

(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2010-283508

(P2010-283508A)

(43) 公開日 平成22年12月16日(2010.12.16)

(5) Int.Cl.			F I	テーマコード (参考)
HO4N	13/02	(2006.01)	HO4N 13/02	2K008
GO3H	1/04	(2006.01)	GO3H 1/04	5C061
HO4N	7/26	(2006.01)	HO4N 7/13	Z 5C159
GO3H	1/08	(2006.01)	GO3H 1/08	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2009-134091 (P2009-134091)
 (22) 出願日 平成21年6月3日(2009.6.3)

(71) 出願人 301022471
 独立行政法人情報通信研究機構
 東京都小金井市貫井北町4-2-1
 (74) 代理人 100064414
 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

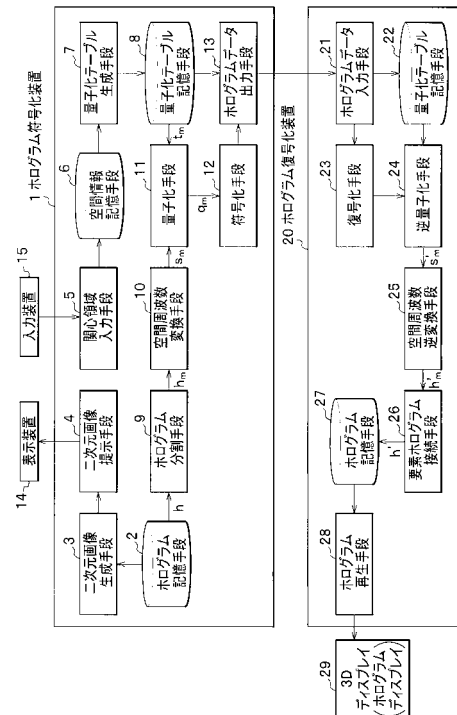
(54) 【発明の名称】 ホログラム符号化装置およびホログラム復号化装置、ならびに、ホログラム符号化プログラムおよびホログラム復号化プログラム

(57) 【要約】

【課題】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。

【解決手段】ホログラム符号化装置1は、関心領域入力手段5と、関心領域からホログラムに達する光と参照光の位置により、関心領域に対応する空間周波数範囲を算出して小さい量子化ステップ数を示す要素値を対応付け、それ以外の範囲に大きい量子化ステップ数を示す要素値を対応付け、各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7と、ホログラムの縞パターンhを分割した要素ホログラムの縞パターンh_mを生成するホログラム分割手段9と、要素毎に縞パターンh_mを空間周波数s_mに変換する空間周波数変換手段10と、量子化テーブルに基づいて空間周波数s_mから量子化空間周波数q_mを生成する量子化手段11と、量子化空間周波数q_mを符号化したホログラムデータを生成する符号化手段12と、ホログラムデータ出力手段13とを備える。

【選択図】図1



【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。

【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、

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。

【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、

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、

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

10

20

30

40

50

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。

【 0 0 0 3 】

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、観測量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] \times 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。

10

【 0 0 0 4 】

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 M P E G 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 : D C T) 工程を適用する。D C T 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 M P E G を利用した。

20

【 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JPEG2000とを適用した。

【 先行技術文献 】

30

【 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

40

【 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

50

向上を意味する。

【0009】

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、符号化効率だけではなく、機能性に関する研究もなされるべきである。

【0010】

2-D画像では、機能性の一例として、関心領域(region of interest: ROI)を設定して符号化することができる。このROIの設定は、2-D画像の一部にフォーカスする方法であり、ROI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ROIにセットされ、そのスナップショットの背景がROIにセットされないと、背景はぼやける。

10

【0011】

この2-D画像におけるROI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: FOI)を想定することができる。そして、FOI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、FOI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FOIを加工すれば、FOI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。

20

【0012】

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】

【0013】

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、量子化テーブル生成手段と、ホログラム分割手段と、空間周波数変換手段と、量子化手段と、符号化手段と、ホログラムデータ出力手段とを備えることとした。

30

【0014】

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、ホログラム符号化装置は、ホログラム分割手段によって、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、ホログラム符号化装置は、空間周波数変換手段によって、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。つまり、ホログラム符号化装置では、ホログラムの空間情報そのものではなく、ホログラムの局所的なエリアの空間周波数領域を用いる。この空間周波数によりホログラムの局所的なエリアの光の方向が定まる。そして、ホログラ

