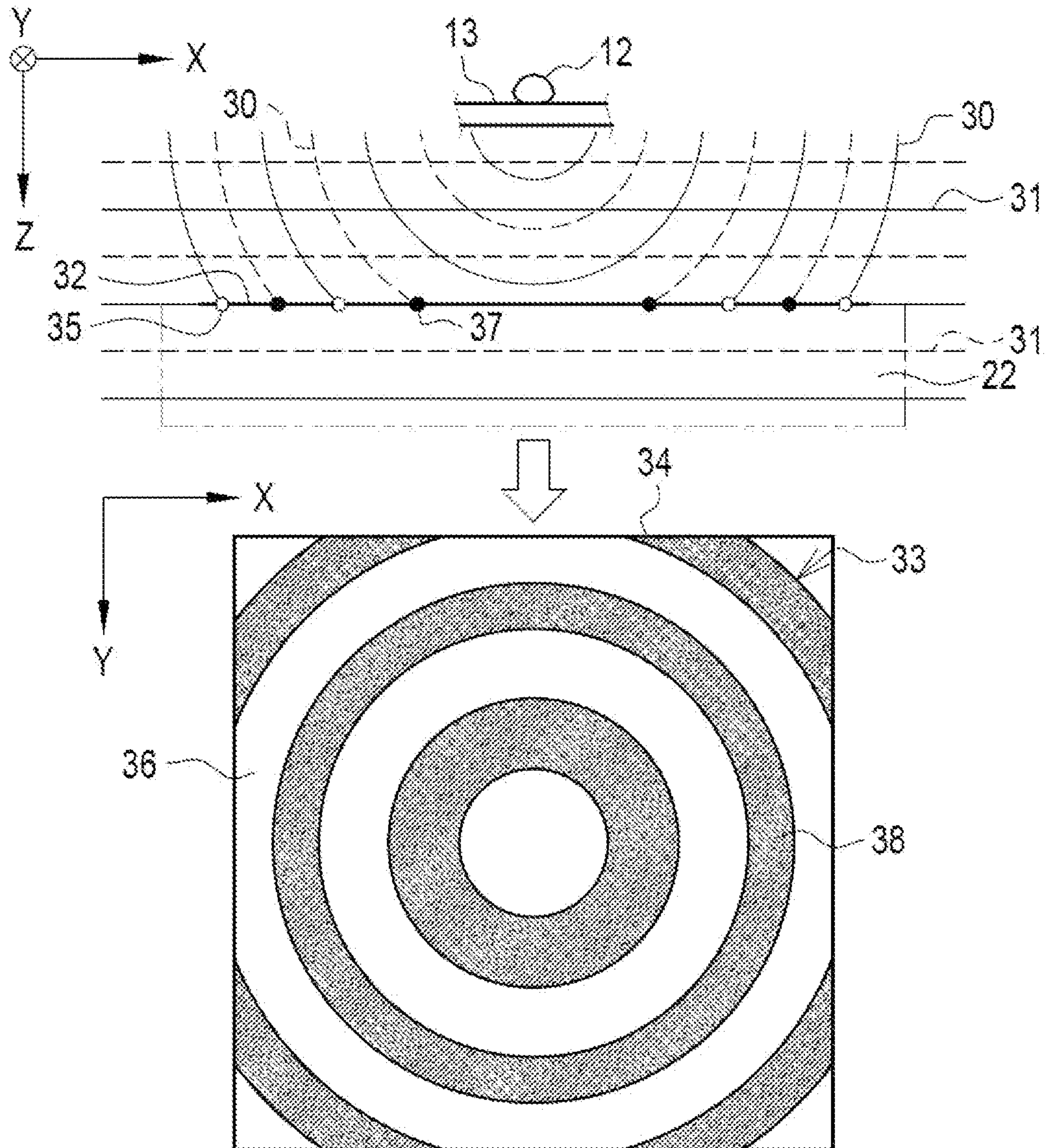
[図2]



[図3]

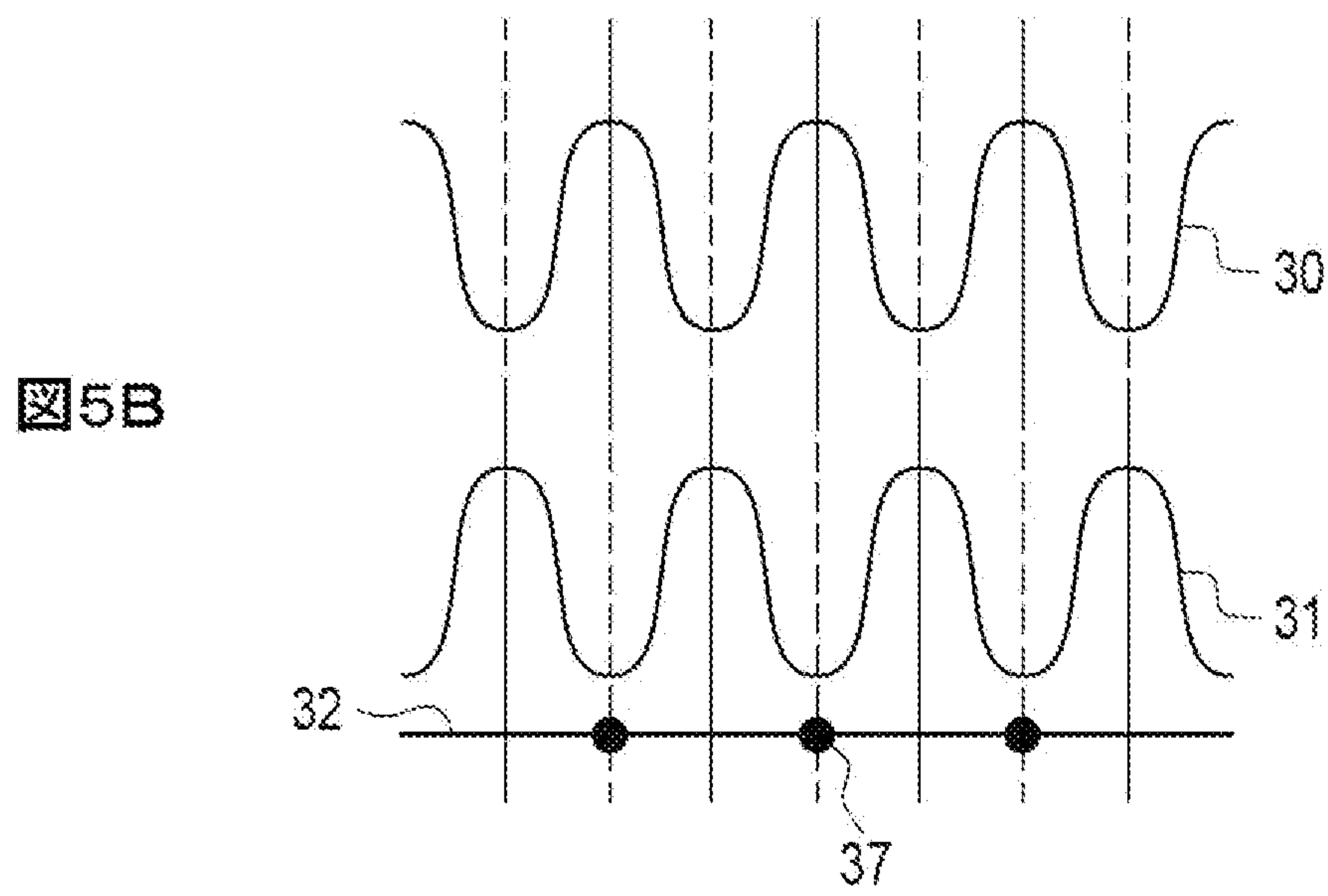
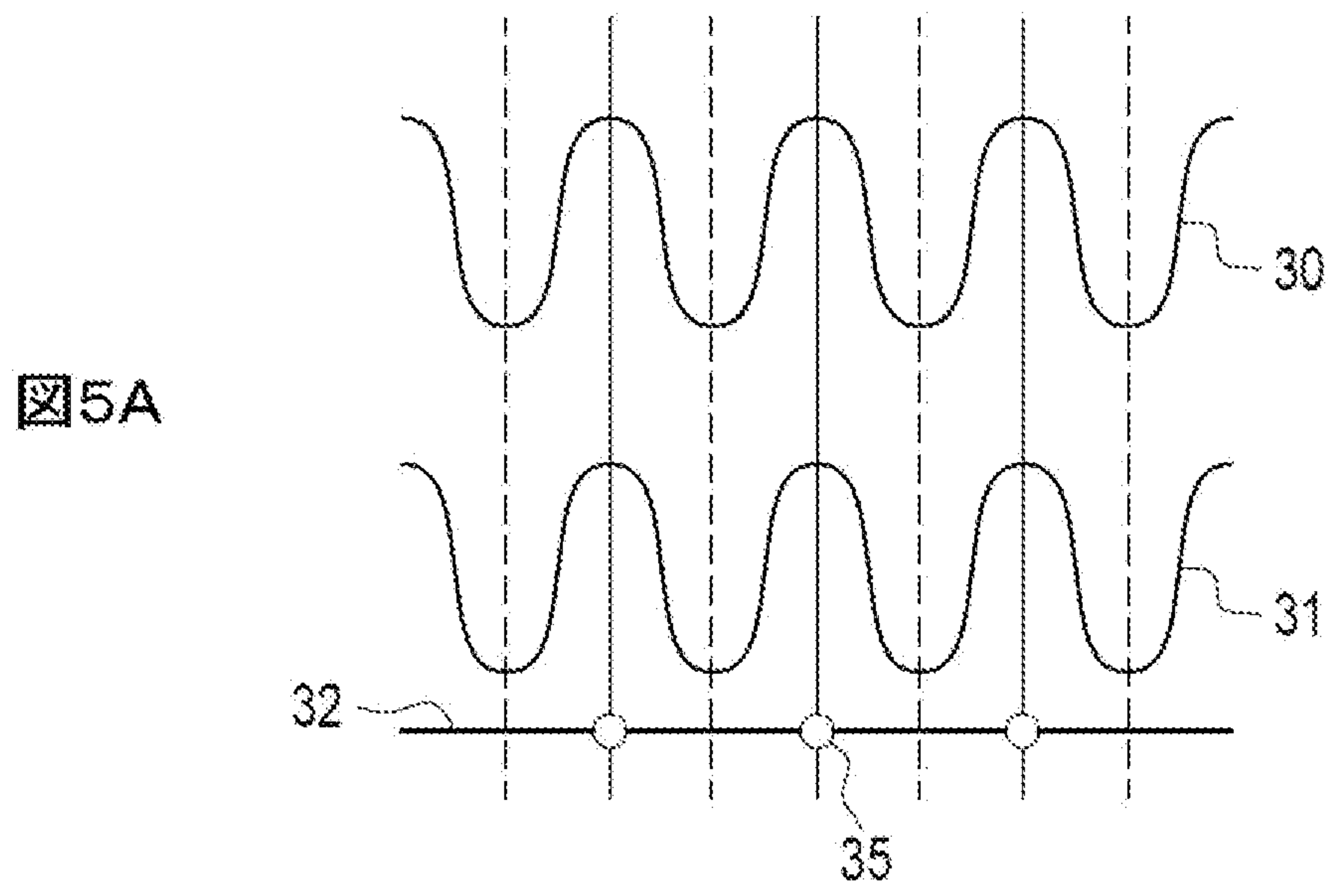


[図4]

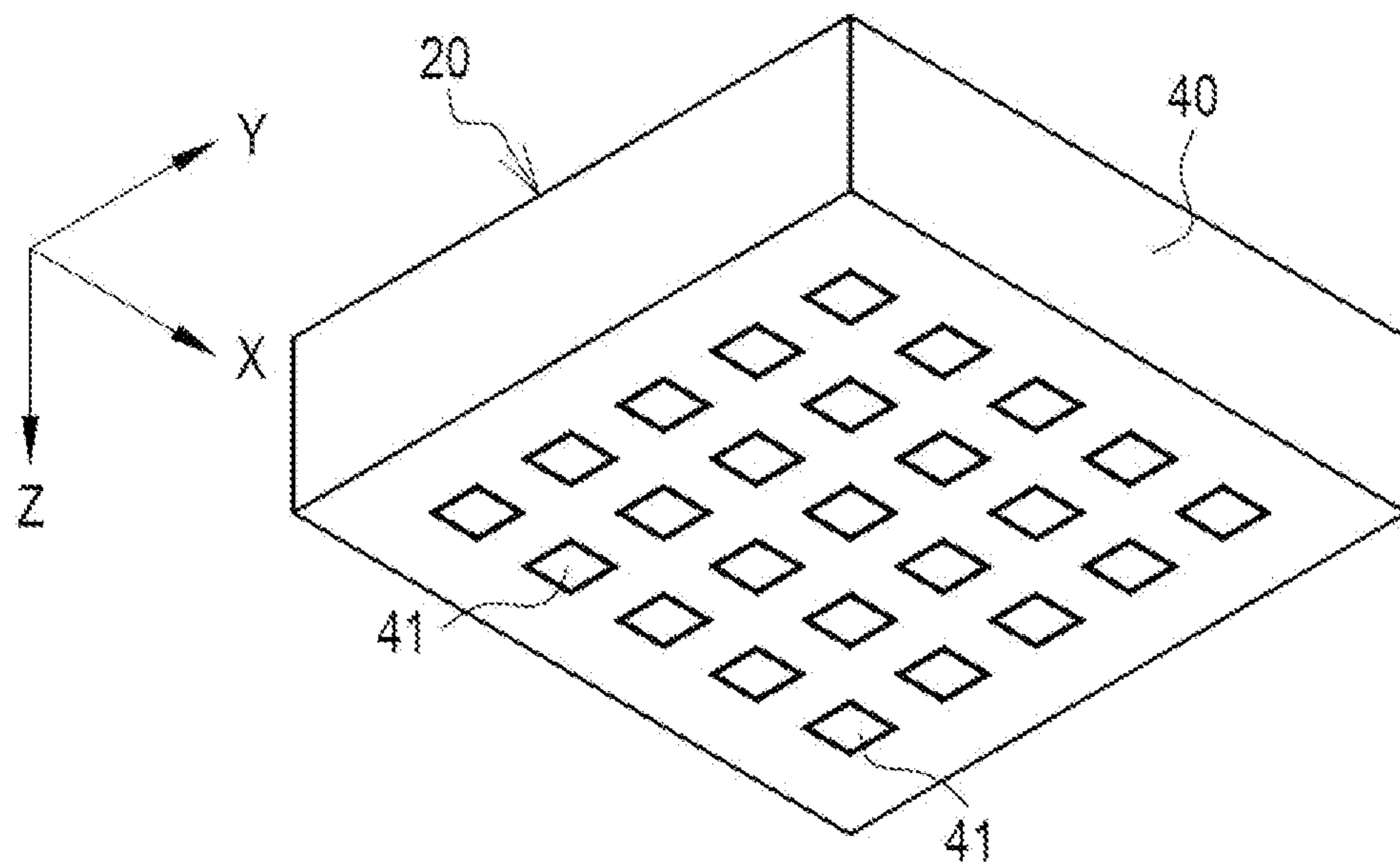




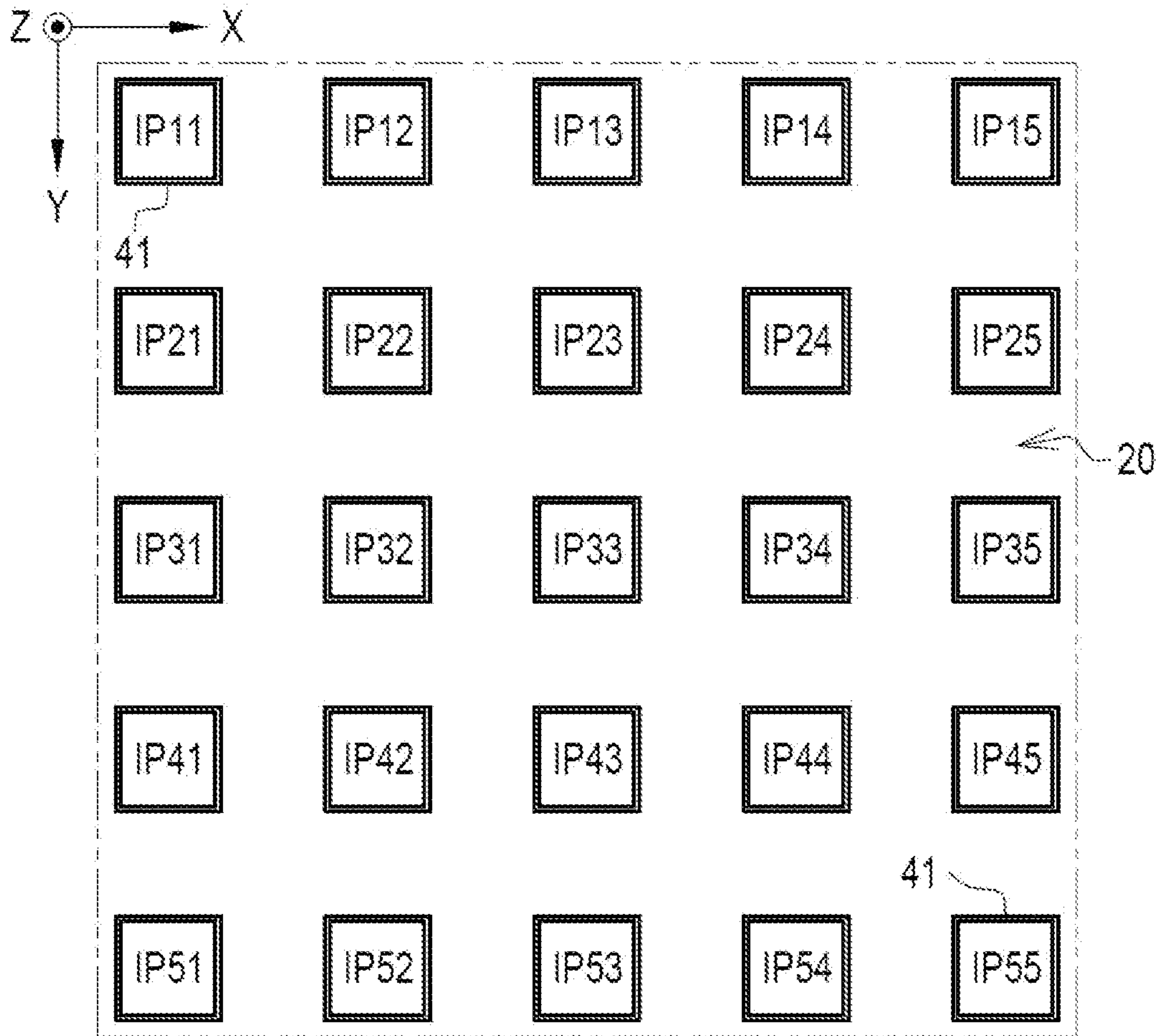
[図5]



