

I, Harumi Morota, hereby declare:

That I possess advanced knowledge of the Japanese and English languages. The attached Japanese into English translation has been translated by me and to the best of my knowledge and belief, it is a true and accurate translation of the document with Bates number JP2004328506A.

I declare that all statements made above of my own knowledge are true and that all statements made on information and belief are believed to be true. I have been warned and understand that willful false statements and the like are punishable by fine or imprisonment, or both, under § 1001 of Title 18 of the United States Code.

I declare (or certify, verify, or state) under penalty of perjury that the foregoing is true and correct.

Executed on February 22, 2024 in Camas, Washington.

Harumi Morota
Harumi Morota

State of Washington }	
County of Clark }	
I hereby certify that I know or have satisfactory evidence that Harumi Morota	
Name of Signer Is the person who appeared before me, and said person acknowledged that he/she signed this instrument and acknowledged it to be his/her free and voluntary act for the uses and purposes mentioned in the instrument.	
Dated:	February 22, 2024
Month/Day/Year	
<i>Chris Tarr</i> Signature of Notarizing Officer	
<i>Notary Public</i> Title (such as "Notary Public")	
My appointment expires <i>1-15-25</i>	
Month / Day / Year of Appointment Expiration	

NOTARY PUBLIC
STATE OF WASHINGTON
CHRIS TARR
MY COMMISSION EXPIRES
JANUARY 15, 2025
COMMISSION # 21005469

(51) Int. Cl.⁷**H04N 5/232****H04N 1/409**// **H04N 101:00**

FI

H04N 5/232 Z

H04N 1/40 101D

H04N 101:00

Theme code (reference)

5C022

5C077

Examination Request: Not yet made Number of Claims: 16 OL (Total 17 pages)

(21) Application No.: Patent Application 2003-122433 (P2003-122433)

(22) Application Date: 4.25.2003

(71) Applicant: 000002185

Sony Corporation

6-7-35, Kitashinagawa, Shinagawa-ku, Tokyo

(74) Agent 100122884

Patent Attorney Yoshimatsu Tsunoda

(74) Agent 100113516

Patent Attorney Hironobu Isoyama

(72) Inventor Mitsuaki Kita

6-7-35 Kita-Shinagawa, Shinagawa-ku, Tokyo

Sony Corporation

F term (reference) 5C022 AA13 AB21 AB66 AC42 AC69

5C077 MM25 MP01 PP03 SS06 TT09

(54) [Name of Invention] Image capturing apparatus and image restoring method

(57) [Abstract]

[Problem to Be Solved] To restore an image to the frequency characteristics of the original image through a filter process using an inverse function, by defining the inverse function of the amplitude transfer function in advance according to the change, even when the zooming amount, the defocusing amount and the diaphragming amount changed.

[Means for Solving the Problem] The image capturing apparatus of this invention is an invention, wherein the image after passing through the optical system is captured by the image processing means, and when the captured image A is processed by the image processing means, the image restoring means restores the image B obtained by the image processing means to the image 8 with the frequency characteristics prior to passing through the optical system using the MTF filter 5 as the inverse function of the transfer function according to the amount of optical adjustment to the optical system.

[Selected representative figure] Fig. 1

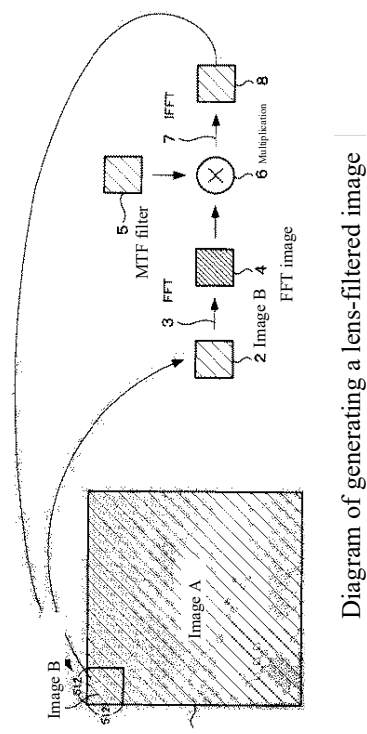


Diagram of generating a lens-filtered image

[Scope of patent claims]

[Claim 1]

An image capturing apparatus, wherein in such an image capturing apparatus that captures the image of an object through an optical system by image processing means and outputs the captured output after applying image processing by image processing means, it was equipped with an image restoring means wherein the image after passing through the optical system is captured by the aforesaid image processing means, and when the aforesaid captured image data is processed by the aforesaid image processing means, the image restoring means restores the image data obtained by the image processing means to the image with the frequency characteristics prior to passing through the aforesaid optical system using the inverse function of the transfer function according to the amount of optical adjustment to the aforesaid optical system.

[Claim 2]

An image capturing apparatus as described in Claim 1, wherein in such an image capturing apparatus, the aforesaid image restoring means is a correcting unit with a filter having the inverse function characteristics of the amplitude transfer function of the aforesaid optical system, and it restores the image to the frequency characteristics prior to passing through the aforesaid optical system using a filter with inverse function characteristics of the amplitude transfer function provided corresponding to the aforesaid amount of optical adjustment of the zooming amount, the defocusing amount, and/or the diaphragming amount.

[Claim 3]

An image capturing apparatus as described in Claim 2, wherein in such an image capturing apparatus, the aforesaid image restoring means divides the image data obtained by the aforesaid image processing means into equal portions and selects an amplitude transfer function corresponding to each of the equally divided images, and restores the image to the frequency characteristics prior to passing through the aforesaid optical system using a filter with inverse function characteristics of the selected amplitude transfer function.

[Claim 4]

An image capturing apparatus as described in Claim 3, wherein in such an image capturing apparatus, the image data obtained by the aforesaid image processing means can be divided into equal portions in the form of circles, squares, and polygons.

[Claim 5]

An image capturing apparatus as described in Claim 2, wherein in such an image capturing apparatus, the aforesaid image restoring means transforms the image data obtained by the aforesaid image processing means into polar coordinates and restores the image to the frequency characteristics prior to passing through the aforesaid optical system using the inverse function of the amplitude transfer function.

[Claim 6]

An image capturing apparatus as described in Claim 5, wherein in such an image capturing apparatus, the steps are to Fourier transform the polar coordinate-transformed image data, select the corresponding filter of the inverse function of the amplitude transfer function, perform filtering, inverse Fourier transform the filtered result, perform polar coordinate inverse transform, and then return to the image data on the time axis.

[Claim 7]

An image capturing apparatus as described in Claim 2, wherein in such an image capturing apparatus, the aforesaid image restoring means divides the image data obtained by the aforesaid image processing means into equal portions, performs a Fourier transform on each of the equally divided images, multiplies the Fourier transformed image data by the inverse function of the amplitude transfer function according to the pre-determined zooming amount, defocusing amount and/or diaphragming amount, and then performs inverse Fourier transform and stitches the inverse Fourier transformed images together to restore the images to the frequency characteristics prior to passing through the aforesaid optical system.

[Claim 8]

An image capturing apparatus as described in Claim 2, wherein in such an image capturing apparatus, the aforesaid image restoring means divides the image data obtained by the aforesaid image processing means into equal portions, selects the amplitude transfer function corresponding to each aforesaid equally divided image, and when restoring the image with the frequency characteristics prior to passing through the lens using the inverse function of the selected amplitude transfer function, the filter applied to the image to be processed is tilted according to the inclination of the filter from the center of the optical axis of the aforesaid optical system.

[Claim 9]

An image restoring method wherein in such an image restoring method that captures the image of an object through an optical system by image processing means and outputs the captured output after applying image processing by image processing means, it was equipped with
a step of capturing the image after passing through the optical system of the aforesaid image processing means and processing the aforesaid captured image data by the aforesaid image processing means,
a step of determining the amount of optical adjustment for the aforesaid optical system for the image data obtained by the aforesaid image processing means,
a step of selecting an inverse function of the transfer function according to the aforesaid amount of optical adjustment; and
a step of restoring an image after passing through the aforesaid optical system to an image with the frequency characteristics prior to passing through the aforesaid optical system using the aforesaid inverse function.

[Claim 10]

An image restoring method as described in Claim 9, wherein in such an image restoring method, the aforesaid image restoring step is a correcting process with a filter having inverse function characteristics of the amplitude transfer function of the aforesaid optical system, and it restores the image to the frequency characteristics prior to passing through the aforesaid optical system using a filter with inverse function characteristics of the amplitude transfer function provided corresponding to the aforesaid amount of optical adjustment of the zooming amount, the defocusing amount, and/or the diaphragming amount.

[Claim 11]

An image restoring method as described in Claim 10, wherein in such an image restoring method, the aforesaid image restoring step divides the image data obtained by the aforesaid image processing means into equal portions and selects an amplitude transfer function corresponding to each of the equally divided images, and restores the image to the frequency characteristics prior to passing through the aforesaid optical system using a filter with inverse function characteristics of the selected amplitude transfer function.

[Claim 12]

An image restoring method as described in Claim 11, wherein in such an image restoring method, the image data obtained by the aforesaid image processing means can be divided into equal portions in the form of circles, squares, and polygons.

[Claim 13]

An image restoring method as described in Claim 10, wherein in such an image restoring method, the aforesaid image restoring step transforms the image data obtained by the aforesaid image processing means into polar coordinates and uses the inverse function of the amplitude transfer function to restore the image to the frequency characteristics prior to passing through the aforesaid optical system.

[Claim 14]

An image restoring method as described in Claim 13, wherein in such an image restoring method, the steps are to Fourier transform the polar coordinate-transformed image data, select the corresponding filter of the inverse function of the amplitude transfer function, perform filtering, inverse Fourier transform the filtered result, perform the polar coordinate inverse transform, and then return to the image data on the time axis.

[Claim 15]

An image restoring method as described in Claim 10, wherein in such an image restoring method, the aforesaid image restoring step divides the image data obtained by the aforesaid image processing means into equal portions, performs a Fourier transform on each of the equally divided images, multiplies the Fourier transformed image data by the inverse function of the amplitude transfer function according to the pre-determined zooming amount, defocusing amount and/or diaphragming amount, and then performs inverse Fourier transform and stitches the inverse Fourier transformed images together to restore the images to the frequency characteristics prior to passing through the aforesaid optical system.

[Claim 16]

An image restoring method as described in Claim 10, wherein in such an image restoring method, the aforesaid image restoring step divides the image data obtained by the aforesaid image processing means into equal portions, selects the amplitude transfer function corresponding to each aforesaid equally divided image, and when restoring the image with the frequency characteristics prior to passing through the lens using the inverse function of the selected amplitude transfer function, the filter applied to the image to be processed is tilted according to the inclination of the filter from the center of the optical axis of the aforesaid optical system.

[Detailed description of the invention]

[0001]

[Technical field to which the invention belongs]

This invention relates to an image capturing apparatus and image restoring method suitable for application, for example, to digital still cameras.

[0002]

[Conventional technology]

Spatial frequency processing technology is conventionally used for image correction in image capturing apparatus. In this spatial frequency processing technology, the modulation transfer function (MTF) of each input/output apparatus is measured to determine the characteristics of the device, and correction is performed based on the device characteristics.

[0003]

For example, in Patent Document 1, for the purpose of eliminating noise in image data, which is greatly degraded by MTF filter processing, an image forming apparatus is disclosed, wherein the noise reduction converting unit converts the input image data from the scanner unit so that the difference value between the effective signal and noise components can be reduced, and the MTF filter then enhances the edges in the image processed by the noise reduction converting unit, and the noise reduction transforming and correcting unit then corrects the image data processed by the MTF filter processing unit with the transformation characteristics opposite to the noise reduction conversion characteristics of the noise reduction converting unit.

[0004]

In addition, in Patent Document 2, a grayscale test pattern with known grayscale characteristics is incorporated into the image input means to obtain an output image with the same sharpness regardless of the image input apparatus or input image, the signal spatial transformation coefficient is then calculated from the correspondence between the grayscale characteristics measured from the incorporated pattern image and the aforesaid known grayscale characteristics. A spatial frequency test pattern image with known spatial frequency characteristics is incorporated into the aforesaid image input means, and after the signal space of the incorporated pattern image is transformed using the signal spatial transformation coefficient, the spatial frequency characteristics measured from the transformed image and the aforesaid known spatial frequency characteristics are used to calculate the spatial frequency processing coefficient. An image processing method is disclosed in which the input image incorporated from the image input means is transformed using the signal spatial transformation coefficient, and then the spatial frequency characteristics are corrected using the calculated spatial frequency processing coefficient.

