

(19) Japan Patent Office (JP)

(12) **Japanese Unexamined Patent
Application Publication (A)**

(11) Japanese Unexamined Patent
Application Publication Number

2000-224462
(P2000-224462A)

(43) Publication date: August 11, 2000

(51) Int. Cl. ⁷	ID Code	FI	Theme Code (Reference)
H04N 5/232		H04N 5/232	Z 5C022
G03B 5/00		G03B 5/00	K 5C024
H04N 5/335		H04N 5/335	

Request for examination: Not yet requested: Number of claims: 18 Online (Total of 22 pages)

(21) Application number	H11-24841	(71) Applicant	000006079 MINOLTA CAMERA Co. OSAKA KOKUSAI BUILDING 2-3-13 AZUCHI-MACHI, CHUO-KU, OSAKA Z, OSAKA-FU
(22) Date of application	February 2, 1999	(72) Inventor	HARA, Yoshihiro c/o MINOLTA CAMERA Co. OSAKA KOKUSAI BUILDING 2-3-13 AZUCHI-MACHI, CHUO-KU, OSAKA Z, OSAKA-FU
		(74) Agent	100067828 Patent Attorney KOTANI, Etsuji (and 2 others)
		F Terms (Reference)	5C022 AA00 AA13 AB02 AB17 AB19 AB55 AC42 AC69 5C024 AA01 BA01 CA17 FA01 FA11

(54) [TITLE OF THE INVENTION] CAMERA SYSTEM

(57) [ABSTRACT]

[ISSUE] To carry out an image data correcting process simply and rapidly in a camera system that is able to capture a plurality of images using an imaging element, such as a CCD, and to correct for movement of an image, due to movement of a camera, during a period from capturing an earlier image through capturing a later image.

[NEED FOR RESOLUTION]

An image is captured by an imaging element that has an effective region that is larger than an actual screen size, an amount of movement of a camera over a period from a reference time until an image is captured is detected, and a rotational shake correction around two axes (an X axis and a Y axis) that are perpendicular to an optical axis (the Z axis) is carried out through shifting an image data readout region, to carry out the rotational shake correction around the optical axis (Z axis) through an image data rotating process or to carry out rotational shake corrections around X axis, the Y axis, and the Z axis simultaneously using an affine transformation.

[PATENTS CLAIMS]

[CLAIM 1]

A camera system for detecting an amount of movement of a camera during a period from a reference time until capturing an image, and for correcting image data from an imaging element, wherein:

the image data correction is a rotational shake correction around each axis of an orthogonal coordinate system wherein an optical axis of an imaging optics system is one coordinate axis, wherein rotational shake around the optical axis is corrected by a first method and rotational shake around two axes that are perpendicular to the optical axis is corrected by a second method that is other than the first method.

[CLAIM 2]

The camera system set forth in claim 1, wherein:

the rotational shake correction by the second method around the two axes that are perpendicular to the optical axis is carried out through shifting an image data readout region, and the rotational shake correction through the first method around the optical axis is carried out through a process for rotating the image data.

[CLAIM 3]

The camera system set forth in claim 2, wherein:

the shifting of the image data readout region through the second method in order to correct the rotational shake around the two axes that are perpendicular to the optical axis is carried out through a software process, and the rotation of the image data through the first method in order to correct rotational shake around the optical axis is carried out through a hardware process.

[CLAIM 4]

A camera system for detecting an amount of movement of a camera during a period from a reference time until capturing an image, and for correcting image data from an imaging element, wherein:

the image data correction is a rotational shake correction around each axis of an orthogonal coordinate system wherein an optical axis of an imaging optics system is one coordinate axis, wherein rotational shake correction around the optical axis is carried out after carrying out rotational shake correction around the two axes that are perpendicular to the optical axis.

[CLAIM 5]

The camera system set forth in claim 4, wherein:

rotational shake around the optical axis is corrected through a first method and rotational shake around the two axes that are perpendicular to the optical axis is corrected through a second method that is different from the first method.

[CLAIM 6]

The camera system set forth in claim 5, wherein:

the rotational shake correction by the second method around the two axes that are perpendicular to the optical axis is carried out through shifting an image data readout region, and the rotational shake correction through the first method around the optical axis is carried out through a process for rotating the image data.

[CLAIM 7]

A camera system for detecting an amount of movement of a camera during a period from a reference time until

capturing an image, and for correcting image data from an imaging element, wherein:

the image data readout region is larger than an actual screen size.

[CLAIM 8]

The camera system set forth in claim 7, wherein:

the image data readout region is shifted in accordance with a period from a reference time until capturing of the image.

[CLAIM 9]

The camera system set forth in claim 7 or 8, wherein:

the image data correction is a rotational shake correction around each axis of an orthogonal coordinate system wherein an optical axis of an imaging optics system is one coordinate axis, wherein rotational shake around the optical axis is corrected by a first method and rotational shake around two axes that are perpendicular to the optical axis is corrected by a second method that is other than the first method.

[CLAIM 10]

The camera system set forth in claim 9, wherein:

the rotational shake correction by the second method around the two axes that are perpendicular to the optical axis is carried out through shifting an image data readout region, and the rotational shake correction through the first method around the optical axis is carried out through a process for rotating the image data.

[CLAIM 11]

The camera system set forth in claim 9 or 10, wherein:

rotational shake correction around the optical axis through the second method is carried out after carrying out rotational shake correction around the two axes that are perpendicular to the optical axis through the first method.

[CLAIM 12]

The camera system set forth in any of claim 1 through 11, able to store a plurality of image data simultaneously, wherein an image data other than a reference image data is stored in a temporary storing region of a volume that is less than the volume of the reference image data, and wherein a compression method and/or compression ratio is varied depending on an imaging condition.

[CLAIM 13]

The camera system set forth in claim 12, wherein:

the imaging condition is an imaging subject brightness, an imaging count, an image data readout region, and/or a time from a reference time until capturing of an image.

[CLAIM 14]

The camera system set forth in claim 12 or 13, wherein:

a single image is generated using a plurality of image data.

[CLAIM 15]

The camera system set forth in claim 14, wherein:

the plurality of image data is obtained through imaging a substantially identical part of the imaging subject a plurality of times.

[CLAIM 16]

The camera system set forth in claim 15, wherein:

each image data is captured by an integration time that is equal to or shorter than a camera shake upper limit integration time.

[CLAIM 17]

The camera system set forth in any of claim 14 through 16, wherein:

the readout region for the image data captured is expanded gradually in a second cycle and beyond.

[CLAIM 18]

The camera set forth in claim 17, wherein:

the center of the image data readout region is shifted sequentially depending on the amount and direction of movement of the camera from capturing a first image data until capturing image data of a second cycle or beyond.

[DETAILED EXPLANATION OF THE INVENTION]

[0001]

[FIELD OF TECHNOLOGY OF THE PRESENT INVENTION]

The present invention relates to a camera system, such as a digital camera, video camera, or the like, that is able to correct shaking, using an imaging element such as a CCD (Charge Coupled Device).

[0002]

[PRIOR ART]

For example, a method has been proposed to improve the apparent resolution of an imaging element through performing partitioned imaging of an imaging subject using a digital camera that uses a solid-state imaging element, such as a CCD, and stitching together each of the images that are captured, such as disclosed in Japanese Unexamined Patent Application Publication H6-141228.

[0003]

Furthermore, conventionally, in the field of video cameras, camera shake in an image that is displayed on a monitor screen is corrected through detecting movement of a camera caused by the photographer shaking (camera shake) and shifting the image data, captured by an imaging element, in the opposite direction as the motion of the camera.

[0004]

In both the camera systems described above, an angular velocity sensor, or the like, is used to detect the direction and amount of movement of the camera in the vertical direction of the imaging element (the vertical direction or the Y-axial direction) and the crosswise direction (the horizontal direction or X-axial direction), to correct the readout position of the image data captured by the imaging element.

[0005]

[PROBLEM BY THE PRESENT INVENTION]

Components of camera shake include not just the vertical direction and horizontal direction of the imaging element, but also a rotational element around the optical axis of the imaging optics (the Z axis). However, in conventional video cameras camera shake correction has been carried out for only the vertical direction and horizontal direction of the imaging element, but rotational shake around the optical axis is not corrected. In the digital camera disclosed in the Japanese Unexamined Patent Application Publication H6-141228, of two images captured consecutively, identical parts of the imaging subject are correlated and a plurality of movement vectors is used to calculate, through a software-based calculating process, the rotational center of the image, the amount of rotation, and the amount of translational movement. Because of this, there are problem areas in that not only is the process for correcting image

data complex, but also that the calculations are time-consuming.

[0006]

Moreover, when capturing a plurality of images and stitching the images together and correcting camera shake in the conventional camera system, the image data readout region is constant, regardless of the period from the time at which the first image was captured (a reference time) until capturing of the images from the second cycle and beyond, so there has been a problem in that there is a risk that there will be defective correction of image data due to inadequate data in the screen peripheral region if the amount of movement of the camera during that period is large.

[0007]

The present invention was created to solve the problem areas in the conventional examples set forth above, and the object thereof is to carry out the image data correcting process simply, rapidly, and accurately, in a camera system that, when capturing a plurality of images, is able to correct the movement of the image through movement of the camera during the period after capturing of a previous image until capturing of a later image.

[0008]

[MEANS FOR SOLVING THE PROBLEM]

In order to achieve the object set forth above, a first camera system according to the present invention provides a camera system for detecting an amount of movement of a camera during a period from a reference time until capturing an image, and for correcting image data from an imaging element, wherein: the image data correction is a rotational shake correction around each axis of an orthogonal coordinate system wherein an optical axis of an imaging optics system is one coordinate axis, wherein rotational shake around the optical axis is corrected by a first method and rotational shake around two axes that are perpendicular to the optical axis is corrected by a second method that is other than the first method.

[0009]

In the configuration set forth above, the configuration may be such that the rotational shake correction by the second method around the two axes that are perpendicular to the optical axis is carried out through shifting an image data readout region, and the rotational shake correction through the first method around the optical axis is carried out through a process for rotating the image data.

[0010]

Additionally, the configuration may be such that the shifting of the image data readout region through the second method in order to correct the rotational shake around the two axes that are perpendicular to the optical axis is carried out through a software process, and the rotation of the image data through the first method in order to correct rotational shake around the optical axis is carried out through a hardware process.

[0011]

Additionally, a second camera system according to the present application provides a camera system for detecting an amount of movement of a camera during a period from a reference time until capturing an image, and for correcting image data from an imaging element, wherein: the image data correction is a rotational shake correction around each axis of an orthogonal coordinate system wherein an optical

axis of an imaging optics system is one coordinate axis, wherein rotational shake correction around the optical axis is carried out after carrying out rotational shake correction around the two axes that are perpendicular to the optical axis.

[0012]

In the configuration set forth above, the configuration may be such that rotational shake around the optical axis is corrected through a first method and rotational shake around the two axes that are perpendicular to the optical axis is corrected through a second method that is different from the first method.

[0013]

Additionally, the configuration may be such that the rotational shake correction by the second method around the two axes that are perpendicular to the optical axis is carried out through shifting an image data readout region, and the rotational shake correction through the first method around the optical axis is carried out through a process for rotating the image data.

[0014]

Additionally, a third camera system according to the present application provides a camera system for detecting an amount of movement of a camera during a period from a reference time until capturing an image, and for correcting image data from an imaging element, wherein the image data readout region is larger than an actual screen size.

[0015]

In the configuration set forth above, the configuration may be such that the image data readout region is shifted in accordance with a period from a reference time until capturing of the image.

[0016]

Additionally, the configuration may be such that the image data correction is a rotational shake correction around each axis of an orthogonal coordinate system wherein an optical axis of an imaging optics system is one coordinate axis, wherein rotational shake around the optical axis is corrected by a first method and rotational shake around two axes that are perpendicular to the optical axis is corrected by a second method that is other than the first method.

[0017]

Additionally, the configuration may be such that the rotational shake correction by the second method around the two axes that are perpendicular to the optical axis is carried out through shifting an image data readout region, and the rotational shake correction through the first method around the optical axis is carried out through a process for rotating the image data.

[0018]

Additionally, the configuration may be such that rotational shake correction around the optical axis through the second method is carried out after carrying out rotational shake correction around the two axes that are perpendicular to the optical axis through the first method.

[0019]

Additionally, the configuration may be such that there is the ability to store a plurality of image data simultaneously, wherein an image data other than a single reference image data is stored in a temporary storing region of a volume that is less than the volume of the reference image data, and

wherein a compression method and/or compression ratio is varied depending on an imaging condition.

[0020]

Additionally, the configuration may be such that the imaging condition is an imaging subject brightness, an imaging count, an image data readout region, and/or a time from a reference time until capturing of an image.

[0021]

Additionally, the configuration may be such that a single image is generated using a plurality of image data.

[0022]

Additionally, the configuration may be such that the plurality of image data is obtained through imaging a substantially identical part of the imaging subject a plurality of times.

[0023]

Additionally, the configuration may be such that each image data is captured by an integration time that is equal to or shorter than a camera shake upper limit integration time.

[0024]

Additionally, the configuration may be such that the readout region for the image data captured is expanded gradually in a second cycle and beyond.

[0025]

Additionally, the configuration may be such that the center of the image data readout region is shifted sequentially depending on the amount and direction of movement of the camera from capturing a first image data until capturing image data of a second cycle or beyond.

[0026]

[EMBODIMENTS OF THE INVENTION]

(FIRST EMBODIMENT)

A first embodiment of a camera system according to the present invention will be explained in reference to the drawings. The configuration of a digital camera that is a first embodiment, and the arrangement of each of the constituent elements, is first depicted in FIG. 1.

[0027]

An imaging lens 200 is provided in a center portion of a camera body 100. There is no particular limitation on the imaging lens 200, which may be replaceable with respect to the camera body 100, or may be fixed. Moreover, there is no particular limitation on the optics 201 of the imaging lens 200, but rather they may be of a variable focal distance type, such as with a zoom lens, or the like, or of a type with a fixed focal distance (a single focal distance lens), of a type wherein the focal point can be adjusted, of a type wherein the focal point is fixed, a type wherein the focal point is adjusted automatically, or the like.

[0028]

A solid imaging element 110, such as a CCD, is provided in the vicinity of a focal point position of the optics 201 on the optical axis Z (which may be termed the "Z axis") of the optics 201 of the imaging lens 200. As illustrated in FIG. 3, the imaging element 110 is, for example, of a type that is used in a video camera, or the like, that has a camera shake correcting function, having an effective region, indicated by the solid lines in the figure, that is larger, by a prescribed size in the up/down and left/right directions, than the actual screen size (the recorded image size), indicated by the dash-dot line in the figure, and able to

output pixel data through designating a prescribed region. Note that the numeric values in the figure depict examples of pixel counts in the imaging element 110. In recent years CCDs that have pixel counts of 1.50 million pixels and above have been used, given the increased pixel density ease of solid-state imaging elements. Moreover, as described below, when correcting image data it is necessary to rotate the image data around the Z axis, and thus image data of a region that is slightly wider than the actual screen size, as indicated by the dotted lines in the figure, is read out.

[0029]

Exposure adjustment is carried out exclusively by adjusting the electric charge accumulation time (integration time) by the imaging element 110. Note that the configuration may be such that an ND filter is inserted into the optics 201 if the brightness of the imaging subject is above a prescribed level, and a mechanical diaphragm may be provided.

[0030]

A shutter release button 101 is provided in the vicinity of the right end, when viewed from the photographer, of the top face of the camera body 100. Two-stage switches S1 and S2 are provided in the shutter release button 101, where the first switch S1 is turned ON when in a state wherein the finger of the photographer is placed on the shutter release button 101 or when the shutter release button 101 is pushed in partially. Moreover, the second switch S2 is turned ON when in a state wherein the shutter release button 101 is pushed in all the way.

[0031]

An X-axis angular velocity sensor 121, a Y-axis angular velocity sensor 122, and a Z axis angular velocity sensor 123, for detecting the amount of rotational shake around X axis (corresponding to the horizontal axis), Y axis (corresponding to the vertical axis), and the Z axis, in an orthogonal coordinate system wherein the optical axis of the optics 201 of the imaging lens 200 is used as the Z axis, are provided in the camera body 100. Gyros that use, for example, piezoelectric elements, or the like, may be used for the angular velocity sensors 121, 122, and 123.

[0032]

Moreover, a monitor device 130 that uses a liquid crystal display element, or the like, a recording device 140 for recording image data onto a recording medium 141 such as a memory card or floppy disk, and a controlling circuit 150 that is configured from a CPU, memory, and the like, are provided on the camera body 100. The monitor device 130 is used primarily as a viewfinder, and is not limited to being the size of the camera body 100, so may use, for example, a two-inch liquid crystal display element with about 80,000 pixels.

[0033]

A block structure of a controlling circuit 150 is depicted in FIG. 2. The controlling circuit has a light measuring sensor 301 configured from, for example, a silicon photodiode, or the like, for measuring the brightness of the imaging subject. The light measuring sensor 301 may be of a TTL type for measuring the brightness of a photographic subject image that is focused onto the imaging element 110 through the imaging lens 200, or of an external light type that measures light directly from the imaging subject. The

output of the light measuring sensor 301 is inputted into an integration time calculating portion 302, and an appropriate integration time T1 and a camera shake upper limit integration time T0 for the imaging element 110 are calculated. When the appropriate integration time T1 and camera shake upper limit integration time T0 are calculated, these data are inputted into an imaging count setting portion 303, where whether or not a plurality of imaging cycles is necessary, and an imaging count, if there will be a plurality of imaging cycles, are outputted to an overall controlling portion 300, described below. The camera shake upper limit integration time T0 will be described below.

[0034]

An overall controlling portion 300 is that which controls the sequence of the digital camera as a whole in the first embodiment, and controls an imaging element driving portion 304 using the appropriate integration time T1 and camera shake upper limit integration time T0, calculated by the integration time calculating portion 302, and the imaging count set by the imaging count setting portion 303. The imaging element driving portion 304 outputs, to the imaging element (CCD) 110, an integration start signal, integration end signal, and the like. The integration time of the imaging element 110 is controlled by the timings with which the integration start signal and the integration end signal are outputted. When the integration by the imaging element 110 has been completed, an image data reading portion 305 inputs, into the imaging element 110, a driving signal for transferring the electric charge that has accumulated in each pixel, to read out image data from the imaging element 110.

[0035]

When a plurality of cycles for imaging has been set by the imaging count setting portion 303, for the image data for the second cycle and beyond outputted from the image data reading portion 305, the image data correcting portion 306 corrects the image data for the period from capturing the first image through capturing images for each of the cycles from the second cycle and beyond. The method for correcting the image data will be described below.

[0036]

When a plurality of imaging cycles has been set by the imaging count setting portion 303, the image data accumulating portion 307 adds, to the first image data outputted from the image data reading portion 305, the image data for the second cycle and beyond that have been corrected by the image data correcting portion 306. That is, in the first embodiment, image data is corrected and the corrected image data is added each time an image is captured for the second imaging cycle and beyond. When the addition of the image data captured with the prescribed cycle count has been completed, the image data accumulating portion 307 outputs the accumulated data, as the final image data, to the image data processing portion 308 and the recording device 140.

[0037]

The image data processing portion 308 converts, into an NTSC signal or PAL signal, or the like, for displaying on the monitor device 130, the final image data accumulated by the image data accumulating portion 307, and outputs it to the monitor device 130. Moreover, the recording device

140 records and stores the final image data onto a recording medium 141, such as a memory card, floppy disk, or the like.

[0038]

Moreover, an X-axis detection processing circuit 309, a Y-axis detecting circuit 310, and a Z axis detecting circuit 311 are connected respectively to the X-axis angular velocity sensor 121, Y-axis angular velocity sensor 122, and Z axis angular velocity sensor 123, which are gyros that use piezoelectric elements. The analog outputs from each of the detecting circuit 309 through 311 are inputted into the camera shake detecting portion 312 and, after A/D conversion, are compared to respective time series, and are detected as amounts of rotational shake around the X axis, the Y axis, and the Z axis, and inputted into the overall controlling portion 300. The overall controlling portion 300 uses the amounts of rotational shake around each of the axes, from the camera shake detecting portion 312, to control the camera shake correction by the image data correcting portion 306.

[0039]

The camera shake upper limit integration time T_0 will be explained next. In a camera that uses, for example, 135-size silver chloride film, the value of $1/f$, which is the inverse of the focal distance f of the imaging optics, is used for the camera shake maximum shutter speed that corresponds to the camera shake upper limit integration time. For example, if the focal distance $f = 30$ mm, the camera shake maximum shutter speed would be $1/30$ seconds. The same as with a digital camera, the value that is $1/k \cdot f$, which is the inverse of that wherein the focal distance f of the imaging optics 201 has been multiplied by a correction coefficient k depending on the size of the imaging element 110 is used as the camera shake upper limit integration time T_0 .

[0040]

The camera shake limit shutter speed and camera shake upper limit integration time are back-calculated from the resolution of the human eye. That is, because image shaking cannot be detected if the amount of shaking on a print that is enlarged to a prescribed size or in an image that is reproduced on a monitor screen is less than the resolution of the human eye, there will be no camera shake in that image. The maximum amount of image shake for which the camera shake can be detected on the film or the imaging element 110 is calculated in consideration of the magnification rate of these images. Note that because, for a digital camera, image shake less than the pixel pitch of the imaging element 110 is not detectable, the values will be slightly different for the maximum image shake for which the camera shake can be detected in a digital camera and the maximum image shake for a camera using silver chloride film.

[0041]

On the other hand, when capturing an image when holding a camera, there will always be camera shake through, for example, cardiac pulse, regardless of the integration time. The camera shake is produced through movement of the optics 201 of the imaging lens 200 relative to the imaging subject. Consequently, the amount of image shake on the imaging element 110 is proportional to the image magnification rate with respect to the imaging subject, that is, proportional to the focal distance f of the

optics 201 of the imaging lens 200. Moreover, assuming that the focal distance (the image magnification) of the optics 201 of the imaging lens 200 and the camera shake speed remain constant, the amount of image shake on the imaging element 110 will be proportional to the integration time T . Consequently, defining the amount of image shake as D , this is expressed as $D \propto f \cdot T$. When the maximum image shake ΔD is a constant, this can be expressed as camera shake upper limit integration time $T_0 \propto \Delta D/f$. If the proportionality coefficient (correction coefficient) is k , then, as described above, the camera shake upper limit integration time $T_0 = 1/k \cdot f$.

[0042]

The relationship between the type of camera shake and the amount of image shake will be explained next in reference to FIG. 4 and FIG. 5. FIG. 4 relates to a case wherein there is camera shake in directions that are parallel to X-axial direction, the Y-axial direction, and the Z-axial direction. (a) depicts a state wherein there is no camera shake, where L_1 indicates the distance from the principal point of the optics 201 of the imaging lens 200, and L_2 indicates the distance from the principal point of the optics 201 to the imaging element 110. (b) depicts a case wherein the digital camera 100 is moved by a distance x in the X-axial direction (the horizontal direction). The image shake Δx on the imaging element 110 is expressed by $\Delta x = x \cdot L_2/L_1$. If $L_1 \gg L_2$, the image shake Δx can mostly be ignored. (c) depicts a case wherein the digital camera 100 is moved by an amount y in the Y-axial direction (the vertical direction). The image shake Δy on the imaging element 110 is similarly expressed by $\Delta y = y \cdot L_2/L_1$. If $L_1 \gg L_2$, the image shake Δy can also be ignored substantially. (d) depicts a case wherein the digital camera 100 is moved by an amount z in the Z-axial direction (the optical axial direction). In this case, the distance L_1 to the imaging subject O changes to $L_1 + z$, causing defocusing. However, when $L_1 \gg L_2$, there will be little defocusing of the image on the imaging element 110, and substantially no change in the size of the image. In this way, when there is movement in the X-axial direction and Y-axial direction, the image shake caused thereby will be inversely proportional to the distance L_1 to the imaging subject O , and thus the image shake will substantially not be a problem for imaging subjects that are far away. Moreover, movement in the Z-axial direction will not produce image shake.

[0043]

In contrast, FIG. 5 relates to the rotational shake produced around X axis, the Y axis, and the Z axis. (a) depicts a case wherein the digital camera 100 has rotated by θ_x in the X-axial direction. On the imaging element 110, this appears as image shake in the Y-axial direction, where the image shake Δy is expressed by $\Delta y = L_2 \tan \theta_x$. (b) depicts a case wherein the digital camera 100 has been rotated by θ_y in the Y-axial direction. On the imaging element 110 this appears as image shake in X-axial direction, where the image shake Δx is expressed by $\Delta x = L_2 \tan \theta_y$. (c) depicts a case wherein the digital camera 100 has been rotated by Δz in the Z-axial direction. The image on the imaging element 110 rotates by θ_z . In this way, rotational shake around X axis, the Y axis, and Z axis have a direct image shake, independent of the distance to the imaging subject O . The image shake for imaging subjects

in the distance is caused only by rotational shake. Consequently, in the present embodiment the X-axis angular velocity sensor 121, Y-axis angular velocity sensor 122, and Z axis angular velocity sensor 123 are used to detect the amounts of rotational shake around the X axis, the Y axis, and the Z axis.
[0044]

In order to prevent image shake, the integration time for the imaging element 110 should be no greater than the camera shake upper limit integration time T_0 . When a CCD is used as the imaging element 110, the sensitivity is about the same as for ISO 100 film. Given this, let us assume that the sensitivity of the imaging element 110 is defined as SV_5 , the iris F value of the optics 201 of the imaging lens 200 is defined as AV_4 (F_4), the focal distance f of the imaging optics 201 of the imaging lens 200 is 30 mm, and the correction coefficient k is defined as 1. In this case, the camera shake upper limit integration time T_0 will be TV_5 (1/30 seconds).
[0045]

Assuming here that the imaging subject brightness is BV_5 , the exposure EV that is appropriate for the imaging subject will be $EV = BV + SV$, so will be $EV 10$. Moreover, because $EV = AV + TV$, the appropriate integration time T_1 will be TV_6 (1/60 seconds), and there will be no camera shake. Back-calculating from this, no camera shake will occur until the imaging subject brightness is BV_4 .
[0046]

On the other hand, if the imaging subject brightness is less than BV_4 (for example, BV_3), then the appropriate integration time T_1 will be TV_4 (1/15 seconds), where the probability of camera shake occurring when imaging when held by hand will be extremely high. Given this, the digital camera of the present invention provides first and second anti-shake imaging functions for preventing camera shake when there is the possibility of camera shake when imaging when the camera is held by hand.
[0047]

The first anti-shake imaging relates to preventing camera shake in a mode wherein the captured image is not recorded, but rather a monitor image is merely displayed on the monitor device 130.
[0048]

As described above, although the actual screen size of the imaging element 110 is 1.40 million pixels, the monitor device 130 has only about 80,000 pixels. Consequently, if only displaying the image on the monitor device 130, all that is needed is one pixel data for every 16 pixel data of the pixels in the imaging element 110, that is one out of four in the vertical direction and one out of four in the horizontal direction. Given this, with the first anti-shake imaging function, three imaging element controlling modes are provided: a pixel non-summing mode wherein each of the pixel data of the imaging element 110 is outputted as-is, without a summing process, a two-pixel summing mode wherein two adjacent pixel data are summed together and outputted as data for a single pixel, and a four-pixel summing mode wherein a data for a total of four pixels, adjacent vertically and horizontally, are added together and outputted as data for a single pixel.
[0049]

In the pixel non-summing mode, the electric charges of each of the pixels in the imaging element 110 are outputted as-is as pixel data. In the two-pixel summing mode, the electric charges of two adjacent pixels are summed together, dividing in half the number of data in the image, but about doubling the sensitivity of each image data. That is, when the two-pixel summing mode is selected, the pixel density is divided in half but the sensitivity will be the equivalent of using twice as many imaging elements, causing the appropriate exposure time T_1 to be reduced by half. Similarly, in the four-pixel summing mode, the electric charges of a total of four pixels that are adjacent in the vertical and horizontal direction are summed together, so that the number of pixel data will be one-fourth as many but the sensitivity in each of the image data will be quadrupled. That is, when the four-pixel summing mode is selected, the pixel density will be reduced to one-quarter and the sensitivity will be equivalent to using quadrupled imaging elements, and the appropriate exposure time T_1 will be reduced to one-quarter.
[0050]

When the appropriate integration time T_1 is equal to or shorter than the camera shake upper limit integration time T_0 , there will be no camera shake in the image captured at the appropriate integration time T_1 , so the pixel non-summing mode is selected. On the other hand, if the appropriate integration time T_1 is longer than the camera shake upper limit integration time T_0 , then either the two-pixel summing mode or the four-pixel summing mode is selected, depending on the ratio of the appropriate integration time T_1 and the camera shake upper limit integration time T_0 . In the specific example set forth above, if the two-pixel summing mode is selected then there will be no camera shake even with an imaging subject brightness of BV_3 . Moreover, if the four-pixel summing mode is selected, there will be no camera shake even at an imaging subject brightness of BV_2 .
[0051]

Note that although in the present embodiment only up to a four-pixel summing mode is provided, an eight-pixel summing mode or 16-pixel summing mode may be provided as well. The configuration may be one wherein data for a single image is obtained through combining together data for a plurality of images captured in the four-pixel summing mode, as described below, in a case that cannot be handled even by the four-pixel summing mode.
[0052]

The second anti-shake imaging relates to preventing camera shake in a mode wherein image data is recorded on a recording medium, or the like, and then outputted to a printer, or the like, through a microcomputer, or the like. That is, the object of the second anti-shake imaging is to obtain a high-quality image without camera shake, and thus ultimately data for a single image is produced, in pixel non-summing mode in the first anti-shake imaging, described above, through combining together data for a plurality of images captured with integration times that are shorter than the camera shake upper limit integration time T_0 . Moreover, because the position of the camera will move between capturing the first image and capturing each of the images of the second cycle forward, the image data for the second

cycle and beyond is corrected and added to the first image data.