[図6]



[図7]



[図8]

図8A

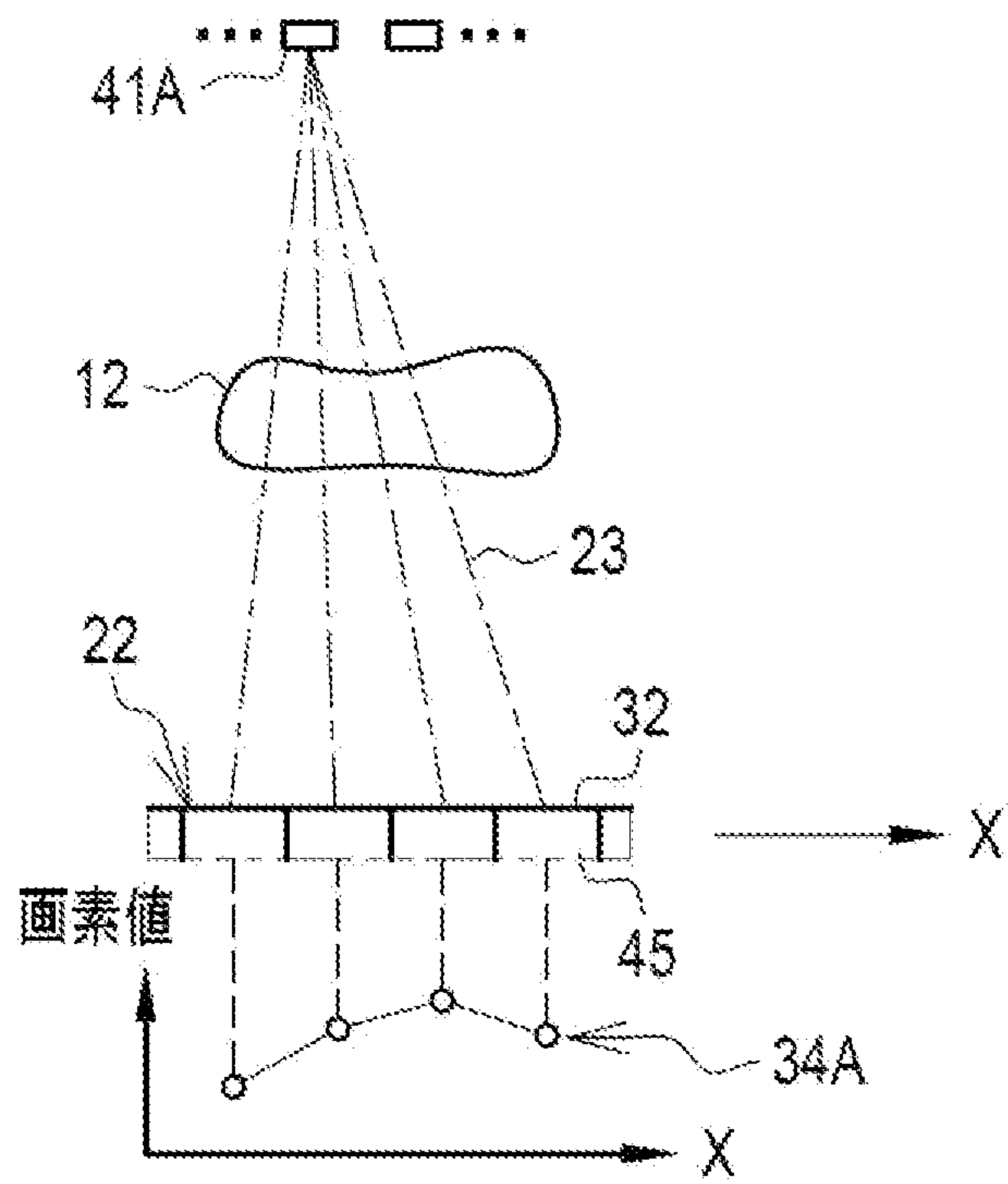
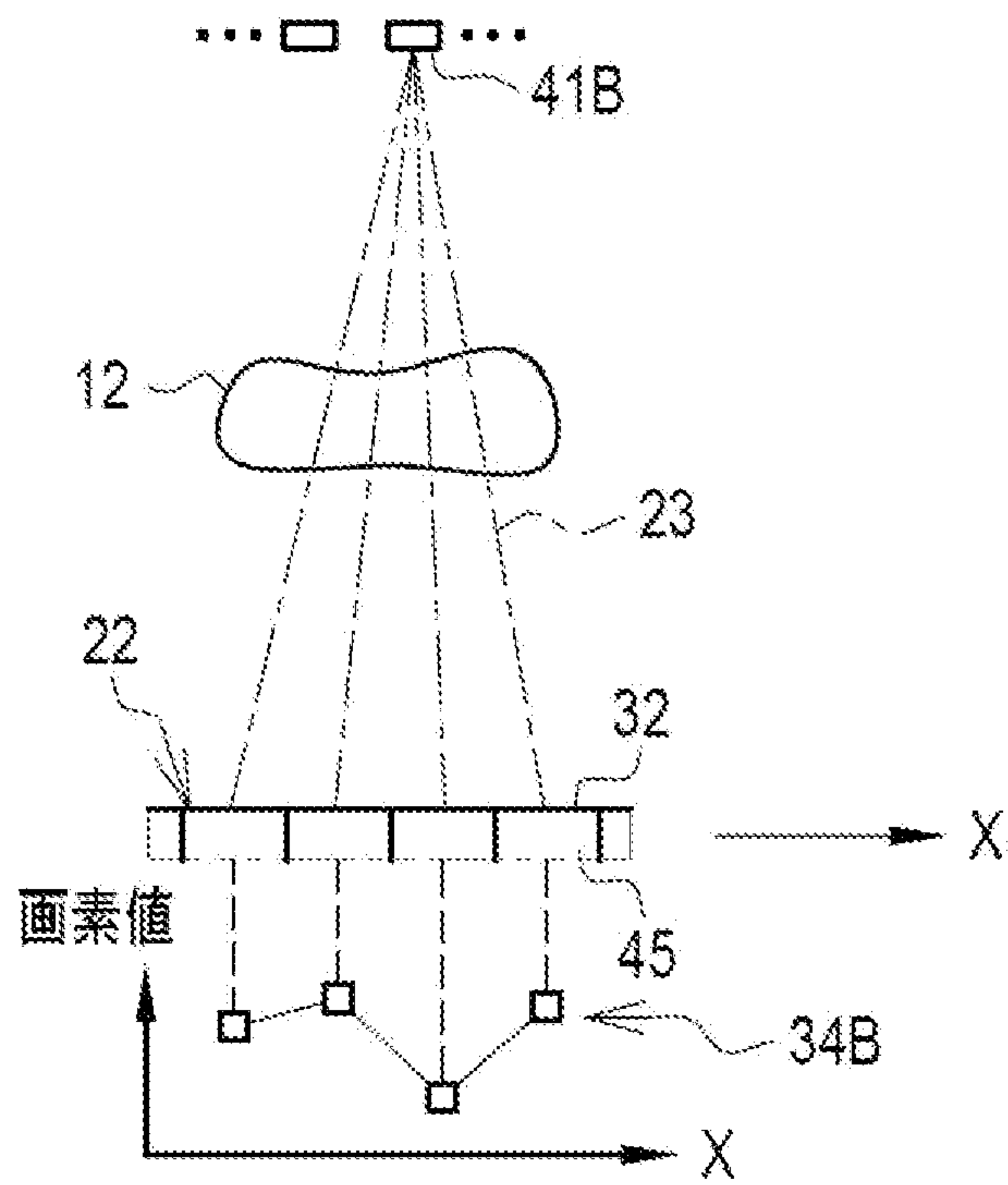
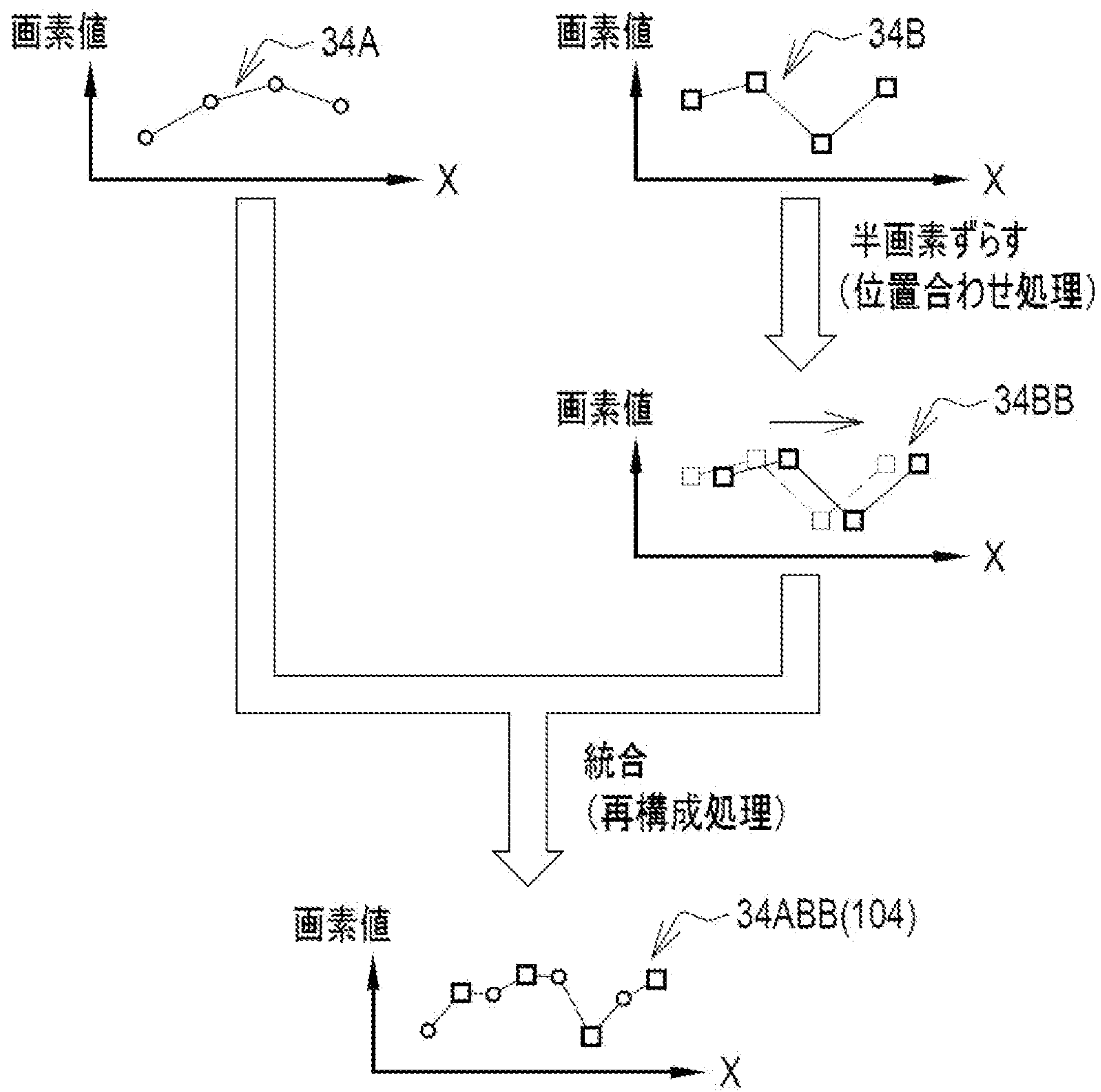


図8B

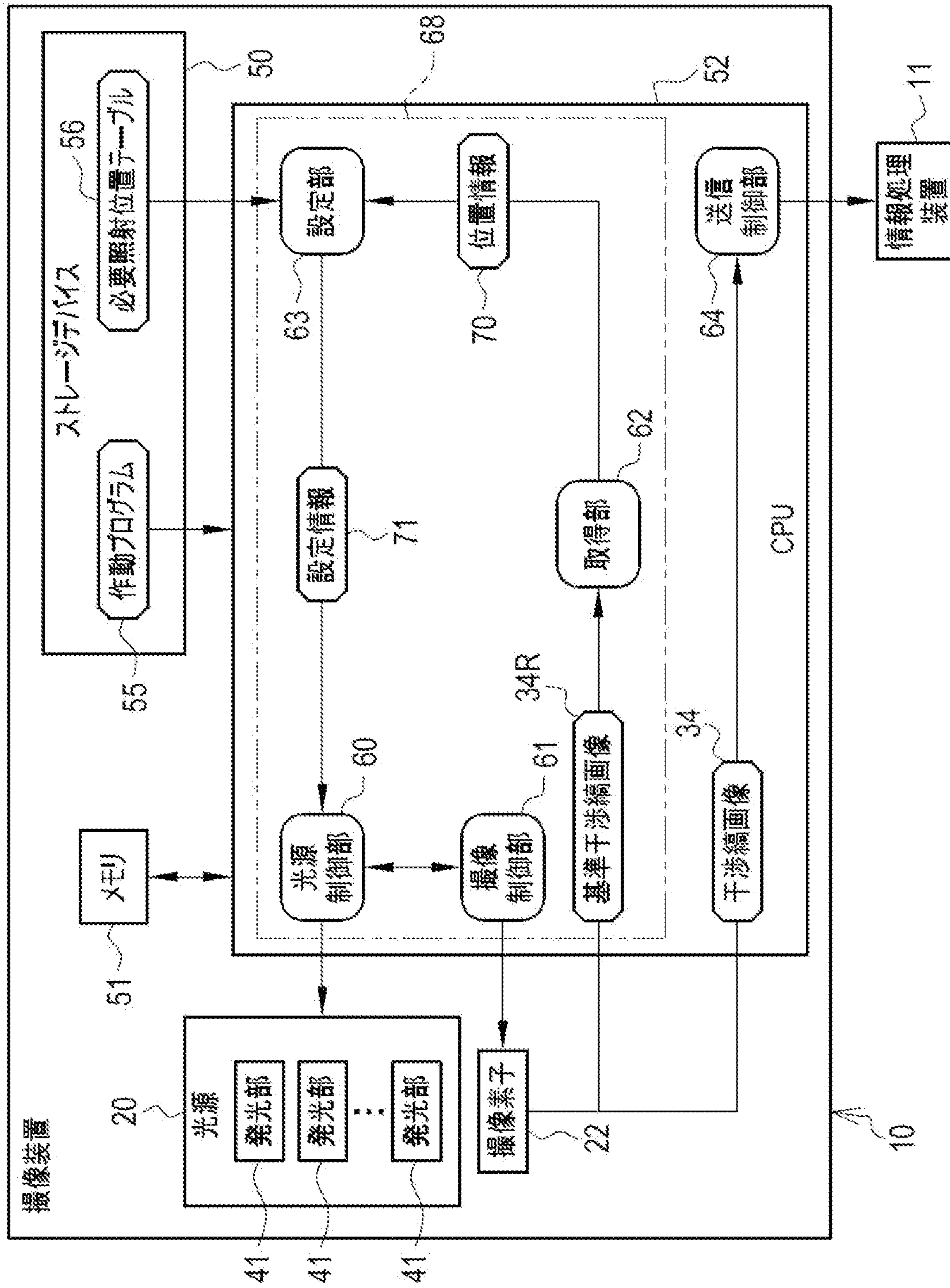




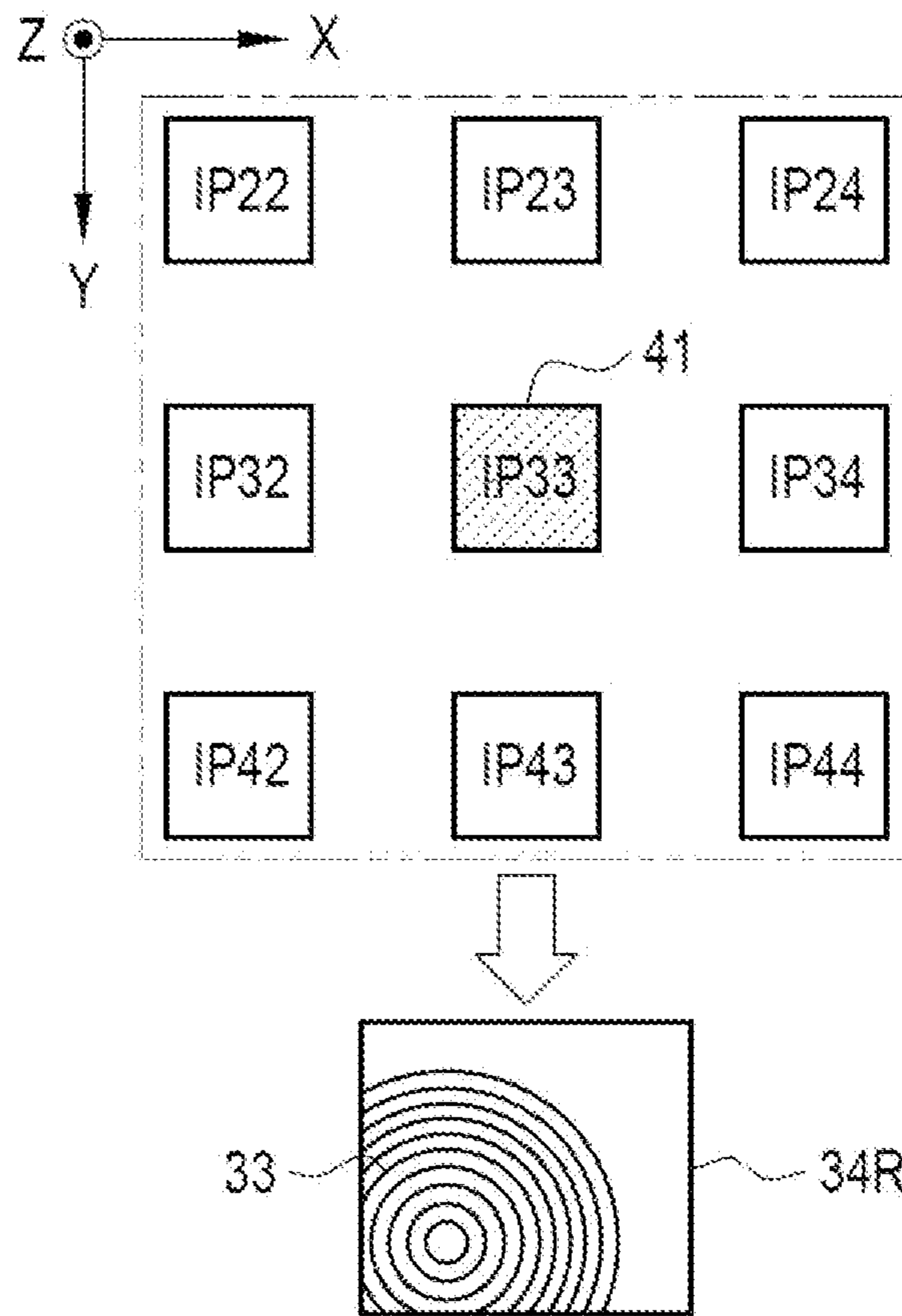
[図9]