[0005]

[Patent Document 1]

JPA2000-188688

[Patent Document 2]

JPH11 (1999)-225275

[0006]

[Problems to be solved by the invention]

However, the technology described in Patent Document 1 above is for scanners and copiers that read and copy images, and the method of filtering the inverse characteristics of the MTF characteristics described here restores the frequency characteristics of the original image by applying convolution and integration processing to the image input to the CCD. In this method, the focal length is considered to be constant, and filter processing of the same frequency characteristics is applied equally to the entire input image. However, there is an inconvenience that it cannot restore a system in which the amplitude transfer function changes when the zooming amount, the defocusing amount, or the diaphragming amount changes.

[0007]

In addition, the technology described in Patent Document 2 is for scanners and copiers used to read and copy images. The method described here is to input a test signal to the CCD, convert the input test signal to image data, perform MTF correction processing using the inverse filter of the MTF, and adaptively change the filter characteristics so that the inverse filter will result in the frequency characteristics considered optimal. However, there is an inconvenience that the adaptive processing of filter characteristics is complicated.

[0008]

Thus, this invention was made in consideration of such points, and its task is to provide an image capturing apparatus and image restoring method that can restore images based on the frequency characteristics of the original image by defining the inverse function of the amplitude transfer function in advance for the zooming amount, the defocusing amount, and the diaphragming amount, and performing filter processing using the said inverse function.

[0009]

[Means for solving the problems]

The image capturing device of this invention is a device that when an image after passing through the optical system is captured by the image capturing means and the captured image data is processed by the image processing means, the image restoration means restores an image after passing through the optical system to an image with the frequency characteristics before passing through the optical system using the inverse function of the transfer function corresponding to the amount of optical adjustment to the optical system for the image data obtained by the image capturing means.

[0010]

Therefore, according to this invention, the following functions are performed.

In order to generate an image filtered by an optical system lens, an image of a certain block is cropped from the original image, and a frequency-domain image is generated from the cropped time-domain image. This frequency-domain image can represent the image on the frequency axis. Next, this frequency-domain image is multiplied by the filter of the inverse function of the transfer function according to the amount of optical adjustment for the optical system using a multiplier. Finally, the result of this multiplication is converted from the frequency domain back to the time domain, and in this way, it is possible to generate a lens-filtered image.

[0011]

Here, in the case of restoring the filter, it is possible to generate an image prior to passing through the lens if the filter of the curve of the inverse function of the curve of the transfer function can be obtained in accordance with the amount of optical adjustment for the optical system.

[0012]

The image restoring method of this invention captures the image after passing through the optical system by an aforesaid image processing means, processes the captured image data by the image processing means, determines the amount of optical adjustment for the optical system for the image data obtained by the image processing means, selects the inverse function of the transfer function according to the amount of optical adjustment, and uses the inverse function to restore the image after passing through the optical system to the image with the frequency characteristics prior to passing through the optical system.

[0013]

Therefore, according to this invention, the following functions are performed.

In order to generate an image filtered by an optical system lens, an image of a certain block is cropped from the original image, and a frequency-domain image is generated from the cropped time-domain image. This frequency-domain image can represent the image on the frequency axis. Next, the amount of optical adjustment for the optical system is determined, the inverse function of the transfer function corresponding to the amount of optical adjustment for the optical system is selected for the image in the frequency domain, and the filter using the inverse function is multiplied by a multiplier. Finally, the result of this multiplication is converted from the frequency domain back to the time domain, and in this way, it is possible to generate a lens-filtered image.

[0014]

Here, in the case of restoring the filter, it is possible to generate an image before passing through the lens if the filter of the curve of the inverse function of the curve of the transfer function can be obtained in accordance with the amount of optical adjustment for the optical system.

[0015]

[Embodiments of the invention]

The following is a description of the embodiments of this invention, referring to the diagrams as appropriate.

[0016]

[MTF]

As the transfer function of an optical system, the optical transfer function (OTF), which indicates how fine a sine wave pattern can be read by an optical system such as a lens, is expressed as a complex number. Its

absolute value is called the modulation transfer function (MTF), which indicates the transfer function of the amplitude.

[0017]

As shown in Fig. 12, the MTF shows the lens characteristics using the spatial frequency on the horizontal axis and the MTF on the vertical axis. The spatial frequency on the horizontal axis is the number of sine waves per 1mm in the image plane (line pair/mm). The MTF on the vertical axis is the transmittance of this sine wave. Therefore, a lens with high transmittance characteristics in the high frequency region is considered to be a good lens.

[0018]

[MTF measurement method]

In order to measure MTF, as shown in Fig. 13, the front surface of the entrance pupil 131 is subdivided into meshes 133 of equal area, with one light ray 134 corresponding to each mesh 133 subdivision, and all light rays are tracked. The segmentation method adopts a segmentation method based on a rectangular-shaped mesh 134. Since axial aberration is subject to rotation, the tracking calculation is performed for a quarter (1/4) circle 132. The shape to be segmented can be circular, square, or polygonal.

[0019]

As shown in Fig. 14, a light ray 142 emitted from a light source 141 passes through the designated position of the entrance pupil 143 and is refracted to form a point 145 on the imaging surface 144. When a laser light ray 142 is used, the light is not dispersed, and when a single light ray 142 is emitted, it passes through the entrance pupil 143 and projects a point 145 on the imaging surface 144. In reality, however, the lens is placed before or after the entrance pupil 143. Therefore, due to the characteristics of the lens, the emitted light ray 142 is affected by aberrations, etc., and as shown in Fig. 15, multiple dispersed points (point image 152) are projected on the image forming plane 151.

[0020]

Here, the axis of the point image 161 can be divided into two axes, circumferential (Sagittal) 162 and radial (Tangential) 163, as shown in Fig. 16. In other words, considering that the point image 161 was formed through a spherical lens, the circumferential (Sagittal) 162 direction (S-axis) of the image plane can be considered to have the same characteristics. The same can be said for the radial (Tangential) 163 direction (T-axis). As shown in Fig. 17, it is possible to obtain the intensity distribution of the point image 171 in the circumferential (Sagittal) 172 s direction and the radial (Tangential) 173 t direction.

[0021]

In the case of a lens with aberration, the intensity distribution of the image relative to the object point has a broadening effect. This point image intensity distribution can be decomposed into a polynomial sine wave function consisting of sine waves (cos) at various frequencies by Fourier expansion. The amplitude varies with frequency, generally decreasing with higher frequencies. Therefore, since the synthesis of the sine waves constitutes the point image intensity distribution, knowing the modulation reduction of the amplitude modulation for each sine wave at each frequency indicates the entire imaging performance of the system with respect to the object point. Therefore, the MTF can be obtained by Fourier transforming the intensity distribution of the point image, and its value is a function of frequency. In the case of lenses, the MTF value usually decreases as the frequency increases, and can be considered to be a low-pass filter.

[0022]

The MTF can measure more precise lens characteristics by shifting the light ray in the t direction of the entrance pupil. In other words, as shown in Fig. 18, the distance shifted in the t direction is proportional to the travel distance 184 of the image height of the point where point images 182 and 183 can be obtained on the image forming plane 181.

[0023]

Here, the point image intensity distribution in the s and t directions can be considered to be the same only in the case of On-axis 185. If the positions at which the light ray is shifted in the t direction are 1 and 2, the MTF curves of t1, s1, t2, and s2 obtained by Fourier transformation of the intensity distribution of point images 182 and 183 are as shown in Fig. 19.

[0024]

[MTF curve]

As mentioned earlier, the spatial frequency on the horizontal axis of the MTF curve is expressed as the

number of line pairs/mm. Also, black and white are counted as one piece. In other words, if the highest frequency of the MTF curve is 300 line pairs/mm, it can be considered that the lens is capable of representing 300 white and 300 black line pairs per 1mm. When this is considered in terms of the image, as shown in Fig. 20, 600 pixels are required to express 300 black and white line pairs each.

[0025]

After examining the MTF characteristics of various lenses, it was found that the highest frequency market is 300 line pairs/mm. Therefore, if 600 or more pixels are cropped from the image, the frequency bandwidth can be set to 1:1 with the MTF frequency bandwidth. However, for the convenience of FFT processing, we decided to crop 512 pixels and filter at the highest frequency of 256 line pairs/mm.

[0026]

Fig. 1 is a diagram of generating a lens-filtered image.

Thus, in order to generate a lens-filtered image as shown in Fig. 1, a 512x512 image B(2) is cropped from the original image A(1), and Fourier transformation (FFT) 3 is applied to image B(2) to generate FFT image 4. This FFT image 4 can represent the image on the frequency axis. Next, this FFT image 4 is multiplied by the MTF filter 5 using a multiplier 6. Finally, inverse Fourier transformation (IFFT) 7 is applied to the result of this multiplication to generate a lens-filtered IFFT image 8.

[0027]

The same is true in the case of applying restoration filtering. If the MTF filter 5 of the IMTF curve of the inverse function of the MTF curve as shown in Fig. 2 can be obtained, it will be possible to generate an image before passing through the lens.

[0028]

[Details of the MTF restoration filter process]

The relationship between the image and the MTF curve was described above, and the concept of MTF filtering was described. Here, the specific processing is described. The method described here assumes that the zooming amount, defocusing amount, and diaphragming amount are determined.

[0029]

As shown in Fig. 18, the MTF is measured by changing the image height from the axis of the image forming plane in the t direction. Therefore, the MTF is determined by the radius from the center of the image forming plane. Therefore, when filtering image B(2) cropped in Fig. 1, the filter to be used is determined by the distance from the center of image A(1). Usually, image B31 as shown in 32 of Fig. 3 is filtered, but since the image B(2) to be filtered is a square, the filter must be tilted according to the position of the image even if it is on the same circle. As shown in 41 of Fig. 4, if the center of image A(1) (x, y) = (0, 0), the difference (Δx_i , Δy_i) 43 between the center of image A(41) and the center coordinates (x_i, y_i) 42 of image B to be processed is calculated, and the angle between the vectors is determined by the arc tangent. As shown in 34 of Fig. 3, by tilting the filter by the calculated angle and filtering image B33, filtering can be performed with the same characteristics on the circumference.

[0030]

Let MTF-S_j(ω) be the MTF curve in the s direction. Let (x_i, y_i) be the position of the cropped image B(2). The angle θ between the vectors can be calculated by $\arctan(y_i/x_i)$.

[0031]

When letting B(u,v) be the spatial frequency after the Fourier transformation of the cropped image B, filtering can be performed according to the following Equation 1.

[0032]

[Equation 1]

$$B'(u,v) = B(u,v) \cdot \text{MTF-S}_j(\omega)$$

[0033]

Here, ω can be obtained by $\omega = u \cdot \cos\theta + v \cdot \sin\theta$.

Let $MTF-T_j(\omega)$ be the MTF curve in the t-direction. When the spatial frequency of the MTF-processed image B in the s direction is $B'(u,v)$, filtering can be performed by the following Equation 2.

[0034]

[Equation 2]

$$B''(u,v) = B'(u,v) \cdot MTF-T_j(\omega)$$

[0035]

Here, ω can be obtained by $\omega = u \cdot \cos(\theta + 90^\circ) + v \cdot \sin(\theta + 90^\circ)$.

Let the transfer function $H_j(\omega)$ of the restoration filter be the following Equation 3.

[0036]

[Equation 3]

$$H_j(\omega) = 1 / MTF-T_j(\omega)$$

[0037]

Then, the restored image $\hat{F}(u,v)$ is expressed by the following Equation 4.

[0038]

[Equation 4]

$$\hat{F}(u,v) = F(u,v) + H_j(\omega)$$

[0039]

If image B(2) of 512x512 is cropped and FFT processed, but simply cropped from image A(1) and filtered by the MTF filter 5, it is considered that edges may have occurred at the boundary line between the generated IFFT image and the IFFT image. Therefore, the IFFT image generated by filtering may be tiled, resulting in a very unsightly image.

[0040]

In order to avoid this phenomenon, the actual image to be cropped is made smaller and processed as 512x512 during FFT processing.

[0041]

Fig. 5 shows how a 32x32 image is returned from a 512x512 image.

A 512x512 image B(52) is cropped from the original image A(51), and a Fourier transform (FFT) 53 is applied to image B(52) to generate an FFT image 54. This FFT image 54 can represent the image on the frequency axis. Next, the FFT image 54 is multiplied by the MTF filter 55 using a multiplier 56. Finally, an inverse Fourier transform (IFFT) 57 is applied to the result of this multiplication to generate a lens-filtered 512x512 IFFT image. Here, 59 can be generated by cropping the 32x32 IFFT image 58 from the 512x512 IFFT image.

[0042]

In other words, as shown in Fig. 5, the 512x512 image B(52) is cropped from image A(51) in sequence. FFT processing 3 is applied to the cropped image B(52), the MTF filter 5 is applied to the FFT image 54, and when returning to image A(51), the 32x32 image 58 is returned to generate the reproduced image 59.

[0043]

[Detailed processing]

Fig. 6 shows a block diagram of the internal processing of a digital still camera.