[0053]

Note that even in the second anti-shake imaging, each individual image is captured with an integration time that is equal to or shorter than the camera shake upper limit integration time, meaning that there will be no image shake (camera shake) despite having inadequate exposure. Additionally, because the positions of the images that are captured from the second cycle forward are corrected using the image that is captured first as a reference, strictly speaking this is correcting the positions of the images that are read out from the imaging element 110, which is different from imaging at the camera shake upper limit integration time and correcting an image wherein there is camera shake (camera shake correction).

[0054]

BASIC OPERATING SEQUENCE (MAIN ROUTINE)

The basic operating sequence for a digital camera according to the first embodiment will be explained next using the flowchart given in FIG. 6 and 7.

[0055]

First, when the main switch (not shown) on the camera body 100 is turned ON, the overall controlling portion 300 executes an initializing process to initialize the imaging element 110, to set the imaging lens 200 into a state wherein imaging is possible, and the like (Step #10). Next the overall controlling portion 300 determines whether or not the main switch has been turned OFF (Step #15), and if the main switch remains ON, determines whether or not the first switch S1 of the shutter release button 101 is ON (Step #20). If the first switch S1 is OFF (No in Step #20), the overall controlling portion 300 determines whether or not a prescribed time has elapsed since the power supply switch was turned ON (Step #25), and if the first switch S1 has not been ON for a prescribed time (Yes in Step #25), the overall controlling portion 300 jumps to a terminating process in Step #95, to reduce battery consumption. Moreover, processing will jump to the terminating process in Step #95 if the main switch is OFF in Step #15.

[0056]

If the prescribed time has not elapsed in Step #25, the overall controlling portion 300 waits for the first switch S1 to go ON while confirming that the main switch is ON. As described above, because the first switch S1 will be ON in a state wherein a finger is resting on the shutter release button 101 or a state wherein the shutter release button has been pushed part way in, it can be understood, from the first switch S1 being ON, that the user is ready to capture an image.

[0057]

When the first switch S1 goes ON (Yes in Step #20), the overall controlling portion 300 next determines whether or not the second switch S2 of the shutter release button 101 is ON (Step #30). If the second switch S2 is ON, this is an instruction from the user to capture an image for recording and storing, so processing jumps to Step #50 to carry out imaging through the second anti-shake imaging, described above.

[0058]

On the other hand, if the second switch S2 is not ON (No in Step #30), then an image for the monitor is requested,

and so to capture an image for the monitor, the integration time calculating portion 302 measures the imaging subject brightness from the output signal of the light measuring sensor 301 (Step #35), and calculates an appropriate integration time T1 and camera shake upper limit integration time T0 from the focal distance f of the optics 201 of the imaging lens 200 and the aperture value (F stop) (Step #40).

[0059]

When the appropriate integration time T1 and camera shake upper limit integration time T0 are calculated, the overall controlling portion 300, based on these values, selects the imaging mode from among the pixel non-summing mode, two-pixel summing mode, and four-pixel summing mode in the first anti-shake imaging described above (Step #45), and carries out anti-shake imaging in accordance with that mode (Step #50). The details of the mode selection in Step #45 and of the anti-shake imaging in Step #50 will be described below. When an image has been captured without camera shake through the anti-shake imaging in Step #50, the overall controlling portion 300 controls the image data accumulating portion 307 and the image data processing portion 308 to display it on the screen of the monitor device 130 (Step #55).

[0060]

Following this, the overall controlling portion 300 determines whether or not the second switch S2 of the shutter release button 101 is ON (Step #60). Steps #15 through #50, described above, are repeated until the second switch S2 is ON. When the second switch S2 goes ON, the user is requesting an image for recording, so even if the imaging subject brightness has already been measured in Step #35, the integration time calculating portion 302 measures the imaging subject brightness again from the output signal of the light measuring sensor 301 (Step #65), and calculates the appropriate integration time T1, camera shake upper limit integration time T0, imaging count C, and a control integration time T2 from the focal distance f of the optics 201 of the imaging lens 200 and the aperture value (F stop) (step #70). As an example, the imaging count C is that wherein the appropriate integration time T1 is divided by the camera shake upper limit integration time T0 and integerized, that is, $T2 = \text{INT}(T1/T0)$. Moreover, the control integration time T2 is that where the appropriate integration time T1 is divided by the imaging count C. In this case, T2 is approximately T0. Note that the control integration time T2 is not limited thereto, but only need be no greater than the camera shake upper limit integration time T0. Consequently, it may be $T2 = T1/(C + j)$ (where j is an arbitrary integer no less than 1) or $T2 = T1/j \cdot C$ (where j is an arbitrary integer no less than 1).

[0061]

When the imaging count C and control upper limit integration time T2 have been calculated, the overall controlling portion 300 carries out the anti-shake imaging following the second anti-shake imaging process, set forth above (Step #75). The details of the anti-shake imaging in Step #75 will be described below. In Step #75, when an image has been captured without shake, the recording device 140 records the final image data on a recording medium 141 (Step #80). Note that the final image data may be displayed on the monitor device 130.

[0062]

When the final image data has been recorded, the overall controlling portion 300 determines whether or not the first switch S1 of the shutter release button 101 is OFF, that is, whether or not the user has removed the finger from the shutter release button 101 (Step #85). If the first switch S1 is still ON (No in Step #85), the user intends to continue capturing images, and thus processing returns to Step #30, to prepare for capturing the next image.

[0063]

If the first switch is OFF (Yes in Step #85), the overall controlling portion 300 determines whether or not the main switch is OFF (Step #90). If the main switch is still ON (No in Step #90), processing returns to Step #20, to wait for the first switch S1 going ON. On the other hand, if the main switch has been turned OFF (Yes in Step #90), a terminating process, such as placing the imaging element 110 and the imaging lens 200 into a standby state, is carried out (Step #95), and the imaging is terminated.

[0064]

MODE SELECTING SUBROUTINE

The details of the mode selecting subroutine in Step #45 will be explained next referencing the flowchart depicted in FIG. 8.

[0065]

First, if the first switch S1 of the shutter release button 101 is ON but the second switch S2 is not ON, the integration time calculating portion 302 determines whether or not the appropriate integration time T1 is no more than the camera shake upper limit integration time T0 (Step #100).

[0066]

If the appropriate integration time T1 is no greater than the camera shake upper limit integration time T0 (Yes in Step #100), then a suitable image with no camera shake can be obtained even through driving the imaging element 110 with the appropriate integration time T1 as-is. Given this, the overall controlling portion 300 selects the pixel non-summing mode (Step #115). Moreover, the imaging count setting portion 303 sets $C = 1$ rather than calculating the imaging count C (Step #120). Concurrently with this, the integration time calculating portion 302 sets the appropriate integration time T1 as the control integration time T2 ($T2 = T1$) (Step #125).

[0067]

If the appropriate integration time T1 is longer than the camera shake upper limit integration time T0, there will be a high probability that there will be camera shake if an image is captured using the appropriate integration time T1, so the integration time calculating portion 302 determines whether or not the appropriate integration time T1 is no greater than an integration time $2 \cdot T0$ that is twice the camera shake upper limit integration time T0 (Step #130).

[0068]

If the appropriate integration time T1 is no greater than the integration time $2 \cdot T0$ that is twice the camera shake upper limit integration time T0 (Yes in Step #130), then an image with the appropriate exposure can be obtained, without camera shake, through imaging using the two-pixel summing mode. Given this, the overall controlling portion 300 selects the two-pixel summing mode (Step #135). In addition, the imaging count setting portion 303 sets $C = 1$

for the imaging count C, without carrying out any calculation (Step #140). Concurrently with this, the integration time calculating portion 302 sets the control integration time T2 to be an integration time that is one-half the appropriate integration time T1 ($T2 = T1/2$) (Step #145).

[0069]

On the other hand, if the appropriate integration time T1 is longer than the integration time $2 \cdot T0$ that is twice the camera shake upper limit integration time T0 (No in Step #130), then there is a high probability that there will be camera shake even if imaging is carried out in the two-pixel summing mode, described above. Given this, the overall controlling portion 300 selects the four-pixel summing mode (Step #150). In the present embodiment, only modes up through the four-pixel summing mode are provided, so it will not always be possible to obtain an image with a suitable exposure in a single imaging cycle, even when imaging in the four-pixel summing mode. Given this, the imaging count setting portion 303 calculates an imaging count C based on the appropriate integration time T1 and the camera shake upper limit integration time T0 (Step #155). Because the imaging count C is an integer, the quotient of the appropriate integration time T1 divided by the camera shake upper limit integration time T0 is integerized by rounding up. Note that if the appropriate integration time T1 is no greater than an integration time $4 \cdot T0$ that is four times the camera shake upper limit integration time T0, it would be possible to obtain an image with the appropriate exposure and without camera shake in a single imaging cycle, so C is set to 1. Following this, when the imaging count C has been set, the integration time calculating portion 302 sets, as the control integration time T2, the appropriate integration time T1 divided by the imaging count C ($T2 = T1/C$) (Step #160).

[0070]

When the imaging mode, imaging count, and control integration time T2 have been set as described above, the mode selecting subroutine is terminated and processing jumps to the anti-shake imaging subroutine depicted in FIGS. 9 and 10. Because the anti-shake imaging subroutine in Step #50 of FIG. 6 and 7 is substantially identical to the anti-shake imaging subroutine in Step #75, the two will be explained together.

[0071]

ANTI-SHAKE IMAGING SUBROUTINE

The anti-shake imaging subroutine in Steps #50 and #75 are depicted next in FIGS. 9 and 10. First, when the anti-shake imaging subroutine is started, the overall camera controlling portion 300 sets a detection mode (Step #200).

[0072]

Because the object of the first anti-shake imaging is to obtain an image for displaying on the monitor device 130, there is no need for perfect image data correction, but rather there will be an adequate effect on the screen through correcting using high frequencies alone. Moreover, because the correction is through using high frequencies alone, the position for reading out the image of the imaging element 110, described above, will not be too near the edge of the imaging element 110, making it possible to avoid a state wherein image data correction is not possible when the second switch S2 of the shutter release button 101 is turned ON thereafter to capture an image for recording.

Consequently, the high-frequency mode is selected as the detection mode so as to correct only the high-frequency component (between 5 and 20 Hz).
[0073]

On the other hand, in the case of the second anti-shake imaging, image data is captured for recording, and thus it is necessary to carry out the maximum image data correction over the entire range from low-frequency through high-frequency (0.1 through 20 Hz). Because of this, the full range (low frequency) mode is selected as the detection mode. Note that having low frequency be from 0.1 Hz is so as to be not affected by the DC drift error present in the angular velocity sensors 121 through 123. Note that when imaging with the camera held by a person, it is adequate to detect shaking at between about 0.1 and 20 Hz, and other frequencies can be regarded as noise and removed.
[0074]

When the detection mode has been set, the overall controlling portion 300 resets the counter n for counting the imaging count (n = 0) (Step #205), and controls the imaging element driving portion 304 to start integration in the imaging element 110 (to start imaging) (Step #210). When the integration by the imaging element 110 is started, a determination is made as to whether or not the time since the start of integration has reached the control integration time T2 that has been set as described above, that is, whether or not the integration has been completed (Step #215).
[0075]

When the integration by the imaging element 110 has been completed, the camera shake detecting portion 312 reads in initial data for camera shake detection (Step #220). Specifically, the amounts of rotation (analog data) around each of the axes, from the X-axis angular velocity sensor 121, the Y-axis angular velocity sensor 122, and the Z axis angular velocity sensor 123, are subjected to A/D conversion by an X-axis detection processing circuit 309, a Y-axis detection processing circuit 310, and a Z axis detection processing circuit 311, and stored in memory as detx (0), dety (0), and detz (0).
[0076]

Concurrently with this, the overall controlling portion 300 controls the image data reading portion 305 to read out the image data from the imaging element 110 (Step #225), to read the data from the screen center position (x = 0, y = 0) of the imaging element 110 (Step #230). The image data that has been read out is the first image data, and thus no correction is applied to the image data by the image data correcting portion 306, and the image data that has been read out (the current image data) is transferred to the image data accumulating portion 307 and stored (accumulated) therein (Step #235).
[0077]

When the image data has been stored in the image data accumulating portion 307, the overall controlling portion 300 increments the counter n by 1 (Step #240), and determines whether or not the imaging count n has reached the imaging count C that has been set (Step #245). In this case, this is the first cycle of imaging and n = 1. If imaging with two or more cycles (No in Step #245), the overall controlling portion 300 controls the imaging element controlling portion 304 to start integration (capturing) of

the image for a second cycle using the imaging element 110 (Step #250). When integration by the imaging element 110 has been started, a determination is made as to whether or not the time since the start of integration has reached the control integration time T2 that has been set, as described above, that is, as to whether or not the integration has been completed (Step #255).
[0078]

When integration by the imaging element 110 has been completed, the camera shake detecting portion 312 reads in the camera shake detection data detx (n), dety (n), and detz (n) (where, in this case, n = 1) (Step #260). When the camera shake detection data has been read in, the overall controlling portion 300 uses the camera shake detection initial data, which had been read in before, to calculate the amounts of camera shake Δdetx , Δdety , and Δdetz (Step #265). The calculations for the amount of camera shake use the following equations:
[0079]

$$\Delta\text{detx} = \text{detx}(n) - \text{detx}(0)$$

$$\Delta\text{dety} = \text{dety}(n) - \text{dety}(0)$$

$$\Delta\text{detz} = \text{detz}(n) - \text{detz}(0)$$

When the amount of camera shake has been calculated, the overall controlling portion 300 carries out a count conversion in order to convert from the shake detection value to a shake correction value (Step #270). The count conversion is carried out using the following equations:
[0080]

$$px = ax \cdot \Delta\text{dety}$$

$$py = ay \cdot \Delta\text{detx}$$

$$degz = az \cdot \Delta\text{detz}$$

Note that here ax is a conversion coefficient for calculating an image readout position px, for the X-axial direction, from the rotational shake value Δdety around the Y axis, ay is a conversion coefficient for calculating the image readout position py in the Y-axial direction from the rotational shake value Δdetx around X-axial direction, and az is a conversion coefficient for calculating the image rotation degz around the Z-axial direction from the rotational shake value Δdetz around the Z axis.
[0081]

When the count conversion has been completed, the image data correcting portion 306 reads out the X-direction and Y-direction position correction data px and py for correcting the range for reading out image data from the imaging element 110 (Step #275), and after moving the screen center to the correct position, controls the image data reading portion 305 to read out, as image data, the pixel data (the electric charge for each pixel) in the prescribed range on the imaging element 110 (Step #280).
[0082]

When the image data of the prescribed range have been read out, the image data correcting portion 306 uses the amount of image rotation degz around the Z axis to rotate, by -degz, the image data that has been read out (Step #285). Through this image data correcting process, the image data captured in the second cycle will be image data that has been corrected by the amount of movement of the camera, due to shaking by the user, in respect to the image data that was imaged first. The correct image data is accumulated in the image data accumulating portion 307 (Step #290). Accumulating image data in the image data accumulating

portion 307 while successively correcting the image data eliminates the need for a temporary storage of memory for storing temporarily the image data prior to correction. Moreover, because the image data are processed quickly, there is the benefit of having nearly no latency after capturing an image before the image can be displayed on the monitor device 130.

[0083]

When the corrected image data has been stored, processing returns to Step #240, where the counter n is incremented by 1 and a determination is made as to whether or not the imaging count n has reached the imaging count C that has been set (Step #245). Steps #250 through #290 are repeated until the imaging count n reaches the imaging count C that has been set. When the imaging count n reaches the imaging count C that has been set, image data (electric charge) for the appropriate amount of exposure will have been accumulated in the image data accumulating portion 307, so the anti-shake imaging routine is terminated, and processing transfers to the image display subroutine of Step #55 or the image data recording subroutine of Step #80.

[0084]

Here the image data correcting processes of Steps #275 through #285 are displayed in FIG. 11 (a) and FIG. 11 (b). In FIG. 11 (a), the point $S1$ indicates the screen center in the image that is captured first, and point $S2$ indicates the screen center in the image that is captured in the second cycle. Moreover, the crosshairs over the point $S1$ indicates the spatial count components in the X-axial direction and Y-axial direction in the image that was captured first, and the crosshairs over point $S2$ indicates the rotation made by the crosshairs over the point $S1$ around the Z axis.

[0085]

As can be understood from FIG. 11 (a), through the camera undergoing rotational shake around X axis and the Y axis during the period from the first imaging up through imaging in the second cycle, the image on the imaging element 110 underwent translation by (px, py) , respectively, in the X-axial direction and the Y-axial direction. Moreover, the image underwent a rotation of $degz$ around the Z axis through rotational shake around the Z axis. Note that regions $R1$ and $R2$, indicated by the dotted lines in FIG. 11 (a), indicate the sizes of the images read out with the respective points $S1$ and $S2$ as the centers. When the region $R2$ is translated by $(-px, -py)$ in the X-axial direction and the Y-axial direction, respectively, region $R2$ and region $R1$ will be completely duplicative (not shown due to obviousness). However, still the image of region $R2$ will be rotated by the amount $degz$ around the Z axis with respect to the image of region $R1$, and thus the two cannot be combined together as-is.

[0086]

Given this, as depicted in FIG. 11 (b), when in the state wherein point $S2$ has been moved onto point $S1$, region $R2$ is rotated by $-degz$, centered on the point $S2$. Translating the readout position of the image data in the X-axial direction and the Y-axial direction and then rotating, around the Z axis, the image data that has been read out in this way, makes it possible to combine the image that was captured in the second cycle so as to match perfectly onto the image that was captured first. Moreover, because the

overlapping parts of region $R1$ and the region $R2$ that has been rotated will be bigger than the actual screen size $R0$, indicated by the dotted line, there will be no omissions of image data or inconsistencies in the amount of exposure, even in the edge parts of the combined image.

[0087]

Note that the correction in the X-axial direction and the Y-axial direction can be achieved through reading out the image data from the imaging element 110 and then applying translational motion to the region $R2$ in X-axial direction and the Y-axial direction, and can be handled relatively easily through a software process such as adding or subtracting prescribed pixel counts, depending on the respective amounts of movement, all at once to the addresses, in the X-axial direction and Y-axial direction, of the pixels for which the data is to be read out. On their hand, when processing the correction for rotating around the Z axis in software, the pixel counts that should be added or subtracted to the pixel addresses will change depending on the distance of the pixels from the center of rotation, making the process extremely complex, and making the processing time extremely long. Because of this, preferably the correction of the rotation around the Z axis is processed in hardware, using a dedicated IC, or the like.

[0088]

Additionally, when the corrections for X-axial direction and the Y-axial direction and the rotational correction around the Z axis are each done independently, preferably the rotational correction around the Z axis is carried out after performing the corrections for the X-axial direction and the Y-axial direction, as described above. The reason for this is that it is not possible to rotate around only the screen center $S1$ when performing the rotation around the Z axis through processing in hardware using a dedicated IC. If the rotational correction around the Z axis were done first followed by the corrections to the X-axial direction and the Y-axial direction, it would not be possible to combine the images because the point $S2$ could not be aligned with the position of the point $S1$, as depicted in FIG. 12.

[0089]

FIG. 12 (a) is drawn exaggerated with the points $S1$ and $S2$, depicted in FIG. 11 (a), and the respective crosshairs thereon, enlarged. Moreover, the point $S2'$ and the crosshair depicted with the dotted lines are those wherein the point $S2$, and the crosshairs thereon, have undergone $-degz$ rotation around the point $S1$ that is the screen center. The point S'' , and the crosshairs indicated by the double dotted line, in FIG. 12 (b) show the state wherein there have been translations of $(-px, -py)$ in the X-axial direction and the Y-axial direction from the point $S2'$ in FIG. 12 (a). As can be appreciated from the drawing, when the rotational correction around the Z axis is carried out first followed by the translations in the X-axial direction and the Y-axial direction, the image of the point $S2$ will move to a position other than that of the point $S1$, rather than being placed coincident with the point $S1$. When an image to which such a correction has been made is combined anyway, the result will be an image that is misaligned in the X-axial direction and Y-axial direction (an image wherein two lines are blurred). Consequently, the sequence with which the image corrections are performed, as described above, is important.

[0090]

IMAGE DISPLAY SUBROUTINE

The image display subroutine of Step #55 in FIGS. 6 and 7 is depicted next in FIG. 13. As described above, the pixel count corresponding to the actual screen size of the imaging element 110 is about 1.40 million pixels. In contrast, the pixel count of the monitor device 130 is about 80,000 pixels. Consequently, when displaying the image, data for a single pixel to be displayed should be constructed from data from 16 pixels of the imaging element 110.
[0091]

When the image data has been obtained in Step #50, the image data processing portion 308 determines whether or not the imaging mode selected in Step #45 is the four-pixel summing mode (Step #300). If the four-pixel summing mode is selected (Yes in Step #300), the image data processing portion 308 selects the four-pixel summing mode (Step #305) and generates image data for display by processing the image data as described below.
[0092]

In Step #50, the image data (electric charge) accumulated in each pixel of the image data accumulating portion 307 produces the precisely appropriate amount of exposure through something for four pixels that are adjacent vertically and horizontally. Consequently, the image data processing portion 308 reads out image data accumulated in the image data accumulating portion 307 (Step #310) and reads out and sums pixel data for four pixels that are adjacent vertically and horizontally from among 16 pixel data of the imaging element 110 corresponding to a single pixel on the monitor device 130, or, after summing pixel data for all 16 pixels, generates the pixel data for displaying one pixel by dividing that by four. This process is executed for about 80,000 pixels to generate the image data for display (Step #315).
[0093]

If, in Step #45, the four-pixel summing mode is not selected (No in Step #300), the image data processing portion 308 determines whether or not the imaging mode selected in Step #45 is the two-pixel summing mode (Step #320). If the two-pixel summing mode is selected (Yes in Step #320), the image data processing portion 308 selects the two-pixel summing mode (Step #325), and carries out the image data processing as described below to generate the image data for display.
[0094]

In Step #50, the image data (electric charge) accumulated in each pixel of the image data accumulating portion 307 produces the precisely appropriate amount of exposure through something for two pixels that are adjacent horizontally. Consequently, the image data processing portion 308 reads out image data accumulated in the image data accumulating portion 307 (Step #330) and reads out and sums pixel data for two pixels that are adjacent horizontally from among 16 pixel data of the imaging element 110 corresponding to a single pixel on the monitor device 130, or, after summing pixel data for all 16 pixels, generates the pixel data for displaying one pixel by dividing that by eight. This process is executed for about 80,000 pixels to generate the image data for display (Step #335).
[0095]

If, in Step #45, the pixel non-summing mode is selected (No in Step #320), the image data processing portion 308 selects the pixel non-summing mode (Step #340), and carries out the image data processing as described below to generate the image data for display.
[0096]

The image data (electric charge) accumulated in each pixel of the image data accumulating portion 307 in Step #50 is the precisely appropriate amount of exposure. Consequently, the image data processing portion 308 reads out image data accumulated in the image data accumulating portion 307 (Step #345) and either reads out one of the pixels from among 16 pixel data of the imaging element 110 corresponding to a single pixel on the monitor device 130, or, after summing pixel data for all 16 pixels, generates the pixel data for displaying one pixel by dividing that by 16. This process is executed for about 80,000 pixels to generate the image data for display (Step #350).
[0097]

When the image data for display has been generated, the image data for display is stored in a display data memory (Step #355), and after conversion into an NTSC signal or PAL signal, or into data signals for each of the RGB colors, the data is outputted, at prescribed intervals, to the monitor device 130 (Step #360). The image display subroutine is completed thereby.
[0098]

IMAGE DATA RECORDING SUBROUTINE

The image data recording subroutine of Step #80 in FIGS. 6 and 7 is depicted next in FIG. 14. When the image data for recording has been accumulated in the image data accumulating portion 307 in Step #75, the overall controlling portion 300 controls the recording device 140 to read out the image data that has been accumulated in the image data accumulating portion 307 (Step #400), samples the image data that has been read out, and generates image data for display or thumbnail image data (for example, 100 pixels vertically and 140 pixels horizontally) for checking the image (Step #405). Moreover, the image data that has been read out is subjected to data compression using, for example, JPEG compression, or the like (Step #410).
[0099]

Moreover, prescribed header data, such as the file name, image resolution, compression ratio, and the like, is generated (Step #415), and the header data, thumbnail image data, and product image data are combined into a single file (Step #420), and the combined data is recorded on the recording medium 141 (referencing FIG. 1) (Step #425), to complete the image data recording subroutine.
[0100]

(SECOND EMBODIMENT)

A second embodiment of a camera system of the present invention will be explained next in reference to the drawings. Note that because the configuration of the digital camera and arrangement of the various constituent elements in the second embodiment are substantially the same as in the first embodiment, explanations will be omitted for the parts that are identical, and the explanation will focus on the points of difference.
[0101]

A block configuration of the controlling circuit 150 of a digital camera according to the second embodiment is depicted in FIG. 15.

[0102]

In the first embodiment, the configuration was such that the image data was corrected by the image data correcting portion 306, and the corrected image data was accumulated in the image data accumulating portion 307, each time an image was captured in the second cycle and beyond. Conversely, in the second embodiment, when an image is captured for the second cycle or beyond, the image data is stored temporarily in an image data temporary storing portion 314, and the camera shake detection result at the instant of imaging, for each image, is also stored in a camera shake detection result storing portion 313.

[0103]

After imaging has been completed the prescribed number of times, the overall controlling portion 300 uses the camera shake detection data, stored in the camera shake detection result storing portion 313, to control the image data correcting portion 306 to carry out image data correction on the images captured in the second cycle and beyond and to accumulate them on the first image data that is stored in the image data accumulating portion 307.

[0104]

The configurations of the critical portions, relating to image data correction, of the controlling circuit 150 are depicted next in FIG. 16. The camera shake detection result storing portion 313 and image data temporary storing portion 314 each have a plurality of storing regions 313a and 314a, assigned corresponding to each of the plurality of image data that have been captured. Each time an image is captured by the imaging element 110, the image data is stored in the storing region 314a that corresponds to the image number in the image data temporary storing portion 314, and the camera shake detection result at the time at which the image was captured is stored in the storing region 313a corresponding to the image number in the camera shake detection result storing portion 313.

[0105]

Although the data relating to the camera shake detection result does not require a very large capacity, preferably a somewhat large storing region 313a, with a surplus, of the camera shake detection result storing portion 313 is secured for each. For example, when camera shake prevention is carried out on three levels by the exposure value EV, eight regions are set up so as to be able to store $2^3 = 8$ cycles worth of data. Note that the number of levels for camera shake prevention and the number of storage regions are not limited thereto, but may be set as appropriate depending on the targeted number of levels for camera shake prevention.

[0106]

The image data temporary storing portion 314 is also provided with the same number of storing regions 314a as a number of storing regions 313a of the camera shake detection result storing portion 313 depending on the number of levels of camera shake prevention. In the case of the present embodiment, the memory capacity required to store data for a single image captured by the imaging element 110 is about 1.9 MB. Consequently, if a maximum of eight cycles worth of image data, using the example numeric values above, were to be stored without data

compression, this would require an extremely large memory capacity, which would cause the digital camera to be more expensive. Consequently, preferably the image data is compressed as necessary for storage. The image data compression is described below.

[0107]

The image data correcting portion 306 comprises an affine transformation portion 306a and a readout region setting portion 306b. In the second embodiment, an affine transformation is carried out to correct X axis, the Y axis, and rotational shake around the Z axis simultaneously. The details of the affine transformation are described below. Additionally, the method for reading out, as image data, from the various pixel data of the imaging element 110 will also be described below.

[0108]

BASIC OPERATING SEQUENCE (MAIN ROUTINE)

The basic operating sequence for a digital camera according to the second embodiment will be explained next using the flowchart depicted in FIGS. 17 and 18.

[0109]

First, when the main switch (not shown) of the camera body 100 is turned ON, the overall controlling portion 300 carries out initiation processes such as initializing the imaging element 110, setting the imaging lens 200 into a state wherein imaging is possible, and the like (Step #10). Following this, the overall controlling portion 300 determines whether or not the main switch has been turned OFF (Step #15), and if the main switch is still ON, determines whether or not the first switch S1 of the shutter release button 101 has been turned ON (Step #20). If the first switch S1 is OFF (No in Step #20), the overall controlling portion 300 determines whether a prescribed time has elapsed since the power supply switch was turned ON (Step #25), and if the first switch S1 has not been turned ON within a prescribed time (Yes in Step #25), the overall controlling portion 300 jumps to a terminating process of Step #95 to reduce battery consumption. Moreover, processing jumps to the terminating process in step #95 also when the main switch was OFF in Step #15.

[0110]

If the prescribed time has not elapsed in Step #25, the overall controlling portion 300 waits for the first switch S1 to be turned ON while confirming that the main switch is ON. As described above, because the first switch S1 will be ON in a state wherein a finger is placed on the shutter release button 101 or the shutter release button is pressed part way in, it can be understood, from the first switch S1 being ON, that the user has entered a state for imaging.