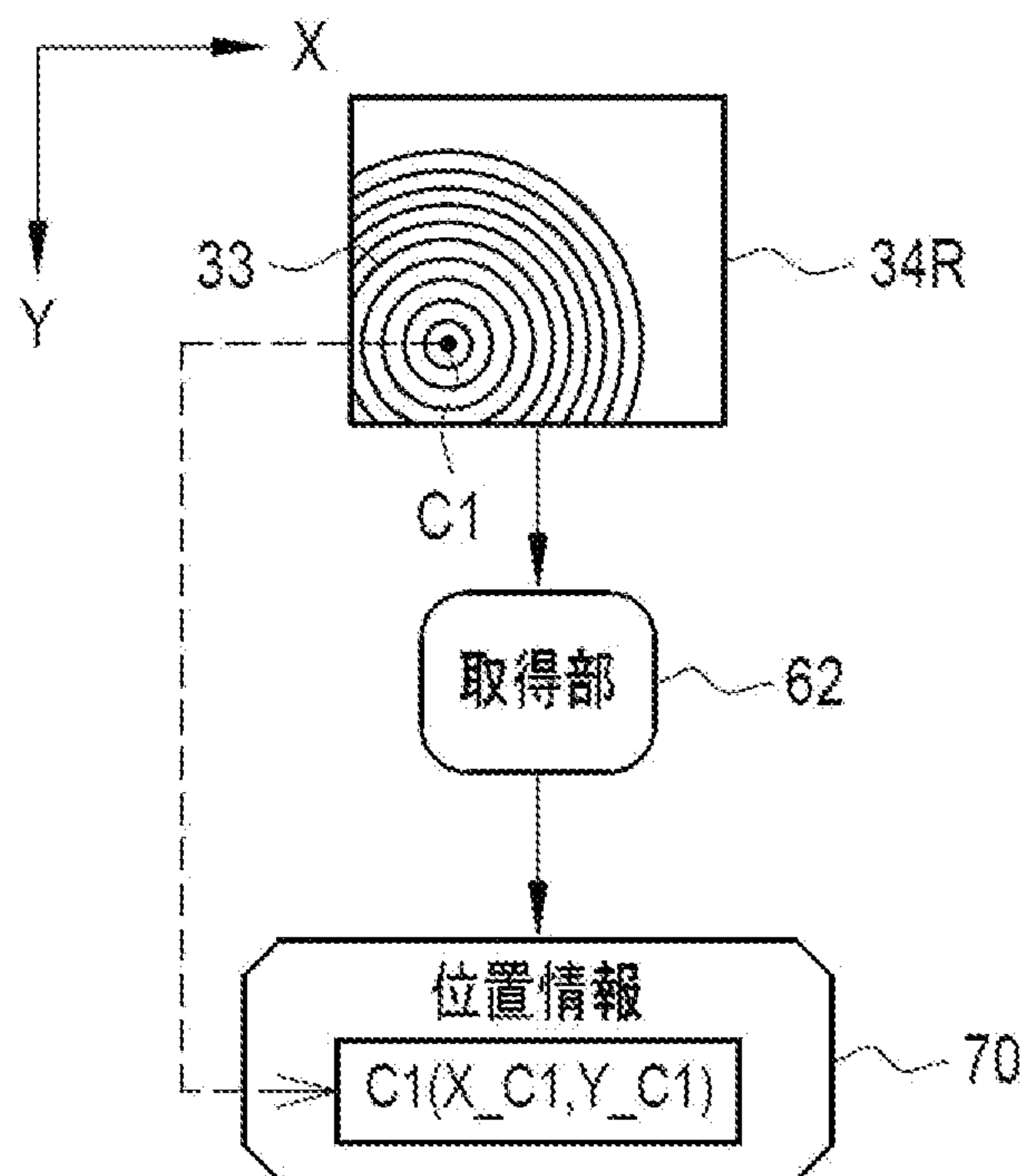
[図10]



[図11]

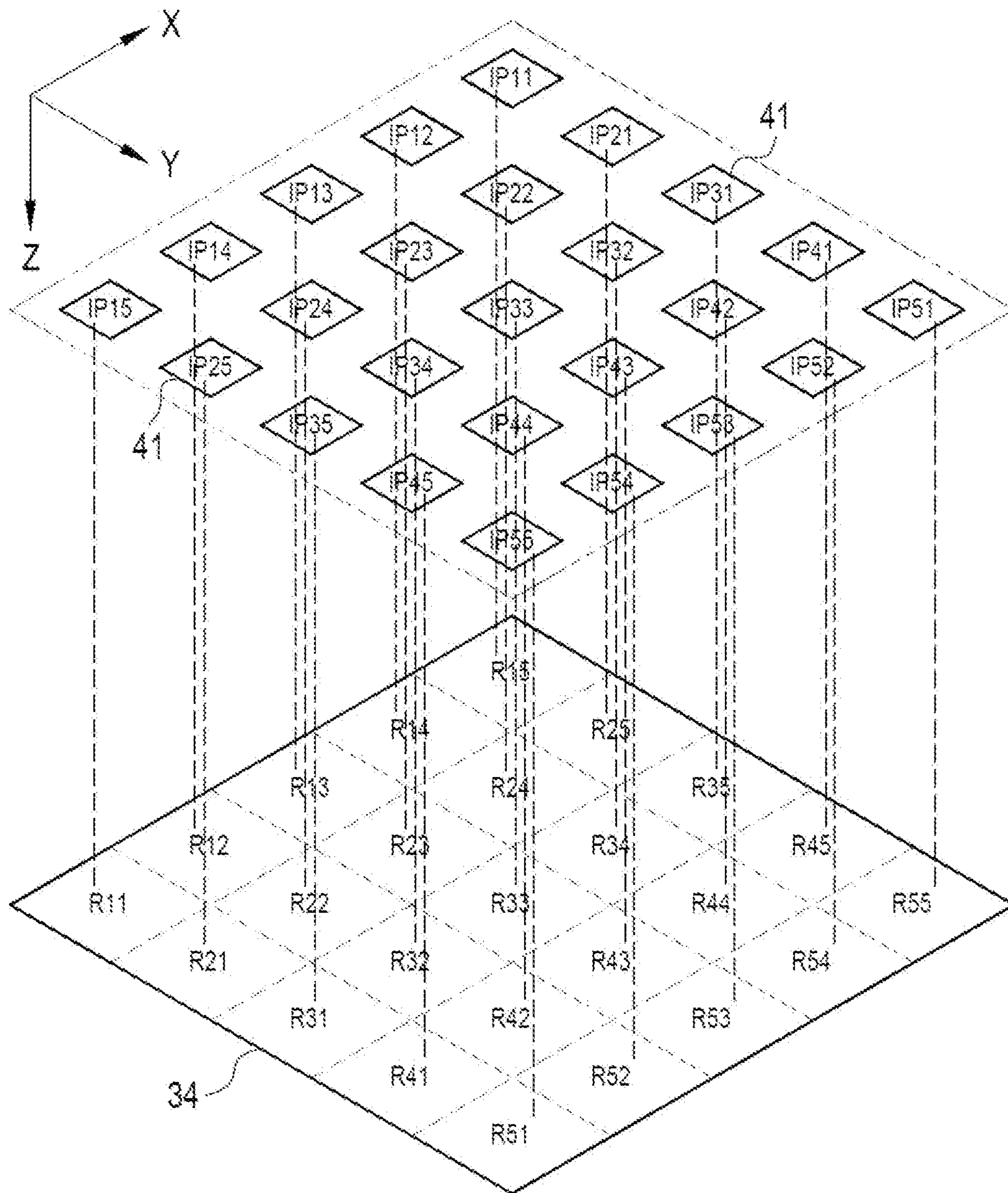


[図12]





[図13]

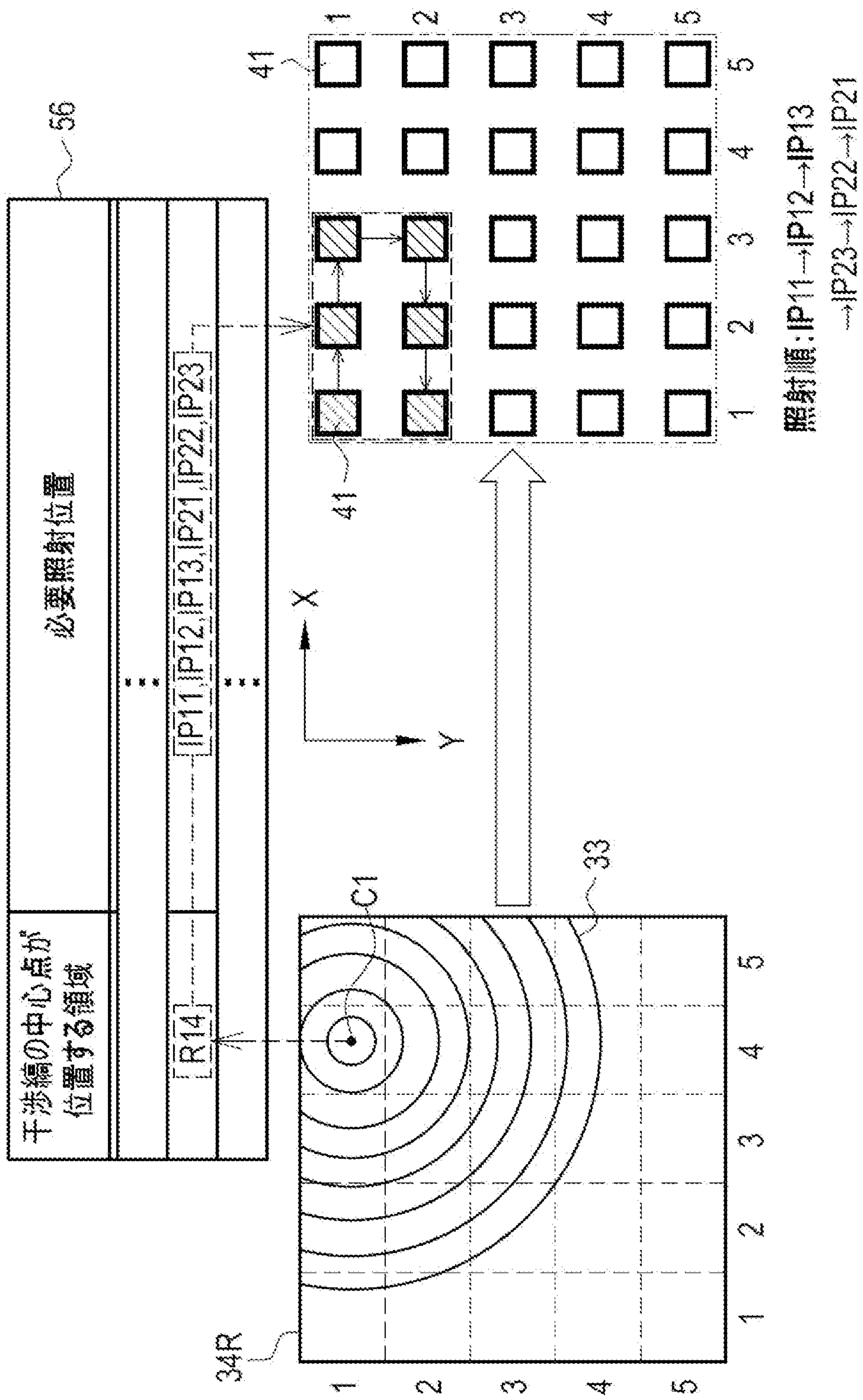


[図14]

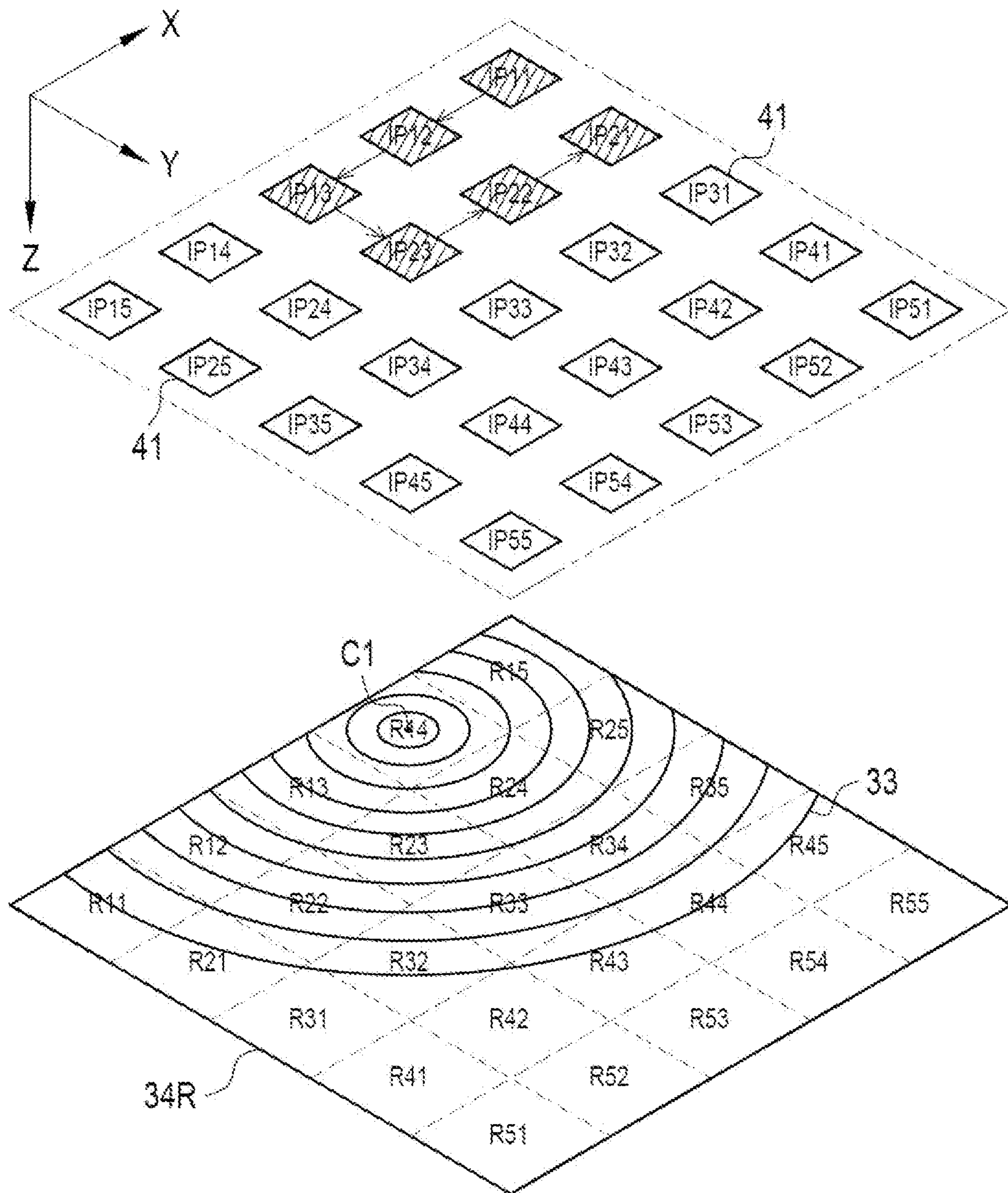
56

干渉縞の中心点が位置する領域	必要照射位置
R11	IP14,IP15,IP24,IP25
R12	IP13,IP14,IP15,IP23,IP24,IP25
	⋮
R22	IP13,IP14,IP15,IP23,IP24,IP25,IP33,IP34,IP35
R23	IP12,IP13,IP14,IP22,IP23,IP24,IP32,IP33,IP34
	⋮
R42	IP33,IP34,IP35,IP43,IP44,IP45,IP53,IP54,IP55
R43	IP32,IP33,IP34,IP42,IP43,IP44,IP52,IP53,IP54
	⋮
R54	IP41,IP42,IP43,IP51,IP52,IP53
R55	IP41,IP42,IP51,IP52

[図15]

