

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5305451号
(P5305451)

(45) 発行日 平成25年10月2日(2013.10.2)

(24) 登録日 平成25年7月5日(2013.7.5)

(51) Int.Cl.		F I	
HO4N 13/02	(2006.01)	HO4N 13/02	
GO3H 1/04	(2006.01)	GO3H 1/04	
HO4N 7/26	(2006.01)	HO4N 7/13	Z
GO3H 1/08	(2006.01)	GO3H 1/08	

請求項の数 6 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2009-134091 (P2009-134091)	(73) 特許権者	301022471
(22) 出願日	平成21年6月3日(2009.6.3)		独立行政法人情報通信研究機構
(65) 公開番号	特開2010-283508 (P2010-283508A)		東京都小金井市貫井北町4-2-1
(43) 公開日	平成22年12月16日(2010.12.16)	(74) 代理人	100064414
審査請求日	平成24年4月20日(2012.4.20)		弁理士 磯野 道造
		(74) 代理人	100111545
			弁理士 多田 悦夫
		(72) 発明者	山本 健詞
			東京都小金井市貫井北町4-2-1 独立行政法人情報通信研究機構内
		(72) 発明者	妹尾 孝憲
			東京都小金井市貫井北町4-2-1 独立行政法人情報通信研究機構内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ホログラム符号化装置およびホログラム復号化装置、ならびに、ホログラム符号化プログラムおよびホログラム復号化プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被写体を縞パターンとして記録したホログラムを所定の符号化規則により符号化するホログラム符号化装置であって、

前記ホログラムに記録された3次元空間において利用者により指定された少なくとも1つの関心領域の空間情報の入力を受け付け、前記各関心領域を設定すると共に、前記各関心領域の周囲に非関心領域を設定する関心領域入力手段と、

前記各関心領域の空間情報に基づいて、前記各関心領域から出射して前記ホログラムに到達する光の角度と、前記ホログラムに入射する参照光の角度およびその波長とにより、前記各関心領域に対応する空間周波数範囲をそれぞれ算出し、前記各関心領域に対応する各空間周波数範囲に対して、量子化ステップ数として予め定められた1以上の関心領域要素値を対応付け、前記非関心領域に対応する空間周波数範囲に対して量子化ステップ数として予め定められた1以上の非関心領域要素値を対応付け、前記関心領域要素値および前記非関心領域要素値を配列した量子化テーブルを生成する量子化テーブル生成手段と、

前記ホログラムの縞パターンを、予め定められた要素数に分割した各要素ホログラムの縞パターンを生成するホログラム分割手段と、

前記要素ホログラム毎に、前記分割された縞パターンを空間周波数に変換する空間周波数変換手段と、

前記要素ホログラム毎に変換された空間周波数を、前記量子化テーブルの対応する要素である前記関心領域要素値または前記非関心領域要素値に基づいて量子化して量子化空間

周波数を生成する量子化手段と、

前記要素ホログラム毎に生成された量子化空間周波数を、前記符号化規則により符号化したホログラムデータを生成する符号化手段と、

前記要素ホログラム毎に生成したホログラムデータを出力するホログラムデータ出力手段と、

を備えることを特徴とするホログラム符号化装置。

【請求項 2】

前記量子化テーブル生成手段は、

前記量子化ステップ数としての関心領域要素値を、前記量子化ステップ数としての非関心領域要素値よりも小さい値とした量子化テーブルを生成する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載のホログラム符号化装置。

10

【請求項 3】

前記空間周波数変換手段は、

前記要素ホログラムの縞パターンを離散フーリエ変換により空間周波数に変換する、

ことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のホログラム符号化装置。

【請求項 4】

請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか一項に記載のホログラム符号化装置で符号化されたホログラムデータを復号化するホログラム復号化装置であって、

前記要素ホログラム毎に生成したホログラムデータと、前記量子化テーブルとの入力を受け付けるホログラムデータ入力手段と、

20

前記要素ホログラム毎に、前記ホログラムデータを前記符号化規則に対応した復号化規則により復号化して前記量子化空間周波数を生成する復号化手段と、

前記要素ホログラム毎に生成された量子化空間周波数を、前記量子化テーブルの対応する要素である前記関心領域要素値または前記非関心領域要素値に基づいて逆量子化して空間周波数を算出する逆量子化手段と、

前記要素ホログラム毎に算出された空間周波数を逆変換して、前記要素ホログラムの縞パターンを算出する空間周波数逆変換手段と、

前記要素ホログラム毎に算出された縞パターンを接続して前記ホログラムの縞パターンを生成する要素ホログラム接続手段と、

を備えることを特徴とするホログラム復号化装置。

30

【請求項 5】

被写体を縞パターンとして記録したホログラムを所定の符号化規則により符号化するために、コンピュータを、

前記ホログラムに記録された 3 次元空間において利用者により指定された少なくとも 1 つの関心領域の空間情報の入力を受け付け、前記各関心領域を設定すると共に、前記各関心領域の周囲に非関心領域を設定する関心領域入力手段、

前記各関心領域の空間情報に基づいて、前記各関心領域から出射して前記ホログラムに到達する光の角度と、前記ホログラムに入射する参照光の角度およびその波長とにより、前記各関心領域に対応する空間周波数範囲をそれぞれ算出し、前記各関心領域に対応する各空間周波数範囲に対して、量子化ステップ数として予め定められた 1 以上の関心領域要素値を対応付け、前記非関心領域に対応する空間周波数範囲に対して量子化ステップ数として予め定められた 1 以上の非関心領域要素値を対応付け、前記関心領域要素値および前記非関心領域要素値を配列した量子化テーブルを生成する量子化テーブル生成手段と、

40

前記ホログラムの縞パターンを、予め定められた要素数に分割した各要素ホログラムの縞パターンを生成するホログラム分割手段、

前記要素ホログラム毎に、前記分割された縞パターンを空間周波数に変換する空間周波数変換手段、

前記要素ホログラム毎に変換された空間周波数を、前記量子化テーブルの対応する要素である前記関心領域要素値または前記非関心領域要素値に基づいて量子化して量子化空間周波数を生成する量子化手段、

50

前記要素ホログラム毎に生成された量子化空間周波数を、前記符号化規則により符号化したホログラムデータを生成する符号化手段、

前記要素ホログラム毎に生成したホログラムデータを出力するホログラムデータ出力手段、

として機能させるためのホログラム符号化プログラム。

【請求項 6】

請求項 5 に記載のホログラム符号化プログラムで符号化されたホログラムデータを復号化するために、コンピュータを、

前記要素ホログラム毎に生成したホログラムデータと、前記量子化テーブルとの入力を受け付けるホログラムデータ入力手段、

前記要素ホログラム毎に、前記ホログラムデータを前記符号化規則に対応した復号化規則により復号化して前記量子化空間周波数を生成する復号化手段、

前記要素ホログラム毎に生成された量子化空間周波数を、前記量子化テーブルの対応する要素である前記関心領域要素値または前記非関心領域要素値に基づいて逆量子化して空間周波数を算出する逆量子化手段、

前記要素ホログラム毎に算出された空間周波数を逆変換して、前記要素ホログラムの縞パターンを算出する空間周波数逆変換手段、

前記要素ホログラム毎に算出された縞パターンを接続して前記ホログラムの縞パターンを生成する要素ホログラム接続手段、

として機能させるためのホログラム復号化プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、干渉縞を使用して映像等のデータを符号化あるいは復号化するホログラム符号化技術およびホログラム復号化技術に関する。

【背景技術】

【0002】

3D画像の利用は、放送、通信、あるいは、文化遺産の大量保存用（アーカイブ用）において、調査研究されてきた。ホログラフィは、空間において理想的な3D対象物を再構成するための技術である。そのため、3-Dディスプレイ用のホログラフィ利用は、長い間、多大な関心が払われてきた。液晶ディスプレイ（Liquid Crystal Displays：LCD）のような微小ピッチの電子デバイスを製造する技術が、次第に成熟してきているので、ホログラムをディスプレイするための電子デバイスを用いる電子ホログラフィが、ごく最近研究されるようになってきた。

【0003】

電子ホログラフィにおける問題の1つは、ホログラムデータをどのように取り扱うかという点である。ピクセルピッチは、観測の視域と視角とを考慮したとき1[μm]よりも小さくなるべきであるので、ホログラムデータの量は、莫大になる。例えば、1[μm]のピクセルピッチを持った、30[cm]×30[cm]の白黒ホログラムの総合計は、90[Gピクセル]である。したがって、ホログラムの符号化においては、2-D画像を符号化するとき必要とされる条件に加えて、効率的な符号化方法が必要とされている。

【0004】

このような問題を取り扱うために、従来、いくつかの手法が提案されている（非特許文献1～4参照）。例えば、非特許文献1に示すように、Yoshikawaは、静止画のホログラムに対して、標準的な動画符号化法であるMPEGを適用する方法を提案している。この手法は、ホログラムを分割して多数の要素ホログラムを作成し、全要素ホログラムに離散コサイン変換（Discrete Cosine Transform：DCT）工程を適用する。DCTが適用された後の要素ホログラムは、まるで可動ビデオカメラにより撮影されたビデオのように見えるので、Yoshikawaは、このビデオにMPEGを利用した。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

また、非特許文献 2 に示すように、Seo は、ホログラムビデオに対して、マルチビュービデオ符号化 (multi-view video coding: M V C) を適用する方法を提案した。この方法も、事前に全要素ホログラムに D C T 工程を適用する。この方法では、D C T が適用された後、要素ホログラムをマルチビュービデオとして扱い、M V C を利用する。

【 0 0 0 6 】

また、非特許文献 3 に示すように、Naughton は、無損失データ圧縮と、損失データ圧縮とを適用する方法を提案した。さらに、非特許文献 4 に示すように、Takano は、JPEG と J P E G 2000 とを適用した。

【 先行技術文献 】

10

【 非特許文献 】

【 0 0 0 7 】

【非特許文献 1】H. Yoshikawa and J. Tamai, "Holographic image compression by motion picture coding," SPIE Practical Holography, vol.2652, pp. 2-9, 1996

【非特許文献 2】Y. Seo, H. Choi, J. Bae, J. Yoo, and D. Kim, "Data compression technique for digital holograms using a temporally scalable coding method for 2-d images," ISSPIT 2006, pp. 326-331, 2006

【非特許文献 3】T. J. Naughton, Y. Frauel, B. Javidi and E. Tajahuerce, "Compression of digital holograms for three-dimensional object reconstruction and recognition," Appl. Opt., vol. 41, no. 20, pp.4124-4132, July 2002

20

【非特許文献 4】K. Takano, K. Sato, T. Okumura, T. Kanaoka, S. Koizumi, K. Muto, and R. Wakabayashi, "Data compression for transmission of holographic 3d images using digital-sstv," SPIE Practical Holography, vol. 6136, 2006

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 8 】

一般的な画像符号化技術においては、符号化効率の向上と機能性の向上という両面から符号化方法が議論されている。ここで、符号化効率の向上とは、符号量を減らしたとしても歪みの小さい画像に符号化する技術の向上を意味し、機能性の向上とは、例えば、ビデオの頭出しを容易にするなど符号量は多少増えるもののユーザの利便性を重視する技術の向上を意味する。

30

【 0 0 0 9 】

しかしながら、非特許文献 1 ~ 4 に記載されたホログラムの符号化手法はすべて、符号化効率、すなわち、圧縮率と画像再構成の品質を扱うものである。これに対して、ホログラムの符号化手法において、機能性を扱う研究はこれまで知られていないのが現状である。2 - D 画像符号化でなされるように、ホログラムにおいても、符号化効率だけでなく、機能性に関する研究もなされるべきである。