In Fig. 6, a digital still camera 61 consists of a charge coupled device (CCD) 62, an analog to digital (A/D) converting unit 63, and a signal processing unit 65 in the camera system. The signal processing unit 65 consists of a camera processing unit (CAMDSP: Camera Digital Signal Processor) 65-2, an MTF correcting unit 65-1, and a JPEG (Joint Photograph Experts Group) correcting unit 65-3.

[0044]

In addition, in the display control system, the digital still camera 61 consists of a display control unit 67, a display unit 69, and an external device interface 68 to a display device 70.

[0045]

In addition, in the recording control system, the digital still camera 61 consists of a key input unit 64, a camera control unit 66, RAM 72, ROM 73, and a drive 71 for the storage medium 74. The camera control unit 66 consists of a CPU 66-1 and a bus interface 66-2.

[0046]

When the rough flow of the internal processing of a digital still camera is described using Fig. 6, by obtaining the shutter information (shutter button-on information) input from the key input unit (shutter button) 64, the CPU 66-1 of the camera control unit 66 starts exposure by CCD 62, and the captured image is incorporated from CCD 62 to the A/D converting unit 63. The obtained input image is A/D-converted by the A/D converting unit 63, and camera signal processing is applied to the A/D-converted image by the signal processing unit 65. Here, MTF correction processing is applied by MTF correction unit 65-1 to the image received from the camera processing unit 65-2. The MTF-corrected image is then compressed by the JPEG correcting unit 65-3. After that, in the recording control system, the still image is then passed through the CPU 66-1, goes through the flash memory card I/F (bus interface 66-2), and is then stored on a memory card (storage medium 74) by drive 71.

[0047]

In addition, in the display control system, the still image is controlled by the display control unit 67 and displayed on the display unit 69, or displayed on a display device 70 via the external device interface 68.

[0048]

Fig. 7 shows the determination of the zooming amount, the defocusing amount, and the diaphragming amount. Fig. 10 shows a flow chart of the operation of determining the zooming amount, the defocusing amount, and the diaphragming amount.

[0049]

In Fig. 10, in step S1, the key is read. Specifically, in Fig. 7, the zooming amount is determined by user input from the key input unit 64 to the camera control unit 66. Once the zooming amount is determined by the camera control unit 66 and the shutter button is pressed in the key input unit 64, the defocusing amount and the amount of diaphragming are determined by an exchange between the camera processing unit (CAMDSP) 65-2 of the signal processing unit 65 and the camera control unit 66.

[0050]

In step S2, the lens unit is controlled. Specifically, in Fig. 7, the zooming amount, defocusing amount, and diaphragming amount finally determined are input from the camera processing unit (CAMDSP) 65-2 of the signal processing unit 65 to the camera control unit 66, and then the camera control unit 66 controls the lens unit 76 and diaphragm unit 77 by supplying zoom control C1, defocus control C2 and diaphragm control C3 to the lens unit 76 and diaphragm unit 77 based on the determined zooming amount, defocusing amount and diaphragming amount.

[0051]

In step S3, whether or not the shutter button is pressed in the key input unit 64 is determined. Processing and determination from step S1 to step S3 are repeated until the shutter button is pressed.

[0052]

When the shutter button is pressed in step S3, the image captured from the CCD is read out in step S4. Specifically, in Fig. 7, the camera control unit 66 starts the exposure with CCD 62 and reads out the image from CCD 62.

[0053]

In step S4, the captured image is A/D converted. Specifically, in Fig. 7, the captured image is incorporated from CCD 62 to the A/D converting unit 63. The obtained input image is A/D-converted by the A/D converting unit 63.

[0054]

In step S6, camera signal processing is applied to the image data. Specifically, in Fig. 7, camera signal

processing by the camera processing unit 65-2 of the signal processing unit 65 is applied to the A/D converted image.

[0055]

However, the defocusing amount and the diaphragming amount may be determined in advance by manual operation of the lens unit 76 and diaphragm unit 77 by the user. In this case, the camera control unit 66 starts exposure by CCD 62 as soon as the shutter button is pressed in the key input unit 64 in step S3.

[0056]

[Processing flow of the MTF correcting unit]

Fig. 8 shows a block diagram of the internal processing of the MTF correcting unit. Fig. 11 shows a flow chart of the internal processing of the MTF correcting unit.

[0057]

In Fig. 11, in step S11, whether or not all blocks have been processed is determined. If not all the blocks have been processed, the specified pixels are cropped from the image (for one block) in step S12. Specifically, the image information output from the camera processing unit (CAMDSP) 65-2 is input to the MTF correcting unit 65-1 at the signal processing unit 65 as shown in Fig. 8. The zooming amount, defocusing amount, and diaphragming amount determined by the camera processing unit (CAMDSP) 65-2 and the camera control unit 66 are also input to the MTF correcting unit 65-1 at the same time.

[0058]

In step S13, the angle from the image center is calculated based on the position of the block. In step S14, the distance from the image center is calculated based on the position of the block to determine the image height. In step S15, FFT processing is performed for one block. Specifically, in Fig. 8, the image information input to the image input unit 82 is converted into spatial frequency components by the FFT calculation unit 83 using the image segmentation method described in the section on details of the MTF restoration filter.

[0059]

In step S16, the zooming amount, defocusing amount, diaphragming amount, and image height are used as keys to select MTF correction filters.

Specifically, in Fig. 8, MTF correction filtering is performed for each image height using the MTF inverse function table 87 based on the results of the FFT calculation by the FFT calculation unit 83. The method of MTF correction filtering is as shown in the section on details of MTF restoration filtering. However, since parameters including the zooming amount, defocusing amount, and diaphragming amount exist, the MTF correction filter in the MTF inverse function table 87 must be determined according to each parameter.

[0060]

The MTF correction filter in the MTF inverse function table 87 is selected and determined by referring to a predetermined table using the zooming amount, defocusing amount, and diaphragming amount as keys.

[0061]

In step S17, interpolation processing of the MTF correction filter is performed. Specifically, if the zooming amount, the defocusing amount, or the diaphragming amount does not exist in the MTF inverse function table 87 in Fig. 8, MTF interpolation processing unit 88 performs MTF correction filter interpolation processing for MTF inverse function table 87.

[0062]

In step S18, the MTF correction filter is tilted by an angle. In step S19, filtering is performed. In step S20, IFFT processing is performed for one block. Specifically, in Fig. 8, the IFFT calculation unit 85 performs IFFT calculation to return the result of MTF correction filtering in the spatial frequency domain to the time domain.

[0063]

Return to step S11 to determine if all blocks have been processed. When all blocks have been processed, the JPEG compression process is performed in step S22. Specifically, in Fig. 8, the IFFT calculation result is input from the image output unit 86 to the JPEG compression unit 65-3 and the display control unit 67.

[0064]

[MTF inverse function table details]

As shown in Fig. 9, the inverse function table is a tree structure. The table is assumed to be static and written in ROM at the time of production.

[0065]

For example, assuming that there are three types of "zooming amount": "zooming amount 1 (91)," ... "zooming amount 3 (93)," there are three types of "defocusing amount": "defocusing amount 1 (91-1)," ... "defocusing amount 3 (93-1)," and there are three types of "diaphragming amount": "diaphragming amount 1 (91-2)," ... "diaphragming amount 3 (93-2)," then a total of 27 types of different MTF inverse function data shall be written in three combinations of three types each.

[0066]

In other words, it is the data obtained from the signal processing unit. Such data is determined in advance using the zooming amount, defocusing amount, and diaphragming amount as keys, and consists of MTFs from 0 to 100% of the image height.

[0067]

In other words, it is assumed that 0 to 100% MTF data 91-3 ... 93-3 are determined for all 27 types of MTFs.

[0068]

The zooming amount, defocusing amount, and diaphragming amount are used as keys for the correction process, but the processing contents of a series of MTF correction processes for the image described in the details of the MTF correction filter remain unchanged.

[0069]

[Interpolation processing]

The zooming amount, defocusing amount, and diaphragming amount are three types, but more detailed correction will be possible if the number of types increases.

[0070]

The following describes how to dynamically interpolate the MTF correction filter according to the zooming amount, defocusing amount, and diaphragming amount based on the MTF data written in the ROM at the time of production.

[0071]

The tree shown in Fig. 9 is in order from the root to the zooming amount, defocusing amount, and diaphragming amount, but since they are independent of each other, the order may also be switched in the table generation phase. The order may be interchanged during the table generation stage. In addition, the MTF uses data from 0 to 100%, and the more divisions from 0 to 100%, the more accurate the correction processing can be. If the number of divisions is small, linear interpolation is used to obtain the data between the divisions. However, the interpolation method is not limited to linear interpolation.

[0072]

If there is data for 0% and 50% and interpolating between the two, it will become the following Equation 5.

[0073]

[Equation 5]

$$MTFi = MTF0 - [(MTF0 - MTF5)/5]i$$

[0074]

The zooming amount, defocusing amount, and diaphragming amount are all three types, but if the actually measured value is an intermediate value (e.g., between zooming amounts 1 and 2), the actually measured value shall be compared with the determined amount, 1 or 2, and whichever is closer shall be selected.

As processing in case of an intermediate value, linear interpolation of MTF can be used.

[0075]

If the zooming amount is an intermediate value between 1 and 2 ($MTFi(1.5,1,1)$), the defocusing amount is 1, and the diaphragming amount is 1, then the MTF ($MTFi(1,1,1)$) of the zooming amount 1, defocusing amount 1, and diaphragming amount 1 and the MTF ($MTFi(2,1,1)$) of zooming amount 2, defocusing amount 1, and diaphragming amount 1 shall be linearly interpolated. However, the interpolation method is not limited to linear interpolation, and other methods may also be used.

The interpolation formula will become the following Equation 6.

[0076]

[Equation 6]

$$\text{MTFi}(1.5,1,1)=\text{MTFi}(1,1,1)-[\text{MTFi}(1,1,1)-\text{MTFi}(2,1,1)]/2$$

[0077]

Moreover, it goes without saying that the embodiments of this invention are not limited to the above-mentioned embodiments of this invention, and other configurations can be adopted as appropriate as long as they do not deviate from the scope of the patent claims of this invention.

[0078]

[Effect of the invention]

As the size of lenses tends to become smaller due to the miniaturization of digital cameras and CCDs, MTF characteristics become worse as lenses become smaller, and aberrations around the lens periphery are becoming more severe. Therefore, a method to restore the lost high-frequency-domain frequency characteristics is necessary, and according to this invention, it is possible to achieve the effect that the lost high-frequency-domain information can be restored using the inverse function of the lens MTF characteristics.

[0079]

Since the frequency characteristics of the lens are in the form of polar coordinates from the center of the lens, the filter to be used must be selected according to the distance from the center of the lens when filtering the image after passing through the lens. However, according to this invention, it is possible to achieve the effect of selecting a filter by the amount of optical adjustment such as the zooming amount, defocusing amount, diaphragming amount, etc., and then filtering the image after it has passed through the lens. In addition, when filtering, the filter must be tilted according to the angle between the lens center and the image to be filtered, but according to this invention, it is possible to achieve the effect of enabling filtering by tilting filters with the same such characteristics.

[Brief description of the invention]

[Fig. 1] It is a diagram of generating a lens-filtered image.

[Fig. 2] It is a diagram showing the IMTF curve.

[Fig. 3] It is a diagram showing how to filter by tilting the filter.

[Fig. 4] It is a diagram showing how to filter with the same characteristics on the circumference.

[Fig. 5] It is a diagram showing how a 32x32 image is returned from a 512x512 image.

[Fig. 6] It is a block diagram showing the internal processing of a digital still camera.

[Fig. 7] It is a block diagram showing the determination of the zooming amount, the defocusing amount, and the diaphragming amount.

[Fig. 8] It is a block diagram showing the internal processing of the MTF correcting unit.

[Fig. 9] It is a diagram showing the inverse function table of the tree structure.

[Fig. 10] It is a flow chart showing the operations of determining the zooming amount, defocusing amount, and diaphragming amount.

[Fig. 11] It is a flow chart showing the internal processing operation of the MTF correcting unit.

[Fig. 12] It is a flow chart showing the MTF curve.

[Fig. 13] It is a diagram showing MTF measurement.

[Fig. 14] It is a diagram showing image formation of laser light rays.

[Fig. 15] It is a diagram showing the point image by the lens characteristics.

[Fig. 16] It is a diagram showing the division of the point image into two axes.

[Fig. 17] It is a diagram showing the intensity distribution of the point image in the s and t directions.

[Fig. 18] It is a diagram showing the travel distance of the image height in the t direction.

[Fig. 19] It is a diagram showing the obtained MTF curve.