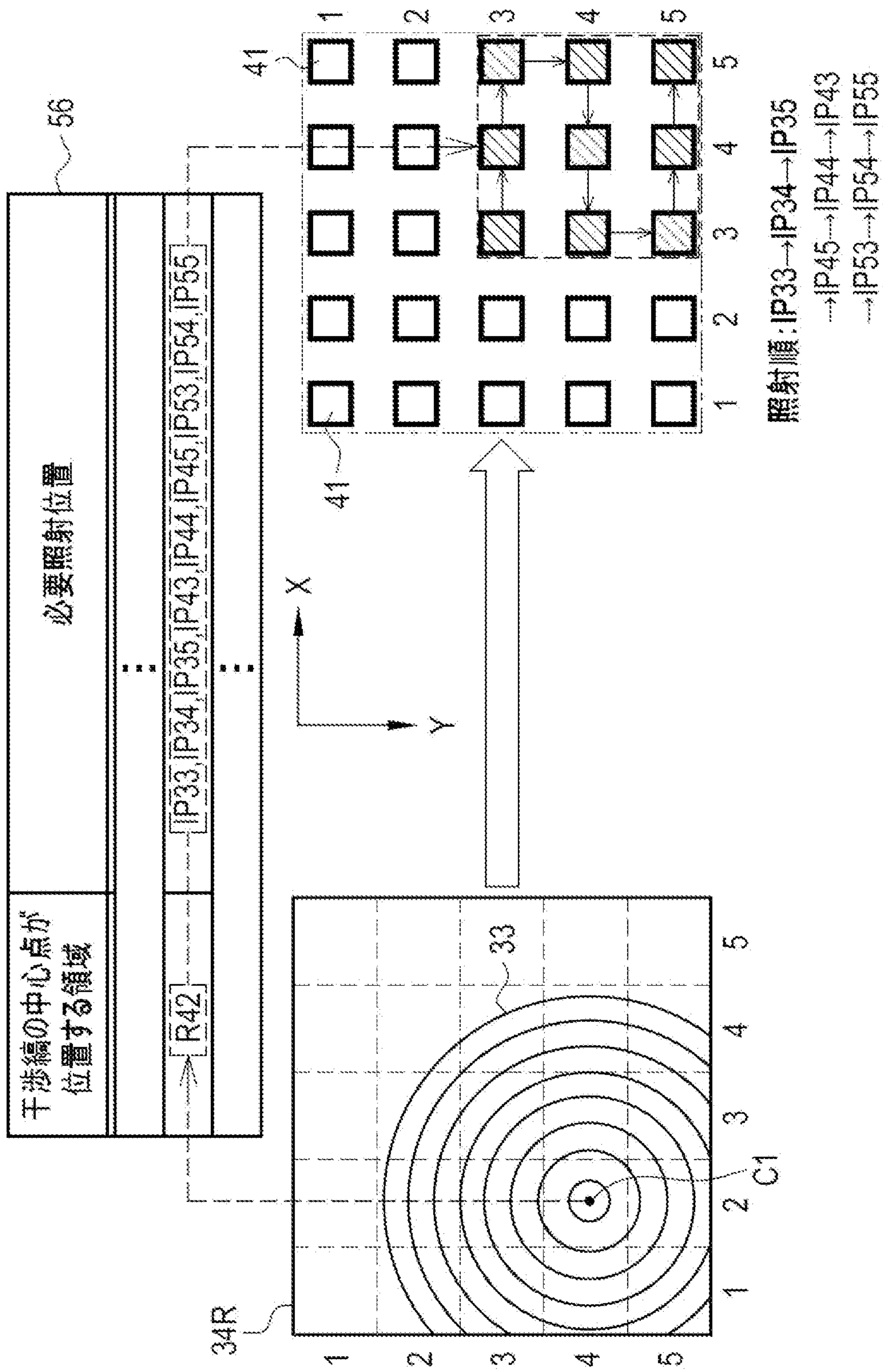


[図16]

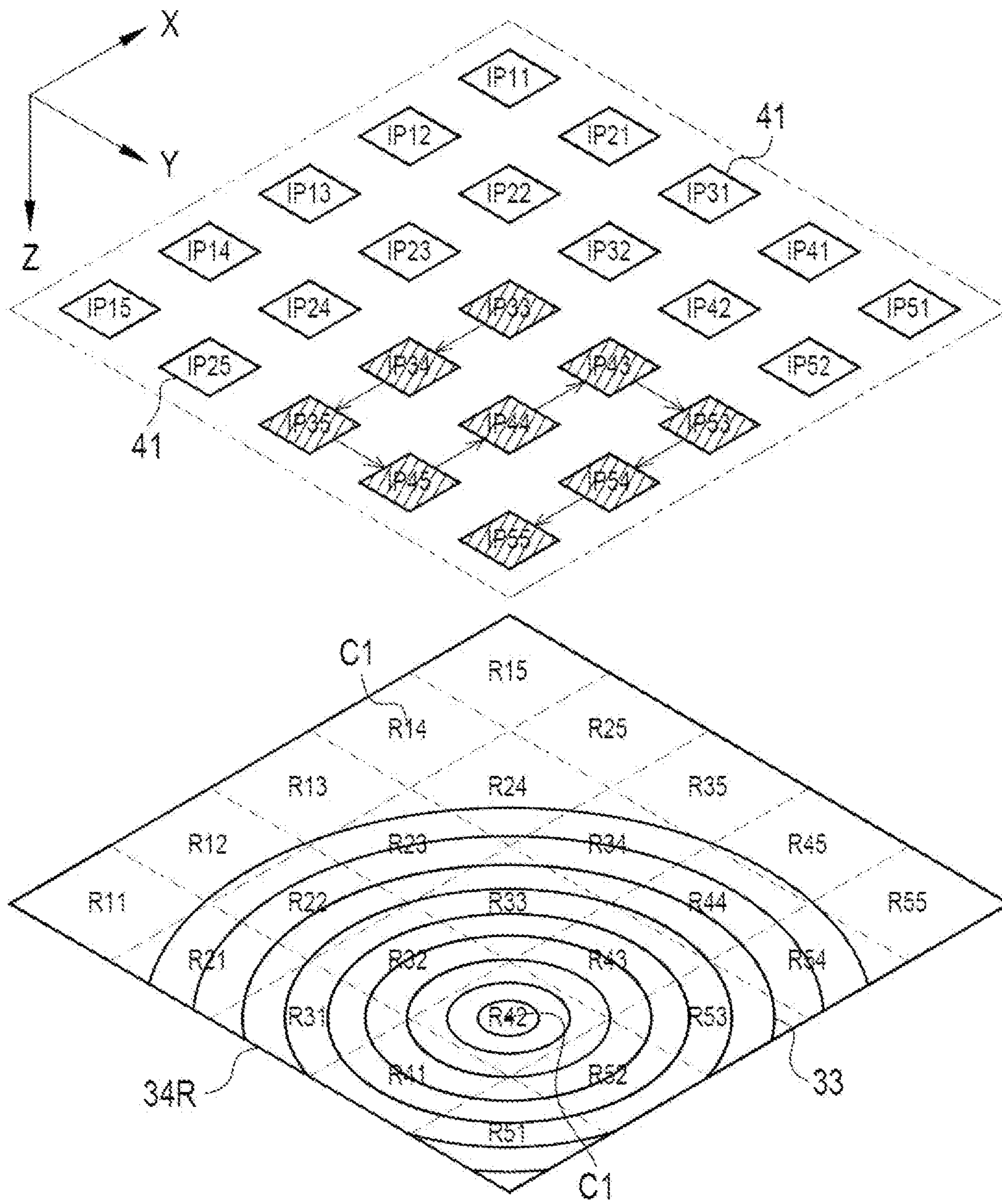




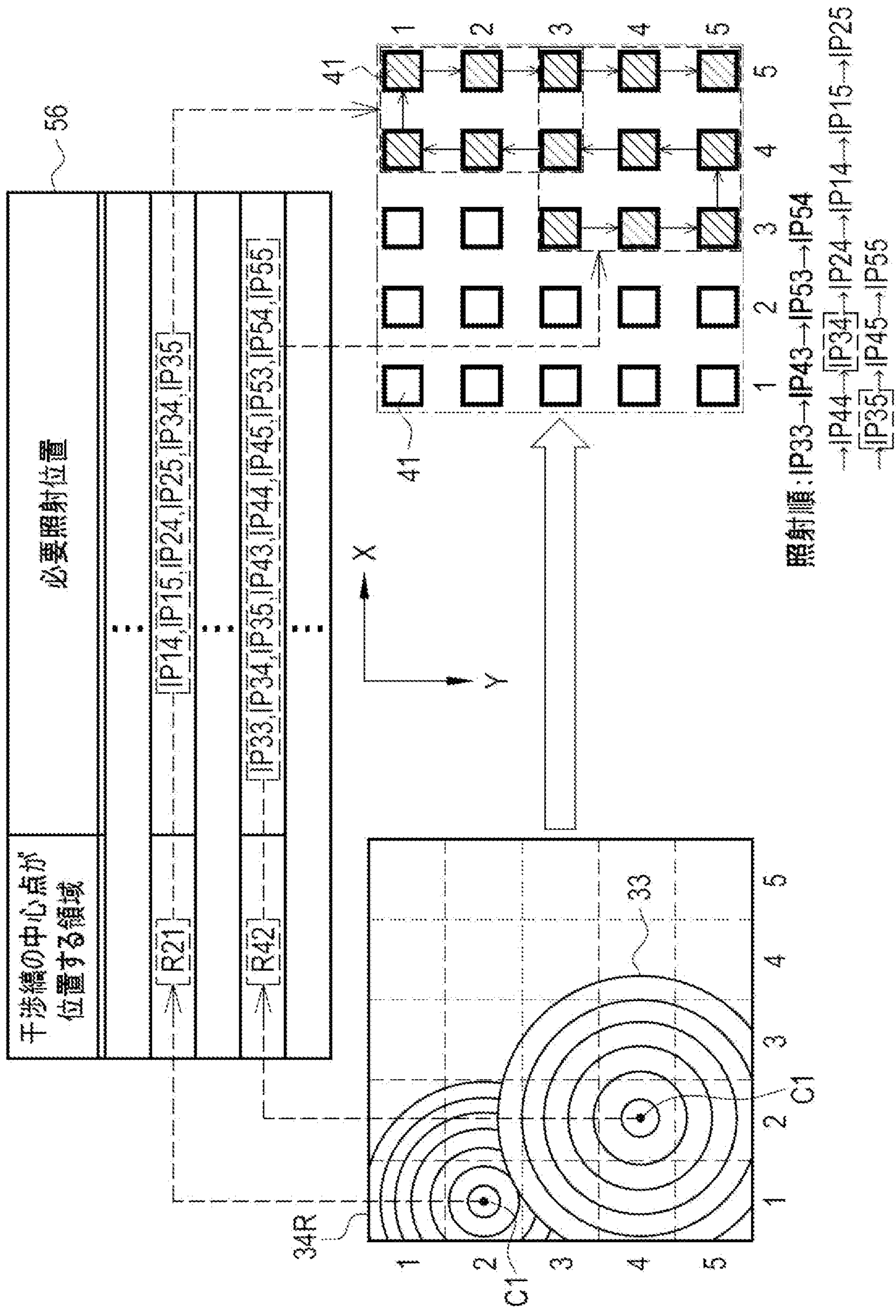
[図17]



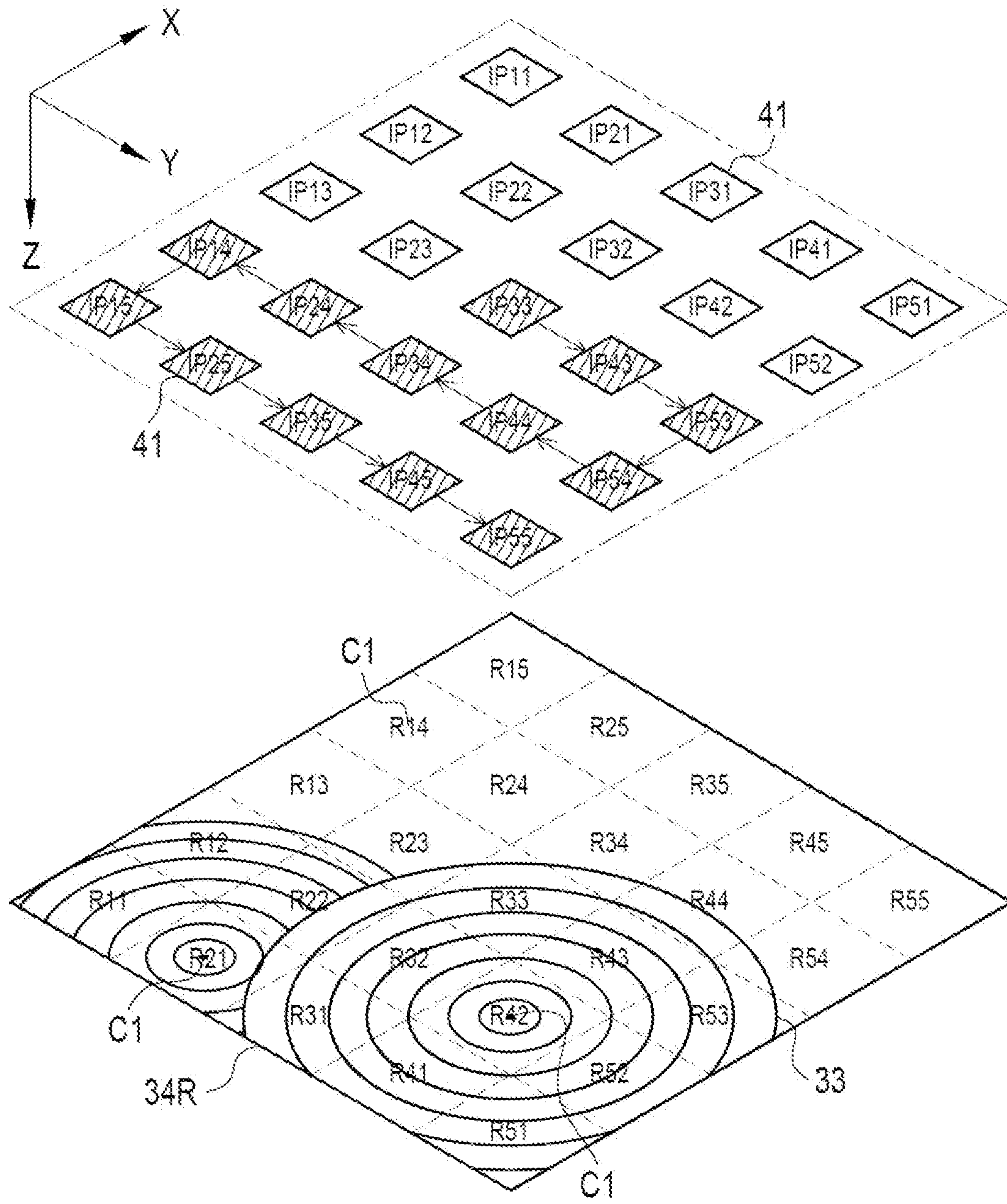
[図18]



[図19]

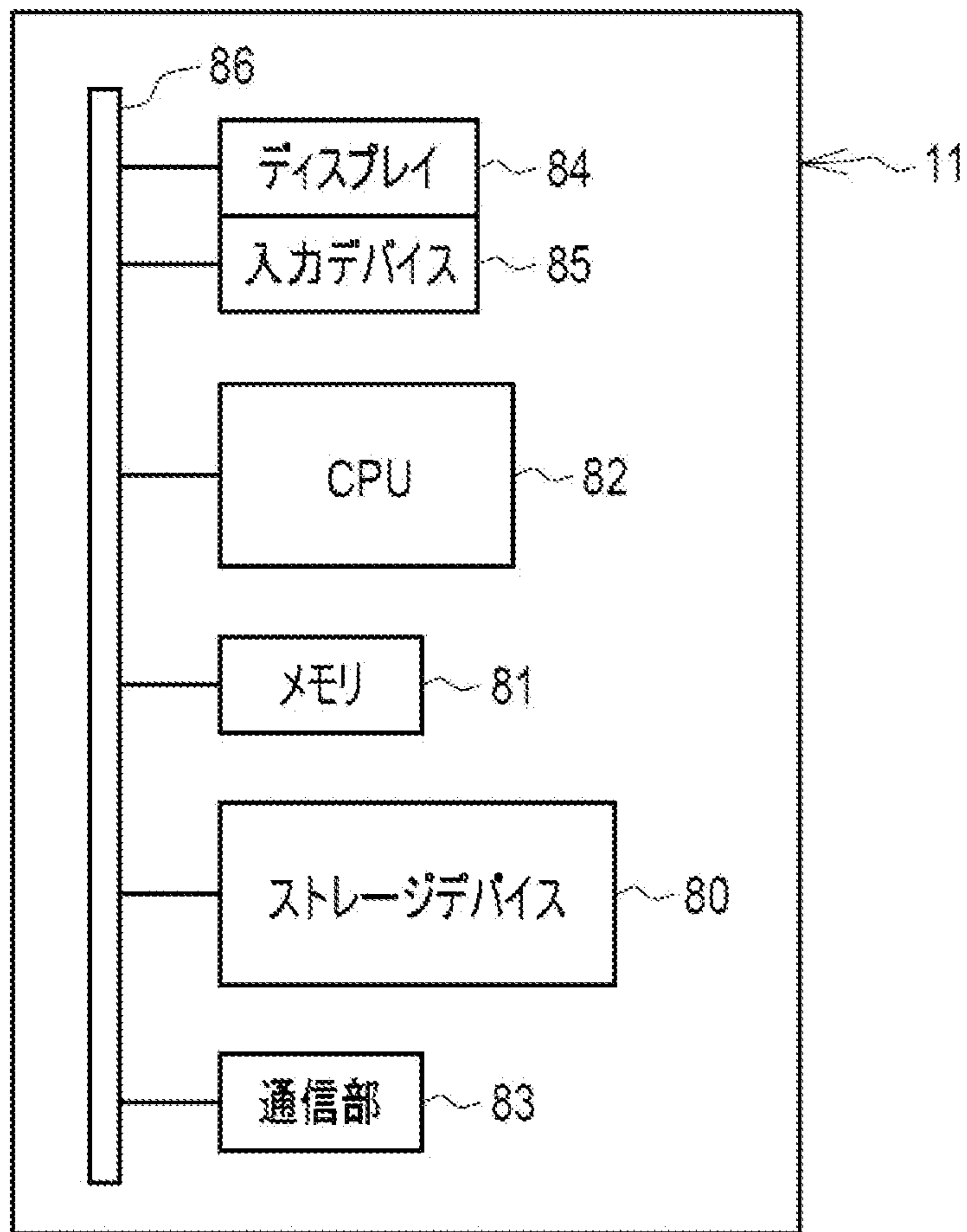


[図20]