[0111]

When the first switch S1 is ON (Yes in Step #20), the overall controlling portion 300 then determines whether or not the second switch S2 of the shutter release button 101 is ON (Step #30). If the second switch S2 is ON, the user has instructed capturing of an image for recording and storing, so processing jumps to Step #50 to carry out imaging through the second anti-shake imaging, described above.

[0112]

On the other hand, if the second switch S2 is not ON (No in Step #30), then an image for the monitor is requested, and so to capture an image for the monitor, the integration time calculating portion 302 measures the imaging subject

brightness from the output signal of the light measuring sensor 301 (Step #35), and calculates an appropriate integration time T1 and camera shake upper limit integration time T0 from the focal distance f of the optics 201 of the imaging lens 200 and the aperture value (F stop) (Step #40).

[0113]

When the appropriate integration time T1 and camera shake upper limit integration time T0 are calculated, the overall controlling portion 300, based on these values, selects the imaging mode from among the pixel non-summing mode, two-pixel summing mode, and four-pixel summing mode in the first anti-shake imaging described above (Step #45). When the imaging mode has been selected, and, in particular, when the four-pixel summing mode has been selected, a plurality of images will be captured, and thus image data recording settings are set, such as whether or not to perform image data compression, the image data compression method, and the like, based on the memory capacity of the image data temporary storing portion 314 and the imaging count (Step #47). When the image data recording settings have been set, the anti-shake imaging is carried out according to the mode that has been set in Step #45 (Step #50). The details of the mode selection in Step #45 and of the anti-shake imaging in Step #50 will be described below. When an image has been captured without camera shake through the anti-shake imaging in Step #50, the overall controlling portion 300 controls the image data accumulating portion 307 and the image data processing portion 308 to display it on the screen of the monitor device 130 (Step #55).

[0114]

Following this, the overall controlling portion 300 determines whether or not the second switch S2 of the shutter release button 101 is ON (Step #60). Steps #15 through #50, described above, are repeated until the second switch S2 is ON. When the second switch S2 goes ON, the user is requesting an image for recording, so even if the imaging subject brightness has already been measured in Step #35, the integration time calculating portion 302 measures the imaging subject brightness again from the output signal of the light measuring sensor 301 (Step #65), and calculates the appropriate integration time T1, camera shake upper limit integration time T0, imaging count C, and a control integration time T2 from the focal distance f of the optics 201 of the imaging lens 200 and the aperture value (F stop) (step #70). As an example, the imaging count C is that wherein the appropriate integration time T1 is divided by the camera shake upper limit integration time T0 and integerized, that is, $T2 = \text{INT}(T1/T0)$. Moreover, the control integration time T2 is that where the appropriate integration time T1 is divided by the imaging count C. In this case, T2 is approximately T0. Note that the control integration time T2 is not limited thereto, but only need be no greater than the camera shake upper limit integration time T0. Consequently, it may be $T2 = T1/(C + j)$ (where j is an arbitrary integer no less than 1) or $T2 = T1/j \cdot C$ (where j is an arbitrary integer no less than 1).

[0115]

When the imaging count C and control upper limit integration time T2 have been calculated, the overall controlling portion 300 sets the image data recording

settings, such as whether or not to carry out image data compression and the image data compression method, from the memory capacity of the image data temporary storing portion 314 and the imaging count C (Step #72), and carries out anti-shake imaging following the second anti-shake imaging process described above (Step #75). The details of the image data compression method in Step #72 and of the anti-shake imaging in Step #75 will be described below. In Step #75, when an image has been captured without shake, the recording device 140 records the final image data on a recording medium 141 (Step #80). Note that the final image data may be displayed on the monitor device 130.

[0116]

When the final image data has been recorded, the overall controlling portion 300 determines whether or not the first switch S1 of the shutter release button 101 is OFF, that is, whether or not the user has removed the finger from the shutter release button 101 (Step #85). If the first switch S1 is still ON (No in Step #85), the user intends to continue capturing images, and thus processing returns to Step #30, to prepare for capturing the next image.

[0117]

If the first switch is OFF (Yes in Step #85), the overall controlling portion 300 determines whether not the main switch is OFF (Step #90). If the main switch is still ON (No in Step #90), processing returns to Step #20, to wait for the first switch S1 going ON. On the other hand, if the main switch has been turned OFF (Yes in Step #90), a terminating process, such as placing the imaging element 110 and the imaging lens 200 into a standby state, is carried out (Step #95), and the imaging is terminated.

[0118]

Note that the mode selecting subroutine in Step #45, the image display subroutine in Step #55, and the image data recording subroutine in Step #80, are the same as in the first embodiment, described above, so explanations thereof are omitted.

[0119]

ANTI-SHAKE IMAGING SUBROUTINE

The anti-shake imaging subroutine in Steps #50 and #75 are depicted next in FIGS. 19 and 20. First, when the anti-shake imaging subroutine is started, the overall camera controlling portion 300 sets a detection mode (Step #500).

[0120]

In the same way as in the first embodiment, in the first anti-shake imaging of Step #50, the high-frequency mode is selected as the detection mode to correct only the high-frequency component (5 through 20 Hz). Additionally, in the second anti-shake imaging in Step #75, the full width (low-frequency) mode is selected as the detection mode in order to carry out the maximum image data correction over the full width from low-count to high-frequency (0.1 to 20 Hz).

[0121]

When the detection mode has been set, the overall controlling portion 300 resets the counter n for counting the imaging count ($n = 1$) (Step #505), and controls the imaging element driving portion 304 to start integration in the imaging element 110 (to start imaging) (Step #510). Concurrently with this, the camera shake detecting portion 312 reads in the camera shake detection data, that is the

amount of rotation around each axis (analog data), from the X-axis angular velocity sensor 121, the Y-axis angular velocity sensor 122, and the Z axis angular velocity sensor 123, through the X-axis detection processing circuit 309, the Y-axis detection processing circuit 310, and the Z axis detection processing circuit 311 (Step #515).

[0122]

When the integration by the imaging element 110 is started, the overall controlling portion 300 determines whether or not the time since the start of integration has reached the control integration time T2 that has been set as described above, that is, whether or not the integration has been completed (Step #520).

[0123]

When integration in the imaging element 110 has been completed, the overall controlling portion 300 stores, in the corresponding storing region 313a of the camera shake detection result storing portion 313, the camera shake detection data detxn, detyn, and detzn (where, in this case, $n = 1$) from the camera shake detecting portion 312 (Step #525).

[0124]

The readout region setting portion 306 sets the region, of each of the pixel data of the imaging element 110, the region to be read out as the image data (Step #530). The method for setting the image data readout region will be explained below.

[0125]

In the first method, the center of the image data readout region is held constant at the screen center (0, 0) of the imaging element 110, and the image data readout region is enlarged sequentially in consideration of the camera shake. Defining qx as the readout range in X-axial direction, qy as the readout range q in the Y-axial direction, and n as the count value of the counter, qx and qy are given by the following formulas:

[0126]

$$\begin{aligned}qx &= 1400 + (n-1) \cdot 20 \\qy &= 1000 + (n-1) \cdot 20.\end{aligned}$$

As can be appreciated from the above, the image data readout region is widened with each repeat of imaging. Note that because the effective region of the imaging element 110 is finite (referencing FIG. 3), in this method there is a prescribed limit on the number of times imaging is possible.

[0127]

In the second method, the center of the image data readout region is moved as the camera shake detection position (px, py) for the X-axial direction and the Y-axial direction, and, in consideration of the rotational shake around the Z axis, the image data readout region is sequentially enlarged slightly with each repeated imaging. Defining qx as the readout range in X-axial direction, qy as the readout range q in the Y-axial direction, and n as the count value of the counter, qx and qy are given by the following formulas:

[0128]

$$\begin{aligned}qx &= 1400 + (n-1) \cdot 20 \\qy &= 1000 + (n-1) \cdot 20.\end{aligned}$$

In the third method, the center of the image data readout region is moved, as the camera shake detection position (px, py) for the X-axial direction and Y-axial direction, and in

consideration of the rotational shake around the Z axis, a range is secured for the image data readout region, set from the first so as to be somewhat large, having a margin. Defining qx as the readout range in X-axial direction and qy as the readout range q in the Y-axial direction, qx and qy are given by the following formulas:

[0129]

$$\begin{aligned}qx &= 1400 + 100 \\qy &= 1000 + 100\end{aligned}$$

When the image data readout region has been set, the overall controlling portion 300 controls the image data reading portion 305 to readout the image data from the imaging element 110 (Step #535), to compress, as necessary, the image data that has been read out (Step #540), and to store the image data in the corresponding storing region 314a of the image data temporary storing portion 314 (Step #545).

[0130]

Examples of data compression methods in Step #540 will be explained here. In a first image data compression method, the differences between the data for two images, for example, the data for the image that is captured first and the data for an image that is captured in the second cycle or beyond, are calculated, and the data for the first image and the data for the differences of each of the images relative to the data for the first image are stored as the data for the two images, to thereby compress the image data. This difference data compression method as the benefits of a low data compression ratio and a fast processing speed.

[0131]

In the second image data compression method, JPEG compression is applied to the data for each of the images. Although this method requires greater processing time when compared to the first data compression method wherein differential data is stored, the data compression ratio is greater, and thus this method is effective when it is not possible to increase the memory capacity of the image data temporary storing portion 314.

[0132]

Note that the image data compression methods are not limited to these, but rather other image data compression methods, such as GIF, or the like, may be used. Moreover, the configuration may be one wherein a plurality of image data compression methods are provided and the optimal image data compression method may be selected as appropriate depending on the imaging count C.

[0133]

An image data compression method selecting flowchart is depicted in FIG. 21. First the overall controlling portion 300 determines whether or not the imaging count C is no less than 2 (Step #700). If the imaging count C is 1 or 2 (Yes in Step #700), then the amount of image data requiring storage is not particularly large, so the overall controlling portion 300 stores the image data in the image data temporary storing portion 314 without compression (Step #705).

[0134]

If the imaging count is greater than 2, the overall controlling portion 300 determines whether or not the imaging count C is 4 or below (Step #710). If the imaging count C is 3 or 4 (Yes in Step #710), the overall controlling portion 300 selects the differential data compression

method, described below, and stores, in the image data temporary storing portion 314, the data for the image that was captured first and the difference data for each image relative to the first image data (Step #715).

[0135]

If the imaging count C is 5 or more (No in Step #710), the overall controlling portion 300 determines whether or not the imaging count C is 8 or less (Step #720). If the imaging count C is between 5 and 8 (Yes in Step #720), the overall controlling portion 300 selects a JPEG compression method, described above, and compresses the data for each image with a compression ratio of 1/4 and stores it in the image data temporary storing portion 314 (Step #725).

[0136]

If the imaging count C is 9 or more (No in Step #720), the overall controlling portion 300 selects a JPEG compression method described above, compresses the data for each image with a compression ratio of 1/C, and stores it in the image data temporary storing portion 314 (Step #730).

[0137]

Returning to the flowchart depicted in FIGS. 19 and 20, when the image data has been stored in the image data temporary storing portion 314 in Step #545, the overall controlling portion 300 determines whether or not the imaging count n has reached the imaging count C that has been set (Step #550). In this case, if imaging in the first cycle, $n = 1$. If the second cycle or beyond (No in Step #550), the overall controlling portion 300 increments the counter n by 1 (Step #555), returns to Step #510, and begins integration (image capturing) for the second cycle image using the imaging element 110.

[0138]

If the imaging count n has reached the imaging count C that was set (Yes in Step #550), the overall controlling portion 300 controls the image data correcting portion 306 to carry out correction on the image data stored in the image data temporary storing portion 314 using the camera shake detection results that are stored in the camera shake detection result storing portion 313.

[0139]

When the image data correction is started, the overall controlling portion 300 resets another counter m ($m = 1$) (Step #560), reads in, from the camera shake detection result storing portion 313, the camera shake detection data $\text{detx}(m)$, $\text{dety}(m)$, and $\text{detz}(m)$ (where $n \geq m \geq 1$) (Step #565), and calculates the amount of camera shake Δdetx , Δdety , and Δdetz at the instants at which each of the images were captured (Step #570).

[0140]

The calculations for the amounts of camera shake follow the equations given below:

[0141]

$$\Delta\text{detx} = \text{detx}(m) - \text{detx}(1)$$

$$\Delta\text{dety} = \text{dety}(m) - \text{dety}(1)$$

$$\Delta\text{detz} = \text{detz}(m) - \text{detz}(1)$$

When the amounts of camera shake have been calculated, the overall controlling portion 300 carries out count conversion to convert the amounts of shake detected into shake correction values (Step #575). The count conversion is performed using the following equations:

[0142]

$$px = ax \cdot \Delta\text{dety}$$

$$py = ay \cdot \Delta\text{detx}$$

$$\text{degz} = az \cdot \Delta\text{detz}$$

Note that here ax is a conversion coefficient for calculating an image readout position px , for the X-axial direction, from the rotational shake value Δdety around the Y axis, ay is a conversion coefficient for calculating the image readout position py in the Y-axial direction from the rotational shake value Δdetx around X-axial direction, and az is a conversion coefficient for calculating the image rotation degz around the Z-axial direction from the rotational shake value Δdetz around the Z axis.

[0143]

When the count conversion has been completed, the image data correcting portion 306 again reads out the image data that is temporarily stored in the image data temporary storing portion 314 (Step #580). At this time, if the image data was compressed and stored, the image data is decompressed for correction (Step #585).

[0144]

When the prescribed range of image data has been read out, the affine transformation portion 306a of the image data correcting portion 306 carries out corrections based on the correction equation given below:

[0145]

[FORMULA 1]

$$\begin{pmatrix} X_o \\ Y_o \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(-\text{degz}) & -\sin(-\text{degz}) \\ \sin(-\text{degz}) & \cos(-\text{degz}) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -px \\ -py \end{pmatrix}$$

[0146]

Here (X_i, Y_i) are the coordinates for pixel data prior to correction and (X_o, Y_o) are the coordinates after correction. The affine transformation enables the corrections that are the translations $(-px, -py)$ in the X-axial direction and Y-axial direction, depicted in FIG. 11 (a) and (b), for example, and the rotation $(-\text{degz})$ around the Z axis to be carried out simultaneously.

[0147]

This image data correcting process produces image data wherein the image data that were captured in the second cycle and beyond have been corrected for the amount of movement of the camera due to the camera shake by the user, relative to the image data captured in the first cycle. When the image data has been corrected, the readout region setting portion 306b designates the region required for displaying and recording the image, for example, a region of the actual screen size (referencing FIG. 3) using the screen center S1 of the solid imaging element 110 as a reference, and uses the pixel data in that region as the image data to be accumulated in the image data accumulating portion 307 (Step #600).

[0148]

When the corrected image data has been accumulated, the overall controlling portion 300 determines whether or not the count m of the counter has reached the imaging count C that has been set (Step #605). If the count m has not reached the imaging count C, the counter is incremented by 1 (Step 3610), and Steps #565 through #605 are repeated until the count m reaches the imaging

count C that has been set. When the count m has reached the imaging count C that has been set, image data (electric charge) of the appropriate exposure has been accumulated in the image data accumulating portion 307, and thus the anti-shake imaging routine is terminated, and control returns to the image display subroutine of Step #55 or the image data recording subroutine of Step #80.

[0149]

(OTHER EMBODIMENTS)

While in the first embodiment, set forth above, the configuration was one wherein, for the image data correcting method, correction of rotational shake around the X axis and around the Y axis was carried out through parallel translation of the position wherein the image is read out from the imaging element 110 and the correction to rotational shake around the Z axis was carried out through rotating the image, there is no limitation thereto, and an affine transformation, as in the second embodiment, may be used instead.

[0150]

Moreover, while in the second embodiment an affine transformation was used for the image data correcting method, there is no limitation thereto, but rather the correction to rotational shake around the X axis and the Y axis and correction of the rotational shake around the Z axis may be corrected by a different method instead, such as in the first embodiment.

[0151]

Moreover, while in each of the embodiments set forth above a case wherein the imaging subject was at low brightness and data for one image of the appropriate exposure was produced through combining a plurality of images captured using an integration time that is equal to or shorter than the camera shake upper limit integration time was used as an exemplary example, there is no limitation thereto, but rather this can be applied to an application such as imaging by dividing the imaging subject into a plurality of parts, correcting the image data for each captured image, and then combining to form a single image, to thereby increase the effective resolution of the imaging element or to effectively increase the field of view of the imaging lens.

[0152]

Moreover, application is possible for camera shake correction of video cameras that have a camera shake correction function that is limited to a digital camera.

[0153]

[EFFECTS OF THE INVENTION]

As explained above, a first camera system according to the present application provides a camera system able to detect an amount of movement of a camera during a period from a reference time until capturing an image, able to correct an amount for reading image data from an imaging element, wherein: the image data correction is a rotational shake correction around each axis (the X axis, the Y axis, and the Z axis) of an orthogonal coordinate system wherein an optical axis (the Z axis) of an imaging optics system is one coordinate axis, wherein rotational shake around the optical axis (the Z axis) is corrected by a first method and rotational shake around two axes (the X axis and the Y axis) that are perpendicular to the optical axis is corrected by a second method that is other than the first method, thus enabling correction of the rotational shake around the Z

axis and the rotational shake around X axis and the Y axis to each use the respectively optimal method, enabling simplification of the correction method, and also enabling a reduction in the calculation time required for the correction.

[0154]

Moreover, with the rotational shake correction around two axes (the X axis and the Y axis) that are perpendicular to the optical axis (the Z axis) through the second method being carried out through moving the image data readout region and the rotational shake correction around the optical axis through the first method being carried out through a process of rotating the image data enables a conventional method to be used as the method for correcting rotational shake around the X axis and the Y axis.

[0155]

Moreover, carrying out the shifting of the image data readout range, in the second method, for correcting the rotational shake around the two axes (the X axis and the Y axis) that are perpendicular to the optical axis (the Z axis) through a software process and carrying out the rotation of the image data, through the first method, for correcting rotational shake around the optical axis (the Z axis) through a hardware process enables a reduction in the time required for correcting the rotational shake around the Z axis.

[0156]

Additionally, a second camera system according to the present application provides a camera system for detecting an amount of movement of a camera during a period from a reference time until capturing an image, and for correcting image data from an imaging element, wherein: the image data correction is a rotational shake correction around each axis of an orthogonal coordinate system wherein an optical axis of an imaging optics system is one coordinate axis, wherein rotational shake correction around the optical axis is carried out after carrying out rotational shake correction around the two axes that are perpendicular to the optical axis, and thus, given that rotation is only possible around the center of the imaging element when carrying out shake correction around the Z axis in hardware, performing the correction of the rotational shake around the optical axis after carrying out correction of rotational shake around the two axes that are orthogonal to the optical axis makes it possible to accurately match the horizontal direction and vertical direction, of images captured in the second cycle and beyond, to the horizontal direction and vertical direction of the image captured in the first cycle (a reference image), making it possible to combine images together and to correct camera shake accurately. Moreover, combining the distinctive features of the second camera system and first camera system, described above enables the image data correcting process to be carried out simply, rapidly, and accurately.

[0157]

Moreover, a third camera system of the present invention provides a camera system for detecting an amount of movement of a camera during a period from a reference time until capturing an image, and for correcting image data from an imaging element, wherein the image data readout region is larger than an actual screen size, thus enabling prevention of inadequate image data at the peripheral portions of the screen when combining images wherein corrections have been made to images that have

been already captured. Moreover, the combination of this third camera system with the features of the first and second camera systems, described above, enable the image data correcting process to be carried out simply, rapidly, and accurately.

[0158]

Furthermore, a configuration wherein a plurality of image data can be stored simultaneously, wherein image data other than data for a single reference image are compressed and stored in a temporary storing region with a capacity that is smaller than the data volume of the reference image, wherein the compression method and/or compression ratio is varied depending on imaging conditions enables effective use of a limited image data temporary storing region depending on imaging conditions, for example, imaging subject brightness, imaging count, image data readout range, time between a reference time and capturing an image, and the like.

[0159]

A configuration wherein the plurality of image data are used to form a single image makes it possible to obtain an arbitrary image, such as an image that has a range that is broader than that of the field of view of the imaging optics. In particular, capturing a plurality of images of a substantially identical part of the imaging subject through integration times that are equal to or shorter than the camera shake upper limit integration time makes it possible to obtain a clear image, free from camera shake, even when the brightness of the imaging subject is low.

[BRIEF DESCRIPTIONS OF THE DRAWINGS]

FIG. 1 is a diagram of a configuration for a digital camera that is a first embodiment of a camera system according to the present invention, and an arrangement of the constituent elements.

FIG. 2 is a diagram depicting a block configuration of a controlling circuit 150 according to a first embodiment.

FIG. 3 is a diagram depicting a relationship between an actual screen size (recorded image size) and an effective region and readout image size in an imaging element 110 used in the first embodiment.

FIG. 4 is diagrams depicting relationships between types of camera shake and amounts of image shake, where (a) depicts a state wherein there is no camera shake, (b) makes a state wherein the camera has moved by an amount x in parallel to the X-axial direction (horizontal), (c) depicts a state wherein the camera has moved by an amount y in parallel to the Y-axial direction (vertical), and (d) depicts a state wherein the camera has moved by an amount z in parallel to the Z-axial direction (optical axial direction).

FIG. 5 is diagrams depicting relationships between types of camera shake and amounts of image shake, where (a) depicts a state wherein the camera has rotated by an amount θ_x in X-axial direction, (b) depicts a state wherein the camera has rotated by an amount θ_y in the Y-axial direction, and (c) depicts a state wherein the camera has rotated by an amount θ_z in the Z-axial direction.

FIG. 6 is a flowchart depicting a basic operating sequence for a digital camera according to the first embodiment.

FIG. 7 is a continuation of the flowchart in FIG. 6.

FIG. 8 is a flowchart depicting a mode selecting subroutine in Step #45 of the flowchart depicted in FIGS. 6 and 7.

FIG. 9 is a flowchart depicting an anti-shake imaging subroutine in Step #50 or #75 of the flowchart depicted in FIGS. 6 and 7.

FIG. 10 is a continuation of the flowchart of FIG. 9.

FIG. 11 is a diagram depicting an image data correcting process in the first embodiment.

FIG. 12 is a diagram depicting how images cannot be combined if the correction to rotation around the Z axis is performed first and corrections in the X-axial direction and the Y-axial direction are performed thereafter.

FIG. 13 is a flowchart depicting the image display subroutine in Step #55 in FIGS. 6 and 7.

FIG. 14 is a flowchart depicting an image data recording subroutine in Step #80 in FIGS. 6 and 7.

FIG. 15 is a diagram depicting a block configuration for a controlling circuit 150 in a digital camera that is a second embodiment of a camera system according to the present invention.

FIG. 16 is a diagram depicting a configuration for the critical portions that relate to image data correction in the controlling circuit 150 in the second embodiment.

FIG. 17 is a flowchart depicting a basic operating sequence for a digital camera according to the second embodiment.

FIG. 18 is a continuation of the flowchart depicted in FIG. 17.

FIG. 19 is a flowchart depicting an anti-shake imaging subroutine in Step #50 and #75 of the flowchart depicted in FIGS. 17 and 18.

FIG. 20 is a continuation of the flowchart of FIG. 19.

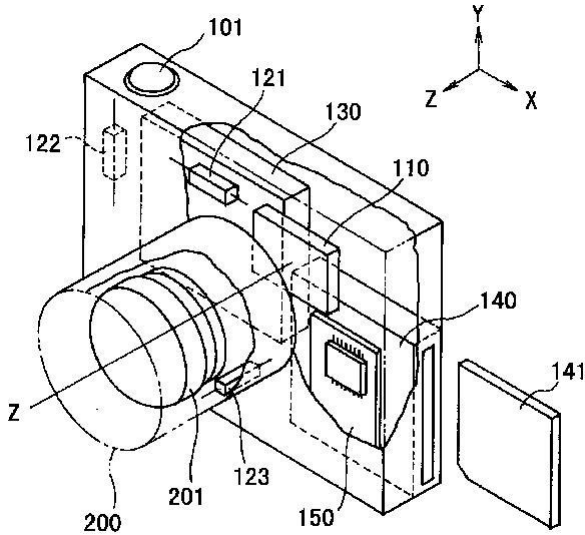
FIG. 21 is a flowchart depicting image data compression method selecting subroutine.

[EXPLANATION OF REFERENCE SYMBOLS]

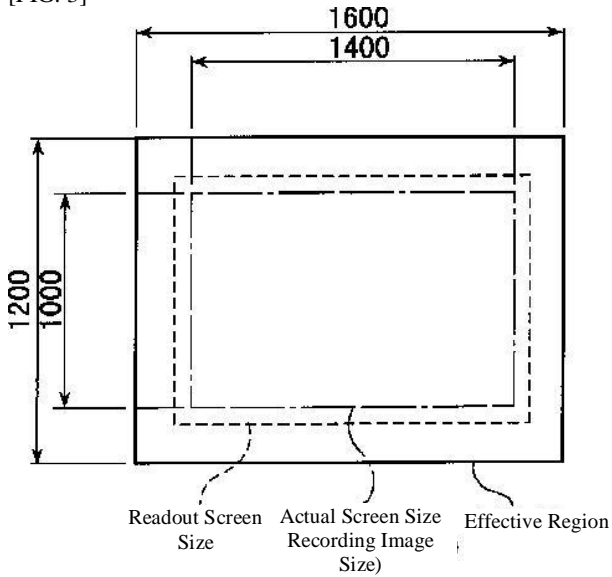
- 100: Camera Body
- 101: Shutter Release of Switch
- 110: Imaging Element
- 121: X-Axis Angular Velocity Sensor
- 122: Y-Axis Angular Velocity Sensor
- 123: Z-Axis Angular Velocity Sensor
- 130: Monitor Device
- 140: Recording Device
- 141: Recording Medium
- 150: Controlling Circuit
- 200: Imaging Lens
- 201: Optics
- 301: Light Measuring Sensor
- 302: Integration Time Calculating Portion
- 303: Imaging Count Setting Portion
- 304: Imaging Element Driving Portion
- 305: Image Data Reading Portion
- 306: Image Data Correcting Portion
- 306a: Affine Transformation Portion
- 306b: Readout Region Setting Portion
- 307: Image Data Accumulating Portion
- 308: Image Data Processing Portion
- 309: X-Axis Detection Processing Circuit
- 310: Y-Axis Detection Processing Circuit
- 311: Z-Axis Detection Processing Circuit
- 312: Camera Shake Detecting Portion

313: Camera Shake Detection Result Story Portion
 313a: Storing Region
 314: Image Data Temporary Storing Portion
 314a: Storing Region

[FIG. 1]

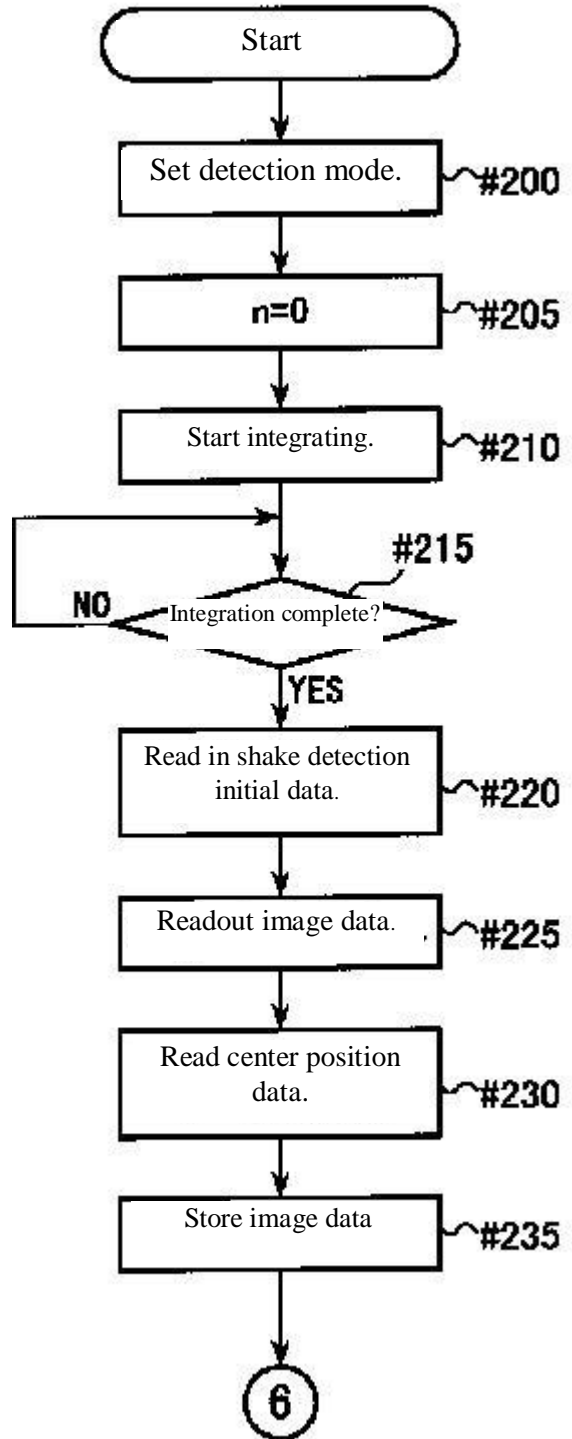


[FIG. 3]