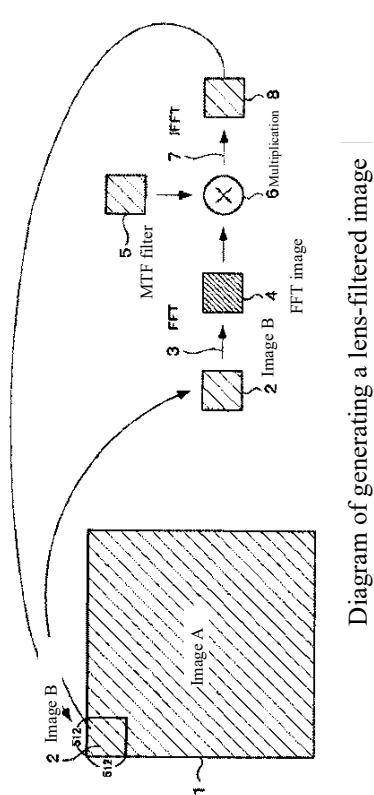
[Fig. 20] It is a diagram showing that 60 pixels are required for 30 black and white line pairs.

[Description of the reference numerals]

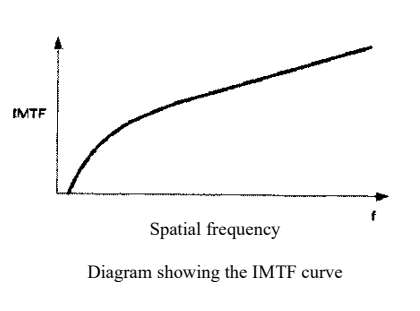
1 ... Image A; 2 ... Image B; 3 ... FFT calculation; 4 ... FFT image; 5 ... MTF table; 6 ... Multiplication; 7 ... IFFT calculation; 8 ... IFFT image; 41 ... Image A(1) center (x, y) = (0, 0); 42 ... Center coordinates of image B (xi, yi); 43 ... Difference (Δx_i , Δy_i); 51 ... Image A; 52 ... Image B; 53 ... FFT calculation; 54 ... FFT image; 55 ... MTF table; 56 ... Multiplication; 57 ... IFFT calculation; 58 ... 32x32 IFFT image cropped from 512x512; 59 ... Generated image; 61 ... Digital still camera;

62 ... CCD; 63 ... A/D converting unit and; 64 ... Key input unit; 65 ... Signal processing unit; 65-1 ... MTF correcting unit; 65-2 ... Camera processing unit (CAMDSP); 65-3 ... JPEG compressing unit; 66 ... Camera control unit; 66-1 ... CPU and; 66-2 ... Bus interface; 67 ... Display control unit; 68 ... External device interface; 69 ... Display unit; 70 ... Display device; 71 ... Drive; 72 ... RAM; 73 ... ROM; 74 ... Storage medium; 91 ... Zooming amount 1; 91-1 ... Defocusing amount 1; 91-2 ... Diaphragming amount 1; 93 ... Zooming amount 3; 93-1 ... Defocusing amount 3; 93-2 ... Diaphragming amount 3

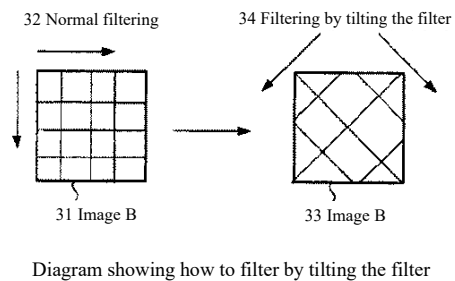
[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]

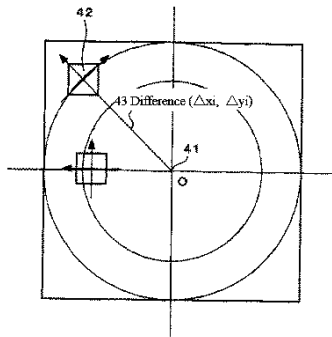


Diagram showing how to filter with the same characteristics on the circumference.

[Fig. 5]

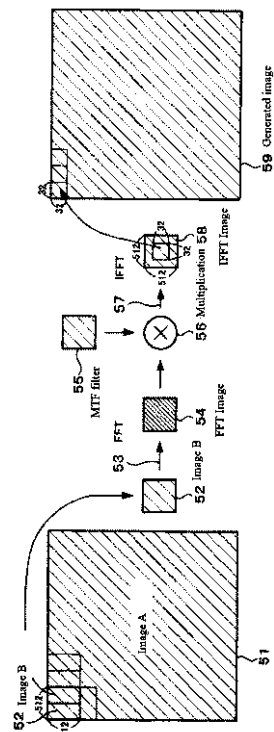
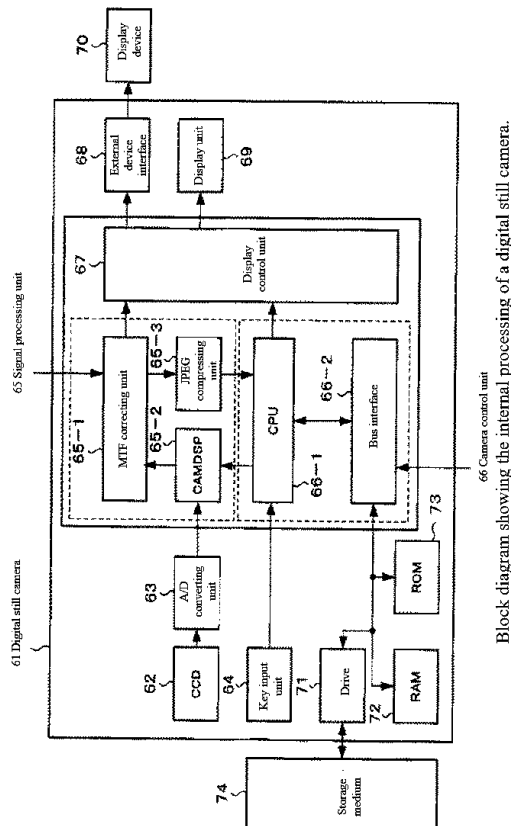


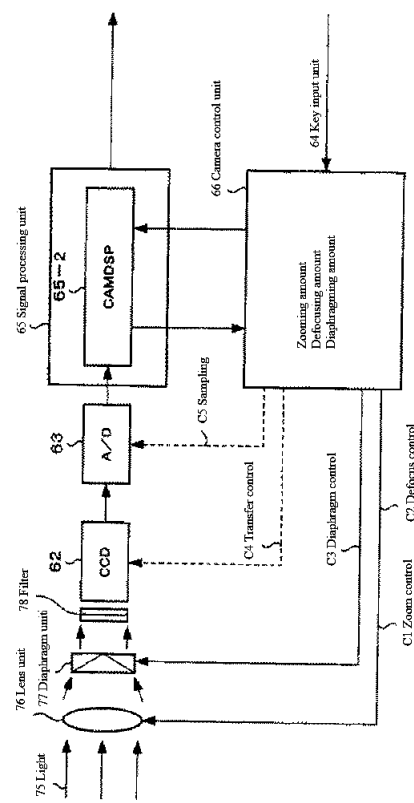
Diagram showing how a 32x32 image is returned from a 512x512 image.

[Fig. 6]



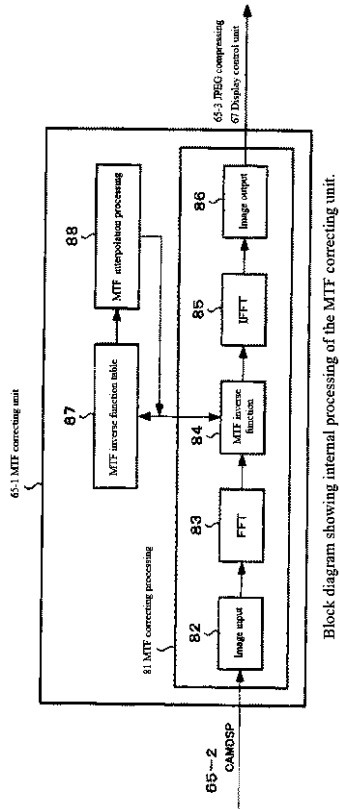
Block diagram showing the internal processing of a digital still camera.

[Fig. 7]



Block diagram showing determination of zooming amount, defocusing amount, and diaphragming amount

[Fig. 8]



[Fig. 9]

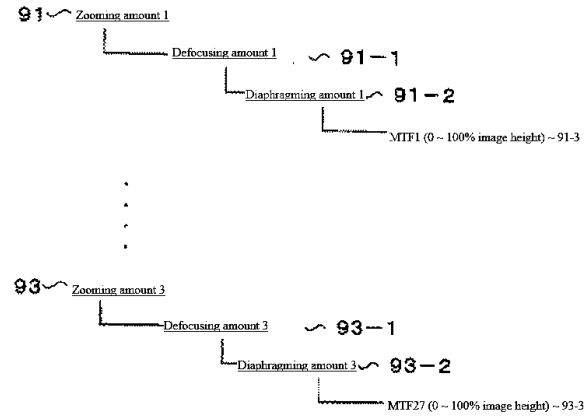
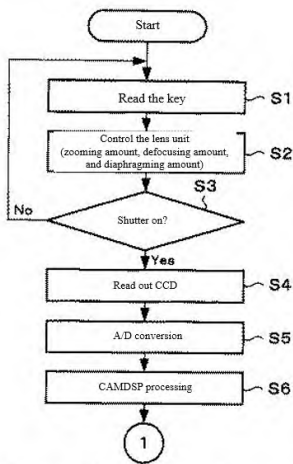


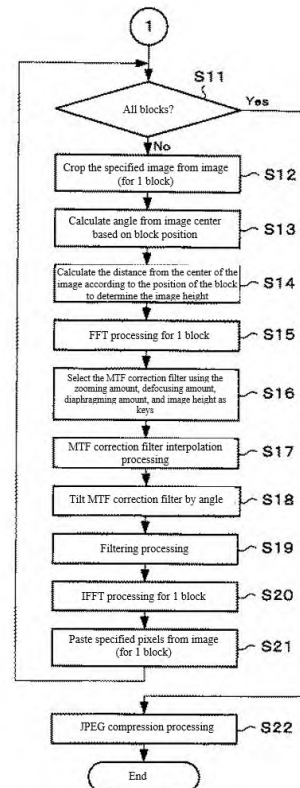
Diagram showing the inverse function table of the tree structure

[Fig. 10]



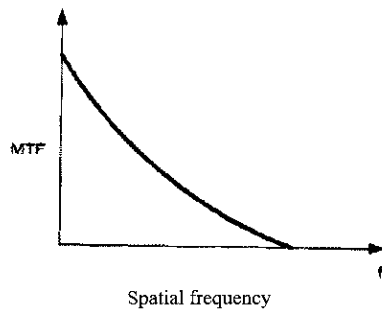
Flow chart showing the operations of determining the zooming amount, the defocusing amount, and the diaphragming amount.

[Fig. 11]



Flow chart showing the internal processing operation of the MTF correcting unit

[Fig. 12]



Flow chart showing the MTF curve

[Fig. 14]

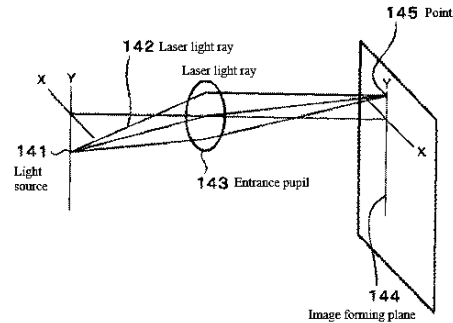


Diagram showing the image formation of laser light ray

[Fig. 13]

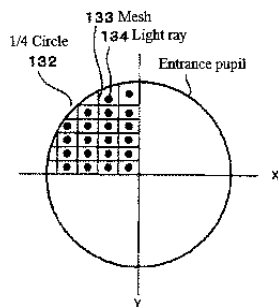


Diagram showing the MTF measurement

[Fig. 15]

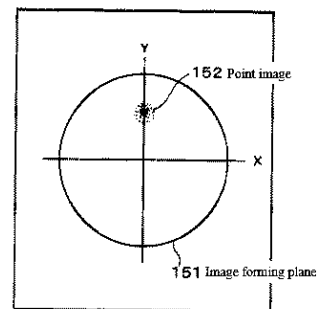
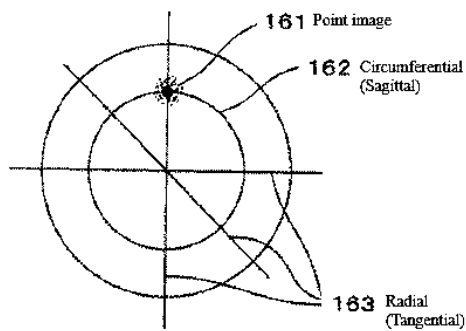


