(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年2月22日(22.02.2018)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2018/034302 A1

(51) 国際特許分類:
G06T 5/00 (2006.01)　　*G06T 5/20* (2006.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2017/029433

(22) 国際出願日：　2017年8月16日(16.08.2017)

(25) 国際出願の言語：　日本語

(26) 国際公開の言語：　日本語

(30) 優先権データ：
特願 2016-159771　2016年8月16日(16.08.2016)　JP

(71) 出願人: 国立研究開発法人科学技術振興機構(JAPAN SCIENCE AND TECHNOLOGY AGENCY) [JP/JP]; 〒3320012 埼玉県川口市本町四丁目１番８号 Saitama (JP).

(72) 発明者: 新井 仁之 (ARAI Hitoshi); 〒1130033 東京都文京区本郷４－２０－２－３０１ Tokyo (JP). 新井 しのぶ (ARAI Shinobu); 〒1130033 東京都文京区本郷４－２０－２－３０１ Tokyo (JP).

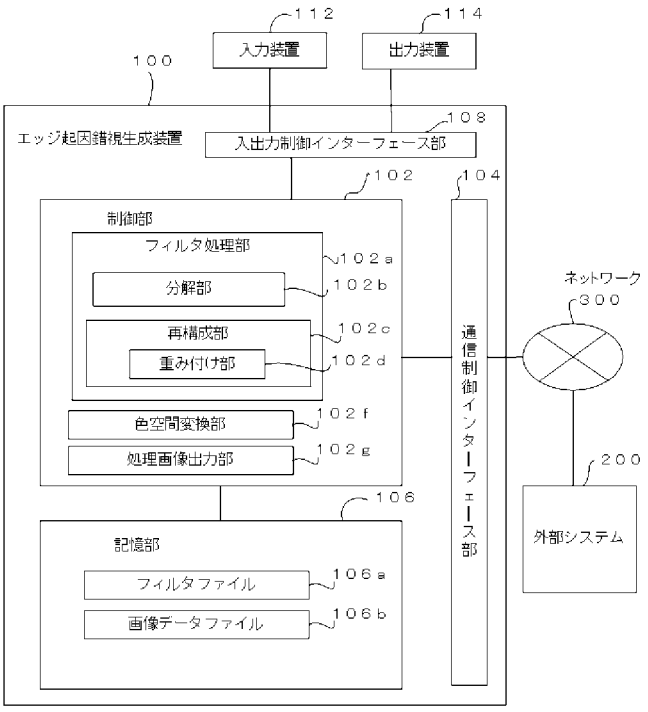
(74) 代理人: 森下 賢樹 (MORISHITA Sakaki); 〒1500021 東京都渋谷区恵比寿西２－１１－１２ Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH,

WO 2018/034302 A1

(54) **Title:** EDGE-INDUCED ILLUSION GENERATION DEVICE, EDGE-INDUCED ILLUSION GENERATION METHOD, EDGE-INDUCED ILLUSION GENERATION PROGRAM, PRINTING MEDIUM, AND RECORDING MEDIUM

(54) 発明の名称： エッジ起因錯視生成装置、エッジ起因錯視生成方法、エッジ起因錯視生成プログラム、印刷媒体、ならびに、記録媒体



100 Edge-induced illusion generation device
102 Control unit
102a Filter processing unit
102b Separation unit
102c Reconstruction unit
102d Weighing unit
102f Color space conversion unit
102g Processed image output unit
104 Communication control interface unit
106 Storage unit
106a Filter file
106b Image data file
108 Input/output control interface unit
112 Input device
114 Output device
200 External system
300 Network

(57) **Abstract:** The present invention addresses the problem of providing an edge-induced illusion generation device, an edge-induced illusion generation method, an edge-induced illusion generation program, a printing medium, a recording medium, etc., that can be applied to a given image, is able to automatically generate an edge-induced illusion without

［続葉有］

KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

requiring complicated tasks, and enables achieving contrast improvement by taking advantage of an edge-induced illusion. The present invention is characterized by generating an edge-induced illusion image by applying, to image data, a two-dimensional digital filter which is a non-oriented filter or an oriented coupled filer, and which is at the same time a filter capable of transmitting a band of relatively high frequencies or a high-frequency pass filter, or an orientation selective wavelet frame or an orientation selective filter bank that is an assembly made up of a non-oriented approximate filter and a plurality of oriented precision filters, so as to extract a band component of relatively high frequencies or a high frequency component and/or to apply color to an edge of the extracted band component or high frequency component.

(57) 要約:任意の画像に適用でき、煩雑な作業をすることなく自動的にエッジ起因錯視を発生させることができ、またエッジ起因錯視を利用してコントラスト改善を図ることができる、エッジ起因錯視生成装置、方法、プログラム、記録媒体等を提供することを課題とする。方位性のないフィルタもしくは方位性をもった偶型フィルタであって、且つ、比較的高い周波数の帯域を通過させるフィルタもしくは高域通過フィルタ、または、方位性のない近似フィルタおよび各方位性をもった複数の詳細フィルタの集合である方位選択性ウェーブレット・フレームもしくは方位選択性フィルタ・バンクである、二次元ディジタルフィルタを、画像データに対して適用して、比較的高い周波数の帯域成分もしくは高周波成分を取り出すことにより、および/または、取り出した帯域成分もしくは高周波成分のエッジに彩色を施すことにより、エッジ起因錯視画像を生成すること、を特徴とする。

明　細　書

発明の名称 ：

エッジ起因錯視生成装置、エッジ起因錯視生成方法、エッジ起因錯視生成プログラム、印刷媒体、ならびに、記録媒体

技術分野

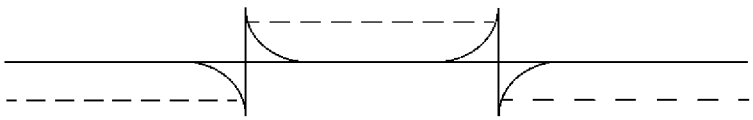
[0001] 本発明は、エッジ起因錯視生成装置、エッジ起因錯視生成方法、エッジ起因錯視生成プログラム、印刷媒体、ならびに、記録媒体に関する。

背景技術

[0002] 従来、エッジをもつ領域の輝度や色彩が実際とは異なった輝度に見える錯視が発見されている。

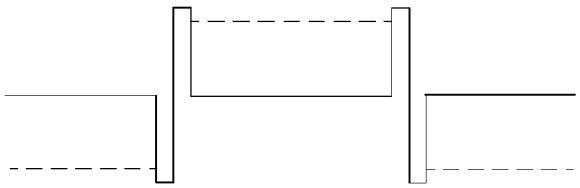
[0003] 例えば、従来、クレイク・オブライエン・コーンスイート効果が知られている。この錯視では、実際には同じ明るさの領域の境界に、階調が急峻に変化する部分がなだらかな変化の間にあるようなエッジを設けることによって、エッジの両側の領域の明るさが違って見える。ここで、下の図表は、クレイク・オブライエン・コーンスイート効果の輝度の変化を表わすイメージ図であり、実線は、実際の輝度を示しており、破線は知覚される輝度を示している。このように、クレイク・オブライエン・コーンスイート効果は、エッジで仕切られた同じ輝度の２つの隣り合う領域において、一方の領域からそのエッジの中の急峻な部分への輝度が滑らかな暗い変化で、もう一方が滑らかな明るい変化の場合、２つの領域の輝度が異なって見える錯視を引き起こす効果がある。

[表1]



[0004] また、従来、墨絵効果が知られている（非特許文献２等参照）。この墨絵効果では、実際には同じ明るさの領域の境界に、異なる一様な階調の２本の線を隣り合せて急峻に変化するエッジをつくることにより、エッジの両側の領域の明るさが違って見える。下の図表は、墨絵効果の輝度の変化を表わすイメージ図であり、輝度の異なる２本の波打った矩形波型の線がエッジをなすとき、それぞれのエッジに囲まれる領域が、同じ輝度であるにもかかわらず異なって見える錯視を引き起こす。

[表2]



[0005] 色彩に関して、従来、水彩錯視が知られている（非特許文献６，７等参照）。水彩錯視は、線で囲まれた領域が実際とは異なる色に見える錯視であり、隣接する明るい色の線と暗い色の線で囲まれた領域が内側の線の色で薄く彩色されているように見える。なお、線の形状は、直線よりも波線の方が錯視が強く、明るい色が内側の時、また地が白の時に錯視効果が高くなることが知られている。また、ドットからなる点線でも錯視が起こることが報告されている（非特許文献６）。

[0006] このように、エッジをもつ領域の輝度や色彩が、実際とは異なるように見える錯視（以下「エッジ起因錯視」と呼ぶ。）が幾つか見出されている（非特許文献１～７等参照）。

先行技術文献

非特許文献

[0007] 非特許文献1：北岡明佳，　「錯視入門」，　朝倉書店，　２０１０．

非特許文献2：高島翠，　「無彩色における水彩効果―墨絵効果の成立条件について―」，　心理学研究，　７９，　３７９-３８４．

非特許文献3：Ｃｒａｉｋ，　Ｋ．　Ｊ．　Ｗ．，　”Ｔｈｅ　Ｎａｔｕｒｅ　ｏｆ　Ｐｓｙｃｈｏｌｏｇｙ：　Ａ　Ｓｅｌｅｃｔｉｏｎ　ｏｆ　Ｐａｐｅｒｓ，　Ｅｓｓａｙｓ　ａｎｄ　Ｏｔｈｅｒ　Ｗｒｉｔｉｎｇｓ”，　Ｃａｍｂｒｉｄｇｅ　Ｕｎｉｖ．　Ｐｒｅｓｓ，　１９６６．

非特許文献4：Ｏ’Ｂｒｉｅｎ，　Ｖ．，　”Ｃｏｎｔｏｕｒ　ｐｅｒｃｅｐｔｉｏｎ，　ｉｌｌｕｓｉｏｎ　ａｎｄ　ｒｅａｌｉｔｙ”，　Ｊｏｕｒｎａｌ　ｏｆ　ｔｈｅ　Ｏｐｔｉｃａｌ　Ｓｏｃｉｅｔｙ　ｏｆ　Ａｍｅｒｉｃａ，　４８　（１９５８），　１１２-１１９．

非特許文献5：Ｃｏｒｎｓｗｅｅｔ，　Ｔ．，　”Ｖｉｓｕａｌ　Ｐｅｒｃｅｐｔｉｏｎ”，　Ａｃａｄｅｍｉｃ　Ｐｒｅｓｓ，　１９７０．

非特許文献6：Ｐｉｎｎａ，　Ｂ．，　Ｂｒｅｌｓｔａｆｆ，　Ｇ．，　Ｓｐｉｌｌｍａｎｎ，　Ｌ．，　”Ｓｕｒｆａｃｅ　ｃｏｌｏｒ　ｆｒｏｍ　ｂｏｕｎｄａｒｉｅｓ”　Ｖｉｓｉｏｎ　Ｒｅｓｅａｒｃｈ　４１（２００１），　２６６９－２６７６．

非特許文献7：Ｐｉｎｎａ，　Ｂ．，　Ｗｅｒｎｅｒ，　Ｊ．　Ｓ．，　Ｓｐｉｌｌｍａｎｎ，　Ｌ．，　”Ｔｈｅ　ｗａｔｅｒｃｏｌｏｒ　ｅｆｆｅｃｔ：　ａ　ｎｅｗ　ｐｒｉｎｃｉｐｌｅ　ｏｆ　ｇｒｏｕｐｉｎｇ　ａｎｄ　ｆｉｇｕｒｅ-ｇｒｏｕｎｄ　ｏｒｇａｎｉｚａｔｉｏｎ”，　Ｖｉｓｉｏｎ　Ｒｅｓｅａｒｃｈ　４３（２００３）　４３-５２．

非特許文献8：根津英風，　「プロジェクターの高画質化の取り組み」，　ＮＥＣ技報，　Ｖｏｌ．６０，　Ｎｏ．３　（２００７），　９４-９７．

非特許文献9：Ｈｉｔｏｓｈｉ　Ａｒａｉ　ｅｔ　ａｌ．，”２Ｄ　ｔｉｇｈｔ　ｆｒａｍｅｌｅｔｓ　ｗｉｔｈ　ｏｒｉｅｎｔａｔｉｏｎ　ｓｅｌｅｃｔｉｖｉｔｙ　ｓｕｇｇｅｓｔｅｄ　ｂｙ　ｖｉｓｉｏｎ　ｓｃｉｅｎｃｅ”，　ＪＳＩＡＭ　Ｌｅｔｔｅｒｓ　Ｖｏｌ．１，　９-１２，　２００９

非特許文献10：Ｈｉｔｏｓｈｉ　Ａｒａｉ　ａｎｄ　Ｓｈｉｎｏｂｕ　Ａｒａｉ，　Ｆｉｎｉｔｅ　Ｄｉｓｃｒｅｔｅ，　Ｓｈｉｆｔ－Ｉｎｖａｒｉａｎｔ，　Ｄｉｒｅｃｔｉｏｎａｌ　Ｆｉｌｔｅｒｂａｎｋｓ　ｆｏｒ　Ｖｉ

sual Information Processing, I : Construction、Interdisciplinary Information Sciences、Vol. 13, No. 2 (2007), 255－273

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、従来のエッジ起因錯視の作成方法は、単純な図形には適用できるものの、複雑な図形に適用することが難しいという問題点を有していた。

[0009] 例えば、クレイク・オブライエン・コーンスイート効果や墨絵効果は、従来、描画ソフトなどを用いて画像ごとに、手作業でエッジを作成することにより、その効果をもつ画像を作成してきたので手間がかかり、デザインにも制約がある、という問題もある。また、クレイク・オブライエン・コーンスイート錯視は、エッジの輝度変化が跳躍点を除いて滑らかであるため、複雑な図形に対して錯視効果を加えた描画を行うことが難しいという問題点を有している。また、水彩錯視では、２色の近接した波線等を図形の輪郭に沿って描かなければならないため、技術を要するという問題点を有している（非特許文献１参照）。

[0010] 本発明は、上記問題点に鑑みてなされたもので、任意の画像に適用でき、煩雑な作業をすることなく自動的にさまざまな形状のエッジをもつエッジ起因錯視を発生させることができる、エッジ起因錯視生成装置、エッジ起因錯視生成方法、エッジ起因錯視生成プログラム、記録媒体、ならびに、印刷媒体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

[0011] このような目的を達成するため、本発明のエッジ起因錯視生成装置は、記憶部と制御部を少なくとも備えたエッジ起因錯視生成装置であって、前記記憶部は、方位性のないフィルタもしくは方位性をもった偶型フィルタであって、且つ、比較的高い周波数の帯域を通過させるフィルタもしくは高域通過

フィルタ、または、方位性のない近似フィルタおよび各方位性をもった複数の詳細フィルタの集合である方位選択性ウェーブレット・フレームもしくは方位選択性フィルタ・バンクである、二次元ディジタルフィルタを記憶するフィルタ記憶手段と、画像データを記憶する画像データ記憶手段と、を備え、前記制御部は、前記画像データに対して、前記二次元ディジタルフィルタを適用して、比較的高い周波数の帯域成分もしくは高周波成分を取り出すことにより、および／または、前記取り出した帯域成分もしくは高周波成分のエッジに彩色を施すことにより、エッジ起因錯視画像を生成すること、を特徴とする。

[0012] また、本発明のエッジ起因錯視生成装置は、上記記載のエッジ起因錯視生成装置において、前記制御部は、前記二次元ディジタルフィルタを用いて、前記画像データに対して、多重解像度分解を行うことを特徴とする。

[0013] また、本発明のエッジ起因錯視生成装置は、上記記載のエッジ起因錯視生成装置において、前記フィルタ記憶手段は、前記画像データと同一の画像サイズの単位インパルス信号に対して前記二次元ディジタルフィルタを予め適用した単位インパルス応答を記憶することを特徴とする。

[0014] また、本発明のエッジ起因錯視生成装置は、上記記載のエッジ起因錯視生成装置において、前記フィルタ記憶手段は、方位性のない近似フィルタ、および、各方位性をもった複数の詳細フィルタの集合である、次数を有する広義かざぐるまフレームレットまたはかざぐるまウェーブレット・フレームを記憶することを特徴とする。

[0015] また、本発明のエッジ起因錯視生成装置は、上記記載のエッジ起因錯視生成装置において、前記制御部は、前記近似フィルタと高次数の前記詳細フィルタに対応するサブバンド信号を相対的に減衰させ、低次数の前記詳細フィルタに対応するサブバンド信号を相対的に増幅させることにより、前記エッジ起因錯視画像を生成することを特徴とする。

[0016] また、本発明のエッジ起因錯視生成装置は、上記記載のエッジ起因錯視生成装置において、前記制御部は、前記近似フィルタと低次数の前記詳細フィ

ルタに対応するサブバンド信号を相対的に減衰させ、高次数の前記詳細フィルタに対応するサブバンド信号を相対的に増幅させることにより、前記エッジ起因錯視画像を生成することを特徴とする。

[0017] また、本発明のエッジ起因錯視生成装置は、上記記載のエッジ起因錯視生成装置において、前記制御部は、前記比較的高い帯域成分あるいは前記高周波成分からなるエッジをエッジごとに一様な値に置き換えることにより前記エッジ起因錯視画像を生成することを特徴とする。

[0018] また、本発明のエッジ起因錯視生成装置は、上記記載のエッジ起因錯視生成装置において、前記制御部は、前記取り出した帯域成分もしくは高周波成分のエッジに彩色を施し、前記エッジ以外の地の色を所定の色にすることを特徴とする。

[0019] また、本発明のエッジ起因錯視生成装置は、上記記載のエッジ起因錯視生成装置において、コントラストの改善を目的として前記エッジ起因錯視画像を生成することを特徴とする。

[0020] また、本発明のエッジ起因錯視生成装置は、上記記載のエッジ起因錯視生成装置において、前記制御部は、コントラストの改善を目的として、生成した前記エッジ起因錯視画像を、階調を適切にスケーリングしてから、もとの前記画像データに重畳的に足し合わせることを特徴とする。

[0021] また、本発明のエッジ起因錯視生成方法は、記憶部と制御部を少なくとも備えたコンピュータにおいて実行されるエッジ起因錯視生成方法であって、前記記憶部は、方位性のないフィルタもしくは方位性をもった偶型フィルタであって、且つ、比較的高い周波数の帯域を通過させるフィルタもしくは高域通過フィルタ、または、方位性のない近似フィルタおよび各方位性をもった複数の詳細フィルタの集合である方位選択性ウェーブレット・フレームもしくは方位選択性フィルタ・バンクである、二次元ディジタルフィルタを記憶するフィルタ記憶手段と、画像データを記憶する画像データ記憶手段と、を備えており、前記制御部において実行される、前記画像データに対して、前記二次元ディジタルフィルタを適用して、比較的高い周波数の帯域成分も

しくは高周波成分を取り出すことにより、および／または、前記取り出した帯域成分もしくは高周波成分のエッジに彩色を施すことにより、エッジ起因錯視画像を生成すること、を特徴とする。

[0022] また、本発明のエッジ起因錯視生成プログラムは、記憶部と制御部を少なくとも備えたコンピュータに実行させるためのエッジ起因錯視生成プログラムであって、前記記憶部は、方位性のないフィルタもしくは方位性をもった偶型フィルタであって、且つ、比較的高い周波数の帯域を通過させるフィルタもしくは高域通過フィルタ、または、方位性のない近似フィルタおよび各方位性をもった複数の詳細フィルタの集合である方位選択性ウェーブレット・フレームもしくは方位選択性フィルタ・バンクである、二次元ディジタルフィルタを記憶するフィルタ記憶手段と、画像データを記憶する画像データ記憶手段と、を備えており、前記制御部に、前記画像データに対して、前記二次元ディジタルフィルタを適用して、比較的高い周波数の帯域成分もしくは高周波成分を取り出すことにより、および／または、前記取り出した帯域成分もしくは高周波成分のエッジに彩色を施すことにより、エッジ起因錯視画像を生成すること、を実行させることを特徴とする。

[0023] また、本発明は記録媒体に関するものであり、エッジ起因錯視画像の画像データを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、前記エッジ起因錯視画像は、画像データにおいて、方位性のないフィルタもしくは方位性をもった偶型フィルタであって、且つ、比較的高い周波数の帯域を通過させるフィルタもしくは高域通過フィルタ、または、方位性のない近似フィルタおよび各方位性をもった複数の詳細フィルタの集合である方位選択性ウェーブレット・フレームもしくは方位選択性フィルタ・バンクである、二次元ディジタルフィルタを適用してなるエッジ起因錯視画像であって、比較的高い周波数の帯域成分もしくは高周波成分が取り出され、および／または、前記帯域成分もしくは前記高周波成分のエッジに彩色が施されていること、を特徴とする画像データを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であることを特徴とする。

[0024] また、本発明は、エッジ起因錯視画像が印刷された印刷媒体であって、前記エッジ起因錯視画像は、画像データにおいて、方位性のないフィルタもしくは方位性をもった偶型フィルタであって、且つ、比較的高い周波数の帯域を通過させるフィルタもしくは高域通過フィルタ、または、方位性のない近似フィルタおよび各方位性をもった複数の詳細フィルタの集合である方位選択性ウェーブレット・フレームもしくは方位選択性フィルタ・バンクである、二次元ディジタルフィルタを適用してなるエッジ起因錯視画像であって、比較的高い周波数の帯域成分もしくは高周波成分が取り出され、および／または、前記帯域成分もしくは前記高周波成分のエッジに彩色が施されていること、を特徴とする。

発明の効果

[0025] 本発明によれば、任意の画像に適用でき、煩雑な作業をすることなく自動的にエッジ起因錯視を発生させることができ、またエッジ起因錯視を利用してコントラスト改善を図ることができる、エッジ起因錯視生成装置、エッジ起因錯視生成方法、エッジ起因錯視生成プログラム、記録媒体、ならびに、印刷媒体を提供することができる、という効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]図１は、本実施の形態が適用される本エッジ起因錯視生成装置の構成の一例を示すブロック図である。

[図2]図２は、次数５のレベル３の最大重複かざぐるまフレームレット・フィルタに次数５のレベル１とレベル２の最大重複かざぐるまフレームレット・近似フィルタを循環相関積して得られるフィルタを示す図である。

[図3]図３は、次数７のレベル２（高周波数側）の最大重複かざぐるまフレームレット・フィルタにレベル１の最大重複かざぐるまフレームレット・近似フィルタを循環相関積したフィルタを示す図である。

[図4]図４は、次数７のレベル３（低周波数側）の最大重複かざぐるまフレームレット・フィルタにレベル１とレベル２の最大重複かざぐるまフレームレット・近似フィルタを循環相関積したフィルタを示す図である。

[図5]図５は、次数７、レベルｋのかざぐるまフレームレットにおいて、近似部分をa_k（１）で表し、詳細部分をd_k（１）～d_k（９９）の記号（番号）で表した図である。

[図6]図６は、本実施の形態におけるエッジ起因錯視生成装置１００の基本処理の一例を示すフローチャートである。

[図7]図７は、最大重複多重解像度分解のフィルタ・バンクの一例を示す図である。

[図8]図８は、実施例１の原画像を示す図である。

[図9]図９は、実施例１の重み付けを示す図表である。

[図10]図１０は、実施例１にて得られた「滑らかなエッジに起因する錯視」を示す図である。

[図11]図１１は、図１０において同じ色の領域を白色で示した図である。

[図12]図１２は、図１０の中心を通る水平線上の輝度のグラフを示す図である。

[図13]図１３は、実施例２にて用いたフィルタの重み付けを示す図表である。

[図14]図１４は、実施例２にて用いたフィルタの重み付けを示す図表である。

[図15]図１５は、実施例２にて用いたフィルタの重み付けを示す図表である。

[図16]図１６は、実施例２の重み付けにより得られた錯視画像を示す図である。

[図17]図１７は、図１６の中心を通る水平線上の輝度のグラフを示す図である。

[図18]図１８は、実施例３により得られた墨絵効果を示す図である。

[図19]図１９は、図１８の中心を通る水平線上の輝度のグラフを示す図である。

[図20]図２０は、実施例４の原画像であり、３つの輝度で原画像が構成され

ている。

[図21]図２１は、実施例４で図２０の処理に用いた重み付けを示す図表である。

[図22]図２２は、実施例４で図２０の原画像から得られた錯視画像である。

[図23]図２３は、実施例４において４つの異なる輝度をもつ原画像を示す図である。

[図24]図２４は、実施例４で図２３の処理に用いた重み付けを示す図表である。

[図25]図２５は、実施例４の４つの輝度の原画像から得られた錯視画像を示す図である。

[図26]図２６は、実施例５の原画像を示す図である。

[図27]図２７は、図２６を原画像とした滑らかなエッジの水彩錯視である。

[図28]図２８は、実施例５の重み付けを示す図表である。

[図29]図２９は、図２６を原画像としたクレイク・オブライエン・コーンスイート効果型のエッジの水彩錯視を示す図である。

[図30]図３０は、３次のかざぐるまフレームレットによる最大重複多重解像度分解で、フィルタの重み付けを示す図表である。

[図31]図３１は、３次のかざぐるまフレームレットによる最大重複多重解像度分解で、フィルタの重み付けを示す図表である。

[図32]図３２は、複数の色からなる複雑な図柄の原画像を示す図である。

[図33]図３３は、図３２を原画像とする水彩錯視を示す図である。

[図34]図３４は、図３３の白色以外の部分を黒に置き換えた図である。

[図35]図３５は、重み付けを示す図表である。

[図36]図３６は、実施例６にて用いた原画像である。

[図37]図３７は、実施例６の重み付けを示す図表である。

[図38]図３８は、図３６の原画像を図３７の重み付けでＬ*を処理し、スケーリングして表示した図である。

[図39]図３９は、図３６の原画像に図３８を適切にスケーリングして重畳的

に加えた画像を示す図である。

[図40]図４０は、実施例６の第二の重み付けを示す図表である。

[図41]図４１は、図３６の原画像を図４０の重み付けでＬ*にフィルタ処理した画像をスケーリングして表示した図である。

[図42]図４２は、図３６の原画像に図４１の画像を適切にスケーリングして重畳的に加えた画像を示す図である。

[図43]図４３は、レベル２における次数７の最大重複かざぐるまフレームレット・フィルタ（ｍａｘｉｍａｌ　ｏｖｅｒｌａｐ　ｐｉｎｗｈｅｅｌ　ｆｒａｍｅｌｅｔ　ｆｉｌｔｅｒｓ　ａｔ　ｌｅｖｅｌ　２）にレベル１の近似フィルタを循環相関積して得たフィルタを示す図である。