【 0 0 1 0 】

2 - D 画像では、機能性の一例として、関心領域 (region of interest: R O I) を設定して符号化することができる。この R O I の設定は、2 - D 画像の一部にフォーカスする方法であり、R O I を、ある特別なもののように扱う。機能性によってある領域を他の領域と区別するということは、2 - D 画像符号化においてよく利用されている。例えば、被写体である人間が R O I にセットされ、そのスナップショットの背景が R O I にセットされないと、背景はぼやける。

40

【 0 0 1 1 】

この 2 - D 画像における R O I からの類推により、ホログラムにおいても、ある特別な領域 (field of interest: F O I) を想定することができる。そして、F O I からの光を例えば正確に取り扱い、他の領域からの光を例えば粗く取り扱うことができれば、ホログラムの符号化方法において機能性を扱うことができる。ただし、F O I はホログラム中には存在せず、3 - D 空間に存在する。つまり、ホログラムの中にどのように F O I を加

50

工すれば、F O Iからの光だけを例えば正確に取り扱うことができるのかについては自明ではない。

【 0 0 1 2 】

本発明は、以上のような問題点に鑑みてなされたものであり、ホログラムに関心領域を設定できる符号化技術を提供することを目的とする。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 3 】

本発明は、前記目的を達成するために創案されたものであり、まず、請求項1に記載のホログラム符号化装置は、被写体を縞パターンとして記録したホログラムを所定の符号化規則により符号化するホログラム符号化装置であって、関心領域入力手段と、量子化テ

10

【 0 0 1 4 】

かかる構成によれば、ホログラム符号化装置は、関心領域入力手段によって、前記ホログラムに記録された3次元空間において利用者により指定された少なくとも1つの関心領域の空間情報の入力を受け付け、前記各関心領域を設定すると共に、前記各関心領域の周囲に非関心領域を設定する。そして、ホログラム符号化装置は、量子化テーブル生成手段によって、前記各関心領域の空間情報に基づいて、前記各関心領域から出射して前記ホログラムに到達する光の角度と、前記ホログラムに入射する参照光の角度およびその波長とにより、前記各関心領域に対応する空間周波数範囲をそれぞれ算出し、前記各関心領域

20

30

40

50

60

70

80

90

100

110

120

130

140

150

160

170

180

190

200

210

220

230

240

250

260

270

280

290

300

310

320

330

340

350

360

370

380

390

400

410

420

430

440

450

460

470

480

490

500

510

520

530

540

550

560

570

580

590

600

610

620

630

640

650

660

670

680

690

700

710

720

730

740

750

760

770

780

790

800

810

820

830

840

850

860

870

880

890

900

910

920

930

940

950

960

970

980

990

1000

1010

1020

1030

1040

1050

1060

1070

1080

1090

1100

1110

1120

1130

1140

1150

1160

1170

1180

1190

1200

1210

1220

1230

1240

1250

1260

1270

1280

1290

1300

1310

1320

1330

1340

1350

1360

1370

1380

1390

1400

1410

1420

1430

1440

1450

1460

1470

1480

1490

1500

1510

1520

1530

1540

1550

1560

1570

1580

1590

1600

1610

1620

1630

1640

1650

1660

1670

1680

1690

1700

1710

1720

1730

1740

1750

1760

1770

1780

1790

1800

1810

1820

1830

1840

1850

1860

1870

1880

1890

1900

1910

1920

1930

1940

1950

1960

1970

1980

1990

2000

2010

2020

2030

2040

2050

2060

2070

2080

2090

2100

2110

2120

2130

2140

2150

2160

2170

2180

2190

2200

2210

2220

2230

2240

2250

2260

2270

2280

2290

2300

2310

2320

2330

2340

2350

2360

2370

2380

2390

2400

2410

2420

2430

2440

2450

2460

2470

2480

2490

2500

2510

2520

2530

2540

2550

2560

2570

2580

2590

2600

2610

2620

2630

2640

2650

2660

2670

2680

2690

2700

2710

2720

2730

2740

2750

2760

2770

2780

2790

2800

2810

2820

2830

2840

2850

2860

2870

2880

2890

2900

2910

2920

2930

2940

2950

2960

2970

2980

2990

3000

3010

3020

3030

3040

3050

3060

3070

3080

3090

3100

3110

3120

3130

3140

3150

3160

3170

3180

3190

3200

3210

3220

3230

3240

3250

3260

3270

3280

3290

3300

3310

3320

3330

3340

3350

3360

3370

3380

3390

3400

3410

3420

3430

3440

3450

3460

3470

3480

3490

3500

3510

3520

3530

3540

3550

3560

3570

3580

3590

3600

3610

3620

3630

3640

3650

3660

3670

3680

3690

3700

3710

3720

3730

3740

3750

3760

3770

3780

3790

3800

3810

3820

3830

3840

3850

3860

3870

3880

3890

3900

3910

3920

3930

3940

3950

3960

3970

3980

3990

4000

4010

4020

4030

4040

4050

4060

4070

4080

4090

4100

4110

4120

4130

4140

4150

4160

4170

4180

4190

4200

4210

4220

4230

4240

4250

4260

4270

4280

4290

4300

4310

4320

4330

4340

4350

4360

4370

4380

4390

4400

4410

4420

4430

4440

4450

4460

4470

4480

4490

4500

4510

4520

4530

4540

4550

4560

4570

4580

4590

4600

4610

4620

4630

4640

4650

4660

4670

4680

4690

4700

4710

4720

4730

4740

4750

4760

4770

4780

4790

4800

4810

4820

4830

4840

4850

4860

4870

4880

4890

4900

4910

4920

4930

4940

4950

4960

4970

4980

4990

5000

5010

5020

5030

5040

5050

5060

5070

5080

5090

5100

5110

5120

5130

5140

5150

5160

5170

5180

5190

5200

5210

5220

5230

5240

5250

5260

5270

5280

5290

5300

5310

5320

5330

5340

5350

5360

5370

5380

5390

5400

5410

5420

5430

5440

5450

5460

5470

5480

5490

5500

5510

5520

5530

5540

5550

5560

5570

5580

5590

5600

5610

5620

5630

5640

5650

5660

5670

5680

5690

5700

5710

5720

5730

5740

5750

5760

5770

5780

5790

5800

5810

5820

5830

5840

5850

5860

5870

5880

5890

5900

5910

5920

5930

5940

5950

5960

5970

5980

5990

6000

6010

6020

6030

6040

6050

6060

6070

6080

6090

6100

6110

6120

6130

6140

6150

6160

6170

6180

6190

6200

6210

6220

6230

6240

6250

6260

6270

6280

6290

6300

6310

6320

6330

6340

6350

6360

6370

6380

6390

6400

6410

6420

6430

6440

6450

6460

6470

6480

6490

6500

6510

6520

6530

6540

6550

6560

6570

6580

6590

6600

6610

6620

6630

6640

6650

6660

6670

6680

6690

6700

6710

6720

6730

6740

6750

6760

6770

6780

6790

6800

6810

6820

6830

6840

6850

6860

6870

6880

6890

6900

6910

6920

6930

6940

6950

6960

6970

6980

6990

7000

7010

7020

7030

7040

7050

7060

7070

7080

7090

7100

7110

7120

7130

7140

7150

7160

7170

7180

7190

7200

7210

7220

7230

7240

7250

7260

7270

7280

7290

7300

7310

7320

7330

7340

7350

7360

7370

7380

7390

7400

7410

7420

7430

7440

7450

7460

7470

7480

7490

7500

7510

7520

7530

7540

7550

7560

7570

7580

7590

7600

7610

7620

7630

7640

7650

7660

7670

7680

7690

7700

7710

7720

7730

7740

7750

7760

7770

7780

7790

7800

7810

7820

7830

7840

7850

7860

7870

7880

7890

7900

7910

7920

7930

7940

7950

7960

7970

7980

7990

8000

8010

8020

8030

8040

8050

8060

8070

8080

8090

8100

8110

8120

8130

8140

8150

8160

8170

8180

8190

8200

8210

8220

8230

8240

8250

8260

8270

8280

8290

8300

8310

8320

8330

8340

8350

8360

8370

8380

8390

8400

8410

8420

8430

8440

8450

8460

8470

8480

8490

8500

8510

8520

8530

8540

8550

8560

8570

8580

8590

8600

8610

8620

8630

8640

8650

8660

8670

8680

8690

8700

8710

8720

8730

8740

8750

8760

8770

8780

8790

8800

8810

8820

8830

8840

8850

8860

8870

8880

8890

8900

8910

8920

8930

8940

8950

8960

8970

8980

8990

9000

9010

9020

9030

9040

9050

9060

9070

9080

9090

9100

9110

9120

9130

9140

9150

9160

9170

9180

9190

9200

9210

9220

9230

9240

9250

9260

9270

9280

9290

9300

9310

9320

9330

9340

9350

9360

9370

9380

9390

9400

9410

9420

9430

9440

9450

9460

9470

9480

9490

9500

9510

9520

9530

9540

9550

9560

9570

9580

9590

9600

9610

9620

9630

9640

9650

9660

9670

9680

9690

9700

9710

9720

9730

9740

9750

9760

9770

9780

9790

9800

9810

9820

9830

9840

9850

9860

9870

9880

9890

9900

9910

9920

9930

9940

9950

9960

9970

9980

9990

10000

【 0 0 1 5 】

また、請求項2に記載のホログラム符号化装置は、請求項1に記載のホログラム符号化装置において、前記量子化テーブル生成手段が、前記量子化ステップ数としての関心領域要素値を、前記量子化ステップ数としての非関心領域要素値よりも小さい値とした量子化テーブルを生成することとした。

【 0 0 1 6 】

かかる構成によれば、ホログラム符号化装置は、各関心領域の量子化ステップ数が非関

50

心領域の量子化ステップ数よりも小さい値に設定されているので、非関心領域の画像を粗く符号化し、一方、各関心領域の画像をより正確に符号化することができる。これにより、各関心領域からホログラムに到達する光の強度を、非関心領域からホログラムに到達する光の強度よりも大きくすることができる。例えば、立体画像全体のうち、ある1つの関心領域である人物を明るく表示し、かつ、非関心領域である背景を暗く表示することで当該人物の画像を強調することができる。なお、この場合に、逆に、非関心領域側をあらためて関心領域であると再定義すれば、この再定義された関心領域の光の強度を他方の領域よりも小さくすることもできる。例えば、立体画像のうち、再定義された関心領域である車のナンバープレートを暗く表示し、かつ、非関心領域である車のその他の部分や背景を明るく表示することで車の特定を防止した立体画像を表示することができる。

10

【0017】

また、請求項3に記載のホログラム符号化装置は、請求項1または請求項2に記載のホログラム符号化装置において、前記空間周波数変換手段が、前記要素ホログラムの縞パターンを離散フーリエ変換により空間周波数に変換することとした。

【0018】

かかる構成によれば、ホログラム符号化装置は、要素ホログラムの縞パターンを空間周波数に変換する際に、離散フーリエ変換を用いるので、参照光に平行な光としてホログラムに到達する光を中心にその両側の方向の入射角度を正負の空間周波数で表現でき、変換後の空間周波数の値がそのまま光の方向を表すこととなる。したがって、関心領域を設定するためのホログラムの加工を容易に行うことができるようになる。