40

50

ム符号化装置は、量子化手段によって、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。ここで、量子化テーブルは、各関心領域からホログラムに到達する光の角度や参照光の情報を反映して予め生成されているので、量子化テーブルを利用することで、空間周波数に変換されたホログラム上の光の方向に応じた量子化を行うことができる。そして、ホログラム符号化装置は、符号化手段によって、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、ホログラム符号化装置は、ホログラムデータ出力手段によって、前記要素ホログラム毎に生成したホログラムデータを出力する。したがって、ホログラム符号化装置は、ホログラムの局所的なエリアの空間周波数領域を、局所的なエリアの光の方向として用いて量子化するので、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ことができる。

10

【 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。

20

30

【 0 0 1 7 】

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。

【 0 0 1 8 】

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。

40

【 0 0 1 9 】

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。

【 0 0 2 0 】

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

50

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。

【 0 0 2 1 】

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。

【 0 0 2 2 】

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。

【 0 0 2 3 】

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。

【 0 0 2 4 】

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

10

20

30

40

50

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。

【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。

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y-z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】

10

20

30

40

50

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 (ROI) 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。

【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。

【0034】

[処理の流れの概要]

(メイン処理の流れ)

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。

【 0 0 3 5 】

【数 1】

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

10

【 0 0 3 6 】

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 : D F T) 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 (D F T) を示している。

【 0 0 3 7 】

【数 2】

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

20

【 0 0 3 8 】

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、F O I 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、F O I は、ユーザの意向に基づいて設定されている。

【 0 0 3 9 】

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。

【 0 0 4 0 】

30

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、D C T 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 : I D F T) 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 (I D F T) を示す。

40

【 0 0 4 1 】

【数 3】

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

【 0 0 4 2 】

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

50

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

10

では、図2に示した要素ホログラム31を右90度回転させた配置で表示した。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】

20

次に、ホログラム符号化装置1は、要素ホログラム31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31を単位として行うことを示すために、要素ホログラム31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。

【0046】

図3(b)に符号53で示す空間周波数の振幅強度は、図3(a)に符号43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54で示す空間周波数の振幅強度は、図3(a)に符号44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53, 54は、FOIから要素ホログラム31に到達する光に対応している。

30

【0047】

図3(b)に符号55で示す空間周波数の振幅強度は、図3(a)に符号45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56で示す空間周波数の振幅強度は、図3(a)に符号46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55, 56は、非FOIから要素ホログラム31に到達する光に対応している。

【0048】

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31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(DFT)により実行した場合に対応している。つまり、DFT実行後のDC成分は、空間周波数軸 f_y の左端に対応している。

40

【0049】

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FOI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57で示す空間周波数の振幅強度は、図3(b)に符号55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58で示す空間周波数の振幅強度は、図3(b)に符号56で示す空間周波数の振幅強度を低減した結

50

果を示している。これらの強度加工後において、FOI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。

【0050】

デコード時には、ホログラム復号化装置20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20は、例えば、離散フーリエ逆変換(IDFT)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31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43, 44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48で示す光線は、図3(a)に符号45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49で示す光線は、図3(a)に符号46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FOIに対応した光線が弱められたことにより、FOIに対応した光線が強調されることとなる。

10

【0051】

(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、JPEG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DC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61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。

20

30

【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。

40

【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

50

、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）。

【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 $ky \sin \theta_o$ 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 $ky \sin \theta_r$ 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。

10

【0056】

【数5】

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

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

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

20

【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】

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

30

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

【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、たとえば、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。

40

【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

50

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つのみ被写体情報を乗せ、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、 θ_1 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。

【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、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。

【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。

【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。

【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_1 と、ホログラムに入射する参照光の角度 θ_2 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】

10

20

30

40

50

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。

10

【0067】

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。

【0068】

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。

【0069】

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。

20

【0070】

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。

30

【0071】

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 MPEG 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。

【0072】

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。

40

【0073】

[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。

【0074】

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、

50

図 1 に示すように、ホログラムデータ入力手段 2 1 と、量子化テーブル記憶手段 2 2 と、復号化手段 2 3 と、逆量子化手段 2 4 と、空間周波数逆変換手段 2 5 と、要素ホログラム接続手段 2 6 と、ホログラム記憶手段 2 7 と、ホログラム再生手段 2 8 とを備えている。

【 0 0 7 5 】

ホログラムデータ入力手段 2 1 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 2 2 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 2 3 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 2 0 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、LAN (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

