

(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
2012 年 12 月 20 日(20.12.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/172853 A1

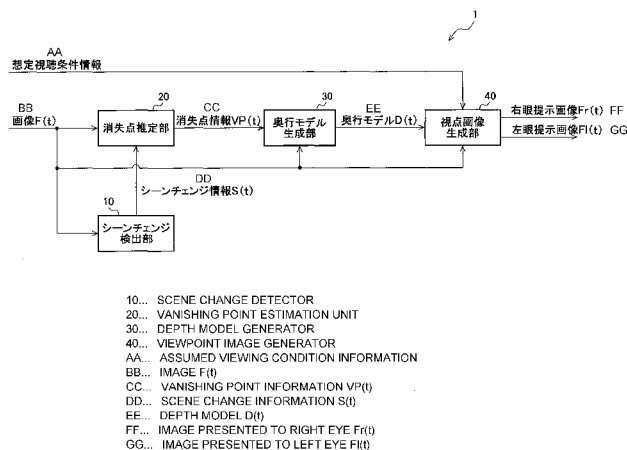
- (51) 国際特許分類:
H04N 13/02 (2006.01) G06T 19/00 (2011.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/059043
- (22) 国際出願日: 2012 年 4 月 3 日(03.04.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-131255 2011 年 6 月 13 日(13.06.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について):
シャープ株式会社(SHARP KABUSHIKI KAISHA)
[JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町
2 2 番 2 2 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 筑波 健史
(TSUKUBA, Takeshi). 塩井 正宏(SHIOI, Masahiro).
末永 健明(SUENAGA, Takeaki). 野 敦稔(SHI-
MENO, Atsutoshi).
- (74) 代理人: 岡田 宏之(OKADA, Hiroyuki); 〒2310041
神奈川県横浜市中区吉田町 7 2 番地サリュート
ビル 9 F なぎさ特許事務所 Kanagawa (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS,
KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT,
LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA,
RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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),

[続葉有]

(54) Title: APPARATUS FOR GENERATING THREE-DIMENSIONAL IMAGE, METHOD FOR GENERATING THREE-DIMENSIONAL IMAGE, PROGRAM, AND RECORDING MEDIUM

(54) 発明の名称: 立体画像生成装置、立体画像生成方法、プログラム、および記録媒体

[図1]



(57) Abstract: When the position of a vanishing point can be estimated, a depth model of an image is generated on the basis of the vanishing point, and when the position of the vanishing point cannot be estimated, the depth model of the image is generated on the basis of the degree of prominence, whereby a three-dimensional image can be generated with a more natural feeling of depth. An apparatus for generating a three-dimensional image (1) is provided with: a vanishing point estimation unit (20) for estimating a vanishing point from an image to be processed; a depth model generator (30) for generating a different depth model on the basis of whether it was possible or impossible for the vanishing point estimation unit (20) to estimate the vanishing point; and a viewpoint image generator (40) for generating the image presented to the right eye and the image presented to the left eye on the basis of the depth model generated by the depth model generator (30), the image to be processed, and assumed viewing condition information. If it was possible for the vanishing point estimation unit (20) to estimate the vanishing point, the depth model generator (30) generates the depth model on the basis of the vanishing point, and if it was impossible for the vanishing point estimation unit (20) to estimate the vanishing point, the depth model is generated on the basis of the degree of prominence of each pixel within the image to be processed.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/172853 A1



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

消失点位置を推定できる場合、消失点に基づいて画像の奥行モデルを生成し、消失点位置を推定できない場合、顕著度に基づいて画像の奥行モデルを生成することにより、より自然な奥行感のある立体画像を生成可能とする。立体画像生成装置(1)は、処理対象画像から消失点を推定する消失点推定部(20)と、消失点推定部(20)により消失点が推定できたか否かに基づいて異なる奥行モデルを生成する奥行モデル生成部(30)と、奥行モデル生成部(30)により生成した奥行モデルと処理対象画像と想定視聴条件情報とに基づいて、右眼提示画像と左眼提示画像を生成する視点画像生成部(40)とを備える。奥行モデル生成部(30)は、消失点推定部(20)により消失点が推定できた場合、消失点に基づいて奥行モデルを生成し、また、消失点推定部(20)により消失点が推定できなかった場合、処理対象画像内の各画素の顕著度に基づいて奥行モデルを生成する。

明 細 書

発明の名称：

立体画像生成装置、立体画像生成方法、プログラム、および記録媒体 技術分野

[0001] 本発明は、2D画像に対して両眼立体情報を付加し、3D画像を生成する立体画像生成装置、立体画像生成方法、プログラム、及び記録媒体に関する。

背景技術

[0002] 近年、3DTV (3D Television) の普及と3Dデジタル放送の開始により、家庭において3D映像を視聴する環境が整いつつある。しかし、3D映像の再生環境の整備に伴い、3D映像のコンテンツ不足が指摘されている。こうしたコンテンツ不足の解消へのアプローチとして、2D画像に対して人工的に両眼立体情報を付加し、3D画像を生成する2D／3D変換 (2D to 3D conversion) が注目されている。

[0003] 2D／3D変換を実現する手法として、例えば、特許文献1に示す手法が知られている。この特許文献1には、基本となる3種類の画像の奥行値を示す基本奥行モデルを備え、入力画像のパターンによって、3種類の基本奥行モデルの合成比を変えて、入力画像の奥行モデルを生成し、生成した奥行モデルと入力画像とから、左眼／右眼へ提示する画像を生成する立体画像生成装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第4214976号明細書（特開2005-151534号公報）

非特許文献

[0005] 非特許文献1：J. Shi and C. Tomasi, “Good Features to Track,” 9th IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, June 1994

非特許文献2 : B. D. Lucas and T. Kanade, "An iterative image registration technique with an application to stereo vision," Proceedings of the 1981 DARPA Imaging Understanding Workshop (pp.121-130), 1981

非特許文献3 : C G - A R T S 協会, デジタル画像処理 第2版, 2009

非特許文献4 : 太田登 著, 色彩工学 第2版, 東京電機大学出版局, 2001

非特許文献5 : L. Itti, C. Koch, E. Niebur, "A Model of Saliency-Based Visual Attention for Rapid Scene Analysis," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 20, No.11, pp.1254-1259, Nov 1998.

非特許文献6 : A. Telea, "An image inpainting technique based on the fast marching method," Journal of Graphics Tools 9 (2004), pp.25-36.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献1に開示されている立体画像生成装置では、想定した基本奥行モデルに合致しない画像の奥行モデルを表現することが困難である。例えば、画面外に消失点がある場合、3種類の基本奥行モデルの合成比を変更しても表現することができないという問題がある。このため、自然な奥行感のある立体映像を生成することができなかった。

[0007] 本発明は、上述のような問題点を解決するためになされたものであって、幾何的な奥行手掛かりにより消失点位置を推定できる場合は、消失点に基づいて画像の奥行モデルを生成し、幾何的な奥行手掛かりにより消失点位置を推定できない場合は、人の視覚特性に基づいた画像内の誘目性を表す顕著度に基づいて画像の奥行モデルを生成することにより、より自然な奥行感のある立体画像を生成可能とする立体画像生成装置、立体画像生成方法、プログラム、及び記録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

[0008] 上記課題を解決するために、本発明の第1の技術手段は、2D画像に両眼立体情報を付加し、3D画像を生成する立体画像生成装置であって、処理対

象画像から消失点を推定する消失点推定手段と、該消失点推定手段により消失点が推定できたか否かに基づいて異なる奥行モデルを生成する奥行モデル生成手段と、該奥行モデル生成手段により生成した奥行モデルと前記処理対象画像と想定視聴条件情報とに基づいて、右眼提示画像と左眼提示画像を生成する視点画像生成手段とを備え、前記奥行モデル生成手段は、前記消失点推定手段により消失点が推定できた場合、前記消失点に基づいて奥行モデルを生成し、また、前記消失点推定手段により消失点が推定できなかった場合、前記処理対象画像内の各画素の顕著度に基づいて奥行モデルを生成することを特徴としたものである。

[0009] 第2の技術手段は、第1の技術手段において、処理対象画像から所定の画像サイズの縮小画像を生成する縮小画像生成手段を備え、前記縮小画像を、前記消失点推定手段と前記奥行モデル生成手段の入力とし、該奥行モデル生成手段により生成した前記縮小画像の奥行モデルから前記処理対象画像と同一画像サイズの拡大奥行モデルを生成する拡大奥行モデル生成手段を備えることを特徴としたものである。