20

【0019】

また、請求項4に記載のホログラム復号化装置は、請求項1ないし請求項3のいずれか一項に記載のホログラム符号化装置で符号化されたホログラムデータを復号化するホログラム復号化装置であって、ホログラムデータ入力手段と、復号化手段と、逆量子化手段と、空間周波数逆変換手段と、要素ホログラム接続手段とを備えることとした。

【0020】

かかる構成によれば、ホログラム復号化装置は、ホログラムデータ入力手段によって、前記要素ホログラム毎に生成したホログラムデータと、前記量子化テーブルとの入力を受け付ける。そして、ホログラム復号化装置は、復号化手段によって、前記要素ホログラム毎に、前記ホログラムデータを前記符号化規則に対応した復号化規則により復号化して前記量子化空間周波数を生成する。そして、ホログラム復号化装置は、逆量子化手段によって、前記要素ホログラム毎に生成された量子化空間周波数を、前記量子化テーブルの対応する要素である前記関心領域要素値または前記非関心領域要素値に基づいて逆量子化して空間周波数を算出する。そして、ホログラム復号化装置は、空間周波数逆変換手段によって、前記要素ホログラム毎に算出された空間周波数を逆変換して、前記要素ホログラムの縞パターンを算出する。そして、ホログラム復号化装置は、要素ホログラム接続手段によって、前記要素ホログラム毎に算出された縞パターンを接続して前記ホログラムの縞パターンを生成する。

30

【0021】

また、請求項5に記載のホログラム符号化プログラムは、被写体を縞パターンとして記録したホログラムを所定の符号化規則により符号化するために、コンピュータを、関心領域入力手段、量子化テーブル生成手段、ホログラム分割手段、空間周波数変換手段、量子化手段、符号化手段、ホログラムデータ出力手段として機能させるためのプログラムである。

40

【0022】

かかる構成によれば、コンピュータは、関心領域入力手段としての機能によって、前記ホログラムに記録された3次元空間において利用者により指定された少なくとも1つの関心領域の空間情報の入力を受け付け、前記各関心領域を設定すると共に、前記各関心領域の周囲に非関心領域を設定する。そして、量子化テーブル生成手段としての機能によって、前記各関心領域の空間情報に基づいて、前記各関心領域から出射して前記ホログラムに

50

到達する光の角度と、前記ホログラムに入射する参照光の角度およびその波長とにより、前記各関心領域に対応する空間周波数範囲をそれぞれ算出し、前記各関心領域に対応する各空間周波数範囲に対して、量子化ステップ数として予め定められた1以上の関心領域要素値を対応付け、前記非関心領域に対応する空間周波数範囲に対して量子化ステップ数として予め定められた1以上の非関心領域要素値を対応付け、前記関心領域要素値および前記非関心領域要素値を配列した量子化テーブルを生成する。そして、ホログラム分割手段としての機能によって、前記ホログラムの縞パターンを、予め定められた要素数に分割した各要素ホログラムの縞パターンを生成する。そして、空間周波数変換手段としての機能によって、前記要素ホログラム毎に、前記分割された縞パターンを空間周波数に変換する。そして、量子化手段としての機能によって、前記要素ホログラム毎に変換された空間周波数を、前記量子化テーブルの対応する要素である前記関心領域要素値または前記非関心領域要素値に基づいて量子化して量子化空間周波数を生成する。そして、符号化手段としての機能によって、前記要素ホログラム毎に生成された量子化空間周波数を、前記符号化規則により符号化したホログラムデータを生成する。そして、ホログラムデータ出力手段としての機能によって、前記要素ホログラム毎に生成したホログラムデータを出力する。

10

【0023】

また、請求項6に記載のホログラム復号化プログラムは、請求項5に記載のホログラム符号化プログラムで符号化されたホログラムデータを復号化するために、コンピュータを、ホログラムデータ入力手段、復号化手段、逆量子化手段、空間周波数逆変換手段、要素ホログラム接続手段として機能させるためのプログラムである。

20

【0024】

かかる構成によれば、コンピュータは、ホログラムデータ入力手段としての機能によって、前記要素ホログラム毎に生成したホログラムデータと、前記量子化テーブルとの入力を受け付ける。そして、復号化手段としての機能によって、前記要素ホログラム毎に、前記ホログラムデータを前記符号化規則に対応した復号化規則により復号化して前記量子化空間周波数を生成する。そして、逆量子化手段としての機能によって、前記要素ホログラム毎に生成された量子化空間周波数を、前記量子化テーブルの対応する要素である前記関心領域要素値または前記非関心領域要素値に基づいて逆量子化して空間周波数を算出する。そして、空間周波数逆変換手段としての機能によって、前記要素ホログラム毎に算出された空間周波数を逆変換して、前記要素ホログラムの縞パターンを算出する。そして、要素ホログラム接続手段としての機能によって、前記要素ホログラム毎に算出された縞パターンを接続して前記ホログラムの縞パターンを生成する。

30

【発明の効果】**【0025】**

請求項1または請求項5に記載の発明によれば、ホログラムにおいて各関心領域から到達する光と非関心領域から到達する光とを区別して、それぞれの光の強度を加工するので、ホログラムに1以上の関心領域を設定することができる。

請求項2に記載の発明によれば、設定された各関心領域または非関心領域の光を強調することができる。

請求項3に記載の発明によれば、各関心領域を設定するためのホログラムの加工を容易に行うことができるようになる。

40

請求項4または請求項6に記載の発明によれば、1以上の関心領域が設定されたホログラムを復号化することができる。

【図面の簡単な説明】**【0026】**

【図1】本発明の実施形態に係るホログラム符号化装置およびホログラム復号化装置の構成例を模式的に示すブロック図である。

【図2】本発明の実施形態に係るホログラム符号化装置に入力する関心領域とホログラムとの関係を示す説明図である。

【図3】本発明の実施形態に係るホログラム符号化装置による要素ホログラム毎の演算処

50

理の概要を示す説明図であって、(a)は周波数変換前、(b)は周波数変換後、(c)は強度加工後、(d)は周波数逆変換後の処理をそれぞれ示している。

【図4】本発明の実施形態に係るホログラム符号化装置で生成する量子化テーブルの説明図であって、(a)はJPEGのテーブル、(b)はホログラム符号化のテーブルの一例をそれぞれ示している。

【図5】本発明の実施形態に係るホログラム符号化装置で用いるホログラムに入射する参照光のyz座標上の配置例を示す説明図である。

【図6】本発明の実施形態に係るホログラム符号化装置の動作を示すフローチャートであって、(a)は事前処理、(b)は符号化処理をそれぞれ示している。

【図7】本発明の実施形態に係るホログラム復号化装置の動作を示すフローチャートである。

【図8】本発明の実施形態に係るホログラム符号化装置で行った2つの実験で用いたホログラムの前提条件を示す図である。

【図9】周波数領域で加工した後に再構成された光を調べる実験を示す図であって、(a)は要素ホログラムにおいて矢印(b),(c),(d)の光を示し、(b),(c),(d)は、矢印(b),(c),(d)の光の実験結果のグラフをそれぞれ示している。

【図10】量子化前後のデータサイズの変化を調べる実験の結果を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0027】

以下、図面を参照して本発明のホログラム符号化装置およびホログラム復号化装置を実施するための形態(以下「実施形態」という)について、ホログラム符号化装置の概要、処理の流れの概要、装置構成、装置動作について順次説明することとする。

【0028】

[ホログラム符号化装置の概要]

図1に示すホログラム符号化装置1は、被写体を縞パターンとして記録したホログラムを所定の符号化規則により符号化するものである。このホログラム符号化装置1は、CPU等の演算装置と、メモリ、ハードディスク等の記憶装置と、入力または出力される各種情報の送受信を行うインタフェース装置と、表示装置14と、入力装置15とを備えたコンピュータと、このコンピュータにインストールされたプログラムとから構成される。

【0029】

ホログラム符号化装置1は、ハードウェア装置とソフトウェアとが協働することによって、前記したハードウェア資源がプログラムによって制御されることにより実現され、図1に示すように、ホログラム記憶手段2と、二次元画像生成手段3と、二次元画像提示手段4と、関心領域入力手段5と、空間情報記憶手段6と、量子化テーブル生成手段7と、量子化テーブル記憶手段8と、ホログラム分割手段9と、空間周波数変換手段10と、量子化手段11と、符号化手段12と、ホログラムデータ出力手段13とを備えている。

【0030】

本実施形態では、ホログラム符号化装置1は、大別して3つの処理を行うための構成を備えている。第1に、事前処理として利用者が所望の1以上の関心領域を指定するための構成であって、ホログラム記憶手段2、二次元画像生成手段3、二次元画像提示手段4、関心領域入力手段5および空間情報記憶手段6がこれに相当する。第2に、符号化処理の事前処理のための構成であって、空間情報記憶手段6、量子化テーブル生成手段7および量子化テーブル記憶手段8がこれに相当する。第3に、メイン処理のための構成であって、ホログラム記憶手段2、量子化テーブル記憶手段8、ホログラム分割手段9、空間周波数変換手段10、量子化手段11、符号化手段12およびホログラムデータ出力手段13がこれに相当する。

【0031】

(関心領域の一例)

ここで、関心領域の一例について図2を参照して説明する。関心領域は1以上設定できるが、ここでは、簡便のため、1つの関心領域を想定する。なお、二次元の関心領域(R

10

20

30

40

50

FOI)と区別するために、ホログラムの関心領域をFOI (field of interest)と呼ぶ。図2に示す例は、yz平面内の人の両手41a, 41bに鳥42が止まっている様子の立体画像を示している。ここでは、図2に示すように、関心領域FOIが、鳥42を含む所定範囲に設定され、一方、両手41a, 41bを含むその他の範囲に非関心領域(非FOI)が設定されていることとする。ここで、FOIを正確に扱い、非FOIを粗く扱うものとする、鳥42を含むFOIの画像は正確に、両手41a, 41bを含む非FOIの画像は粗く扱うこととなる。このように取り扱うためには、鳥42を含むFOIからの光(光線)と、その他の光(光線)との間の区別をすることが必要である。この区別は、2-D画像の場合はたやすい。しかしながら、ホログラムの場合、1つのホログラムの中に複数の光(光線)が混合しているので、たやすくはない。

10

【0032】

この鳥42をz方向から撮影してホログラム30に記録する場合を想定する。なお、図2に示すホログラム30は、複数の要素ホログラム31に分割されているものとした。

3-D対象物である鳥42を含むFOIからの光は伝搬し、ホログラム30に到達する。例えば、光43(43a, 43b)や光44(44a, 44b)は、ホログラム30の中の同じエリア(要素ホログラム31)に到達する。なお、光43a, 43bは平行な光線を示し、光44a, 44bは平行な光線を示している。また、光43と光44とは入射角が異なっている。

【0033】

図2に示すように、ホログラム30の中の1つのエリアである要素ホログラム31には、FOIからの光43a, 43bや光44a, 44bを含むだけでなく、非FOIからの光45a, 45bや光46a, 46bも含んでいる。また、FOIからの光であったとしても、ホログラム30の中において異なるエリアでは、FOIからの光の方向がそれぞれ異なる。つまり、図2において上方の要素ホログラム31で受けるFOIからの光の方向と、図2において下方の要素ホログラム31で受けるFOIからの光の方向とは異なる。そこで、図1に示すホログラム符号化装置1は、ホログラム30におけるそれぞれの光の方向に基づいて、ホログラム30に入射する複数の光(光線)を分解する処理を行う。