【 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。

20

【 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、3D 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。

30

【 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 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 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 20 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、CD-ROM 等の記録媒体に書き込んで配布することも可能である。

40

【 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 FOI (関心領域) の空間情報を取得する (ステップ S 1)。取得した FOI の空間情報は、非 FOI 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

50

次元情報として表示装置 14 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 S 1 3）。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 S 1 4）。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 S 1 5）。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 S 1 6）。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。

【 0 0 8 3 】

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 S 1 6 : N o）、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 S 1 7）。そして、ステップ S 1 3 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 S 1 6 : Y e s）、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 S 1 8）、処理を終了する。

【 0 0 8 4 】

[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 S 2 1）。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 S 2 2）。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 S 2 3）。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 S 2 4）。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 S 2 5）。

【 0 0 8 5 】

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 S 2 6）。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 S 2 6 : N o）、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 S 2 7）。そして、ホログラム復号化装置 20 は、ステップ S 2 3 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 S 2 6 : Y e s）、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 S 2 8)、処理を終了する。

【 0 0 8 6 】

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 (F O I) 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 F O I から到達する光と非 F O I 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 F O I 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 F O I エリアよりも非 F O I エリアを粗く取り扱うので、各 F O I 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 2 0 は、ホログラム符号化装置 1 で各 F O I が設定されたホログラムを復号化することができる。

10

【 0 0 8 7 】

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 F O I (関心領域) を想定し、F O I が複数であっても同等に説明したが、2 種類以上の F O I を指定したときに、量子化テーブルにおいて、各 F O I 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 F O I の関心領域要素値としての量子化ステップ数は「 1 6 」、第 2 の F O I の関心領域要素値としての量子化ステップ数は「 2 6 」、非 F O I の非関心領域要素値としての量子化ステップ数は「 1 0 0 」のように設定してもよい。このように各 F O I 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。

20

【 0 0 8 8 】

また、量子化テーブルにおいて、F O I と非 F O I 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、F O I に対して「 1 6 」、非 F O I に対して「 1 0 0 」をそれぞれ例示したが、例えば「 4 0 」と「 7 0 」を追加することで、F O I から非 F O I に向けてテーブルの値を「 1 6 , 4 0 , 7 0 , 1 0 0 」と順に変えることができる。ここで、例えば、中間の値「 4 0 」を F O I 側に設定し、中間の値「 7 0 」を非 F O I 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、F O I が矩形で指定されたときに、例えば、その中心から面積が 5 0 % の範囲の値を「 1 6 」、その外側の値を「 4 0 」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「 4 0 , 7 0 」をいずれも F O I 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「 4 0 , 7 0 」を、いずれも非 F O I 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、F O I と非 F O I との境界を滑らかに繋げれば、F O I と非 F O I 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。

30

【 0 0 8 9 】

ホログラム符号化装置 1 の空間周波数変換手段 1 0 は、離散フーリエ変換 (D F T) 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 (D C T) を用いることもできる。D C T 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、D F T 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 D C T 特有の方向になる。そのため、D C T を用いる場合に用意する量子化テーブルは、D F T 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、D F T を用いる場合との違いはない。

40

【 0 0 9 0 】

また、本実施形態では、各 F O I 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

50

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。

【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きる。

10

【0092】

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FOI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FOIを指定するために用いることができる。

【実施例】

【0093】

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20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。

20

(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、1.024[m]の長さの棒B(波動場 $b(y_b)$)として扱う)と、81.92[m]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100[m]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[μm]ピッチでサンプルした。すべての光波の波長は、632.8[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。

30

【0094】

棒Bとしての波動場 $b(y_b)$ を、式(10)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(11)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。

【0095】

【数7】

$$b(y_b) = \int_0^{f_n} \exp\{-j(2\pi f y_b + r_f)\} df \quad \cdots \text{式(10)}$$

40

$$h(y_h) = G\{b(y_b)\} \quad \cdots \text{式(11)}$$

【0096】

式(10)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(11)において、 y_h は、ホログラムH上のy座標を示す。

【0097】

(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

50

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(DFT)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。

【0098】

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20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を意味している。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。

【0099】

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20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(DFT)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。

【0100】

以上のエンコード段階に続いて、ホログラム復号化装置20は、離散逆フーリエ変換(IDFT)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(IDFT)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。

【0101】

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。

【0102】

<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。

【0103】

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

10

20

30

40

50

デックスを示している。1.024 [mm]の長さに対して1 [μm]ピッチなので、インデックス数は「1024」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DC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。