[0010] 第3の技術手段は、第1の技術手段において、前記奥行モデル生成手段により生成した処理対象画像の奥行モデルを空間方向に平滑化し、該空間方向に平滑化された前記処理対象画像の奥行モデルと、該処理対象画像よりも過去の比較対象画像の時空間方向に平滑化された奥行モデルとに基づいて、前記処理対象画像の奥行モデルを時間方向に平滑化し、前記処理対象画像の時空間方向に平滑化された奥行モデルを生成する時空間方向平滑化手段を備えることを特徴としたものである。

[0011] 第4の技術手段は、第1～第3のいずれか1の技術手段において、前記想定視聴条件情報は、前記3D画像を表示するディスプレイの画素ピッチ、該ディスプレイの画像サイズ、視聴者から前記ディスプレイまでの距離、前記3D画像の奥行量を表す視差範囲、左右の仮想視点間の距離である基線長を含むことを特徴としたものである。

[0012] 第5の技術手段は、第1～第4のいずれか1の技術手段において、前記処

理対象画像内の各画素の顕著度は、注目画素とその周辺画素との色差が大きい箇所、あるいは、注目画素と画像全体との色差が大きい箇所、あるいは、注目画素を含む局所領域とその周辺領域との色差が大きい箇所ほど高く算出されることを特徴としたものである。

[0013] 第6の技術手段は、第5の技術手段において、前記奥行モデル生成手段は、前記消失点推定手段により消失点が推定できなかった場合、前記処理対象画像内の各画素の顕著度が高い箇所が手前側になるように奥行モデルを生成することを特徴としたものである。

[0014] 第7の技術手段は、第1～第6のいずれか1の技術手段において、前記消失点推定手段は、前記処理対象画像内の直線情報から該処理対象画像の消失点を推定するフレーム内消失点推定手段と、前記処理対象画像と該処理対象画像よりも過去の比較対象画像と該比較対象画像における消失点の位置とに基づいて、前記処理対象画像の消失点を推定するフレーム間消失点推定手段とを備えたことを特徴としたものである。

[0015] 第8の技術手段は、第7の技術手段において、前記処理対象画像と前記比較対象画像との間でシーンチェンジがあったか否かを検出するシーンチェンジ検出手段を備え、該シーンチェンジ検出手段によりシーンチェンジが検出された場合、前記フレーム内消失点推定手段が選択され、前記シーンチェンジ検出手段によりシーンチェンジが検出されない場合、前記フレーム間消失点推定手段が選択されることを特徴としたものである。

[0016] 第9の技術手段は、第8の技術手段において、前記比較対象画像の消失点の位置を含む消失点情報を記憶する記憶手段を備え、該記憶手段に前記比較対象画像の消失点情報が記憶されている場合、前記フレーム間消失点推定手段が選択され、前記記憶手段に前記比較対象画像の消失点情報が記憶されていない場合、前記フレーム内消失点推定手段が選択されることを特徴としたものである。

[0017] 第10の技術手段は、第7～第9のいずれか1の技術手段において、前記比較対象画像は、前記処理対象画像の1つ前の画像であることを特徴とした

ものである。

[0018] 第11の技術手段は、2D画像に両眼立体情報を付加し、3D画像を生成する立体画像生成装置による立体画像生成方法であって、前記立体画像生成装置が、処理対象画像から消失点を推定する消失点推定ステップと、該消失点推定ステップにて消失点が推定できたか否かに基づいて異なる奥行モデルを生成する奥行モデル生成ステップと、該奥行モデル生成ステップにて生成した奥行モデルと前記処理対象画像と想定視聴条件情報とに基づいて、右眼提示画像と左眼提示画像を生成する視点画像生成ステップとを備え、前記奥行モデル生成ステップは、前記消失点推定ステップにて消失点が推定できた場合、前記消失点に基づいて奥行モデルを生成し、また、前記消失点推定ステップにて消失点が推定できなかった場合、前記処理対象画像内の各画素の顕著度に基づいて奥行モデルを生成することを特徴としたものである。

[0019] 第12の技術手段は、コンピュータに、第11の技術手段における立体画像生成方法を実行させるためのプログラムである。

[0020] 第13の技術手段は、第12の技術手段におけるプログラム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。

発明の効果

[0021] 本発明によれば、幾何的な奥行手掛かりにより消失点位置を推定できる場合は、消失点に基づいて画像の奥行モデルを生成することにより、幾何的な奥行手掛かりによる奥行感を強調した立体画像を生成することができる。

また、本発明によれば、幾何的な奥行手掛かりにより消失点位置を推定できない場合は、人の視覚特性に基づいた画像内の誘目性を表す顕著度から画像の奥行モデルを生成することにより、人の注目する部分の奥行感を強調した立体画像を生成することができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]本発明の実施形態に係る立体画像生成装置の構成例を示すブロック図である。

[図2]本発明の実施形態に係る立体画像生成装置のフレーム単位の動作例を説

明するためのフロー図である。

[図3]輝度ヒストグラムに基づくシーンチェンジ検出の概略図である。

[図4]本発明の実施形態に係るシーンチェンジ検出部の構成例を示すブロック図である。

[図5]本発明の実施形態に係るシーンチェンジ検出部の動作例を説明するためのフロー図である。

[図6]本発明の実施形態に係る消失点推定部の構成例を示すブロック図である。

[図7]本発明の実施形態に係る消失点推定部の動作例を説明するためのフロー図である。

[図8]本発明の実施形態に係るフレーム内消失点推定部の動作例を説明するためのフロー図である。

[図9]図8のフローに対応した画像の一例を示す図である。

[図10]ハフ変換による直線検出を説明するための概略図である。

[図11]本発明の実施形態に係るフレーム間消失点推定部の動作例を説明するためのフロー図である。

[図12]図11のフローに対応した画像の一例を示す図である。

[図13]同一シーン内において、フレーム内消失点推定手段、フレーム間消失点推定手段の適用される範囲の一例を示す図である。

[図14]本発明の実施形態に係る奥行モデル生成部の構成例を示すブロック図である。

[図15]本発明の実施形態に係る奥行モデル生成部の動作例を説明するためのフロー図である。

[図16]本発明の実施形態に係る画面内に消失点がある場合の基本奥行モデルの一例を示す図である。

[図17]本発明の実施形態に係る画面外に消失点がある場合の基本奥行モデルの一例を示す図である。

[図18]本発明の実施形態に係る消失点に基づいた奥行モデルを求める過程の

一例を示す図である。

[図19]本発明の実施形態に係る顕著度に基づいた奥行モデルを求める過程の一例を示す図である。

[図20]視点画像を生成するためのカメラ（視点）配置の俯瞰図である。

[図21]本発明の実施形態に係る視点画像生成部の構成例を示すブロック図である。

[図22]本発明の実施形態に係る視点画像生成部の動作例を説明するためのフロー図である。

[図23]本発明の実施形態に係る視点画像を生成する過程の一例を示す図である。

[図24]交差方向、及び開散方向の視差ベクトルを示す図である。

[図25]本発明の実施形態に係る奥行モデル生成部の変形例を示すブロック図である。

[図26]本発明の実施形態に係る奥行モデル生成部の変形例における顕著度に基づく奥行モデル作成手段の動作例を説明するためのフロー図である。

[図27]本発明の実施形態に係る顕著度に基づいた奥行モデル（変形例）を求める過程の一例を示す図である。

[図28]本発明の実施形態に係る顕著度に基づいた奥行モデル（変形例）において、基準となる奥行モデルの変形例の一例と対応する奥行モデルの一例を示す図である。

[図29]本発明の実施形態に係る立体画像生成装置（第一の変形例）の構成例を示すブロック図である。

[図30]本発明の実施形態に係る立体画像生成装置（第一の変形例）のフレーム単位の動作例を説明するためのフロー図である。

[図31]本発明の実施形態に係る立体画像生成装置（第二の変形例）の構成例を示すブロック図である。

[図32]本発明の実施形態に係る立体画像生成装置（第二の変形例）のフレーム単位の動作例を説明するためのフロー図である。

[図33]本発明の実施形態に係る時空間方向平滑化部の構成例を示すブロック図である。

[図34]本発明の実施形態に係る時空間方向平滑化部の動作例を説明するためのフロー図である。

発明を実施するための形態

[0023] 以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について詳しく説明する。なお、図面において同じ機能を有する部分については同じ符号を付し、繰り返しの説明は省略する。

図1は、本発明に係る立体画像生成装置の概略構成例を示すブロック図である。図中、1は立体画像生成装置を示す。立体画像生成装置1は、シーンチェンジ検出部10、消失点推定部20、奥行モデル生成部30、及び視点画像生成部40を備えている。また、図2は、本発明に係る立体画像生成装置1のフレーム単位の動作例を説明するためのフロー図である。