20

【0034】

[処理の流れの概要]

(メイン処理の流れ)

30

次に、図1に示すホログラム符号化装置1およびホログラム復号化装置20の処理の流れについて数式を用いて説明する(適宜図1参照)。まず、ホログラム符号化装置1は、ホログラムを分割する。ここでは、ホログラムHを、総分割数M個に分割したときのm(0 ≤ m ≤ M-1)番目の要素ホログラムをH_mと表記する。この場合、ホログラムHは、次の式(1)で表される。なお、ホログラムHには、縞パターンhが記録されているものとする。

【0035】

【数1】

$$H = \{H_0, H_1, \dots, H_m, \dots, H_{M-1}\} \quad \dots \text{式(1)}$$

40

【0036】

次いで、ホログラム符号化装置1は、m番目の要素ホログラムH_mの縞パターンh_mを、例えば、離散フーリエ変換(Discrete Fourier Transform: DFT)により、空間周波数s_mに変換する。この処理は、次の式(2)で表される。ここで、F{ }は、離散フーリエ変換(DFT)を示している。

【0037】

【数2】

$$s_m = F\{h_m\} \quad \dots \text{式(2)}$$

【0038】

50

次に、ホログラム符号化装置 1 は、 m 番目の要素ホログラム H_m に対応する空間周波数 s_m を、後記する量子化テーブルの対応する値 t_m により量子化して量子化空間周波数 q_m を生成する。事前に、ホログラム符号化装置 1 は、FOI と参照光の光源の位置から量子化テーブルを生成しておく。このテーブル生成前に、FOI は、ユーザの意向に基づいて設定されている。

【0039】

量子化に続けて、ホログラム符号化装置 1 は、 m 番目の要素ホログラム H_m に対応する量子化空間周波数 q_m に、符号化効率のための所定の符号化プロセスを実行した後、この符号化された量子化空間周波数と量子化テーブルとをホログラム復号化装置 20 に送る。

【0040】

ホログラム復号化装置 20 は、ホログラム符号化装置 1 により実行された各処理を逆に実行する。まず、ホログラム復号化装置 20 は、 m 番目の要素ホログラム H_m に対応して符号化された量子化空間周波数に対して、前記した符号化プロセスに対応した復号化プロセスを実行して量子化空間周波数 q_m を生成し、この生成した量子化空間周波数 q_m を、取得した量子化テーブルを用いて逆量子化することで、要素ホログラム H_m 毎に空間周波数 s_m を生成する。なお、記号「 $'$ 」は、デコード時の値とは異なることを意味する。次いで、ホログラム復号化装置 20 は、例えば、DCT の逆向きの処理として、次の式 (3) に示すように、逆離散フーリエ変換 (inverse Discrete Fourier Transform: IDFT) により、要素ホログラム H_m 毎に、空間周波数 s_m を、空間座標で示される要素ホログラムの縞パターン h_m に変換する。ここで、 $F^{-1}\{\}$ は、逆離散フーリエ変換 (IDFT) を示す。

【0041】

【数 3】

$$h'_m = F^{-1}\{s'_m\} \quad \dots \text{式 (3)}$$

【0042】

最後に、ホログラム復号化装置 20 は、次の式 (4) に示すように、生成された要素ホログラム H'_m を接続して、ホログラム H を生成する。言い換えると、要素ホログラムの縞パターン h'_m を接続して縞パターン h を生成する。デコードにより得られた最終的なホログラム H は、エンコード時の量子化により、エンコード前の最初のホログラム H とは異なったものとなる。

【0043】

【数 4】

$$H' = \{H'_0, H'_1, \dots, H'_m, \dots, H'_{M-1}\} \quad \dots \text{式 (4)}$$

【0044】

(個々の要素ホログラム毎の処理の流れ)

個々の要素ホログラム毎の処理の流れについて図 3 を参照 (適宜図 1 および図 2 参照) して説明する。図 3 (a) ~ 図 3 (d) は、要素ホログラム 31 を単位としてホログラム 30 (図 2 参照) 上の複数の光を分解する処理を 4 段階で示したものである。なお、図 3 40

まず、図 3 (a) に示すように、周波数変換前の段階では、FOI (図 2 参照) から、符号 43 により実線の矢印で示す左向き低傾斜角の 3 つの光線と、符号 44 により実線の矢印で示す左向き高傾斜角の 3 つの光線とが要素ホログラム 31 に入射したとする。

また、非 FOI (図 2 参照) から、符号 45 により破線の矢印で示す左向き傾斜角の 3 つの光線と、符号 46 により破線の矢印で示す右向き傾斜角の 3 つの光線とが要素ホログラム 31 に入射したとする。

また、ホログラムの再生時に照射される参照光である再生照明光 47 は、すべての左向き傾斜角の光線の中で最も左向きに傾斜しているものとする。

【0045】

10

20

30

40

50

次に、ホログラム符号化装置 1 は、要素ホログラム 3 1 の縞パターンを周波数変換する。図 3 (b) は、実空間から周波数空間に変換した後に、 y 方向の位置に対応した周波数領域を示している。なお、空間周波数に変換する処理を、要素ホログラム 3 1 を単位として行うことを示すために、要素ホログラム 3 1 の表面に、空間周波数を示す軸 (空間周波数軸 f_y) を重ねて表示した。

【 0 0 4 6 】

図 3 (b) に符号 5 3 で示す空間周波数の振幅強度は、図 3 (a) に符号 4 3 で示す左向き低傾斜角の 3 つの光線に対応している。図 3 (b) に符号 5 4 で示す空間周波数の振幅強度は、図 3 (a) に符号 4 4 で示す左向き高傾斜角の 3 つの光線に対応している。つまり、振幅強度 5 3 , 5 4 は、F O I から要素ホログラム 3 1 に到達する光に対応している。

10

【 0 0 4 7 】

図 3 (b) に符号 5 5 で示す空間周波数の振幅強度は、図 3 (a) に符号 4 5 で示す右向き傾斜角の 3 つの光線に対応している。図 3 (b) に符号 5 6 で示す空間周波数の振幅強度は、図 3 (a) に符号 4 6 で示す右向き傾斜角の 3 つの光線に対応している。つまり、振幅強度 5 5 , 5 6 は、非 F O I から要素ホログラム 3 1 に到達する光に対応している。

【 0 0 4 8 】

図 3 (b) では、図示は省略するが、空間周波数軸 f_y の中央に、要素ホログラム 3 1 に垂直に入射する光線に対応して変換された周波数が配置されることとなる。したがって、空間周波数軸 f_y の左側に、左向き傾斜角の光線に対応して変換された周波数を配置し、空間周波数軸 f_y の右側に、右向き傾斜角の光線に対応して変換された周波数を配置した。これは、周波数変換を離散フーリエ変換 (D F T) により実行した場合に対応している。つまり、D F T 実行後の D C 成分は、空間周波数軸 f_y の左端に対応している。

20

【 0 0 4 9 】

次に、ホログラム符号化装置 1 は、空間周波数領域において、量子化テーブルを利用して、例えば、非 F O I に対応した空間周波数の振幅強度を加工して小さくする。

図 3 (c) に符号 5 7 で示す空間周波数の振幅強度は、図 3 (b) に符号 5 5 で示す空間周波数の振幅強度を低減した結果を示している。また、図 3 (c) に符号 5 8 で示す空間周波数の振幅強度は、図 3 (b) に符号 5 6 で示す空間周波数の振幅強度を低減した結果を示している。これらの強度加工後において、F O I に対応した空間周波数の振幅強度については変更していない。

30

【 0 0 5 0 】

デコード時には、ホログラム復号化装置 2 0 は、処理過程において、図 3 (c) に示すような空間周波数の振幅強度を得る。そして、ホログラム復号化装置 2 0 は、例えば、離散フーリエ逆変換 (I D F T) により周波数逆変換を行うことで、図 3 (d) に示すように、要素ホログラム 3 1 に入射する複数の光線を得ることができる。図 3 (d) に示すように、周波数逆変換後の段階では、符号 4 3 , 4 4 でそれぞれ示す 3 つの光線は、周波数換前の段階と同じ強度である。また、図 3 (d) に符号 4 8 で示す光線は、図 3 (a) に符号 4 5 で示す光線の強度を低減した結果を示している。また、図 3 (d) に符号 4 9 で示す光線は、図 3 (a) に符号 4 6 で示す光線の強度を低減した結果を示している。つまり、非 F O I に対応した光線が弱められたことにより、F O I に対応した光線が強調されることとなる。

40

【 0 0 5 1 】

(量子化テーブル)

一般に、2 - D 画像圧縮技術においては、量子化テーブル中の値を変化させることによって、低い空間周波数は高い空間周波数よりも正確に符号化されるように制御している。図 4 (a) は、J P E G で利用される一般的な量子化テーブルの一例を示す図である。図 4 (a) において、左上エリアは D C 成分を示し、右下エリアは最高空間周波数成分を示す。符号 6 1 は、低周波成分から高周波成分へ向かう矢印を示している。このテーブルの

50

各値は、量子化ステップである。例えば、左上の「16」は、左上のデータ(DC成分)を16で割った商を量子化後のデータにすることを表し、右下の「99」は、右下のデータ(高周波成分)を99で割った商を量子化後のデータにすることを表す。ここで、左上の「16」のように値が小さいほど、量子化後のデータの種類(ラベル)が多くなる。そして、ラベルが多いほど違いを表現できるので、「16」のように値が小さいほど、量子化後に正確にデータを保存することになる。極端な例として、テーブルの値が「1」であれば、量子化後に元のデータをそのまま保存することになる。一方、「99」のように値が大きいほど、量子化後のデータの種類(ラベル)が少なくなるため、違いを表現できなくなり、データの質が落ちる。ただし、テーブルの値が大きい場合、種類(ラベル)が少ないため、符号量は少なくなる。

10

【0052】

しかし、図4(a)に示すような量子化テーブルは、3-Dディスプレイ用のホログラム符号化においては、一般的ではない。その理由は、ホログラムの空間周波数が光(光線)の方向を呈するからである。

そのため、ホログラム符号化装置1は、例えば参照光の位置に応じて、種々のテーブルを準備している。また、ホログラム符号化装置1は、ホログラムのエリアロケーション(要素ホログラムの位置)に応じて、数あるテーブルの中から1つを選択する機能を有している。

【0053】

図4(a)に示すJPEGの量子化テーブルと比較するためのテーブルとして、ホログラム符号化用の量子化テーブルの一例を図4(b)に示す。図4(b)において、符号62は、FOIを示している。また、量子化テーブルの各値は、量子化ステップである。例えば、「100」は、非FOIの量子化ステップを表し、「16」は、FOIの量子化ステップを表す。これは、FOIエリアよりも非FOIエリアを粗く取り扱っていることを意味する。つまり、非FOIよりもFOIの方が正確に符号化されていることがわかる。

20

【0054】

(ホログラムの空間周波数領域)

次に、ホログラムの空間周波数領域について図5を参照して説明する。一般に、同じ波長を有する2つのオーバーラップする波が、異なる方向に伝搬して互いに干渉するとホログラムを作る。ここで、以下の仮定をする。図5に示すように、yz座標空間において、3-D対象物から、物体光の平面波 w_o が角度 θ_o [ラジアン]で伝搬し、参照ビームの光源から、参照光の平面波 w_r が角度 θ_r [ラジアン]で伝搬するものとする。なお、ホログラムはz軸に垂直、かつ、y軸に沿って配置されているものとする(図2参照)。