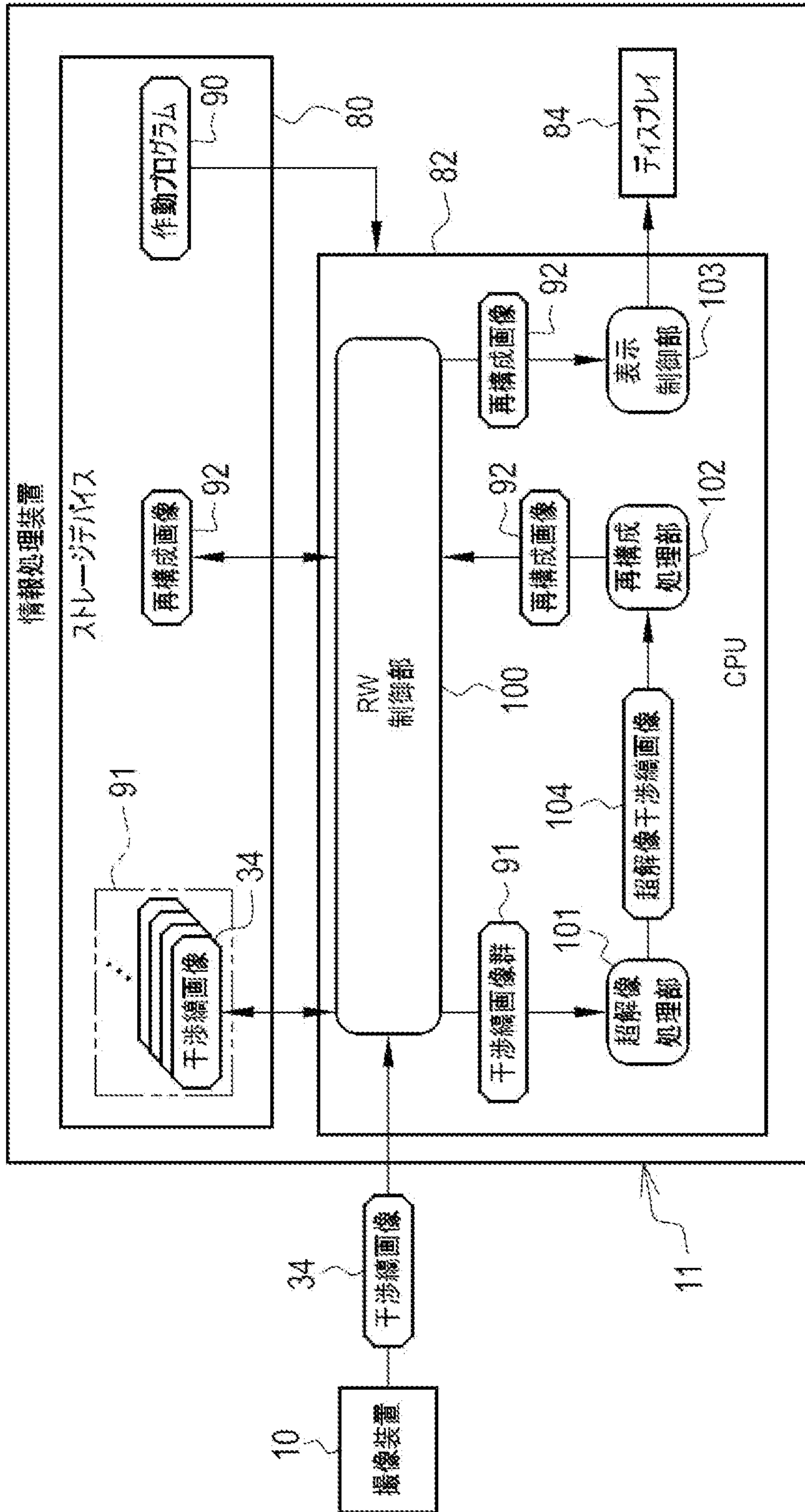




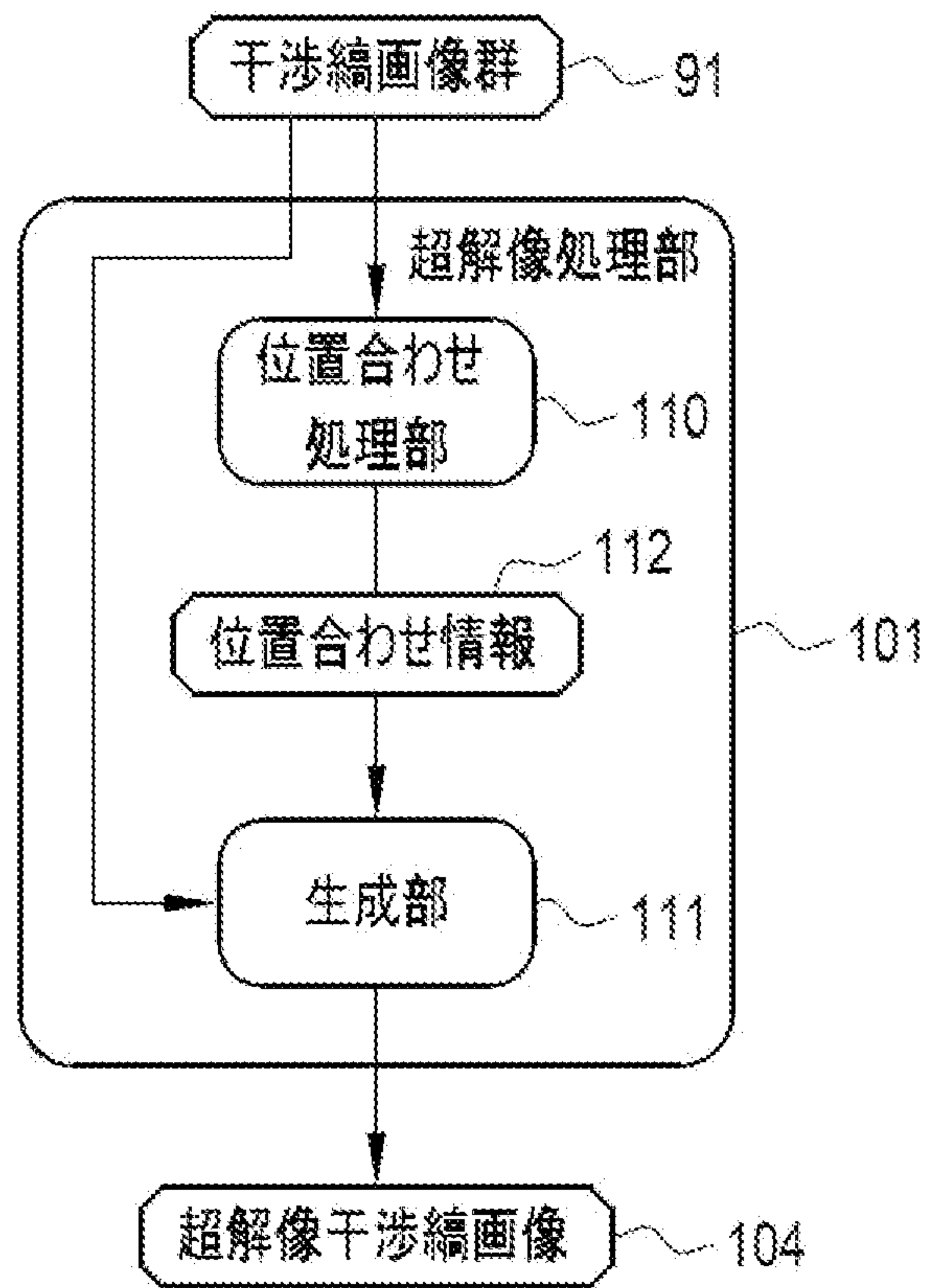
[図21]



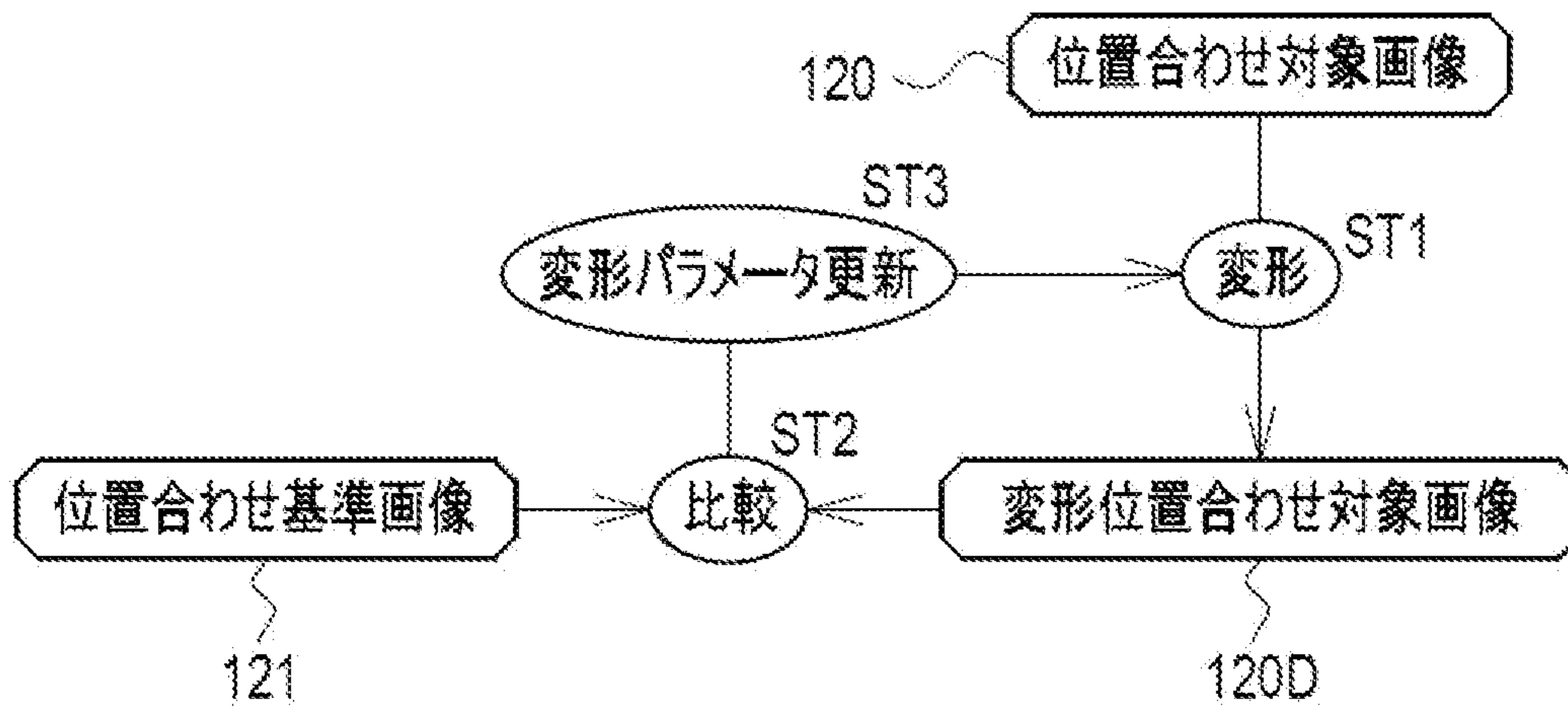
[図22]



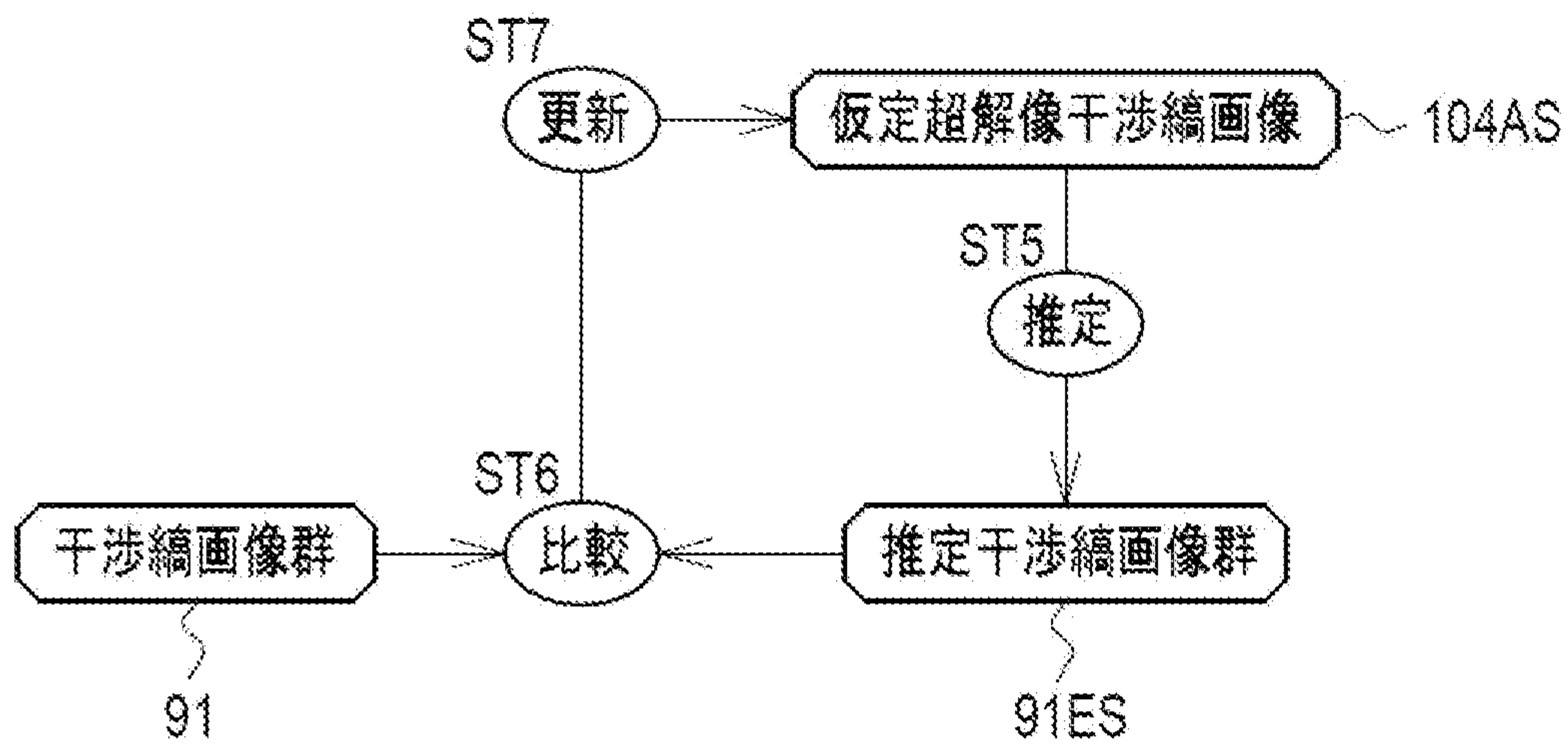
[図23]



[図24]

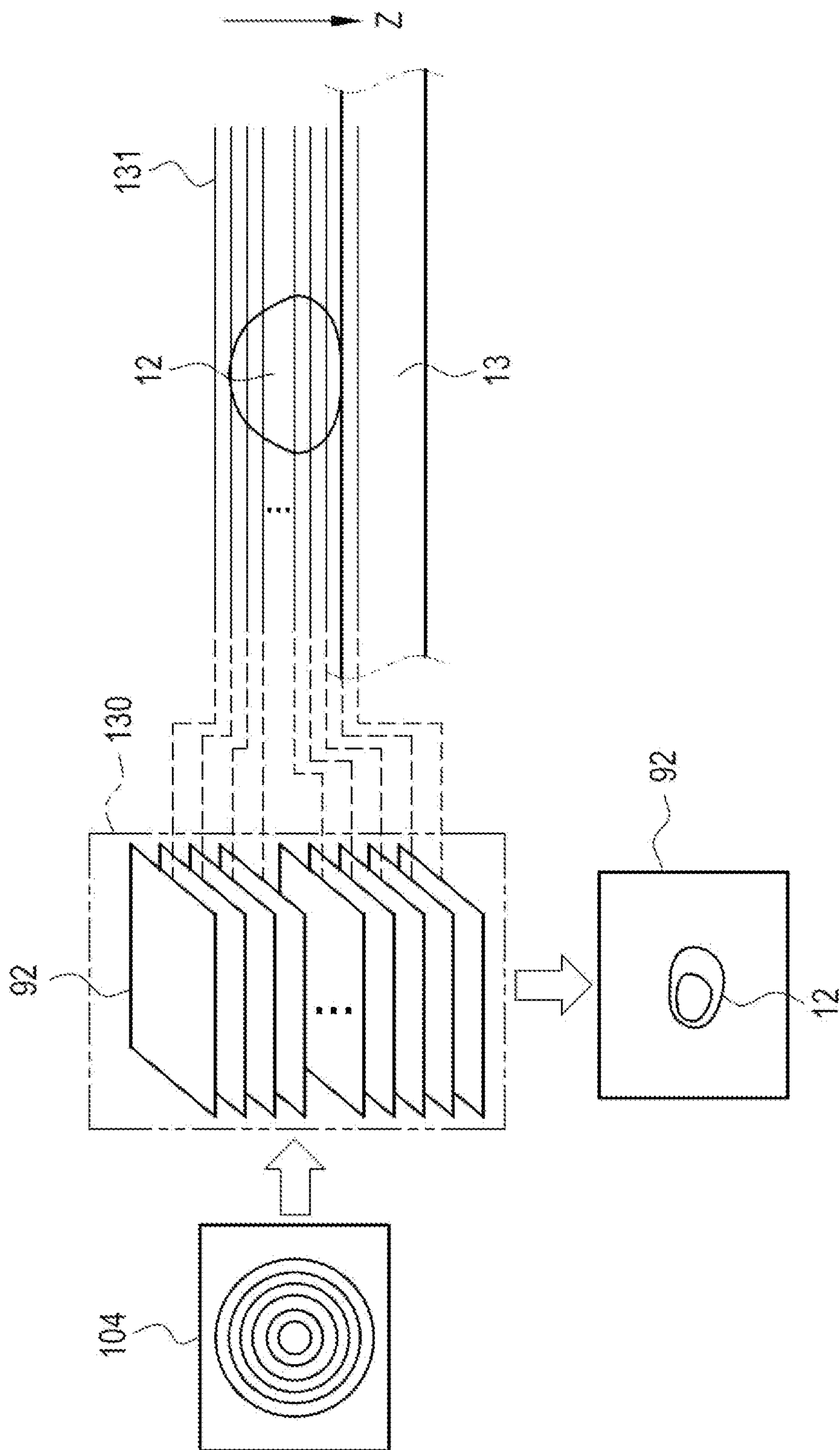


[図25]