[0024] 図2において、まず、図1の立体画像生成装置1は、入力された時刻 t の画像（以降、処理対象画像 $F(t)$ ともいう）をシーンチェンジ検出部10、消失点推定部20、奥行モデル生成部30、及び視点画像生成部40へ出力する（図2のステップS11）。

[0025] （シーンチェンジ検出部10について）

図1のシーンチェンジ検出部10は、本発明のシーンチェンジ検出手段に相当し、入力された処理対象画像 $F(t)$ と、処理対象画像 $F(t)$ より一つ前に入力された画像（以降、比較対象画像 $F(t-1)$ ともいう）から所定の画像特徴量を算出し、算出した画像特徴量の類似度を比較して、時系列に連続する画像の区分点（シーンチェンジ）を検出し、処理対象画像 $F(t)$ においてシーンチェンジの有無を表すシーンチェンジ情報 $S(t)$ を消失点推定部20、および奥行モデル生成部30へ出力する（図2のステップS12）。ここで、所定の画像特徴量の一例として、画像の輝度値の出現頻度を表す輝度ヒストグラムに基づくシーンチェンジ検出について図3～図5に基づき説明する。

[0026] 図3に示すように、輝度ヒストグラムに基づくシーンチェンジ検出は、処理対象画像 $F(t)$ と比較対象画像 $F(t-1)$ からそれぞれの輝度ヒストグラム $H_L(t)$ と $H_L(t-1)$ を算出し、算出した輝度ヒストグラムの類似度 $d(H_L(t), H_L(t-1))$ と所定の閾値とを比較して、処理対象画像 $F(t)$ においてシーンチェンジの有無を判定するというものである。

[0027] 図4に示すように、シーンチェンジ検出部10は、輝度ヒストグラム生成部101、バッファ102、ヒストグラム類似度算出部103、およびシーンチェンジ判定部104で構成されている。図5は、シーンチェンジ検出部10の動作例を説明するためのフロー図である。図5において、図4の輝度ヒストグラム生成部101は、入力された処理対象画像 $F(t)$ から輝度情報を取得し、取得した輝度情報から輝度値の出現頻度を表す輝度ヒストグラム $H_L(t)$ を算出し、その算出結果（輝度ヒストグラム $H_L(t)$ ）をバッファ102、ヒストグラム類似度算出部103へ出力する（図5のステップS21）。

[0028] 図4のバッファ102は、処理対象画像 $F(t)$ の1つ後の画像 $F(t+1)$ におけるシーンチェンジ検出のために、処理対象画像 $F(t)$ の輝度ヒストグラム $H_L(t)$ を記憶する（図5のステップS22）。図4のヒストグラム類似度算出部103は、入力された処理対象画像 $F(t)$ の輝度ヒストグラム $H_L(t)$ と、バッファ102より読みだした比較対象画像 $F(t-1)$ の輝度ヒストグラム $H_L(t-1)$ から類似度 $d(H_L(t), H_L(t-1))$ を式(1)により算出し、その算出結果をシーンチェンジ判定部104へ出力する（図5のステップS23）。

[0029] [数1]

$$d(H_L(t), H_L(t-1)) = \frac{1}{H \times W} \sum_{v=0}^{V-1} |H_L(v|t) - H_L(v|t-1)| \quad \dots (式1)$$

[0030] ここで、式(1)において、 W は画像の1ライン毎のピクセル数を表し、 H は画像のライン数を表し、 v は輝度値を表し、 V は輝度値の階調数を表し、 $H_L(v|t)$ は時刻 t における画像 $F(t)$ 上の輝度値 v の出現頻度を表

す。また、式（１）において、類似度 $d(H_L(t), H_L(t-1))$ のとる値の範囲は 0～2 となり、値が 0 に近いほどヒストグラムの形状が似ており、値が 2 に近いほどヒストグラムの形状が異なることを表す。

[0031] 図 4 のシーンチェンジ判定部 104 は、入力されたヒストグラムの類似度 $d(H_L(t), H_L(t-1))$ と、所定の閾値 d_{th} とで閾値判定を行い、式（２）により処理対象画像 $F(t)$ においてシーンチェンジの有無を表すシーンチェンジ情報 $S(t)$ を設定し、外部へ出力する（図 5 のステップ S24）。

[0032] [数2]

$$S(t) = \begin{cases} 0, & d(H_L(t), H_L(t-1)) < d_{th} \\ 1, & otherwise \end{cases} \quad \dots(式2)$$

[0033] つまり、シーンチェンジ判定部 104 は、類似度 $d(H_L(t), H_L(t-1))$ が閾値 d_{th} より小さい場合、シーンチェンジが無いと判定し、シーンチェンジ情報 $S(t)$ に「0」を設定する。それ以外の場合は、シーンチェンジがあると判定し、シーンチェンジ情報 $S(t)$ に「1」を設定する。

[0034] 以上、シーンチェンジ検出部 10 によれば、処理対象画像 $F(t)$ と、比較対象画像 $F(t-1)$ から所定の画像特徴量を算出し、算出した画像特徴量の類似度を比較することで、時系列に連続する画像の区分点（シーンチェンジ）を検出することができる。

[0035] （消失点推定部 20 について）

図 1 に戻って、消失点推定部 20 は、本発明の消失点推定手段に相当し、入力された処理対象画像 $F(t)$ のシーンチェンジ情報 $S(t)$ と、消失点推定部 20 の内部で記憶している一つ前の消失点情報 $VP(t-1)$ に基づいて消失点の推定手段（画像内の直線から消失点位置を推定するフレーム内消失点推定手段、画像間の特徴点の対応関係と前フレームの消失点位置から現フレームにおける消失点位置を推定するフレーム間消失点推定手段）を選択し、選択した消失点推定手段により入力された処理対象画像 $F(t)$ から消失点の位置を推定して、その結果を記述した消失点情報 $VP(t)$ を奥行

モデル生成部30へ出力する（図2のステップS13）。ここで「消失点」とは、3次元空間において平行な2直線を平面に射影（投影）すると、それらの線が必ず1点に収束する点のことである。

[0036] 続いて、本実施形態における消失点推定部20について詳細に説明する。図6に示すように、消失点推定部20は、切替部201、切替部202、フレーム内消失点推定部21、フレーム間消失点推定部22、バッファ203、およびバッファ204で構成されている。また、図6のフレーム内消失点推定部21は、エッジ検出部211、直線検出部212、および消失点同定部213で構成されている。このフレーム内消失点推定部21は、本発明のフレーム内消失点推定手段に相当し、処理対象画像 $F(t)$ 内の直線情報から処理対象画像 $F(t)$ の消失点を推定する。また、図6のフレーム間消失点推定部22は、特徴点検出部221、対応点算出部222、変換行列算出部223、および消失点位置算出部224で構成されている。このフレーム間消失点推定部22は、本発明のフレーム間消失点推定手段に相当し、処理対象画像 $F(t)$ と処理対象画像 $F(t)$ よりも過去の比較対象画像 $F(t-1)$ と比較対象画像 $F(t-1)$ における消失点の位置とに基づいて、処理対象画像 $F(t)$ の消失点を推定する。図7は、消失点推定部20の動作例を説明するためのフロー図である。

[0037] 図7において、図6の消失点推定部20は、入力されたシーンチェンジ情報 $S(t)$ 、およびバッファ204より読み出した一つ前の消失点情報 $VP(t-1)$ に基づいて消失点推定手段を選択する（図7のステップS31）。具体的には、シーンチェンジが有る場合（「 $S(t)=1$ 」）、もしくは、消失点情報 $VP(t-1)$ が、前フレームに消失点が無いことを示す場合、つまり、消失点情報 $VP(t-1)$ が「 $vp_num=0$ 」の場合（図7のステップS31においてYes）、図6の切替部201は画像の入力先を、図6の切替部202は消失点情報の出力元を、フレーム内消失点推定部21へそれぞれ切り替え（図7のステップS32）、その後、フレーム内消失点推定部21は、画像内の直線から消失点位置を推定し、その結果（消失点情報 VP

(t)) を出力する (図 7 のステップ S 3 3) 。

[0038] (フレーム内消失点推定部 2 1 について)

ここで、フレーム内消失点推定部 2 1 について詳細に説明する。図 8 は、フレーム内消失点推定部 2 1 の動作例を説明するためのフロー図である。図 9 は、図 8 のフローに対応した画像例を示す図である。図 8 のステップ S 3 3 1 において、図 6 のエッジ検出部 2 1 1 は、入力された処理対象画像 $F(t)$ (図 9 (A) を参照) から直線検出に用いるエッジ点情報 $Edge(t)$ を算出する。具体的には、まず、色成分 (例えば、RGB (Red (赤)、Green (緑)、Blue (青))) 毎に微分オペレータを適用し、 x 方向、 y 方向における各色成分 i の勾配ベクトル $G_i(x, y | t) = (\Delta G_{i_x}(t), \Delta G_{i_y}(t))$ ($i = 1, 2, 3$) を算出する。なお、 $i = 1, 2, 3$ は、それぞれ、R 成分、G 成分、B 成分である。