30

【0055】

このように仮定したとき、物体光の平面波 w_o の位相はy軸に沿った方向では $k y \sin \theta_o$ により減衰し、同様に、参照光の平面波 w_r の位相はy軸に沿った方向では $k y \sin \theta_r$ により減衰する。ここで、波数 k は $2\pi/\lambda$ である。結果として、各平面波 w_o 、 w_r はそれぞれ次の式(5)および式(6)で表される。また、各平面波 w_o 、 w_r の干渉により、y軸上におけるホログラムHの縞パターンhは、次の式(7)で表される。ここで、 a_o と、 a_r は、定数であり、 j は虚数単位である。

40

【0056】

【数5】

$$w_o = a_o \exp\{-jk_y \sin \theta_o\} \quad \dots \text{式(5)}$$

$$w_r = a_r \exp\{-jk_y \sin \theta_r\} \quad \dots \text{式(6)}$$

$$\begin{aligned} h &= |w_o + w_r|^2 \\ &= a_o^2 + a_r^2 + 2a_o a_r \cos\{k_y(\sin \theta_o - \sin \theta_r)\} \dots \text{式(7)} \end{aligned}$$

10

【0057】

波の進行方向が y 軸に対して近似的に垂直であるとき (paraxial condition: 近軸条件)、縞パターン h のそれぞれの距離 d_y は、次の式 (8) で得られ、その空間周波数 f_y は、次の式 (9) で得られることが知られている。なお、式 (8) および式 (9) の導出の詳細は、「E. Hecht 著、「Optics」、Addison Wesley, 4th ed., 2002」に記載されている。

【0058】

【数6】

$$\begin{aligned} d_y &= \lambda / |\sin \theta_o - \sin \theta_r| \\ &= \lambda / |\theta_o - \theta_r| \quad \dots \text{式(8)} \end{aligned}$$

20

$$\begin{aligned} f_y &= 1/d_y \\ &= |\theta_o - \theta_r| / \lambda \quad \dots \text{式(9)} \end{aligned}$$

【0059】

また、式 (9) は、ホログラムの空間周波数が、2つの平面波の方向の差を与えることを示している。特に、平面波 w_r の進行方向が y 軸に対して垂直であるとき ($\theta_r = 0$ であるとき)、空間周波数の振幅と位相は、平面波 w_o を直接指し示すことになる。ただし、たとえ、平面波 w_r の進行方向が y 軸に対して非垂直であっても、空間周波数から平面波 w_o を計算することは容易である。なぜなら、ホログラフィにおいて、実際に再構成に用いられるビーム源を設定するために、事前に、参照光の入射角度 θ_r が知られていなければならないからである。

30

【0060】

なお、式 (8) に示す距離 d_y は、実空間に対応して幾何的に縞パターン h から定義されており、式 (9) に示す空間周波数は、距離 d_y を用いるため正の値をとっている。

これは、平面波の入射角について、本来は、($\theta_o - \theta_r$) と ($\theta_r - \theta_o$) のように正負の値で2つに区別したいところ、ホログラムにおいては本質的な物理現象のために、区別ができないことを示している。一般的には、2つの入射角のうち1つのみを使い、もう1つは使わないことで、この物理現象に対処している。つまり、2つの入射角のうち1つに被写体情報を乗せ、もう1つには被写体情報を乗せないことで対処している。これにならって、ここでは、同様に対処することにして、 $\theta_o - \theta_r$ は、常時正または常時負である場合のみを取り扱う。そのため、式 (9) において、空間周波数と平面波の入射角は1対1に対応する。

40

【0061】

[ホログラム符号化装置の構成]

次に、図1に示すホログラム符号化装置1の構成の詳細を説明する。

ホログラム記憶手段2は、予め撮影(記録)されたホログラムを記憶するものであり、

50

例えば、一般的なハードディスク等から構成される。このホログラム記憶手段2は、ホログラムの記録時の条件として、参照光の情報や、被写体からホログラムまでの距離の情報等も記憶することとした。参照光の情報は、参照光の光源位置やホログラムへの入射角度と、波長とを含む。

【0062】

二次元画像生成手段3は、ホログラムとして記録された3次元の被写体情報において予め指定されたピッチで各奥行きにおけるそれぞれの二次元画像を生成するものである。

二次元画像提示手段4は、生成された各二次元画像を表示装置14に順次提示するものである。表示装置14は例えばLCD等から構成される。

なお、ホログラムから所定ピッチで各奥行きにおけるそれぞれの二次元画像を生成して表示する技術は、ホログラムを用いた顕微鏡等においてよく知られた公知技術である。

10

【0063】

関心領域入力手段5は、ホログラムに記録された3次元空間において利用者により入力装置15を介して指定された1以上の関心領域の空間情報の入力を受け付け、各関心領域を設定すると共に、各関心領域の周囲に非関心領域を設定して、空間情報記憶手段6に格納する。入力装置15は、例えば、マウスやキーボード等の外部から情報を入力する装置である。空間情報記憶手段6は、各関心領域の空間情報および非関心領域の空間情報を記憶するものであり、例えば、一般的なメモリやハードディスク等から構成される。一般的な2-D画像においては、簡易な操作法として、利用者は、矩形範囲の対角線の2つの頂点を始点および終点としてマウスでクリックすることでROIを指定することができる。本実施形態では、これと同様にして、奥行き毎に表示された二次元画像において矩形範囲を順次選択することで、ホログラムのFOIを指定する。

20

【0064】

量子化テーブル生成手段7は、量子化ステップ数として予め定められた1以上の関心領域要素値と、量子化ステップ数として予め定められた1以上の非関心領域要素値とを配列した量子化テーブルを生成するものである。生成された量子化テーブルは、量子化テーブル記憶手段8に格納され、量子化手段11により参照される。量子化テーブル記憶手段8は、量子化テーブルを記憶するものであり、例えば、一般的なメモリやハードディスク等から構成される。なお、量子化テーブル生成手段7は、参照光の位置に応じて、種々の量子化テーブルを生成する。

30

【0065】

また、量子化テーブル生成手段7は、空間情報記憶手段6を参照して各関心領域の空間情報に基づいて、各関心領域から出射してホログラムに到達する光の角度 θ_c と、ホログラムに入射する参照光の角度 θ_r およびその波長 λ とにより、各関心領域に対応する空間周波数範囲をそれぞれ算出する。同様に、量子化テーブル生成手段7は、空間情報記憶手段6を参照して、非関心領域に対応する空間周波数範囲も算出する。なお、参照光の情報は、空間情報記憶手段6に予め格納しておいて、関心領域の空間情報と共に取得するようにしてもよいし、ホログラム記憶手段2から取得するようにしてもよい。

【0066】

この量子化テーブル生成手段7は、算出した各関心領域に対応する空間周波数範囲に対して、関心領域要素値をそれぞれ対応付け、非関心領域に対応する空間周波数範囲に対して非関心領域要素値を対応付ける。本実施形態では、量子化テーブル生成手段7は、各関心領域からホログラムに到達する光の強度を、非関心領域からホログラムに到達する光の強度よりも大きくなるように設定された、関心領域要素値および非関心領域要素値を配列した量子化テーブルを生成することとした。例えば、量子化ステップ数としての関心領域要素値を「16」、非関心領域要素値を「100」のように予め決めておくことができる。これにより、非関心領域よりも関心領域を強調することができる。また、非関心領域からホログラムに到達した光をホログラムから実質的に削除する加工をするために、非関心領域要素値をすべて、関心領域要素値の10~100倍程度の値としてもよい。

40

【0067】

50

同様に、各関心領域からホログラムに到達する光の強度を、非関心領域からホログラムに到達する光の強度よりも小さくなるように設定された、関心領域要素値および非関心領域要素値を配列した量子化テーブルを生成するようにしてもよいことは勿論である。この場合には、関心領域よりも非関心領域を強調することができる。

【 0 0 6 8 】

ホログラム分割手段 9 は、ホログラムの縞パターン h を、予め定められた要素数 M に分割し、分割された要素ホログラムの縞パターン h_m を生成するものである。

【 0 0 6 9 】

空間周波数変換手段 10 は、要素ホログラムの縞パターン h_m を空間周波数 s_m に変換するものである。本実施形態では、空間周波数変換手段 10 は、要素ホログラム毎に（要素毎に）、要素ホログラムの縞パターン h_m を離散フーリエ変換により空間周波数に変換することとした。これにより、参照光に平行な光を直流（DC）成分として、この参照光に平行な光と所定角度をなしてホログラムに入射する光の角度を周波数で表現できる。

【 0 0 7 0 】

量子化手段 11 は、要素毎に、空間周波数変換手段 10 によって変換された空間周波数 s_m を、量子化テーブルの対応する要素である関心領域要素値または非関心領域要素値に基づいて量子化して量子化空間周波数 q_m を生成するものである。なお、量子化手段 11 は、ホログラムのエリアロケーション（要素ホログラムの位置）に応じて、複数の量子化テーブルの中から 1 つを選択する機能を有している。

【 0 0 7 1 】

符号化手段 12 は、要素毎に、量子化空間周波数 q_m を、符号化規則により符号化したホログラムデータを生成するものである。ここで、符号化規則は、ホログラムの一般的な符号化規則であれば、特に限定されるものではない。例えば、損失符号化用に使われる M P E G や M V C 等の画像符号化方法や、無損失符号化用に使われる Z I P 等の圧縮方法を挙げることができる。つまり、符号化規則は、符号化効率を向上させるためのプロセスである。

【 0 0 7 2 】

ホログラムデータ出力手段 13 は、要素毎に生成したホログラムデータを出力するものである。本実施形態では、ホログラムデータ出力手段 13 は、要素毎に生成したホログラムデータと共に、対応する量子化テーブルを出力することとした。

【 0 0 7 3 】

[ホログラム復号化装置の構成]

ホログラム復号化装置 20 は、ホログラム符号化装置 1 で要素毎に符号化されたホログラムデータを復号化するものである。このホログラム復号化装置 20 は、ホログラム符号化装置 1 と同様に、コンピュータと、このコンピュータにインストールされたプログラムとから構成される。

【 0 0 7 4 】

ホログラム復号化装置 20 は、ハードウェア装置とソフトウェアとが協働することによって、前記したハードウェア資源がプログラムによって制御されることにより実現され、図 1 に示すように、ホログラムデータ入力手段 21 と、量子化テーブル記憶手段 22 と、復号化手段 23 と、逆量子化手段 24 と、空間周波数逆変換手段 25 と、要素ホログラム接続手段 26 と、ホログラム記憶手段 27 と、ホログラム再生手段 28 とを備えている。

【 0 0 7 5 】

ホログラムデータ入力手段 21 は、要素ホログラム毎に生成したホログラムデータと、量子化テーブルとの入力を受け付けるものである。このうち、量子化テーブルは、量子化テーブル記憶手段 22 に格納される。また、要素ホログラム毎のホログラムデータは復号化手段 23 に出力される。ここで、ホログラム符号化装置 1 からホログラム復号化装置 20 へのデータ伝送方法は、特に限定されるものではなく、例えば、L A N (Local Area Network) やインターネット等の有線または無線の通信ネットワークを介して伝送してもよい。なお、量子化テーブルとホログラムデータとを記録した記録媒体を用いてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 6 】

量子化テーブル記憶手段 2 2 は、量子化テーブルを記憶するものであり、例えば、一般的なメモリやハードディスク等から構成される。量子化テーブルは、逆量子化手段 2 4 により参照される。