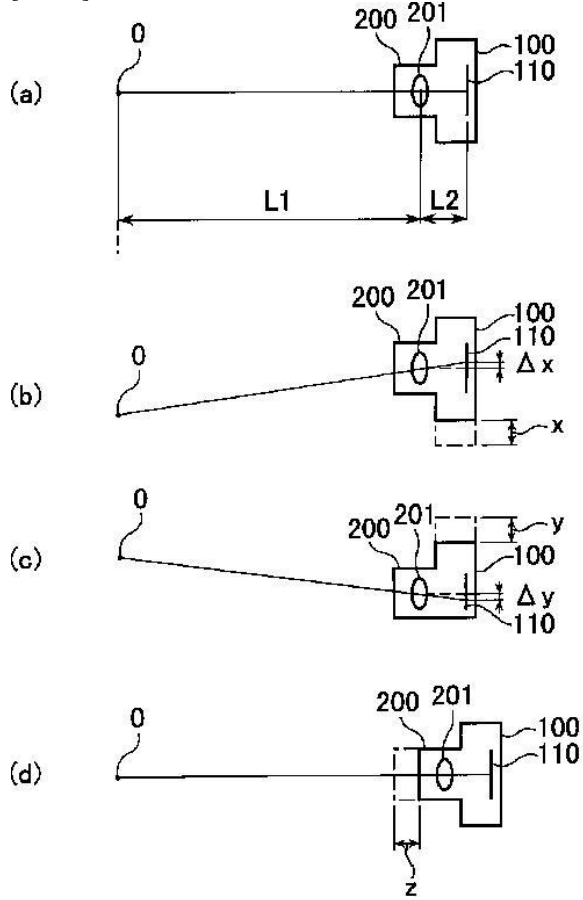


[FIG. 9]

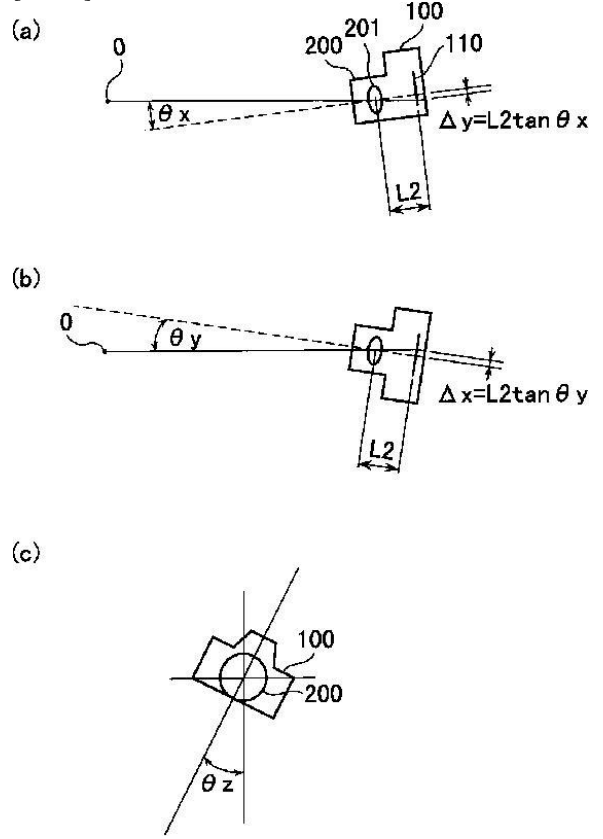
Anti-Shake Imaging Subroutine



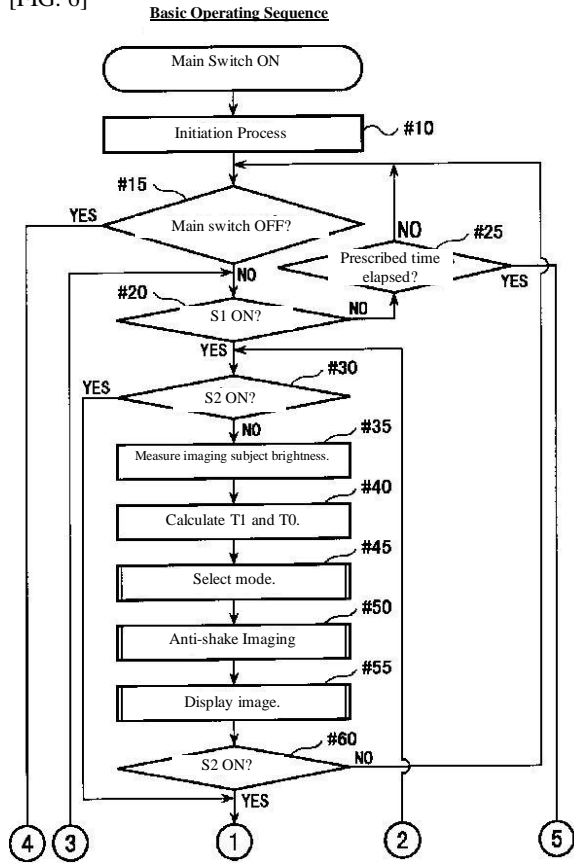
[FIG. 4]



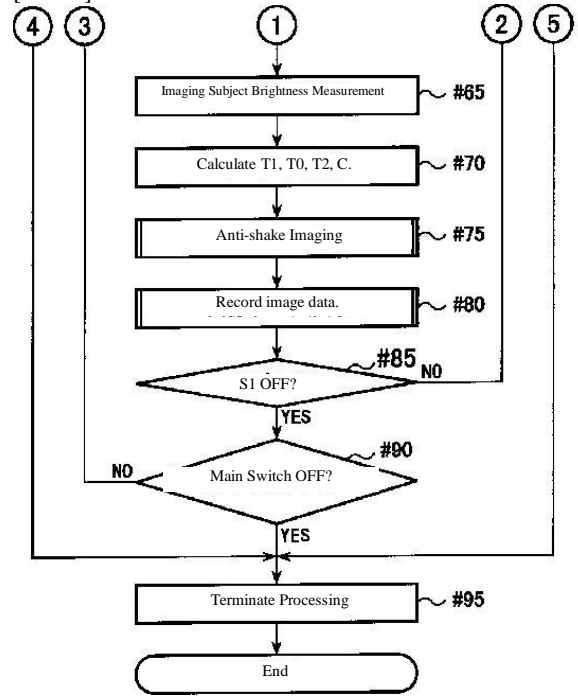
[FIG. 5]



[FIG. 6]

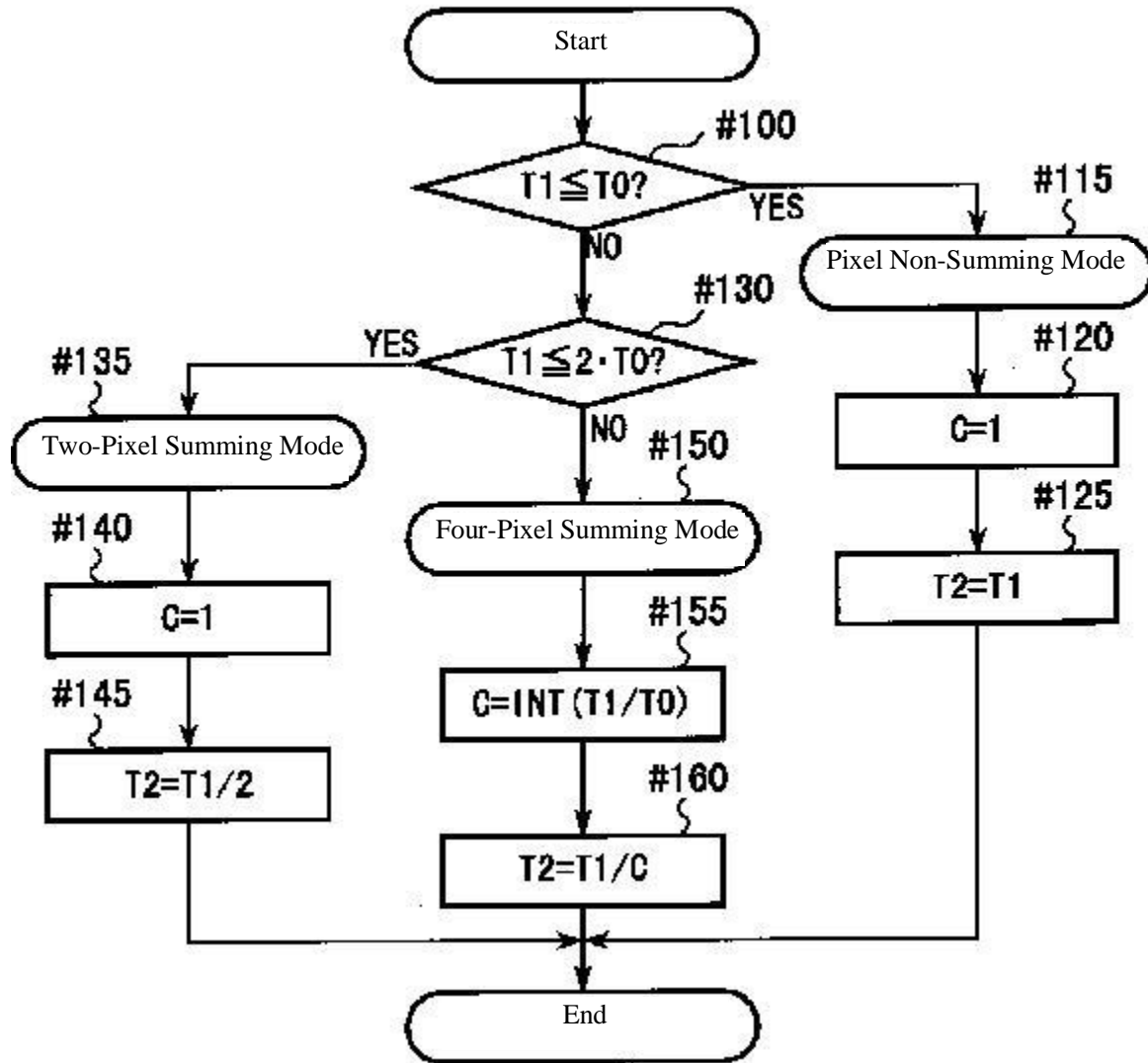


[FIG. 7]

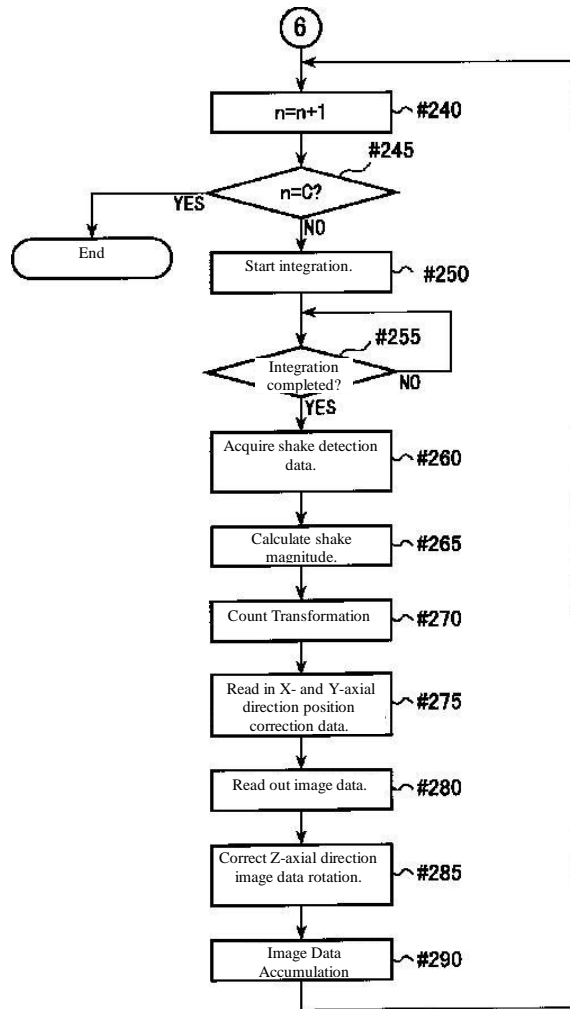


[FIG. 8]

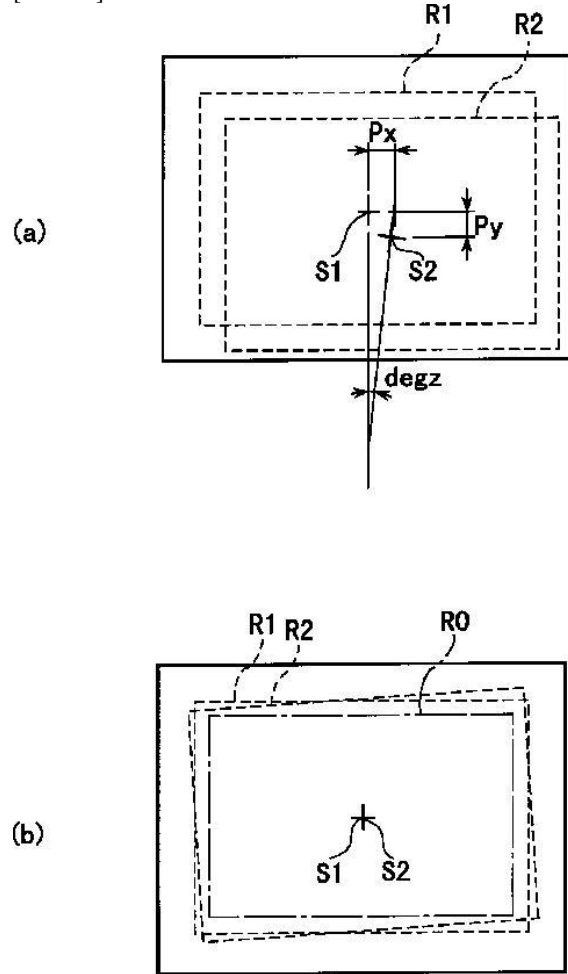
Mode Selecting Subroutine



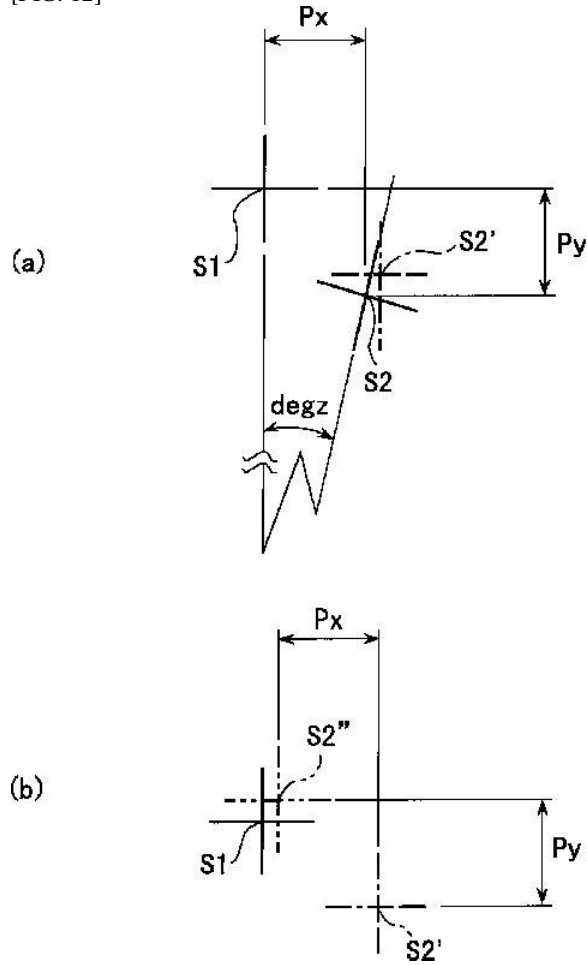
[FIG. 10]



[FIG. 11]

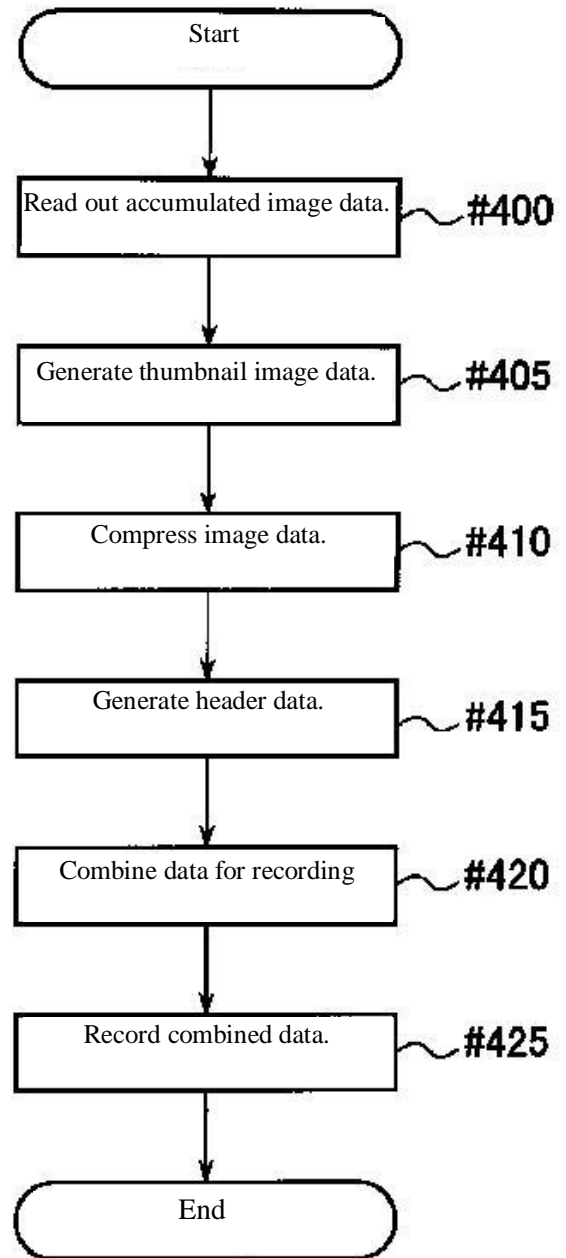


[FIG. 12]

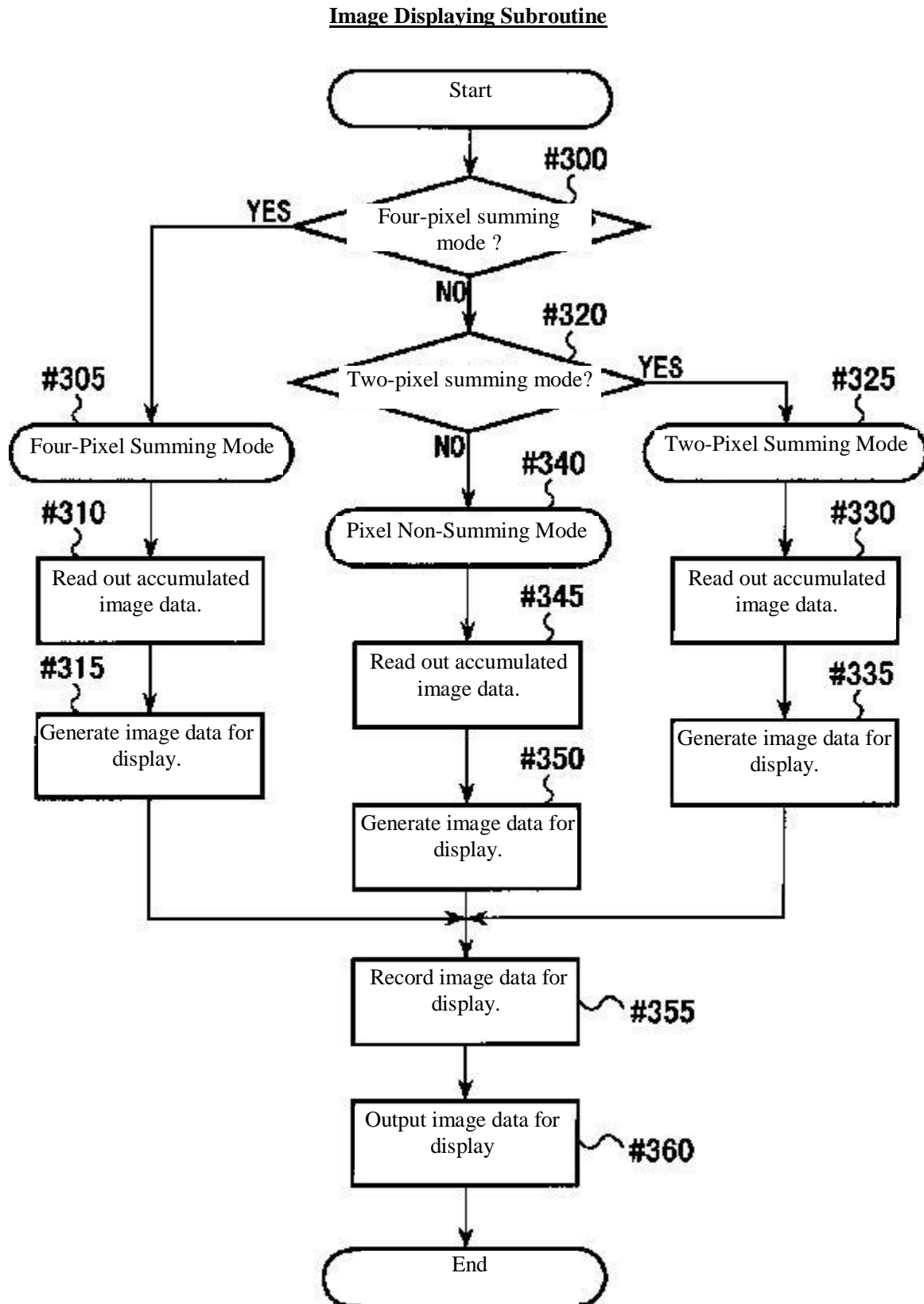


[FIG. 14]

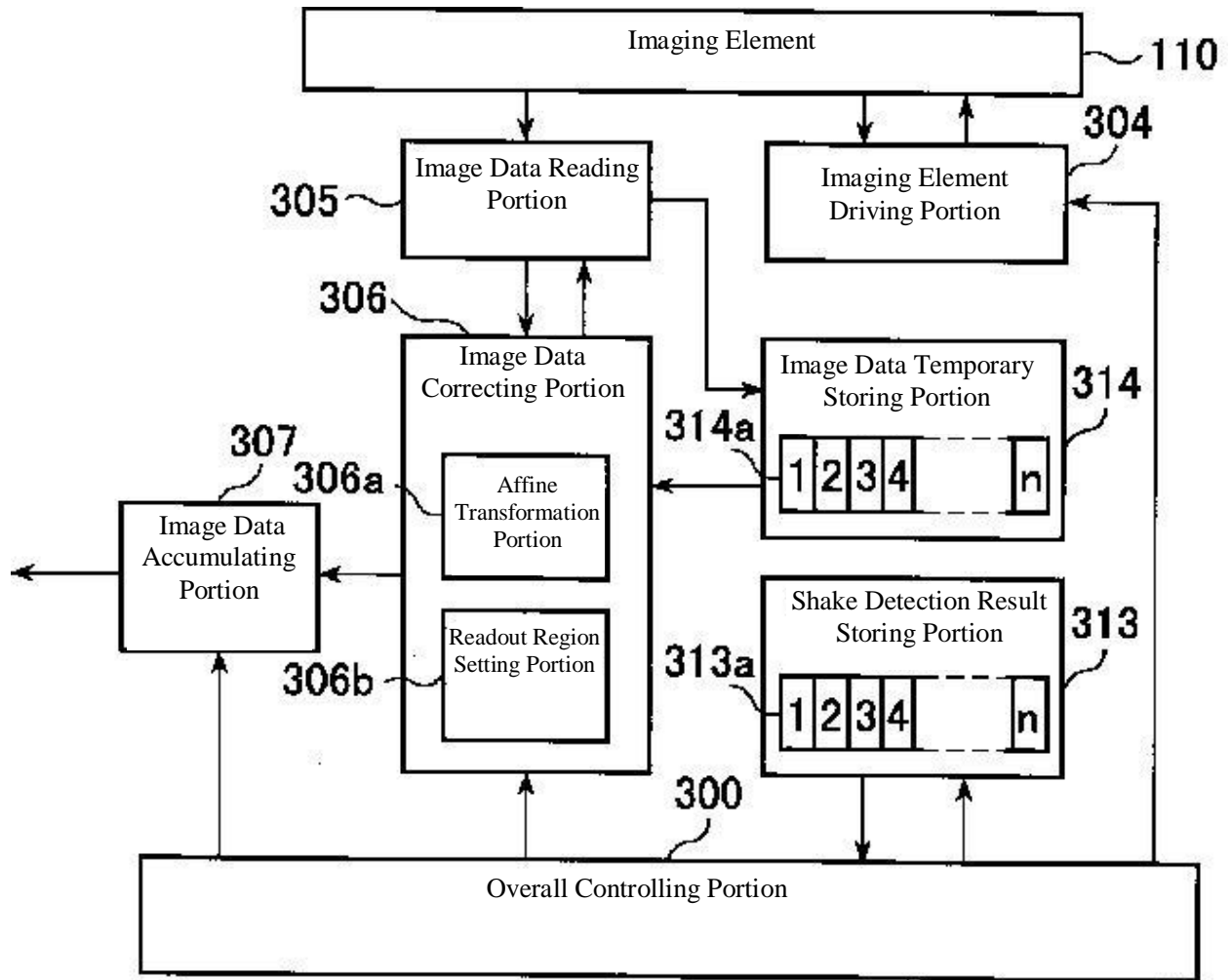
Image Data Recording Subroutine



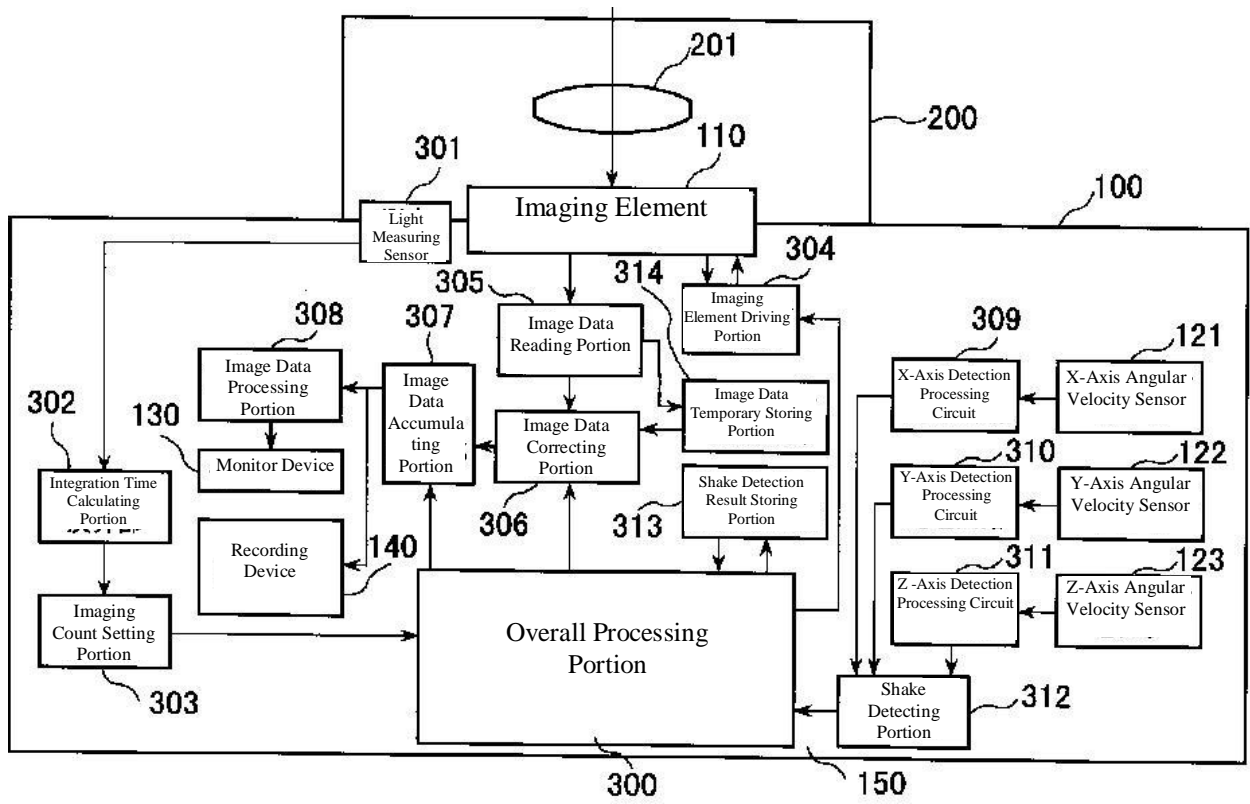
[FIG. 13]