Diagram showing the point image by the lens characteristics

[Fig. 16]



[Fig. 18]

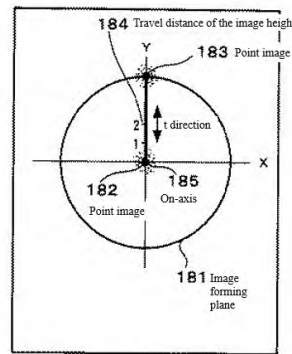


Diagram showing the point image by the lens characteristics

[Fig. 17]

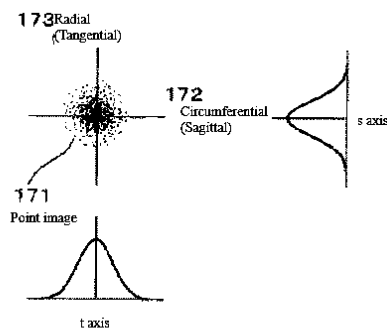


Diagram showing the intensity distribution of the point image in the s and t directions

[Fig. 19]

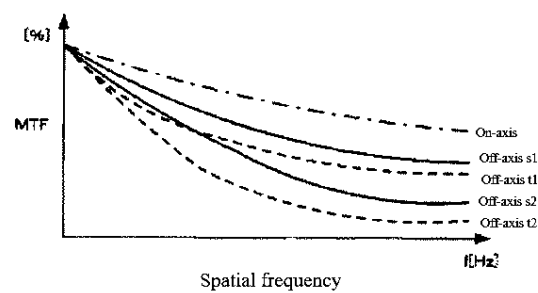


Diagram showing the obtained MTF curve

[Fig. 20]

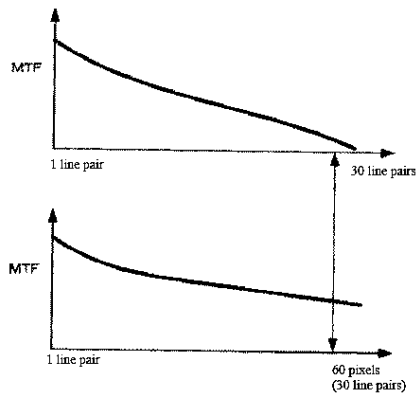


Diagram showing that 60 pixels are required for 30 black and white line pairs

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-328506

(P2004-328506A)

(43) 公開日 平成16年11月18日(2004. 11. 18)

(51) Int.Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
HO 4 N 5/232	HO 4 N 5/232 Z	5 C O 2 2
HO 4 N 1/409	HO 4 N 1/40 1 O 1 D	5 C O 7 7
// HO 4 N 101:00	HO 4 N 101:00	

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2003-122433 (P2003-122433)
(22) 出願日 平成15年4月25日 (2003. 4. 25)

(71) 出願人 000002185
ソニー株式会社
東京都品川区北品川6丁目7番35号
(74) 代理人 100122884
弁理士 角田 芳末
(74) 代理人 100113516
弁理士 磯山 弘信
(72) 発明者 喜多 光昭
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ
ニー株式会社内
Fターム(参考) 5C022 AA13 AB21 AB66 AC42 AC69
5C077 MM25 MP01 PP03 SS06 TT09

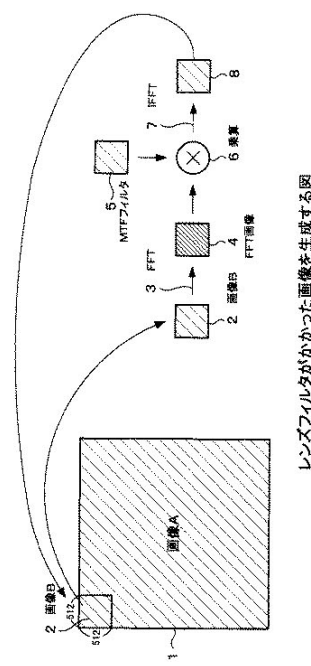
(54) 【発明の名称】 撮像装置および画像復元方法

(57) 【要約】

【課題】ズーム量、デフォーカス量、絞り量が変化する場合でも、予めその変化に応じた振幅伝達関数の逆関数を定義し、それを用いてフィルタ処理をすることにより原画像の周波数特性に画像を復元する。

【解決手段】本発明の撮像装置は、画像復元手段により、光学系通過後の像を撮像手段で撮像し、撮像した画像Aを画像処理手段により画像処理する際に、撮像手段で得られた画像Bに対して、光学系に対する光学調整量に応じた伝達関数の逆関数のMTFフィルタ5を用いて光学系通過後の画像を光学系通過前の周波数特性を持った画像8に復元するものである。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項1】

光学系を介して被写体を撮像手段により撮像し、撮像出力に画像処理手段により画像処理を施して出力する撮像装置において、
上記光学系通過後の像を上記撮像手段で撮像し、上記撮像した画像データを画像処理手段により画像処理する際に、上記撮像手段で得られた画像データに対して、上記光学系に対する光学調整量に応じた伝達関数の逆関数を用いて上記光学系通過後の画像を上記光学系通過前の周波数特性を持った画像に復元する画像復元手段を備えたことを特徴とする撮像装置。

【請求項2】

請求項1記載の撮像装置において、

上記画像復元手段は上記光学系の振幅伝達関数の逆関数特性を有するフィルタによる補正部であって、上記光学調整量であるズーム量、デフォーカス量、および／または絞り量に対応して設けられた振幅伝達関数の逆関数特性を有するフィルタを用いて上記光学系通過前の周波数特性に画像を復元することを特徴とする撮像装置。

【請求項3】

請求項2記載の撮像装置において、

上記画像復元手段は、上記撮像手段で得られた画像データを等分割し、等分割されたそれぞれの画像に対応する振幅伝達関数を選択し、選択された振幅伝達関数の逆関数特性を有するフィルタを用いて上記光学系通過前の周波数特性に画像を復元することを特徴とする撮像装置。

【請求項4】

請求項3記載の撮像装置において、

上記撮像手段で得られた画像データを等分割する際の分割する形は円形、正方形、多角形であることを特徴とする撮像装置。

【請求項5】

請求項2記載の撮像装置において、

上記画像復元手段は、上記撮像手段で得られた画像データを極座標変換し、振幅伝達関数の逆関数を用いて上記光学系通過前の周波数特性に画像を復元することを特徴とする撮像装置。

【請求項6】

請求項5記載の撮像装置において、

上記極座標変換された画像データをフーリエ変換し、これに対応する振幅伝達関数の逆関数のフィルタを選択し、フィルタリングを行い、フィルタリングされた結果を逆フーリエ変換し、極座標逆変換を行い、時間軸の画像データに戻すことを特徴とした撮像装置。

【請求項7】

請求項2記載の撮像装置において、

上記画像復元手段は、上記撮像手段で得られた画像データを等分割し、等分割されたそれぞれの画像をフーリエ変換し、フーリエ変換された画像データに対して、あらかじめ求められているズーム量、デフォーカス量、および／または絞り量に応じた振幅伝達関数の逆関数を掛け合わせ、逆フーリエ変換を行い、逆フーリエ変換された画像をつなぎ合わせ、上記光学系通過前の周波数特性に画像を復元することを特徴とする撮像装置。

【請求項8】

請求項2記載の撮像装置において、

上記画像復元手段は、上記撮像手段で得られた画像データを等分割し、上記等分割されたそれぞれの画像に対応する振幅伝達関数を選択し、選択された振幅伝達関数の逆関数を用いてレンズを通過する前の周波数特性の画像に復元する際に、処理対象とする画像に施すフィルタは上記光学系の光軸中心位置からの傾きによりフィルタを傾けることを特徴とする撮像装置。

【請求項9】

光学系を介して被写体を撮像手段により撮像し、撮像出力に画像処理手段により画像処理を施して出力する撮像装置における画像復元方法において、
上記光学系通過後の像を上記撮像手段で撮像し、上記撮像した画像データを画像処理手段により画像処理するステップと、
上記撮像手段で得られた画像データに対して、上記光学系に対する光学調整量を決定するステップと、
上記光学調整量に応じた伝達関数の逆関数を選択するステップと、
上記逆関数を用いて上記光学系通過後の画像を上記光学系通過前の周波数特性を持った画像に復元するステップと
を備えたことを特徴とする画像復元方法。

【請求項10】

請求項9記載の画像復元方法において、
上記画像復元ステップは上記光学系の振幅伝達関数の逆関数特性を有するフィルタによる補正処理であって、上記光学調整量であるズーム量、デフォーカス量、および／または絞り量に対応して設けられた振幅伝達関数の逆関数特性を有するフィルタを用いて上記光学系通過前の周波数特性に画像を復元することを特徴とする画像復元方法。

【請求項11】

請求項10記載の画像復元方法において、
上記画像復元ステップは、上記撮像手段で得られた画像データを等分割し、等分割されたそれぞれの画像に対応する振幅伝達関数を選択し、選択された振幅伝達関数の逆関数特性を有するフィルタを用いて上記光学系通過前の周波数特性に画像を復元することを特徴とする画像復元方法。

【請求項12】

請求項11記載の画像復元方法において、
上記撮像手段で得られた画像データを等分割する際の分割する形は円形、正方形、多角形であることを特徴とする画像復元方法。

【請求項13】

請求項10記載の画像復元方法において、
上記画像復元ステップは、上記撮像手段で得られた画像データを極座標変換し、振幅伝達関数の逆関数を用いて上記光学系通過前の周波数特性に画像を復元することを特徴とする画像復元方法。

【請求項14】

請求項13記載の画像復元方法において、
上記極座標変換された画像データをフーリエ変換し、これに対応する振幅伝達関数の逆関数のフィルタを選択し、フィルタリングを行い、フィルタリングされた結果を逆フーリエ変換し、極座標逆変換を行い、時間軸の画像データに戻すことを特徴とした画像復元方法。

【請求項15】

請求項10記載の画像復元方法において、
上記画像復元ステップは、上記撮像手段で得られた画像データを等分割し、等分割されたそれぞれの画像をフーリエ変換し、フーリエ変換された画像データに対して、あらかじめ求められているズーム量、デフォーカス量、および／または絞り量に応じた振幅伝達関数の逆関数を掛け合わせ、逆フーリエ変換を行い、逆フーリエ変換された画像をつなぎ合わせ、上記光学系通過前の周波数特性に画像を復元することを特徴とする画像復元方法。

【請求項16】

請求項10記載の画像復元方法において、
上記画像復元ステップは、上記撮像手段で得られた画像データを等分割し、上記等分割されたそれぞれの画像に対応する振幅伝達関数を選択し、選択された振幅伝達関数の逆関数を用いてレンズを通過する前の周波数特性の画像に復元する際に、処理対象とする画像に施すフィルタは上記光学系の光軸中心位置からの傾きによりフィルタを傾けることを特徴

とする画像復元方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば、デジタルスチルカメラに適用して好適な撮像装置および画像復元方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

撮像装置における画像補正において、空間周波数処理技術が従来より用いられている。この空間周波数処理技術では、各入出力装置のMTF (Modulation Transfer Function) を測定して、そのデバイスの特性とし、そのデバイス特性に基づいて補正を行うものである。

【0003】

例えば、特許文献1にはMTFフィルタ処理を行うと画像が大きく劣化する画像データ中のノイズを除去することを目的として、ノイズ低減変換部はスキャナ部からの入力画像データを、有効信号とノイズ成分の差分値が少なくなるように変換し、次いでMTFフィルタ処理部はノイズ低減変換部により処理された画像中のエッジを強調し、次いでノイズ低減変換補正部はMTFフィルタ処理部により処理された画像データに対して、ノイズ低減変換部のノイズ低減変換特性と反対の変換特性で補正を行う画像形成装置が開示されている。

【0004】

また、特許文献2には画像入力の際に画像入力装置や入力画像に関わらず、同一の鮮鋭さの出力画像を得ることができるようにすることを目的として、階調特性が既知である階調テストパターン画像を画像入力手段に取り込み、取り込んだパターン画像から測定される階調特性と、上記既知の階調特性との対応関係から信号空間変換係数を算出する。空間周波数特性が既知である空間周波数テストパターン画像を前記画像入力手段に取り込み、取り込んだパターン画像の信号空間を信号空間変換係数を用いて信号空間変換をした後、その変換後画像から測定される空間周波数特性と、上記既知の空間周波数特性との対応関係から空間周波数処理係数を算出する。画像入力手段から取り込んだ入力画像は、その信号空間を信号空間変換係数を用いて変換した後、算出した空間周波数処理係数を用いて、空間周波数特性の補正を行う画像処理方法が開示されている。