復号化手段 2 3 は、要素毎のホログラムデータを、符号化規則に対応した復号化規則により復号化して量子化空間周波数 q_m を生成するものである。

逆量子化手段 2 4 は、要素ホログラム毎に（要素毎に）、復号化手段 2 3 によって生成された量子化空間周波数 q_m を、量子化テーブルの対応する要素である関心領域要素値または非関心領域要素値に基づいて逆量子化して空間周波数 s_m を算出するものである。

【 0 0 7 7 】

空間周波数逆変換手段 2 5 は、要素毎に、空間周波数 s_m を逆変換して、要素ホログラムの縞パターン h_m を算出するものである。

要素ホログラム接続手段 2 6 は、要素毎に算出された縞パターン h_m を接続してホログラムの縞パターン h を生成するものである。

【 0 0 7 8 】

ホログラム記憶手段 2 7 は、要素ホログラム接続手段 2 6 により接続された縞パターン h を有するホログラムを記憶するものであり、例えば、一般的なハードディスク等から構成される。

ホログラム再生手段 2 8 は、縞パターン h を有するホログラム（加工されたホログラム）から 3 次元の被写体情報を再生し、3 D ディスプレイ（ホログラムディスプレイ）2 9 に提示するものである。

【 0 0 7 9 】

前記したホログラム符号化装置 1 は、一般的なコンピュータを、前記した関心領域入力手段 5、量子化テーブル生成手段 7、ホログラム分割手段 9、空間周波数変換手段 1 0、量子化手段 1 1、符号化手段 1 2 およびホログラムデータ出力手段 1 3 として機能させるプログラム（ホログラム符号化プログラム）により動作させることで実現することができる。同様に、ホログラム復号化装置 2 0 は、一般的なコンピュータを、前記したホログラムデータ入力手段 2 1、復号化手段 2 3、逆量子化手段 2 4、空間周波数逆変換手段 2 5 および要素ホログラム接続手段 2 6 として機能させるプログラム（ホログラム復号化プログラム）により動作させることで実現することができる。これらのプログラムは、通信回線を介して提供することも可能であるし、C D - R O M 等の記録媒体に書き込んで配布することも可能である。

【 0 0 8 0 】

[ホログラム符号化装置の動作]

次に、ホログラム符号化装置 1 の動作について図 6 を参照（適宜図 1 参照）して説明する。事前処理では、図 6 (a) に示すように、ホログラム符号化装置 1 は、関心領域入力手段 5 によって、各 F O I（関心領域）の空間情報を取得する（ステップ S 1）。取得した F O I の空間情報は、非 F O I の空間情報と共に、空間情報記憶手段 6 に格納される。なお、本実施形態では、利用者は、ホログラムに記録された被写体情報の所定奥行き二次元情報として表示装置 1 4 に表示された二次元画像を確認しながら各 F O I を指定する。

【 0 0 8 1 】

そして、ホログラム符号化装置 1 は、量子化テーブル生成手段 7 によって、各 F O I および参照光の情報に基づいて量子化テーブルを生成する（ステップ S 2）。生成された量子化テーブルは、量子化テーブル記憶手段 8 に格納される。

【 0 0 8 2 】

メイン処理では、図 6 (b) に示すように、ホログラム符号化装置 1 は、ホログラム分割手段 9 によって、ホログラムの縞パターン h を M 個に分割する（ステップ S 1 1）。そして、ホログラム符号化装置 1 は、M 個に分割された要素ホログラムの m 番目として 1 番目（ $m = 1$ ）を選択する（ステップ S 1 2）。そして、ホログラム符号化装置 1 は、空間

10

20

30

40

50

周波数変換手段10によって、分割されたm番目の縞パターン h_m を空間周波数 s_m に変換する(ステップS13)。ここで、m番目の縞パターン h_m の中に例えば10個の縞間隔があれば、空間周波数 s_m は10通り計算される。したがって、単に空間周波数 s_m と表記しても、ある幅を有した空間周波数領域を示している。そして、ホログラム符号化装置1は、量子化手段11によって、m番目の要素ホログラムの空間周波数 s_m を量子化テーブルにより量子化する(ステップS14)。そして、ホログラム符号化装置1は、符号化手段12によって、量子化空間周波数 q_m を符号化規則により符号化する(ステップS15)。そして、ホログラム符号化装置1は、mがMと等しくなった($m=M$)か否かを判別する(ステップS16)。すなわち、ホログラム符号化装置1は、すべての要素ホログラムを選択したか否かを判別する。

10

【0083】

まだ選択していない要素ホログラムがある場合(ステップS16:No)、ホログラム符号化装置1は、現在のmの値に「1」を加算した結果を、mの新たな値($m=m+1$)とする(ステップS17)。そして、ステップS13に戻る。一方、すべての要素ホログラムを選択した場合(ステップS16:Yes)、ホログラム符号化装置1は、ホログラムデータ出力手段13によって、要素ホログラム毎に符号化したホログラムデータを、対応する量子化テーブルと共に出力し(ステップS18)、処理を終了する。

【0084】

[ホログラム復号化装置の動作]

次に、ホログラム復号化装置20の動作について図7を参照(適宜図1参照)して説明する。図7に示すように、ホログラム復号化装置20は、ホログラムデータ入力手段21によって、量子化テーブルと、要素ホログラム毎に生成したホログラムデータとを取得する(ステップS21)。そして、ホログラム復号化装置20は、要素ホログラム毎に符号化されたホログラムデータのm番目として1番目($m=1$)を選択する(ステップS22)。そして、ホログラム復号化装置20は、復号化手段23によって、ホログラムデータを復号化規則により復号化する(ステップS23)。そして、ホログラム復号化装置20は、逆量子化手段24によって、量子化空間周波数 q_m を量子化テーブルにより逆量子化して空間周波数 s_m を生成する(ステップS24)。そして、ホログラム復号化装置20は、空間周波数逆変換手段25によって、空間周波数 s_m を逆変換して要素ホログラムの縞パターン h_m を生成する(ステップS25)。

20

30

【0085】

そして、ホログラム復号化装置20は、mがMと等しくなった($m=M$)か否かを判別する(ステップS26)。すなわち、ホログラム復号化装置20は、すべてのホログラムデータを選択したか否かを判別する。まだ選択していないホログラムデータがある場合(ステップS26:No)、ホログラム復号化装置20は、現在のmの値に「1」を加算した結果を、mの新たな値($m=m+1$)とする(ステップS27)。そして、ホログラム復号化装置20は、ステップS23に戻る。一方、すべてのホログラムデータを選択した場合(ステップS26:Yes)、ホログラム復号化装置20は、要素ホログラム接続手段26によって、各縞パターン h_m を接続してホログラムの縞パターン h を生成し(ステップS28)、処理を終了する。

40

【0086】

本実施形態によれば、ホログラム符号化装置1は、入力された各関心領域(FOI)の空間情報と、参照光の情報とに基づいて量子化テーブルを生成し、これにより、ホログラムにおいて各FOIから到達する光と非FOIから到達する光とを区別して、それぞれの光の強度を加工することができる。したがって、ホログラムに各FOIを設定することができる。また、ホログラム符号化装置1は、各FOIエリアよりも非FOIエリアを粗く取り扱うので、各FOIの設定により機能性を向上させると同時に、符号化効率も向上させることができる。また、本実施形態のホログラム復号化装置20は、ホログラム符号化装置1で各FOIが設定されたホログラムを復号化することができる。

【0087】

50

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、その趣旨を変えない範囲で様々に実施することができる。例えば、本実施形態では、主に1つのFOI（関心領域）を想定し、FOIが複数であっても同等に説明したが、2種類以上のFOIを指定したときに、量子化テーブルにおいて、各FOIに応じて、関心領域要素値として2種類以上の量子化ステップ数を設定することもできる。つまり、1つのホログラムに記録された被写体空間において、例えば、第1のFOIの関心領域要素値としての量子化ステップ数は「16」、第2のFOIの関心領域要素値としての量子化ステップ数は「26」、非FOIの非関心領域要素値としての量子化ステップ数は「100」のように設定してもよい。このように各FOIの量子化ステップ数を使い分けることにより、利用者の関心の程度に応じて、被写体空間の各部における強調の度合いを変更できる

10

【0088】

また、量子化テーブルにおいて、FOIと非FOIとの境界部分に、それらの中間の1以上の量子化ステップ数を設定することもできる。例えば、図4(b)において、量子化テーブルの値として、FOIに対して「16」、非FOIに対して「100」をそれぞれ例示したが、例えば「40」と「70」とを追加することで、FOIから非FOIに向けてテーブルの値を「16, 40, 70, 100」と順に変えることができる。ここで、例えば、中間の値「40」をFOI側に設定し、中間の値「70」を非FOI側に設定してもよい。この場合には、2種類の関心領域要素値と2種類の非関心領域要素値がそれぞれ対応付けられる。ここで、FOIが矩形で指定されたときに、例えば、その中心から面積が50%の範囲の値を「16」、その外側の値を「40」のように設定することができる。なお、領域の分割の設計方法は適宜設計変更できる。例えば、中間の値「40, 70」をいずれもFOI側に設定してもよい。この場合には、3種類の関心領域要素値が対応付けられる。また、中間の値「40, 70」を、いずれも非FOI側に設定してもよい。この場合には、3種類の非関心領域要素値が対応付けられる。このように量子化ステップ数を連続的に変えることによって、FOIと非FOIとの境界を滑らかに繋げれば、FOIと非FOIとの境界が不連続になって違和感が発生するような事態を防止する効果がある

20

【0089】

ホログラム符号化装置1の空間周波数変換手段10は、離散フーリエ変換(DFT)を行うものとしたが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、離散コサイン変換(DCT)を用いることもできる。DCTの場合、要素ホログラム上から周波数領域への変換ではあるものの、DFTとは基底が異なるため、変換後の値が意味する平面波の方向はDCT特有の方向になる。そのため、DCTを用いる場合に用意する量子化テーブルは、DFTの場合に用意した量子化テーブルとは異なるものにして、このときの平面波の方向を反映すればよい。その他の処理については、DFTを用いる場合との違いはない。

30

【0090】

また、本実施形態では、各FOIの指定方法において、利用者が矩形範囲を指定するものとしたが指定範囲は例えば円形等の他の形状でも構わない。また、奥行き毎に表示される二次元画像毎に利用者が指定範囲を選択するものとしたが、1度の選択で、所定奥行き範囲のボックス状にFOIを選択するようにしてもよい。

40

【0091】

また、FOIをより細かく指定できるように、ホログラム符号化装置に以下の構成を追加してもよい。この場合、ホログラム符号化装置は、表示装置14に表示される二次元画像の輝度を検出する輝度検出手段と、検出した輝度により二次元画像を二値化する二値化手段と、二次元画像から対象物の輪郭を検出する対象物判定手段とをさらに備える。このように構成することで、例えば、表示された二次元画像において、利用者が被写体の一部を、マウスのクリックにより指定することで、当該被写体のその奥行きにおける輪郭をFOIとして選択することができる。そして、利用者が、奥行き毎に表示装置14に表示される二次元画像に対してこの操作を繰り返すことで、3-DのFOIを指定することがで

50

きる。

【 0 0 9 2 】

また、被写体を撮影してホログラムを記録する際に、距離センサ機能を備えたカメラであるアクシビジョンを併用するようにしてもよい。この場合、撮影時に被写体までの距離情報を画像情報と共に取得しておくことができる。これにより、利用者が F O I を指定する方法において、撮影時に取得した被写体までの距離情報を、奥行き毎に F O I を指定するために用いることができる。