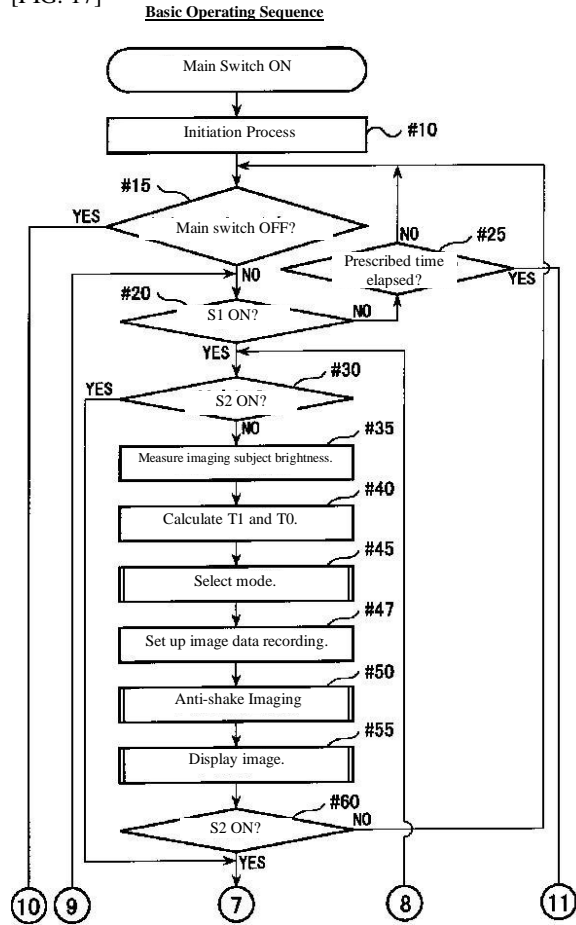
[FIG. 16]



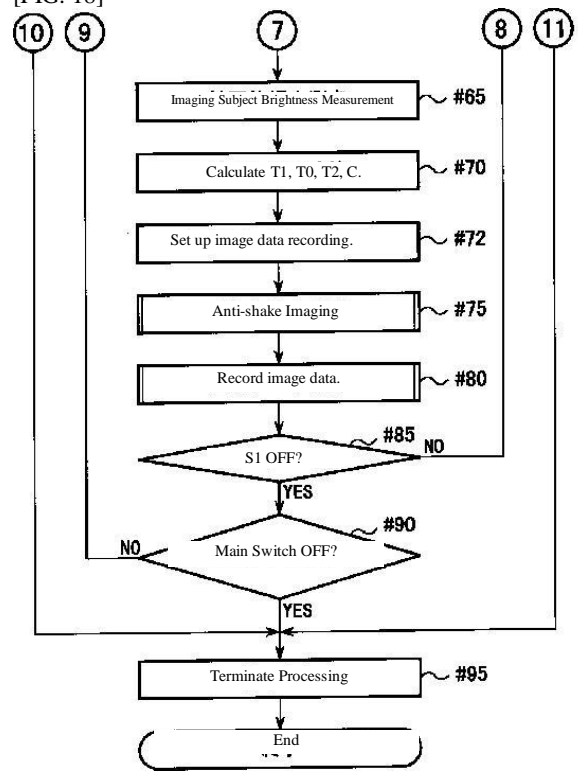
[FIG. 15]



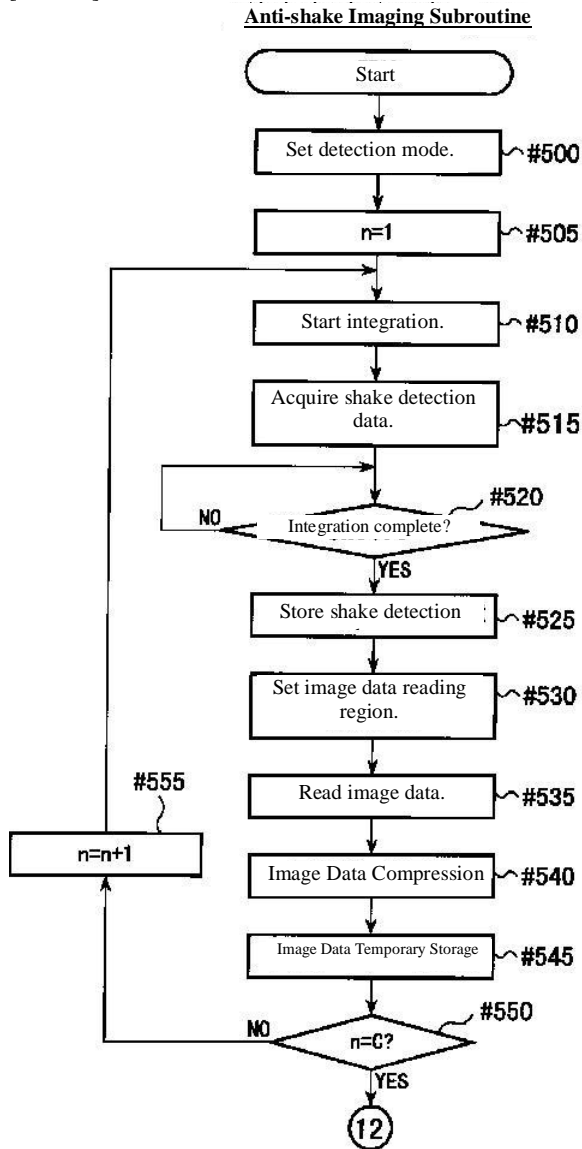
[FIG. 17]



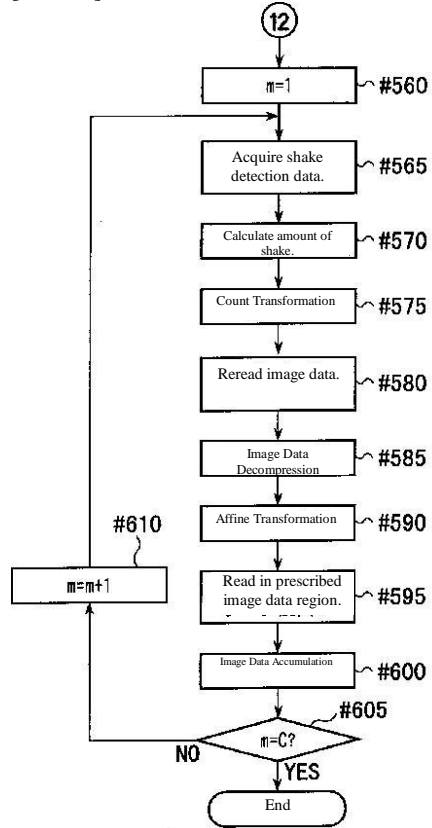
[FIG. 18]



[FIG. 19]

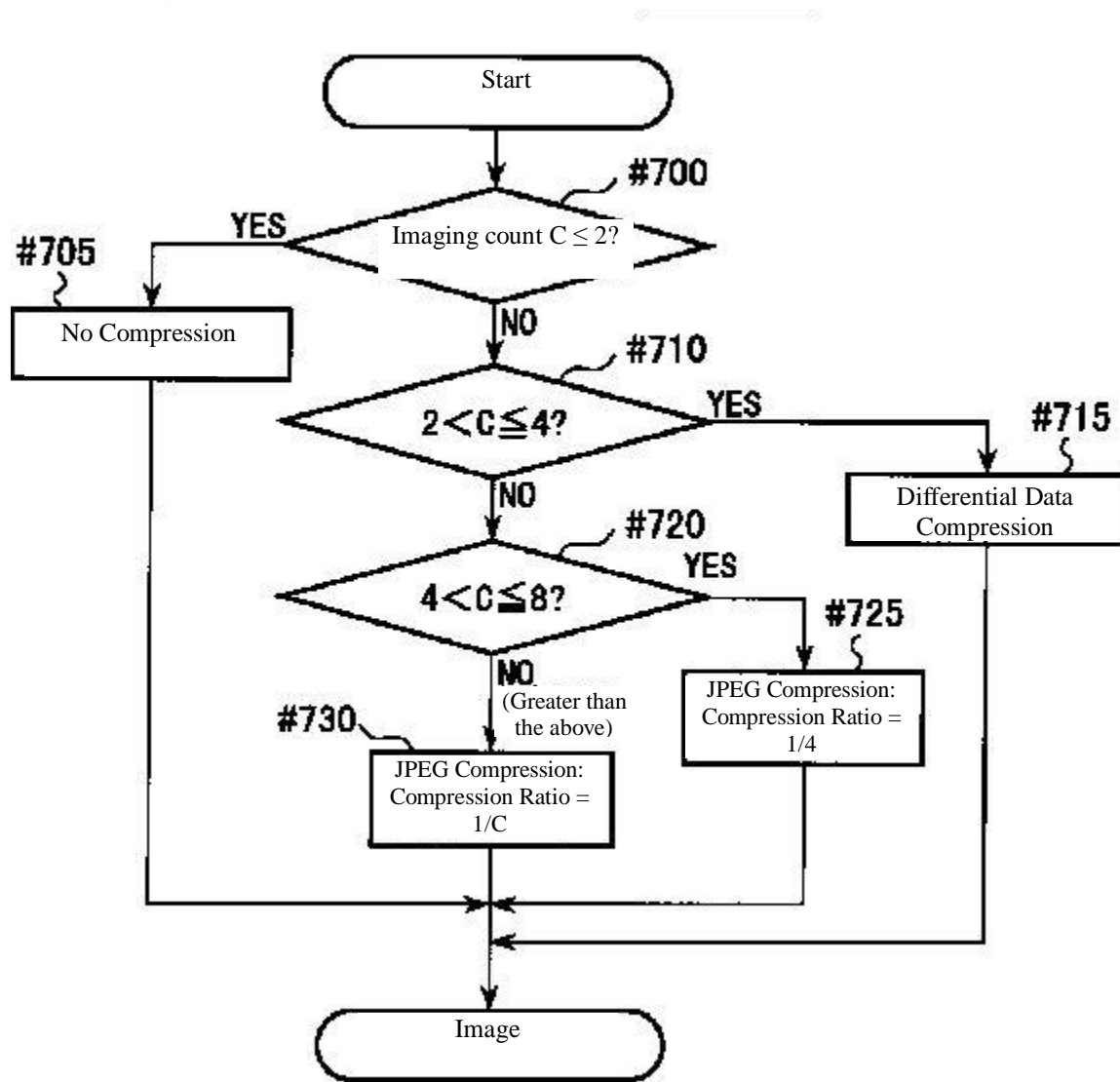


[FIG. 20]



[FIG. 21]

Image Data Compression Method Selecting Subroutine





**Japanese-English
Technology
Services**
- and -

Dr. Warren Smith

27 Sandy Brook Dr.
Durham, NH 03824
1.603.674.2227

WSmith@JapanesePatentTranslation.com

JapanesePatentTranslation.com

Serving the Global Technical and Legal Communities Since 1984

7/28/2025

CERTIFICATION OF TRANSLATION

I, Dr. Warren Smith of JETS: Japanese-English Technology Services and JapanesePatentTranslation.com, 27 Sandy Brook Drive, Durham, NH 03824 hereby declare and certify:

I am well acquainted with and knowledgeable regarding both the Japanese and English languages;

I am the translator of the English translation of "JP2000224462A-Hara" attached above.

To the best of my knowledge and belief, the attached English translation is a true, correct, accurate and complete translation.

I further declare and certify that all statements made herein of my own knowledge are true and that all statements made on information and belief are believed to be true; and further that these statements were made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine or imprisonment, or both, under 18 U.S.C. § 1001.

Pursuant to 28 U.S.C. § 1746, I declare and certify under penalty of perjury that the foregoing is true and correct.

Date: 7/28/2025

Dr. Warren W. Smith
JETS: Japanese-English Technology Services
Durham, NH 03824
Warren.Smith@comcast.net
603-674-2227

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-224462
(P2000-224462A)

(43)公開日 平成12年 8月11日 (2000. 8. 11)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
H 0 4 N 5/232		H 0 4 N 5/232	Z 5 C 0 2 2
G 0 3 B 5/00		G 0 3 B 5/00	K 5 C 0 2 4
H 0 4 N 5/335		H 0 4 N 5/335	

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 22 頁)

(21)出願番号	特願平11-24841	(71)出願人	000006079 ミノルタ株式会社 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル
(22)出願日	平成11年2月2日(1999. 2. 2)	(72)発明者	原 吉宏 大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪 国際ビル ミノルタ株式会社内
		(74)代理人	10006/828 弁理士 小谷 悦司 (外2名)
		Fターム(参考)	5C022 AA00 AA13 AB02 AB17 AB19 AB55 AC42 AC69 5C024 AA01 BA01 CA17 FA01 FA11

(54) 【発明の名称】 カメラシステム

(57) 【要約】

【課題】 CCD等の撮像素子を用いて複数の画像を撮像し、先に画像を撮像してから後に画像を撮像するまでの間のカメラの移動による画像の動きを補正しうるカメラシステムにおいて、画像データの補正処理を簡単かつ迅速に処理する。

【解決手段】 実画面サイズよりも大きな有効領域を有する撮像素子により画像を撮像し、基準時点から画像を撮像するまでの間のカメラの移動量を検出して、光軸（Z軸）に直交する2軸（X軸、Y軸）回りの回転振れ補正は画像データ読み出し範囲を移動させることにより行い、光軸（Z軸）回りの回転振れ補正は画像データの回転処理により行うか、あるいはアフィン変換を用いてX軸、Y軸、Z軸回りの回転振れ補正を同時に行う。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基準時点から画像を撮像するまでの間のカメラの移動量を検出し、撮像素子からの画像データを補正するカメラシステムであって、画像データの補正は、撮像光学系の光軸を座標軸の1つとする直交座標系の各軸回りの回転振れ補正であり、光軸回りの回転振れを第1の方法で補正し、光軸に直交する2軸回りの回転振れを第1の方法とは異なる第2の方法で補正することを特徴とするカメラシステム。

【請求項2】 第2の方法による光軸に直交する2軸回りの回転振れ補正は画像データ読み出し範囲を移動させることにより行い、第1の方法による光軸回りの回転振れ補正は画像データの回転処理により行うことを特徴とする請求項1記載のカメラシステム。

【請求項3】 光軸に直交する2軸回りの回転振れ補正のための第2の方法による画像データ読み出し範囲の移動はソフトウェア処理により行い、光軸回りの回転振れ補正のための第1の方法による画像データの回転はハードウェア処理により行うことを特徴とする請求項2記載のカメラシステム。

【請求項4】 基準時点から画像を撮像するまでの間のカメラの移動量を検出し、撮像素子からの画像データを補正するカメラシステムであって、画像データの補正は、撮像光学系の光軸を座標軸の1つとする直交座標系の各軸回りの回転振れ補正であり、光軸に直交する2軸回りの回転振れ補正を行った後、光軸回りの回転振れ補正を行うことを特徴とするカメラシステム。

【請求項5】 光軸回りの回転振れを第1の方法で補正し、光軸に直交する2軸回りの回転振れを第1の方法とは異なる第2の方法で補正することを特徴とする請求項4記載のカメラシステム。

【請求項6】 第2の方法による光軸に直交する2軸回りの回転振れ補正は画像データ読み出し範囲を移動させることにより行い、第1の方法による光軸回りの回転振れ補正は画像データの回転処理により行うことを特徴とする請求項5記載のカメラシステム。

【請求項7】 基準時点から画像を撮像するまでの間のカメラの移動量を検出し、撮像素子からの画像データを補正するカメラシステムであって、画像データ読み出し範囲を実画面サイズよりも大きくすることを特徴とするカメラシステム。

【請求項8】 基準時点から画像を撮像するまでの時間に応じて、画像データ読み出し範囲を変化させることを特徴とする請求項7記載のカメラシステム。

【請求項9】 画像データの補正は、撮像光学系の光軸を座標軸の1つとする直交座標系の各軸回りの回転振れ補正であり、光軸回りの回転振れを第1の方法で補正し、光軸に直交する2軸回りの回転振れを第1の方法とは異なる第2の方法で補正することを特徴とする請求項7又は8記載のカメラシステム。

【請求項10】 第2の方法による光軸に直交する2軸回りの回転振れ補正は画像データ読み出し範囲を移動させることにより行い、第1の方法による光軸回りの回転振れ補正は画像データの回転処理により行うことを特徴とする請求項9記載のカメラシステム。

【請求項11】 第1の方法による光軸に直交する2軸回りの回転振れ補正を行った後、第2の方法による光軸回りの回転振れ補正を行うことを特徴とする請求項9又は10記載のカメラシステム。

【請求項12】 複数の画像データを同時に記憶可能であり、1つの基準画像データ以外の画像データを圧縮して、前記基準画像データ容量よりも小さい容量の一時記憶領域に記憶し、撮像条件に応じて少なくとも圧縮方法及び圧縮率のいずれか一方を変更することを特徴とする請求項1から11のいずれかに記載のカメラシステム。

【請求項13】 前記撮像条件は、少なくとも被写体輝度、撮像回数、画像データ読み出し範囲、基準時点から画像を撮像するまでの時間のいずれかであることを特徴とする請求項12記載のカメラシステム。

【請求項14】 前記複数の画像データを用いて1つの画像を合成することを特徴とする請求項12又は13記載のカメラシステム。

【請求項15】 前記複数の画像データは、被写体の略同一部分を複数回撮像して得られたものであることを特徴とする請求項14記載のカメラシステム。

【請求項16】 各画像データは、手振れ限界積分時間又はそれよりも短い積分時間で撮像されることを特徴とする請求項15記載のカメラシステム。

【請求項17】 第2回目以降に撮像された画像データの読み出し範囲を徐々に拡大することを特徴とする請求項14から16のいずれかに記載のカメラシステム。

【請求項18】 最初の画像データを撮像してから第2回目以降の画像データを撮像するまでのカメラの移動量及び移動方向に応じて、画像データ読み出し範囲の中心を順次移動させることを特徴とする請求項17記載のカメラシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、CCD (Charge Coupled Device)等の撮像素子を用い、手振れ補正可能なデジタルカメラやビデオカメラ等のカメラシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】例えば、特開平6-141228号公報に示されているように、CCD等の固体撮像素子を用いたデジタルカメラを用いて被写体を分割撮像し、撮像した各画像をつなぎ合わせることにより、撮像素子の見かけの解像度を向上させる方法が提案されている。

【0003】また、従来からビデオカメラの分野においては、撮影者の動きによるカメラの移動(カメラ振れ)

を検出し、撮像素子により撮像した画像データをカメラの移動と逆の方向にシフトさせて、モニタ画面上に再生される映像上の手振れを補正することが行われている。

【0004】上記いずれのカメラシステムにおいても、例えば角速度センサ等を用いて撮像素子の縦方向（垂直方向又はY軸方向）及び横方向（水平方向又はX軸方向）におけるカメラの移動方向及び移動量を検出し、撮像素子により撮像した画像データの読み出し位置を補正している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】手振れの成分は、撮像素子の縦方向及び横方向だけでなく、撮像光学系の光軸（Z軸）回りの回転成分も含まれる。しかしながら、従来のビデオカメラにおいては、撮像素子の縦方向及び横方向のみの手振れ補正され、光軸回りの回転振れは補正されていなかった。また、特開平6-141228号公報に示されたデジタルカメラでは、連続して撮像された2つの画像のうち、被写体の同じ部分の相関をとり、複数の動きベクトルを用いて画像の回転中心、回転量及び平行移動量をソフトウェア的に演算処理より求めていた。そのため、画像データの補正処理が複雑になると共に、演算時間が長くなるという問題点を有していた。

【0006】さらに、従来のカメラシステムにおいて複数の画像を撮像して画像をつなぎ合わせたり手振れを補正する場合、最初の画像を撮像した時点（基準時点）から、第2回目以降の画像を撮像するまでの時間にかかわらず、画像データ読み出し範囲が一定であったため、その間のカメラの移動量が大きい場合、画面周辺部でのデータ不足による画像データ補正不良が生ずるおそれがあるという問題点を有していた。

【0007】本発明は、上記従来例の問題点を解決するためになされたものであり、複数の画像を撮像し、先に画像を撮像してから後に画像を撮像するまでの間のカメラの移動による画像の動きを補正するカメラシステムにおいて、画像データの補正処理を簡単、迅速、かつ正確に処理することを目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の第1のカメラシステムは、基準時点から画像を撮像するまでの間のカメラの移動量を検出し、撮像素子からの画像データを補正するカメラシステムであって、画像データの補正は、撮像光学系の光軸を座標軸の1つとする直交座標系の各軸回りの回転振れ補正であり、光軸回りの回転振れを第1の方法で補正し、光軸に直交する2軸回りの回転振れを第1の方法とは異なる第2の方法で補正することを特徴とする。

【0009】上記構成において、第2の方法による光軸に直交する2軸回りの回転振れ補正は画像データ読み出し範囲を移動させることにより行い、第1の方法による光軸回りの回転振れ補正は画像データの回転処理により

行うように構成しても良い。

【0010】また、光軸に直交する2軸回りの回転振れ補正のための第2の方法による画像データ読み出し範囲の移動はソフトウェア処理により行い、光軸回りの回転振れ補正のための第1の方法による画像データの回転はハードウェア処理により行うように構成しても良い。

【0011】また、本発明の第2のカメラシステムは、基準時点から画像を撮像するまでの間のカメラの移動量を検出し、撮像素子からの画像データを補正するカメラシステムであって、画像データの補正は、撮像光学系の光軸を座標軸の1つとする直交座標系の各軸回りの回転振れ補正であり、光軸に直交する2軸回りの回転振れ補正を行った後、光軸回りの回転振れ補正を行うことを特徴とする。

【0012】上記構成において、光軸回りの回転振れを第1の方法で補正し、光軸に直交する2軸回りの回転振れを第1の方法とは異なる第2の方法で補正するように構成しても良い。

【0013】また、第2の方法による光軸に直交する2軸回りの回転振れ補正は画像データ読み出し範囲を移動させることにより行い、第1の方法による光軸回りの回転振れ補正は画像データの回転処理により行うように構成しても良い。

【0014】また、本発明の第3のカメラシステムは、基準時点から画像を撮像するまでの間のカメラの移動量を検出し、撮像素子からの画像データを補正するカメラシステムであって、画像データ読み出し範囲を実画面サイズよりも大きくすることを特徴とする。

【0015】上記構成において、基準時点から画像を撮像するまでの時間に応じて、画像データ読み出し範囲を変化させるように構成しても良い。

【0016】また、画像データの補正は、撮像光学系の光軸を座標軸の1つとする直交座標系の各軸回りの回転振れ補正であり、光軸回りの回転振れを第1の方法で補正し、光軸に直交する2軸回りの回転振れを第1の方法とは異なる第2の方法で補正するように構成しても良い。

【0017】また、第2の方法による光軸に直交する2軸回りの回転振れ補正は画像データ読み出し範囲を移動させることにより行い、第1の方法による光軸回りの回転振れ補正は画像データの回転処理により行うように構成しても良い。

【0018】また、第1の方法による光軸に直交する2軸回りの回転振れ補正を行った後、第2の方法による光軸回りの回転振れ補正を行うように構成しても良い。

【0019】また、複数の画像データを同時に記憶可能であり、1つの基準画像データ以外の画像データを圧縮して、前記基準画像データ容量よりも小さい容量の一時記憶領域に記憶し、撮像条件に応じて少なくとも圧縮方法及び圧縮率のいずれか一方を変更するように構成して

も良い。

【0020】また、前記撮像条件は、少なくとも被写体輝度、撮像回数、画像データ読み出し範囲、基準時点から画像を撮像するまでの時間のいずれかであるように構成しても良い。

【0021】また、前記複数の画像データを用いて1つの画像を合成するように構成しても良い。

【0022】また、前記複数の画像データは、被写体の略同一部分を複数回撮像して得られたものであるように構成しても良い。

【0023】また、各画像データは、手振れ限界積分時間又はそれよりも短い積分時間で撮像されるように構成しても良い。

【0024】また、第2回目以降に撮像された画像データの読み出し範囲を徐々に拡大するように構成しても良い。

【0025】また、最初の画像データを撮像してから第2回目以降の画像データを撮像するまでのカメラの移動量及び移動方向に応じて、画像データ読み出し範囲の中心を順次移動させるように構成しても良い。

【0026】

【発明の実施の形態】(第1の実施形態)本発明のカメラシステムの第1の実施形態について、図面を参照しつつ説明する。まず、第1の実施形態であるデジタルカメラの構成及び各構成要素の配置を図1に示す。

【0027】カメラボディ100の中央部には撮像レンズ200が設けられている。撮像レンズ200は特に限定されず、カメラボディ100に対して交換可能であっても良いし、固定されていても良い。また、撮像レンズ200の光学系201も特に限定されず、ズームレンズ等のような焦点距離可変式のもの、焦点距離が固定されたもの(単焦点レンズ)、焦点調節可能なもの、焦点が固定されたもの、自動焦点調節可能なもの等、いずれであっても良い。

【0028】撮像レンズ200の光学系201光軸Z(Z軸と称する場合もある)上で、かつ光学系201の焦点位置近傍にはCCD等の固体撮像素子110が設けられている。図3に示すように、撮像素子110は、例えば手振れ補正機能を有するビデオカメラ等に用いられているタイプのものであって、図中一点鎖線で示す実画面サイズ(記録画像サイズ)よりも、実線で示すように上下左右各方向に所定サイズだけ大きい有効領域を有し、かつ任意の範囲を指定して画素データの出力が可能である。なお、図中の数値は撮像素子110の画素数の一例を表す。近年の固体撮像素子の高画素密度化に対応して、150万画素以上の画素数を有するCCDを用いている。また、後述するように、画像データを補正する際、Z軸回りに画像データを回転させる必要があるため、図中点線で示すように、実画面サイズよりも若干広い範囲を画像データとして読み出す。

【0029】露光量調節に関しては、専ら撮像素子110による電荷蓄積時間(積分時間)調節により行う。なお、被写体輝度が一定以上の場合には、光学系201中にNDフィルタを挿入するように構成しても良いし、機械的な絞りを設けても良い。

【0030】カメラボディ100の上面で、かつ撮影者から見て右端近傍には、シャッターリリースボタン101が設けられている。シャッターリリースボタン101には、例えば2段式スイッチS1及びS2が設けられており、第1スイッチS1は、撮影者がシャッターリリースボタン101に指を載せた状態又は途中までシャッターリリースボタン101を押し込んだ状態でオンする。また、第2スイッチS2は、シャッターリリースボタン101を最後まで押し込んだ状態でオンする。

【0031】カメラボディ100には、撮像レンズ200の光学系201の光軸をZ軸とする直交座標系のX軸(水平軸に対応)、Y軸(垂直軸に対応)及びZ軸回りの回転振れ量を検出するためのX軸角速度センサ121、Y軸角速度センサ122、Z軸角速度センサ123が設けられている。角速度センサ121、122、123としては、例えば圧電素子を用いたジャイロ等を使用することができる。

【0032】また、カメラボディ100には、液晶表示素子等を用いたモニタ装置130やメモリカードやフロッピーディスク等の記録媒体141に画像データを記録するための記録装置140、CPUやメモリ等で構成された制御回路150が設けられている。モニタ装置130は、専らビューファインダーとして使用され、またカメラボディ100の大きさに制限されるので、例えば2インチサイズで約8万画素程度の液晶表示素子を用いる。

【0033】制御回路150のブロック構成を図2に示す。制御回路150は、被写体輝度を測定するためのシリコンフォトダイオード等からなる測光センサ301を有する。測光センサ301は、撮像レンズ200を透過し、撮像素子110上に結像される被写体像の光量を測定する、いわゆるTTL方式のものであって良いし、直接被写体からの光を測定するいわゆる外光式のものであって良い。測光センサ301の出力は積分時間演算部302に入力され、撮像素子110による適正積分時間T1及び手振れ限界積分時間T0が演算される。適正積分時間T1及び手振れ限界積分時間T0が演算されると、これらのデータが撮像回数設定部303に入力され、複数回撮像する必要があるか否か及び複数回撮像する場合の撮像回数が演算され、後述する全体制御部300に出力される。手振れ限界積分時間T0については後述する。

【0034】全体制御部300は、第1の実施形態のデジタルカメラ全体のシーケンスを制御するものであり、積分時間演算部302により演算された適正積分時

間 T_1 、手振れ限界積分時間 T_0 及び撮像回数設定部303により設定された撮像回数を用いて撮像素子駆動部304を制御する。撮像素子駆動部304は、撮像素子(CCD)110に対して積分開始信号及び積分終了信号等を出力する。積分開始信号と積分終了信号を出力するタイミングにより、撮像素子110の積分時間が制御される。撮像素子110の積分が完了すると、画像データ読出部305は撮像素子110に対して各画素に蓄積された電荷を転送するための駆動信号を入力し、撮像素子110から画像データを読み出す。

【0035】画像データ補正部306は、撮像回数設定部303により複数回の撮像が設定された場合に、画像データ読出部305から出力された第2回目以降の撮像データに対して、最初の撮像から第2回目以降の各回の撮像までの間の画像データの補正する。画像データの補正方法に関しては後述する。

【0036】画像データ蓄積部307は、撮像回数設定部303により複数回の撮像が設定された場合に、画像データ読出部305から出力された最初の画像データの上に、画像データ補正部306により補正された第2回目以降の画像データを加算する。すなわち、第1の実施形態では、第2回目以降の画像が撮像されるごとに画像データを補正し、補正された画像データを加算する。画像データ蓄積部307は、所定回数撮像された画像データの加算を完了すると、加算したデータを最終画像データとして、画像データ処理部308及び記録装置140に出力する。

【0037】画像データ処理部308は、画像データ蓄積部307により蓄積された最終画像データをモニタ装置130上に再生するためにNTSC信号やPAL信号に変換し、モニタ装置130に出力する。また、記録装置140は、最終画像データをメモリカードやフロッピーディスク等の記録媒体141に記録し、保存する。