[0039] 続いて、エッジ検出部 2 1 1 は、式 (3) の演算を、座標 (x, y) の画素毎に行うことで、エッジ強度 $E(x, y | t)$ を算出する。

[0040] [数3]

$$E(x, y | t) = \sqrt{|G_1(x, y | t)|^2 + |G_2(x, y | t)|^2 + |G_3(x, y | t)|^2} \quad \cdots (式3)$$

[0041] 続いて、エッジ検出部 2 1 1 は、式 (4) の演算を、座標 (x, y) の画素毎に行うことで、エッジ強度 $E(x, y | t)$ から局所的にエッジ強度が極大値となる座標をエッジ点として抽出し、その結果を記述したエッジ点情報 $Edge(t)$ を直線検出部 2 1 2 へ出力する。

[0042] [数4]

$$Edge(x, y | t) = \begin{cases} 1 & , E(x, y | t) \in \text{Local Maxima} \\ 0 & , \text{otherwise} \end{cases} \quad \cdots (式4)$$

[0043] つまり、エッジ検出部 2 1 1 は、座標 (x, y) を中心とした窓サイズ $W_1 \times W_2$ の範囲内で、エッジ強度 $E(x, y | t)$ が極大値となる場合 (Local Maxima)、エッジ点 $Edge(x, y | t)$ に「1」、そ

れ以外はエッジ点 $E d g e (x, y | t)$ に「0」を設定する。ここで、 W_1 は x 方向の窓のサイズ、 W_2 は y 方向の窓のサイズを表す。

[0044] 図8のステップS332に進んで、図6の直線検出部212は、入力されたエッジ点情報 $E d g e (t)$ にハフ変換を適用して直線情報 $L (t)$ (図9(B)を参照)を取得する。ここで、ハフ変換による直線検出に関して図10に基づいて説明する。なお、図10(A)において、ある直線 L 上にある特徴点 A, B, C を、エッジ検出部211において得られた「 $E d g e (x, y | t) = 1$ 」となるエッジ点とする。まず、ハフ変換では、図10(A)に示す画像空間上の直線 L を極座標表現 (ρ, θ) を用いて表現する。 ρ は画像空間の原点から直線 L へ引いた垂線の距離を表し、 θ はその垂線が画像空間の x 軸となす角度を表す。なお、 ρ の範囲は $\rho \geq 0$ であり、 θ の範囲は $0 \leq \theta < 2\pi$ である。

[0045] 図10(A)の画像空間上にある特徴点 A, B, C を通過する直線 L は、パラメータ (ρ_0, θ_0) を用いて式(5)によって表される。

[0046] [数5]

$$\rho_0 = x \cos \theta_0 + y \sin \theta_0 \quad \cdots (式5)$$

[0047] また、特徴点 A, B, C をそれぞれ通過する直線群は、パラメータ空間へ写像すると、図10(B)においてパラメータ空間上の曲線 a 、曲線 b 、曲線 c として表現される。つまり、パラメータ空間上で、曲線 a 、曲線 b 、曲線 c の交点 (ρ_0, θ_0) が、特徴点 A, B, C を通過する直線 L として検出される。

[0048] 以上のように「 $E d g e (x, y | t) = 1$ 」となるエッジ点に対して、ハフ変換を適用し、パラメータ空間上で所定の閾値以上の曲線が交差し、かつ交差数の多い順に NL 個の極座標 (ρ_s, θ_s) ($s = 1, \dots, NL$) を直線 L_s として抽出し、その極座標 (ρ_s, θ_s) を記述したデータを直線情報 $L (t)$ とする。なお、 NL の範囲は $0 \leq NL \leq NL_{max}$ である。ここで、 NL_{max} は抽出する直線数の上限値を表す所定の定数である。また、上記直

線抽出の条件を満たさず、直線が検出されない場合は、 $NL = 0$ となる。

[0049] 再び図8に戻って、図6の消失点同定部213は、入力された直線情報 $L(t)$ から直線数 NL を取得し、直線数 NL と所定の閾値と大小関係を比較し、ステップS334～ステップS335の処理によって消失点の位置推定を行うか否かを決定する(ステップS333)。直線数 NL が閾値 ThL (≥ 2)より小さい場合(または以下の場合)(ステップS333においてNo)、消失点の推定に十分な幾何的な奥行手掛かりが無いと判定し、ステップS336へ進む。また、直線数 NL が閾値 ThL (≥ 2)以上の場合(または大きい場合)(ステップS333においてYes)、消失点同定部213は、消失点の推定に十分な幾何的な奥行手掛かりがあると判定し、入力された直線情報 $L(t)$ から、直線を表す角度 θ に関して式(6)、式(7)の条件を満たす直線 L_i ($i=1, \dots, NL$)と直線 L_j ($j=1, \dots, NL$)を選び、その交点 P_{ij} ($i \neq j$)を式(8)の行列演算によって算出し、交点情報を取得する(ステップS334)。なお、直線の交点を求める際に、一度選んだ直線 L_i と直線 L_j 同士の重複演算はしないものとする。なお、式(6)の条件は選んだ二直線が平行でないことを表し、式(7)の条件は水平方向($|\theta - \pi| \div \pi/2$)近傍、及び垂直方向($|\theta - \pi| \div 0$ 、または $|\theta - \pi| \div \pi$)近傍の直線でないことを表す。

[0050] [数6]

$$\theta_i \neq \theta_j \quad \dots(\text{式6})$$

[数7]

$$\Delta\theta < |\theta - \pi| < \frac{\pi}{2} - \Delta\theta, \quad \text{and}, \quad \frac{\pi}{2} + \Delta\theta < |\theta - \pi| < \pi - \Delta\theta \quad \dots(\text{式7})$$

[数8]

$$\begin{aligned}
 \mathbf{P}_{ij} &= \begin{pmatrix} x_{ij} \\ y_{ij} \end{pmatrix} = \mathbf{H}^{-1} \cdot \mathbf{M} \\
 \mathbf{H} &= \begin{pmatrix} \cos \theta_i & \sin \theta_i \\ \cos \theta_j & \sin \theta_j \end{pmatrix} \\
 \mathbf{M} &= \begin{pmatrix} \rho_i \\ \rho_j \end{pmatrix} \quad \dots(\text{式8})
 \end{aligned}$$

[0051] 続いて、消失点同定部213は、取得した直線の交点 $\mathbf{P}_{ij}$ の分布モデルを、式(9)に示す K_c 個のガウス分布の混合モデルGMM (Gaussian Mixture Model)を用いて表されると仮定し、EM (Expectation-Maximization) アルゴリズムによって、分布モデルのパラメータ (w_i, μ_i, Σ_i) ($i=1, \dots, K_c$) を取得し、消失点の位置を決定する (ステップS335)。

[0052] [数9]

$$\begin{aligned}
 P(\mathbf{x}) &= \sum_{i=1}^{K_c} w_i N(\mathbf{x} | \mu_i, \Sigma_i) \\
 N(\mathbf{x} | \mu_i, \Sigma_i) &= \frac{1}{(2\pi)^{D/2}} \frac{1}{|\Sigma_i|^{1/2}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} (\mathbf{x} - \mu_i)^T \Sigma_i^{-1} (\mathbf{x} - \mu_i) \right\} \\
 \sum_{i=1}^{K_c} w_i &= 1 \quad \dots(\text{式9})
 \end{aligned}$$

[0053] なお、式(9)において、 $P(\mathbf{x})$ は、ベクトル $\mathbf{x}$ (交点 $\mathbf{P}_{ij}$ の座標) が出現する確率を表す。 K_c はクラス数 (ガウス分布の個数) を表し、 w_i はクラス i のガウス分布の重み係数を表し、重み係数の総和は1となる。また、 μ_i はクラス i の平均ベクトル (クラス i の重心座標) を表し、 Σ_i はクラス i の共分散行列を表し、 D はベクトル $\mathbf{x}$ の次元数を表す。式(9)中の $N(\mathbf{x} | \mu_i, \Sigma_i)$ は、クラス i のガウス分布 (正規分布) を表し、平均ベクトル μ_i 、共分散行列 Σ_i を用いて表現される。つまり、消失点同定部213は、重み係数 w_i が大きい上位 $N (\geq 1)$ クラスの分布の平均ベクトル μ_i (重心座標) を、消失点位置と定める。以降、簡単化のため、消失点