[図44]図４４は、テスト画像に対し、かざぐるまフレームレットによりレベル２の最大重複多重解像度分解（２ｎｄ　ｓｔａｇｅ　ｏｆ　ｍａｘｉｍａｌ　ｏｖｅｒｌａｐ　ＭＲＡ　ｄｅｃｏｍｐｏｓｉｔｉｏｎ　ｂｙ　ｐｉｎｗｈｅｅｌ　ｆｒａｍｅｌｅｔ）を行った結果の各合成サブバンド信号を示す図である。

発明を実施するための形態

[0027] 以下に、本発明にかかるエッジ起因錯視生成装置、エッジ起因錯視生成方法、および、プログラム、並びに、印刷媒体、および、記録媒体の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

[0028] ［エッジ起因錯視生成装置の構成］

次に、本エッジ起因錯視生成装置の構成について図１を参照して説明する。図１は、本実施の形態が適用される本エッジ起因錯視生成装置の構成の一例を示すブロック図であり、該構成のうち本実施の形態に関係する部分のみを概念的に示している。

[0029] 図１においてエッジ起因錯視生成装置１００は、概略的に、制御部１０２と通信制御インターフェース部１０４と入出力制御インターフェース部１０８と記憶部１０６を備える。ここで、制御部１０２は、エッジ起因錯視生成

装置１００の全体を統括的に制御するＣＰＵ等である。入出力制御インターフェース部１０８は、入力装置１１２や出力装置１１４に接続されるインターフェースである。また、記憶部１０６は、各種のデータベースやテーブルなどを格納する装置である。これらエッジ起因錯視生成装置１００の各部は任意の通信路を介して通信可能に接続されている。

[0030] 記憶部１０６に格納される各種のファイル（フィルタファイル１０６ａおよび画像データファイル１０６ｂ）は、固定ディスク装置等のストレージ手段である。例えば、記憶部１０６は、各種処理に用いる各種のプログラム、テーブル、ファイル、データベース、および、ウェブページ等を格納する。

[0031] これら記憶部１０６の各構成要素のうち、フィルタファイル１０６ａは、（１）方位性のないフィルタまたは方位性をもった偶型フィルタであって、且つ、（２）比較的高い周波数の帯域を通過させるフィルタまたは高域通過フィルタ、または、（３）方位性のない近似フィルタおよび各方位性をもった複数の詳細フィルタの集合である方位選択性ウェーブレット・フレームもしくは方位選択性フィルタ・バンクである、二次元ディジタルフィルタを記憶するフィルタ記憶手段である。（２）について、高い周波数の帯域を通過させるフィルタを用いるとエッジの両側が滑らかになり、そのエッジによるエッジ起因錯視が生成される。（以下、これを「滑らかなエッジに起因する錯視」と呼ぶ。）一方、高域通過フィルタを用いるとエッジの片側の滑らかさが失われ、クレイク・オブライエン・コーンスイート効果と同様のタイプのエッジが生成される。（１）については、方位性のないフィルタや方位性のあるフィルタを組み合わせて作成した方位性のないフィルタを用いてもよい。また、これに限られず、原画像が特定の方向の領域境界のみからなる場合や方位ごとに異なるエッジを生成する場合は方位性のある偶型のフィルタや複数の方位性のある偶型フィルタに重みを付けて足し合わせて作成したフィルタでもよい。ここで偶型フィルタとはそのフィルタのもつ方位性の方向を軸としたとき、対称な形のフィルタをさす。（１）、（２）の条件をみたすフィルタによるフィルタリングには、錯視を発生させたい領域を明るいエ

ッジもしくは暗いエッジで囲むまたは挟むようなエッジを作る効果がある。（３）の条件をみたすフィルタを適切に用いても同様の効果が得られる。

[0032] ここで、フィルタファイル１０６ａは、画像データと同一の画像サイズの単位インパルス信号に対して二次元ディジタルフィルタを予め適用した単位インパルス応答を記憶してもよい。なお、フィルタファイル１０６ａは、上記（３）のように、方位性のない近似フィルタ、および、各方位性をもった複数の詳細フィルタの集合である、方位選択性ウェーブレット・フレームまたは方位選択性フィルタ・バンクを記憶してもよい。なお、本実施の形態において、「ウェーブレット」とは、古典的なウェーブレットや、狭義のウェーブレット等に限られず、広義のウェーブレットをも含む。例えば、ウェーブレットは、有限長波形、もしくは、０から増幅して速やかに０に収束するような振幅を伴う波様の振動であり、一例として、ガボール・フィルタや、カーブレットのようなウェーブレット擬きを含む。

[0033] ここで、本実施の形態では、多様な周波数特性や方位性を有する、コンパクトな台をもつ微分可能な関数として表現することができるＦＩＲフィルタとして、かざぐるまフレームレット（ｐｉｎｗｈｅｅｌ ｆｒａｍｅｌｅｔ）（後述する項目［かざぐるまフレームレット］参照）を用いる場合があるが、これに限られず、例えば、単純かざぐるまフレームレット（ｓｉｍｐｌｅ ｐｉｎｗｈｅｅｌ ｆｒａｍｅｌｅｔ）（非特許文献９：Ｈｉｔｏｓｈｉ Ａｒａｉ ｅｔ ａｌ．，“２Ｄ ｔｉｇｈｔ ｆｒａｍｅｌｅｔｓ ｗｉｔｈ ｏｒｉｅｎｔａｔｉｏｎ ｓｅｌｅｃｔｉｖｉｔｙ ｓｕｇｇｅｓｔｅｄ ｂｙ ｖｉｓｉｏｎ ｓｃｉｅｎｃｅ”，ＪＳＩＡＭ Ｌｅｔｔｅｒｓ Ｖｏｌ．１，９-１２，２００９参照）や、かざぐるまフレームレットの定義式（例えば、項目［かざぐるまフレームレット］にて後述する、式$F^{1}_{k,l}(\theta_1,\theta_2)$または式$F^{2}_{k,l}(\theta_1,\theta_2)$）を構成する項の係数、および／または、指数を変更して得られるフレームレット、単純かざぐるまフレームレットのフィルタの周波数応答関数を構成する項（［非特許文献９］）の係数を変更して得られるフレームレット等を用いてもよい。こ

れら、および（上述した狭義の）かざぐるまフレームレットを総称して広義かざぐるまフレームレットと呼ぶ。ここで、「広義かざぐるまフレームレット」は、方位性のない近似フィルタ、および、各方位性をもった複数の詳細フィルタの集合であって、次数を有するフィルタ・バンクである。換言すると、かざぐるまフレームレット、［非特許文献９］で導入した単純かざぐるまフレームレット、および、それらのフレームレットのフィルタに修正を加えたものを「広義かざぐるまフレームレット」という。広義かざぐるまフレームレットは、方位選択性のある２次元フレームレットである。また、広義かざぐるまフレームレットは、多重解像度分解ができ、多様な方位選択性をもち、有限長のフィルタからなるフィルタ・バンクであるという性質がある。なお、かざぐるまフレームレットは単純かざぐるまフレームレットよりも、よりヒトの脳内での視覚情報処理の特性を反映するという点で、優れた機能をもつ別のものであり、構成の方法も大きく異なるものである。

[0034] また、本実施形態では、かざぐるまウェーブレット・フレーム（ｐｉｎｗｈｅｅｌ　ｗａｖｅｌｅｔ　ｆｒａｍｅ）を用いてもよい（非特許文献１０参照）。

[0035] 一例として、かざぐるまフレームレットは、ヒトの視覚皮質の単純細胞による情報処理を数理モデル化したものである。この分解は、ヒトの脳内で単純細胞により分解される信号の数理的なモデルである。かざぐるまフレームレットには、次数があり、次数は３以上の奇数で、次数が大きくなるほど、それだけ多くの方位を検出できるゆえ、多様なフィルタ作成が可能となる。なお、その分、フィルタの枚数は多くなり、計算時間も増すという性質がある。また、一例として、次数ｎのかざぐるまフレームレットのフィルタ数は、$(n+1)^2+(n-1)^2$となる。このうち、一つのフィルタが、近似フィルタであり、残りのフィルタが詳細フィルタである。ここで、図２は、次数５のレベル３の最大重複かざぐるまフレームレット・フィルタに次数５のレベル１とレベル２の最大重複かざぐるまフレームレット・近似フィルタを循環相関積して得られるフィルタである（循環相関積について、例えば、新

井仁之著「線形代数　基礎と応用」株式会社日本評論社（２００６年）を参照）。なお、かざぐるまフレームレットは、単純かざぐるまフレームレットに比べて、神経科学的に、より大脳皮質Ｖ１野の単純細胞に近いモデルになっている。

[0036] このかざぐるまフレームレットは、次数５であるので、たとえば図２に示すように、各レベルについて左側の６×６個のフィルタと、右側の４×４個のフィルタを合わせて、合計で５２枚のフィルタの集合からなっている。このうち、図の中央上部の黒い矩形で囲んだ１枚が、レベル１からレベル３までの近似フィルタの循環相関積により得られるフィルタであり、その他の５１枚が、レベル３の詳細フィルタにレベル１から２までの近似フィルタを循環相関積して得られるフィルタである。詳細フィルタから作られる上記フィルタの方位性は、近似フィルタのみから作られるフィルタを中心として、およそ風車の回転する向きに並べている。なお、後に詳述するように、各次数のかざぐるまフレームレットによる最大重複多重解像度分解には、レベルがあり、レベル１はもっとも細かい部分（高周波部分）を検出する。図２は、レベル３のかざぐるまフレームレットであり、レベル２、３・・・と大きくなるにつれ、大まかな部分（低周波部分）が検出される。なお、フィルタファイル１０６ａは、かざぐるまフレームレット等の方位選択性ウェーブレット・フレームを、関数の形式（フレームレット・フィルタの周波数応答関数等）で記憶してもよい。関数の具体例については後述する。

[0037] なお、上記に限られず、本実施の形態において様々なウェーブレットを用いてもよい。ただし、本実施の形態において、多様な周波数成分や方位成分を増減させるため、好適には、多様な周波数特性や方位性を有する広義かざぐるまフレームレットまたはかざぐるまウェーブレット・フレームを用いる。ここで、ウェーブレットは、古典的なウェーブレットや、狭義のウェーブレット等に限られず、広義のウェーブレットをも含む。例えば、ウェーブレットは、有限長波形、もしくは、０から増幅して速やかに０に収束するような振幅を伴う波様の振動であり、一例として、ガボール・フィルタや、カー

ブレットのようなウェーブレット擬きを含む。また、フィルタファイル１０６ａは、方位選択性ウェーブレット・フレームのようなフレームに限らず、方位選択性フィルタ・バンク等のフィルタ群や方位性のあるフィルタを記憶してもよい。各方位性のあるフィルタは、一例として、各方位性をもった複数の詳細フィルタであり、例えば、サブバンド信号等の成分がフィルタにより抽出される。なお、かざぐるまウェーブレット・フレームは、構成するフィルタの長さが原画像の画素数に応じて変化するのに対して、広義かざぐるまフレームレットは、フィルタの長さが画素数に関係しない、という性質がある。例えば、かざぐるまフレームレットは、方位選択性のある２次元フレームレットであり、ウェーブレット・フレームの一種である。また、方位性が多方向のかざぐるまフレームレットに限らず、方位性が水平方向、垂直方向、対角方向からなる双直交ウェーブレットフィルタ・バンクを用いてもよい。

[0038] ここで、フィルタファイル１０６ａに記憶されるフィルタは、かざぐるまフレームレット等の方位選択性ウェーブレット・フレームや方位選択性フィルタ・バンクそのものに限らず、これらから作成された、所定の周波数特性および／または所定の方位性をもつフィルタであってもよい。一例として、フィルタファイル１０６ａに記憶されるフィルタは、単位インパルス信号の単位インパルス応答であってもよく、このようなディジタルフィルタは、画像データと同じ画素数の単位インパルス信号に広義かざぐるまフレームレットによる多重解像度分解を行って取得したサブバンド信号を足し合わせることにより再構成する際に、複数のフィルタのうち、所定の周波数特性および／または所定の方位性をもつフィルタの少なくとも一つに対応するサブバンド信号を、減衰または増幅させることにより得られる単位インパルス信号の単位インパルス応答である。このような、単位インパルス応答は、目的の原画像の画像データを高速計算するために用いられる。

[0039] また、他の例として、フィルタファイル１０６ａに記憶されるフィルタは、広義かざぐるまフレームレットの各フィルタに対する周波数応答関数にお

いて、所定の重みを付けて、それらを所定の方法で乗算、加算してフィルタ係数を計算することにより作成される画像処理用ディジタルフィルタであってもよく、その所定の重みは、複数のフィルタのうち、所定の周波数特性および／または所定の方位性をもつフィルタの少なくとも一つに対応するサブバンド信号を、減衰または増幅させる重みであってもよい。なお、所定の周波数特性および／または所定の方位性をもつフィルタの例や重み付けの例については後述する。

[0040] また、画像データファイル１０６ｂは、画像データを記憶する画像データ記憶手段である。例えば、エッジ起因錯視のうち、エッジに起因する輝度の錯視を生成する場合、画像データファイル１０６ｂは、原画像の画像データとして、ｎ階調のグレースケール画像を記憶してもよい（ｎは２以上の整数）。原画像の階調によって生成される錯視画像の錯視効果が変わり得るが、階調の幅は均等でなくともよい。なお、エッジ起因錯視のうち水彩錯視を生成する場合は、エッジを作成した後に任意の彩色を施すことができるので、画像データファイル１０６ｂに記憶される原画像としては、カラー画像を用いても、グレースケール画像を用いてもよい。また、コントラストの改善を目的としてエッジ起因錯視を利用する場合、原画像としては、カラー画像やグレースケール画像などの任意の画像データを用いることができる。ここで、画像データファイル１０６ｂに記憶される画像データは、予め各色成分ごとに色調や階調値等が記述された画像データであってもよく、本実施の形態で扱われる色成分によって記述されていない画像データであってもよい。なお、後者の場合には、後述する色空間変換部１０２ｆによって、所望の色空間に変換され、各色成分の強度として記述される。また、画像データファイル１０６ｂに記憶される画像データは、入力装置１１２を介して入力された画像データでもよく、外部システム２００等からネットワーク３００を介して受信した画像データでもよい。また、画像データは、カラー画像のイメージデータであってもよく、グレースケールのイメージデータであってもよい。カラーの場合は、例えば、ＣＩＥ　Ｌ＊ａ＊ｂ＊色空間等による画像データに

基づいて、本発明の処理を行ってもよい。なお、かざぐるまフレームレット等の方位選択性ウェーブレット・フレームにより多重解像度分解される前の元の画像（データ）を原画像（データ）と呼び、サブバンド信号に基づき再構成された後の画像（データ）を再構成画像（データ）と呼ぶ。また、多重解像度分解の分解フェーズにおけるサブバンド信号に処理を加えたものによる画像（データ）、または、多重解像度分解の合成フェーズにおけるサブバンド信号を足し合わせることにより再構成した画像（データ）を、処理画像（データ）と呼ぶ。すなわち、後者の処理画像（データ）は、再構成画像（データ）の一形態であるが、前者の処理画像（データ）は、再構成画像（データ）ではない。両者の区別を明確にするために、以下、前者の処理画像（データ）を「係数出力処理画像（データ）」と呼び、後者の処理画像（データ）を、「再構成処理画像（データ）」と呼ぶ場合がある。また、再構成処理画像（データ）に何らかの画像処理が施された画像も処理画像（データ）と呼ぶ。ここで、画像データファイル１０６ｂは、目的の原画像の画像データと同一の画像サイズ（画素数）の単位インパルス信号を画像データとして記憶してもよい。なお、画像データファイル１０６ｂに記憶された単位インパルス信号は、画像データとして同様にフィルタファイル１０６ａに記憶されたフィルタ・バンクに入力され、出力された単位インパルス応答は、目的の原画像の画像データを高速計算するために用いられる。なお、画像データは、例えば、ラスタ形式またはベクタ形式の二次元画像データ等である。また、画像は、一例として、デザイン（意匠）、写真、文字等を表す、任意の画像であってもよい。また、画像は、静止画像に限らず、動画像（映像）であってもよい。

[0041] 再び図１に戻り、入出力制御インターフェース部１０８は、入力装置１１２や出力装置１１４の制御を行う。ここで、出力装置１１４としては、モニタ（家庭用テレビを含む）等の表示装置や、プリンタ等の印刷装置等を用いることができる。また、入力装置１１２としては、カメラ等の撮像装置、外部記憶媒体に接続される入力装置等の他、キーボード、マウス、およびマイ

ク等を用いることができる。

[0042] また、図１において、制御部１０２は、ＯＳ（Ｏｐｅｒａｔｉｎｇ Ｓｙｓｔｅｍ）等の制御プログラムや、各種の処理手順等を規定したプログラム、および、所要データを格納するための内部メモリを有する。そして、制御部１０２は、これらのプログラム等により、種々の処理を実行するための情報処理を行う。制御部１０２は、機能概念的に、フィルタ処理部１０２ａ、色空間変換部１０２ｆ、および、処理画像出力部１０２ｇを備える。ここで、フィルタ処理部１０２ａは、分解部１０２ｂ、および、再構成部１０２ｃを備え、再構成部１０２ｃは、更に重み付け部１０２ｄを備える。

[0043] このうち、フィルタ処理部１０２ａは、方位性のないフィルタもしくは方位性をもった偶型フィルタであって、且つ、比較的高い周波数の帯域を通過させるフィルタもしくは高域通過フィルタ、または、方位性のない近似フィルタおよび各方位性をもった複数の詳細フィルタの集合である方位選択性ウェーブレット・フレームもしくは方位選択性フィルタ・バンクである、二次元ディジタルフィルタを、画像データに対して適用するフィルタ処理手段である。より具体的には、フィルタ処理部１０２ａは、二次元ディジタルフィルタを適用して、比較的高い周波数の帯域成分もしくは高周波成分を取り出すことによりエッジ起因錯視画像を生成してもよく、取り出した帯域成分もしくは高周波成分のエッジに彩色を施すことによりエッジ起因錯視画像を生成してもよい。例えば、フィルタ処理部１０２ａは、比較的高い周波数の帯域を通過させるフィルタ（高域バンドパスフィルタ）を適用することにより、エッジの両側を滑らかにさせて、本願発明者が考案した「滑らかなエッジに起因する錯視」を生成させてもよい。また、フィルタ処理部１０２ａは、高域通過フィルタ（ＨＰＦ：ハイパスフィルタ）を適用することにより、エッジの片側が滑らかでない、クレイク・オブライエン・コーンスイート効果を発生させてもよい。

[0044] また、フィルタ処理部１０２ａは、「滑らかなエッジに起因する錯視」やクレイク・オブライエン・コーンスイート効果等の錯視画像において、所定

の階調の閾値において画像の階調を多値化（少なくとも三値化）させることにより墨絵効果を有する錯視画像を生成させてもよい。例えば、フィルタ処理部１０２ａは、２５５階調のグレースケールの錯視画像において１２８より大きい値を１２８＋αとし（αは適当な値）、１２８未満の１２８－αとして、墨絵効果を奏する画像データを生成させてもよい。さらに、フィルタ処理部１０２ａは、「滑らかなエッジに起因する錯視」やクレイク・オブライエン・コーンスイート効果等の錯視画像を利用して、写真等のコントラストを改善させてもよい。例えば、フィルタ処理部１０２ａは、原画像の輝度画像データ（ＣＩＥ　Ｌ＊ａ＊ｂ＊のＬ＊画像データ等）に対して二次元ディジタルフィルタを適用し、得られた錯視画像を原画像に重畳させることにより、コントラストを改善した処理画像を生成してもよい。

[0045] また、フィルタ処理部１０２ａは、「滑らかなエッジに起因する錯視」やクレイク・オブライエン・コーンスイート効果等の錯視画像を用いて、色彩に関するエッジ起因錯視である水彩錯視を生成させてもよい。例えば、フィルタ処理部１０２ａは、比較的高い周波数の帯域を通過させるフィルタ（高域バンドパスフィルタ）を適用することにより「滑らかなエッジに起因する錯視」を発生させる帯域成分を取り出し、取り出した帯域成分のエッジに彩色を施すことにより水彩錯視画像を生成してもよい。他の例として、フィルタ処理部１０２ａは、高域通過フィルタ（ＨＰＦ：ハイパスフィルタ）を適用することにより高周波成分を取り出し、取り出した高周波成分のエッジに彩色を施すことにより水彩錯視画像を生成してもよい。エッジ彩色の一例として、フィルタ処理部１０２ａは、エッジの内側の領域の色（地の色）を白色とし、この領域を水彩錯視で着色したい色で、内側のエッジを着色してもよい。これにより、着色したエッジの内側領域は、全体が薄く彩色されているかのように見える錯視効果を奏する。エッジを着色する際は、エッジの階調の変化に応じて色が変化するように着色してもよく、またエッジを一様な色に着色してもよい.