【0038】また、圧電素子を用いたジャイロであるX軸角速度センサ121、Y軸角速度センサ122、Z軸角速度センサ123には、それぞれ積分機能及び周波数フィルタ機能等を有するX軸検出処理回路309、Y軸検出回路310、Z軸検出回路311が接続されている。各検出回路309～311からのアナログ出力は手振れ検出部312に入力され、A/D変換された後、それぞれ時系列に比較され、X軸、Y軸及びZ軸周りの回転振れ量として検出され、全体制御部300に入力される。全体制御部300は、手振れ検出部312からの各軸回りの回転振れ量を用いて、画像データ補正部306による手振れ補正を制御する。

【0039】次に、手振れ限界積分時間 T_0 について説明する。例えば、135サイズ銀塩フィルムを用いたカメラでは、手振れ限界積分時間に相当する手振れ限界シャッタ速度として、撮像光学系の焦点距離 f の逆数である $1/f$ の値を用いている。例えば、焦点距離 $f=30$

mmの場合、手振れ限界シャッタ速度は $1/30$ 秒となる。デジタルカメラの場合も同様であり、撮像素子110のサイズに応じて撮像光学系201の焦点距離 f に補正係数 k を掛けたものの逆数である $1/k \cdot f$ の値を手振れ限界積分時間 T_0 とする。

【0040】手振れ限界シャッタ速度又は手振れ限界積分時間は、人間の目の分解能から逆算されるものである。すなわち、所定サイズに引き伸ばされたプリント上又はモニタ画面上に再生された画像の像振れ量が人間の目の分解能以下である場合、像振れを認識することができないので、その画像では手振れが生じていないことになる。これら画像の拡大倍率を考慮すると、フィルム上又は撮像素子110上での手振れ認識が可能な限界像振れ量が求まる。なお、デジタルカメラの場合、撮像素子110の画素ピッチ以下の像振れ量は検出できないので、デジタルカメラにおける手振れ認識可能な限界像振れ量と銀塩フィルムを用いたカメラの限界像振れ量とはその値が若干異なる。

【0041】一方、カメラを手持ち撮影する場合、積分時間にかかわらず、心臓の鼓動等により常に手振れは生じている。手振れは、被写体に対して撮像レンズ200の光学系201が相対的に移動することにより生じる。従って、撮像素子110上の像振れ量は、被写体に対する像倍率、すなわち撮像レンズ200の光学系201の焦点距離 f に比例する。また、撮像レンズ200の光学系201の焦点距離(像倍率)及び手振れ速度を一定と仮定すると、撮像素子110上の像振れ量は積分時間 T に比例する。従って、像振れ量を D とすると、 $D \propto f \cdot T$ で表される。限界像振れ量 ΔD を一定とすると、手振れ限界積分時間 $T_0 \propto \Delta D / f$ で表される。比例係数(補正係数)を k とすると、上記のように手振れ限界積分時間 $T_0 = 1/k \cdot f$ となる。

【0042】次に、手振れの種類と像振れ量の関係について、図4及び図5を参照しつつ説明する。図4は、X軸方向、Y軸方向及びZ軸方向に平行な方向に手振れが生じた場合に関する。(a)は手振れがない状態を示し、 L_1 は撮像レンズ200の光学系201の主点から被写体Oまでの距離、 L_2 は光学系201の主点から撮像素子110までの距離を表す。(b)はデジタルカメラ100がX軸方向(水平)に x だけ平行に移動した場合を示す。撮像素子110上における像振れ量 Δx は、 $\Delta x = x \cdot L_2 / L_1$ で表される。 $L_1 \gg L_2$ の場合、像振れ量 Δx はほとんど無視することができる。

(c)はデジタルカメラ100がY軸方向(垂直)に y だけ平行に移動した場合を示す。撮像素子110上における像振れ量 Δy も同様に、 $\Delta y = y \cdot L_2 / L_1$ で表される。 $L_1 \gg L_2$ の場合、像振れ量 Δy もほとんど無視することができる。(d)はデジタルカメラ100がZ軸方向(光軸方向)に z だけ平行に移動した場合を示す。この場合、被写体Oまでの距離 L_1 が $L_1 + z$

に変化し、ぼけの原因となる。しかしながら、 $L_1 \gg L_2$ の場合、撮像素子110上の像はほとんどぼけることなく、また像の大きさもほとんど変化しない。このように、X軸方向及びY軸方向の平行移動の場合、それに起因する像振れは、被写体Oまでの距離 L_1 に反比例し、遠方の被写体に対する像振れはほとんど問題とはならない。また、Z軸方向の平行移動は像振れを起こさない。

【0043】これに対して、図5は、X軸、Y軸及びZ軸の回りに回転振れが生じた場合に関する。(a)はデジタルカメラ100がX軸方向に θ_x だけ回転した場合を示す。撮像素子110上ではY軸方向の像振れとなって現れ、像振れ量 Δy は、 $\Delta y = L_2 \tan \theta_x$ で表される。(b)はデジタルカメラ100がY軸方向に θ_y だけ回転した場合を示す。撮像素子110上ではX軸方向の像振れとなって現れ、像振れ量 Δx は、 $\Delta x = L_2 \tan \theta_y$ で表される。(c)はデジタルカメラ100がZ軸方向に θ_z だけ回転した場合を示す。撮像素子110上の像は θ_z 回転する。このように、X軸、Y軸、Z軸回りの回転振れは、被写体Oまでの距離に関係なく、直接像振れに影響する。遠方の被写体に対する像振れは、専ら回転振れがその原因である。従って、本実施形態では、X軸、Y軸及びZ軸回りの回転振れ量を検出すべく、X軸角速度センサ121、Y軸角速度センサ122、Z軸角速度センサ123を用いている。

【0044】像振れを防止するには、撮像素子110の積分時間を手振れ限界積分時間 T_0 以下にすれば良い。撮像素子110としてCCDを用いた場合、その感度はISO100のフィルムと同程度である。そこで、撮像素子110の感度をSV5とし、撮像レンズ200の光学系201の開放F値をAV4 (F4)、撮像レンズ200の撮像光学系201の焦点距離 $f = 30\text{mm}$ 、補正係数 $k = 1$ とする。この場合、手振れ限界積分時間 $T_0 = TV5$ (1/30秒)である。

【0045】ここで、被写体輝度をBV5と仮定すると、その被写体に適した露光量EVは、 $EV = BV + SV$ であるので、EV10となる。また、 $EV = AV + TV$ であるので、適正積分時間 T_1 はTV6 (1/60秒)となり、手振れは生じない。これから逆算すると、被写体輝度がBV4までは手振れが生じないことになる。

【0046】一方、被写体輝度がBV4以下の場合(例えば、BV3とする)、適正積分時間 $T_1 = TV4$ (1/15秒)となり、手持ち撮影では手振れが生じる可能性が極めて高くなる。そこで、本発明のデジタルカメラでは、このような手持ち撮影で手振れが生じる可能性がある場合に、手振れを防止すべく第1及び第2の手振れ防止撮像機能が設けられている。

【0047】第1の手振れ防止撮像は、モニタ装置130にモニタ画像を表示するだけで、撮像した画像を記録しないモードにおける手振れ防止に関する。

【0048】前述のように、撮像素子110の実画面サイズは140万画素であるが、モニタ装置130の画素は約8万画素しかない。従って、モニタ装置130に画像を表示するだけであれば、撮像素子110の画素のうち、縦方向に4個及び横方向に4個の合計16個の画素データのうち1つの画素データがあればよい。そこで、第1の手振れ防止撮像機能では、撮像素子110の各画素データを加算処理せずにそのまま出力する画素不加算モードと、隣接する2つの画素データを加算して1つの画素データとして出力する2画素加算モードと、隣接する上下左右合計4個の画素データを加算して1つの画素データとして出力する4画素加算モードの3つの撮像素子制御モードを用意している。

【0049】画素不加算モードの場合、撮像素子110の各画素の電荷量がそのまま画素データとして出力される。2画素加算モードの場合、隣接する2つの画素の電荷量が加算されるので、画像データ数は1/2になるが、個々の画像データの感度は約2倍になる。すなわち、2画素加算モードを選択した場合、画素密度が1/2で、かつ感度が2倍の撮像素子を用いるのと等価であり、適正露光時間 T_1 が1/2になる。同様に、4画素加算モードの場合、隣接する上下左右合計4個の画素の電荷量が加算されるので、画素データ数が1/4になるが、個々の画像データの感度は約4倍になる。すなわち、4画素加算モードを選択した場合、画素密度が1/4で、かつ感度が4倍の撮像素子を用いるのと等価であり、適正露光時間 T_1 が1/4になる。

【0050】適正積分時間 T_1 が手振れ限界積分時間 T_0 と等しいかそれよりも短い場合、適正積分時間 T_1 で撮像した画像に手振れは生じないので、画素不加算モードを選択する。一方、適正積分時間 T_1 が手振れ限界積分時間 T_0 よりも長い場合、適正積分時間 T_1 と手振れ限界積分時間 T_0 の比に応じて2画素加算モード又は4画素加算モードのいずれかを選択する。上記具体例では、2画素加算モードを選択した場合、被写体輝度がBV3でも手振れは生じない。また、4画素加算モードを選択した場合、被写体輝度がBV2でも手振れは生じない。

【0051】なお、本実施形態では4画素加算モードまでしか予定していないが、8画素加算モードや16画素加算モードを設定しても良い。4画素加算モードでも対応できない場合、後述するように、4画素加算モードで撮像した複数の画像データを合成して1つの画像データを得るように構成しても良い。

【0052】第2の手振れ防止撮像は、記録媒体等に画像データを記録し、マイクロコンピュータ等を介してプリンタ等へ出力するモードにおける手振れ防止に関する。すなわち、第2の手振れ防止撮像は、手振れがなく、かつ高画質の画像を得ることを目的としているので、上記第1の手振れ防止撮像における画素不加算モー

ドで、かつ手振れ限界積分時間 T_0 かそれよりも短い積分時間で撮像した複数の画像データを合成して1つの最終画像データを得る。さらに、最初の画像を撮像してから、第2回目以降の各画像の撮像までの間に、カメラの位置が動いているので、第2回目以降の画像データを補正し、最初の画像データに加算していく。

【0053】なお、第2の手振れ防止撮像においても、個々の画像は手振れ限界積分時間か又はそれよりも短い積分時間で撮像されるので、露光不足状態ではあるけれども、像振れ(手振れ)はない。また、最初に撮像した画像を基準として、第2回目以降に撮像された画像の位置を補正して画像合成を行うので、厳密には撮像素子110から読み出された画像の位置補正であって、手振れ限界積分時間で撮像し、手振れが生じた画像の補正(手振れ補正)とはその意味合いが異なる。

【0054】基本動作シーケンス(メインルーチン)。次に、第1の実施形態に係るデジタルカメラの基本動作シーケンスについて、図6~7に示すフローチャートを用いて説明する。

【0055】まず、カメラボディ100のメインスイッチ(図示せず)がオンされると、全体制御部300は、撮像素子110の初期化や撮像レンズ200の撮影可能状態設定等の起動処理を行う(ステップ#10)。次に、全体制御部300は、メインスイッチがオフされたか否かを判断し(ステップ#15)、メインスイッチがオンされ続けている場合、シャッターリリースボタン101の第1スイッチS1がオンしているか否かを判断する(ステップ#20)。第1スイッチS1がオフの場合(ステップ#20でNO)、全体制御部300は、電源スイッチオンから一定時間経過したか否かを判断し(ステップ#25)、一定時間第1スイッチS1がオンされない場合(ステップ#25でYES)、電池消費を防止するため、全体制御部300は、ステップ#95の終了処理にジャンプする。また、ステップ#15においてメインスイッチがオフされた場合もステップ#95の終了処理にジャンプする。

【0056】ステップ#25で一定時間が経過していない場合、全体制御部300は、メインスイッチオンを確認しながら第1スイッチS1がオンされるのを待つ。前述のように、第1スイッチS1はシャッターリリースボタン101に指を載せた状態又はシャッターリリースボタンを途中まで押し込んだ状態でオンするので、第1スイッチS1のオンにより、ユーザーが撮影状態に入っていることがわかる。

【0057】第1スイッチS1がオンされると(ステップ#20でYES)、全体制御部300は次に、シャッターリリースボタン101の第2スイッチS2がオンされたか否かを判断する(ステップ#30)。第2スイッチS2がオンされた場合、ユーザーは記録保存用の画像の撮像を指示しているので、ステップ#50にジャンプ

して上記第2の手振れ防止撮像により撮像を行う。

【0058】一方、第2スイッチS2がオンされていない場合(ステップ#30でNO)、ユーザーはモニタ用の画像を求めているので、モニタ用の画像を撮像するために、積分時間演算部302は、測光センサ301の出力信号から被写体輝度を測定し(ステップ#35)、撮像レンズ200の光学系201の焦点距離 f 及び絞り値(Fナンバー)から、適正積分時間 T_1 及び手振れ限界積分時間 T_0 を演算する(ステップ#40)。

【0059】適正積分時間 T_1 及び手振れ限界積分時間 T_0 が演算されると、全体制御部300はこれらの値に応じて、上記第1の手振れ防止撮像における画素不加算モード、2画素加算モード又は4画素加算モードのいずれかの撮像モードを選択し(ステップ#45)、そのモードに従って手振れ防止撮像を行う(ステップ#50)。ステップ#45におけるモード選択及びステップ#50における手振れ防止撮像の詳細は後述する。ステップ#50における手振れ防止撮像により手振れの無い画像が撮像されると、全体制御部300は、画像データ蓄積部307や画像データ処理部308を制御してモニタ装置130の画面上に再生する(ステップ#55)。

【0060】次に、全体制御部300は、シャッターリリースボタン101の第2スイッチS2がオンされたか否かを判断する(ステップ#60)。第2スイッチS2がオンされるまで、上記ステップ#15~#50を繰り返す。第2スイッチS2がオンされると、ユーザーは記録用の画像を求めているので、ステップ#35において既に被写体輝度が測定されている場合であっても、積分時間演算部302は、改めて測光センサ301の出力信号から被写体輝度を測定し(ステップ#65)、撮像レンズ200の光学系201の焦点距離 f 及び絞り値(Fナンバー)から、適正積分時間 T_1 、手振れ限界積分時間 T_0 、撮像回数 C 及び制御積分時間 T_2 を演算する(ステップ#70)。一例として、撮像回数 C は、適正積分時間 T_1 を手振れ限界積分時間 T_0 で割ったものを整数化したもの、すなわち $T_2 = INT(T_1/T_0)$ である。また、制御積分時間 T_2 は、適正積分時間 T_1 を撮像回数 C で割ったものとする。この場合、 $T_2 = T_0$ となる。なお、制御積分時間 T_2 はこれに限定されず、手振れ限界積分時間 T_0 以下であれば良い。従って、例えば、 $T_2 = T_1 / (C + j)$ 、(但し、 j は1以上の任意の整数)又は $T_2 = T_1 / j \cdot C$ 、(但し、 j は1以上の任意の数)としても良い。

【0061】撮像回数 C 及び制御積分時間 T_2 が演算されると、全体制御部300は、上記第2の手振れ防止撮像手順に従って手振れ防止撮像を行う(ステップ#75)。ステップ#75における手振れ防止撮像の詳細は後述する。ステップ#75において、振れの無い画像が撮像されると、記録装置140は、最終画像データを記憶媒体141に記録する(ステップ#80)。なお、

最終画像データをモニタ装置130に再生しても良い。

【0062】最終画像データが記録されると、全体制御部300はシャッターリリースボタン101の第1スイッチS1がオフされたか否か、すなわちユーザーがシャッターリリースボタン101から指を離したか否かを判断する(ステップ#85)。第1スイッチS1がオンのままの場合(ステップ#85でNO)、ユーザーは続けて画像を撮像する意思があるので、ステップ#30に戻って次の撮像に備える。

【0063】第1スイッチがオフされた場合(ステップ#85でYES)、全体制御部300はメインスイッチがオフされたか否かを判断する(ステップ#90)。メインスイッチがオンのままの場合(ステップ#90でNO)、ステップ#20に戻って第1スイッチS1がオンされるのを待つ。一方、メインスイッチがオフされた場合(ステップ#90でYES)、撮像素子110や撮像レンズ200を待機状態にする等の終了処理を行い(ステップ#95)、撮像を終了する。

【0064】モード選択サブルーチン

次に、ステップ#45におけるモード選択サブルーチンの詳細について、図8に示すフローチャートを参照しつつ説明する。

【0065】まず、シャッターリリースボタン101の第1スイッチS1がオンしているが第2スイッチS2がオンしていない場合、積分時間演算部302は、適正積分時間T1が手振れ限界積分時間T0以下であるか否かを判断する(ステップ#100)。

【0066】適正積分時間T1が手振れ限界積分時間T0以下である場合(ステップ#100でYES)、そのまま適正積分時間T1で撮像素子110を駆動しても手振れのない適正な画像が得られる。そこで、全体制御部300は、画素不加算モードを選択し(ステップ#115)する。さらに、撮像回数設定部303は、撮像回数Cとして、演算を行うことなくC=1を設定する(ステップ#120)。これと並行して、積分時間演算部302は、適正積分時間T1を制御積分時間T2として($T2=T1$)設定する(ステップ#125)。

【0067】適正積分時間T1が手振れ限界積分時間T0よりも長い場合、適正積分時間T1で撮像すると手振れが生じる可能性が高いので、積分時間演算部302は、適正積分時間T1が手振れ限界積分時間T0の2倍の積分時間 $2 \cdot T0$ 以下であるか否かを判断する(ステップ#130)。

【0068】適正積分時間T1が手振れ限界積分時間T0の2倍の積分時間 $2 \cdot T0$ 以下の場合(ステップ#130でYES)、2画素加算モードで撮像することにより、手振れがなく、かつ適正な露光量の画像が得られる。そこで、全体制御部300は、2画素加算モードを選択する(ステップ#135)。さらに、撮像回数設定部303は、撮像回数Cとして、演算を行うことなくC

=1を設定する(ステップ#140)。これと並行して、積分時間演算部302は、適正積分時間T1の1/2の積分時間を制御積分時間T2として($T2=T1/2$)設定する(ステップ#145)。

【0069】一方、適正積分時間T1が手振れ限界積分時間T0の2倍の積分時間 $2 \cdot T0$ よりも長い場合(ステップ#130でNO)、上記2画素加算モードで撮像しても、なお手振れが生じる可能性が高い。そこで、全体制御部300は、4画素加算モードを選択する(ステップ#150)。本実施形態では、4画素加算モードまでしか用意していないため、4画素加算モードで撮像しても1回の撮像で適正な露光量の画像が得られるとは限らない。そこで、撮像回数設定部303は、適正積分時間T1及び手振れ限界積分時間T0に基づいて、撮像回数Cを演算する(ステップ#155)。撮像回数Cは整数であるので、適正積分時間T1を手振れ限界積分時間T0で割ったものを切り上げて整数化する。なお、適正積分時間T1が手振れ限界積分時間T0の4倍の積分時間 $4 \cdot T0$ 以下の場合、1回の撮像により、手振れがなくかつ適正な露光量の画像が得られるので、C=1が設定される。次に、撮像回数Cが設定されると、積分時間演算部302は、適正積分時間T1を撮像回数Cで割ったものを制御積分時間T2として($T2=T1/C$)設定する(ステップ#160)。

【0070】以上のように、撮像モード、撮像回数及び制御積分時間T2が設定されると、モード選択サブルーチンを終了し、図9~10に示す手振れ防止撮像サブルーチンに移行する。図6~7のステップ#50における手振れ防止撮像サブルーチンとステップ#75における手振れ防止撮像サブルーチンは基本的に同じであるので、両者をあわせて説明する。

【0071】手振れ防止撮像サブルーチン

次に、ステップ#50又は#75における手振れ防止撮像サブルーチンを図9~10に示す。まず、手振れ防止撮像サブルーチンを開始すると、全体制御部300は、検出モードを設定する(ステップ#200)。

【0072】第1の手振れ防止撮像では、モニタ装置130上に表示するための画像を得ることを目的としているので、完璧な画像データ補正は必要なく、高周波のみの補正で表示上の効果は充分である。また、高周波のみを補正するので、後述する撮像素子110の画像読み出し位置が撮像素子110の周辺に近付きすぎることもなく、後にシャッターリリースボタン101の第2スイッチS2がオンされ、記録用の画像を撮像する場合に、画像データ補正できない状態を回避することができる。従って、高周波成分(5~20Hz)のみを補正すべく、検出モードとして高周波モードを選択する。

【0073】一方、第2の手振れ防止撮像の場合、記録用の画像データを取り込むので、低周波から高周波まで全域(0.1~20Hz)での最高の画像データ補正を

行う必要がある。そのため、検出モードとして全域（低周波）モードを選択する。なお、低周波を0.1Hzからとしているのは、角速度センサ121~123の有するDCドリフト誤差の影響を受けないようにするためである。なお、人がカメラを手持ちで撮像する場合、0.1~20Hz程度の振れを検出すれば充分であり、それ以外の周波数はノイズと考えてカットすればよい。

【0074】検出モードが設定されると、全体制御部300は、撮像回数計数用のカウンタ n をリセット（ $n=0$ ）し（ステップ#205）、撮像素子駆動部304を制御して撮像素子110の積分（撮像）を開始する（ステップ#210）。撮像素子110の積分を開始すると、積分開始からの時間が上記設定された制御積分時間 $T2$ に達したか否か、すなわち積分が終了したか否かを判断する（ステップ#215）。

【0075】撮像素子110の積分が終了すると、手振れ検出部312は、手振れ検出の初期データを取り込む（ステップ#220）。具体的には、X軸角速度センサ121、Y軸角速度センサ122、Z軸角速度センサ123による各軸の回りの回転量（アナログデータ）を、X軸検出処理回路309、Y軸検出処理回路310、Z軸検出処理回路311によりそれぞれA/D変換し、 $d\text{et}x(0)$ 、 $d\text{et}y(0)$ 、 $d\text{et}z(0)$ としてメモリに記憶する。

【0076】これと並行して、全体制御部300は、画像データ読出部305を制御して、撮像素子110からの画像データを読み出し（ステップ#225）、撮像素子110の画面中央位置（ $x=0$ 、 $y=0$ ）のデータを取り込む（ステップ#230）。読み出した画像データは最初の画像データであるので、画像データ補正部306による画像データの補正を行わずに、読み出した画像データ（現在画像データ）を画像データ蓄積部307に転送し、記憶（蓄積）する（ステップ#235）。

【0077】画像データを画像データ蓄積部307に記憶すると、全体制御部300は、カウンタ n のカウント数を1つ進め（ステップ#240）、撮像回数 n が設定された撮像回数 C に達したか否かを判断する（ステップ#245）。この場合、最初の撮像であり、 $n=1$ である。少なくとも2回以上撮像する場合（ステップ#245でNO）、全体制御部300は、撮像素子制御部304を制御して、撮像素子110による第2回目の画像の積分（撮像）を開始する（ステップ#250）。撮像素子110の積分を開始すると、積分開始からの時間が上記設定された制御積分時間 $T2$ に達したか否か、すなわち積分が終了したか否かを判断する（ステップ#255）。

【0078】撮像素子110の積分が終了すると、手振れ検出部312は、手振れ検出データ $d\text{et}x(n)$ 、 $d\text{et}y(n)$ 、 $d\text{et}z(n)$ （この場合、 $n=1$ ）を取り込む（ステップ#260）。手振れ検出データを

取り込むと、全体制御部300は、先に取り込んでおいた手振れ検出初期データを用いて手振れ量 $\Delta d\text{et}x$ 、 $\Delta d\text{et}y$ 、 $\Delta d\text{et}z$ を算出する（ステップ#265）。手振れ量の算出は以下の式に従う。

【0079】

$$\Delta d\text{et}x = d\text{et}x(n) - d\text{et}x(0)$$

$$\Delta d\text{et}y = d\text{et}y(n) - d\text{et}y(0)$$

$$\Delta d\text{et}z = d\text{et}z(n) - d\text{et}z(0)$$

手振れ量を算出すると、全体制御部300は、振れ検出量から振れ補正量に変換するための計数変換を行う（ステップ#270）。計数変換は以下の式に従う。

$$\text{【0080】 } p_x = a_x \cdot \Delta d\text{et}y$$

$$p_y = a_y \cdot \Delta d\text{et}x$$

$$d\text{e}g_z = a_z \cdot \Delta d\text{et}z$$

但し、 a_x はY軸回りの回転振れ量 $\Delta d\text{et}y$ からX軸方向の画像読み出し位置 p_x を算出するための変換係数、 a_y はX軸回りの回転振れ量 $\Delta d\text{et}x$ からY軸方向の画像読み出し位置 p_y を算出するための変換係数、 a_z はZ軸回りの回転振れ量 $\Delta d\text{et}z$ からZ軸回りの画像回転量 $d\text{e}g_z$ を算出するための変換係数である。

【0081】計数変換が完了すると、画像データ補正部306は、撮像素子110から画像データを読み出す範囲を補正するためのX方向及びY方向の位置補正データ p_x 及び p_y を読み出し（ステップ#275）、画面中心を補正位置に移動させた後、画像データ読出部305を制御して、撮像素子110上の所定範囲の画素データ（各画素の電荷量）を画像データとして読み出す（ステップ#280）。

【0082】所定範囲の画像データが読み出されると、画像データ補正部306は、Z軸回りの画像回転量 $d\text{e}g_z$ を用いて、読み出した画像データを $-d\text{e}g_z$ 分回転させる（ステップ#285）。この画像データ補正処理により、最初に撮像した画像データに対して、第2回目に撮像した画像データは、ユーザーの手振れによるカメラの移動量が補正された画像データとなる。補正された画像データは、画像データ蓄積部307に蓄積される（ステップ#290）。このように、画像データを逐次補正しながら画像データ蓄積部307に蓄積することにより、補正前の画像データを一時的に記憶するための一時記憶メモリが不要となる。また、画像データの処理速度が速い場合、画像撮像後、モニタ装置130に画像が再生されるまでの待ち時間がほとんどないというメリットを有する。

【0083】補正された画像データを蓄積すると、ステップ#240に戻って、カウンタ n のカウント数を1つ進め、撮像回数 n が設定された撮像回数 C に達したか否かを判断する（ステップ#245）。撮像回数 n が設定された撮像回数 C に達するまで、ステップ#250~#290を繰り返す。撮像回数 n が設定された撮像回数 C に達すると、画像データ蓄積部307には、適正露光量

の画像データ（電荷量）が蓄積されているので、手振れ防止撮像ルーチンを終了し、ステップ#55の画像再生サブルーチンか又はステップ#80の画像データ記録サブルーチンに移行する。

【0084】ここで、ステップ#275～#285における画像データ補正処理を図11(a)及び図11(b)に示す。図11(a)中、点S1は最初に撮像された画像における画面中心を表し、点S2は第2回目に撮像された画像における画面中心を表す。また、点S1上の十字は最初に撮像された画像中のX軸方向及びY軸方向の空間周波数成分を表し、点S2上の十字は点S1上の十字がZ軸回りに回転したものを表す。

【0085】図11(a)からわかるように、最初の撮像から第2回目の撮像までの間に、カメラがX軸回り及びY軸回りに回転振れすることにより、撮像素子110上の画像がX軸方向及びY軸方向にそれぞれ(p_x , p_y)だけ平行移動している。また、Z軸回りの回転振れにより画像がZ軸回りにdegz回転している。なお、図11(a)中点線で示す領域R1, R2は、それぞれ点S1, S2を中心とする読み出し画像サイズを表す。領域R2をX軸方向及びY軸方向にそれぞれ($-p_x$, $-p_y$)平行移動させると、領域R2と領域R1が完全に重複する（自明につき図示せず）。しかしながら、領域R2の画像は領域R1の画像に対してZ軸回りにdegzだけ回転したままであり、両者をそのまま合成することはできない。

【0086】そこで、図11(b)に示すように、点S2を点S1上に移動させた状態で、領域R2を点S2を中心としてdegz回転させる。このように画像データの読み出し位置をX軸方向及びY軸方向に平行移動させ、かつ読み出した画像データをZ軸回りに回転させることにより、第2回目の撮像による画像を最初に撮像した画像上に完全に一致するように合成することができる。さらに、回転させた領域R2と領域R1の重複部分は、1点鎖線で示す実画面サイズR0よりも大きいので、合成した画像の周辺部においても、画像データの欠けや露光量むら等は生じない。

【0087】なお、X軸方向及びY軸方向の補正は、撮像素子110からの画像データの読み出し領域R2をX軸方向及びY軸方向に平行移動させることにより可能であり、データを読み出すべき画素のX軸方向及びY軸方向のアドレスにそれぞれ移動量に応じた一定画素数を一律に加算又は減算する等のソフトウェア処理により、比較的容易に対処することができる。一方、Z軸回りの回転補正をソフトウェアで処理しようとする、回転中心に対する画素の距離に応じて、画素のアドレスに加算又は減算すべき画素数が変化するため、処理が非常に複雑となり、また処理時間が非常に長くなる。そのため、Z軸回りの回転補正に関しては、専用のIC等を用いてハードウェア的に処理することが望ましい。

【0088】また、X軸方向及びY軸方向の補正とZ軸回りの回転補正をそれぞれ独立して行う場合、画像データ補正の順序としては、上記のようにX軸方向及びY軸方向の補正を行った後、Z軸回りの回転補正を行うことが望ましい。その理由は、Z軸回りの回転補正を専用のICを用いてハードウェア的に処理する場合、画面中心S1の回りにしか回転させることができない。もし、先にZ軸回りの回転補正を行い、その後X軸方向及びY軸方向の補正を行うとすれば、図12に示すように、点S2が点S1の位置には重ならず、画像合成を行うことができない。