【0104】

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1023の近く)の形状は乱雑であり、センター近く(512近辺)の形状は落ち込んでいる。これらは、DFT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。

10

【0105】

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。

20

【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。

30

【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 $l_0 g_2(n)$ 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。

40

【符号の説明】

【0109】

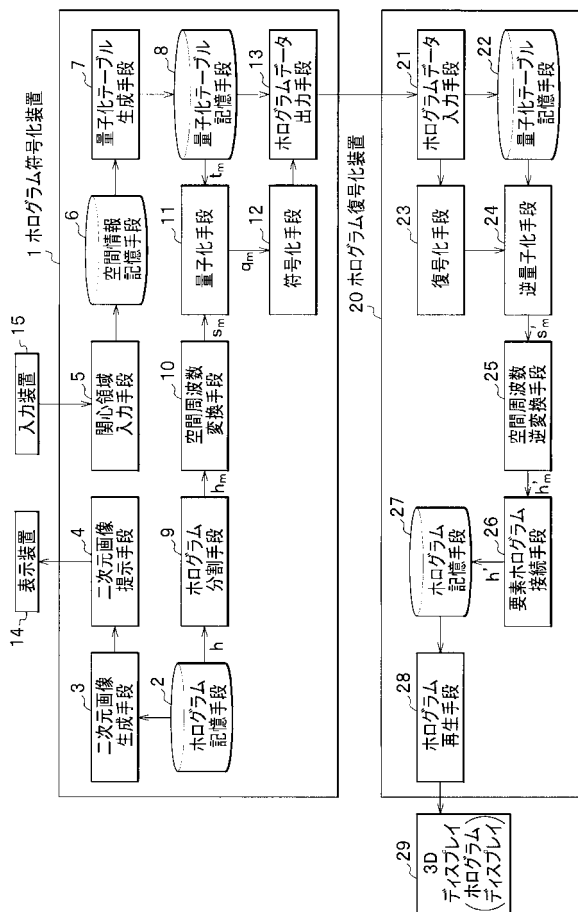
50

- 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
- 13 ホログラムデータ出力手段
- 14 表示装置
- 15 入力装置
- 20 ホログラム復号化装置
- 21 ホログラムデータ入力手段
- 22 量子化テーブル記憶手段
- 23 復号化手段
- 24 逆量子化手段
- 25 空間周波数逆変換手段
- 26 要素ホログラム接続手段
- 27 ホログラム記憶手段
- 28 ホログラム再生手段
- 29 3Dディスプレイ
 (ホログラムディスプレイ)