[0046] 広義かざぐるまフレームレットやかざぐるまウェーブレット・フレームな

どの方位選択性フィルタ・バンク等を用いる場合、一例として、フィルタ処理部１０２ａは、近似フィルタと高次数の詳細フィルタに対応するサブバンド信号を相対的に減衰させ、低次数の詳細フィルタに対応するサブバンド信号を相対的に増幅させる重み付け等の処理を行ってもよいものである。また、フィルタ処理部１０２ａは、方位性のない近似フィルタ、および、各方位性をもった複数の詳細フィルタの集合である、方位選択性ウェーブレット・フレームまたは方位選択性フィルタ・バンクによる多重解像度分解を行い、サブバンド信号を取得し、取得されたサブバンド信号を適切な重みを付けて足し合わせることにより画像を再構成してもよい。なお、フィルタ処理部１０２ａは、ディジタルフィルタとして機能する回路等として構成されてもよい。ここで、図１に示すように、本実施の形態において、フィルタ処理部１０２ａは、以下に示すように、分解部１０２ｂおよび再構成部１０２ｃを備える。

[0047] このうち、分解部１０２ｂは、画像データに対して、多重解像度分解を行い、サブバンド信号を取得する分解手段である。例えば、分解部１０２ｂは、フィルタファイル１０６ａに記憶された、かざぐるまフレームレット等の二次元フィルタによる多重解像度分解を行い、サブバンド信号を取得する分解手段である。ここで、サブバンド信号には、多重解像度分解の分解フェーズにおけるサブバンド信号と、多重解像度分解の合成フェーズにおけるサブバンド信号と、の２種類がある。両者の区別を明確にするために、以下、分解フェーズにおけるサブバンド信号を「分解サブバンド信号」と呼び、合成フェーズにおけるサブバンド信号を「合成サブバンド信号」と呼ぶ場合がある 。ここで、「多重解像度分解」は、最大重複多重解像度分解、最大間引き多重解像度分解、および、一部間引き一部重複多重解像度分解を含む（最大重複多重解像度分解について、例えば、新井仁之著「ウェーブレット」共立出版株式会社（２０１０年）参照）。なお、分解部１０２ｂにより多重解像度分解を計算する際に、循環相関積、循環畳み込み積が使われるが、それらは高速フーリエ変換を用いる公知の高速計算方法により計算してもよい。上

述のように、かざぐるまフレームレット等の方位選択性ウェーブレット・フレームによる多重解像度分解には、レベルがある。ここで、図３および図４は、かざぐるまフレームレットのレベルによる違いを示すための図であり、図３は、レベル２（高周波数側）の最大重複かざぐるまフレームレット・フィルタにレベル１の最大重複かざぐるまフレームレット・近似フィルタを循環相関積したフィルタを示し、図４は、レベル３（低周波数側）の最大重複フレームレット・フィルタにレベル１とレベル２の最大重複かざぐるまフレームレット・近似フィルタを循環相関積したフィルタを示している。なお、いずれも次数は７であるので、（７＋１）^{2}＋（７－１）^{2}＝１００個のフィルタがある。

[0048] 一例として、分解部１０２ｂは、まず、レベル１のかざぐるまフレームレットによる最大重複多重解像度分解により、もっとも細かい部分（高周波部分）を検出し、レベル２，３・・・と大きくなるにつれ、大まかな部分（低周波部分）を検出する。

[0049] かざぐるまフレームレットによる多重解像度分解には、分解フェーズと合成フェーズがある。各フェーズは、近似フィルタと詳細フィルタの配列（アレイ）からなるフィルタ・バンクにより構成されている。分解部１０２ｂは、分解フェーズおよび合成フェーズにおける画像処理を実行後、最終的に、原画像データを「フィルタ数×レベル」個の画像信号（すなわち、サブバンド信号）に分解する。

[0050] 例えば、次数７のかざぐるまフレームレットによるレベル５の最大重複多重解像度分解の場合、あるレベルｋ（ｋ＝１から５）のサブバンド信号には、１枚の近似フィルタにより得られる１つの近似部分と、９９枚の詳細フィルタにより得られる９９個の詳細部分がある。ここで、図５は、次数７、レベルｋのかざぐるまフレームレットにおいて、近似部分をa_k（１）で表し、詳細部分をd_k（１）～d_k（９９）の記号（番号）で表した図である。なお、記号（番号）の位置は、図３（ｋ＝２）または図４（ｋ＝３）における各フィルタの位置と対応づけられている。すなわち、a_k（１）およびd_k（１

）～d_k（９９）は、図３または図４における対応する位置のフィルタから取得されたサブバンド信号を表している。このように、かざぐるまフレームレットによる多重解像度分解には、分解フェーズと合成フェーズがあり、合成フェーズ後、「フィルタ数×レベル」個の信号が得られるが、これらの信号はサブバンド信号であり、分解フェーズ後で合成フェーズ前の分解サブバンド信号と区別するために合成サブバンド信号と呼ぶ場合がある。なお、以下の表は、原画像からの画像処理の経過に沿って用語をまとめた一覧である。広義かざぐるまフレームレット以外の方位選択性ウェーブレット・フレームまたは方位選択性フィルタ・バンクを用いる場合も同様である。

［表：用語一覧］

原画像

↓＜分解フェーズ＞

分解フェーズにおけるサブバンド信号（分解サブバンド信号）

・分解フェーズから出力される詳細係数（分解詳細係数）

・分解フェーズから出力される近似係数（分解近似係数）

↓＜各種処理＞

↓→　処理画像（係数出力処理画像）

↓＜合成フェーズ＞

合成フェーズにおけるサブバンド信号（合成サブバンド信号）

・合成フェーズから出力される詳細係数

・合成フェーズから出力される近似係数

↓＜再構成＞

処理画像（再構成処理画像）

[0051]　また、再構成部１０２ｃは、分解部１０２ｂにより取得されたサブバンド信号を足し合わせることにより画像を再構成して、再構成画像データを取得する再構成手段である。例えば、再構成部１０２ｃは、上述した最大レベルの近似フィルタにより得られた近似部分のサブバンド信号と、すべての詳細フィルタにより得られた詳細部分のサブバンド信号を足し合わせることによ

って、画像を再構成して再構成画像データを取得する。このとき、かざぐるまフレームレットが完全再構成性であって、後述する重み付け部１０２ｄによる処理を行わなければ、再構成部１０２ｃは、原画像と同じ画像を再現する。換言すれば、再構成部１０２ｃは、重み付け部１０２ｄによる処理により特定のサブバンド信号を減衰（削除）したり増幅（強調）したりしてから、足し合わせることによって、原画像とは異なる再構成画像データ、すなわち処理画像データを取得する。

[0052] ここで、上述した記号（番号）を用いて、完全再構成性と重み付け処理（画像処理）の関係について説明する。原画像の入力信号（原信号）をｘとすると、最大重複多重解像度分解の完全再構成性は以下の式で表される。

$$x = a_5(1) + (d_5(1) + \cdots + d_5(99)) + \cdots + (d_1(1) + \cdots + d_1(99))$$

[0053] ここで、近似部分と各詳細部分に対して適当な実数の係数を与えて、$a_{5,1}$、$b_{5,1}$、・・・、$b_{5,99}$、・・・、$b_{1,1}$、・・・、$b_{1,99}$とする。この場合、再構成画像（信号）は以下の式で表される。

$$y = a_{5,1}a_5(1) + (b_{5,1}d_5(1) + \cdots + b_{5,99}d_5(99)) + \cdots + (b_{1,1}d_1(1) + \cdots + b_{1,99}d_1(99))$$

[0054] このとき、各係数$a_{5,1} = b_{5,1} = \cdots = b_{5,99} = \cdots = b_{1,1} = \cdots = b_{1,99} = 1$の場合は、明らかにｘ＝ｙ（原画像と再構成画像が同一）であり、完全再構成となる。本実施の形態において、一例として、重み付け部１０２ｄは、所定の周波数特性および／または所定の方位性をもつフィルタに対応するサブバンド信号の係数$a_{5,1}$、$b_{5,1}$、・・・、$b_{5,99}$、・・・、$b_{1,1}$、・・・、$b_{1,99}$に、１ではない数値を設定することにより、原画像と同一ではない再構成画像（すなわち処理画像）を生成する。

[0055] ここで、詳細フィルタの分類について説明する。詳細フィルタは、その方位性に基づいて、５種類に分類することができる。すなわち、ある方向に直交する軸を「直交軸」と呼ぶとすると、（１）直交軸と同方向の方位性をもつ詳細フィルタ、（２）直交軸に垂直方向の方位性をもつ詳細フィルタ、（

３）直交軸に対し正の角度の方位性をもつ詳細フィルタ、（４）直交軸に対し負の角度の方位性をもつ詳細フィルタ、（５）方位分離されていない詳細フィルタ、の５つに分類することができる。ここで、直交軸に対する角度θは、反時計回りを正とし、－９０°＜θ≦＋９０°で表される。なお、直交軸に対して水平または垂直な方位性（θ＝０°，９０°）をもつ詳細フィルタは、（１）または（２）に分類するので、（３）または（４）には分類しない。また、「（５）方位分離されていない詳細フィルタ」では、直交軸に対する角度の絶対値が同一である正の角度と負の角度の両方の方位性を含んでいるので、（３）または（４）に分類しない。

[0056] 例えば、図５の例では、「（１）直交軸と同方向の方位性をもつ詳細フィルタ」に対応するサブバンド信号は、d_k（１５）、d_k（２３）、d_k（３１）、d_k（３９）、d_k（４７）、d_k（５５）、d_k（６３）となる。また、「（２）直交軸と垂直方向の方位性をもつ詳細フィルタ」に対応するサブバンド信号は、d_k（１）～d_k（７）となる。また、「（３）直交軸に対し正の角度の方位性をもつ詳細フィルタ」に対応するサブバンド信号は、d_k（６４）～d_k（９９）となる。また、「（４）直交軸に対し負の角度の方位性をもつ詳細フィルタ」に対応するサブバンド信号は、d_k（９）～d_k（１４）、d_k（１７）～d_k（２２）、d_k（２５）～d_k（３０）、d_k（３３）～d_k（３８）、d_k（４１）～d_k（４６）、d_k（４９）～d_k（５４）となる。また、「（５）方位分離されていない詳細フィルタ」に対応するサブバンド信号は、d_k（８）、d_k（１６）、d_k（２４）、d_k（３２）、d_k（４０）、d_k（４８）、d_k（５６）～d_k（６２）となる。

[0057] また、詳細フィルタは、その周波数特性によっても特徴付けることができる。すなわち、かざぐるまフレームレットの近似フィルタを中心に、近似部分から同心円状に広がる詳細フィルタは、中心から遠ざかるほど高周波成分を通過させ、中心に近づくほど低周波成分を通過させるという特徴を有する。換言すると、かざぐるまフレームレットのフィルタ配置において近似フィルタから遠い側の詳細フィルタは、高周波成分のサブバンド信号を取得し、

フィルタ配置において近似フィルタから近い側の詳細フィルタは、低周波成分のサブバンド信号を取得する。

[0058] 図５の例では、最も低周波側の周波数特性をもつ詳細フィルタに対応するサブバンド信号は、d_k（７）、d_k（１４）、d_k（１５）、d_k（６４）となる。次に低周波側の周波数特性をもつ詳細フィルタに対応するサブバンド信号は、d_k（６）、d_k（１３）、d_k（２１）～d_k（２３）、d_k（６５）、d_k（７０）、d_k（７１）となる。そして、次に低周波側の周波数特性をもつ詳細フィルタに対応するサブバンド信号は、d_k（５）、d_k（１２）、d_k（２０）、d_k（２８）～d_k（３１）、d_k（６６）、d_k（７２）、d_k（７６）～d_k（７８）となる。次に低周波側の（比較的中周波の）周波数特性をもつ詳細フィルタに対応するサブバンド信号は、d_k（４）、d_k（１１）、d_k（１９）、d_k（２７）、d_k（３５）～d_k（３９）、d_k（６７）、d_k（７３）、d_k（７９）、d_k（８２）～d_k（８５）となる。そして、次に低周波側の（比較的高周波側の）周波数特性をもつ詳細フィルタに対応するサブバンド信号は、d_k（３）、d_k（１０）、d_k（１８）、d_k（２６）、d_k（３４）、d_k（４２）～d_k（４７）、d_k（６８）、d_k（７４）、d_k（８０）、d_k（８６）、d_k（８８）～d_k（９２）となる。そして、次に低周波側の（比較的高周波側の）周波数特性をもつ詳細フィルタに対応するサブバンド信号は、d_k（２）、d_k（９）、d_k（１７）、d_k（２５）、d_k（３３）、d_k（４１）、d_k（４９）～d_k（５５）、d_k（６９）、d_k（７５）、d_k（８１）、d_k（８７）、d_k（９３）、d_k（９４）～d_k（９９）となる。そして、次に低周波側の（最も高周波側の）周波数特性をもつ詳細フィルタに対応するサブバンド信号は、d_k（１）、d_k（８）、d_k（１６）、d_k（２４）、d_k（３２）、d_k（４０）、d_k（４８）、d_k（５６）～d_k（６３）となる。

[0059] 以上が、詳細フィルタの分類についての説明である。ここで、再構成部１０２ｃは、図１に示すように、重み付け部１０２ｄを備える。

[0060] 重み付け部１０２ｄは、所定の周波数特性（定めるところの特定の周波数

特性）および必要に応じて所定の方位性（定めるところの特定の方位性）をもつフィルタに対応するサブバンド信号を減衰または増幅させる重み付け手段である。一例として、重み付け部１０２ｄは、複数のフィルタのうち、フィルタ配置において近似フィルタと、近似フィルタから遠い側の詳細フィルタに対応する合成サブバンド信号を相対的に減衰させ、フィルタ配置において近似フィルタから近い側の詳細フィルタに対応する合成サブバンド信号を相対的に増幅させる重み付けを行うことにより、エッジ起因錯視成分を得られるように画像処理を行ってもよい。より具体的には、上述したかざぐるまフレームレットの近似フィルタに対応する合成サブバンド信号と近似フィルタに遠い位置にある高周波側の周波数特性をもつ詳細フィルタに対応する合成サブバンド信号に対する重み係数を０に近い値とし、近似フィルタから近い位置にある高周波側の周波数特性をもつ詳細フィルタに対応する合成サブバンド信号に対する重み係数を１に近い値に設定してもよい。また、重み付け部１０２ｄは、所定の周波数特性に加えて必要に応じて所定の方位性をもつ詳細フィルタに対応する合成サブバンド信号を減衰または増幅させる重み付けを行うことにより、所定の方位性成分が増減されるように画像処理を行ってもよい。例えば、上述したかざぐるまフレームレットの所定の周波数特性に加えて所定の方位性を有する詳細フィルタに対応する合成サブバンド信号に対する重み係数を１に近い値とし、それ以外を０に近い値に設定することにより、方位性を加味したエッジ起因錯視を生成することができる。

[0061] ここで、重み付け部１０２ｄは、分解部１０２ｂにより取得されたサブバンド信号に重み係数をかけて足し合わせることにより重み付けしてもよく、関数形式で記憶されたフレームレット・フィルタの周波数応答関数に重み付けを行ってもよく、その後各フィルタ係数を導き出してもよく、あるいは重み付けした各周波数応答関数を所定の方法で乗算、加算し、フィルタ係数を求めてフィルタファイル１０６ａに格納しておくことにより、高速に再構成画像データを得られるようにしてもよい。また分解フェーズおよび／または合成フェーズにおけるフィルタに重み付けしてもよい。なお、重み付け部１

０２ｄによる重み付け処理の下、フィルタ処理部１０２ａが、画像データと同じ画素数の単位インパルス信号に対して単位インパルス応答を予め取得してフィルタファイル１０６ａに格納しておくことにより、単位インパルス応答を用いて高速に再構成画像データを得られるようにしてもよい。すなわち、フィルタ処理部１０２ａは、新たな画像データに対して単位インパルス応答を用いた循環畳み込み積を求めることにより高速に処理画像データを得ることができる。

[0062] 本実施の形態において、重み付け部１０２ｄは、一例として、かざぐるまフレームレットの各レベルでの方位に基づく所定のフィルタ配置における位置、および／または、多重解像度分解におけるレベルにより、所定の周波数特性を指定することにより、所定の周波数成分が得られるように重み付けしてもよい。例えば、重み付け部１０２ｄは、多重解像度分解における所定レベルで近似フィルタに対応するサブバンド信号を相対的に減衰させる重み付けを行うことにより、低周波成分を除去して高周波成分を得られるように画像処理を行ってもよい。なお、この処理のため、分解部１０２ｂは、所定レベルまでの多重解像度分解を行うこととして、重み付け部１０２ｄは、最大レベルの近似フィルタにより得られた近似部分のサブバンド信号を相対的に減衰させる重み付け（例えば、最大レベルである所定レベルの近似部分の係数$a_{k,1}$を０に設定）を行ってもよい。これに限らず、分解部１０２ｂは、所定レベルより大きなレベルまで多重解像度分解を行う場合に、重み付け部１０２ｄは、所定レベルより大きなレベルの詳細部分および最大レベルの近似部分を相対的に減衰させる重み付けを行ってもよい。

[0063] また、重み付け部１０２ｄは、複数のフィルタのうち、フィルタ配置において近似フィルタに近い側（低周波数側）の詳細フィルタに対応するサブバンド信号を相対的に増幅させ、フィルタ配置において近似フィルタと近似フィルタから遠い側の詳細フィルタに対応するサブバンド信号を相対的に減衰させる重み付けを行うことにより、エッジ起因錯視効果を得られるように画像処理を行ってもよい。より具体的には、上述したかざぐるまフレームレッ

トの近似フィルタに対応するサブバンド信号と近似フィルタから遠い位置にある高周波側の周波数特性をもつ詳細フィルタに対応するサブバンド信号の係数を０に近い値とし、近似フィルタに近い位置にある低周波側の周波数特性をもつ詳細フィルタに対応するサブバンド信号の係数を１に近い値に設定してもよい。

[0064] 再び図１に戻り、色空間変換部１０２ｆは、色空間の変換や色成分の分解・合成等を行う色空間変換手段である。一例として、錯視画像をグレースケールとして計算した場合でも、色空間変換部１０２ｆは、輝度のみが変化するカラー画像に変換してもよい。また、色空間変換部１０２ｆは、画像データファイル１０６ｂに記憶された画像データがカラー画像の場合であって、本実施の形態で用いる色成分によってデータが記述されていない場合、目的の色空間（例えば、ＣＩＥＬＡＢ色空間）に変換してもよい。反対に、色空間変換部１０２ｆは、画像データファイル１０６ｂに記憶された画像データがカラー画像でない場合に、出力する錯視画像データを色付けする変換を行ってもよい。その他、色空間変換部１０２ｆは、画像データファイル１０６ｂに記憶された画像データの階調の調整や変更（通常の画像をｎ階調の画像に変更することや、ｎ階調からｍ階調への変更・調整など）等を行う。なお、必要ならば色空間変換部１０２ｆは、再構成部１０２ｄによる画像データ再構成処理において、色成分の合成や、色空間の変換、輝度・色のスケール変換、画像データの階調の調整や変更等を行う。

[0065] また、処理画像出力部１０２ｇは、フィルタ処理部１０２ａにより取得されたエッジ起因錯視を生じさせる処理画像データ（係数出力処理画像データまたは再構成処理画像データ等）を、出力装置１１４に出力する処理画像出力手段である。例えば、処理画像出力部１０２ｇは、モニタ等の表示装置に処理画像を表示出力してもよく、プリンタ等の印刷装置に処理画像を印刷出力して印刷媒体を製造してもよく、記録媒体格納装置に処理画像データを出力して記録媒体に処理画像データを格納することにより記録媒体を製造してもよい。印刷対象の媒体としては、例えば、紙、プラスティック、ガラス、

金属、透明シート（一例としてＯＨＰシート）等であってもよく、例えば、チラシやうちわ、カード、絵本、年賀状、クリスマスカード、名刺、缶などの容器等の形態であってもよい。また、処理画像出力部１０２ｇは、錯視画像を分割して複数の媒体に出力し（たとえばエッジと地を別々の媒体に出力し）、それを重ねることにより錯視が知覚できるようにしてもよい。なお、出力する形態に応じて、処理画像出力部１０２ｇは、用途に応じたデザイン変更（例えば、はがきサイズ等に変更）を行ってもよい。また、処理画像出力部１０２ｇは、処理画像データをネットワーク３００を介して外部システム２００に送信してもよい。

[0066] すなわち、このエッジ起因錯視生成装置１００は、ルータ等の通信装置および専用線等の有線または無線の通信回線を介して、ネットワーク３００に通信可能に接続されてもよい。図１において、通信制御インターフェース部１０４は、エッジ起因錯視生成装置１００とネットワーク３００（またはルータ等の通信装置）との間における通信制御を行う。すなわち、通信制御インターフェース部１０４は、通信回線等に接続されるルータ等の通信装置（図示せず）に接続されるインターフェースであり、他の端末と通信回線を介してデータを通信する機能を有する。図１において、ネットワーク３００は、エッジ起因錯視生成装置１００と外部システム２００とを相互に接続する機能を有し、例えば、インターネット等である。

[0067] 図１において、外部システム２００は、ネットワーク３００を介して、エッジ起因錯視生成装置１００と相互に接続され、画像データやかざぐるまフレームレットに関する外部データベースや、コンピュータをエッジ起因錯視生成装置として機能させるためのプログラムを提供する機能を備えてもよい。ここで、外部システム２００は、ＷＥＢサーバやＡＳＰサーバ等として構成していてもよい。また、外部システム２００のハードウェア構成は、一般に市販されるワークステーション、パーソナルコンピュータ等の情報処理装置およびその付属装置により構成していてもよい。また、外部システム２００の各機能は、外部システム２００のハードウェア構成中のＣＰＵ、ディス

ク装置、メモリ装置、入力装置、出力装置、通信制御装置等およびそれらを制御するプログラム等により実現される。

[0068] 以上で、本実施の形態におけるエッジ起因錯視生成装置１００の構成の説明を終える。

[0069] ［エッジ起因錯視生成装置１００の処理］

次に、このように構成された本実施の形態における本エッジ起因錯視生成装置１００の処理の一例について、以下に図６および図７を参照して詳細に説明する。

[0070] ［基本処理］

まず、エッジ起因錯視生成装置１００により実行される画像処理の一例として、基本処理について説明する。

[0071] 基本処理として、エッジ起因錯視生成装置１００は、記憶部１０６のフィルタファイル１０６ａにおいて、方位性のないフィルタもしくは方位性をもった偶型フィルタであって、且つ、比較的高い周波数の帯域を通過させるフィルタもしくは高域通過フィルタ、または、方位性のない近似フィルタおよび各方位性をもった複数の詳細フィルタの集合である方選択性ウェーブレット・フレームもしくは方選択性フィルタ・バンクである、二次元ディジタルフィルタを記憶している。

[0072] そして、エッジ起因錯視生成装置１００の制御部１０２は、画像データファイル１０６ｂに記憶された２階調以上の画像データに対して、フィルタファイル１０６ａに記憶された二次元ディジタルフィルタを適用することにより、エッジ起因錯視画像を生成する。ここで、エッジ起因錯視の生成処理に多重解像度分解を用いる場合について、以下に図６および図７を参照して基本処理について説明する。図６は、本実施の形態におけるエッジ起因錯視生成装置１００の基本処理の一例を示すフローチャートである。なお、エッジ起因錯視の生成処理は多重解像度分解を用いず、所定の二次元ディジタルフィルタを適用する処理でもよい。

[0073] まず、分解部１０２ｂは、画像データファイル１０６ｂに記憶された画像

データに対して、フィルタファイル１０６ａに記憶された広義かざぐるまフレームレットまたはかざぐるまウェーブレット・フレームによる最大重複多重解像度分解を行い、サブバンド信号を取得する（ステップＳ－１）。ここで、図７は、かざぐるまフレームレットによる多重解像度分解の分解フェーズおよび合成フェーズのフィルタ・バンクの一例を示す図である。図中の数字は、レベルを表している。ＰＷは、詳細フィルタであり、Ａは、近似フィルタである。

[0074] 図７に示すように、まず、分解部１０２ｂは、レベル１のかざぐるまフレームレットを用いて、原画像を入力信号として、詳細フィルタＰＷ１を通過する分解サブバンド信号と、１枚の近似フィルタＡ１を通過する信号に分解する。次に、分解部１０２ｂは、レベル１の近似フィルタＡ１を通過した信号を、レベル２のかざぐるまフレームレットを用いて、レベル２の詳細フィルタＰＷ２を通過する分解サブバンド信号と、レベル２の近似フィルタＡ２を通過する信号に分解する。そして、分解部１０２ｂは、分解フェーズで得られた信号を合成フェーズのフィルタ・バンクにかけ、最終的に、９９×５の合成サブバンド信号（詳細部分）と、１の合成サブバンド信号（近似部分）を取得する。

[0075] すなわち、図７に示すように、再構成部１０２ｃの重み付け部１０２ｄは、フィルタ・バンクの複数のフィルタのうち、少なくとも一つに対応する合成サブバンド信号に対して係数処理を行い、近似フィルタと近似フィルタから離れた詳細フィルタに対応するサブバンド信号を減衰させ、近似フィルタに近い詳細フィルタに対応するサブバンド信号を増幅させることにより、エッジ起因錯視画像を生成する（ステップＳ－２）。

[0076] そして、処理画像出力部１０２ｇは、ステップＳ－２において重み付け等の各種処理が施されたエッジ起因錯視の処理画像データを取得する（ステップＳ－３）。

[0077] 以上が、本実施の形態において多重解像度分解を用いた場合の基本処理の一例である。本実施形態によれば、任意の画像に適用でき、煩雑な作業をす

ることなく自動的にエッジ起因錯視を発生させることができる。本実施形態によれば、エッジの段差を付けるディジタルフィルタを考案し、複雑で多様な画像から自動的にエッジ起因錯視を作ることが可能となる。

[0078] 本実施形態によれば、公知のクレイク・オブライエン・コーンスイート効果や墨絵効果をもつエッジ起因錯視画像だけでなく、新しいタイプのエッジ起因錯視画像も作ることができる。本願発明者は、この新しいタイプのエッジに起因する輝度の錯視を、「滑らかなエッジに起因する錯視」と名付けた。本実施形態のディジタルフィルタによるフィルタリングにより、複雑なデザインや図柄に対しても、瞬時にこれらのエッジ起因錯視画像を生成できるようになった。ディジタルフィルタによるフィルタリングで生成するため、元の画像は、エッジを操作しやすいベクタ形式である必要はなくラスタ形式でもよいので、原画像として既存の画像を利用することができるなど、原画像の自由度も高い。

[0079] また、エッジの輝度変化のタイプは「滑らかなエッジに起因する錯視」、「クレイク・オブライエン・コーンスイート効果」、「墨絵効果」でそれぞれ異なるので、使い分けることにより錯視画像の印象を変えることができる。また、クレイク・オブライエン・コーンスイート効果や墨絵効果は、通常、２つの輝度が異なって見える領域をもたらすのに対し、本実施形態では２つ以上の複数の輝度が異なって見える領域を一枚の画像の中に簡単に作り出すことができる。

[0080] 本実施形態によれば、さらにグレースケールの錯視画像だけでなく、輝度が異なって見えるカラーの錯視画像も作成できる。このほか水彩錯視も容易に作成することが可能である。水彩錯視の場合も、さまざまなタイプのエッジを作成し、水彩錯視の効果を生むことができる。特に本実施形態によれば滑らかなエッジによる水彩錯視を作成することができる。滑らかなエッジによる水彩錯視は公知のものではなく、本実施形態により初めて作成されたものである．本願発明者はこれを滑らかなエッジの水彩錯視と名付けた。滑らかなエッジに起因する錯視の本生成技術を用いたコントラストに関する画像

処理を行うことができる。

[0081] 本実施形態によれば、多様な画像からエッジに起因する錯視を作成できるようになり、デザイナーが考案した画像や、既存の画像をエッジに起因する錯視にすることも可能になった。錯視効果は人の関心を引くという特性をもっているので、宣伝効果の高いポスターやパンフレットの作成が可能になる。芸術分野では、従来のオプアートでは既存の錯視を活用したアート作品が作られることが多かったが、本実施形態により、作品にあった新しい錯視画像を作成することができるようになり、新しいオプアートのための技術の１つにもなる。錯視のポストカード、うちわ、クリアフォルダー、包装紙、商品パッケージにも合う錯視画像の生成にも用いることができる。また、本実施形態の技術は、コントラストに関する画像処理にも応用でき、それはコピー機、プロジェクターなどへ応用してもよい。