【0089】図12(a)は、図11(a)に示す点S1, S2及びそれらの上の十字を拡大誇張して描いたものである。また、点S2'及び1点鎖線で示す十字は、点S2及びその上の十字を画面中心である点S1の回りにdegz回転させたものである。図12(b)中点S''及び2点鎖線で示す十字は、図12(a)における点S2'からX軸方向及びY軸方向に($-p_x$, $-p_y$)平行移動させた状態を示す。図からわかるように、先にZ軸回りの回転補正を行い、後からX軸方向及びY軸方向の平行移動を行うと、点S2の写像は点S1には重ならず、点S1とは異なる位置に移動する。このように補正された画像を無理に合成すると、X軸方向及びY軸方向にずれた画像（2線ぼけしたような画像）が得られる。従って、上記のように画像補正を行う順序は重要である。

【0090】画像再生サブルーチン

次に、図6～7におけるステップ#55の画像再生サブルーチンを図13に示す。前述のように、撮像素子110の実画面サイズに相当する画素数は約140万画素である。これに対して、モニタ装置130の画素数は約8万画素である。従って、画像再生に当たり、撮像素子110の16個の画素データから表示用の1つの画素データを作成すればよい。

【0091】ステップ#50において画像データが得られると、画像データ処理部308は、ステップ#45において選択された撮像モードが4画素加算モードか否かを判断する（ステップ#300）。4画素加算モードが選択されている場合（ステップ#300でYES）、画像データ処理部308は4画素加算モードを選択し（ステップ#305）、以下のような画像データ処理を行い、表示用画像データを作成する。

【0092】ステップ#50において画像データ蓄積部307の各画素に蓄積されている画像データ（電荷量）は、上下左右に隣接する4画素分を加算してちょうど適正な露光量となる。従って、画像データ処理部308は、画像データ蓄積部307に蓄積されている画像データを読み出し（ステップ#310）、モニタ装置130の1画素に対応する撮像素子110の16個の画素データから上下左右に隣接する4個の画素データを読み出し

て加算するか、あるいは、16個の画素データを全て加算した後、それを1/4にして、1画素分の表示用画素データを作成する。この処理を約8万画素全てについて実行し、表示用画像データを作成する(ステップ#315)。

【0093】ステップ#45において、4画素加算モードが選択されていない場合(ステップ#300でNO)、画像データ処理部308は、ステップ#45において選択された撮像モードが2画素加算モードか否かを判断する(ステップ#320)。2画素加算モードが選択されている場合(ステップ#320でYES)、画像データ処理部308は2画素加算モードを選択し(ステップ#325)、以下のような画像データ処理を行い、表示用画像データを作成する。

【0094】ステップ#50において画像データ蓄積部307の各画素に蓄積されている画像データ(電荷量)は、左右に隣接する2画素分を加算してちょうど適正な露光量となる。従って、画像データ処理部308は、画像データ蓄積部307に蓄積されている画像データを読み出し(ステップ#330)、モニタ装置130の1画素に対応する撮像素子110の16個の画素データから左右に隣接する2個の画素データを読み出して加算するか、あるいは、16個の画素データを全て加算した後、それを1/8にして、1画素分の表示用画素データを作成する。この処理を約8万画素全てについて実行し、表示用画像データを作成する(ステップ#335)。

【0095】ステップ#45において、画素不加算モードが選択されている場合(ステップ#320でNO)、画像データ処理部308は画素不加算モードを選択し(ステップ#340)、以下のような画像データ処理を行い、表示用画像データを作成する。

【0096】ステップ#50において画像データ蓄積部307の各画素に蓄積されている画像データ(電荷量)は、ちょうど適正な露光量となっている。従って、画像データ処理部308は、画像データ蓄積部307に蓄積されている画像データを読み出し(ステップ#345)、モニタ装置130の1画素に対応する撮像素子110の16個の画素データからいずれかの画素データを読み出すか、あるいは、16個の画素データを全て加算した後、それを1/16にして、1画素分の表示用画素データを作成する。この処理を約8万画素全てについて実行し、表示用画像データを作成する(ステップ#350)。

【0097】表示用画像データが作成されると、表示用画像データを表示用データメモリに記憶し(ステップ#355)、NTSC信号やPAL信号又はRGB各色のデジタル信号に変換した後、一定間隔でモニタ装置130に出力する(ステップ#360)。これにより、画像表示サブルーチンを終了する。

【0098】画像データ記録サブルーチン

次に、図6~7におけるステップ#80の画像データ記録サブルーチンを図14に示す。ステップ#75で記録用の画像データが画像データ蓄積部307に蓄積されると、全体制御部300は記録装置140を制御して、画像データ蓄積部307に蓄積されている画像データを読み出し(ステップ#400)、読み出した画像データを間引いて、表示用又は画像内容確認用のサムネイル画像データ(例えば、縦100画素、横140画素)を作成する(ステップ#405)。さらに、読み出した画像データを、例えばJPEG圧縮等を用いてデータ圧縮する(ステップ#410)。

【0099】さらに、ファイルネーム、画像の解像度、圧縮率等の所定のヘッダデータを作成し(ステップ#415)、ヘッダデータ、サムネイル画像データ及び品画像データを合成して1つのファイルとし(ステップ#420)、合成したデータを記録媒体141(図1参照)に記録し(ステップ#425)、画像データ記録サブルーチンを終了する。

【0100】(第2の実施形態)次に、本発明のカメラシステムの第2の実施形態について、図面を参照しつつ説明する。なお、第2の実施形態に係るデジタルカメラの構成及び各構成要素の配置は第1の実施形態の場合とほぼ同様であるため、共通する部分の説明を省略し、相違点を中心に説明する。

【0101】第2の実施形態に係るデジタルカメラの制御回路150のブロック構成を図15に示す。

【0102】上記第1の実施形態では、第2回目以降の画像を撮像するごとに画像データ補正部306により画像データを補正し、補正した画像データを画像データ蓄積部307に蓄積するように構成した。一方、第2の実施形態では、第2回目以降の画像を撮像すると、画像データを画像データ一時記憶部314に一時的に記憶すると共に、各画像を撮像した時点における手振れ検出結果も手振れ検出結果記憶部313に記憶する。

【0103】所定数の撮像が完了すると、全体制御部300は、手振れ検出結果記憶部313に記憶されている手振れ検出データを用いて画像データ補正部306を制御し、第2回目以降に撮像した画像の画像データ補正を行い、画像データ蓄積部307に記憶されている最初の画像データ上に蓄積していく。

【0104】次に、制御回路150のうち、画像データ補正に関する主要部分の構成を図16に示す。手振れ検出結果記憶部313及び画像データ一時記憶部314は、それぞれ複数撮像される画像データに対応して、複数の記憶領域313a、314aが割り当てられている。撮像素子110により画像が撮像されるごとに、画像データは、画像データ一時記憶部314の撮像番号に対応する記憶領域に314aに、また画像を撮像したときの手振れ検出結果は、手振れ検出結果記憶部313の撮像番号に対応する記憶領域313aにそれぞれ記憶さ

れる。

【0105】手振れ検出結果に関するデータは、それほど大きな容量を必要としないが、余裕を持って、手振れ検出結果記憶部313の各記憶領域313aを大きめに確保することが好ましい。例えば、露光量EV値で3段分の手振れ防止を行う場合、 $2^3 = 8$ 回分のデータを記憶できるように8領域設定する。なお、手振れ防止の段数及び記憶領域数はこれに限定されず、目標とする手振れ防止段数に応じて適宜設定すればよい。

【0106】画像データ一時記憶部314も、手振れ防止段数に応じて、手振れ検出結果記憶部313の記憶領域313aと同数の記憶領域314aが設けられている。本実施形態の場合、撮像素子110により撮像された1つの画像データを記憶するのに必要なメモリ容量は約1.9MB(メガバイト)である。従って、上記数値例による最大8回分の画像データを、データ圧縮せずに保存しようとする、非常に大きなメモリ容量を必要とし、デジタルカメラのコストアップの要因となる。従って、必要に応じて、画像データを圧縮して保存することが好ましい。画像データの圧縮に関しては後述する。

【0107】画像データ補正部306は、アフィン変換部306aと読出領域設定部306bとからなる。第2の実施形態では、画像データ補正方法として、X軸、Y軸及びZ軸回りの回転振れを同時に補正するアフィン変換を行う。アフィン変換の詳細は後述する。また、撮像素子110の各画素データの内、画像データとして読み出す方法に関しても後述する。

【0108】基本動作シーケンス(メインルーチン)次に、第2の実施形態に係るデジタルカメラの基本動作シーケンスについて、図17~18に示すフローチャートを用いて説明する。

【0109】まず、カメラボディ100のメインスイッチ(図示せず)がオンされると、全体制御部300は、撮像素子110の初期化や撮像レンズ200の撮影可能状態設定等の起動処理を行う(ステップ#10)。次に、全体制御部300は、メインスイッチがオフされたか否かを判断し(ステップ#15)、メインスイッチがオンされ続けている場合、シャッターリリースボタン101の第1スイッチS1がオンしているか否かを判断する(ステップ#20)。第1スイッチS1がオフの場合(ステップ#20でNO)、全体制御部300は、電源スイッチオンから一定時間経過したか否かを判断し(ステップ#25)、一定時間第1スイッチS1がオンされない場合(ステップ#25でYES)、電池消費を防止するため、全体制御部300は、ステップ#95の終了処理にジャンプする。また、ステップ#15においてメインスイッチがオフされた場合もステップ#95の終了処理にジャンプする。

【0110】ステップ#25で一定時間が経過していない場合、全体制御部300は、メインスイッチオンを確

認しながら第1スイッチS1がオンされるのを待つ。前述のように、第1スイッチS1はシャッターリリースボタン101に指を載せた状態又はシャッターリリースボタンを途中まで押し込んだ状態でオンするので、第1スイッチS1のオンにより、ユーザーが撮影状態に入っていることがわかる。

【0111】第1スイッチS1がオンされると(ステップ#20でYES)、全体制御部300は次に、シャッターリリースボタン101の第2スイッチS2がオンされたか否かを判断する(ステップ#30)。第2スイッチS2がオンされた場合、ユーザーは記録保存用の画像の撮像を指示しているので、ステップ#50にジャンプして上記第2の手振れ防止撮像により撮像を行う。

【0112】一方、第2スイッチS2がオンされていない場合(ステップ#30でNO)、ユーザーはモニタ用の画像を求めているので、モニタ用の画像を撮像するために、積分時間演算部302は、測光センサ301の出力信号から被写体輝度を測定し(ステップ#35)、撮像レンズ200の光学系201の焦点距離 f 及び絞り値(Fナンバー)から、適正積分時間 $T1$ 及び手振れ限界積分時間 $T0$ を演算する(ステップ#40)。

【0113】適正積分時間 $T1$ 及び手振れ限界積分時間 $T0$ が演算されると、全体制御部300はこれらの値に応じて、上記第1の手振れ防止撮像における画素不加算モード、2画素加算モード又は4画素加算モードのいずれかの撮像モードを選択する(ステップ#45)。撮像モードが選択されると、特に4画素加算モードが選択されると複数の画像を撮像するので、画像データ一時記憶部314のメモリ容量や撮像回数から、画像データ圧縮を行うか否か及び画像データ圧縮方法等の画像データ記録設定を行う(ステップ#47)。画像データ記録設定されると、ステップ#45で設定されたモードに従って手振れ防止撮像を行う(ステップ#50)。ステップ#45におけるモード選択及びステップ#50における手振れ防止撮像の詳細は後述する。ステップ#50における手振れ防止撮像により手振れのない画像が撮像されると、全体制御部300は、画像データ蓄積部307や画像データ処理部308を制御してモニタ装置130の画面上に再生する(ステップ#55)。

【0114】次に、全体制御部300は、シャッターリリースボタン101の第2スイッチS2がオンされたか否かを判断する(ステップ#60)。第2スイッチS2がオンされるまで、上記ステップ#15~#50を繰り返す。第2スイッチS2がオンされると、ユーザーは記録用の画像を求めているので、ステップ#35において既に被写体輝度が測定されている場合であっても、積分時間演算部302は、改めて測光センサ301の出力信号から被写体輝度を測定し(ステップ#65)、撮像レンズ200の光学系201の焦点距離 f 及び絞り値(Fナンバー)から、適正積分時間 $T1$ 、手振れ限界積分時

間 T_0 、撮像回数 C 及び制御積分時間 T_2 を演算する(ステップ#70)。一例として、撮像回数 C は、適正積分時間 T_1 を手振れ限界積分時間 T_0 で割ったものを整数化したもの、すなわち $T_2 = \text{INT}(T_1/T_0)$ である。また、制御積分時間 T_2 は、適正積分時間 T_1 を撮像回数 C で割ったものとする。この場合、 $T_2 \approx T_0$ となる。なお、制御積分時間 T_2 はこれに限定されず、手振れ限界積分時間 T_0 以下であれば良い。従って、例えば、 $T_2 = T_1 / (C + j)$ 、(但し、 j は1以上の任意の整数)又は $T_2 = T_1 / j \cdot C$ 、(但し、 j は1以上の任意の数)としても良い。

【0115】撮像回数 C 及び制御限界積分時間 T_2 が演算されると、全体制御部300は、画像データ一時記憶部314のメモリ容量や撮像回数 C から、画像データ圧縮を行うか否か及び画像データ圧縮方法等の画像データ記録設定を行い(ステップ#72)、上記第2の手振れ防止撮像手順に従って手振れ防止撮像を行う(ステップ#75)。ステップ#72における画像データ圧縮方法及びステップ#75における手振れ防止撮像の詳細は後述する。ステップ#75において、振れない画像が撮像されると、記録装置140は、最終画像データを記憶媒体141に記録する(ステップ#80)。なお、最終画像データをモニタ装置130に再生しても良い。

【0116】最終画像データが記録されると、全体制御部300はシャッターリリースボタン101の第1スイッチ S_1 がオフされたか否か、すなわちユーザーがシャッターリリースボタン101から指を離したか否かを判断する(ステップ#85)。第1スイッチ S_1 がオンのままの場合(ステップ#85でNO)、ユーザーは続けて画像を撮像する意思があるので、ステップ#30に戻って次の撮像に備える。

【0117】第1スイッチがオフされた場合(ステップ#85でYES)、全体制御部300はメインスイッチがオフされたか否かを判断する(ステップ#90)。メインスイッチがオンのままの場合(ステップ#90でNO)、ステップ#20に戻って第1スイッチ S_1 がオンされるのを待つ。一方、メインスイッチがオフされた場合(ステップ#90でYES)、撮像素子110や撮像レンズ200を待機状態にする等の終了処理を行い(ステップ#95)、撮像を終了する。

【0118】なお、ステップ#45におけるモード選択サブルーチン、ステップ#55における画像再生サブルーチン及びステップ#80における画像データ記録サブルーチンは上記第1の実施形態の場合と同様であるため、その説明を省略する。

【0119】手振れ防止撮像サブルーチン
次に、ステップ#50及び#75における手振れ防止撮像サブルーチンを図19～20に示す。まず、手振れ防止撮像サブルーチンを開始すると、全体制御部300は、検出モードを設定する(ステップ#500)。

【0120】第1の実施形態の場合と同様に、ステップ#50の第1の手振れ防止撮像では、高周波成分(5～20Hz)のみを補正すべく、検出モードとして高周波モードを選択する。また、ステップ#75の第2の手振れ防止撮像では、低周波から高周波まで全域(0.1～20Hz)での最高の画像データ補正を行うために、検出モードとして全域(低周波)モードを選択する。

【0121】検出モードが設定されると、全体制御部300は、撮像回数計数用のカウンタ n をリセット($n=1$)し(ステップ#505)、撮像素子駆動部304を制御して撮像素子110の積分(撮像)を開始する(ステップ#510)。これと並行して、手振れ検出部312は、手振れ検出データ、すなわち、X軸角速度センサ121、Y軸角速度センサ122、Z軸角速度センサ123による各軸の回りの回転量(アナログデータ)を、X軸検出処理回路309、Y軸検出処理回路310、Z軸検出処理回路311を介して取り込む(ステップ#515)。

【0122】撮像素子110の積分を開始すると、全体制御部300は、積分開始からの時間が上記設定された制御積分時間 T_2 に達したか否か、すなわち積分が終了したか否かを判断する(ステップ#520)。

【0123】撮像素子110の積分が終了すると、全体制御部300は、手振れ検出部312からの手振れ検出データ det_xn 、 det_yn 、 det_zn (この場合、 $n=1$)を手振れ検出結果記憶部313の該当する記憶領域313aに記憶する(ステップ#525)。

【0124】読出領域設定部306は、撮像素子110の各画素データのうち、画像データとして読み出す領域を設定する(ステップ#530)。画像データ読出領域の設定方法について以下に説明する。

【0125】第1の方法は、画像データ読出領域の中心を撮像素子110の画面中心(0,0)に固定し、手振れを考慮して画像データ読出領域を順次拡大する。X軸方向の読出範囲を q_x 、Y軸方向の読出範囲 q を q_y 、 n をカウンタのカウント数として、 q_x 、 q_y は以下の式で与えられる。

$$\begin{aligned} q_x &= 1400 + (n-1) \cdot 20 \\ q_y &= 1000 + (n-1) \cdot 20 \end{aligned}$$

上記式から明らかなように、撮像を繰り返すごとに画像データ読出領域が広がっていく。なお、撮像素子110の有効領域は有限であるので(図3参照)、この方法では撮像可能回数に一定の限界がある。

【0127】第2の方法は、画像データ読出領域の中心をX軸方向及びY軸方向の手振れ検出位置(p_x 、 p_y)として移動させ、Z軸回りの回転振れを考慮して、撮像を繰り返すごとに画像データ読出領域を順次少しずつ拡大する。X軸方向の読出範囲を q_x 、Y軸方向の読出範囲 q を q_y 、 n をカウンタのカウント数として、 q_x 、 q_y は以下の式で与えられる。

【0128】 $q_x = 1400 + (n-1) \cdot 10$

$q_y = 1000 + (n-1) \cdot 10$

第3の方法は、画像データ読出領域の中心をX軸方向及びY軸方向の手振れ検出位置 (p_x , p_y) として移動させ、Z軸回りの回転振れを考慮して、画像データ読出領域を最初から余裕を持って大きめに設定し、その範囲を固定する。X軸方向の読出範囲を q_x 、Y軸方向の読出範囲 q_y を q_x 、 q_y は以下の式で与えられる。

【0129】 $q_x = 1400 + 100$

$q_y = 1000 + 100$

画像データ読出領域が設定すると、全体制御部300は、画像データ読出部305を制御して、撮像素子110からの画像データを読み出し(ステップ#535)、必要に応じて読み出した画像データを圧縮し(ステップ#540)、画像データを画像データ一時記憶部314の該当する記憶領域314aに記憶する(ステップ#545)。

【0130】ここで、ステップ#540におけるデータ圧縮方法の一例について説明する。第1の画像データ圧縮方法は、2つの画像データ、例えば最初に撮像された画像データと第2回目以降に撮像された画像データの差を求め、最初の画像データと最初の画像データに対する各画像の差分データを、当該2つの画像データとして記憶することにより、画像データの圧縮を行う。この差分データ圧縮方法は、データ圧縮率は低いが処理速度が速いというメリットがある。

【0131】第2の画像データ圧縮方法は、各画像データにJPEG圧縮をかける。この方法によれば、差分データを記憶する第1のデータ圧縮方法に比べて、処理時間を要するが、データ圧縮率が大きいため、画像データ一時記憶部314のメモリ容量を大きくできない場合に有効である。

【0132】なお、画像データ圧縮方法はこれらに限定されず、GIF等のその他の画像データ圧縮方法を用いても良い。また、これらの画像データ圧縮方法を複数用意しておき、撮像回数Cに応じて適宜最適な画像データ圧縮方法を選択するように構成しても良い。

【0133】画像データ圧縮方法選択フローチャートを図21に示す。まず、全体制御部300は、撮像回数Cが2以下か否かを判断する(ステップ#700)。撮像回数Cが1又は2の場合(ステップ#700でYES)、記憶すべき画像データはそれほど多くないので、全体制御部300は、画像データを圧縮せずそのまま画像データ一時記憶部314に記憶する(ステップ#705)。

【0134】撮像回数が2よりも大きい場合、全体制御部300は、撮像回数Cが4以下か否かを判断する(ステップ#710)。撮像回数Cが3又は4の場合(ステップ#710でYES)、全体制御部300は上記差分

データ圧縮方法を選択し、最初に撮像された画像データと最初の画像データに対する各画像の差分データを、画像データ一時記憶部314に記憶する(ステップ#715)。

【0135】撮像回数Cが5以上の場合(ステップ#710でNO)、全体制御部300は、撮像回数Cが8以下か否かを判断する(ステップ#720)。撮像回数Cが5～8の場合(ステップ#720でYES)、全体制御部300は上記JPEG圧縮方法を選択し、圧縮率1/4で各画像データを圧縮し、画像データ一時記憶部314に記憶する(ステップ#725)。

【0136】撮像回数Cが9以上の場合(ステップ#720でNO)、全体制御部300は上記JPEG圧縮方法を選択し、圧縮率1/Cで各画像データを圧縮し、画像データ一時記憶部314に記憶する(ステップ#730)。

【0137】図19～20に示すフローチャートに戻って、ステップ#545で画像データを画像データ一時記憶部314に記憶すると、全体制御部300は、撮像回数nが設定された撮像回数Cに達したか否かを判断する(ステップ#550)。この場合、最初の撮像であり、 $n=1$ である。少なくとも2回以上撮像する場合(ステップ#550でNO)、全体制御部300は、カウンタnのカウント数を1つ進め(ステップ#555)、ステップ#510に戻って、撮像素子110による第2回目の画像の積分(撮像)を開始する。

【0138】撮像回数nが設定された撮像回数Cに達すると(ステップ#550でYES)、全体制御部300は、画像データ補正部306を制御して、手振れ検出結果記憶部313に記憶されている手振れ検出結果を用いて、画像データ一時記憶部314に記憶されている画像データの補正を行う。

【0139】画像データの補正を開始すると、全体制御部300は、別のカウンタmをリセット($m=1$)し(ステップ#560)、手振れ検出結果記憶部313から手振れ検出データ $d_{etx}(m)$ 、 $d_{ety}(m)$ 、 $d_{etz}(m)$ (但し、 $n \geq m \geq 1$) を取り込み(ステップ#565)、各画像を撮像した時点における手振れ量 Δd_{etx} 、 Δd_{ety} 、 Δd_{etz} を算出するを算出する(ステップ#570)。

【0140】手振れ量の算出は以下の式に従う。

【0141】

$\Delta d_{etx} = d_{etx}(m) - d_{etx}(1)$

$\Delta d_{ety} = d_{ety}(m) - d_{ety}(1)$

$\Delta d_{etz} = d_{etz}(m) - d_{etz}(1)$

手振れ量を算出すると、全体制御部300は、振れ検出量から振れ補正量に変換するための計数変換を行う(ステップ#575)。計数変換は以下の式に従う。

【0142】 $p_x = a_x \cdot \Delta d_{ety}$

$p_y = a_y \cdot \Delta d_{etx}$

$$\text{degz} = \text{az} \cdot \Delta \text{detz}$$

但し、 ax はY軸回りの回転振れ量 Δdety からX軸方向の画像読み出し位置 px を算出するための変換係数、 ay はX軸回りの回転振れ量 Δdetx からY軸方向の画像読み出し位置 py を算出するための変換係数、 az はZ軸回りの回転振れ量 Δdetz からZ軸回りの画像回転量 degz を算出するための変換係数である。

【0143】計数変換が完了すると、画像データ補正部306は、画像データ一時記憶部314に一時的に記憶

$$\begin{pmatrix} X_o \\ Y_o \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(-\text{degz}) & -\sin(-\text{degz}) \\ \sin(-\text{degz}) & \cos(-\text{degz}) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -\text{px} \\ -\text{py} \end{pmatrix}$$

【0146】ここで、 (X_i, Y_i) は補正前のある画素データの座標であり、 (X_o, Y_o) は補正後の座標である。アフィン変換によれば、例えば図11(a)及び(b)に示したX軸方向及びY軸方向のシフト $(-\text{px}, -\text{py})$ 及びZ軸回りの回転 $(-\text{degz})$ の補正を同時に行うことができる。

【0147】この画像データ補正処理により、最初に撮像した画像データに対して、第2回目以降に撮像した画像データは、ユーザーの手振れによるカメラの移動量が補正された画像データとなる。画像データを補正すると、読み出し領域設定部306bは、画像表示及び記録に必要な領域、例えば固体撮像素子110の画面中心S1を基準とする実画面サイズ(図3参照)の範囲を指定し、その範囲の画素データを画像データとして、画像データ蓄積部307に蓄積する(ステップ#600)。

【0148】補正された画像データを蓄積すると、全体制御部300は、カウンタのカウンタ数 m が設定された撮像回数 C に達したか否かを判断する(ステップ#605)。カウンタ数 m が撮像回数 C に達していない場合、カウンタを1つ進め(ステップ#610)、カウンタ数 m が設定された撮像回数 C に達するまで、ステップ#565~#605を繰り返す。カウンタ数 m が設定された撮像回数 C に達すると、画像データ蓄積部307には、適正露光量の画像データ(電荷量)が蓄積されているので、手振れ防止撮像ルーチンを終了し、ステップ#55の画像再生サブルーチンか又はステップ#80の画像データ記録サブルーチンに移行する。

【0149】(その他の実施形態)上記第1の実施形態では、画像データ補正方法として、X軸回り及びY軸回りの回転振れ補正を撮像素子110からの画像データの読み出し位置の平行移動により行い、Z軸回りの回転振れ補正を画像の回転により行うように構成したが、これに限定されるものではなく、第2の実施形態のようにアフィン変換を用いても良い。

【0150】また、第2の実施形態では、画像データ補正方法としてアフィン変換を用いたが、これに限定され

ていた画像データを再度読み出す(ステップ#580)。この時、画像データが圧縮して記憶されている場合、画像データを補正するために展開する(ステップ#585)。

【0144】所定範囲の画像データが読み出されると、画像データ補正部306のアフィン変換部306aは、以下の補正式に基づいて補正を行う。

【0145】

【数1】

るものではなく、第1の実施形態のようにX軸回り及びY軸回りの回転振れ補正とZ軸回りの回転振れ補正を異なる方法で行っても良い。

【0151】また、上記各実施形態では、デジタルカメラにおいて、被写体が低輝度の場合に、手振れ限界積分時間か又はそれよりも短い積分時間で撮像した複数の画像を合成して適正な露光量の1つの画像データを得る場合について例示したが、これに限定されるものではなく、被写体を複数の部分に分割して撮像し、撮像した各画像データを補正した後、それらを合成して1つの画像データを作成し、撮像素子の見かけ上の解像度を高くしたり、あるいは撮像レンズの画角を見かけ上広げるような用途に応用することが可能である。

【0152】さらに、デジタルカメラに限定される手振れ補正機能を有するビデオカメラの手振れ補正に応用することも可能である。

【0153】

【発明の効果】上記説明したように、本発明の第1のカメラシステムは、基準時点から画像を撮像するまでの間のカメラの移動量を検出して、撮像素子から画像データを読み出す範囲を補正するカメラシステムであって、画像データの補正は、撮像光学系の光軸(Z軸)を座標軸の1つとする直交座標系(X軸、Y軸、Z軸)の各軸回りの回転振れ補正であり、光軸(Z軸)回りの回転振れを第1の方法で補正し、光軸に直交する2軸(X軸、Y軸)回りの回転振れを第1の方法と異なる第2の方法で補正することを特徴とするので、Z軸回りの回転振れとX軸及びY軸回りの回転振れとをそれぞれ最適な方法を用いて補正することができ、補正方法を簡略化することができると共に、補正に要する演算時間を短くすることが可能となる。

【0154】また、第2の方法による光軸(Z軸)に直交する2軸(X軸、Y軸)回りの回転振れ補正は画像データ読み出し範囲を移動させることにより行い、第1の方法による光軸回りの回転振れ補正は画像データの回転処理により行うことにより、X軸及びY軸回りの回転振

れ補正方法として、従来の方法を用いることができる。

【0155】また、光軸（Z軸）に直交する2軸（X軸、Y軸）回りの回転振れ補正のための第2の方法による画像データ読み出し範囲の移動はソフトウェア処理により行い、光軸（Z軸）回りの回転振れ補正のための第1の方法による画像データの回転はハードウェア処理により行うことにより、Z軸回りの回転振れ補正に要する時間を短くすることが可能となる。

【0156】また、本発明の第2のカメラシステムによれば、基準時点から画像を撮像するまでの間のカメラの移動量を検出し、撮像素子からの画像データを補正するカメラシステムであって、画像データの補正は、撮像光学系の光軸を座標軸の1つとする直交座標系の各軸回りの回転振れ補正であり、光軸に直交する2軸回りの回転振れ補正を行った後、光軸回りの回転振れ補正を行うことを特徴とするので、ハードウェア的にZ軸回りの振れ補正を行う場合、撮像素子の中心の回りにしか回転できないため、光軸に直交する2軸回りの回転振れ補正を行った後、光軸回りの回転振れ補正を行うことにより、正確に第2回目以降に撮像した画像の水平方向及び垂直方向を最初に撮像した画像（基準画像）の水平方向及び垂直方向に一致させることができ、正確に画像のつなぎ合わせや手振れ補正等を行うことが可能となる。また、この第2のカメラシステムと上記第1のカメラシステムの特徴を組み合わせるにより、画像データの補正処理を簡単、迅速、かつ正確に処理することが可能となる。