の数を $N = 1$ として説明するが、これに限定されるものではない。

[0054] 続いて、消失点同定部 213 は、ステップ S333 またはステップ S335 の結果に基づいて、図 9 (C) に示すように消失点情報 $VP(t)$ を設定する (ステップ S336)。なお、消失点情報 $VP(t)$ は、例えば、表 1 のデータとして表現される。

[0055] [表1]

変数名	保持するデータの説明
vp_time	消失点を検出した画像の時刻、またはフレーム番号を表す
vp_num	検出した消失点の数を表す
vp_pos[n]	検出した n 個の消失点の位置を表すリスト

[0056] 表 1 において、消失点情報 $VP(t)$ は、時刻 t (又は、画像のフレームに付した番号 (フレーム番号) でもよい) を表す「vp_time」、検出した消失点の数を表す「vp_num」、及び検出した n 個の消失点の位置「vp_pos[n]」を表すリストによって示される。

[0057] 再び図 7 のステップ S31 に戻って、シーンチェンジが無く (「 $S(t) = 0$ 」)、かつ、消失点情報 $VP(t-1)$ が、前フレームに消失点があることを示す場合 (消失点情報 $VP(t-1)$ の「vp_num>0」) (ステップ S31 において No)、図 6 の切替部 201 は画像の入力先を、図 6 の切替部 202 は消失点情報の出力元を、フレーム間消失点推定部 22 へそれぞれ切り替え (ステップ S34)、その後、フレーム間消失点推定部 22 は、入力された処理対象画像 $F(t)$ とバッファ 203 で記憶した 1 つ前の画像 $F(t-1)$ から画像間の特徴点の対応関係を求め、その対応関係と、一つ前の消失点情報 $VP(t-1)$ より処理対象画像 $F(t)$ における消失点位置を推定し、その結果 (消失点情報 $VP(t)$) を出力する (ステップ S35)。すなわち、消失点推定部 20 は、比較対象画像 $F(t-1)$ の消失点の位置を含む消失点情報 $VP(t-1)$ を記憶する記憶手段 (図 6 のバッファ 2

04)を備え、前フレームに消失点があるか否かは、この記憶手段に前フレームの消失点情報VP(t-1)が記憶されており、この消失点情報VP(t-1)が「vp_num>0」であるか否かで判定される。

[0058] (フレーム間消失点推定部22について)

ここで、フレーム間消失点推定部22の詳細について説明する。図11は、フレーム間消失点推定部22の動作例を説明するためのフロー図である。また、図12は、図11のフローに対応した画像例を示す図である。図11のステップS351において、図6の特徴点検出部221は、図12(A)に示すように、入力された処理対象画像F(t)と一つ前の画像F(t-1)との画像間の対応関係を求めるために用いるNK個の特徴点Ks(s=1, ..., NK)を検出し、その特徴点Ksの座標(x_{Ks,t}, y_{Ks,t})を記述した特徴点情報K(t)を図6の対応点算出部222へ出力する(ステップS351)。

[0059] なお、特徴点とは、画素間の色や輝度の変化等に基づいて被写体のエッジの一部や頂点として抽出される点である。例えば、画素(x, y)を中心とした局所領域Sの範囲内のx方向、y方向の輝度の勾配ベクトルG_i(x, y)(i=x, y)を用いて表される二次モーメント行列A(式(10))の第一固有値λ₁、及び第二固有値λ₂を求め、式(11)に示す条件を満たす画素(x, y)を特徴点として検出する。

[0060] [数10]

$$A = \sum_{(u,v) \in S} w(u,v) \begin{pmatrix} G_x(x+u, y+v)^2 & G_x(x+u, y+v)G_y(x+u, y+v) \\ G_x(x+u, y+v)G_y(x+u, y+v) & G_y(x+u, y+v)^2 \end{pmatrix} \cdots (式10)$$

[数11]

$$\min(\lambda_1, \lambda_2) > \lambda_{th} \cdots (式11)$$

[0061] つまり、二次モーメント行列Aの第一固有値λ₁、及び第二固有値λ₂の

うち小さい方の固有値が所定の閾値 λ_{th} より大きい（または以上）場合に特徴点とするものである（例えば、非特許文献 1 を参照）。なお、式（10）において係数 $w(u, v)$ は、画素 (x, y) から x 方向に u 、 y 方向に v だけ離れた画素 $(x + u, y + v)$ に関する重み係数を表し、例えば、式（12）の条件を満たすように定めた、局所領域 S の範囲内の 2 次ガウス分布の値を正規化した値を用いる。

[0062] [数12]

$$w(u, v) = \frac{\exp\left\{-\frac{u^2 + v^2}{2\sigma^2}\right\}}{\sum_{(u, v) \in S} \exp\left\{-\frac{u^2 + v^2}{2\sigma^2}\right\}}$$

$$\sum_{(u, v) \in S} w(u, v) = 1 \quad \cdots(\text{式}12)$$

[0063] 図 11 のステップ S 352 に進んで、図 6 の対応点算出部 222 は、図 12 (B) に示すように、入力された処理対象画像 $F(t)$ と、バッファ 203 より読み出した一つ前の画像 $F(t-1)$ と、ステップ S 351 で取得した処理対象画像 $F(t)$ の特徴点情報 $K(t)$ とに基づいて、処理対象画像 $F(t)$ の各特徴点 K_s ($s = 1, \dots, N_K$) が一つ前の画像 $F(t-1)$ 上にある位置 $(x_{K_s, t-1}, y_{K_s, t-1})$ をオプティカルフローにより算出し、その特徴点 K_s の時刻 t 、時刻 $t-1$ における位置を記述した対応点情報 $Q(t, t-1)$ を図 6 の変換行列算出部 223 へ出力する（ステップ S 352）。

[0064] なお、処理対象画像 $F(t)$ の各特徴点 K_s が一つ前の画像 $F(t-1)$ 上にある位置 $(x_{K_s, t-1}, y_{K_s, t-1})$ は、例えば、式（13）に示す勾配法によるオプティカルフローの拘束条件を $(x_{K_s, t-1}, y_{K_s, t-1})$ について解くことで取得できる（例えば、非特許文献 2 を参照）。

[0065]

[数13]

$$\begin{aligned}
 A \begin{pmatrix} x_{k,t-1} \\ y_{k,t-1} \end{pmatrix} &= B \rightarrow \begin{pmatrix} x_{k,t-1} \\ y_{k,t-1} \end{pmatrix} = A^{-1}B \\
 A &= \begin{pmatrix} \sum_{(u,v) \in S} G_x(x_{k,t}+u, y_{k,t}+v|t)^2 & \sum_{(u,v) \in S} G_x(x_{k,t}+u, y_{k,t}+v|t)G_y(x_{k,t}+u, y_{k,t}+v|t) \\ \sum_{(u,v) \in S} G_x(x_{k,t}+u, y_{k,t}+v|t)G_y(x_{k,t}+u, y_{k,t}+v|t) & \sum_{(u,v) \in S} G_y(x_{k,t}+u, y_{k,t}+v|t)^2 \end{pmatrix} \\
 B &= - \begin{pmatrix} \sum_{(u,v) \in S} G_x(x_{k,t}+u, y_{k,t}+v|t)G_t(x_{k,t}+u, y_{k,t}+v|t) \\ \sum_{(u,v) \in S} G_y(x_{k,t}+u, y_{k,t}+v|t)G_t(x_{k,t}+u, y_{k,t}+v|t) \end{pmatrix} \quad \dots(\text{式13})
 \end{aligned}$$

[0066] ここで、式（13）において、 $G_i(x, y|t)$ （ $i=x, y, t$ ）は画像 $F(t)$ の輝度に関する x 方向、 y 方向、 t 方向（時間方向）の勾配ベクトルを表し、 S は特徴点 K_s を中心とする所定サイズの局所領域を表す。

[0067] 図11のステップS353に進んで、図6の変換行列算出部223は、ステップS352で取得した対応点情報 $Q(t, t-1)$ から、特徴点 K_s （ $s=1, \dots, N_K$ ）を一つ前の画像 $F(t-1)$ 上の位置から、処理対象画像 $F(t)$ 上の位置へ射影する変換行列 H を算出し、その変換行列 H を記述した情報を図6の消失点位置算出部224へ出力する（ステップS353）。なお、2枚の画像間（ $F(t)$ 、 $F(t-1)$ ）の対応関係は、変換行列 H を用いて式（14）で表すことができる（例えば、非特許文献3を参照）。この式（14）において、記号「 $\sim$ 」は同値関係を表し、定数倍の違いを許して等しいことを意味する。

[0068] [数14]

$$\begin{aligned}
 \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} &\sim \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \\
 \mathbf{H} &= \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{pmatrix} \quad \dots(\text{式14})
 \end{aligned}$$