【実施例】

【 0 0 9 3 】

本発明による効果を確認するために、本発明の実施形態に係るホログラム符号化装置 1 およびホログラム復号化装置 2 0 のコンピュータシミュレーションによる 2 つの実験（実験 1、実験 2）を行った。

（各実験の共通の前提条件）

各実験では、図 8 に示すように、y 軸に平行に、1 . 0 2 4 [mm] の長さの棒 B（波動場 $b(y_b)$ ）として扱うと、8 1 . 9 2 [mm] の長さのホログラム H（波動場 $h(y_h)$ ）として扱うとを、z 方向に 1 0 0 [mm] の距離だけ離して設置するものとした。以下の計算では、棒 B とホログラム H とを両方とも 1 [μ m] ピッチでサンプルした。すべての光波の波長は、6 3 2 . 8 [nm] とした。また、参照光 R はホログラム H に水平に当てることとした。

【 0 0 9 4 】

棒 B としての波動場 $b(y_b)$ を、式 (1 0) に示すように、ランダム位相 r_f を持った多くの周波数の波を重畳して生成した。また、ホログラム H としての波動場 $h(y_h)$ を、式 (1 1) に示すように、フレネル変換 (Fresnel diffraction) $G\{ \}$ を用いることにより生成した。これらの計算は、棒 B が全方位に放射したすべての光（光線）がホログラム H に到達したということを示している。

【 0 0 9 5 】

【数 7】

$$b(y_b) = \int_0^{f_n} \exp\{-j(2\pi f y_b + r_f)\} df \quad \dots \text{式 (1 0)}$$

$$h(y_h) = G\{b(y_b)\} \quad \dots \text{式 (1 1)}$$

【 0 0 9 6 】

式 (1 0) において、 y_b は、棒 B 上の y 座標を示し、 f_n は、ナイキスト周波数を示す。また、式 (1 1) において、 y_h は、ホログラム H 上の y 座標を示す。

【 0 0 9 7 】

（実験 1）周波数領域で加工した後に再構成された光を調べる実験

< 実験 1 の実験方法 >

このシミュレーションの目的は、ホログラム H が空間周波数領域で加工された後に再構成された光を立証することである。図 9 (a) は、このシミュレーションの設定を示している。シミュレーション方法は次の通りである。なお、簡便のため、符号化規則による符号化と、復号化規則による復号化を省略した。まず、ホログラム符号化装置 1 は、ホログラム H を要素ホログラム H_m に分割した。図 9 (a) には、q 番目の要素ホログラム H_q と、r 番目の要素ホログラム H_r とを示す。続いて、ホログラム符号化装置 1 は、m 番目の要素ホログラム H_m に離散フーリエ変換 (D F T) を適用して空間周波数 s_m を生成した。ここで、q 番目の要素ホログラム H_q の空間周波数は s_q であり、r 番目の要素ホログラム H_r の空間周波数は s_r である。

【 0 0 9 8 】

続いて、ホログラム符号化装置 1 が、空間周波数 s_m を量子化するとき、q , r 番目の要素ホログラムを他の要素ホログラムと区別するために、以下の操作を行った。ここでは、ホログラム復号化装置 2 0 によるデコードの結果として逆量子化した q , r 番目の要

10

20

30

40

50

素ホログラムの空間周波数 s_m については、他の要素ホログラムの振幅強度の半分になるように逆算した値を、予めエンコード段階で、 q, r 番目の要素ホログラムの空間周波数 s_m から差し引くこととした。つまり、ホログラム符号化装置 1 が、空間周波数 s_m を量子化するとき、空間周波数 s_q, s_r に対応する値として、所定値から、ある逆算値を減らした。この低減は、ある特別な方向に対して光の強度が半分に減ったということの意味している。実際、図 9 (a) において、符号 (b), (c), (d) でそれぞれ示す方向に対して値を減らした。この図 9 (a) において、符号 (c) は、棒 B に対して面直な方向としたが、他の方向は面直以外の方向とした。

【 0 0 9 9 】

一方、 q, r 番目以外のその他の要素ホログラムについては、ホログラム符号化装置 1 は、ホログラム復号化装置 2 0 によるデコードの結果として逆量子化した m 番目の空間周波数領域 s_m が、予めエンコード段階で離散フーリエ変換 (D F T) により変換した m 番目の空間周波数領域 s_m と等しいものとして取り扱った。なお、所定値からある逆算値を減らした値が、量子化テーブルの関心領域要素値に相当し、所定値が、量子化テーブルの非関心領域要素値に相当することになる。

【 0 1 0 0 】

以上のエンコード段階に続いて、ホログラム復号化装置 2 0 は、離散逆フーリエ変換 (I D F T) を適用して、 m 番目の空間周波数 s_m から要素ホログラムの縞パターン h_m を生成し、要素ホログラムの縞パターン h_m を接続して、ホログラムの縞パターン h を生成した。このホログラムの縞パターン h に対して、逆フレネル変換を適用して、ホログラムの加工後の棒 B に対応する波動場 $b (y_b)$ を生成した。さらに、この波動場 $b (y_b)$ に対して、離散逆フーリエ変換 (I D F T) を適用して、棒 B において発するそれぞれの光の強度を呈した値 $b (y_b)$ を生成した。

【 0 1 0 1 】

これにより、前記したように、デコードの結果として逆量子化した q, r 番目の要素ホログラムの空間周波数 s_m については、他の要素ホログラムの振幅強度の半分になるように逆算した値を、予めエンコード段階で差し引いたので、図 9 (a) において、符号 (c) で示す方向において光の強度を呈した値 $b (y_b)$ に対応するグラフ形状は平らにはならず、へこみを含むはずである。

【 0 1 0 2 】

< 実験 1 の実験結果 >

図 9 (b) は、図 9 (a) において、符号 (b) で示す方向において光の強度を呈した値 $b (y_b)$ の結果を示す。また、図 9 (c) は、図 9 (a) において、符号 (c) で示す方向において光の強度を呈した値 $b (y_b)$ の結果を示す。さらに、図 9 (d) は、図 9 (a) において、符号 (d) で示す方向において光の強度を呈した値 $b (y_b)$ の結果を示す。

【 0 1 0 3 】

図 9 (b)、図 9 (c)、図 9 (d) において、水平軸は、棒 B の y 方向の位置のインデックスを示している。1 . 0 2 4 [m m] の長さに対して 1 [μ m] ピッチなので、インデックス数は「 1 0 2 4 」である。この水平軸は、棒 B におけるそれぞれの光の方向を呈する空間周波数に相当する。この場合、最左のインデックスは D C 成分であり、中央インデックスは、最高空間周波数成分を意味する。また、図 9 (b)、図 9 (c)、図 9 (d) において、垂直軸は、棒 B におけるそれぞれの光の強度を呈する振幅を示す。つまり、 $b (y_b)$ に相当する。

【 0 1 0 4 】

図 9 (b)、図 9 (c)、図 9 (d) にそれぞれ示すグラフに共通して、エッジ近く (0 や 1 0 2 3 の近く) の形状は乱雑であり、センター近く (5 1 2 近辺) の形状は落ち込んでいる。これらは、D F T とフレネル変換とにおいて、窓関数を使用しなかったために付随的に生じたものであると考えられる。

【 0 1 0 5 】

これらの付随的な事象を無視した上で、図9(c)と、図9(b)および図9(d)とを比較すると、両者には大きな相違点がある。図9(c)に示すグラフの形状では、2つのへこみを含み、そのへこみの深さは、典型的な振幅値の半分のレベルにまで達していることがわかる。このことは、q番目の要素ホログラム H_q からの光の強度と、r番目の要素ホログラム H_r からの光の強度は、q, r番目以外のその他の要素ホログラムからの光の強度の半分であることを示している。これは、予想通りの満足のいく結果である。

【0106】

一方、図9(b)および図9(d)に示すそれぞれのグラフの形状では、該当する箇所
の形状が平らである。つまり、空間周波数領域で加工した後に再構成された光を調べる
これらの実験結果の比較から、空間周波数領域における制御は予想通りに働いており、ホロ
グラム符号化装置1がFOIの設定を好適に実現できると結論できる。

10

【0107】

(実験2)量子化前後のデータサイズの変化を調べる実験

<実験2の実験方法>

このシミュレーションの目的は、ホログラムHにおいて空間周波数 s_m が量子化された
ときに、データサイズの低減を立証することである。シミュレーション方法は次の通りで
ある。ホログラム符号化装置1により、元のホログラムHの縞パターンhを量子化し、最
最終的に、ホログラム復号化装置20により、加工後のホログラムHの縞パターンhを
生成した。ここで、元のホログラムHの縞パターンhのデータと、加工後のホログラムHの
縞パターンhのデータとを個別にZIP圧縮により符号化して、両者のZIPファイルサイズ
を比較した。このうち後者の加工後のホログラムHの縞パターンhは、量子化実行後に
得られたものである。そもそも量子化処理は、量子化後のデータの種類(ラベル)を低減
するための処理である。したがって、加工後のホログラムHの縞パターンhのデータサ
イズは、元のホログラムHの縞パターンhのデータサイズより小さくなるはずである。

20

【0108】

<実験2の実験結果>

実験2のシミュレーション結果を図10に示す。

図10において、水平軸は、ラベル数nであり、ラベル数nは、1サンプルに対して $\log_2(n)$ ビットを要する。また、垂直軸は、ZIPファイルサイズを示す。図10に示す「
量子化なし」は、元のホログラムHの縞パターンhのZIPファイルサイズを示す。また、
図10に示す「量子化後」は、加工後のホログラムHの縞パターンhのZIPファイルサ
イズを示す。縞パターンhのデータサイズは、縞パターンhのデータサイズよりも小さい
ことがわかる。さらに、符号量は少なくするためにラベル数を減少すると、すなわち、
図10のグラフにおいて右から左にラベル数を変化させると、縞パターンhのデータサ
イズは、徐々に減少する。これらの結果から、予想通り、量子化は、データサイズの低減
に役立っていると結論できる。

30

【符号の説明】

【0109】

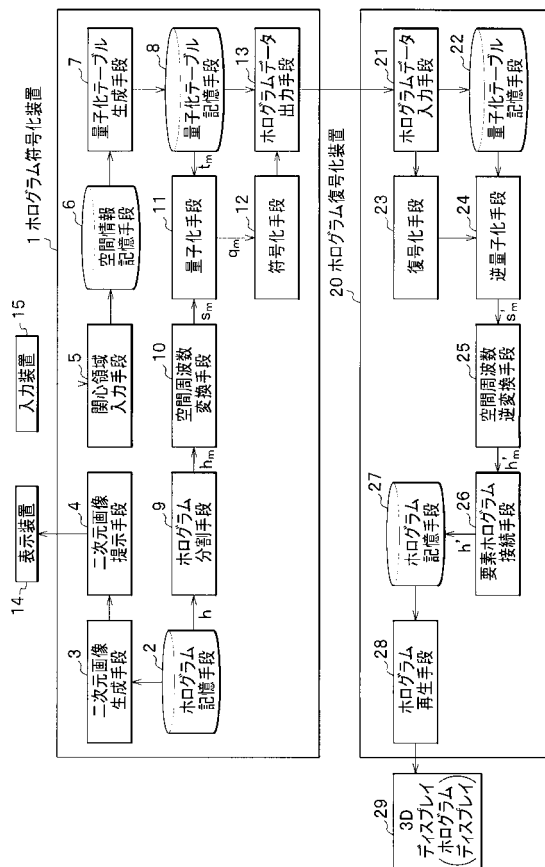
- 1 ホログラム符号化装置
- 2 ホログラム記憶手段
- 3 二次元画像生成手段
- 4 二次元画像提示手段
- 5 関心領域入力手段
- 6 空間情報記憶手段
- 7 量子化テーブル生成手段
- 8 量子化テーブル記憶手段
- 9 ホログラム分割手段
- 10 空間周波数変換手段
- 11 量子化手段
- 12 符号化手段