[0082] ［エッジ起因錯視生成処理の実施例］

次に、エッジ起因錯視生成装置１００によるエッジ起因錯視生成処理の実施例を以下に示す。なお、以下の実施例においては、多重解像度構造（最大重複、あるいはレベルによって間引きの数を変えた多重解像度構造のことを意味する。）をもつフィルタ・バンクの一部を二次元ディジタルフィルタとして用いるとして説明するが、本発明はこれに限られず、予め準備した単位インパルス応答等によりエッジ起因錯視生成を行ってもよい。例えば、原画像に対して多重解像度分解を行い、その合成サブバンド信号に適切な重みを付けて足し合わせて処理画像を得ることと、あらかじめ単位インパルス応答によりフィルタを作成し、それと原画像の循環畳み込み積により処理画像を得ることは同じことなので、どちらの方法を用いてもよいものである。

[0083] より具体的には、原画像と同じ画像数の０からなる配列を作成し、左上の１点のみ１として単位インパルスとする。これをたとえば７次のかざぐるまフレームレットで適切なレベルまで最大重複多重解像度分解をする。得られた合成サブバンド信号に適切な重みを付けて足し合わせることによりフィルタが得られる。原画像とこのフィルタの循環畳み込み積を行うことにより得

られる出力画像に、適切なスケーリングを施すことにより錯視画像が得られる。

[0084] なお、以下の実施例においては、特に断らない限りは７次のかざぐるまフレームレットと最大重複多重解像度分解を用いて作成したディジタルフィルタを用いた。ただし、フィルタの作成方法は、これに限らない。かざぐるまフレームレットを用いたディジタルフィルタとその作成方法については、国際特許公開ＷＯ２０１３／１２８７８１を参照して用いることができる。広義かざぐるまフレームレットは、本実施例を実施するために必要なフィルタの性質（１）方位性のないフィルタまたは方位性をもった偶型フィルタであって、（２）比較的高い周波数の帯域を通過させるフィルタまたは高域通過フィルタをもつフィルタを作成するのに適している。

[0085] ［実施例１］

ここで、図８は、実施例１の原画像を示す図である。原画像として図８の２階調の千鳥格子画像を用いた。図９は、実施例１の重み付けを示す図表である。フィルタの重み付けは、図９のように行った。レベル１は、表記していないがすべて０とした。なお、以下の記述においても同様に、下位のレベルの表記がない場合は、下位のレベルがすべて０であることを意味する。

[0086] 図１０は、実施例１にて得られた「滑らかなエッジに起因する錯視」を示す図である。図１０では、濃いグレーと薄いグレーからなっているように見えるものの、これは錯視であり、実際には図形のエッジ部分以外は同じ色である。図１１は、図１０において同じ色の領域を白色で示した図である。

[0087] ここで、図１２は、図１０の中心を通る水平線上の輝度のグラフを示す図である。図１１および図１２に示すように、エッジ以外の部分は、同じ色であることがわかる。図９の重みづけにより方位性のない比較的高い周波数の帯域を通過させるフィルタの効果が得られる。このフィルタの効果とは、原画像における明るい領域と暗い領域の境のところには、処理画像においては滑らかな正の値をもつエッジとその隣に滑らかな負の値をもつエッジを生成するものである。また、原画像における輝度の変化のない部分は、処理画像

では０となる。この処理画像を０の値が地の輝度になるように、またエッジの高さが錯視効果に適するようにスケーリングすると、図１０の錯視画像が得られる。なお、エッジは両側が滑らかである。これはクレイク・オブライエン・コーンスイート効果や墨絵効果とは異なる新しいタイプのエッジ起因錯視である。

[0088] ［実施例２］

実施例２では、実施例１と異なるフィルタを用いることにより、クレイク・オブライエン・コーンスイート効果をもつ錯視画像を作成した。図１３～図１５は、実施例２にて用いたフィルタの重み付けを示す図表である。この重みづけにより方位性のない高域通過フィルタの効果が得られる。

[0089] 図１６は、実施例２の重み付けと適切なスケーリングにより得られた錯視画像を示す図である。図１７は、中心を通る水平線上の輝度のグラフを示す図である。図１７に示すように、片側のエッジが滑らかであり、図１６に示すように、クレイク・オブライエン・コーンスイート効果を奏することが確かめられた。

[0090] ［実施例３］

実施例３では、実施例１の滑らかなエッジに起因する錯視から、墨絵効果をもつ錯視画像を作成した。実施例１の錯視画像では、同じ色の領域の値が２５６階調の１２８である。ここで、αを適切な値とする。錯視画像の１２８より大きい値を１２８＋α、１２８未満の値を１２８－αとし、適切にスケーリングすると図１８が得られた。図１８は、実施例３により得られた墨絵効果を示す図である。図１９は、その中心を通る水平線上の輝度のグラフを示す図である。エッジが矩形であり、一様な輝度の線になっていることがわかる。

[0091] 以上の実施例１～３のように、本実施形態によれば、滑らかなエッジに起因する錯視のみならず、クレイク・オブライエン・コーンスイート効果や墨絵効果など様々なエッジ起因錯視画像を作成することができることが確かめられた。

[0092] ［実施例４］

本実施例４では滑らかなエッジに起因する錯視のうち、３つの輝度が異なって見える領域をもつ錯視画像と、４つの輝度が異なって見える領域をもつ錯視画像の例を実証する。なお、この例では錯視画像はカラーである。ここで、図２０は、実施例４の一つ目の原画像であり、３つの輝度で原画像が構成されている。図２１は、実施例４で図２０の処理に用いた重み付けを示す図表である。図２２は、実施例４で図２０の原画像から得られた錯視画像である。

[0093] 図２２では、例えば、背景、魚の縞の明るい帯、暗い帯が異なった色に見えるが、実際は同じ色である。ここでは、ＣＩＥ Ｌ*ａ*ｂ*のＬ*に原画像を用い、ａ*とｂ*はそれぞれ一定の値をもつようにし、Ｌ*にのみ処理を加えることにより、カラーの滑らかなエッジに起因する錯視を作成している。

[0094] 同様にして、図２３は、実施例４の二つ目の原画像であり、４つの異なる輝度で原画像が構成されている。図２４は、実施例４で図２３の処理に用いた重み付けを示す図表である。図２５は、実施例４の４つの輝度の原画像から得られた錯視画像を示す図である。

[0095] 図２５では、例えば、背景、明るい花、暗い花、葉が異なった色の４種類の輝度で表されているように見えるが、実際には同じ色である。

[0096] このように本発明によれば実際には同じ輝度であっても複数の輝度が異なって見える領域をもつ錯視画像を自動的に生成することができる。これは本発明のフィルタの効果により、原画像において輝度の差が大きいところでは処理画像に高いエッジが生成され、差が小さいところでは低いエッジが生成されるからである。なお、実施例４では、二つの原画像についてそれぞれ異なったレベルのフィルタを用いた。原画像の細かさなどの特徴により、フィルタを変えることにより、効果的な錯視画像を生成することができる。

[0097] ［水彩錯視の生成］

ここで、線で囲まれた領域が実際とは違う色に見える錯視として、他に水彩錯視が知られている（非特許文献６，非特許文献７参照）。水彩錯視は、

隣接する明るい色の線と暗い色の線で囲まれた領域が、内側の線の色で薄く彩色されているように見える錯視である。線の形状は直線よりも波線の方が錯視が強く、明るい線が内側の時、また地が白の時錯視効果が高いことが知られている。ドットからなる点線でも錯視が起こることが非特許文献６で報告されている。

[0098] ２色の波線を描かなければならないため、水彩錯視図形を描くためには技術が必要であることが、非特許文献１に記されている。しかし、本発明の実施形態を用いれば、複雑な線からなる水彩錯視を作成することができる。また、本発明では滑らかなエッジの水彩錯視やクレイク・オブライエン・コーンスイート効果型のエッジの水彩錯視も作成することができる。

[0099] フィルタやフィルタリングの方法は、「滑らかなエッジに起因する錯視」と同様である。さらに、このフィルタリングによりエッジを作成した後、エッジに彩色し、地を白にする。原画像はカラー画像を用いても、グレースケールを用いてエッジを作成した後、任意の色をつけてもよい。以下に実施例を示す。

[0100] ［実施例５］

図２６は、実施例５の原画像を示す図であり、図２７は、図２６を原画像とした滑らかなエッジの水彩錯視である。図２７に示すように、エッジ以外は実際には白であるが、オレンジ色で囲まれた領域が薄いオレンジ色に見える錯覚を引き起こす。

[0101] 図２８は、実施例５の重み付けを示す図表である。用いたのは７次のかざぐるまフレームレットによる最大重複多重解像度分解である。この例では原画像をＣＩＥ Ｌ*a*b* に変換し、最大重複多重解像度分解を行い、錯視画像のもととなるデータを得た。さらに得られたデータのＬ*に対応するものについて、正負それぞれについてある種の正規化をし、絶対値をとる。それを適切にスケーリングしたものを１００から引く。なおこのスケーリングは錯視画像のエッジの先端部が原画像の対応した部分の色に近くなるように行い、錯視画像に原画像の色が反映するようにするものである。また１００から引

くことによって、地が白になる。a*、b*については、スケーリングまでを同様に行うが、変化のない部分の値はほぼ０なので、地を白にするための処理は必要ない。

[0102] 図２９は、図２６を原画像としたクレイク・オブライエン・コーンスイート効果型のエッジの水彩錯視を示す図である。図３０および図３１はフィルタの重み付けを示す図表である。用いたのは、３次のかざぐるまフレームレットによる最大重複多重解像度分解である。

[0103] 本実施例にて、複数の色からなる水彩錯視や複雑な図柄の水彩錯視を作成することができることを確かめられた。図３２は、複数の色からなる複雑な図柄の原画像を示す図である。図３３は、図３２を原画像とする水彩錯視を示す図である。フィルタリングにより作成したエッジ部分を原画像の色で置き換え、それ以外の部分を白に置き換えることにより、線で描画された錯視画像を生成した。図３３に示すように、蝶の羽が黄色く、桜の花がピンク色に見えるなどの錯視が起きている。なお、図３４は、図３３の白色以外の部分を黒に置き換えたものである。つまり、図３３にて色彩が見える領域の内側は、すべて白色である。なお、図３５は、重み付けを示す図表であり、用いたのは３次のかざぐるまフレームレットによる最大重複多重解像度分解である。

[0104] ［実施例６］

応用として、「錯視を起こすエッジを生成するフィルタ」で画像を処理することにより、コントラストが改善して見える画像を生成することができる。非特許文献８では、ハイパスフィルタで画像を処理し、クレイク・オブライエン・コーンスイート効果により立体感や見かけ上のコントラストを改善することが報告されているが、この方法ではハイパスフィルタを使用するため必ず輪郭強調をともなう。

[0105] 一方、本発明の実施形態による画像処理では「滑らかなエッジに起因する錯視」を利用してコントラストが改善して見えるようにする。「滑らかなエッジに起因する錯視」は比較的高い周波数の帯域を通過させるフィルタを利

用するので、不必要な輪郭強調を抑えることができる。また輪郭強調により輪郭部分が白くなってしまう部分も抑えることができる。

[0106] ここでは、原画像をＣＩＥ　Ｌ*ａ*ｂ*色空間に変換し、Ｌ*を滑らかなエッジを生成するフィルタで処理した。それを適切にスケーリングして原画像に加える。なお、使用する色空間はＣＩＥ　Ｌ*ａ*ｂ*に限らず、処理する色成分も輝度以外でもよい。ここで、図３６は、実施例６にて用いた原画像であり、図３７は、実施例６の最初の例の重み付けを示す図表である。また、図３８は、図３６の原画像を図３７の重み付けでＬ*を処理し、スケーリングして表示した図である。

[0107] 図３９は、図３６の原画像のＬ*に図３８を適切にスケーリングして重畳的に加えた画像を示す図である。図３９に示すように、コントラストが改善されて見え、奥行きがより感じられるようになることが確かめられた。図３９では、レベル１のフィルタを使用しているので輪郭もはっきりしている。

[0108] 次の例として、レベル２のフィルタを用いた。図４０は、実施例６の第二の重み付けを示す図表である。図４１は、図３６の原画像を図４０の重み付けでＬ*にフィルタ処理した画像を示す図である。図４２は、図３６の原画像のＬ*に図４１の画像を適切にスケーリングして重畳的に加えた画像を示す図である。

[0109] 図４２に示すように、コントラストが改善されて見え、奥行きがより感じられるようになる。また、図３９より輪郭の強調は少ない。このように用途に合わせてフィルタを選択し、その用途に適した効果を得ることができることが確かめられた。

[0110] ［かざぐるまフレームレット］

本実施の形態で、例として用いているかざぐるまフレームレットは、上述したように公知の単純かざぐるまフレームレットあるいはかざぐるまウェーブレット・フレームなどの方位選択性ウェーブレット・フレーム、或いは方位選択性をもつフィルタ・バンクでもよい。ここで、かざぐるまフレームレットについて以下に説明する。

[0111] 次数をｎ≧３，奇数として、Ａ＝（$A_{k,l}$）：（ｎ＋１）×（ｎ＋１）対称行列で、ｓ＝０，１・・・，［ｎ／２］，ｔ＝ｓ，・・・，［ｎ／２］に対して、$A_{s,t}=A_{n-s,t}=A_{s,n-t}=A_{n-s,n-t}=s$を満たす行列をみつける。ただし［］はガウス記号を表す。

[0112] ｎ＝７の場合、条件を満たす行列は以下である。

[数1]

$$A=\begin{pmatrix}0&0&0&0&0&0&0&0\\0&1&1&1&1&1&1&0\\0&1&2&2&2&2&1&0\\0&1&2&3&3&2&1&0\\0&1&2&3&3&2&1&0\\0&1&2&2&2&2&1&0\\0&1&1&1&1&1&1&0\\0&0&0&0&0&0&0&0\end{pmatrix}$$

[0113] Ｂ＝（$B_{k,l}$）：（ｎ＋１）×（ｎ＋１）行列とすると、以下の条件（Ｐ）を満たす行列である。

[数2]

$$条件(P):\begin{cases}B_{k,l}=B_{l,k}\\B_{k,l}=B_{n-k,l}=B_{k,n-l}=B_{n-k,n-l}\\B_{k,l}\geq 0\end{cases}$$

[数3]

$$n_0=\left[\frac{n}{2}\right]\qquad \frac{1}{2}(n_0+1)(n_0+2)個の自由変数がある.$$

[0114] [数4]

$$F^{l}_{k,l}(\theta_1,\theta_2)=\frac{1}{2}|\det M|^{1/2}\, i^{k+l+A_{k,l}}\, e^{-\pi i\theta_1}\, e^{-\pi i\theta_2}\, \sqrt{B_{k,l}}\cos^{n-k-A_{k,l}}(\pi x)\sin^{k-A_{k,l}}(\pi x)$$
$$\times\cos^{n-l-A_{k,l}}(\pi y)\sin^{l-A_{k,l}}(\pi y)$$
$$\times\left(-\cos(\pi x)\sin(\pi x)+\cos(\pi y)\sin(\pi y)\right)^{A_{k,l}}$$

[数5]

$$F_{k,l}^{2}(\theta_1,\theta_2)=\frac{1}{2}|\det M|^{l/2}i^{k+l+A_{k,l}}e^{-\pi i\theta_1}e^{-\pi i\theta_2}\sqrt{B_{k,l}}\cos^{n-k-A_{k,l}}(\pi x)\sin^{k-A_{k,l}}(\pi x)$$
$$\times\cos^{n-l-A_{k,l}}(\pi y)\sin^{l-A_{k,l}}(\pi y)$$
$$\times(\cos(\pi x)\sin(\pi x)+\cos(\pi y)\sin(\pi y))^{A_{k,l}}$$

ここで、Mは、方形格子、五の目格子、あるいは六角格子のサンプリング行列である。

[0115] [数6]

$$f^{1}_{k,l}\leftrightarrow F^{1}_{k,l};f^{2}_{k,l}\leftrightarrow F^{2}_{k,l}$$

[数7]

$$\Lambda_f=\{(0,0),(0,n),(n,0),(n,n)\}$$
$$\Lambda_g=\{(k,l)\}_{k=0,n;l=1,\cdots,n-1}\cup\{(k,l)\}_{l=0,n;k=1,\cdots,n-1}$$
$$\Lambda_a=\{(k,l)\}_{k=1,\cdots,n-1;l=1,\cdots,n-1}$$

[数8]

$$P_n=\left\{\sqrt{2}f^{1}_{k,l}\right\}_{(k,l)\in\Lambda_f\cup\Lambda_g}\cup\left\{f^{1}_{k,l}\right\}_{(k,l)\in\Lambda_a}\cup\left\{f^{2}_{k,l}\right\}_{(k,l)\in\Lambda_a}$$

[0116] 補題２（Ｈ．＆Ｓ．Ａｒａｉ，２００８） P_nが方形格子，五の目格子，六角格子に関するフレームレット・フィルタであるための必要十分条件は、$B=(B_{k,l})$が以下の条件をみたすことである。

[数9]

$$\sum_{k=0}^{n}\sum_{l=0}^{n}\sum_{j=1}^{2}\left|F^{j}_{k,l}(\theta_1,\theta_2)\right|^2\equiv|\det M|$$

[0117] ＜上記条件を満たすＢ＝（$B_{k,l}$）の求め方＞

｛（ｋ，ｌ）：ｋ＝０，１，・・・，n_0，ｌ＝ｓ，・・・，n_0，｝を次のように順序付ける。

[数10]

(0,0)	(0,1)	(0,2)	⋯	$(0,n_0-1)$	$(0,n_0)$
	(1,1)	(1,2)	⋯	$(1,n_0-1)$	$(1,n_0)$
			⋱	⋮	⋮
				(n_0-1,n_0-1)	(n_0-1,n_0)
					(n_0,n_0)

↕

1	2	3	⋯	n_0	n_0+1
	n_0+2	n_0+3	⋯	$2n_0$	$2n_0+1$
			⋱	⋮	⋮
				$\frac{1}{2}n_0(n_0+3)-1$	$\frac{1}{2}n_0(n_0+3)$
					$\frac{1}{2}(n_0+1)(n_0+2)$

[0118] $\mu=(k, l), \nu=(k', l')$

[数11]

$$
\begin{aligned}
K_{\mu,\nu} = 2^{3-4n+4k}(-1)^{l}\sum_{p=0}^{k}\Bigg\{&\binom{2k}{2p}\Bigg(\Bigg[\sum_{q=0}^{2k-2p}(-1)^{q}\binom{-2k-2p+2n}{2k'-2p+n-q}\binom{2k-2p}{q}\Bigg]\\
&\times\Bigg[\sum_{q=0}^{2p+2l-2k}(-1)^{q}\binom{2p+2n-2k-2l}{2l'+2p+n-2k-q}\binom{2p+2l-2k}{q}\Bigg]\\
&+\Bigg[\sum_{q=0}^{2k-2p}(-1)^{q}\binom{-2k-2p+2n}{2l'-2p+n-q}\binom{2k-2p}{q}\Bigg]\\
&\times\Bigg[\sum_{q=0}^{2p+2l-2k}(-1)^{q}\binom{2p+2n-2k-2l}{2k'+2p+n-2k-q}\binom{2p+2l-2k}{q}\Bigg]\Bigg)\Bigg\}
\end{aligned}
$$

[数12]

$$
\begin{pmatrix}
K_{1,1} & \cdots & K_{1,\frac{1}{2}(n_0+1)(n_0+2)} \\
\vdots & \ddots & \vdots \\
K_{\frac{1}{2}(n_0+1)(n_0+2),1} & \cdots & K_{\frac{1}{2}(n_0+1)(n_0+2),\frac{1}{2}(n_0+1)(n_0+2)}
\end{pmatrix}
\begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_{\frac{1}{2}(n_0+1)(n_0+2)} \end{pmatrix}
=
\begin{pmatrix} 4 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix}
$$

[数13]

$$B_{k,l}=\begin{cases}2X_s & s=\frac{1}{2}(k-1)(2n_0-k+4)+1, k=1,\cdots,n_0\\ X_s & \text{その他}\end{cases}$$

[0119] 定理３（Ｈ．＆Ｓ．Ａｒａｉ，２００８）以上で得たＢ＝（$B_{k,l}$）は補題２を満たす。したがって、P_nは方形格子，五の目格子，六角格子に関するフレームレット・フィルタになっている。P_nを、次数ｎのかざぐるまフレームレット（ｐｉｎｗｈｅｅｌ ｆｒａｍｅｌｅｔ ｏｆ ｄｅｇｒｅｅ ｎ）とよぶ。図４３は、レベル２における次数７の最大重複かざぐるまフレームレット・フィルタ（ｍａｘｉｍａｌ ｏｖｅｒｌａｐ ｐｉｎｗｈｅｅｌ ｆｒａｍｅｌｅｔ ｆｉｌｔｅｒｓ ａｔ ｌｅｖｅｌ ２）にレベル１の近似フィルタを循環相関積して得たフィルタを示す図である。また、図４４は、テスト画像に対し、かざぐるまフレームレットによりレベル２の最大重複多重解像度分解（２ｎｄ ｓｔａｇｅ ｏｆ ｍａｘｉｍａｌ ｏｖｅｒｌａｐ ＭＲＡ ｄｅｃｏｍｐｏｓｉｔｉｏｎ ｂｙ ｐｉｎｗｈｅｅｌ ｆｒａｍｅｌｅｔ）を行った結果の各合成サブバンド信号を示す図である。

[0120] 以上で、本実施の形態の説明を終える。

[0121] 以上詳述に説明したように、本実施の形態によれば、任意の画像に適用でき、煩雑な作業をすることなく自動的にエッジ起因錯視を発生させることができる、エッジ起因錯視生成装置、エッジ起因錯視生成方法、および、プログラム、並びに、印刷媒体、および、記録媒体を提供することができるので、色彩の施された製品等を製造・販売等する産業（印刷、デザイン、映像、塗装等の産業）の他、映像等のサービスを提供するサービス業の他、画像処理や画像解析等の分野において極めて有用である。

[0122] ［他の実施の形態］

さて、これまで本発明の実施の形態について説明したが、本発明は、上述した実施の形態以外にも、特許請求の範囲に記載した技術的思想の範囲内において種々の異なる実施の形態にて実施されてよいものである。

[0123] 例えば、エッジ起因錯視生成装置１００がスタンドアローンの形態で処理を行う場合を一例に説明したが、エッジ起因錯視生成装置１００は、クライアント端末（エッジ起因錯視生成装置１００とは別筐体）からの要求に応じて処理を行い、その処理結果を当該クライアント端末に返却するようにしてもよい。例えば、エッジ起因錯視生成装置１００は、ＡＳＰサーバとして構成され、ユーザ端末からネットワーク３００を介して送信された原画像データを受信し、この原画像データに基づいて加工した処理画像のデータを、ユーザ端末に返信してもよい。

[0124] また、実施の形態において説明した各処理のうち、自動的に行われるものとして説明した処理の全部または一部を手動的に行うこともでき、あるいは、手動的に行われるものとして説明した処理の全部または一部を公知の方法で自動的に行うこともできる。

[0125] このほか、上記文献中や図面中で示した処理手順、制御手順、具体的名称、各処理の登録データや検索条件等のパラメータを含む情報、画面例、データベース構成については、特記する場合を除いて任意に変更することができる。

[0126] また、エッジ起因錯視生成装置１００に関して、図示の各構成要素は機能概念的なものであり、必ずしも物理的に図示の如く構成されていることを要しない。

[0127] 例えば、エッジ起因錯視生成装置１００の各装置が備える処理機能、特に制御部１０２にて行われる各処理機能については、その全部または任意の一部を、ＣＰＵ（Ｃｅｎｔｒａｌ　Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ　Ｕｎｉｔ）および当該ＣＰＵにて解釈実行されるプログラムにて実現してもよく、また、ワイヤードロジックによるハードウェアとして実現してもよい。なお、プログラムは、後述する、コンピュータに本発明に係る方法を実行させるためのプログラム化された命令を含む、一時的でないコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録されており、必要に応じてエッジ起因錯視生成装置１００に機械的に読み取られる。すなわち、ＲＯＭまたはＨＤＤ（Ｈａｒｄ　Ｄｉｓｋ

Ｄｒｉｖｅ）などの記憶部１０６などには、ＯＳ（Ｏｐｅｒａｔｉｎｇ　Ｓｙｓｔｅｍ）として協働してＣＰＵに命令を与え、各種処理を行うためのコンピュータプログラムが記録されている。このコンピュータプログラムは、ＲＡＭにロードされることによって実行され、ＣＰＵと協働して制御部を構成する。

[0128] また、このコンピュータプログラムは、エッジ起因錯視生成装置１００に対して任意のネットワーク３００を介して接続されたアプリケーションプログラムサーバに記憶されていてもよく、必要に応じてその全部または一部をダウンロードすることも可能である。