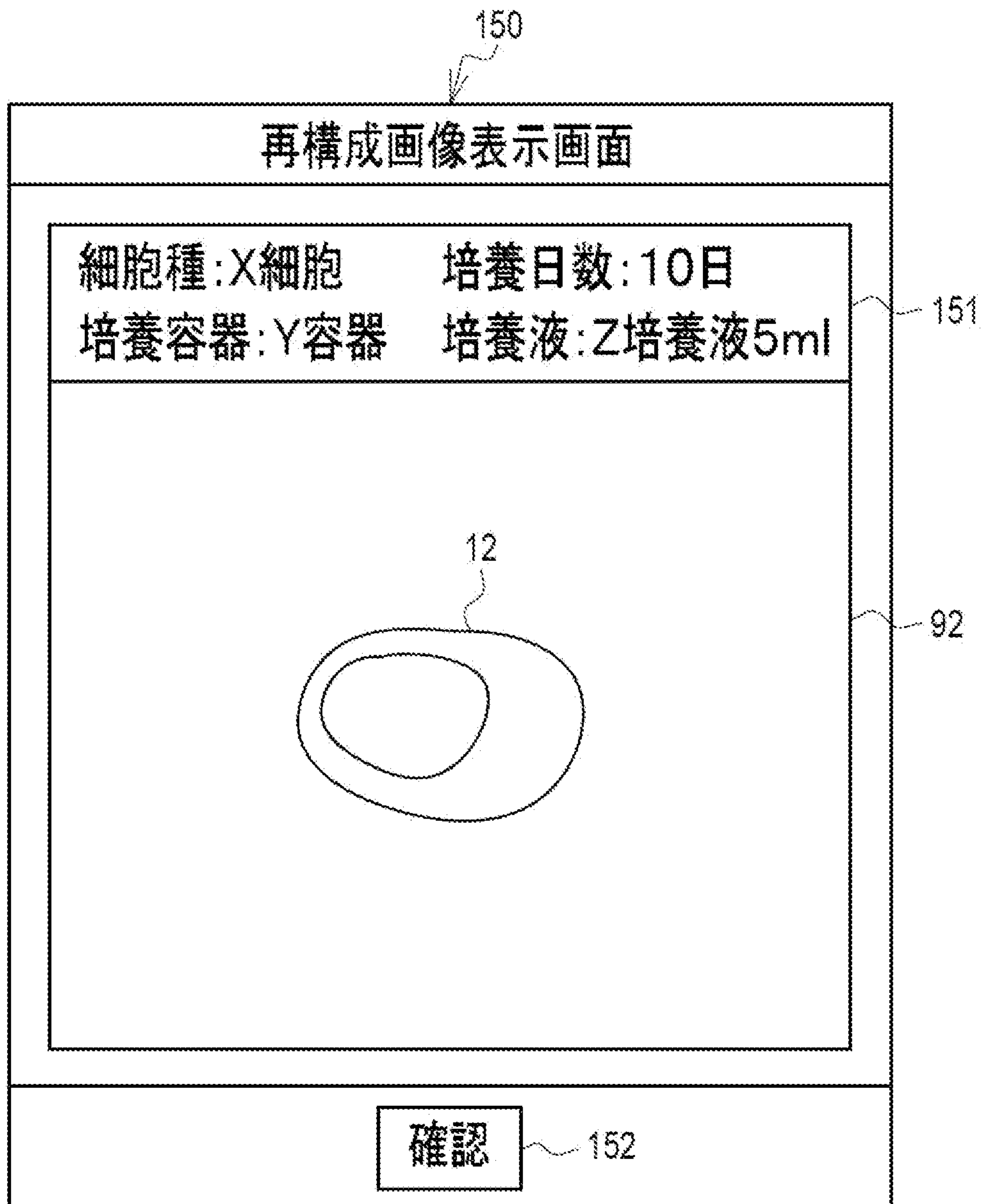




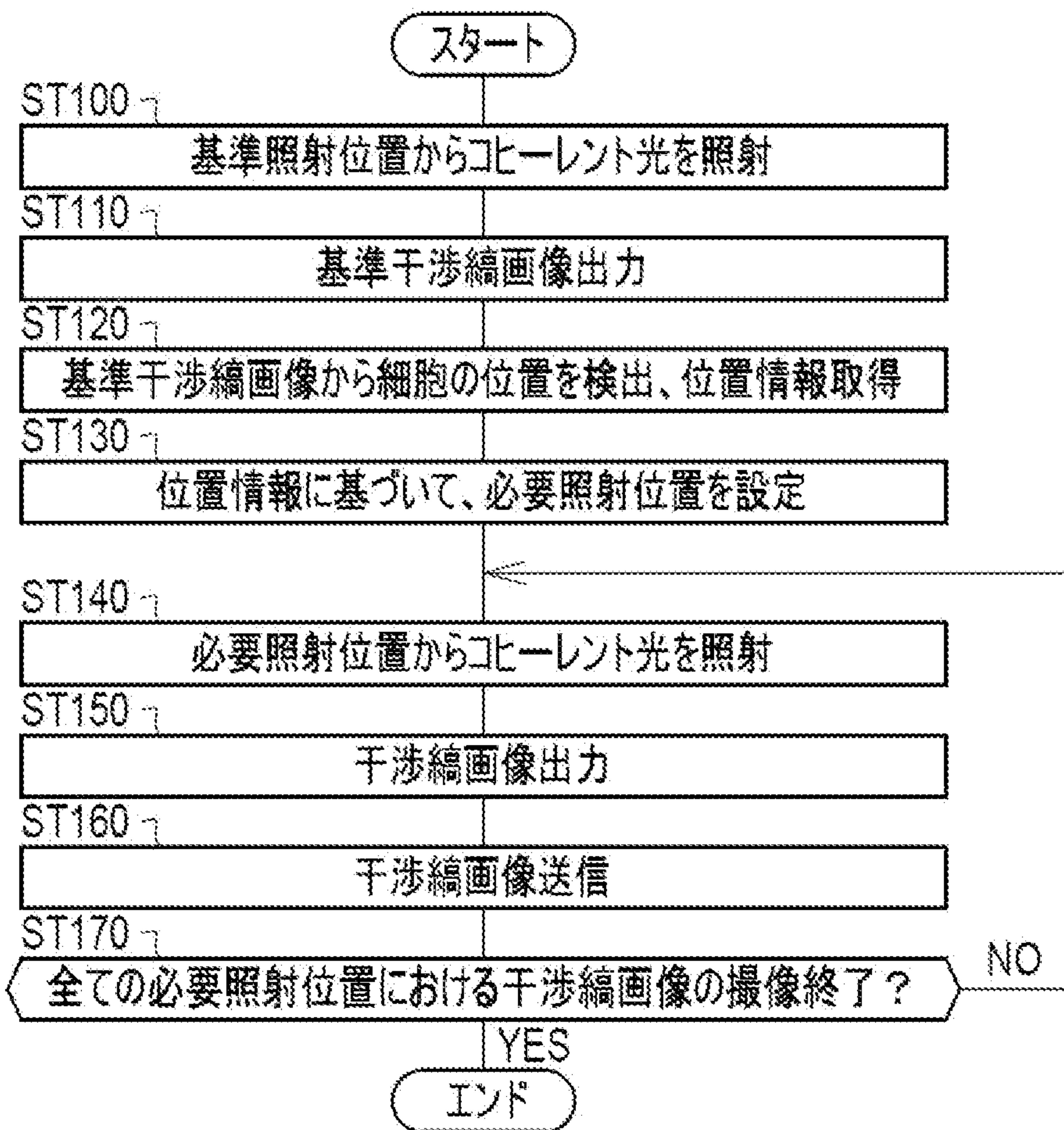
[図26]



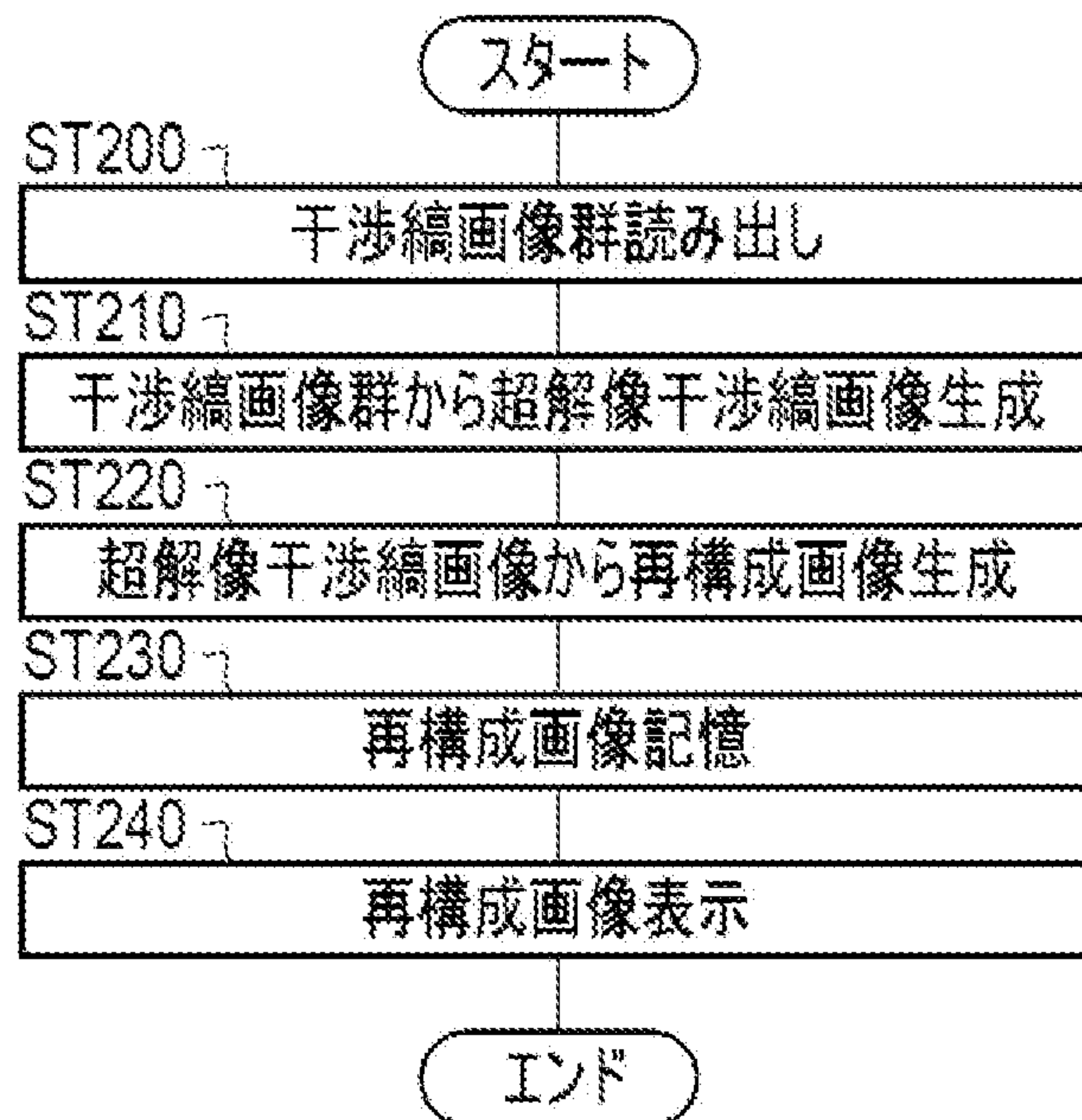
[図27]



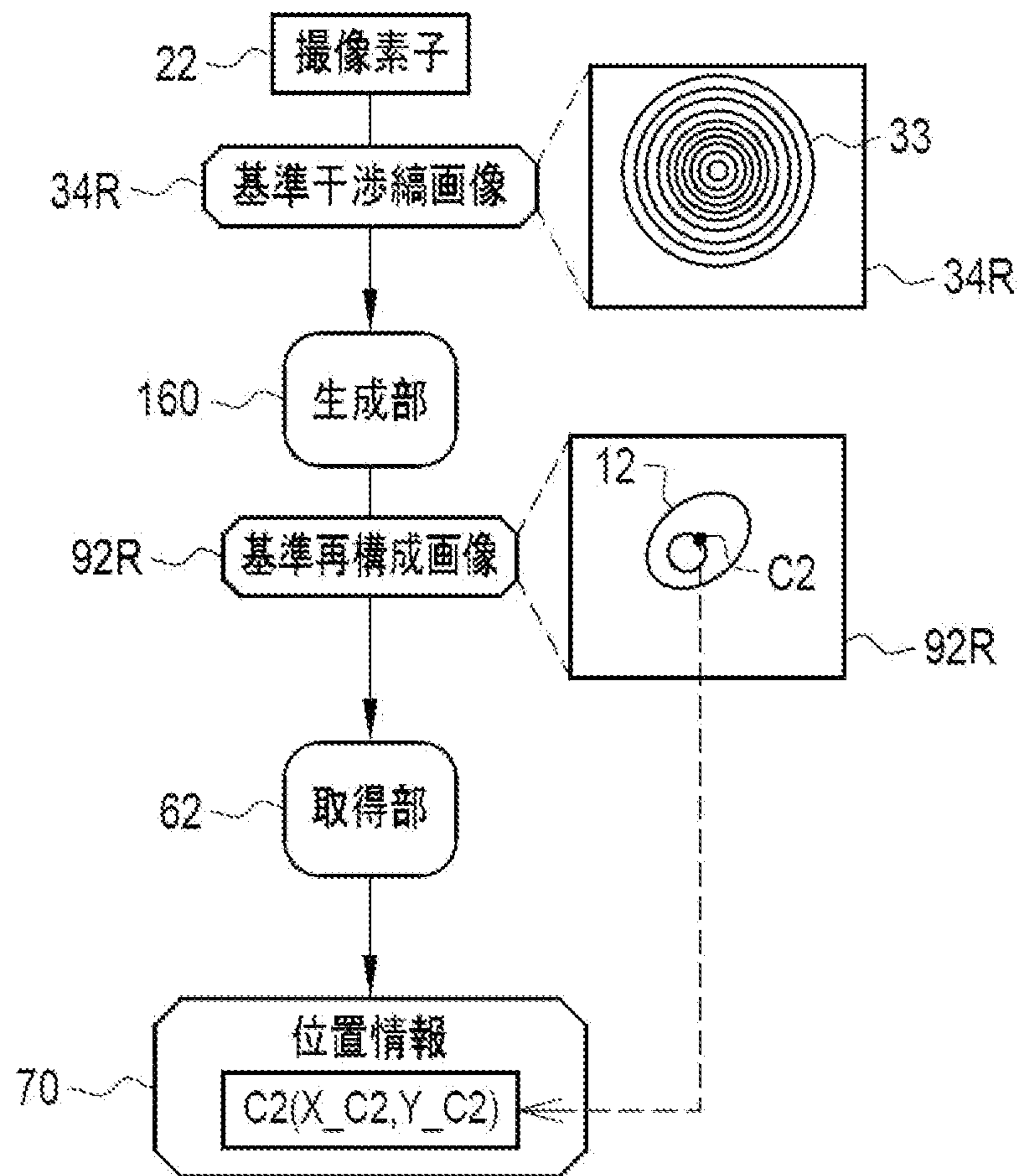
[図28]



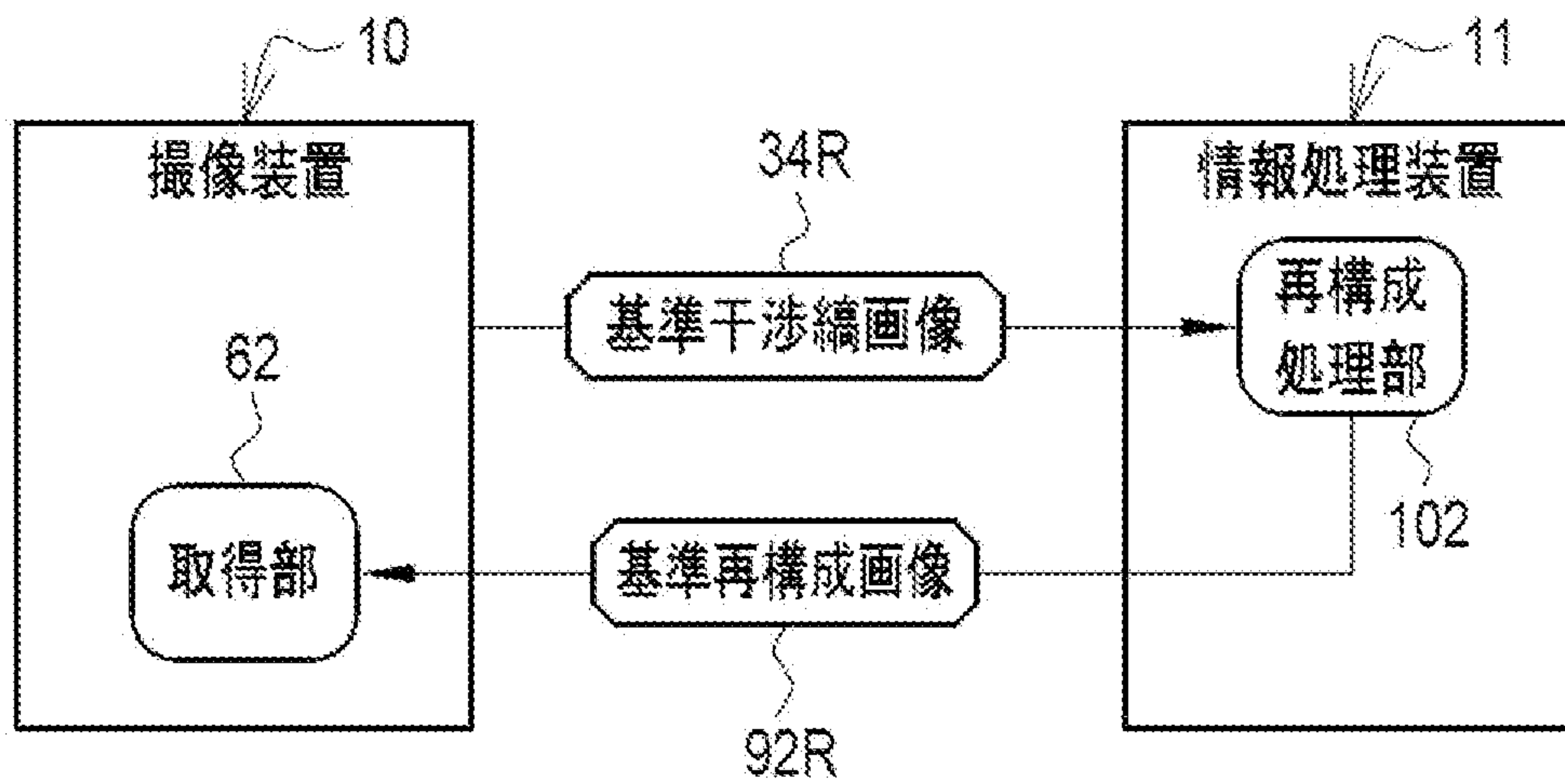
[図29]



[図30]