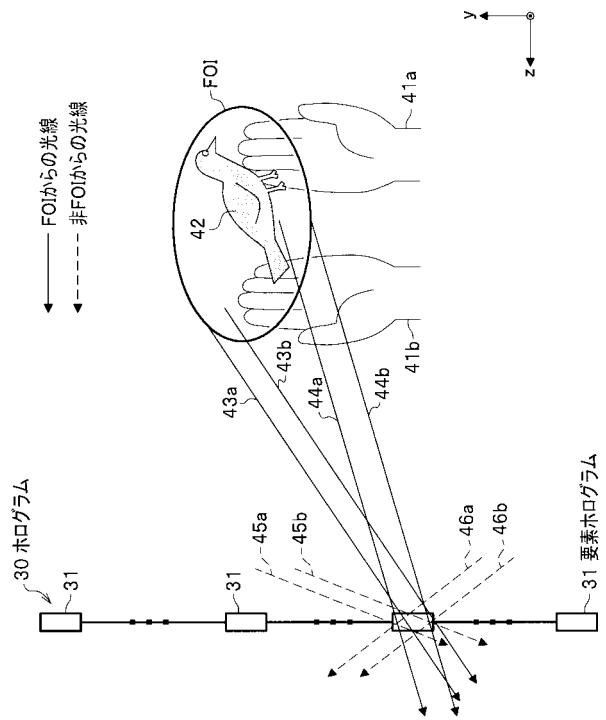
10

20

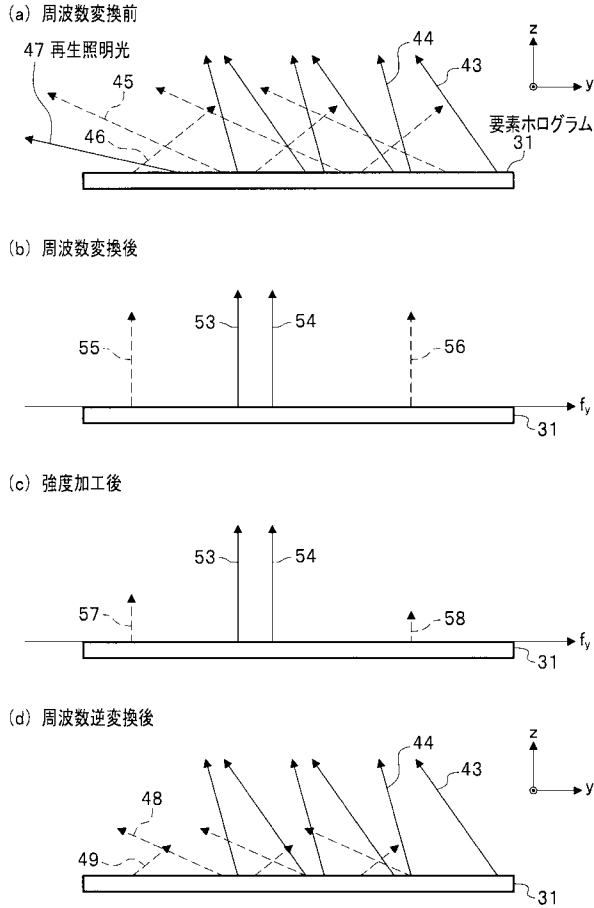
【 図 1 】



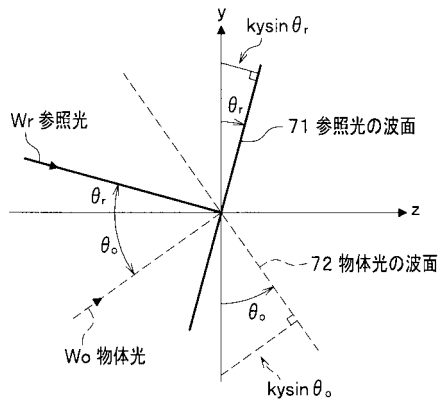
【 図 2 】



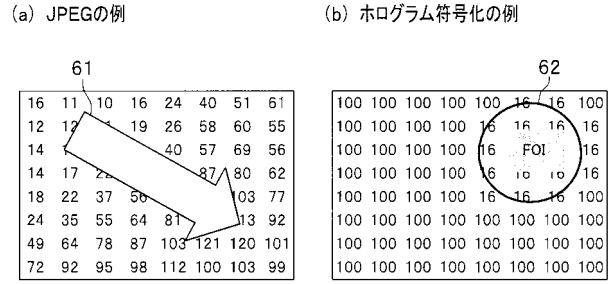
【 図 3 】



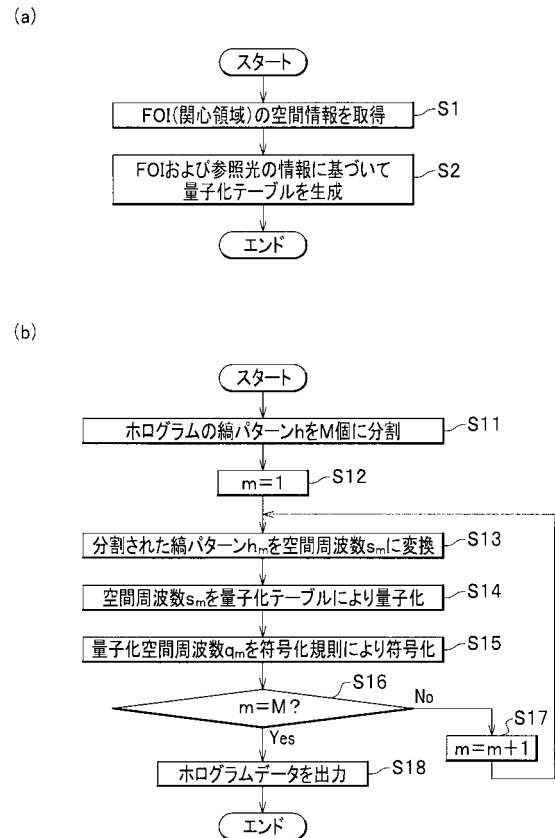
【 図 5 】



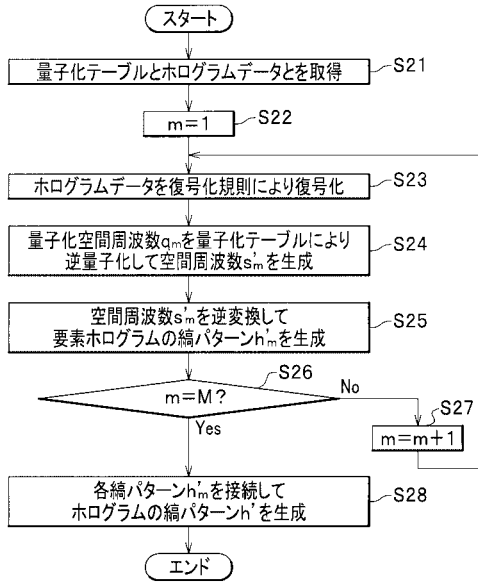
【 図 4 】



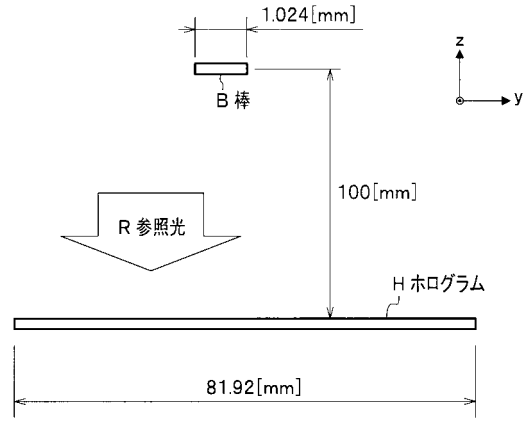
【 図 6 】