40

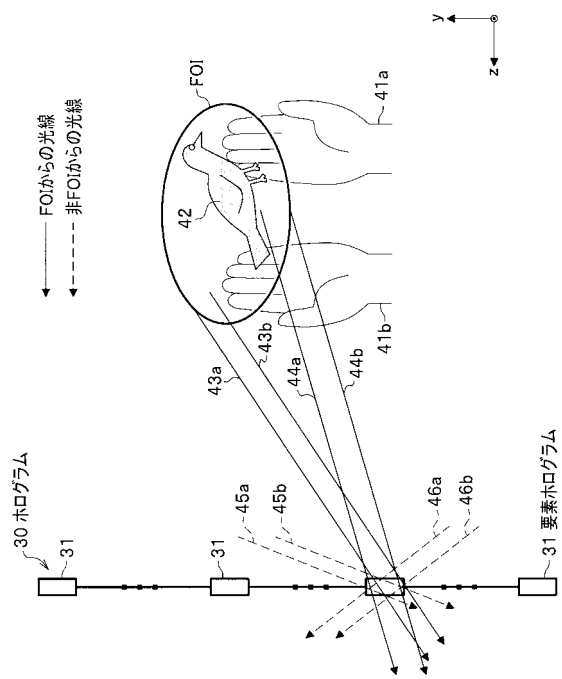
50

- 1 3 ホログラムデータ出力手段
- 1 4 表示装置
- 1 5 入力装置
- 2 0 ホログラム復号化装置
- 2 1 ホログラムデータ入力手段
- 2 2 量子化テーブル記憶手段
- 2 3 復号化手段
- 2 4 逆量子化手段
- 2 5 空間周波数逆変換手段
- 2 6 要素ホログラム接続手段
- 2 7 ホログラム記憶手段
- 2 8 ホログラム再生手段
- 2 9 3Dディスプレイ

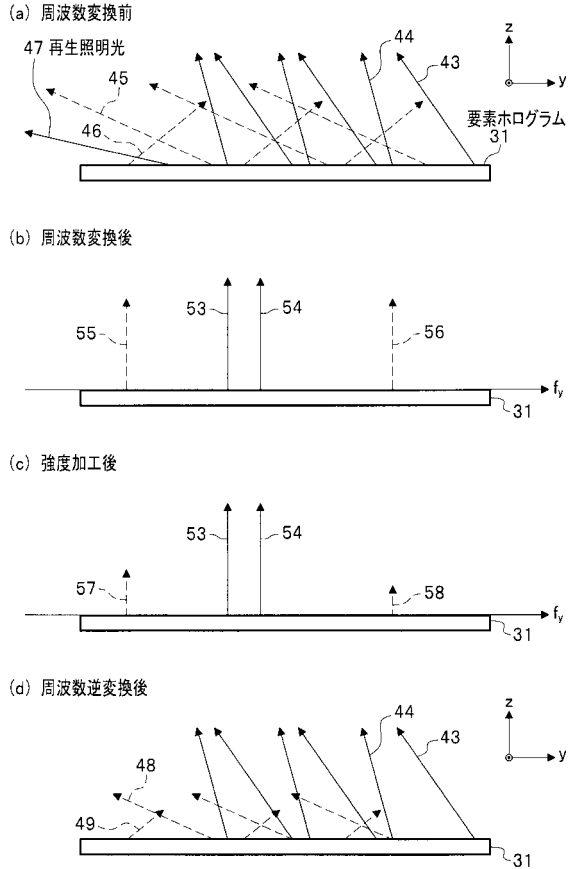
【図1】



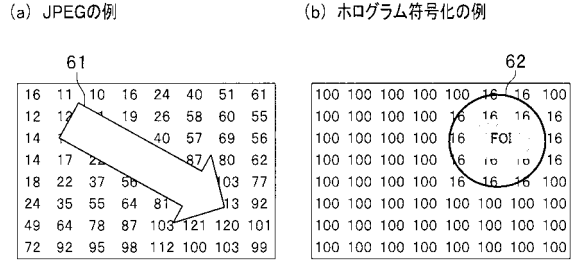
【図2】



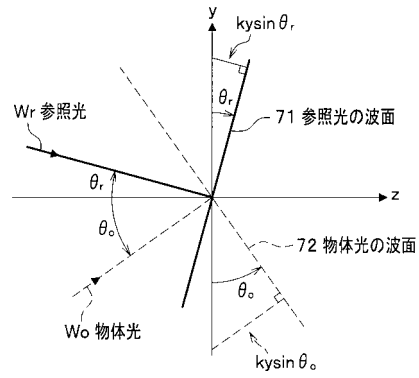
【図3】



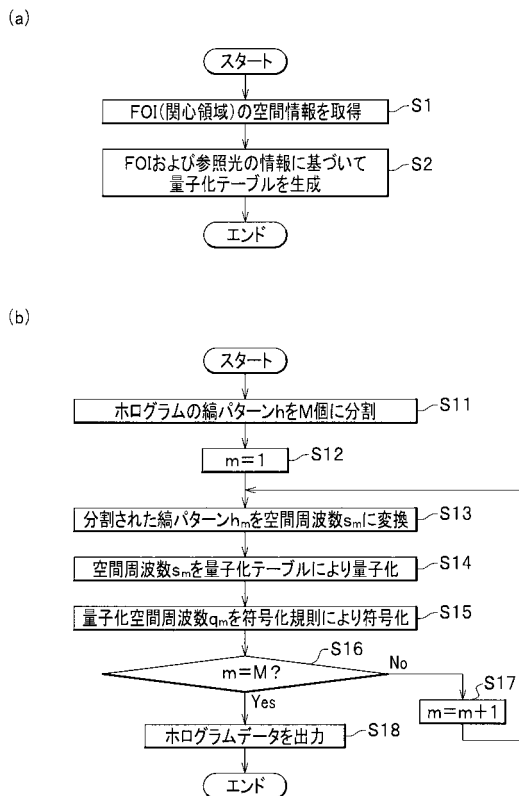
【図4】



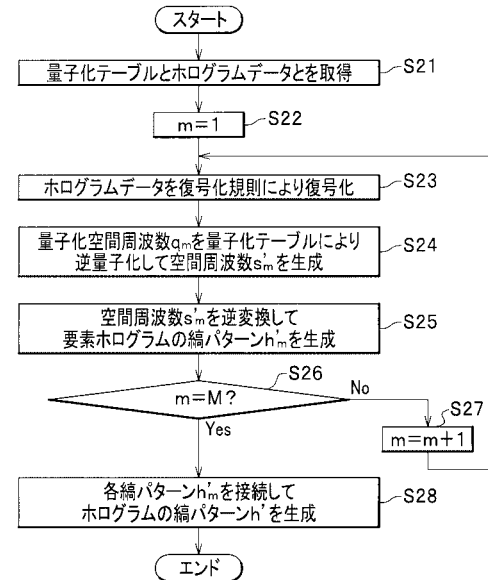
【図5】



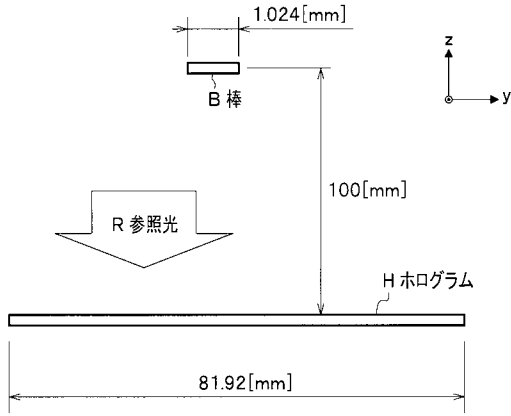
【図6】



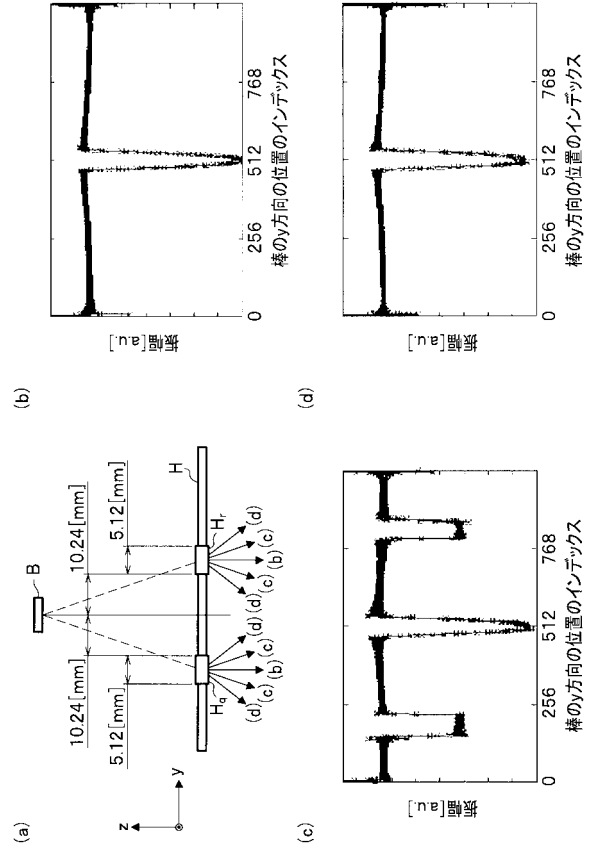
【図7】



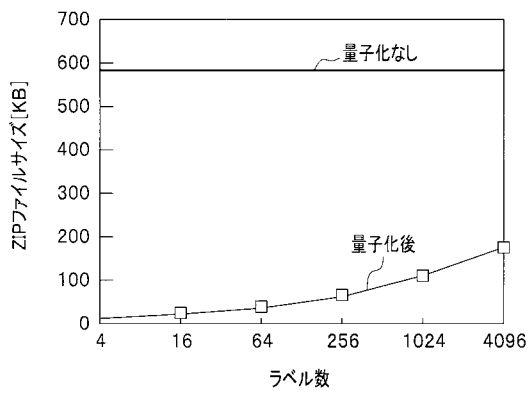
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

- (72)発明者 大井 隆太郎
東京都小金井市貫井北町4 - 2 - 1 独立行政法人情報通信研究機構内
- (72)発明者 三科 智之
東京都小金井市貫井北町4 - 2 - 1 独立行政法人情報通信研究機構内
- (72)発明者 奥井 誠人
東京都小金井市貫井北町4 - 2 - 1 独立行政法人情報通信研究機構内

審査官 鈴木 明

- (56)参考文献 特開平05 - 014743 (JP, A)
国際公開第2009/003885 (WO, A1)
特開平11 - 266465 (JP, A)
特開2005 - 157337 (JP, A)
国際公開第2008/044718 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N 13/00 - 13/04
H04N 7/26
G03H 1/04
G03H 1/08