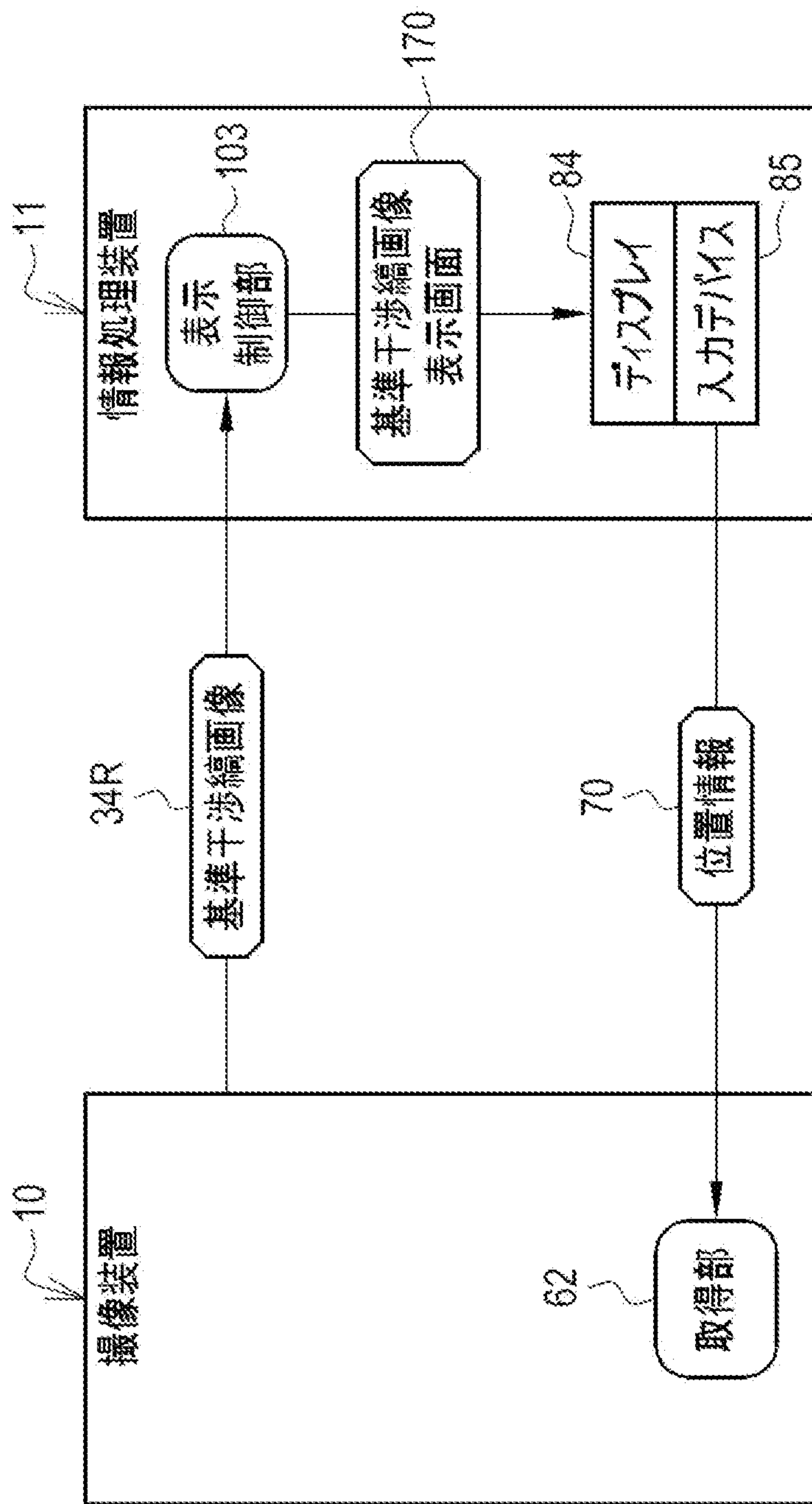


[図31]

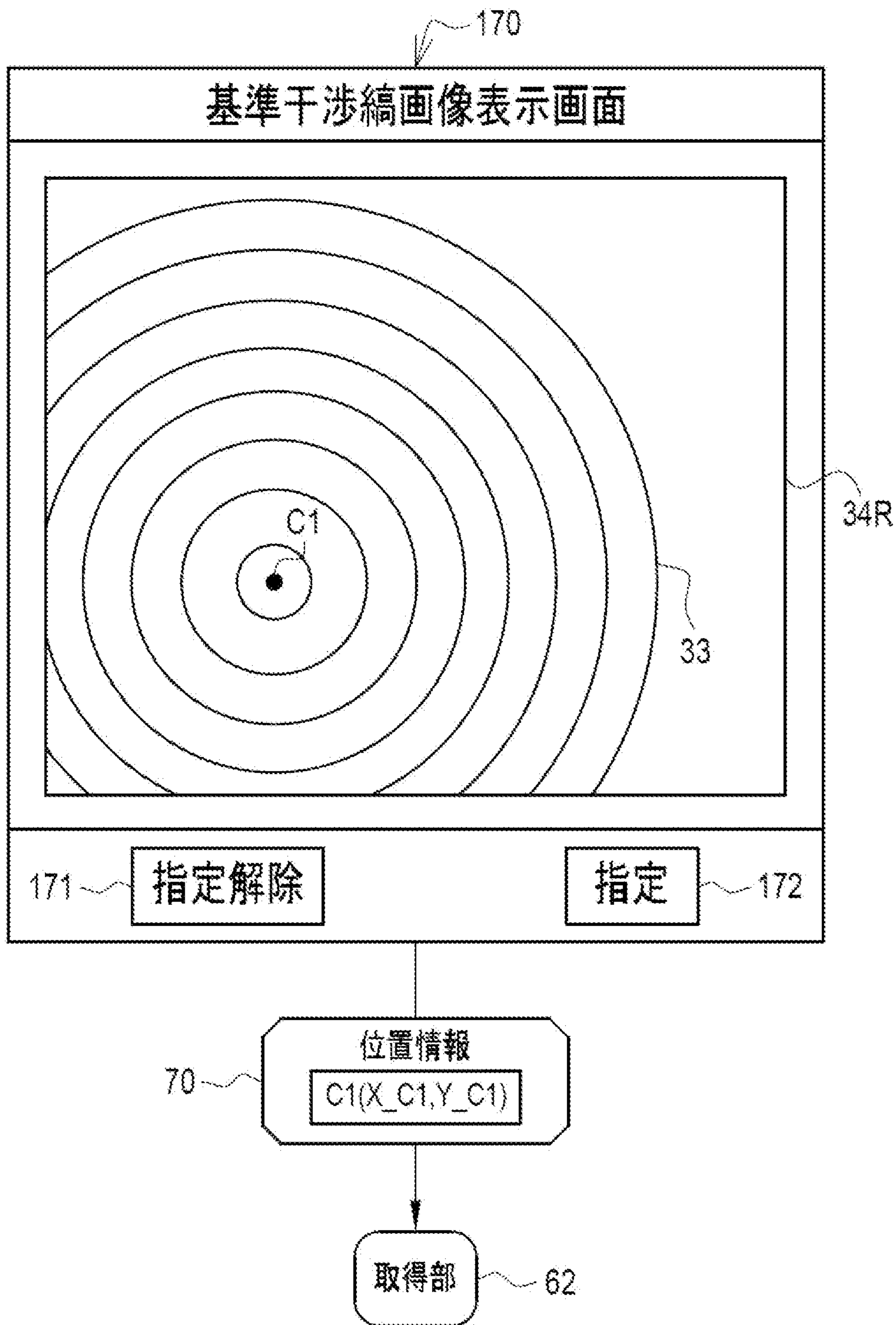




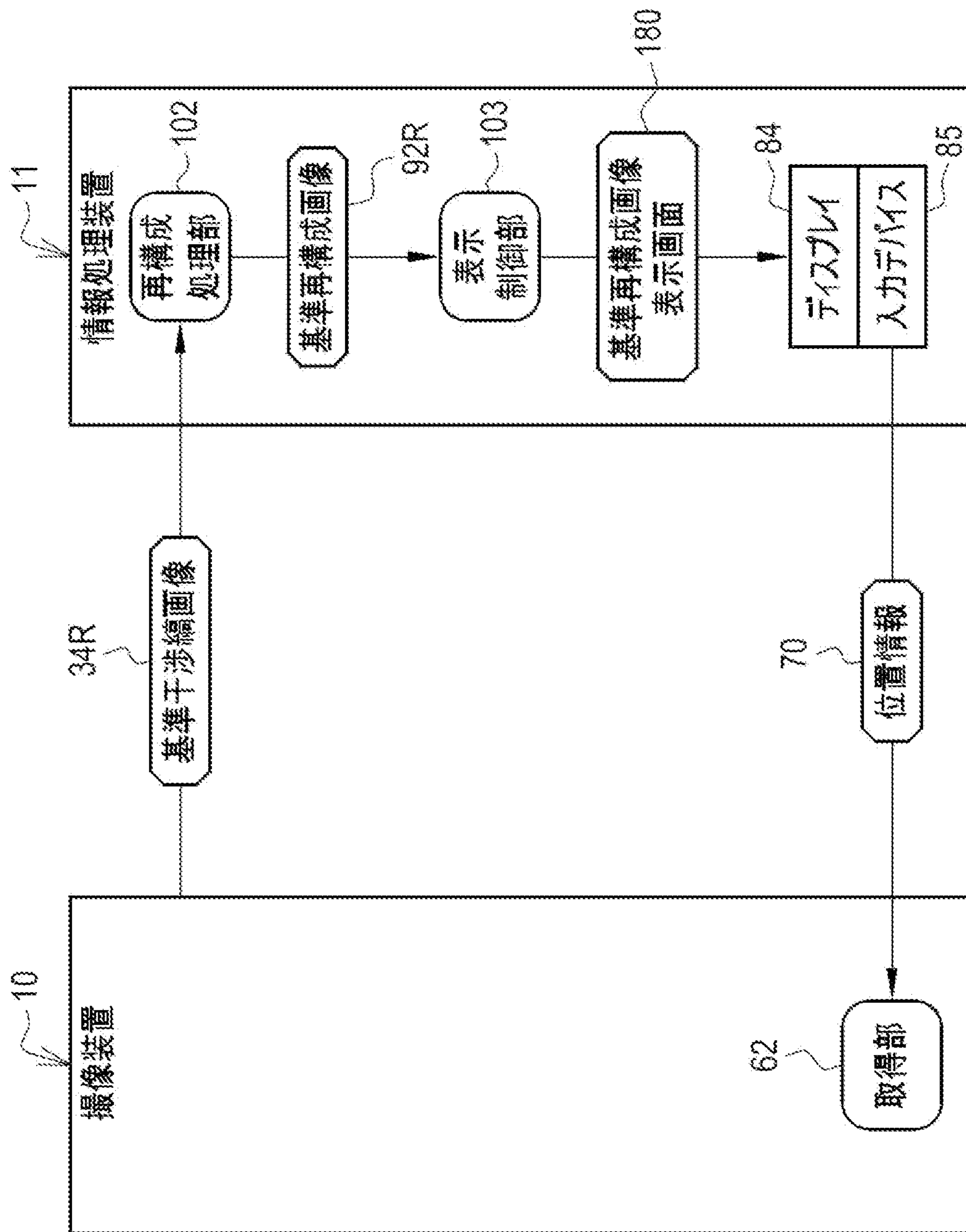
[図32]



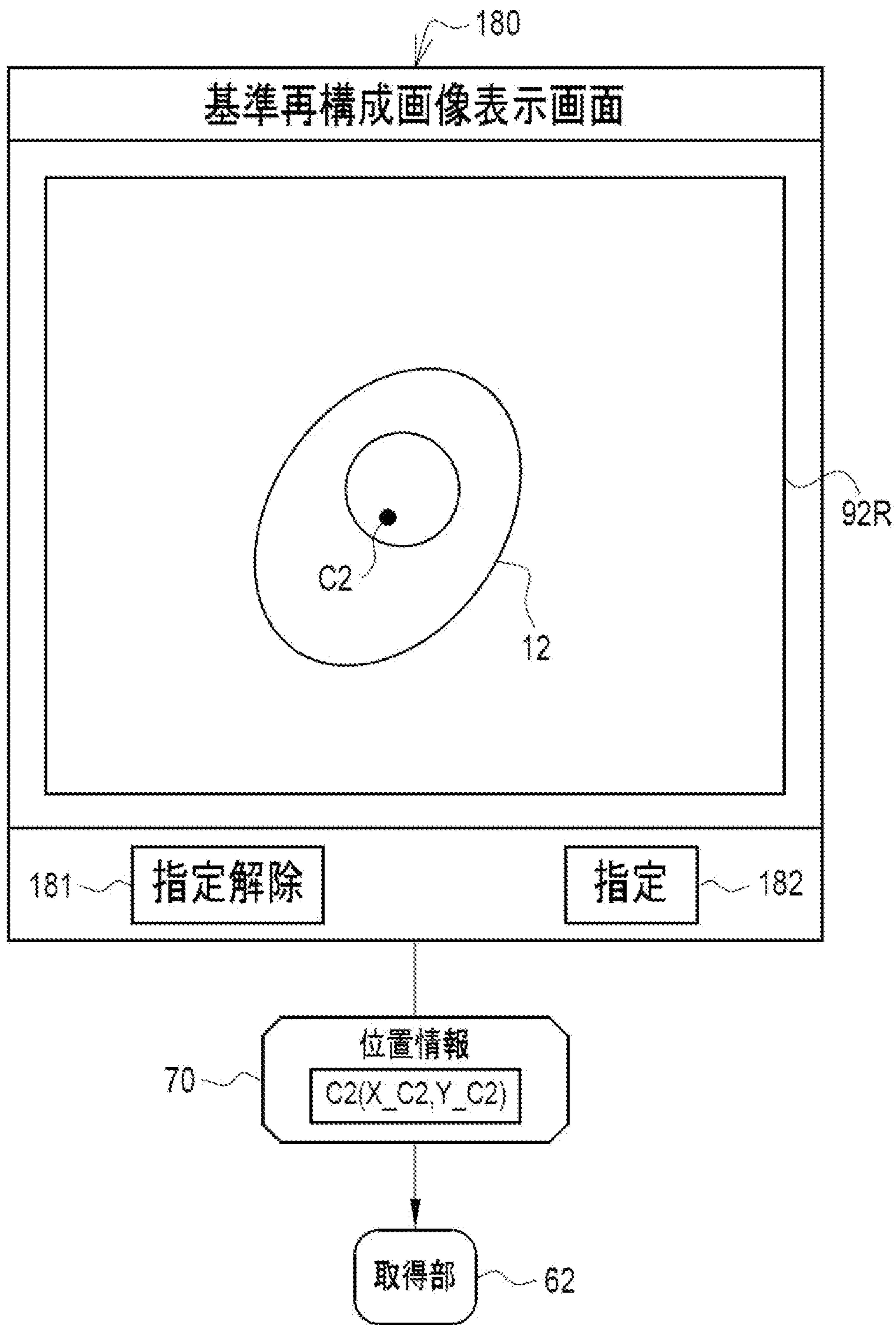
[図33]



[図34]

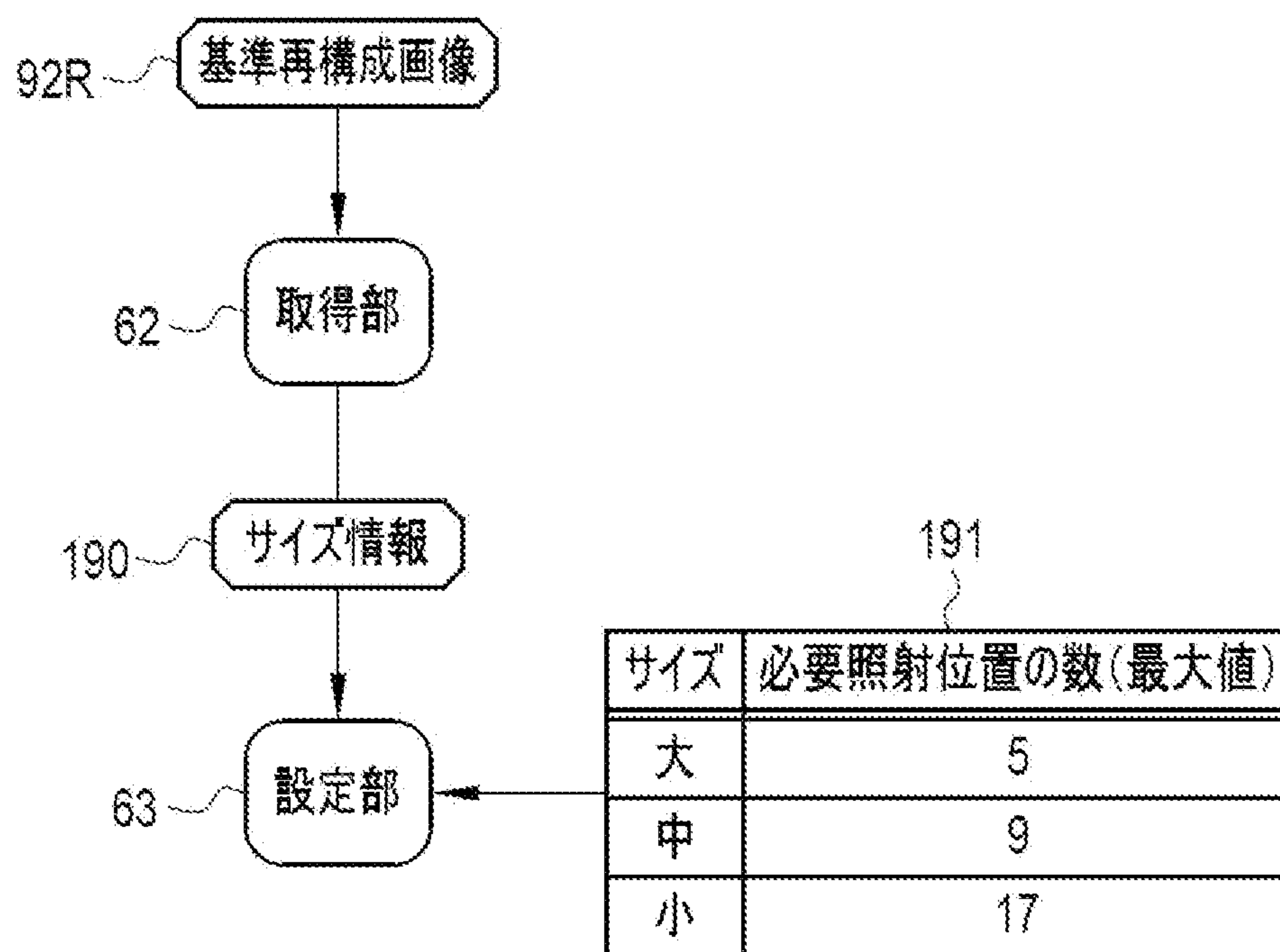


[図35]