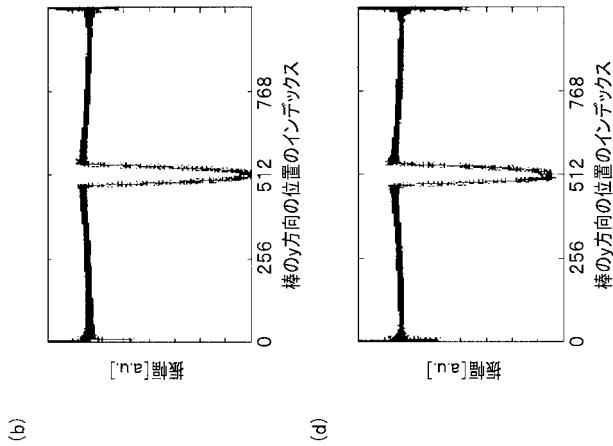
【 図 7 】



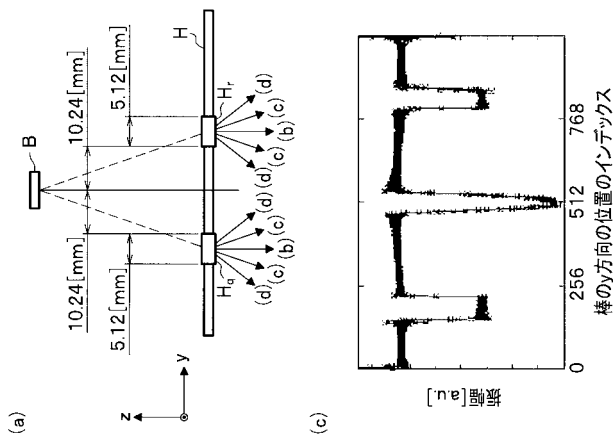
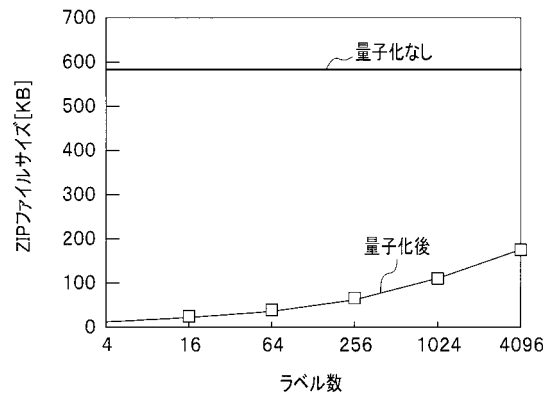
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

(72)発明者 大井 隆太朗

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

Fターム(参考) 2K008 AA04 AA14 BB03 BB08 CC01 CC03 EE01 FF17 FF27 HH26

5C061 AB08 AB10 AB12

5C159 MB02 MC11 PP01 PP13 UA02 UA05