[0129] また、本発明に係るプログラムを、コンピュータ読み取り可能な記録媒体に格納してもよく、また、プログラム製品として構成することもできる。ここで、この「記録媒体」とは、メモリーカード、ＵＳＢメモリ、ＳＤカード、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ＲＯＭ、ＥＰＲＯＭ、ＥＥＰＲＯＭ、ＣＤ－ＲＯＭ、ＭＯ、ＤＶＤ、および、Ｂｌｕ－ｒａｙ（登録商標）Ｄｉｓｃ等の任意の「可搬用の物理媒体」を含むものとする。

[0130] また、「プログラム」とは、任意の言語や記述方法にて記述されたデータ処理方法であり、ソースコードやバイナリコード等の形式を問わない。なお、「プログラム」は必ずしも単一的に構成されるものに限られず、複数のモジュールやライブラリとして分散構成されるものや、ＯＳ（Ｏｐｅｒａｔｉｎｇ　Ｓｙｓｔｅｍ）に代表される別個のプログラムと協働してその機能を達成するものをも含む。なお、実施の形態に示した各装置において記録媒体を読み取るための具体的な構成、読み取り手順、あるいは、読み取り後のインストール手順等については、周知の構成や手順を用いることができる。

[0131] 記憶部１０６に格納される各種のデータベース等（フィルタファイル１０６ａ、画像データファイル１０６ｂ）は、ＲＡＭ、ＲＯＭ等のメモリ装置、ハードディスク等の固定ディスク装置、フレキシブルディスク、および、光ディスク等のストレージ手段であり、各種処理やウェブサイト提供に用いる各種のプログラム、テーブル、データベース、および、ウェブページ用ファ

イル等を格納する。

[0132] また、エッジ起因錯視生成装置１００は、既知のパーソナルコンピュータ、ワークステーション等の情報処理装置として構成してもよく、また、該情報処理装置に任意の周辺装置を接続して構成してもよい。また、エッジ起因錯視生成装置１００は、該情報処理装置に本発明の方法を実現させるソフトウェア（プログラム、データ等を含む）を実装することにより実現してもよい。

[0133] 更に、装置の分散・統合の具体的形態は図示するものに限られず、その全部または一部を、各種の付加等に応じて、または、機能負荷に応じて、任意の単位で機能的または物理的に分散・統合して構成することができる。すなわち、上述した実施の形態を任意に組み合わせて実施してもよく、実施の形態を選択的に実施してもよい。

符号の説明

[0134] １００　エッジ起因錯視生成装置

１０２　制御部

１０２ａ　フィルタ処理部

１０２ｂ　分解部

１０２ｃ　再構成部

１０２ｄ　重み付け部

１０２ｆ　色空間変換部

１０２ｇ　処理画像出力部

１０４　通信制御インターフェース部

１０６　記憶部

１０６ａ　フィルタファイル

１０６ｂ　画像データファイル

１０８　入出力制御インターフェース部

１１２　入力装置

１１４　出力装置

２００　外部システム

３００　ネットワーク

産業上の利用可能性

[0135]　本発明はエッジ起因錯視生成に利用できる。

請求の範囲

[請求項1] 記憶部と制御部を少なくとも備えたエッジ起因錯視生成装置であって、

前記記憶部は、

方位性のないフィルタもしくは方位性をもった偶型フィルタであって、且つ、比較的高い周波数の帯域を通過させるフィルタもしくは高域通過フィルタ、または、方位性のない近似フィルタおよび各方位性をもった複数の詳細フィルタの集合である方位選択性ウェーブレット・フレームもしくは方位選択性フィルタ・バンクである、二次元ディジタルフィルタを記憶するフィルタ記憶手段と、

画像データを記憶する画像データ記憶手段と、

を備え、

前記制御部は、

前記画像データに対して、前記二次元ディジタルフィルタを適用して、比較的高い周波数の帯域成分もしくは高周波成分を取り出すことにより、および／または、前記画像データに対して、前記二次元ディジタルフィルタを適用して、比較的高い周波数の帯域成分もしくは高周波成分を取り出し、前記取り出した帯域成分もしくは高周波成分のエッジに彩色を施すことにより、エッジ起因錯視画像を生成すること、

を特徴とする、エッジ起因錯視生成装置。

[請求項2] 請求項１に記載のエッジ起因錯視生成装置において、

前記制御部は、

前記二次元ディジタルフィルタを用いて、前記画像データに対して、多重解像度分解を行うことを特徴とする、エッジ起因錯視生成装置。

[請求項3] 請求項１または２に記載のエッジ起因錯視生成装置において、

前記フィルタ記憶手段は、

前記画像データと同一の画像サイズの単位インパルス信号に対して前記二次元ディジタルフィルタを予め適用した単位インパルス応答を記憶することを特徴とする、エッジ起因錯視生成装置。

[請求項4] 請求項１乃至３のいずれか一つに記載のエッジ起因錯視生成装置において、

前記フィルタ記憶手段は、

方位性のない近似フィルタ、および、各方位性をもった複数の詳細フィルタの集合である、次数を有する広義かざぐるまフレームレットまたはかざぐるまウェーブレット・フレームを記憶することを特徴とする、エッジ起因錯視生成装置。

[請求項5] 請求項４に記載のエッジ起因錯視生成装置において、

前記制御部は、

前記近似フィルタと高次数の前記詳細フィルタに対応するサブバンド信号を相対的に減衰させ、低次数の前記詳細フィルタに対応するサブバンド信号を相対的に増幅させることにより、前記エッジ起因錯視画像を生成することを特徴とする、エッジ起因錯視生成装置。

[請求項6] 請求項４に記載のエッジ起因錯視生成装置において、

前記制御部は、

前記近似フィルタと低次数の前記詳細フィルタに対応するサブバンド信号を相対的に減衰させ、高次数の前記詳細フィルタに対応するサブバンド信号を相対的に増幅させることにより、前記エッジ起因錯視画像を生成することを特徴とする、エッジ起因錯視生成装置。

[請求項7] 請求項１乃至６のいずれか一つに記載のエッジ起因錯視生成装置において、

前記制御部は、

前記比較的高い帯域成分あるいは前記高周波成分からなるエッジをエッジごとに一様な値に置き換えることにより前記エッジ起因錯視画像を生成することを特徴とする、エッジ起因錯視生成装置。

[請求項8] 請求項１乃至７のいずれか一つに記載のエッジ起因錯視生成装置において、

前記制御部は、

前記取り出した帯域成分もしくは高周波成分のエッジに彩色を施し、前記エッジ以外の地の色を所定の色にすることを特徴とする、エッジ起因錯視生成装置。

[請求項9] 請求項１乃至７のいずれか一つに記載のエッジ起因錯視生成装置は、

コントラストの改善を目的として前記エッジ起因錯視画像を生成することを特徴とする、エッジ起因錯視生成装置。

[請求項10] 請求項９に記載のエッジ起因錯視生成装置において、

前記制御部は、

コントラストの改善を目的として、

生成した前記エッジ起因錯視画像を、階調を適切にスケーリングしてから、もとの前記画像データに重畳的に足し合わせることを特徴とする、エッジ起因錯視生成装置。

[請求項11] 記憶部と制御部を少なくとも備えたコンピュータにおいて実行されるエッジ起因錯視生成方法であって、

前記記憶部は、

方位性のないフィルタもしくは方位性をもった偶型フィルタであって、且つ、比較的高い周波数の帯域を通過させるフィルタもしくは高域通過フィルタ、または、方位性のない近似フィルタおよび各方位性をもった複数の詳細フィルタの集合である方位選択性ウェーブレット・フレームもしくは方位選択性フィルタ・バンクである、二次元ディジタルフィルタを記憶するフィルタ記憶手段と、

画像データを記憶する画像データ記憶手段と、

を備えており、

前記制御部において実行される、

前記画像データに対して、前記二次元ディジタルフィルタを適用して、比較的高い周波数の帯域成分もしくは高周波成分を取り出すことにより、および／または、前記画像データに対して、前記二次元ディジタルフィルタを適用して、比較的高い周波数の帯域成分もしくは高周波成分を取り出し、前記取り出した帯域成分もしくは高周波成分のエッジに彩色を施すことにより、エッジ起因錯視画像を生成すること、

を特徴とする、エッジ起因錯視生成方法。

[請求項12] 記憶部と制御部を少なくとも備えたコンピュータに実行させるためのエッジ起因錯視生成プログラムであって、

前記記憶部は、

方位性のないフィルタもしくは方位性をもった偶型フィルタであって、且つ、比較的高い周波数の帯域を通過させるフィルタもしくは高域通過フィルタ、または、方位性のない近似フィルタおよび各方位性をもった複数の詳細フィルタの集合である方位選択性ウェーブレット・フレームもしくは方位選択性フィルタ・バンクである、二次元ディジタルフィルタを記憶するフィルタ記憶手段と、

画像データを記憶する画像データ記憶手段と、

を備えており、

前記制御部に、

前記画像データに対して、前記二次元ディジタルフィルタを適用して、比較的高い周波数の帯域成分もしくは高周波成分を取り出すことにより、および／または、前記画像データに対して、前記二次元ディジタルフィルタを適用して、比較的高い周波数の帯域成分もしくは高周波成分を取り出し、前記取り出した帯域成分もしくは高周波成分のエッジに彩色を施すことにより、エッジ起因錯視画像を生成すること、

を実行させるための、エッジ起因錯視生成プログラム。

[請求項13] エッジ起因錯視画像の画像データを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、

前記エッジ起因錯視画像は、

画像データにおいて、

方位性のないフィルタもしくは方位性をもった偶型フィルタであって、且つ、比較的高い周波数の帯域を通過させるフィルタまたは高域通過フィルタ、もしくは、方位性のない近似フィルタおよび各方位性をもった複数の詳細フィルタの集合である方位選択性ウェーブレット・フレームもしくは方位選択性フィルタ・バンクである、二次元ディジタルフィルタを適用してなるエッジ起因錯視画像であって、比較的高い周波数の帯域成分もしくは高周波成分が取り出され、および／または、比較的高い周波数の帯域成分もしくは高周波成分が取り出されて、前記帯域成分もしくは前記高周波成分のエッジに彩色が施されていること、

を特徴とする画像データを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

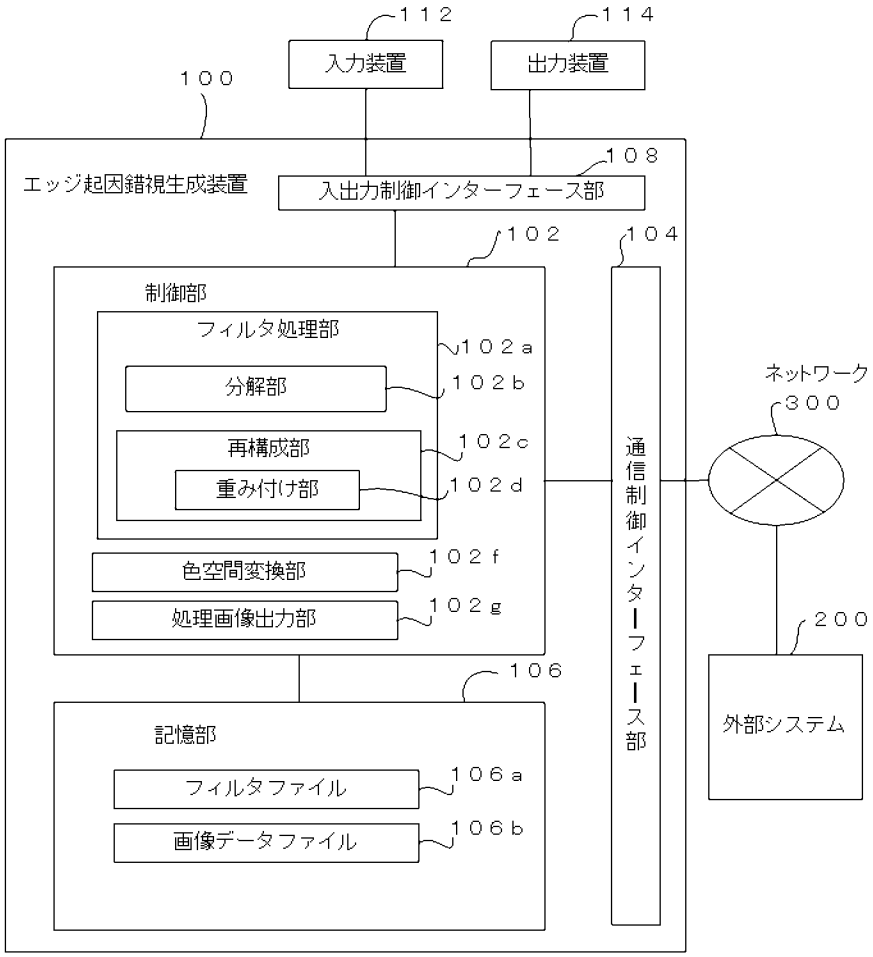
[請求項14] エッジ起因錯視画像が印刷された印刷媒体であって、

前記エッジ起因錯視画像は、

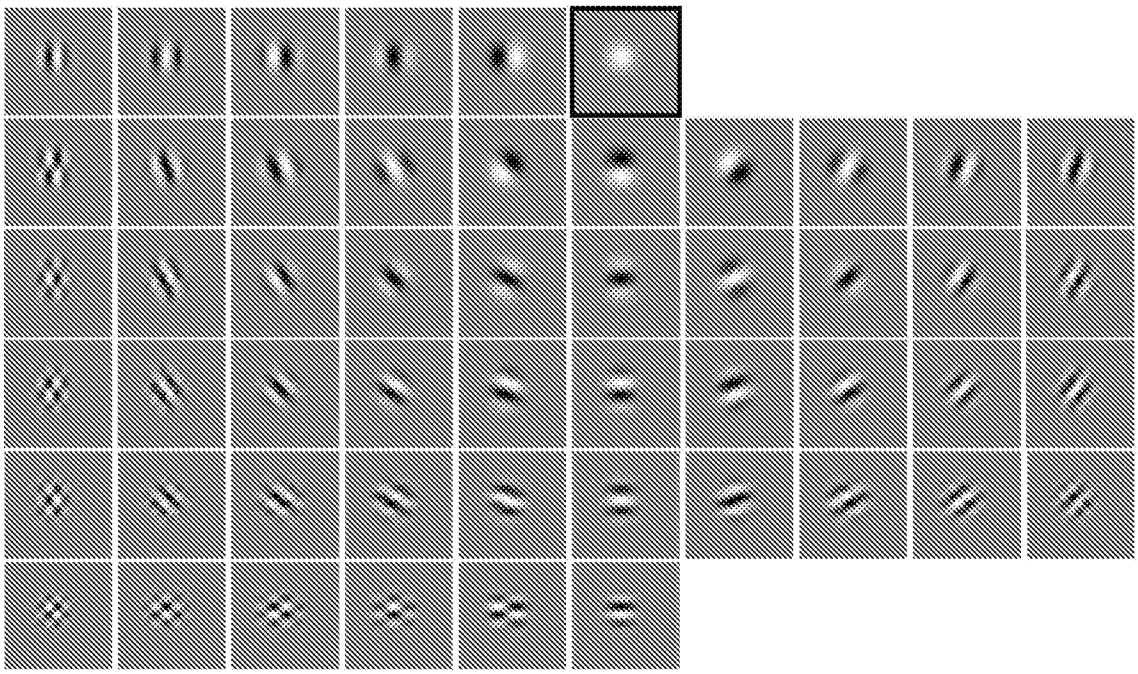
画像データにおいて、方位性のないフィルタもしくは方位性をもった偶型フィルタであって、且つ、比較的高い周波数の帯域を通過させるフィルタもしくは高域通過フィルタ、または、方位性のない近似フィルタおよび各方位性をもった複数の詳細フィルタの集合である方位選択性ウェーブレット・フレームもしくは方位選択性フィルタ・バンクである、二次元ディジタルフィルタを適用してなるエッジ起因錯視画像であって、比較的高い周波数の帯域成分もしくは高周波成分が取り出され、および／または、比較的高い周波数の帯域成分もしくは高周波成分が取り出されて、前記帯域成分もしくは前記高周波成分のエッジに彩色が施されていること、

を特徴とする印刷媒体。

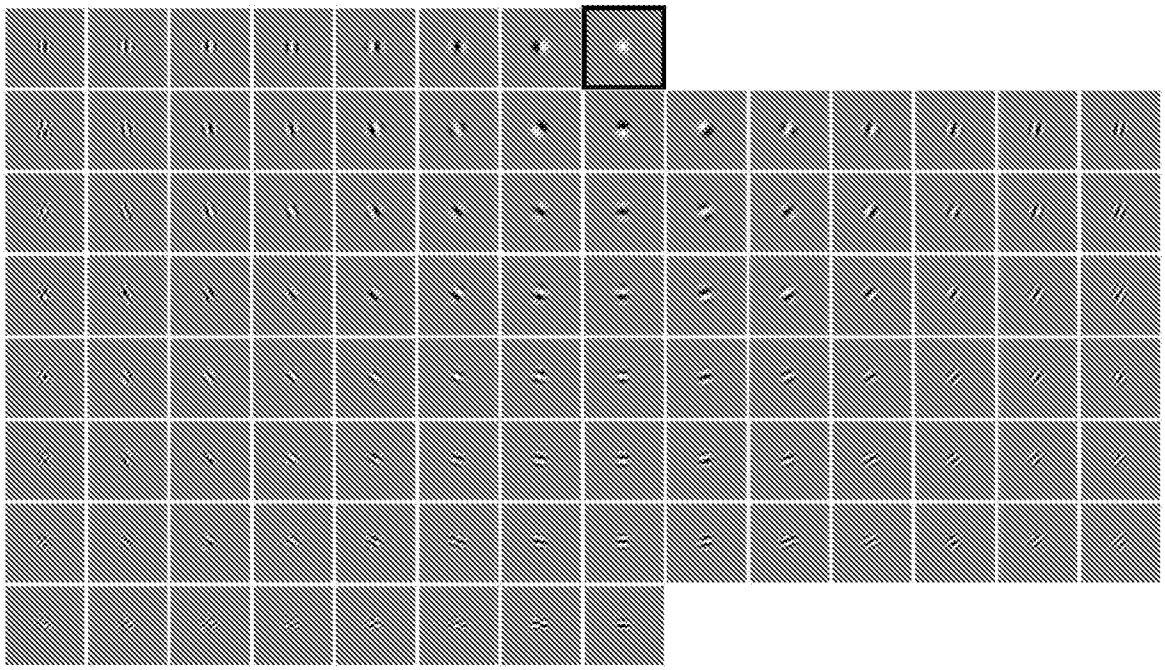
[図1]


１１２
入力装置
１１４
出力装置
１００
エッジ起因錯視生成装置
１０８
入出力制御インターフェース部
１０２
１０４
制御部
フィルタ処理部
１０２ａ
分解部
１０２ｂ
再構成部
１０２ｃ
重み付け部
１０２ｄ
色空間変換部
１０２ｆ
処理画像出力部
１０２ｇ
通信制御インターフェース部
ネットワーク
３００
２００
外部システム
１０６
記憶部
フィルタファイル
１０６ａ
画像データファイル
１０６ｂ

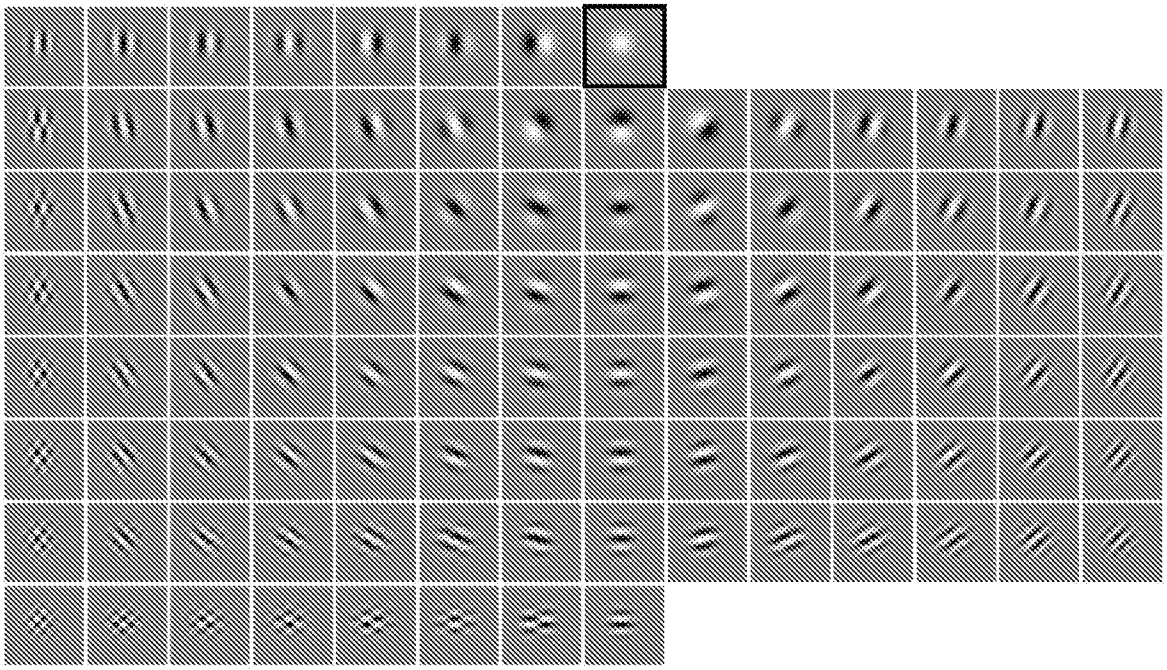
[図2]



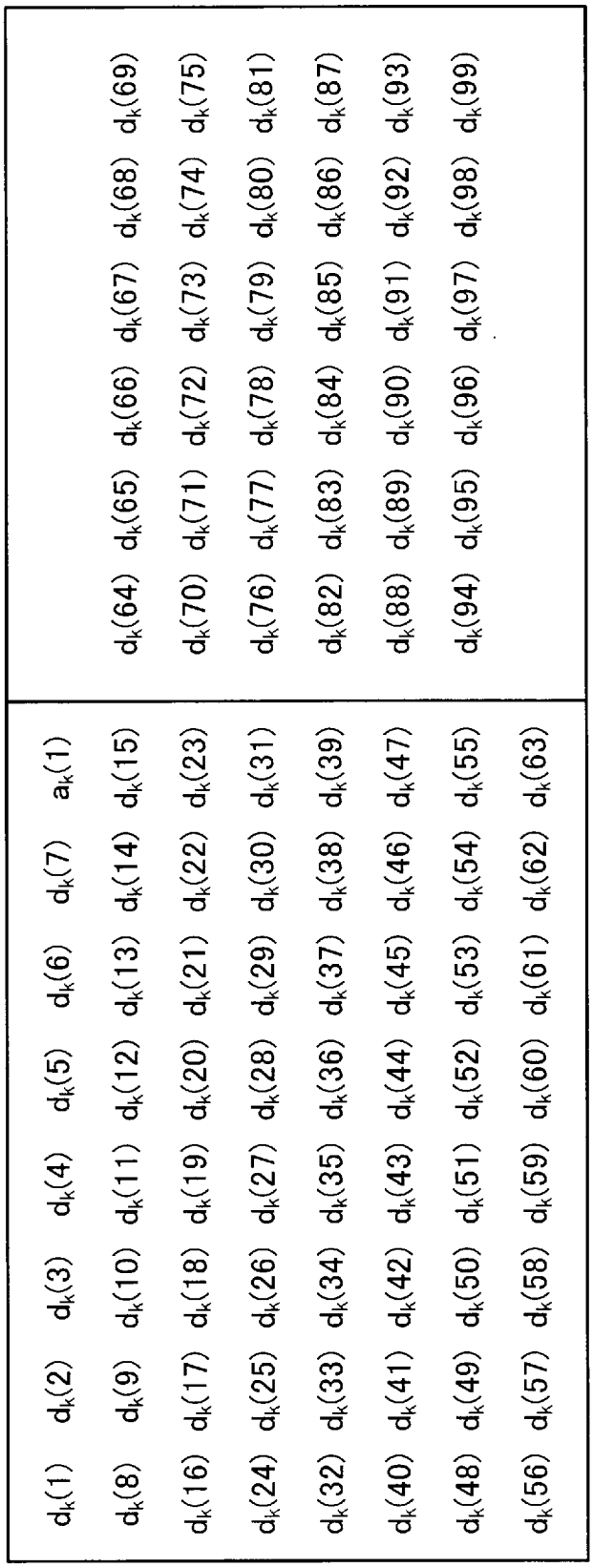
[図3]



[図4]