[0069] また、変換行列 H は、一般的な変換を表現することができるため、射影変

換と呼ばれる。ここで、画像間の対応関係を平行移動として表現できると仮定すると、式（１４）は、式（１５）として表現される。

[0070] [数15]

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} \sim \begin{pmatrix} 1 & 0 & t_x \\ 0 & 1 & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad \cdots(\text{式15})$$

[0071] 式（１５）中の係数 t_x 、 t_y はそれぞれ x 方向、 y 方向への移動量を表す。また、画像間の対応関係を平行移動、回転、拡大・縮小を含めたアフィン変換として表現できると仮定すると、式（１４）は、式（１６）として表現される。

[0072] [数16]

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} \sim \begin{pmatrix} a & b & t_x \\ c & d & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad \cdots(\text{式16})$$

[0073] 式（１６）中の係数 a 、 b 、 c 、 d は拡大・縮小、及び回転を表し、係数 t_x 、 t_y は式（１５）と同様である。なお、式（１４）、式（１５）、式（１６）における変換行列 H の各係数 h_{ij} ($i, j = 1, 2, 3$) は、各変換モデルの拘束条件と対応点情報 $Q(t, t-1)$ から導かれる連立方程式を最小二乗法により解くことで算出する。なお、十分な対応点数が無く、変換行列 H を算出できない場合は、所定の変換行列 H_0 を用いる。

[0074] 図１１のステップＳ３５４に進んで、図６の消失点位置算出部２２４は、「時刻 t における消失点の位置は、一つ前の画像 $F(t-1)$ 上の消失点位置を、図６の変換行列算出部２２３で算出した変換行列 H を用いて、処理対象画像 $F(t)$ 上へ射影した位置にある」と仮定して、時刻 t の消失点位置を算出し（ステップ３５４）、その結果に基づいて消失点情報 $VP(t)$ を設定する（ステップＳ３５５）。画像 $F(t-1)$ 上の消失点を変換行列 H により画像 $F(t)$ 上に射影したときの画像例を図１２（Ｃ）に示す。

[0075] 再び図7のステップS36に戻って、図6のバッファ203は、1つ前の画像 $F(t-1)$ を削除し、入力された処理対象画像 $F(t)$ を記憶する。また、図6のバッファ204は、1つ前の消失点情報 $VP(t-1)$ を削除し、フレーム内消失点推定部21、または、フレーム間消失点推定部22より入力された消失点情報 $VP(t)$ を記憶して、処理対象画像 $F(t)$ における消失点推定の処理を終了する（ステップS36）。

[0076] 以上、本実施形態の消失点推定部20によれば、図13に示すように、同一シーン（空間方向、時間方向に相関のある時系列画像群）において、先頭フレーム $F(t_0)$ から同一シーン内で最初に消失点が発見されるフレーム $F(t_0+k-1)$ までは、フレーム内消失点推定手段（フレーム内消失点推定部21）により消失点を推定し、同一シーン内で最初に消失点が発見されるフレーム $F(t_0+k-1)$ の次フレーム $F(t_0+k)$ から同一シーン内の最終フレーム $F(t_0+N)$ までは、フレーム間消失点推定手段（フレーム間消失点推定部22）により消失点を推定するため、フレーム単位にフレーム内消失点推定手段により消失点を推定する場合と比べて、カメラワークにロバストでかつ、消失点の揺れを抑制し安定した消失点の推定が可能となる。

[0077] （奥行モデル生成部30について）

再び図2に戻って、図1の奥行モデル生成部30は、本発明の奥行モデル生成手段に相当し、消失点推定部20により消失点が発見できたか否かに基づいて異なる奥行モデルを生成する。つまり、奥行モデル生成部30は、消失点情報 $VP(t)$ に基づいて、奥行モデルの作成手段（消失点位置から奥行モデルを作成する第1の奥行モデル作成手段、人の視覚特性に基づいた画像内の誘目性を表す顕著度から奥行モデルを作成する第2の奥行モデル作成手段）を選択し、選択した奥行モデル作成手段により、処理対象画像 $F(t)$ における各画素の奥行値を設定し、各画素の奥行値を表す奥行モデル $D(t)$ を視点画像生成部40へ出力する（図2のステップS14）。

[0078] 続いて、本実施形態における奥行モデル生成部30について詳細に説明する。図14に示すように、奥行モデル生成部30は、切替部301、切替部

302、領域分割部303、距離算出部304、顕著度算出部305、および奥行値設定部306で構成されている。図15は、奥行モデル生成部30の動作例を説明するためのフロー図である。

[0079] 図15において、図14の奥行モデル生成部30は、入力された消失点情報VP(t)に基づいて奥行モデル作成手段を選択する(ステップS41)。つまり、現フレームに消失点がある場合(消失点情報VP(t)の「vp_num>0」)(ステップS41においてYes)、図14の切替部301は画像の入力先を領域分割部303へ、図14の切替部302は奥行値設定部306へ入力するデータの出力元を距離算出部304へそれぞれ切り替え、消失点に基づく第1の奥行モデル作成手段が選択される(ステップS42)。

[0080] ステップS43に進んで、図14の距離算出部304は、消失点情報VP(t)の消失点の座標と各画素の座標との距離Dist(x, y)を算出し、その結果を記述した距離情報Dist(t)を奥行値設定部306へ出力する(ステップS43)。具体的には、消失点の座標と各画素の座標との距離Dist(x, y)は、式(17)、式(18)、式(19)のいずれかに基づいて算出される。なお、式(17)、式(18)、式(19)中のΔx、Δyはそれぞれ各画素と消失点とのx方向の距離、y方向の距離を表す。

[0081] [数17]

$$Dist(x, y) = \max\{\Delta x, \Delta y\} \quad \cdots (式17)$$

[数18]

$$Dist(x, y) = \left\{ (\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad \cdots (式18)$$

[数19]

$$Dist(x, y) = (\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 \quad \cdots (式19)$$

[0082] ここで、画面内に消失点VPがある場合の、それぞれ式(17)、式(1

8)、式(19)に基づく距離情報 $Dist(t)$ の一例を図16に示す。図16(A)は、画面内に消失点VPがある一例を表す。図16(B)のBD1aは式(17)、図16(C)のBD1bは式(18)、図16(D)のBD1cは式(19)に基づく距離情報 $Dist(t)$ を表している。また、画面外に消失点VPがある場合の、それぞれ式(17)、式(18)、式(19)に基づく距離情報 $Dist(t)$ の一例を図17に示す。図17(A)は、画面外に消失点VPがある一例を表す。図17(B)のBD2aは式(17)、図17(C)のBD2bは式(18)、図17(D)のBD2cは式(19)に基づく距離情報 $Dist(t)$ を表している。なお、図16及び図17において、白い部分が最も近く、黒くなるにつれて遠くなるものとする。

[0083] ステップS44に進んで、図14の領域分割部303は、処理対象画像 $F(t)$ を領域分割(クラスタリング)により、特徴量が類似する(特徴量の値が予め定めた範囲内となる)複数の画素の集合(領域; クラス)に分割する。例えば、領域分割部303は、特徴量空間でのクラスタリングにより画像を複数の領域へ分割する。特徴量空間によるクラスタリングとは、画像空間の各画素を特徴量空間(例えば、色、エッジ、動きベクトル)に写像し、その特徴量空間においてK-means法、Mean-Shift法、又はK最近傍探索法(近似K最近傍探索法)などの手法により行うクラスタリングである。特徴量空間でのクラスタリング処理の終了後、各領域の代表値となる画素値(例えば平均値)により、そのクラス内の画素について、元の画像空間における画素値を置き換え、各領域に対して領域を識別するラベルを各領域内の全画素に付与し、その結果を記述した領域情報 $R(t)$ を奥行値設定部306へ出力する(ステップS44)。

[0084] ステップS45に進んで、図14の奥行値設定部306は、入力された距離情報 $Dist(t)$ と領域情報 $R(t)$ に基づいて、各画素の奥行値を設定する。具体的には、式(20)に示すように、領域情報 $R(t)$ が示す各領域内にある画素の距離 $Dist(x, y)$ の平均値をスケーリングし、基

準となる奥行値 $D_{base}(x, y)$ だけシフトした値を各画素の奥行値 $D(x, y)$ として設定する（ステップ S 4 5）。

[0085] [数20]

$$D(R_i) = \frac{D_{max} - D_{min}}{Dist_{max} - Dist_{min}} \times \frac{1}{N_{R_i}} \sum_{(x,y) \in R_i} Dist(x,y) + D_{base}(x,y)$$

$Dist(x,y)$: 消失点と画素 (x, y) との距離

i : 領域を識別するラベル

N_{R_i} : 領域 R_i の面積 (ピクセル数)