【0005】

【特許文献1】

特開2000-188688号公報

【特許文献2】

特開平11-225275号公報

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上述した特許文献1に記載の技術は画像を読み取って複写するためのスキャナーや複写機に対するものであり、ここで述べられているMTF特性の逆特性のフィルタ処理を施す方法ではCCDに入力された画像に畳み込み積分処理を施すことにより原画像の周波数特性に復元している。この方法では焦点距離は一定と考え、入力画像全体に対して均等に同じ周波数特性のフィルタ処理を施しているがズーム量、デフォーカス量、絞り量が変わると振幅伝達関数が変化するシステムに対して復元処理出来ないという不都合があった。

【0007】

また、特許文献2に記載の技術は画像を読み取って複写するためのスキャナーや複写機に対するものであり、ここではCCDにテスト信号を入力し、入力されたテスト信号を画像データに変換し、MTFの逆フィルタを用いてMTF補正処理し、逆フィルタが最適と考えられる周波数特性になるようにフィルタ特性を適応的に変化させる手法について述べて

いる。しかしフィルタ特性の適応処理が複雑となるという不都合があった。

【0008】

そこで、本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、ズーム量、デフォーカス量、絞り量に変化する場合でも、あらかじめその変化に応じた振幅伝達関数の逆関数を定義し、それを用いてフィルタ処理をすることにより原画像の周波数特性に画像を復元することができる撮像装置および画像復元方法を提供することを課題とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明の撮像装置は、画像復元手段により、光学系通過後の像を撮像手段で撮像し、撮像した画像データを画像処理手段により画像処理する際に、撮像手段で得られた画像データに対して、光学系に対する光学調整量に応じた伝達関数の逆関数を用いて光学系通過後の画像を光学系通過前の周波数特性を持った画像に復元するものである。

【0010】

従って本発明によれば、以下の作用をする。

光学系レンズのフィルタがかかった画像を生成するためには、元の画像からあるブロックの画像を切り取り、切り取った時間領域の画像から周波数領域の画像を生成する。この周波数領域の画像により画像を周波数軸上で表現することが出来る。次に、この周波数領域の画像に光学系に対する光学調整量に応じた伝達関数の逆関数のフィルタを乗算器により掛け合わせる。最後にこの乗算結果に対して周波数領域から時間領域に戻すことによりレンズフィルタ処理された画像を生成することが出来る。

【0011】

ここで復元フィルタ処理を施す場合には光学系に対する光学調整量に応じた伝達関数の曲線の逆関数の曲線のフィルタを求めることが出来ればレンズ通過前の画像を生成することが可能となる。

【0012】

本発明の画像復元方法は、光学系通過後の像を上記撮像手段で撮像し、撮像した画像データを画像処理手段により画像処理し、撮像手段で得られた画像データに対して、光学系に対する光学調整量を決定し、光学調整量に応じた伝達関数の逆関数を選択し、逆関数を用いて光学系通過後の画像を光学系通過前の周波数特性を持った画像に復元するものである。

【0013】

従って本発明によれば、以下の作用をする。

光学系レンズのフィルタがかかった画像を生成するためには、元の画像からあるブロックの画像を切り取り、切り取った時間領域の画像から周波数領域の画像を生成する。この周波数領域の画像により画像を周波数軸上で表現することが出来る。次に、光学系に対する光学調整量を決定し、この周波数領域の画像に光学系に対する光学調整量に応じた伝達関数の逆関数を選択し、逆関数を用いたフィルタを乗算器により掛け合わせる。最後にこの乗算結果に対して周波数領域から時間領域に戻すことによりレンズフィルタ処理された画像を生成することが出来る。

【0014】

ここで復元フィルタ処理を施す場合には光学系に対する光学調整量に応じた伝達関数の曲線の逆関数の曲線のフィルタを求めることが出来ればレンズ通過前の画像を生成することが可能となる。

【0015】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明の実施の形態について、適宜図面を参照しながら説明する。

【0016】

【MTF】

レンズ等の光学系がどれほどまで細かな正弦波状のパターンを読み取ることができるかを、光学系の伝達関数OTF (Optical transfer function) と

いい、複素数で表される。その絶対値をMTF(modulation transfer function)と呼び、振幅の伝達関数を示す。

【0017】

MTFは図12に示すようにレンズの特性を横軸に空間周波数、縦軸にMTFを用いて示す。横軸の空間周波数は結像面における1mmあたりの正弦波数(Line pair/mm)である。縦軸のMTFはこの正弦波の透過率になっている。従って周波数が高い領域で透過率が高い特性を持つレンズが良いレンズであると考えられる。

【0018】

[MTF測定方法]

MTFを測定するためには図13に示すように入射瞳131の前面を等面積にメッシュ133状に細分化して、それぞれのメッシュ133の分割部分に1本の光線134を対応させ、全光線を追跡する。分割方法は矩形状メッシュ134による分割方式を用いる。軸上収差は回転対象であるため追跡計算は1/4円132について行う。分割する形は円形、正方形、多角形である。

【0019】

図14に示すように光源141から発射された光線142は指定された入射瞳143の位置を通り、屈折することにより結像面144の点145に結像する。レーザー光線142を用いた場合、光は分散されず、一本の光線142が発射されると入射瞳143を通り、結像面144に点145が映し出される。しかし実際には入射瞳143より前または後にレンズが配置されている。従ってレンズの特性により、発射された光線142は収差などの影響を受け、図15に示すように結像面151には分散された複数点(点像152)が映し出される。

【0020】

ここで点像161の軸は図16に示すように円周状(Sagittal)162、放射状(Tangential)163の2軸に分割できる。すなわち点像161は球面レンズを通して結像されたと考えると結像面の円周状(Sagittal)162方向(S軸)は同じ特性になると考えることが出来る。同様に放射状(Tangential)163方向(T軸)についても言える。これにより図17に示すように点像171に対して、円周状(Sagittal)172のs方向における点像171の強度分布と、放射状(Tangential)173のt方向における点像171の強度分布を得ることが出来る。

【0021】

収差を持つレンズの場合、物点に対する像の強度分布は広がりを持つ。この点像強度分布をフーリエ展開すれば正弦波(cos)の各周波数で構成される多項の正弦波関数に分解できる。振幅は周波数によって変化し、一般に高い周波数ほど減衰していく。従って正弦波の合成が点像強度分布を構成しているため、それぞれの周波数の正弦波に対する振幅変調度の変調度低減を知ればそれが物点に対しての系の結像性能の全てを示す。従ってMTFは点像の強度分布のフーリエ変換によって求められ、その値は周波数の関数となる。レンズの場合高周波となるに従ってMTFの値は低下するのが普通であり、ローパスフィルタであると考えることが出来る。

【0022】

MTFは入射瞳のt方向に光線をずらしていくことにより、より精密なレンズの特性を測定することが出来る。すなわち図18に示すようにt方向にずらした距離は結像面181でいえば点像182, 183が得られるポイントの像高の移動距離184に比例する。

【0023】

ここで軸上185の場合のみs, t方向の点像強度分布は同じであると考えることが出来る。t方向に光線をずらす位置を1, 2とすると、点像182, 183の強度分布のフーリエ変換により得られたt1, s1, t2, s2のMTF曲線は図19のようになる。

【0024】

[MTF曲線]

MTF曲線の横軸の空間周波数は先にも述べたように本数/mmで表される。また白黒で

1本とカウントする。つまりMTF曲線の最高周波数が300本/mmだとすると1mmあたり白と黒それぞれ300本表現可能なレンズであると考えることが出来る。これを画像で考えてみると、図20に示すように白と黒それぞれ300本表現するには600画素必要であると考えることが出来る。

【0025】

様々なレンズのMTF特性を調べたところ、最高周波数の相場は300本/mmであることが分かった。従って画像から600画素以上切り取るとMTFの周波数帯域と1対1にすることが出来る。しかし、FFT処理の都合上512画素切り取り、最高周波数が256本/mmでフィルタリングすることにした。

【0026】

図1は、レンズのフィルタがかかった画像を生成する図である。

そこで、図1に示すようにレンズのフィルタがかかった画像を生成するためには、元の画像A(1)から512x512の画像B(2)を切り取り、画像B(2)に対してフーリエ変換(FFT)3を施してFFT画像4を生成する。このFFT画像4により画像を周波数軸上で表現することが出来る。次に、このFFT画像4にMTFフィルタ5を乗算器6により掛け合わせる。最後にこの乗算結果に対して逆フーリエ変換(IFFT)7を施すことによりレンズフィルタ処理されたIFFT画像8を生成することが出来る。

【0027】

復元フィルタ処理を施す場合にも同様である。図2に示すようなMTF曲線の逆関数のIMTF曲線のMTFフィルタ5を求めることが出来ればレンズ通過前の画像を生成することが可能である。

【0028】

[MTF復元フィルタ処理の詳細]

画像とMTF曲線との関係について上述し、MTFフィルタリングの概念について述べた。ここでは具体的処理について述べる。ここに述べる方法はズーム量、デフォーカス量、絞り量が決定されているものとして考える。

【0029】

図18に示したようにMTFは結像面の軸上から θ 方向に像高を変化させ測定したものである。従ってMTFは結像面の中心からの半径により決定される。従って図1において切り出された画像B(2)にフィルタ処理する場合には画像A(1)中心からの距離により使用するフィルタが決定される。通常は図3の32に示すように画像B31に対して通常フィルタリングするが、フィルタリング対象画像B(2)は正方形であるため同一円上にある画像の場合でも位置によりフィルタを傾けて処理しなければならない。図4の41に示すように画像A(1)中心 $(x, y) = (0, 0)$ とすると、画像A(41)中心と処理対象画像Bの中心座標 (x_i, y_i) 42の差 $(\Delta x_i, \Delta y_i)$ 43を求め、アークタンジェントによりベクトルをなす角度を求める。図3の34に示すように求められた角度分だけフィルタを傾けて画像B33に対してフィルタリングすることにより円周上に対して同一特性でフィルタリングすることが出来る。

【0030】

s方向のMTF曲線を $MTF-S_j(\omega)$ とする。切り出した画像B(2)の位置が (x_i, y_i) とする。ベクトルをなす角度 θ は $\arctan(y_i/x_i)$ により計算することが出来る。

【0031】

切り出した画像Bのフーリエ変換後の空間周波数を $B(u, v)$ とすると、フィルタリングは以下の数1式により施される。

【0032】

【数1】

$$B^{\wedge}(u, v) = B(u, v) \cdot MTF-S_j(\omega)$$

【0033】

ここに ω は、 $\omega = u \cdot \cos \theta + v \cdot \sin \theta$ で得られる。

t方向のMTF曲線を $MTF-T_j(\omega)$ とする。s方向のMTF処理された画像Bの空間周波数を $B^{\sim}(u, v)$ とするとフィルタリングは以下の数2式により施される。

【0034】

【数2】

$$B^{\sim\sim}(u, v) = B^{\sim}(u, v) \cdot MTF-T_j(\omega)$$

【0035】

ここに ω は、 $\omega = u \cdot \cos(\theta + 90^\circ) + v \cdot \sin(\theta + 90^\circ)$ で得られる。

復元フィルタの伝達関数 $H_j(\omega)$ を以下の数3式とする。

【0036】

【数3】

$$H_j(\omega) = 1 / MTF-T_j(\omega)$$

【0037】

すると、復元画像 $\hat{F}(u, v)$ は以下の数4式となる。

【0038】

【数4】

$$\hat{F}(u, v) = F(u, v) + H_j(\omega)$$

【0039】

512×512の画像B(2)を切り出してFFT処理するのであるが、単純に画像A(1)から切り出し、MTFフィルタ5によりフィルタリングすると、生成されたIFFT画像とIFFT画像の境界線に淵が発生してしまうことが考えられる。従ってフィルタリング処理されて生成されたIFFT画像はタイル状になり、非常に見苦しい画像になってしまう場合がある。

【0040】

ここでこの現象を回避するために実際に切り出す画像を小さくし、FFT処理するときに512×512で処理する手法を用いた。

【0041】

図5は、512×512の画像から32×32の画像を戻す様子を示す図である。
元の画像A(51)から512×512の画像B(52)を切り取り、画像B(52)に対してフーリエ変換(FFT)53を施してFFT画像54を生成する。このFFT画像54により画像を周波数軸上で表現することが出来る。次に、このFFT画像54にMTFフィルタ55を乗算器56により掛け合わせる。最後にこの乗算結果に対して逆フーリエ変換(IFFT)57を施すことによりレンズフィルタ処理された512×512のIFFT画像が生成されるが、ここで、512×512のIFFT画像から32×32のIFFT画像58を切り出して、再生画像59を生成することが出来る。

【0042】

すなわち図5に示すように画像A(51)から512×512の画像B(52)を順に切り取ってゆくのであるが、切り取られた画像B(52)に対してFFT処理3を施し、FFT画像54に対してMTFフィルタ5を掛け、画像A(51)に戻すときには32×32の画像58を戻すことにより、再生画像59を生成する。