[図36]



[図37]

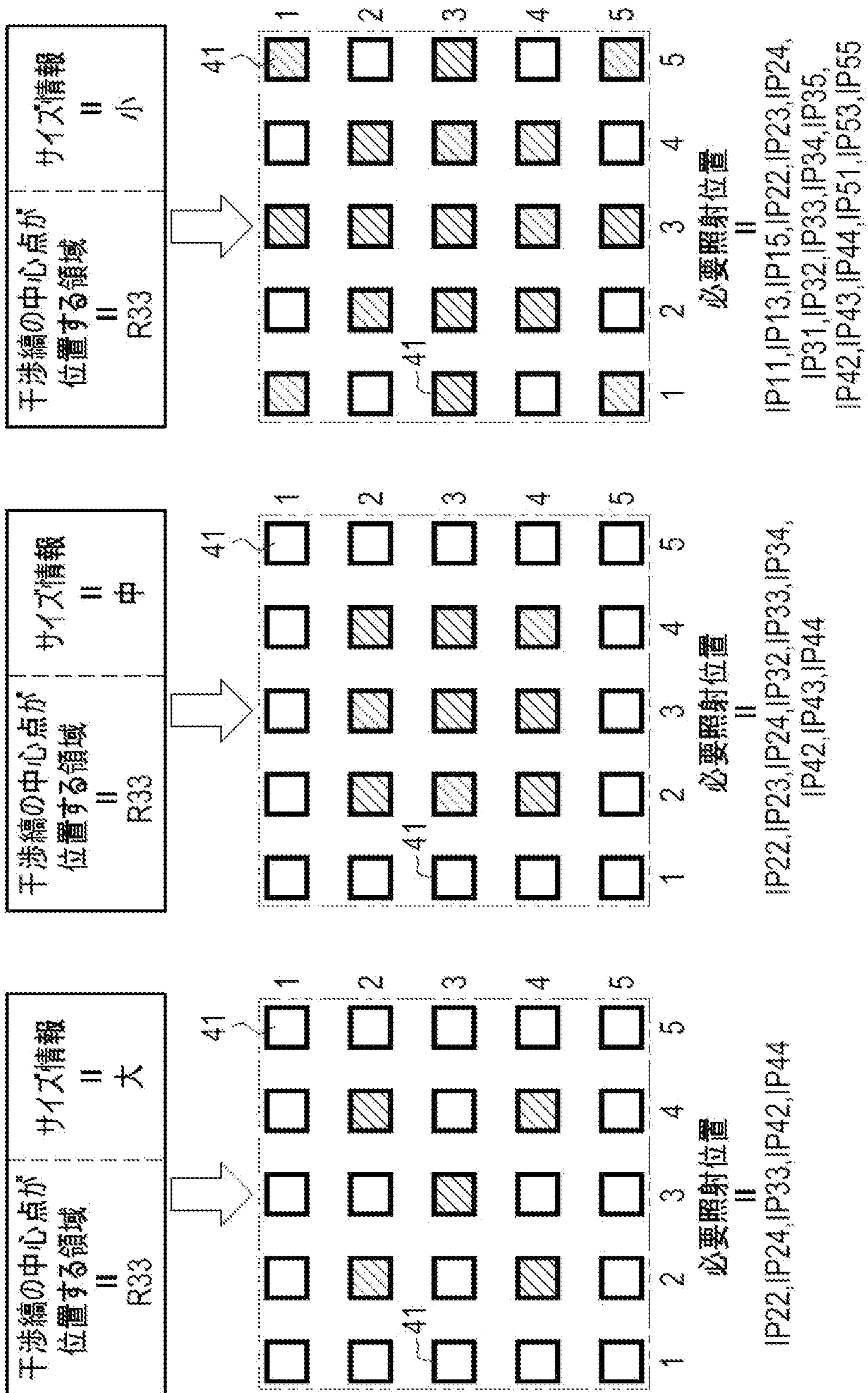
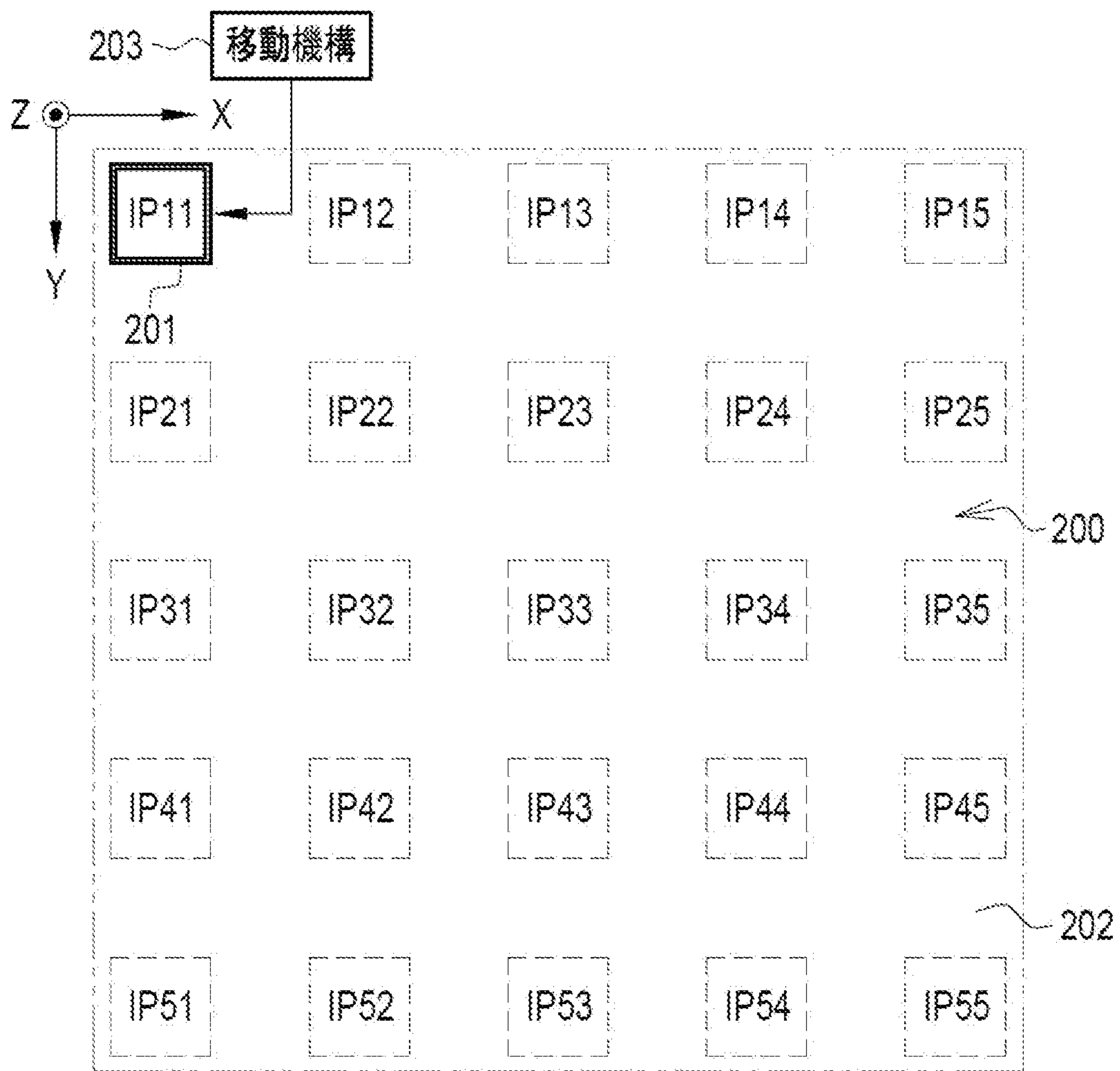


図37A

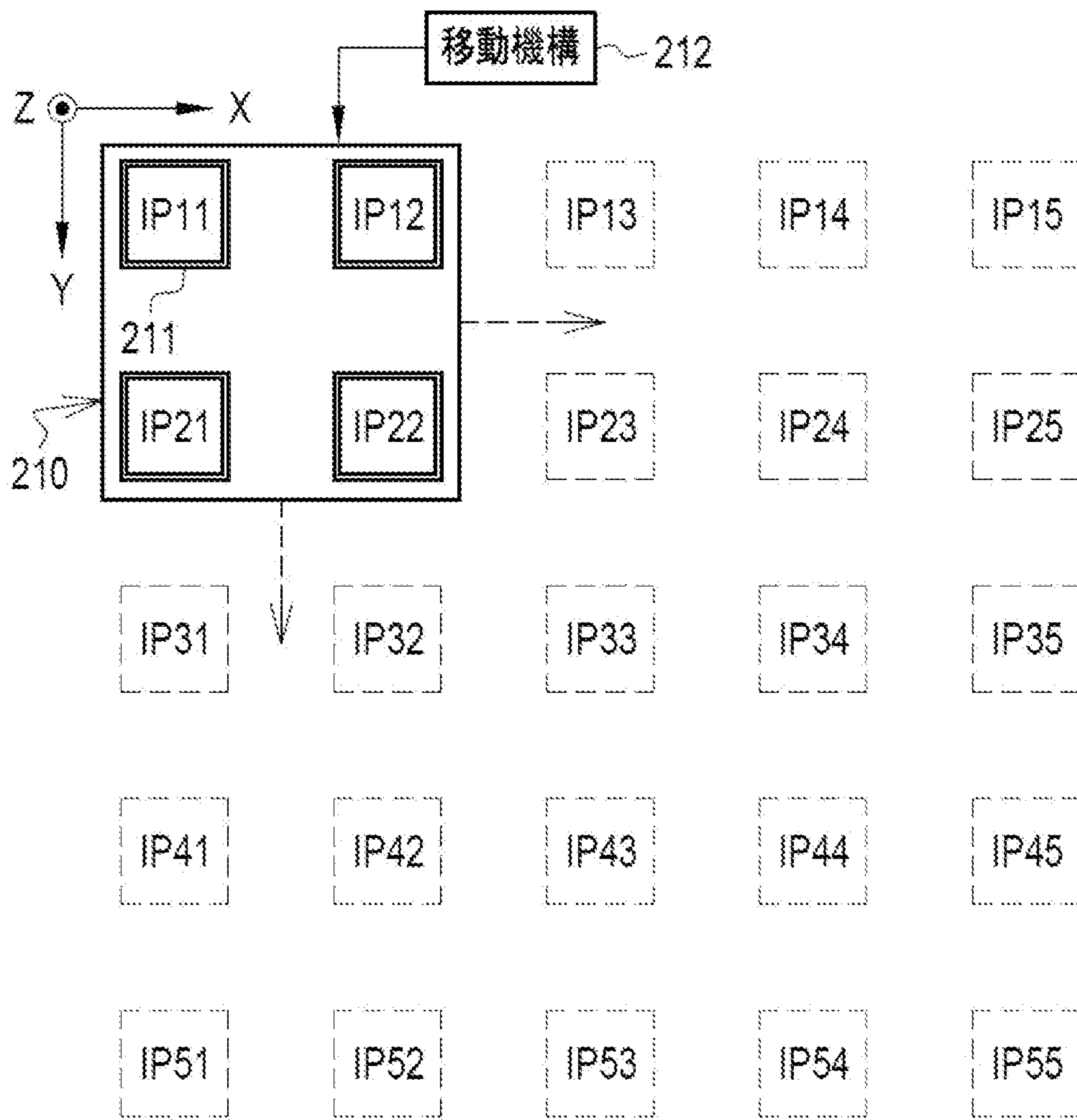
図37B

図37C

[図38]

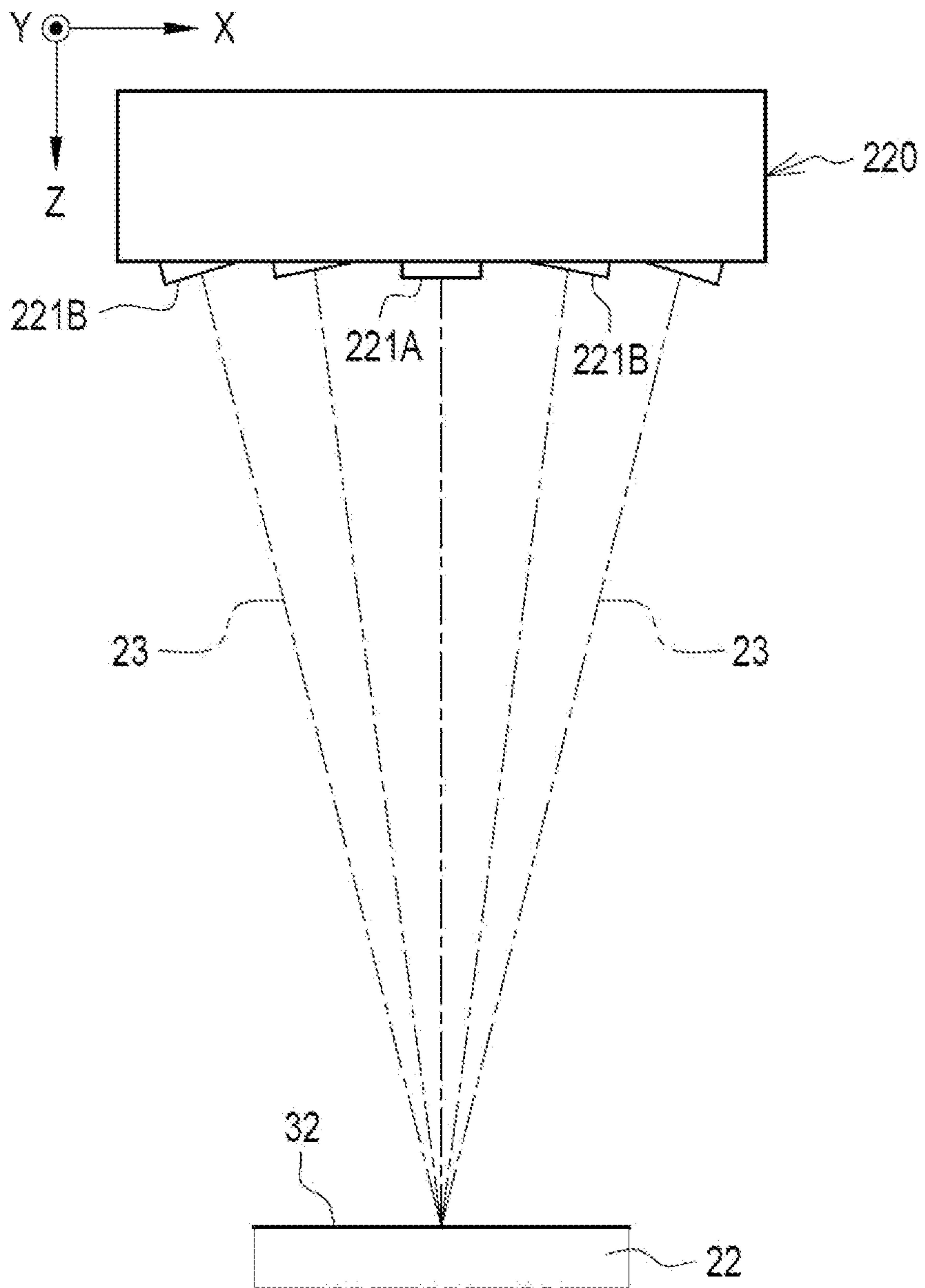


[図39]





[図40]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2020/038538

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

Int.Cl. G01B9/021(2006.01)i, G01B11/00(2006.01)i, G01N21/17(2006.01)i  
 FI: G01B11/00G, G01B9/021, G01N21/17A

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)

Int.Cl. G01B9/021, G01B11/00, G01N21/17

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-507645 A (THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA) 27 March 2014 (2014-03-27)	1-11
A	JP 2005-537518 A (UT-BATTELLE, LLC) 08 December 2005 (2005-12-08)	1-11
A	WO 2008/123408 A1 (NIKON CORPORATION) 16 October 2008 (2008-10-16)	1-11
A	WO 2013/046875 A1 (FUJIFILM CORPORATION) 04 April 2013 (2013-04-04)	1-11

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date  
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
 “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
 “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
 15 December 2020

Date of mailing of the international search report  
 28 December 2020

Name and mailing address of the ISA/  
 Japan Patent Office  
 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,  
 Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer  
  
 Telephone No.

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

International application No.  
PCT/JP2020/038538

JP 2014-507645 A	27 March 2014	US 2013/0280752 A1
JP 2005-537518 A	08 December 2005	US 2004/0042056 A1
WO 2008/123408 A1	16 October 2008	US 2008/0259345 A1
WO 2013/046875 A1	04 April 2013	US 2014/0209806 A1

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01B 9/021(2006.01)i; G01B 11/00(2006.01)i; G01N 21/17(2006.01)i FI: G01B11/00 G; G01B9/021; 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）） G01B9/021; G01B11/00; G01N21/17 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 - 2020年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2020年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2020年 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2014-507645 A (ザ・リージェンツ・オブ・ザ・ユニバーシティー・オブ・カリフォルニア) 27.03.2014 (2014 - 03 - 27)	1-11
A	JP 2005-537518 A (ユーター - バッセル, エルエルシー) 08.12.2005 (2005 - 12 - 08)	1-11
A	WO 2008/123408 A1 (株式会社ニコン) 16.10.2008 (2008 - 10 - 16)	1-11
A	WO 2013/046875 A1 (富士フイルム株式会社) 04.04.2013 (2013 - 04 - 04)	1-11
<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 15. 12. 2020	国際調査報告の発送日 28. 12. 2020	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 九鬼 一慶 2S 4404 電話番号 03-3581-1101 内線 3216	



国際調査報告  
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号  
PCT/JP2020/038538

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2014-507645	A	27.03.2014	US	2013/0280752	A1	
JP	2005-537518	A	08.12.2005	US	2004/0042056	A1	
WO	2008/123408	A1	16.10.2008	US	2008/0259345	A1	
WO	2013/046875	A1	04.04.2013	US	2014/0209806	A1	