…(式20)

[0086] なお、式（20）において、 D_{max} は奥行値の上限値、 D_{min} は奥行値の下限値、 $Dist_{max}$ は距離情報 $Dist(t)$ の最大値、 $Dist_{min}$ は距離情報 $Dist(t)$ の最小値、 $D_{base}(x, y)$ は各画素の奥行値の基準値（最遠景とする奥行値）を調整するための所定の定数である。ここで、消失点に基づいた奥行モデルの一例を図18に示す。図18において、画像Aは処理対象画像 $F(t)$ の一例を表し、画像Bは領域分割部303において求めた処理対象画像 $F(t)$ の領域分割結果（領域分割情報 $R(t)$ ）の一例を表し、画像Cは処理対象画像 $F(t)$ の消失点 VP の一例を表し、画像Dは距離算出部304において求めた処理対象画像 $F(t)$ の距離情報 $Dist(t)$ の一例を表し、画像Eは奥行値設定部306において、画像Bの領域分割情報 $R(t)$ と画像Dの距離情報 $Dist(t)$ に基づいて求めた奥行モデルの一例である。図18の画像Eにおいて、明るい部分が手前であることを表し、暗い部分が奥であることを表す。

[0087] 再び図15のステップS41に戻って、現フレームに消失点がない場合（消失点情報 $VP(t)$ の「vp_num=0」）（ステップS41においてNo）、図14の切替部301は画像の入力先を顕著度算出部305へ、図14の切替部302は奥行値設定部306へ入力するデータの出力元を顕著度算出部305へそれぞれ切り替え、顕著度に基づく奥行モデル作成手段が選択される（ステップS46）。

[0088] 図14の顕著度算出部305は、入力された処理対象画像 $F(t)$ から、

人の視覚特性に基づいた画像内の誘目性を表す顕著度 $M(t)$ を算出する（ステップ S47）。人が注目しやすい部分の例としては、注目画素とその周辺画素との色差が大きい箇所（局所的な色差）、注目する画素と画像全体との色差が大きい箇所、あるいは注目画素を含む局所領域とその周辺領域との色差が大きい箇所（大局的な色差）がある。色差とは、色の知覚的な相違を定量的に表したものであり、色差を評価する色空間として、均等色空間（uniform color space）である CIE L A B 色空間（CIE 1976 $L^*a^*b^*$ 空間ともいう）を用いる。人の視覚特性に基づき、式（21）により各画素の顕著度 $M(x, y)$ を算出する。

[0089] [数21]

$$M(x, y) = \alpha \Delta E_{local}(x, y) + \beta \Delta E_{global}(x, y) \quad \cdots (式21)$$

[数22]

$$\Delta E_{local}(x, y) = \left\{ \left(L^*(x, y) - \sum_{(u,v) \in S} w(u, v) L^*(x+u, y+v) \right)^2 + \left(a^*(x, y) - \sum_{(u,v) \in S} w(u, v) a^*(x+u, y+v) \right)^2 + \left(b^*(x, y) - \sum_{(u,v) \in S} w(u, v) b^*(x+u, y+v) \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad \cdots (式22)$$

[数23]

$$\Delta E_{global}(x, y) = \left\{ \left(L^*(x, y) - \bar{L}^* \right)^2 + \left(a^*(x, y) - \bar{a}^* \right)^2 + \left(b^*(x, y) - \bar{b}^* \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

$\bar{L}^*$: L^* 成分の平均値
 $\bar{a}^*$: a^* 成分の平均値
 $\bar{b}^*$: b^* 成分の平均値

... (式23)

[0090] ここで、式（21）において、 ΔE_{local} は局所的な色差を表し、 ΔE_{global} は大局的な色差を表し、係数 α 、 β は所定の重み係数を表す。つまり、式（21）は顕著度を局所的な色差と大局的な色差との線形和によって表わしている。なお、局所的な色差 ΔE_{local} は式（22）、大局的な色差 ΔE_{global} は式（23）で表わされている。

b_{al} は式 (23) によって算出される。また、式 (22)、式 (23) において、 L^* は明度指数、 a^* は赤－緑の知覚色度、 b^* は黄－青の知覚色度を表す。なお、色差を評価する色空間は、CIE LUV 色空間 (CIE 1976 $L^*u^*v^*$ 色空間ともいう) を用いてもよい。なお、式 (22) 中の係数 $w(u, v)$ は、式 (12) と同一であるため、説明を省略する。

[0091] ステップ S48 に進んで、図 14 の奥行値設定部 306 は、入力された顕著度 $M(t)$ に基づいて、式 (24) の演算により各画素の奥行値を設定し、その結果を記述した奥行モデル $D(t)$ を出力する (ステップ S48)。

[0092] [数24]

$$D(x, y) = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{M_{\max} - M_{\min}} M(x, y) + D_{base}(x, y) \quad \cdots (式24)$$

[0093] 式 (24) において、 $D_{\max}$ は奥行値の上限値、 $D_{\min}$ は奥行値の下限値、 $M_{\max}$ は顕著度 $M(t)$ の最大値、 $M_{\min}$ は顕著度 $M(t)$ の最小値、 $D_{base}(x, y)$ は各画素の奥行値の基準値 (最遠景とする奥行値) を調整するための所定の定数である。つまり、式 (24) により各画素の顕著度 $M(x, y)$ をスケーリングし、基準となる奥行値 $D_{base}(x, y)$ だけシフトした値を各画素の奥行値 $D(x, y)$ として設定する。ここで、顕著度に基づいた奥行モデルの一例を図 19 に示す。図 19 において、画像 A は処理対象画像 $F(t)$ の一例を表し、画像 B は顕著度算出部 305 において求めた処理対象画像 $F(t)$ の顕著度 $M(t)$ の一例を表し、画像 C は基準となる奥行モデル (D_{base}) の一例を表し、画像 D は奥行値設定部 306 において、画像 C の奥行モデル (D_{base}) に画像 B の顕著度 $M(t)$ を合成して作成した奥行モデルの一例である。

[0094] 図 19 の画像 B において、明るい部分 (白) が人の注目しやすい部分 (誘目性が高い) を表し、暗い部分 (黒) が人の注目しにくい部分 (誘目性が低い) を表す。また、図 19 の画像 D において、明るい部分が手前であることを表し、暗い部分が奥であることを表す。図 19 の画像 D に示すように、顕

著度に基づく奥行モデル作成手段は、基準となる奥行の面上（ D_{base} ）に、スケーリングした顕著度を重畳し、注目する領域とその周辺領域との相対的な奥行の違いを強調することによって、疑似的な奥行感を知覚させるものである。

[0095] 顕著度に基づいて奥行モデルを生成する場合には、基準となる奥行の面上に、顕著度の高い（誘目性が高い）部分の奥行が手前側に、顕著度の低い（誘目性が低い）部分の奥行が奥側となるように設定する。これにより、注目する領域とその周辺領域との相対的な奥行の違いが強調され、疑似的な奥行感を知覚させることができる。換言すれば、注目領域の顕著度が周辺領域の顕著度よりも高い場合には、周辺領域に対して相対的に奥行が手前になるように設定される。また、注目領域の顕著度が周辺領域の顕著度と同等の場合には、相対的に同じ奥行になるように設定される。また、注目領域の顕著度が周辺領域の顕著度よりも低い場合には、周辺領域に対して相対的に奥行が奥になるように設定される。

[0096] 以上のように、奥行モデル生成部30によれば、幾何的な奥行手掛かりにより消失点位置を推定できる場合は、消失点に基づいて画像の奥行モデルを作成することで、幾何的な奥行手掛かりのによる奥行感を強調する奥行モデルを作成することができる。また、幾何的な奥行手掛かりにより消失点位置を推定できない場合は、人の視覚特性に基づいた画像内の誘目性を表す顕著度から画像の奥行モデルを作成することで、人の注目する部分の奥行感を強調する奥行モデルを作成することができる。

[0097] （視点画像生成部40について）

再び図2に戻って、図1の視点画像生成部40は、本発明の視点画像生成手段に相当し、予め設定された想定視聴条件情報に基づいて、奥行モデル $D(t)$ が表す各画素の奥行値から、基準画像 $F(t)$ （入力画像；処理対象画像）上の各画素と視点画像 $F_i(t)$ （ $i = l, r$ ； F_r ：右眼提示画像、 F_l ：左眼提示画像）上の対応する画素までのずれ量を表す視差ベクトル（シフト量）を算出し、基準画像 $F(t)$ 上の画素と、対応する算出した視