【0043】

〔詳細処理〕

図6は、デジタルスチルカメラの内部処理を示すブロック図である。

図6において、デジタルスチルカメラ61は、カメラ系ではCCD(Charge Coupled Device)62とA/D(Analog to Digital)変換部63と、信号処理部65とを有して構成される。信号処理部65は、カメラ処理部(CAMDSP:Camera Digital Signal Processor)65-2と、MTF補正部65-1と、JPEG(Joint Photograph Experts Group)補正部65-3とを有して構成される。

【0044】

また、デジタルスチルカメラ61は、表示制御系では表示制御部67と、表示部69と、

表示機器70への外部機器インターフェース68とを有して構成される。

【0045】

また、デジタルスチルカメラ61は、記録制御系ではキー入力部64と、カメラ制御部66と、RAM72と、ROM73と、記録媒体74に対するドライブ71とを有して構成される。カメラ制御部66は、CPU66-1と、バスインターフェース66-2とを有して構成される。

【0046】

デジタルスチルカメラの内部処理の大まかな流れを図6を用いて処理の流れを説明すると、キー入力部（シャッターボタン）64から入力されたシャッター情報（シャッターボタンオン情報）を得ることにより、カメラ制御部66のCPU66-1は、CCD62による露光を開始し、撮像画像がCCD62からA/D変換部63に取り込まれる。得られた入力画像はA/D変換部63でA/D変換される。A/D変換された画像に信号処理部65によりカメラ信号処理が施される。ここで、カメラ処理部65-2から受け取った画像に対してMTF補正部65-1によりMTF補正処理が施される。MTF補正処理された画像はJPEG補正部65-3により静止画圧縮される。その後、記録制御系では静止画画像はCPU66-1を通り、バスインターフェース66-2であるフラッシュメモリーカードI/Fを通り、ドライブ71により記録媒体74であるメモリーカードに保存される。

【0047】

また、表示制御系では静止画画像は表示制御部67により表示制御されて表示部69に表示され、または外部機器インターフェース68を介して表示機器70へ表示される。

【0048】

図7にズーム量、デフォーカス量、絞りの決定を示す。図10にズーム量、デフォーカス量、絞りの決定の動作のフローチャートを示す。

【0049】

図10において、ステップS1で、キーを読む。具体的には、図7において、ズーム量はカメラ制御部66に対するキー入力部64からのユーザー入力により決定される。カメラ制御部66によりズーム量が決定され、キー入力部64においてシャッターボタンが押されると、デフォーカス量、絞りを信号処理部65のカメラ処理部（CAMDSP）65-2とカメラ制御部66とのやり取りで決定される。

【0050】

ステップS2で、レンズ部を制御する。具体的には、図7において、最終的に、決定されたズーム量、デフォーカス量、絞りを信号処理部65のカメラ処理部（CAMDSP）65-2からカメラ制御部66に入力して、カメラ制御部66は決定されたズーム量、デフォーカス量、絞りに基づいてズーム制御C1およびデフォーカス制御C2と、絞り制御C3をレンズ部76、絞り部77に供給して、レンズ部76、絞り部77を制御する。

【0051】

ステップS3で、キー入力部64においてシャッターボタンが押されたか否かを判断する。シャッターボタンが押されるまで、ステップS1からステップS3までの処理および判断を繰り返す。

【0052】

ステップS3でシャッターボタンが押されたときは、ステップS4で、CCDから撮像画像の読み出しを行う。具体的には、図7において、カメラ制御部66は、CCD62による露光を開始して、CCD62から撮像画像を読み出す。

【0053】

ステップS4で、撮像画像はA/D変換される。具体的には、図7において、撮像画像がCCD62からA/D変換部63に取り込まれる。得られた入力画像はA/D変換部63でA/D変換される。

【0054】

ステップS6で、画像データはカメラ信号処理される。具体的には、図7において、A/

D変換された画像に信号処理部65のカメラ処理部65-2によりカメラ信号処理が施される。

【0055】

ただしデフォーカス量、絞り量はユーザーのレンズ部76、絞り部77に対するマニュアル操作により予め決定される場合もある。この場合は直接ステップS3でキー入力部64においてシャッターボタンが押されると直ちにカメラ制御部66はCCD62による露光を開始する。

【0056】

〔MTF補正部の処理フロー〕

図8は、MTF補正部の内部処理を示すブロック図である。図11は、MTF補正部の内部処理の動作のフローチャートを示す。

【0057】

図11において、ステップS11で、全ブロック数が処理されたか否かを判断する。全ブロック数が処理されていないときは、ステップS12で、画像から指定画素の切り取り（1ブロック分）を行う。具体的には、図8において示すように信号処理部65においてカメラ処理部（CAMDSP）65-2から出力された画像情報はMTF補正部65-1に入力される。カメラ処理部（CAMDSP）65-2とカメラ制御部66で決定されたズーム量、デフォーカス量、絞り量の情報も同時にMTF補正部65-1に入力される。

【0058】

ステップS13で、ブロックの位置により画像中心からの角度を計算する。ステップS14で、ブロックの位置により画像中心からの距離を計算し像高を決定する。ステップS15で、1ブロック分のFFT処理を行う。具体的には、図8において、画像入力部82に入力された画像情報はMTF復元フィルタの詳細の項に示した画像分割手法を用いてFFT演算部83によりFFT計算され、空間周波数成分に変換される。

【0059】

ステップS16で、ズーム量、デフォーカス量、絞り量、像高をキーとしてMTF補正フィルタの選択処理を行う。

具体的には、図8において、FFT演算部83によりFFT計算された結果にMTF逆関数テーブル87により各像高に対するMTF補正フィルタリングをする。MTF補正フィルタリングする方法はMTF復元フィルタの詳細の項に示したとおりである。ただし、ズーム量、デフォーカス量、絞り量のパラメータが存在するため各パラメータによりMTF逆関数テーブル87のMTF補正フィルタを決定しなくてはならない。

【0060】

MTF逆関数テーブル87のMTF補正フィルタの決定方法としてはズーム量、デフォーカス量、絞り量をキーとして予め決定されているテーブルを参照することにより選択決定される。

【0061】

ステップS17で、MTF補正フィルタの補間処理を行う。具体的には、図8において、MTF逆関数テーブル87に存在しないズーム量、デフォーカス量、絞り量であった場合、MTF補間処理部88によりMTF逆関数テーブル87に対してMTF補正フィルタの補間処理を行う。

【0062】

ステップS18で、角度分MTF補正フィルタを傾ける。ステップS19で、フィルタリング処理を行う。ステップS20で、1ブロック分のIFFT処理を行う。具体的には、図8において、空間周波数領域でMTF補正フィルタリングされた結果を時間領域に戻すためIFFT演算部85によりIFFT計算する。

【0063】

ステップS11に戻って、全ブロック数が処理されたか否かを判断する。全ブロック数が処理されたときは、ステップS22で、JPEG圧縮処理を行う。具体的には、図8において、IFFT計算された結果を画像出力部86からJPEG圧縮部65-3、表示制御

部67に入力する。

【0064】

[MTF逆関数テーブル詳細]

図9に示すように逆関数テーブルはツリー構造とする。テーブルは静的なもので生産時にROMに書き込まれているものとする。

【0065】

例としてズーム量はズーム量1(91)・・・ズーム量3(93)の3種類、デフォーカス量はデフォーカス量1(91-1)・・・デフォーカス量3(93-1)の3種類、絞り量は絞り量1(91-2)・・・絞り量3(93-2)の3種類とすると3種類ずつ3つの組み合わせで合計27種類のMTF逆関数データが書き込まれているものとする。

【0066】

すなわち信号処理部から得られたデータである。このデータはズーム量、デフォーカス量、絞り量をキーとして予め決定されており像高0～10割のMTFから成り立っている。

【0067】

すなわち27種類のMTF全てに0～10割のMTFデータ91-3・・・93-3が決定されているものとする。

【0068】

ズーム量、デフォーカス量、絞り量をキーとして補正処理するのであるが、MTF補正フィルタの詳細で述べた画像にMTF補正処理する一連の処理内容は変わらない。

【0069】

[補間処理]

ズーム量、デフォーカス量、絞り量ともに3種類としたが種類数が増えればより詳しい補正が可能となる。

【0070】

以下は、生産時にROMに書き込まれているMTFデータを元としてズーム量、デフォーカス量、絞り量に応じて動的にMTF補正フィルタを補間する方法について述べる。

【0071】

図9に示すツリーはルートから、ズーム量、デフォーカス量、絞り量の順であるが、それぞれ独立であるため、テーブル生成段階ではこの順番は入れ替わっていても良いものとする。また、MTFは0～10割のデータを用いるのであるが、0～10割の分割数は多ければ多いほど精度の高い補正処理が可能である。また分割数が少ない場合は間のデータを線形補間で求める。ただし補間方法は線形補間に限らず他の手法を用いてもかまわない。

【0072】

0割と5割のデータがあり、間を補間する場合は、以下の数5式となる。

【0073】

【数5】

$$MTFi = MTF0 - [(MTF0 - MTF5) / 5] i$$

【0074】

ズーム量、デフォーカス量、絞り量ともに3種類であるが、実測値が中間値(例: ズーム量1と2の間)であった場合、実測値と決定されている量を比較し、1 or 2でどちらか近い方を選択する。

中間値である場合の処理としてMTFの線形補間がある。

【0075】

ズーム量は1と2の中間値(MTFi(1.5, 1, 1))、デフォーカス量1、絞り量1であった場合、ズーム量1、デフォーカス量1、絞り量1のMTF(MTFi(1, 1, 1))とズーム量2、デフォーカス量1、絞り量1(MTFi(2, 1, 1))のMTFを線形補間するものとする。ただし補間方法は線形補間に限らず他の手法を用いてもかまわない。

補間式は、以下の数6式となる。

【0076】

【数6】

$$MTF_i(1.5, 1, 1) = MTF_i(1, 1, 1) - [MTF_i(1, 1, 1) - MTF_i(2, 1, 1)] / 2$$

【0077】

なお、上述した本発明の実施の形態に限らず、本発明の特許請求の範囲を逸脱しない限り、適宜他の構成をとりうることはできることはいふまでもない。

【0078】

【発明の効果】

デジタルカメラの小型化、CCDの小型化によりレンズサイズが小型化される傾向にあるなかで、レンズが小型化されるとMTF特性が悪くなり、レンズ周辺の収差が激しくなっている。従ってレンズ周辺で高周波域の周波数特性成分が失われてしまうためこれを復元する手段が必要であるため、本発明によれば、失われた高周波域の情報をレンズのMTF特性の逆関数を用いて復元することができるという効果を奏する。

【0079】

レンズの周波数特性はレンズ中心位置からの極座標形式になっているため、レンズを通過した後の画像にフィルタリングする場合にレンズ中心からの距離により使用するフィルタを選択しなければならないが、本発明によれば、ズーム量、デフォーカス量、絞り量などの光学調整量により使用するフィルタを選択して、レンズを通過した後の画像にフィルタリングすることができるという効果を奏する。またフィルタリングする場合はレンズ中心とフィルタリング対象画像とのなす角度によりフィルタを傾けて処理しなければならないが、本発明によれば、このような同一特性でフィルタを傾けてフィルタリングすることを可能とすることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 レンズのフィルタがかかった画像を生成する図である。

【図2】 I MTF 曲線を示す図である。

【図3】 フィルタを傾けてフィルタリングする様子を示す図である。

【図4】 円周上に対して同一特性でフィルタリングする様子を示す図である。

【図5】 512×512の画像から32×32の画像を戻す様子を示す図である。

【図6】 デジタルスチルカメラの内部処理を示すブロック図である。

【図7】 ズーム量、デフォーカス量、絞り量の決定を示す図である。

【図8】 MTF補正部の内部処理を示すブロック図である。

【図9】 ツリー構造の逆関数テーブルを示す図である。

【図10】 ズーム量、デフォーカス量、絞り量の決定動作を示すフローチャートである。

【図11】 MTF補正部の内部処理動作を示すフローチャートである。

【図12】 MTF 曲線を示す図である。

【図13】 MTF 測定を示す図である。

【図14】 レーザー光線の結像を示す図である。

【図15】 レンズの特性による点像を示す図である。

【図16】 点像の2軸への分割を示す図である。

【図17】 s方向とt方向の点像の強度分布を示す図である。

【図18】 t方向の像高の移動距離を示す図である。

【図19】 得られたMTF 曲線を示す図である。

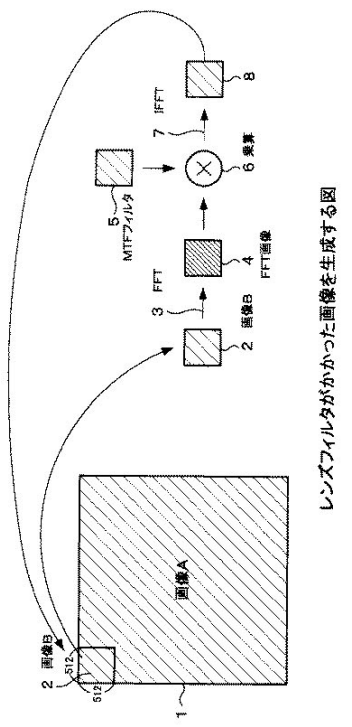
【図20】 白と黒30本の画像が60画素必要であることを示す図である。

【符号の説明】

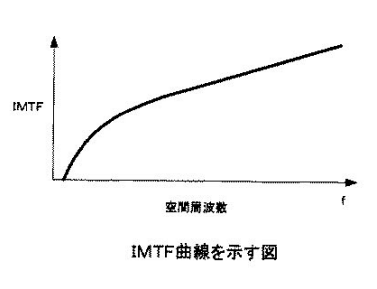
1……画像A、2……画像B、3……FFT演算、4……FFT画像、5……MTFテーブル、6……乗算、7……IFFT演算、8……IFFT画像、41……画像A(1)中心(x,y)=(0,0)、42……画像Bの中心座標(xi,yi)、43……差(Δxi,Δyi)、51……画像A、52……画像B、53……FFT演算、54……FFT画像、55……MTFテーブル、56……乗算、57……IFFT演算、58……512×512から切り出された32×32のIFFT画像、59……生成画像、61……デ