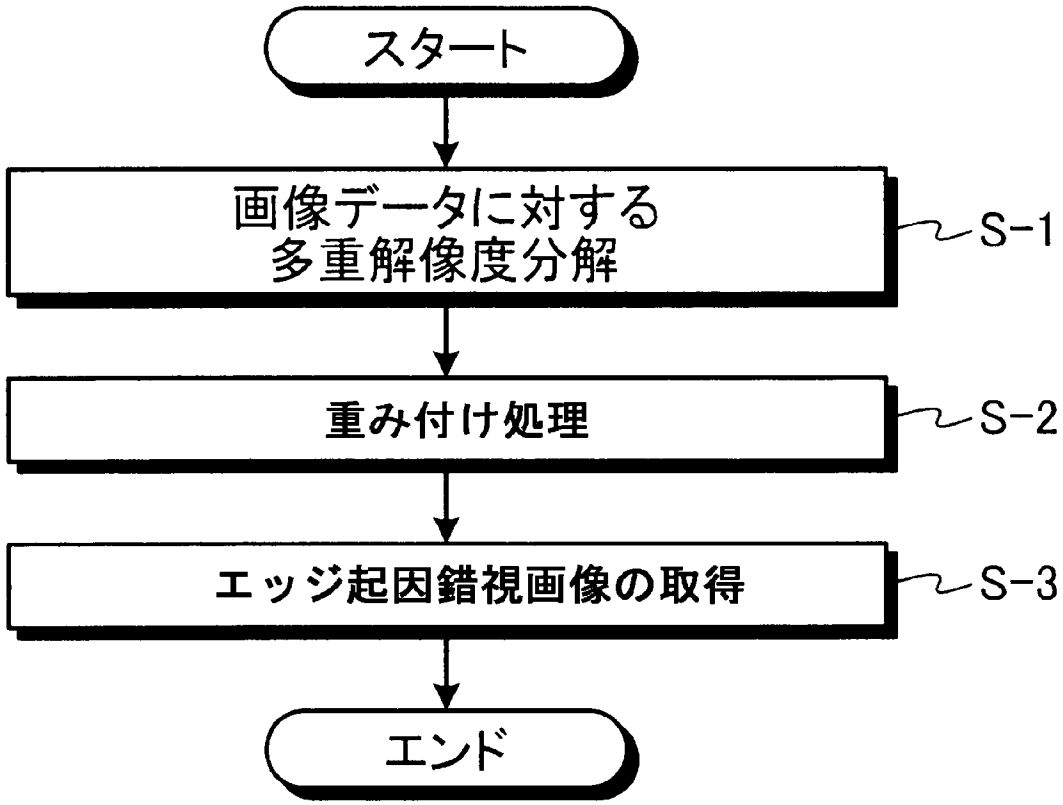
[図5]



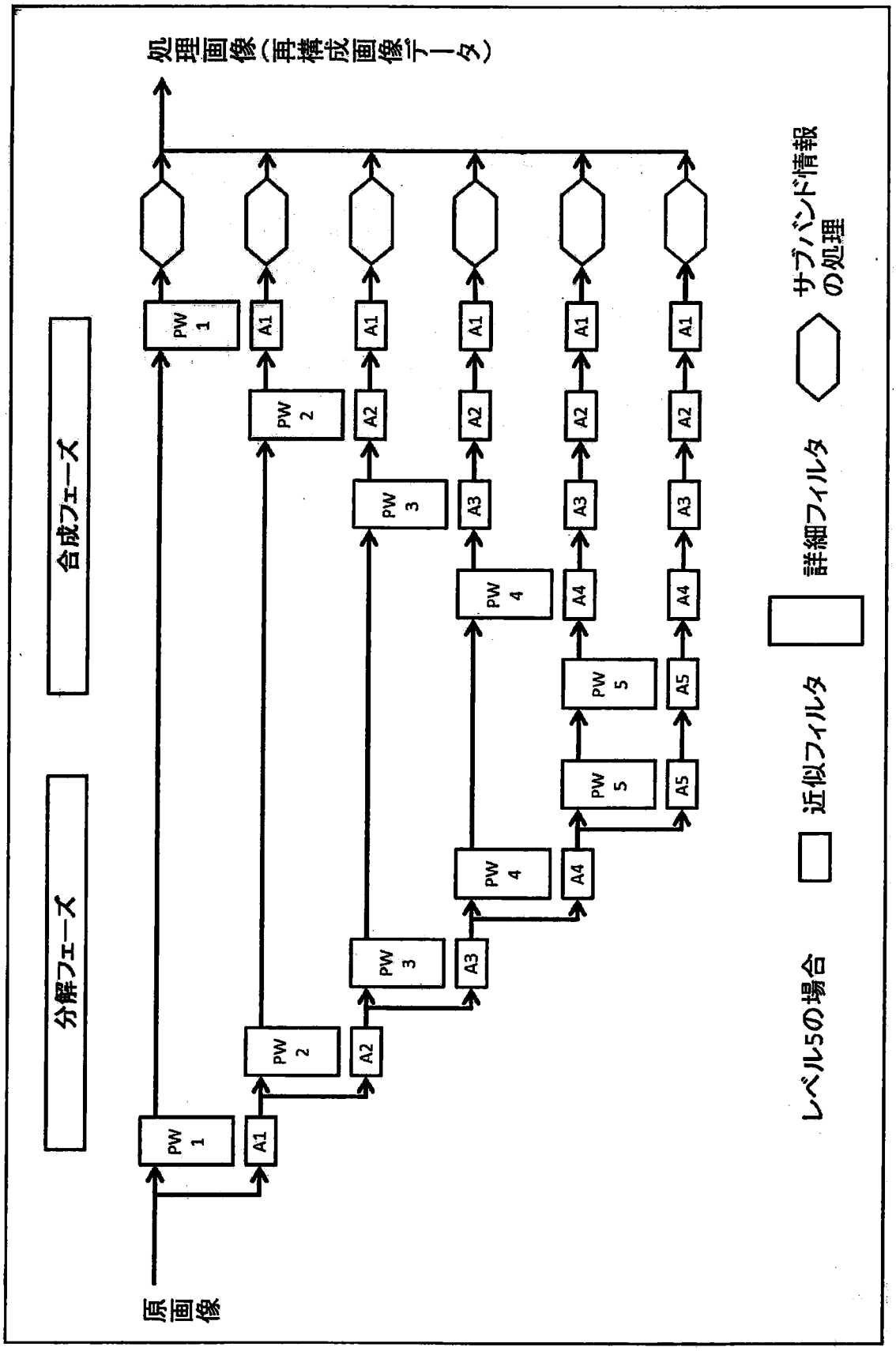
$d_k(1)$	$d_k(2)$	$d_k(3)$	$d_k(4)$	$d_k(5)$	$d_k(6)$	$d_k(7)$	$a_k(1)$
$d_k(8)$	$d_k(9)$	$d_k(10)$	$d_k(11)$	$d_k(12)$	$d_k(13)$	$d_k(14)$	$d_k(15)$
$d_k(16)$	$d_k(17)$	$d_k(18)$	$d_k(19)$	$d_k(20)$	$d_k(21)$	$d_k(22)$	$d_k(23)$
$d_k(24)$	$d_k(25)$	$d_k(26)$	$d_k(27)$	$d_k(28)$	$d_k(29)$	$d_k(30)$	$d_k(31)$
$d_k(32)$	$d_k(33)$	$d_k(34)$	$d_k(35)$	$d_k(36)$	$d_k(37)$	$d_k(38)$	$d_k(39)$
$d_k(40)$	$d_k(41)$	$d_k(42)$	$d_k(43)$	$d_k(44)$	$d_k(45)$	$d_k(46)$	$d_k(47)$
$d_k(48)$	$d_k(49)$	$d_k(50)$	$d_k(51)$	$d_k(52)$	$d_k(53)$	$d_k(54)$	$d_k(55)$
$d_k(56)$	$d_k(57)$	$d_k(58)$	$d_k(59)$	$d_k(60)$	$d_k(61)$	$d_k(62)$	$d_k(63)$

$d_k(64)$	$d_k(65)$	$d_k(66)$	$d_k(67)$	$d_k(68)$	$d_k(69)$
$d_k(70)$	$d_k(71)$	$d_k(72)$	$d_k(73)$	$d_k(74)$	$d_k(75)$
$d_k(76)$	$d_k(77)$	$d_k(78)$	$d_k(79)$	$d_k(80)$	$d_k(81)$
$d_k(82)$	$d_k(83)$	$d_k(84)$	$d_k(85)$	$d_k(86)$	$d_k(87)$
$d_k(88)$	$d_k(89)$	$d_k(90)$	$d_k(91)$	$d_k(92)$	$d_k(93)$
$d_k(94)$	$d_k(95)$	$d_k(96)$	$d_k(97)$	$d_k(98)$	$d_k(99)$

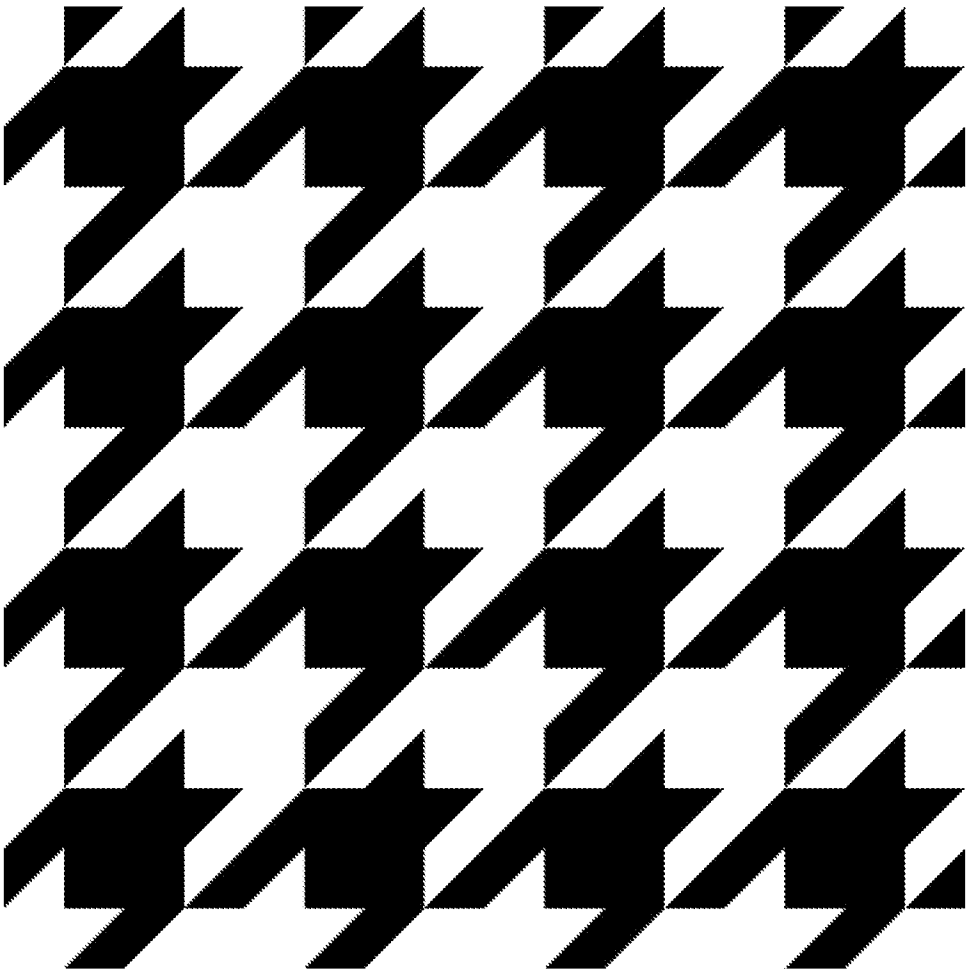
[図6]



[図7]


処理画像(再構成画像データ)
合成フェーズ
分解フェーズ
原画像
PW 1
PW 2
PW 3
PW 4
PW 5
A1
A2
A3
A4
A5
レベル5の場合
近似フィルタ
詳細フィルタ
サブバンド情報の処理

[図8]

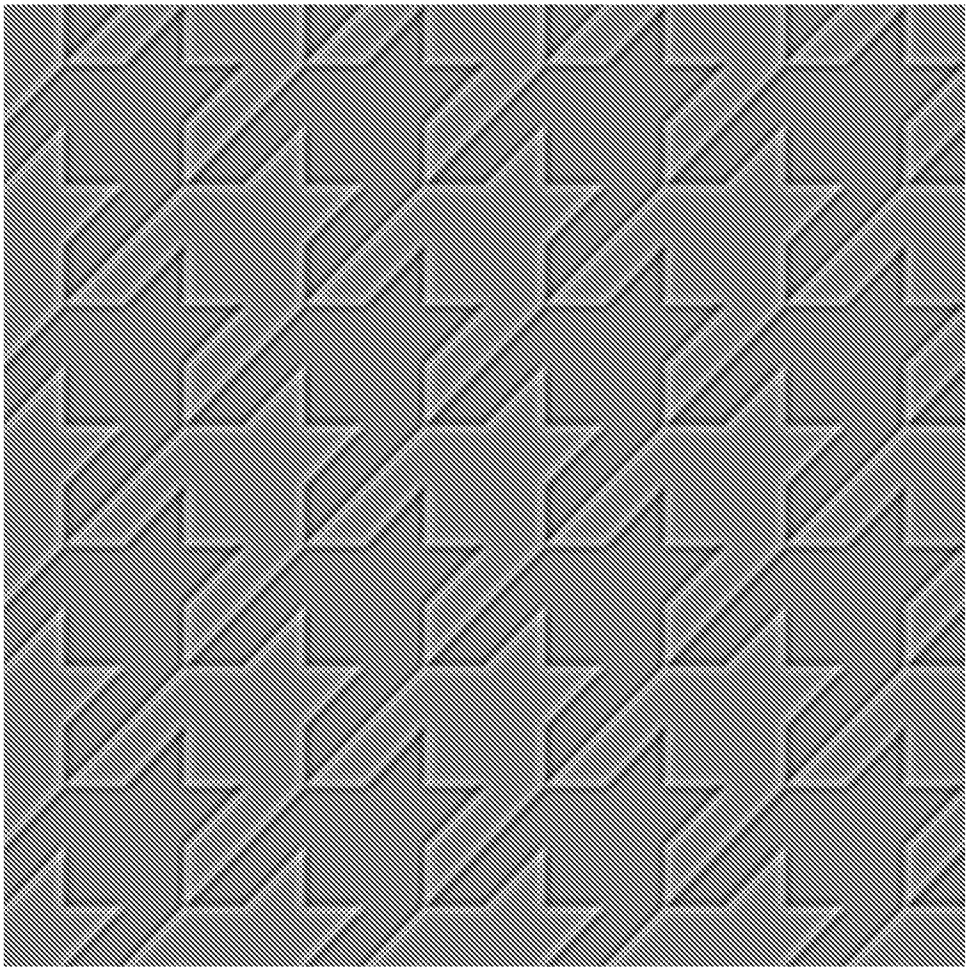


[図9]

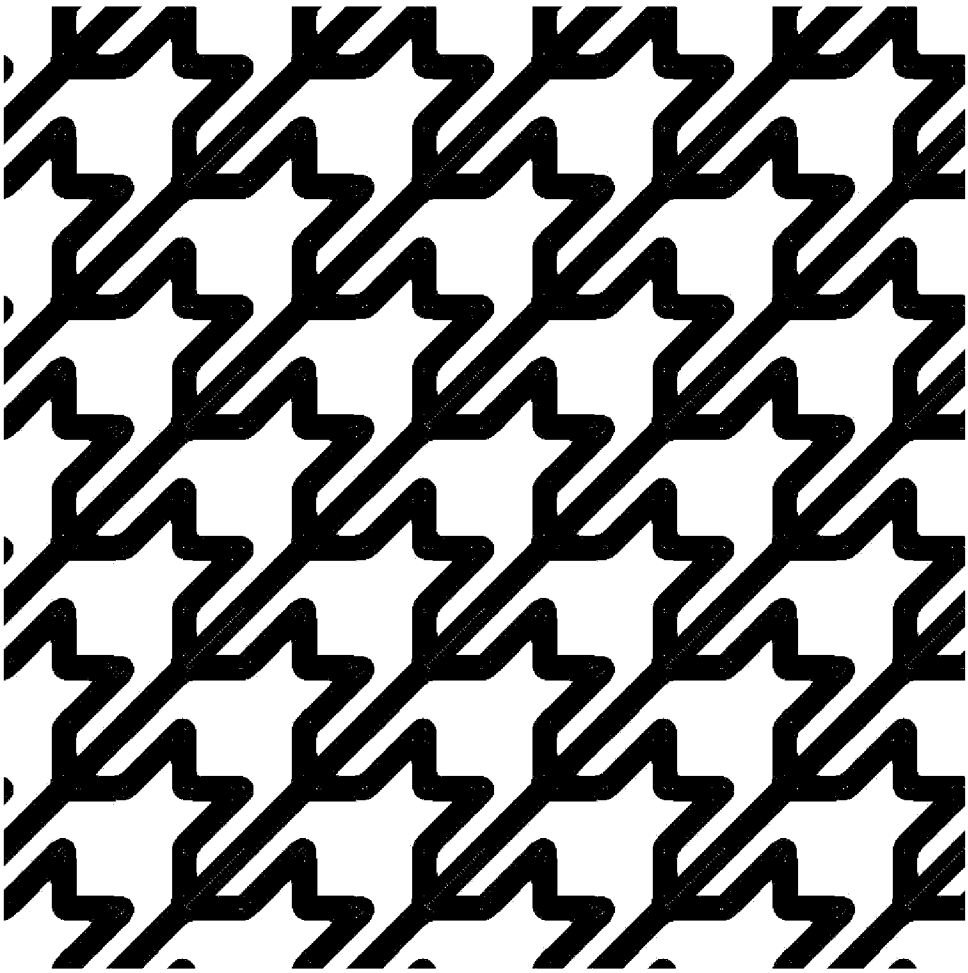
レベル 2

0	0	0	0	0	0	1	0						
0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0						

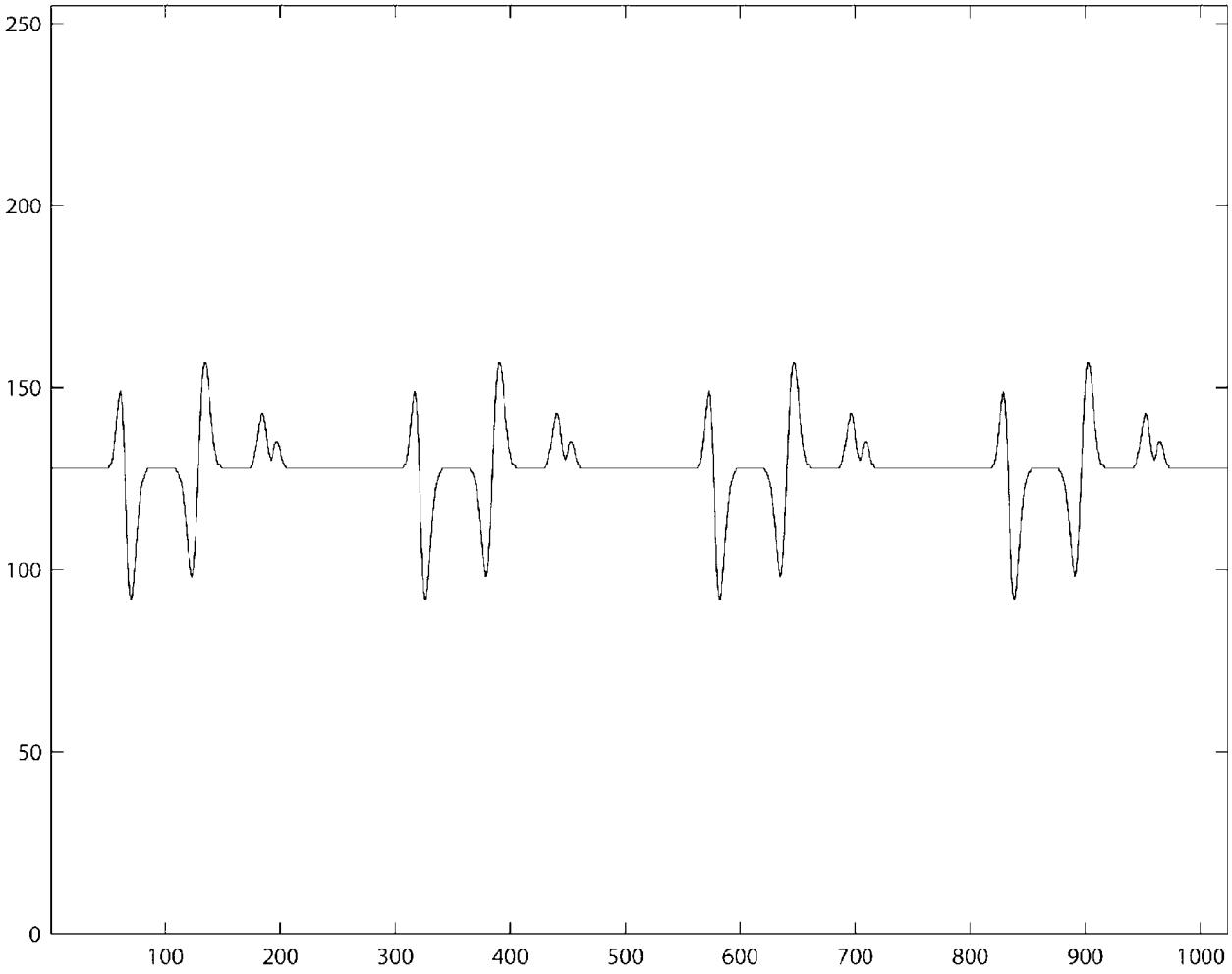
[図10]



[図11]



[図12]



[図13]

レベル 1

1	1	1	1	1	1	1	0						
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1						

[図14]

レベル 2

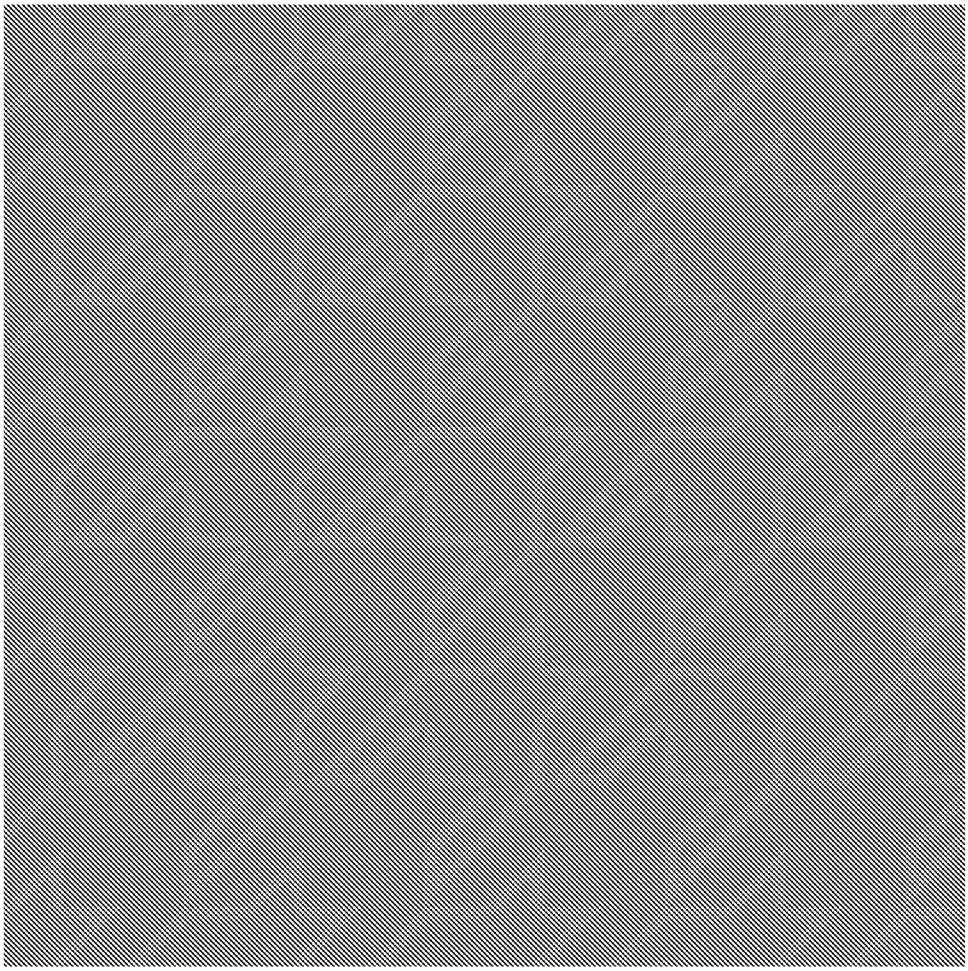
1	1	1	1	1	1	1	0						
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1						

[図15]