【0157】さらに、本発明の第3のカメラシステムによれば、基準時点から画像を撮像するまでの間のカメラの移動量を検出し、撮像素子からの画像データを補正するカメラシステムであって、画像データ読み出し範囲を実画面サイズよりも大きくすることを特徴とするので、先に撮像した画像に補正した画像を合成する際、画面周辺部における画像データ不足を防止することが可能となる。また、この第3のカメラシステムと上記第1又は第2のカメラシステムの特徴を組み合わせるにより、画像データの補正処理を簡単、迅速、かつ正確に処理することが可能となる。

【0158】また、複数の画像データを同時に記憶可能であり、1つの基準画像データ以外の画像データを圧縮して、前記基準画像データ容量よりも小さい容量の一時記憶領域に記憶し、撮像条件に応じて少なくとも圧縮方法及び圧縮率のいずれか一方を変更するように構成することにより、撮像条件、例えば被写体輝度、撮像回数、画像データ読み出し範囲、基準時点から画像を撮像するまでの時間等に応じて、限られた画像データ一時記憶領域を有効に利用することができる。

【0159】また、前記複数の画像データを用いて1つの画像を合成するように構成することにより、例えば撮像光学系の画角よりも広い範囲の画像等、任意の画像が得られる。特に、手振れ限界積分時間又はそれよりも短

い積分時間で、被写体の略同一部分を複数回撮像することにより、被写体輝度が低い場合でも手振れのない鮮明な画像を得ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のカメラシステムの第1の実施形態であるデジタルカメラの構成及び各構成要素の配置を示す図である。

【図2】第1の実施形態における制御回路150のブロック構成を示す図である。

【図3】第1の実施形態で使用する撮像素子110における実画面サイズ（記録画像サイズ）、有効領域及び読み出し画像サイズの関係を示す図である。

【図4】手振れの種類と像振れ量の関係を示す図であり、(a)は手振れがない状態、(b)はカメラがX軸方向（水平）にxだけ平行に移動した状態、(c)はカメラがY軸方向（垂直）にyだけ平行に移動した状態、(d)はカメラがZ軸方向（光軸方向）にzだけ平行に移動した状態を示す。

【図5】手振れの種類と像振れ量の関係を示す図であり、(a)はカメラがX軸方向に θ_x だけ回転した状態、(b)はカメラがY軸方向に θ_y だけ回転した状態、(c)はカメラがZ軸方向に θ_z だけ回転した状態を示す。

【図6】第1の実施形態に係るデジタルカメラの基本動作シーケンスを示すフローチャートである。

【図7】図6のフローチャートの続きである。

【図8】図6～7に示すフローチャートのステップ#45におけるモード選択サブルーチンを示すフローチャートである。

【図9】図6～7に示すフローチャートのステップ#50又は#75における手振れ防止撮像サブルーチンを示すフローチャートである。

【図10】図9のフローチャートの続きである。

【図11】第1の実施形態における画像データ補正処理を示す図である。

【図12】先にZ軸回りの回転補正を行い、その後X軸方向及びY軸方向の補正を行うと、画像合成を行うことができないことを示す図である。

【図13】図6～7におけるステップ#55の画像再生サブルーチンを示すフローチャートである。

【図14】、図6～7におけるステップ#80の画像データ記録サブルーチンを示すフローチャートである。

【図15】本発明のカメラシステムの第2の実施形態であるデジタルカメラにおける制御回路150のブロック構成を示す図である。

【図16】第2の実施形態における制御回路150のうち、画像データ補正に関する主要部分の構成を示す図である。

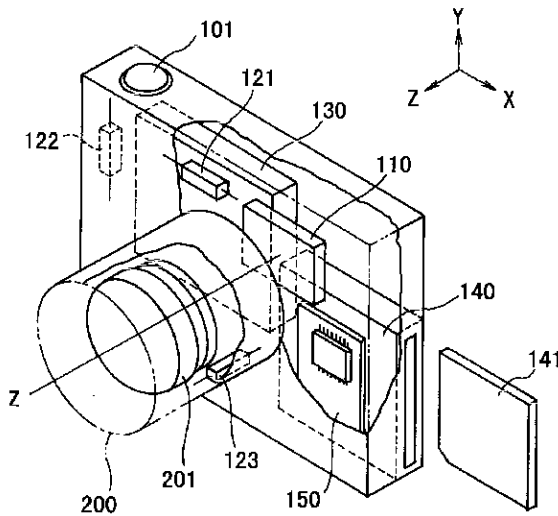
【図17】第2の実施形態に係るデジタルカメラの基本動作シーケンスを示すフローチャートである。

【図18】 図17に示すフローチャートの続きである。
 【図19】 図17～18に示すフローチャートのステップ#50及び#75における手振れ防止撮像サブルーチンを示すフローチャートである。
 【図20】 図19のフローチャートの続きである。
 【図21】 画像データ圧縮方法選択サブルーチンを示すフローチャートである。

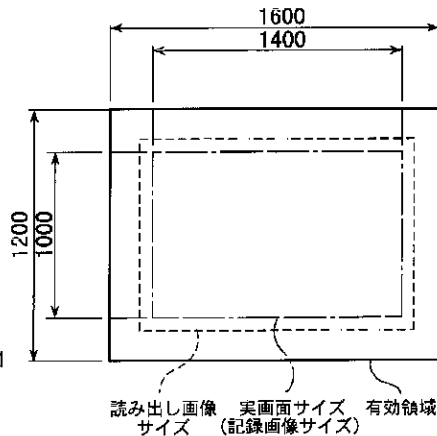
【符号の説明】

- | | |
|---------------------|------------------|
| 100 : カメラボディ | 201 : 光学系 |
| 101 : シャッターレリーズスイッチ | 301 : 測光センサ |
| 110 : 撮像素子 | 302 : 積分時間演算部 |
| 121 : X軸角速度センサ | 303 : 撮像回数設定部 |
| 122 : Y軸角速度センサ | 304 : 撮像装置駆動部 |
| 123 : Z軸角速度センサ | 305 : 画像データ読出部 |
| 130 : モニタ装置 | 306 : 画像データ補正部 |
| 140 : 記録装置 | 306a : アフィン変換部 |
| 141 : 記録媒体 | 306b : 読出領域設定部 |
| 150 : 制御回路 | 307 : 画像データ蓄積部 |
| 200 : 撮像レンズ | 308 : 画像データ処理部 |
| | 309 : X軸検出処理回路 |
| | 310 : Y軸検出処理回路 |
| | 311 : Z軸検出処理回路 |
| | 312 : 手振れ検出部 |
| | 313 : 手振れ検出結果記憶部 |
| | 313a : 記憶領域 |
| | 314 : 画像データ一時記憶部 |
| | 314a : 記憶領域 |

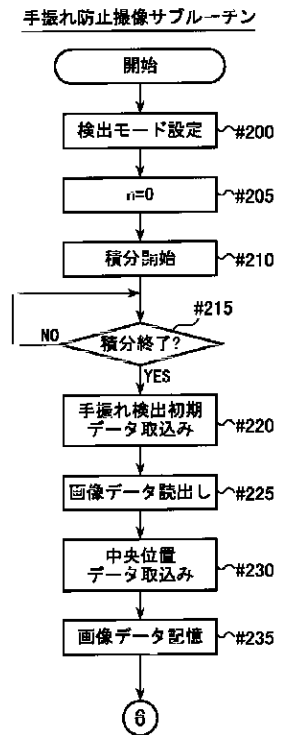
【図1】



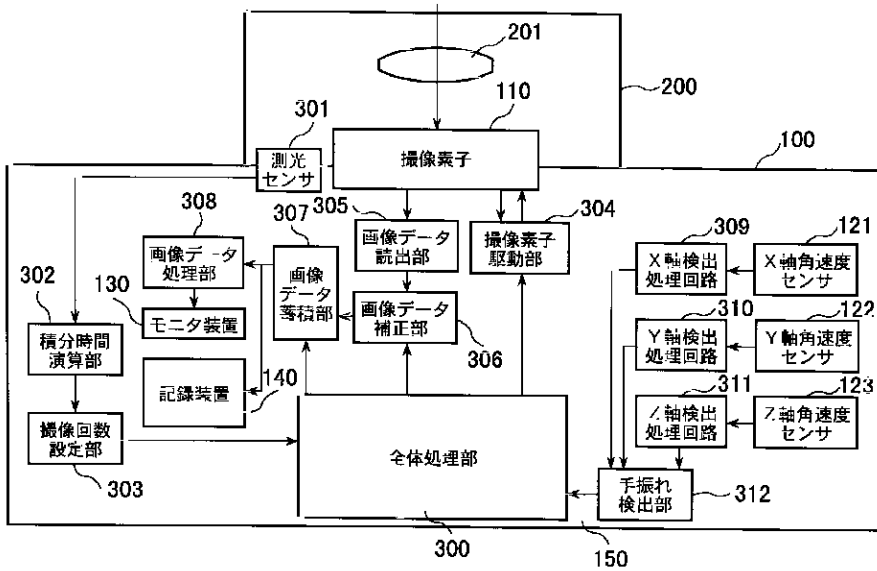
【図3】



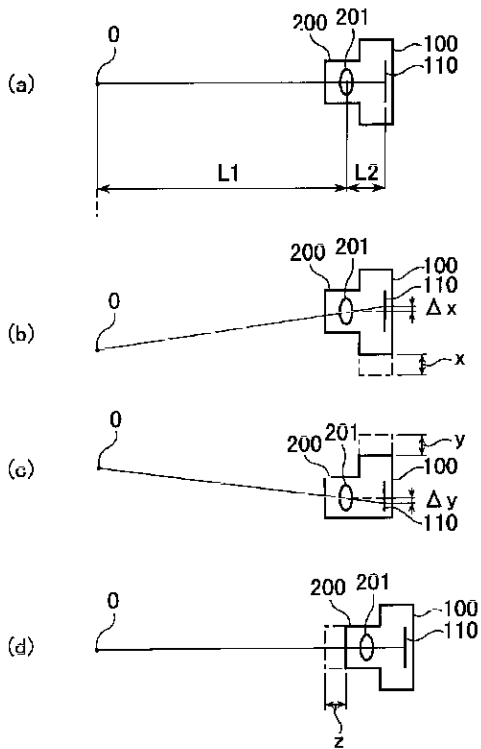
【図9】



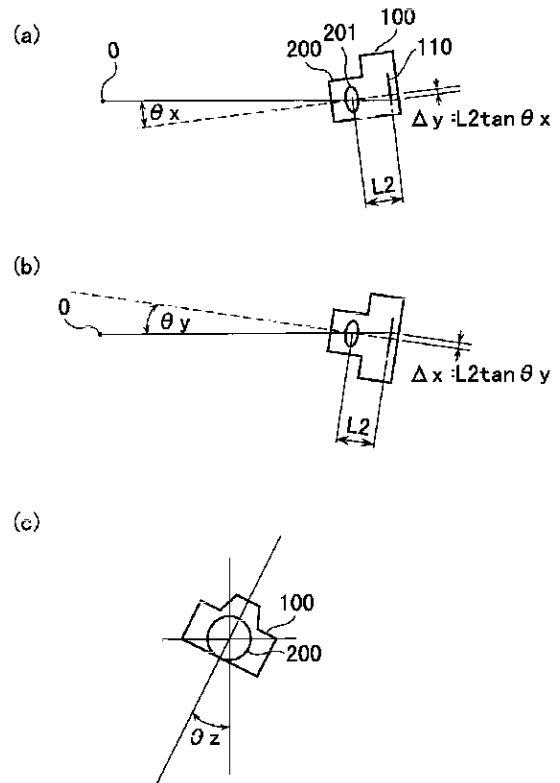
【図2】



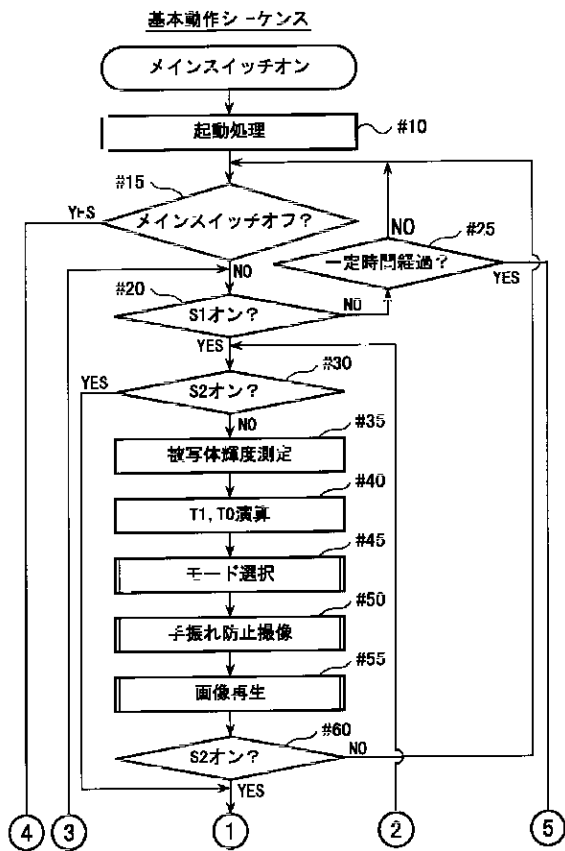
【図4】



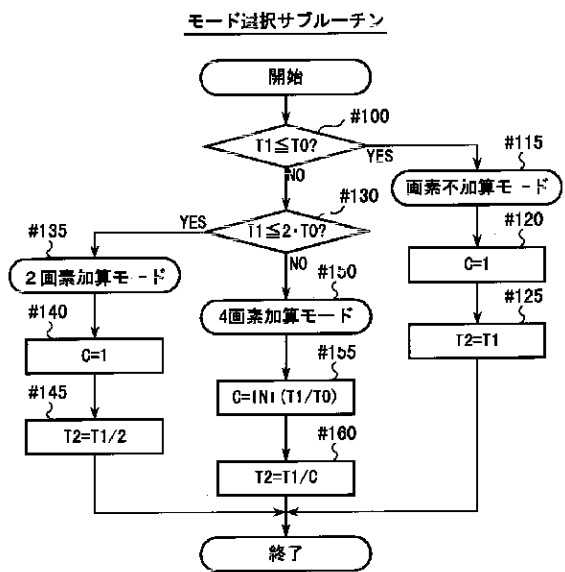
【図5】



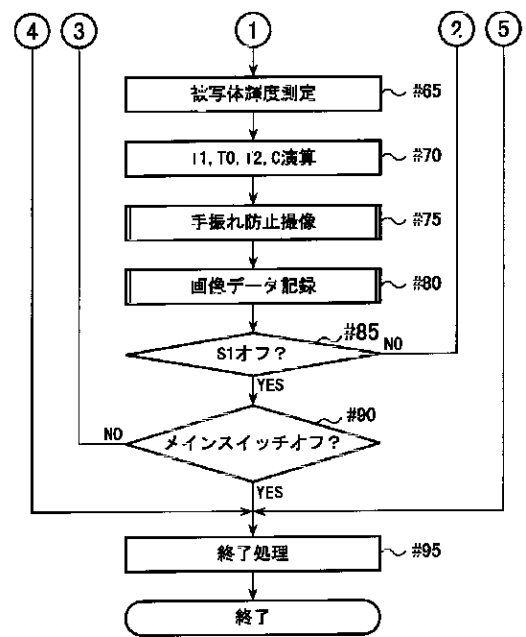
【図6】



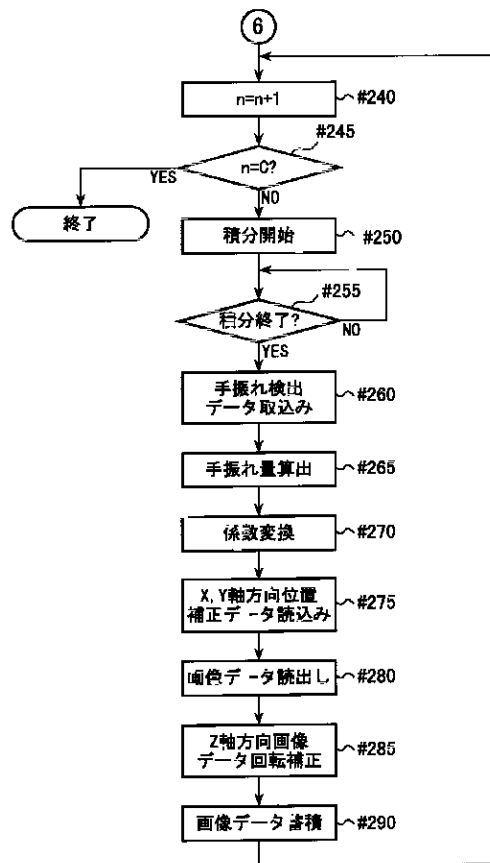
【図8】



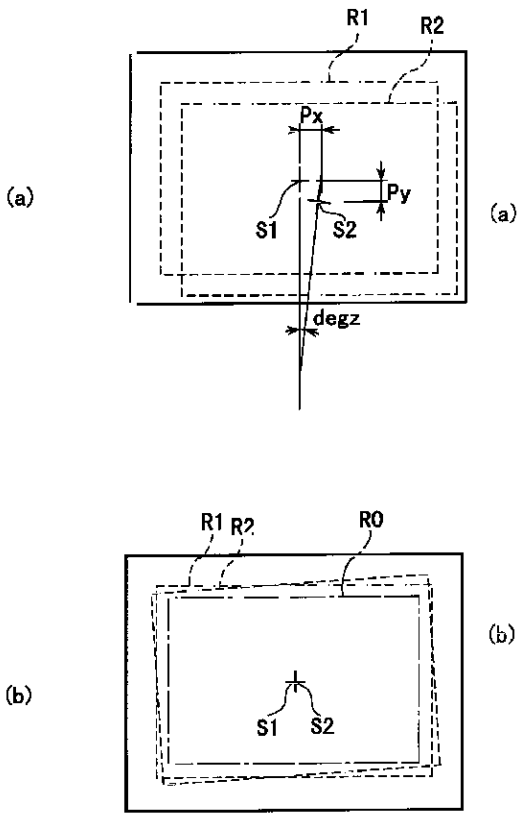
【図7】



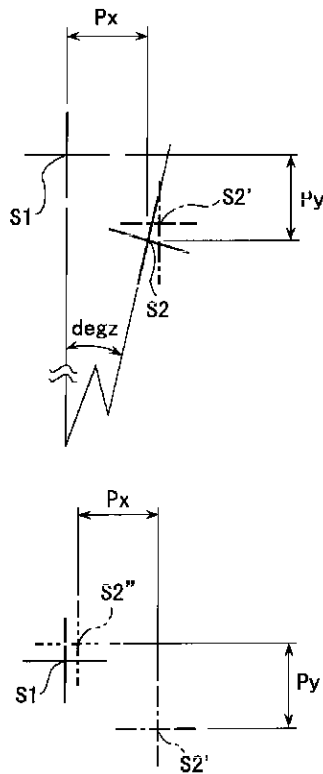
【図10】



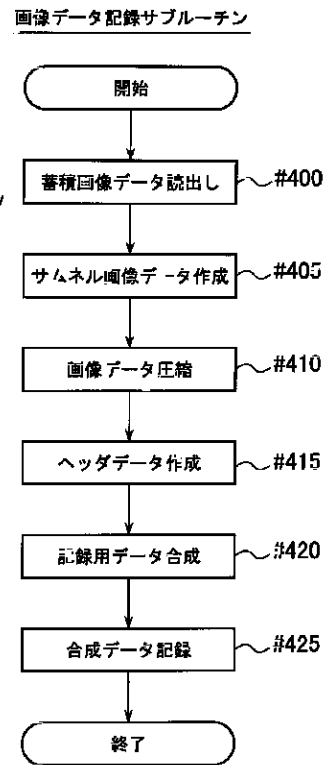
【図11】



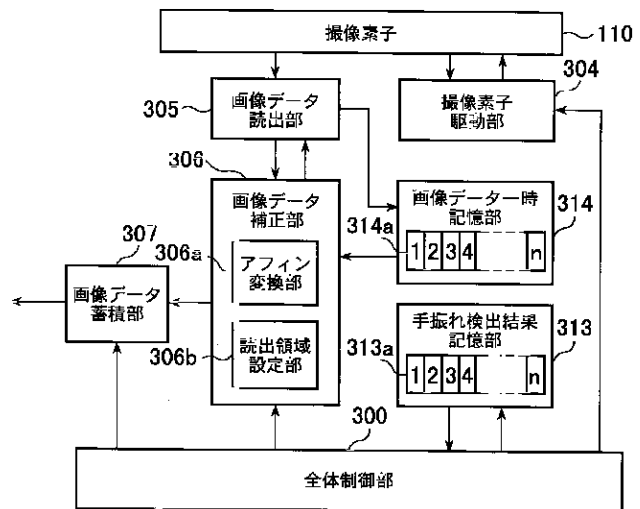
【図12】



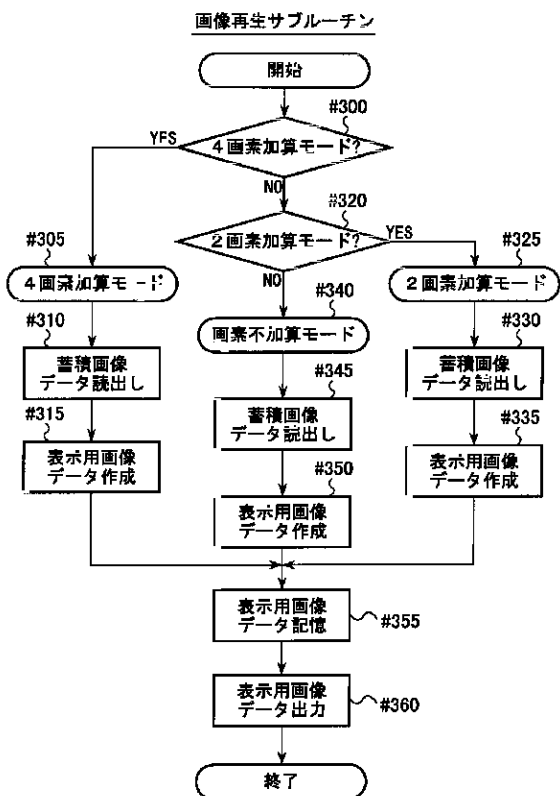
【図14】



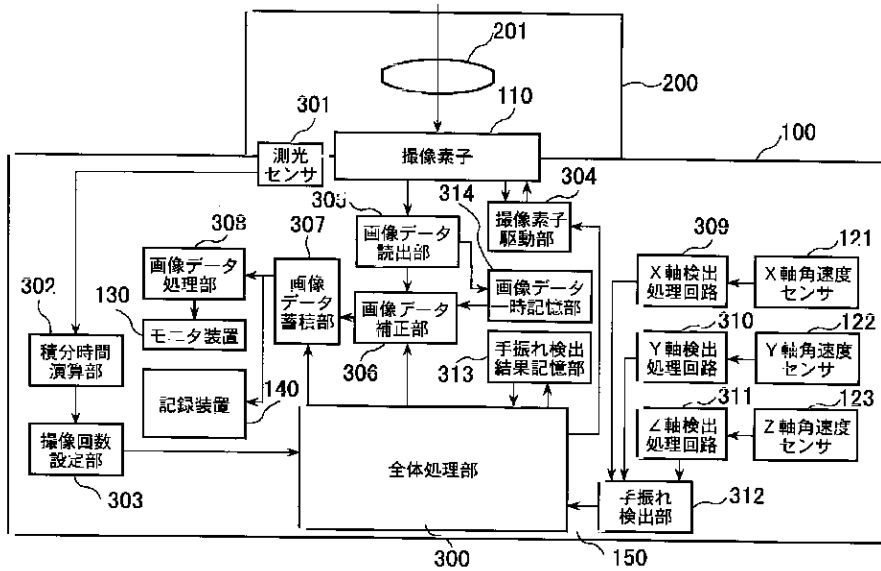
【図16】



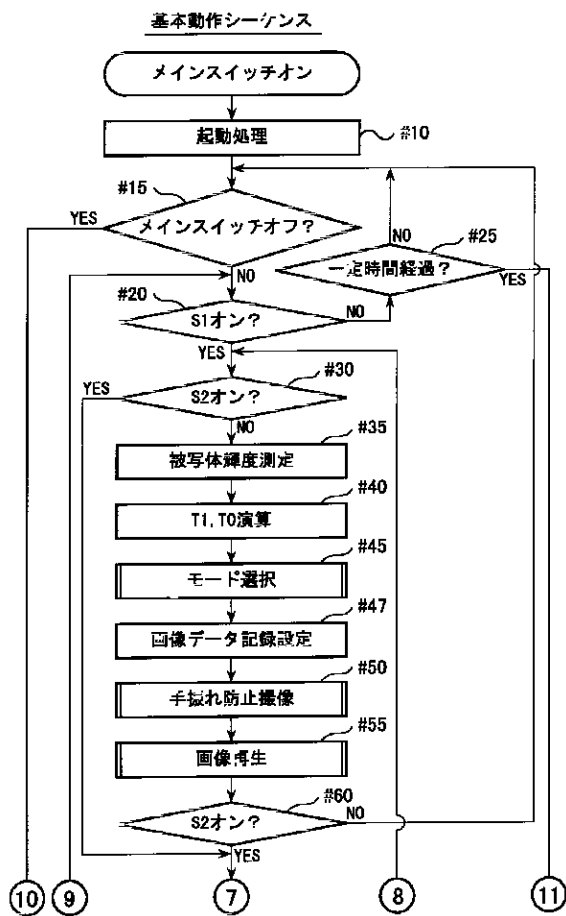
【図13】



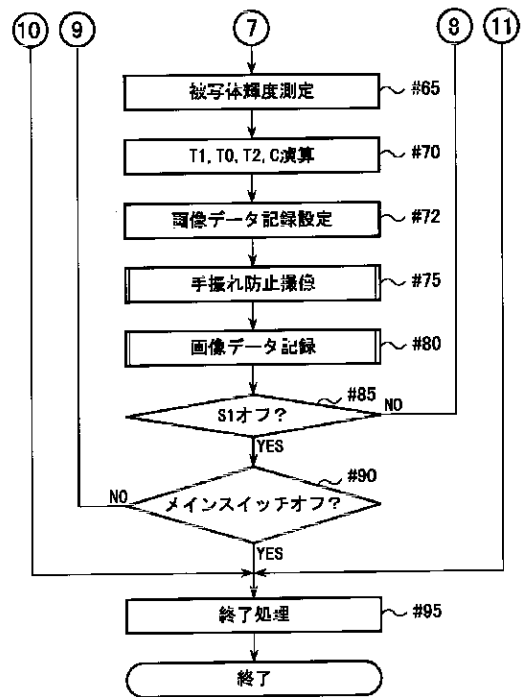
【図15】



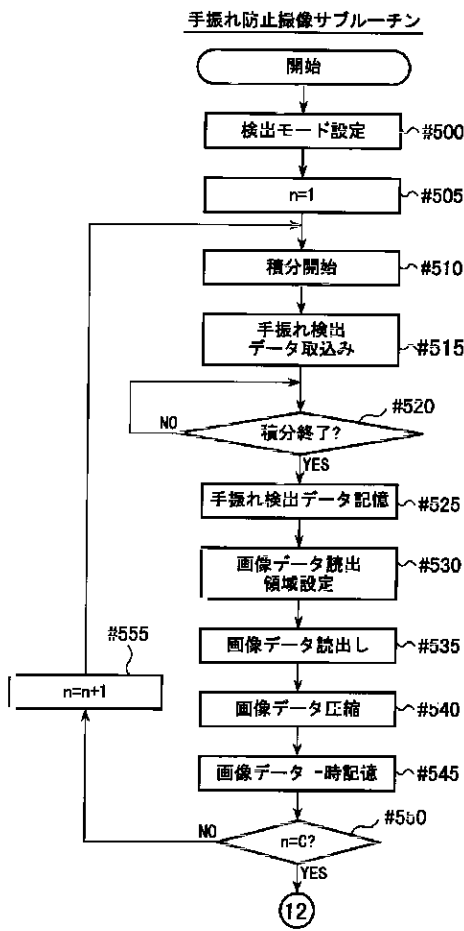
【図17】



【図18】

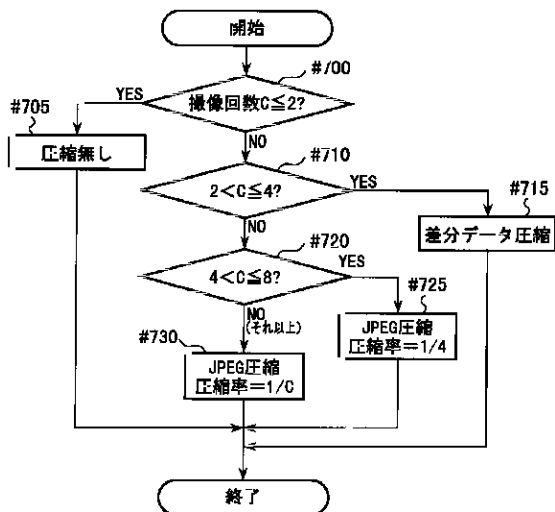


【図19】



【図21】

画像データ圧縮方法選択サブルーチン



【図20】