デジタルスチルカメラ、62……CCD、63……A/D変換部と、64……キー入力部、65……信号処理部、65-1……MTF補正部、65-2……カメラ処理部(CAMDSP)、65-3……JPEG補正部、66……カメラ制御部、66-1……CPUと、66-2……バスインターフェース、67……表示制御部、68……外部機器インターフェース、69……表示部、70……表示機器、71……ドライブ、72……RAM、73……ROM、74……記録媒体、91……ズーム量1、91-1……デフォーカス量1、91-2……絞り量1、93……ズーム量3、93-1……デフォーカス量3、93-2……絞り量3

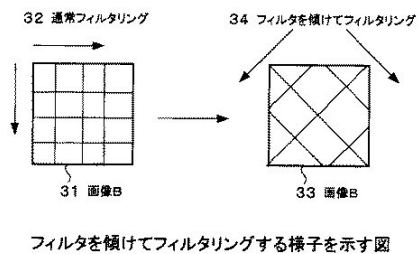
【図1】



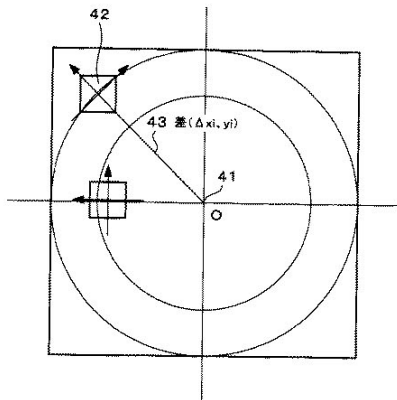
【図2】



【図3】

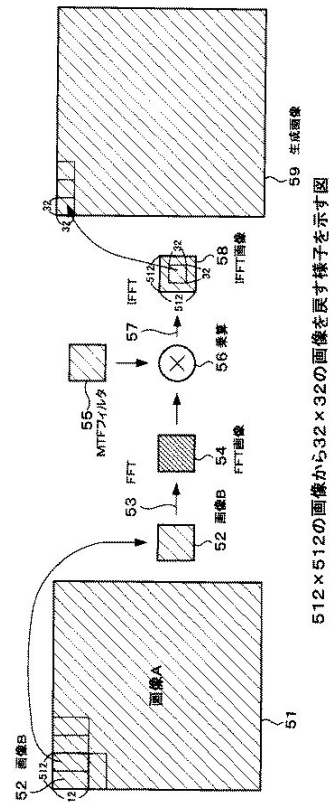


【図4】



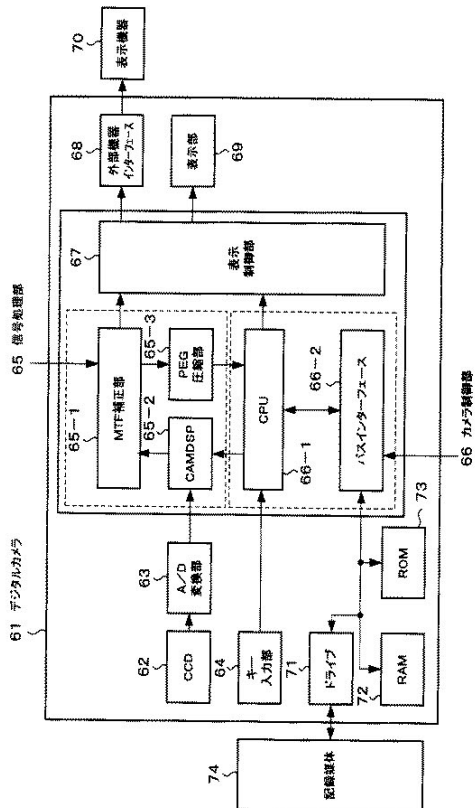
円周上に対して同一特性でフィルタリングする様子を示す図

【図5】



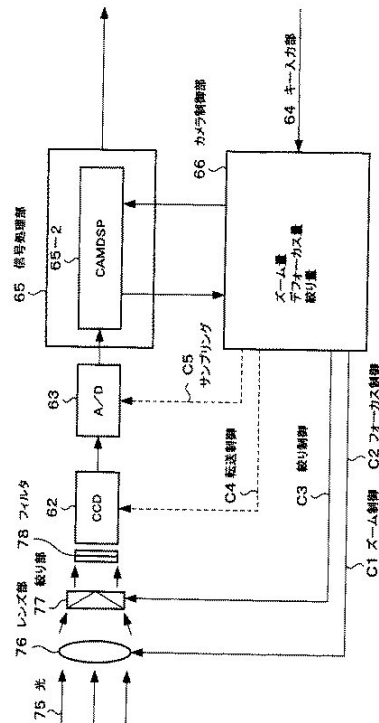
512×512の画像から32×32の画像を戻す様子を示す図

【図6】



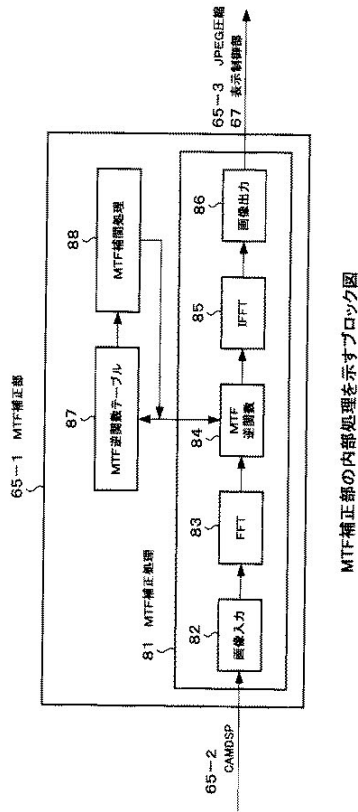
デジタルカメラの内部処理を示すブロック図

【図7】

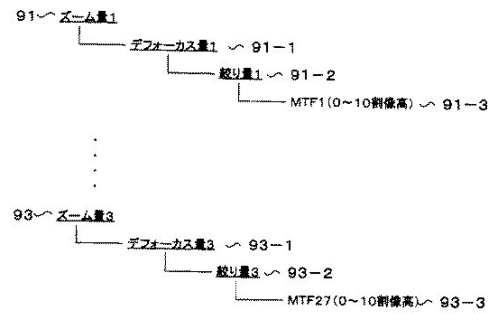


ズーム量、デフォーカス量、絞り量の決定を示す図

【図8】

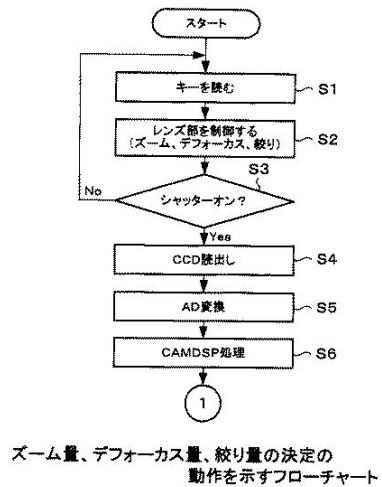


【図9】



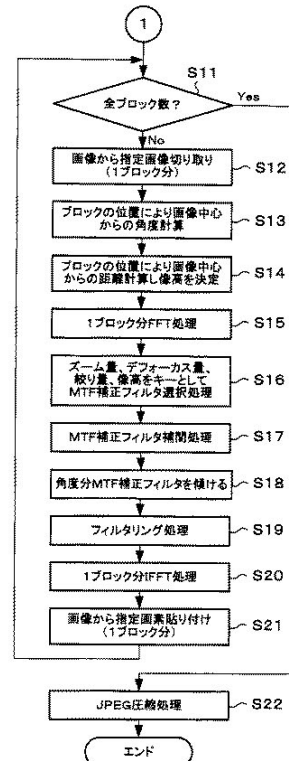
ツリー構造の逆関数テーブルを示す図

【図10】



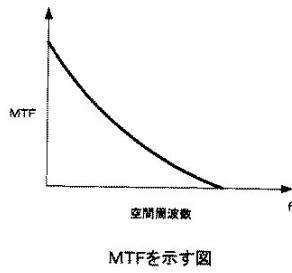
ズーム量、デフォーカス量、絞りの決定の動作を示すフローチャート

【図11】

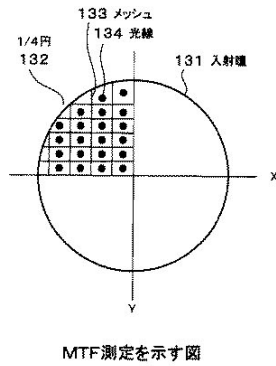


MTF補正部の内部処理の動作を示すフローチャート

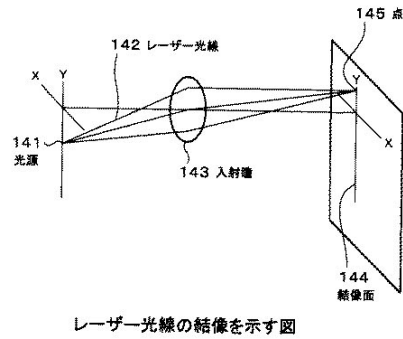
【図12】



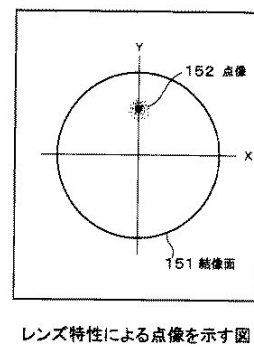
【図13】



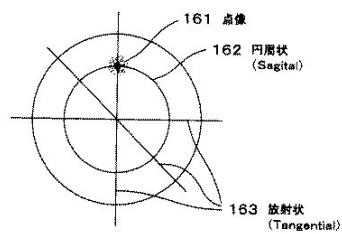
【図14】



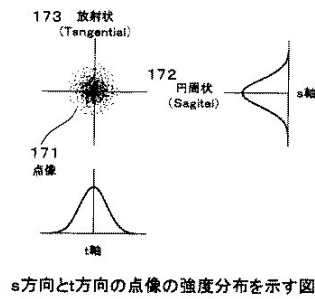
【図15】



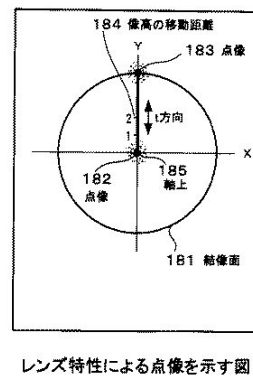
【図16】



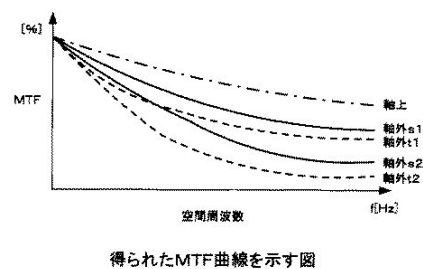
【図17】



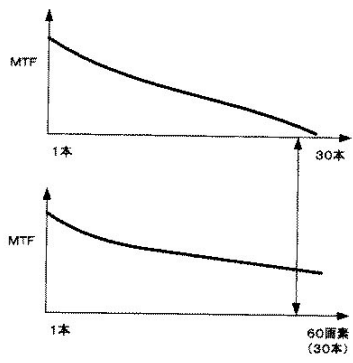
【図18】



【図19】



【図20】



白黒30本の画像が60画素必要であることを示す図