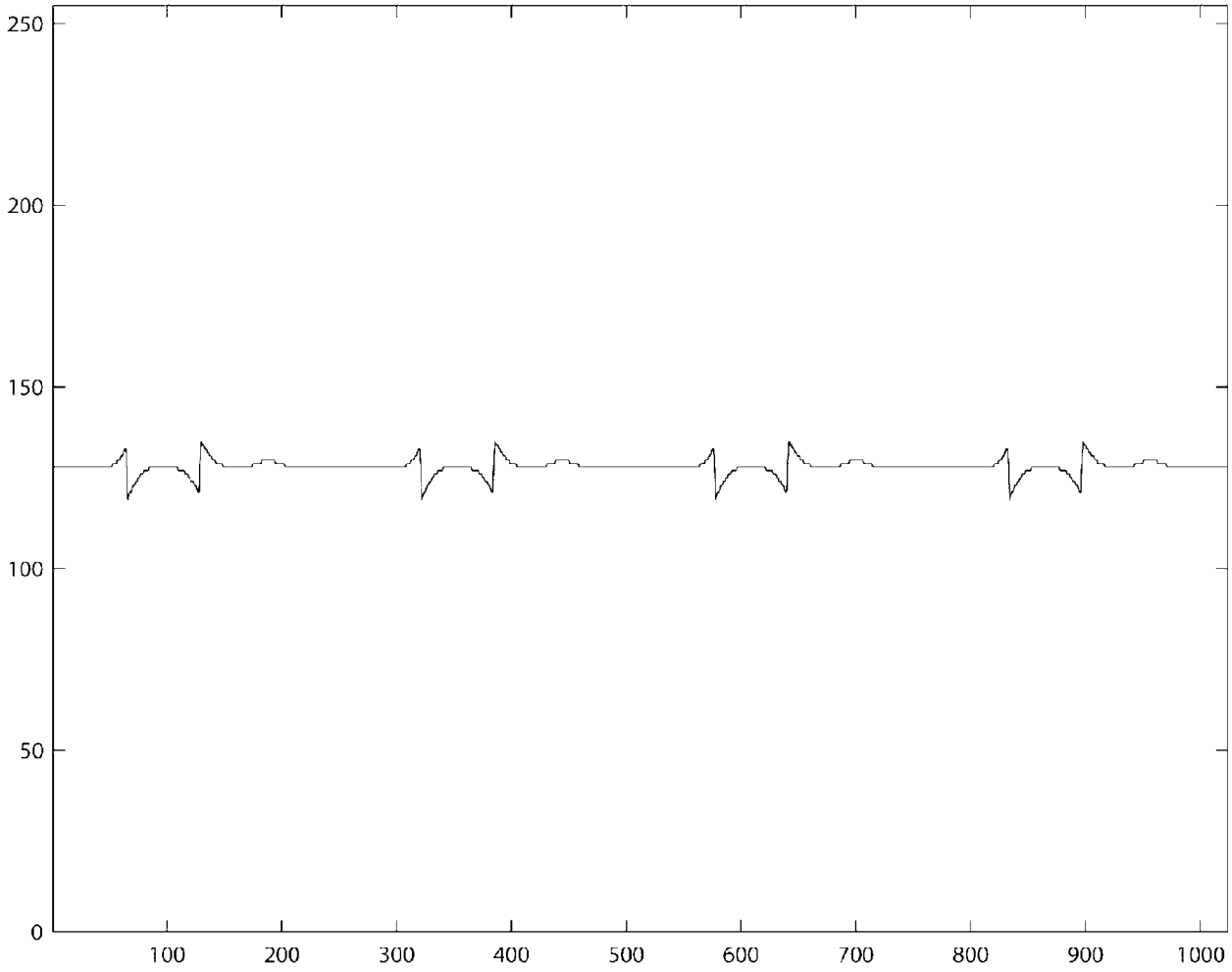
レベル 3

1	1	1	1	1	1	0.7	0						
1	1	1	1	1	1	0.7	0.7	0.7	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1						

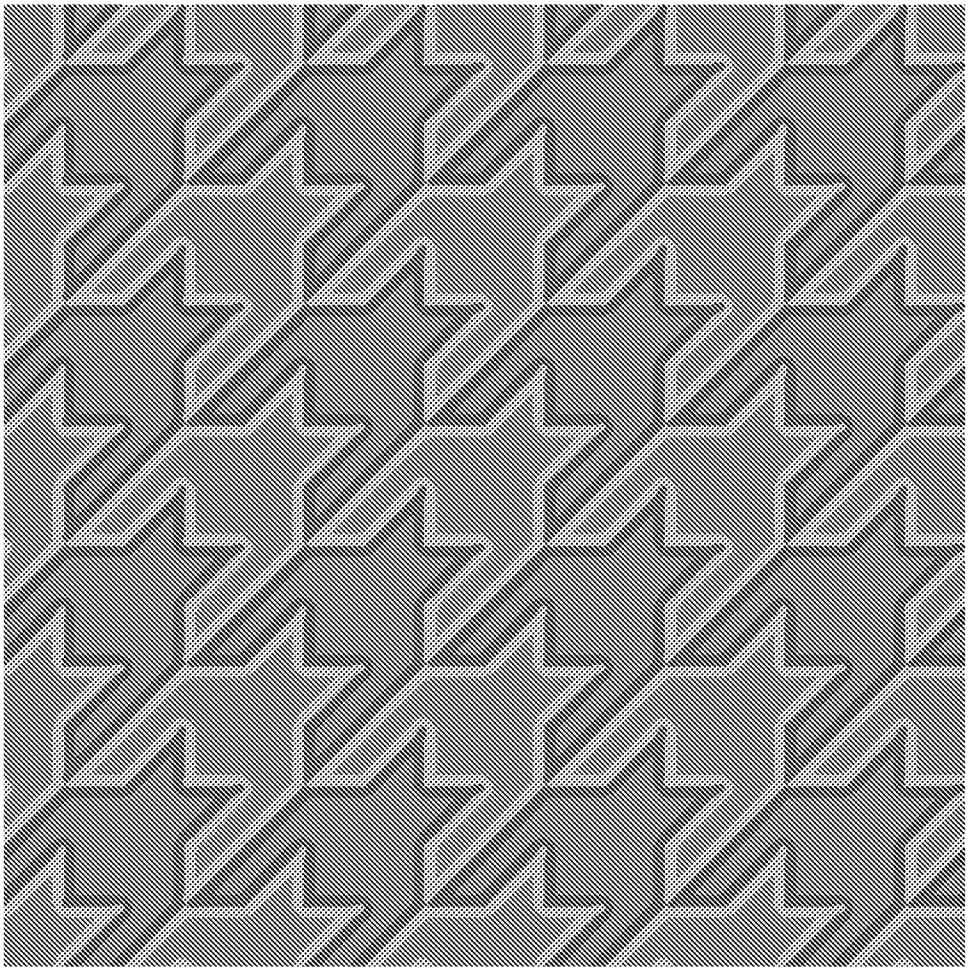
[図16]



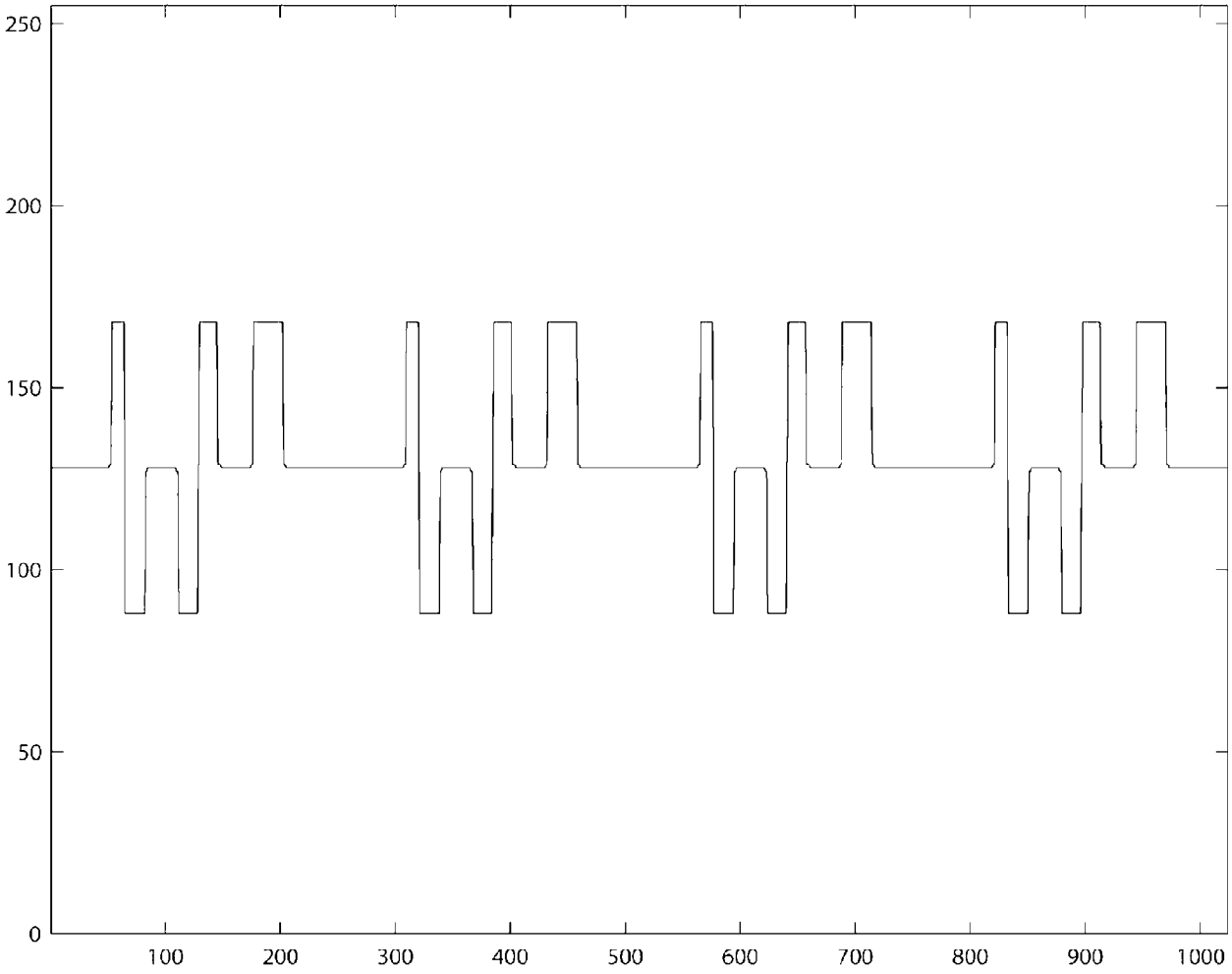
[図17]



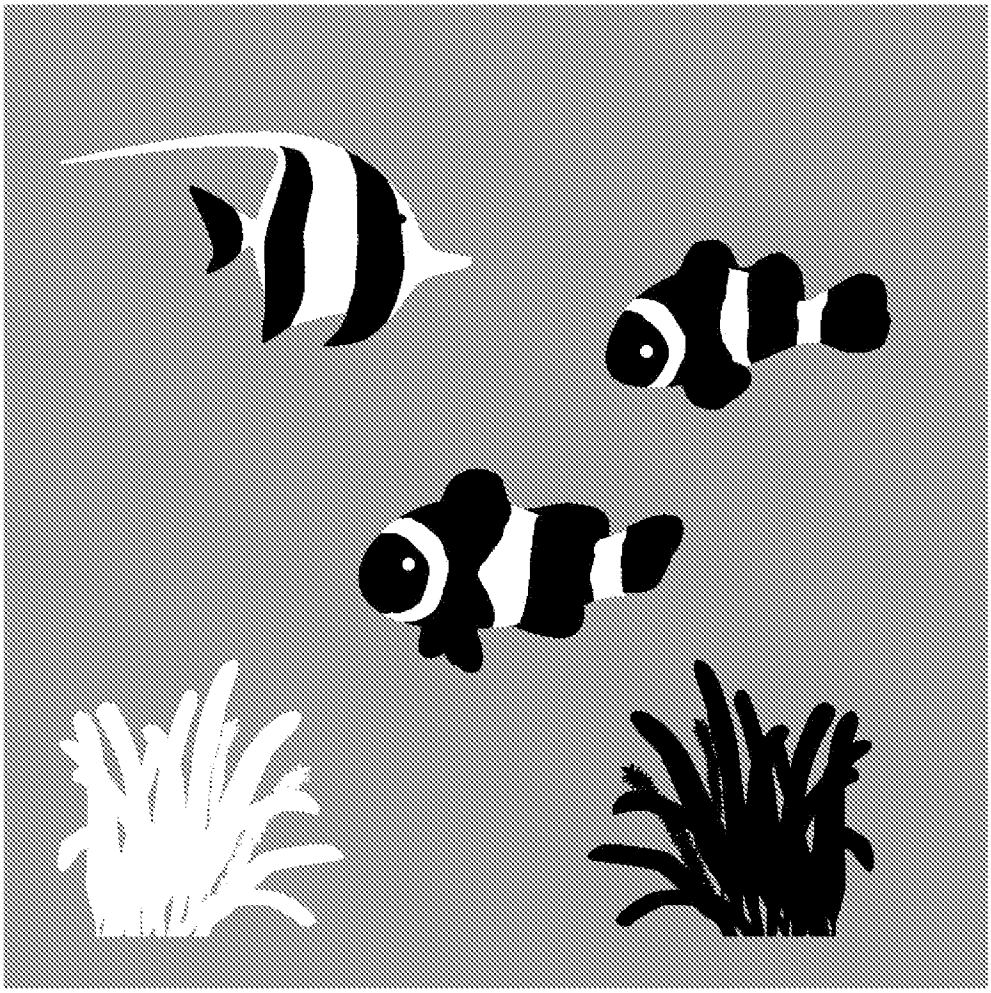
[図18]



[図19]



[図20]

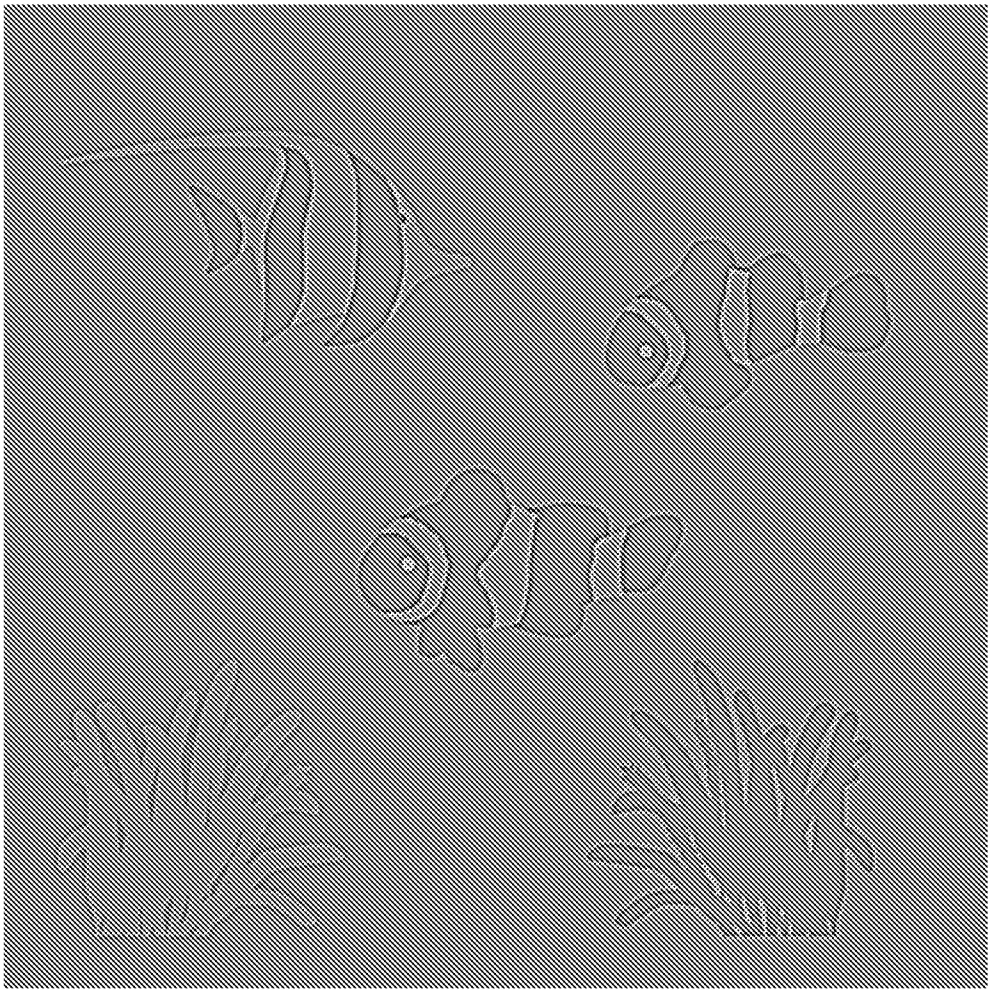


[図21]

レベル 1

0	0	0	0	0	0	1	0						
0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0						

[図22]


200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100
1200
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
2100
2200
2300
2400
2500
2600
2700
2800
2900
3000
3100
3200
3300
3400
3500
3600
3700
3800
3900
4000

[図23]



[図24]

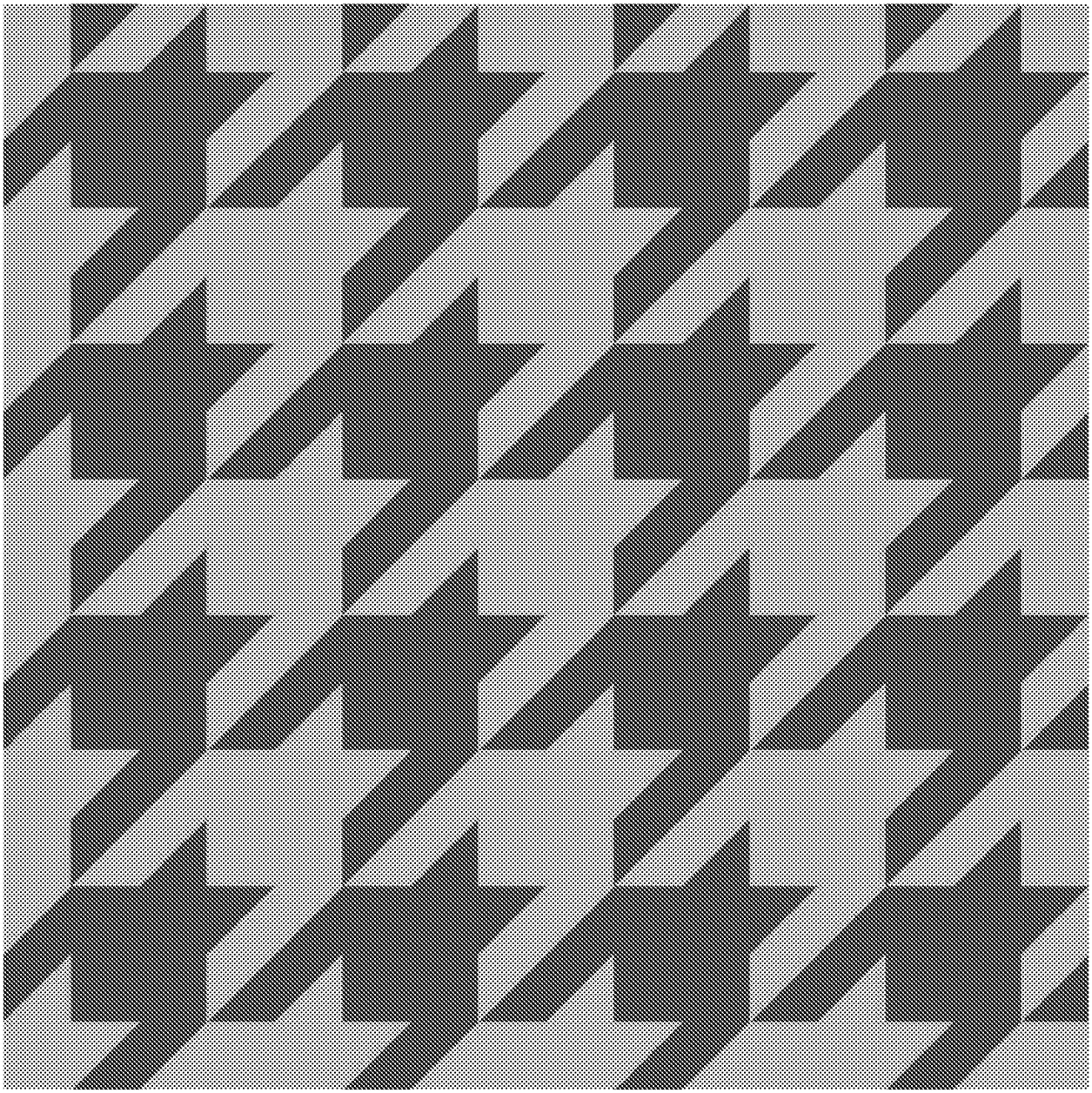
レベル 2

0	0	0	0	0	0	1	0						
0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0						

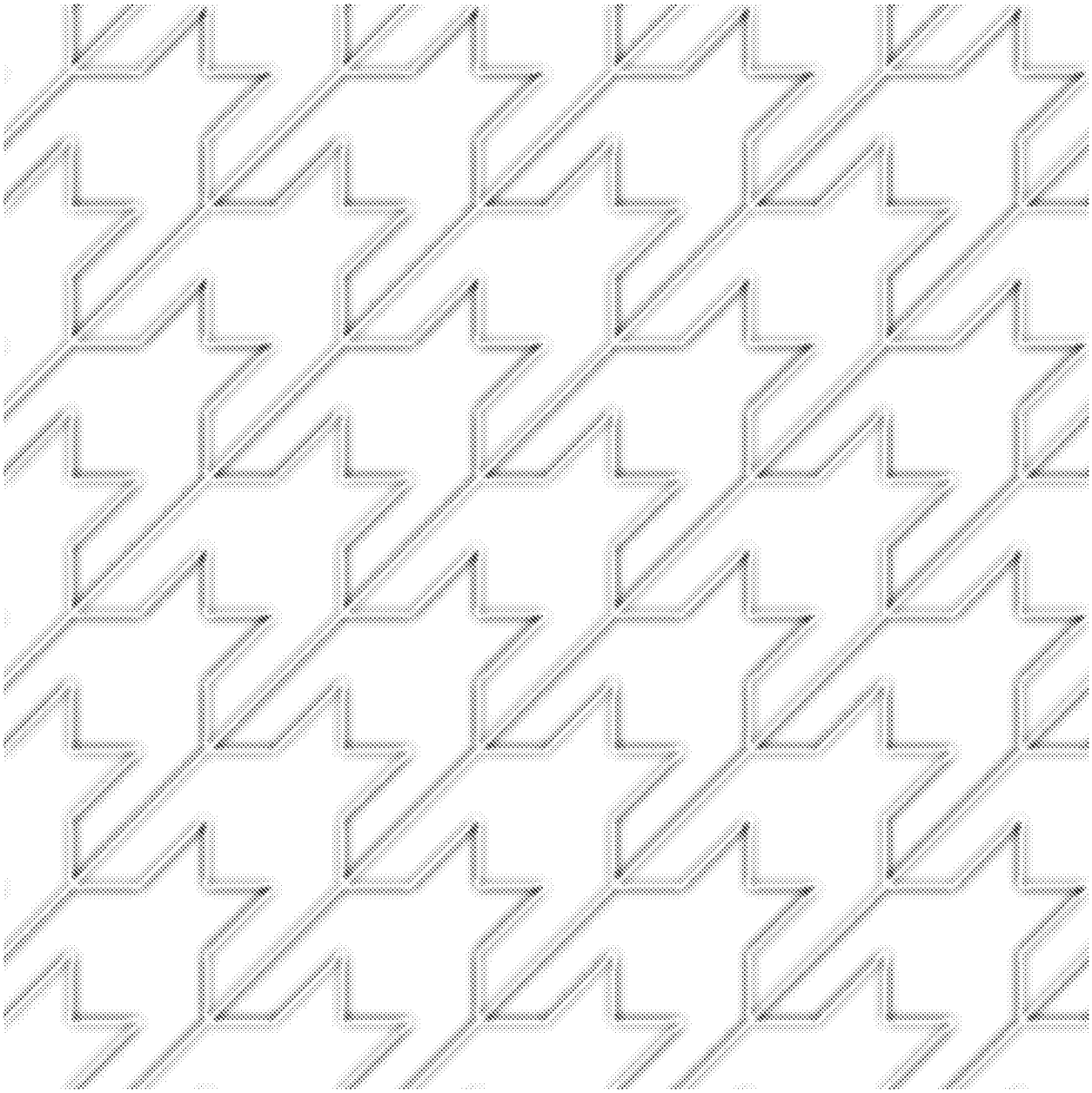
[図25]



[図26]



[図27]

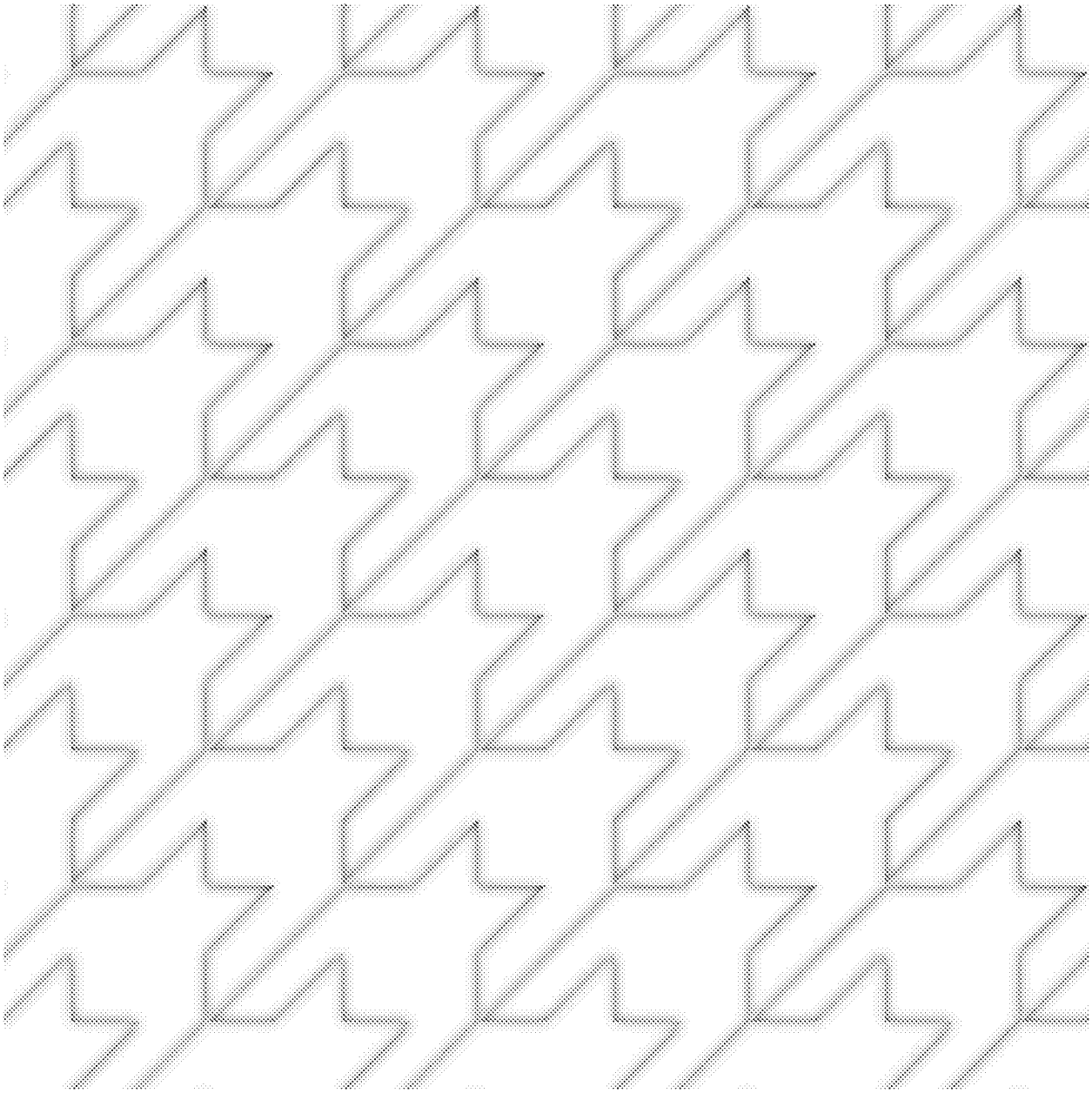


[図28]

レベル 2

0	0	0	0	0	0	1	0						
0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0						

[図29]



[図30]

レベル 1

1	1	1	0		
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1

[図31]

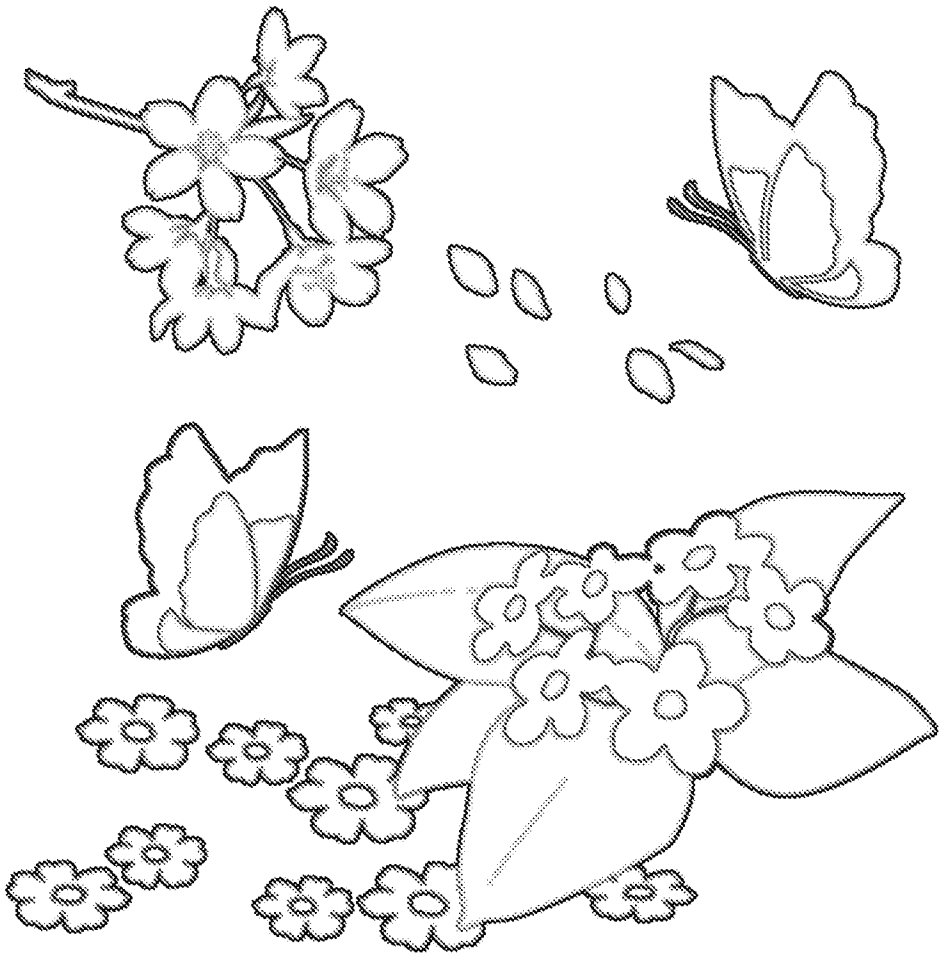
レベル 2

1	1	1	0		
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1

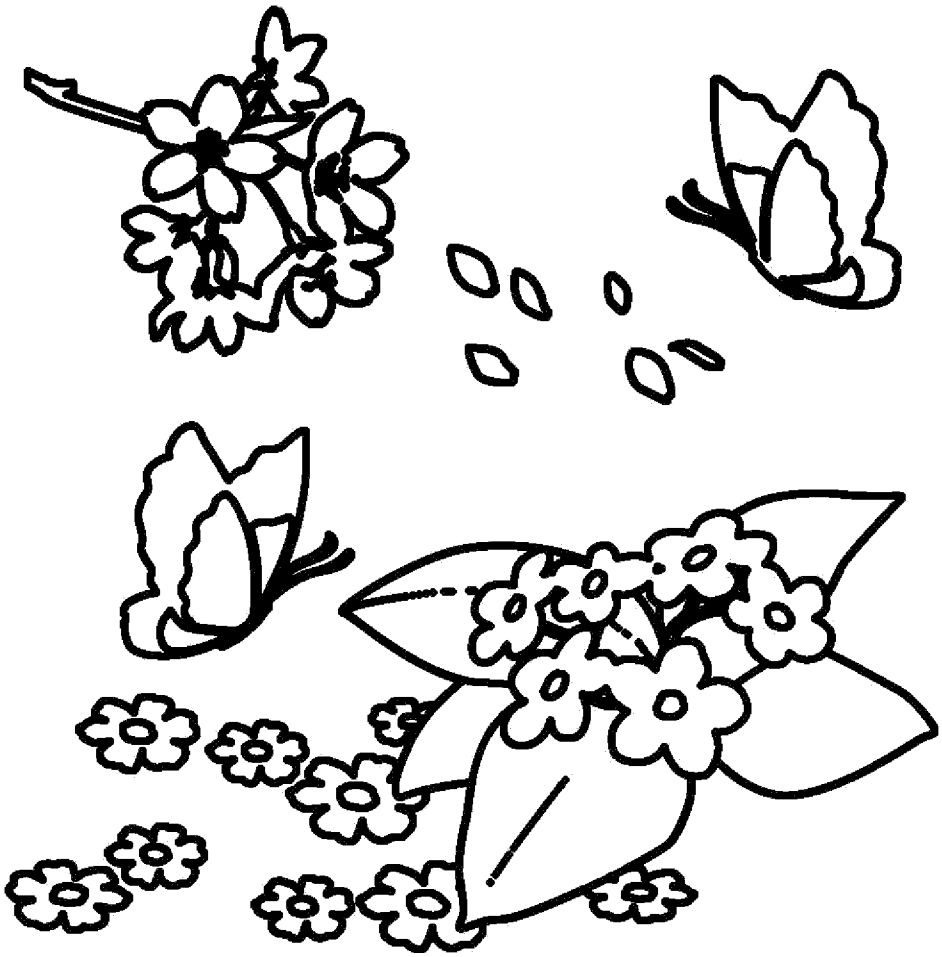
[図32]



[図33]



[図34]



[図35]

レベル 1

1	1	1	0		
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1

[図36]

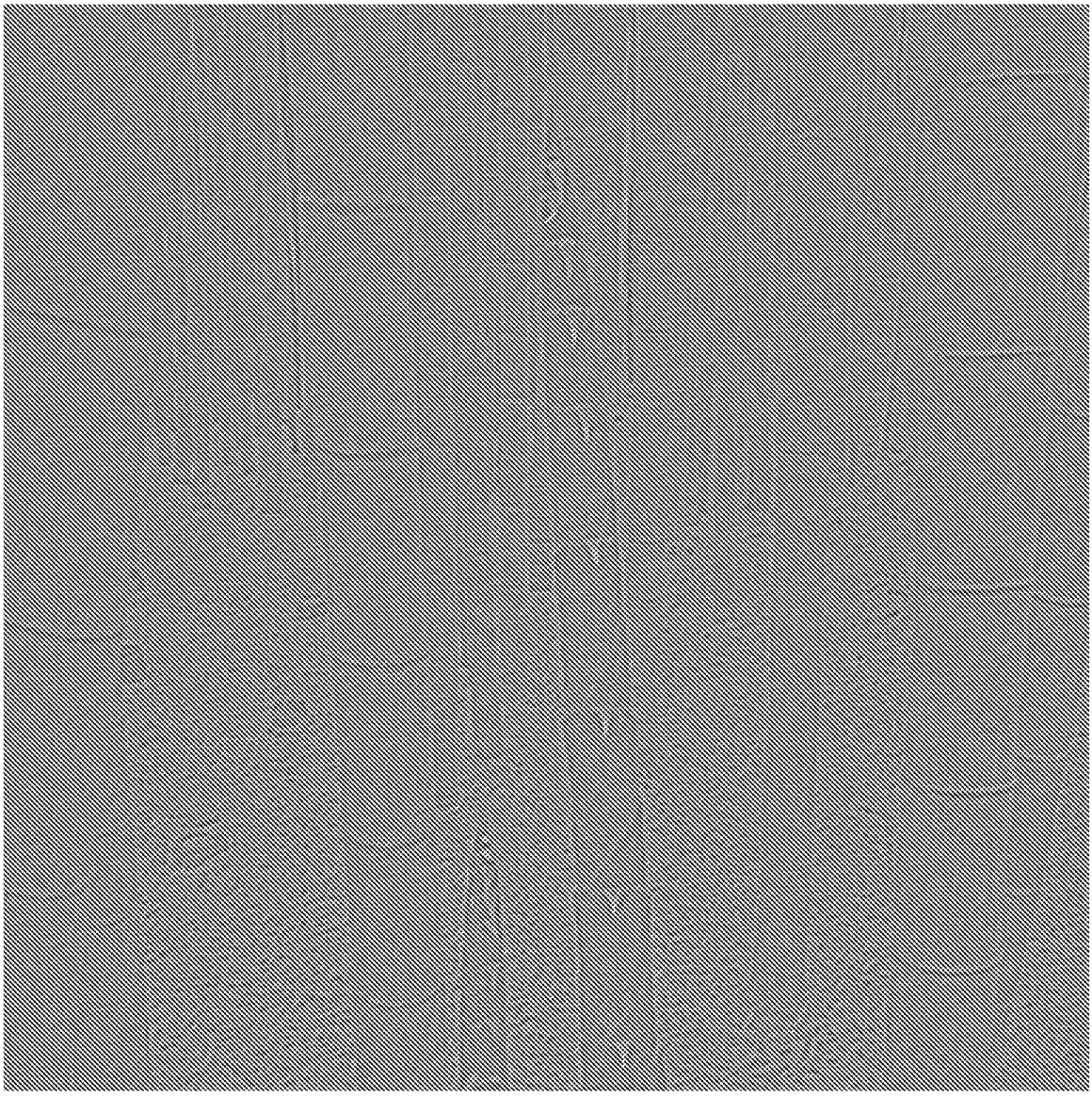


[図37]

レベル 1

0	0	0	0	0	0	1	0						
0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0						

[図38]



[図39]

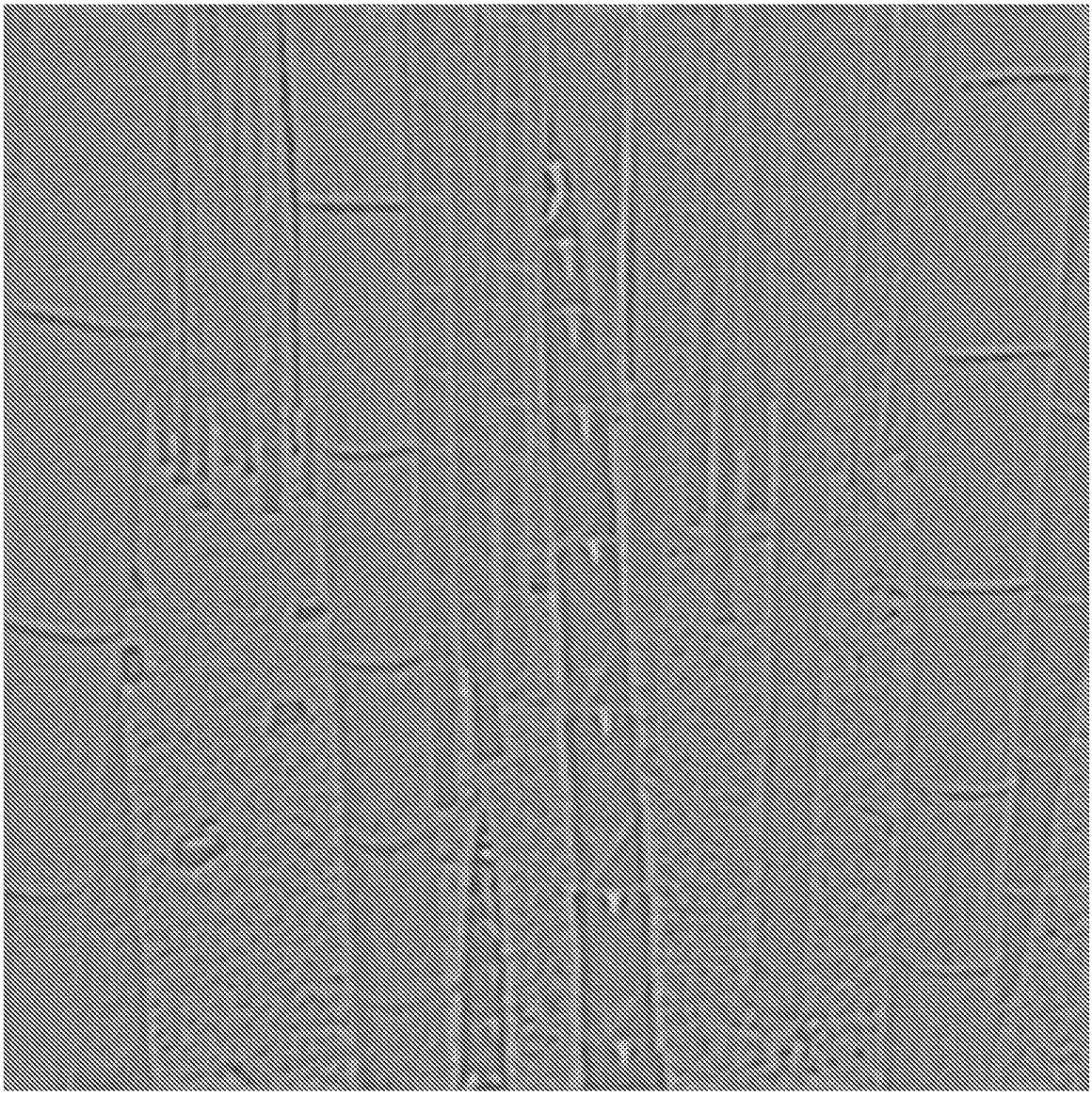


[図40]

レベル 2

0	0	0	0	0	0	1	0						
0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0						

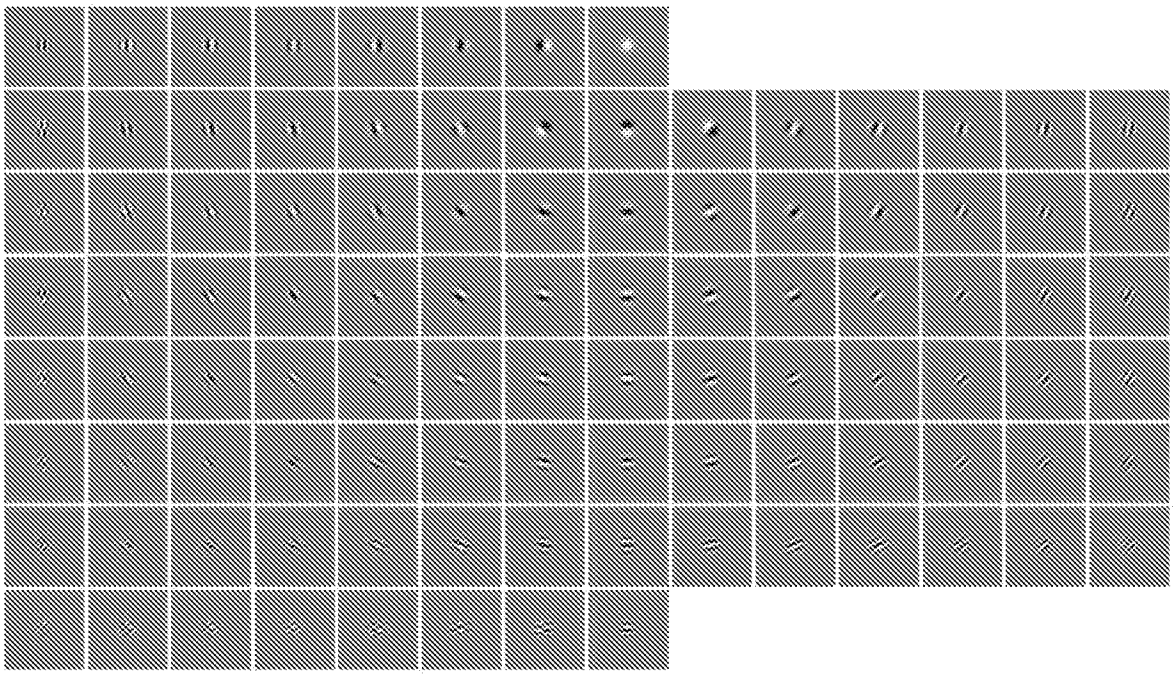
[図41]



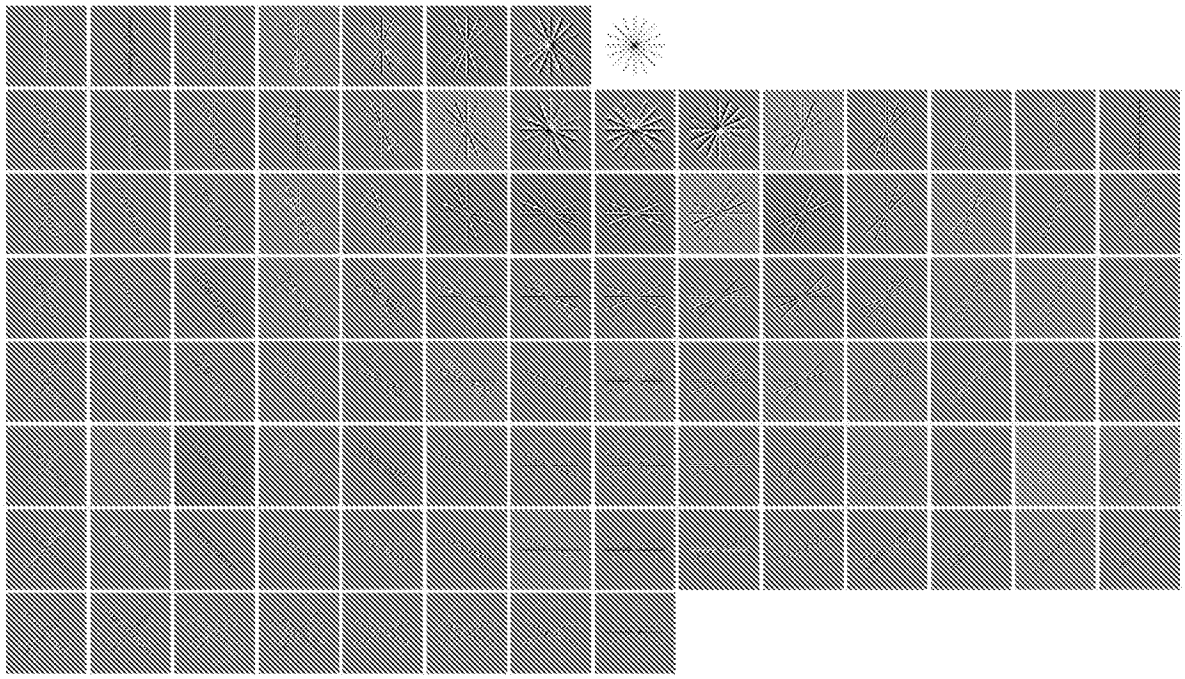
[図42]



[図43]



[図44]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/029433

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G06T5/00(2006.01)i, *G06T5/20*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G06T5/00, G06T5/20

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 2013/128781 A1 (Japan Science and Technology Agency), 06 September 2013 (06.09.2013), paragraphs [0098] to [0124], [0137] to [0141]; fig. 1 to 8	1-6,8-12 7
Y A	& US 2015/0078676 A1 paragraphs [0197] to [0224], [0239] to [0243]; fig. 1 to 9 & EP 2824635 A1 & CN 104137144 A & KR 10-2014-0119176 A & RU 2014138915 A & TW 201346836 A	1-6,8-12 7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
11 September 2017 (11.09.17)	19 September 2017 (19.09.17)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/029433

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2009-031978 A (Seiko Epson Corp.), 12 February 2009 (12.02.2009), paragraphs [0022] to [0024], [0028] to [0030]; fig. 1 to 7 & US 2009/0028426 A1 paragraphs [0034] to [0036], [0040] to [0042]; fig. 1 to 7 JP 7-170428 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 04 July 1995 (04.07.1995), paragraphs [0010] to [0015]; fig. 2, 6 to 11 & US 5760843 A column 4, line 29 to column 5, line 40; fig. 3, 6 to 10	9,10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/029433

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. [x] Claims Nos.: 13-14
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
A "computer-readable recording medium in which image data is recorded" and a "printed medium on which an image is printed" described in claims 13 and 14 are mere presentation of information and need not to be searched and examined.

2. [ ] Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. [ ] Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. [ ] As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. [ ] As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.

3. [ ] As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. [ ] No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

[ ] The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

[ ] The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

[ ] No protest accompanied the payment of additional search fees.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／０２９４３３

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G06T5/00(2006.01)i, G06T5/20(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G06T5/00, G06T5/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報　１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報　１９７１－２０１７年
日本国実用新案登録公報　１９９６－２０１７年
日本国登録実用新案公報　１９９４－２０１７年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

JSTPlus（JDreamIII）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	WO 2013/128781 A1（独立行政法人科学技術振興機構）2013.09.06, 段落［００９８］－［０１２４］［０１３７］－［０１４１］、図１－８	1-6, 8-12
A	& US 2015/0078676 A1, 段落[0197]-[0224][0239]-[0243], 図 1-9 & EP 2824635 A1 & CN 104137144 A & KR 10-2014-0119176 A & RU 2014138915 A & TW 201346836 A	7

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
１１．０９．２０１７

国際調査報告の発送日
１９．０９．２０１７

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　５Ｈ　４１８９
佐田　宏史
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５３１

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2009-031978 A (セイコーエプソン株式会社) 2009.02.12, 段落［００２２］－［００２４］［００２８］－［００３０］、図１－７	1-6, 8-12
A	& US 2009/0028426 A1, 段落[0034]-[0036][0040]-[0042], 図 1-7	7
Y	JP 7-170428 A (松下電器産業株式会社) 1995.07.04, 段落［００１０］－［００１５］、図２，６－１１ & US 5760843 A, 第 4 欄第 29 行-第 5 欄第 40 行, 図 3,6-10	9, 10

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／０２９４３３

第Ⅱ欄　請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第１ページの２の続き）

法第8条第3項（ＰＣＴ17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

１．☑ 請求項　１３－１４　は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
請求項１３及び１４の「画像データを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体」及び「画像が印刷された印刷媒体」は、情報の単なる提示にすぎず、調査・審査をすることを要しない対象である。

２．☐ 請求項　　は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、

３．☐ 請求項　　は、従属請求の範囲であってＰＣＴ規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄　発明の単一性が欠如しているときの意見（第１ページの３の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

１．☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。

２．☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。

３．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。

４．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。

☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。

☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。