差ベクトルに基づいて、各視点画像 $F_i(t)$ ($i = l, r$) を生成する（ステップ S15）。

[0098] ここで、「想定視聴条件情報」とは、視聴者に提示する立体画像（左眼提示画像、右眼提示画像）を生成するための情報であり、立体画像を表示するディスプレイの画素ピッチ（画素間距離） μ 、ディスプレイの画像サイズ、視聴者と立体画像を表示するディスプレイまでの距離（想定視距離） f 、立体画像の奥行量を表す視差範囲（視差ベクトルの範囲）、基線長 t （視点画像 $F_r(t)$ の仮想右視点 C_r と視点画像 $F_l(t)$ の仮想左視点 C_l 間の距離）を表す。

[0099] この想定視聴条件情報に基づいた視点画像を生成するためのカメラ（視点）配置の一例の俯瞰図を図20に示す。図20の例では、平行法による立体画像の撮影を想定し、仮想右視点 C_r 上のカメラと仮想左視点 C_l 上のカメラが基準視点 C_c 上のカメラと x 軸方向に平行に配置され、それぞれのカメラは3次元空間上にある注目点 P を観測しているとする。また基準視点 C_c の画像面 I_c 上に投影された注目点 P の位置を X_c 、仮想左視点 C_l の画像面 I_l 上に投影された注目点 P の位置を X_l 、仮想右視点 C_r の画像面 I_r 上に投影された注目点 P の位置を X_r とする。図20において、各視点と対応する画像面までの距離（焦点距離、あるいは視距離） f 、視点から注目点 P までの z 方向の距離 Z 、基準視点 C_c と各仮想視点 (C_r, C_l) までの x 方向の距離 $t/2$ を用いて各画像面上に投影された注目点 P の位置 X_l と X_c, X_r と X_c の幾何的な関係は、それぞれ式(25)、(26)によって表される。

[0100] [数25]

$$x_l = x_c + \frac{t}{2} \frac{f}{Z} \quad \dots(\text{式25})$$

[数26]

$$x_r = x_c - \frac{t}{2} \frac{f}{Z} \quad \dots(\text{式26})$$

[0101] 以上から、基準画像 $F(t)$ 上の画素と視点画像 $F_i(t)$ ($i = 1, r$) 上の対応する画素までのずれ量を表す視差ベクトル (シフト量) d_i ($i = 1, r$) は、式 (25)、(26) を変形した式 (27)、(28) によって導出される。

[0102] [数27]

$$d_l = (x_l - x_c)\mu = \frac{t}{2} \frac{f}{Z} \mu \quad \dots(\text{式27})$$

[数28]

$$d_r = (x_r - x_c)\mu = -\frac{t}{2} \frac{f}{Z} \mu \quad \dots(\text{式28})$$

[0103] なお、式 (27)、(28) 中の変数 μ は、画素ピッチを表す。つまり、基準画像 $F(t)$ と相対奥行値である奥行モデル $D(t)$ と奥行モデル $D(t)$ を絶対奥行値 Z へ変換する関数 ($Z = z(D(t))$) が与えられれば、式 (27)、式 (28) に基づいて、各視点画像 $F_i(t)$ ($i = 1, r$) を生成することができる。

[0104] 以下では、上記考え方に基づき視点画像生成部 40 について説明する。図 21 は、視点画像生成部 40 の構成例を示すブロック図である。また、図 22 は、視点画像生成部 40 の動作例を説明するためのフロー図である。また、図 23 は、視点画像生成部 40 における視点画像の生成例を説明するための図である。まず、図 21 に示すように、視点画像生成部 40 は、視差ベクトル算出部 401、テクスチャシフト部 402、ギャップフィリング部 (オクルージョン補償部ともいう) 403、及びフローティングウィンドウ重畳部 404 で構成されている。

[0105] 図 22 において、図 21 の視差ベクトル算出部 401 は、入力された想定視聴条件情報と奥行モデル $D(t)$ と奥行モデル $D(t)$ を絶対奥行値へ変換する関数 ($Z = z(D(t))$) とに基づいて、式 (27)、式 (28) から基準画像 $F(t)$ 上の各画素と各視点画像 $F_i(t)$ 上の対応する画素

までの視差ベクトル d_i ($i = l, r$) を算出し、その結果をテクスチャシフト部 402 へ出力する (図 22 のステップ S51)。なお、視差ベクトルの算出方法は、式 (27)、式 (28) に基づいて各画素の視差ベクトルを算出するほかに、図 23 (B) の LUT に示すように、予め想定視聴条件情報に基づいて設定した奥行値 (相対奥行値) から視差ベクトルを導くルックアップテーブルを用いて算出してもよい。なお、図 23 (B) 中の $g(D)$ は、奥行値 D を視差ベクトルへ変換する関数を表す。ここで、図 23 (B) 中の視差ベクトル (シフト量) の開散方向、交差方向について図 24 を用いて説明する。図 24 において、ある注目点を P とし、右眼から見てディスプレイ面に投影される注目点 P を P_r 、左眼から見てディスプレイ面に投影される注目点 P を P_l とする。このとき、開散方向の視差ベクトルは、図 24 の (A) に示すように、ある注目点 P は、ディスプレイ面の後方に位置し、ディスプレイ面上の P_r から P_l への視差ベクトル、あるいは P_l から P_r への視差ベクトルの値が正となる場合である。同様に、交差方向の視差ベクトルは、図 24 の (B) に示すように、ある注目点 P はディスプレイ面の前方に位置し、ディスプレイ面上の P_r から P_l への視差ベクトル、あるいは P_l から P_r への視差ベクトルの値が負となる場合である。また、視差ベクトルの値がゼロの場合は、注目点 P はディスプレイ面上に位置する。

[0106] 続いて、図 21 のテクスチャシフト部 402 は、基準画像 $F(t)$ の各画素 (x, y) を、対応する視差ベクトル d_i ($i = l, r$) に基づいて、各視点画像 $F_i(t)$ ($i = l, r$) と対応する画素 (u, v) の画素値として設定し、生成した視点画像をギャップフィリング部 403 へ出力する (図 22 のステップ S52)。なお、画素値を設定するときは、視差ベクトルの値が開散方向側 (例えば、図 23 (B) の LUT 上の d_2) の値を有する画素からテクスチャシフトを行う。

[0107] 例えば、図 23 (A) において、基準画像 iF 、奥行モデル iD より仮想左視点の視点画像 $F_l(t)$ (左眼提示画像) を生成する場合を考える。なお、奥行モデル iD は、白部分の奥行値が D_1 であり、黒部分の奥行値が D

2で表されたとする。このとき、図23(B)のLUTに基づいてテクスチャシフトを行うと、まず、図23(A)の奥行値D2を有するレイヤL2の各画素を開散方向へd2だけシフトする。その後、図23(A)の奥行値D1を有するレイヤL1の各画素を交差方向へd1だけシフトすると、画面の左端／右端に位置しない欠損領域Gs1と画面の左端／右端に位置する欠損領域G11を有する視点画像oF1が得られる。ここで、欠損領域（オクルージョン領域）とは、図23(A)の視点画像oF1において、それぞれ基準画像上に対応する画素がないため、画素値が設定されていない領域を表す。

[0108] 続いて、図21のギャップフィリング部403は、入力された視点画像 $F_i(t)$ ($i = l, r$) において、画面端に位置しない欠損領域（例えば、図23(A)の視点画像oF1のGs1)の画素を、欠損領域周辺に位置する画素群から補間し、補間後の視点画像 $F_i(t)$ ($i = l, r$) をフローティングウィンドウ重畳部404へ出力する（図22のステップS53）。なお、欠損領域の画素の補間方法は、例えば、線形補間、メディアンフィルタ、もしくは公知の画像修復方法（例えば、非特許文献6参照）を用いる。

[0109] 続いて、フローティングウィンドウ重畳部404は、入力された視点画像 $F_i(t)$ ($i = l, r$) の両方のうち、画面端に位置する欠損領域（例えば、図23(A)の視点画像oF1のG11)において、欠損領域の幅の最大値W1を取得する。続いて、それぞれの視点画像の右端、左端へ幅W2 ($= \alpha W1$) のフローティングウィンドウ（黒帯）を挿入し、その結果を出力する（図22のステップS54）。なお、W2は、W1を所定の定数 α でスケーリングした値である。また、フローティングウィンドウ挿入後の視点画像は、例えば図23(A)の視点画像oF2である。図23(A)の視点画像oF2では、画面の左端、及び右端にフローティングウィンドウfw1、fw2がそれぞれ挿入されている。なお、フローティングウィンドウを挿入する理由は、左眼／右眼に提示される画像において、ある対象の位置や形状などが極端に異なる場合（例えば、生成した視点画像において画面の左端／

右端に位置する欠損領域)、一つの対象として両眼視することができないことが原因で発生する左右の網膜像を交互に知覚する視野闘争を抑制するためである。

[0110] このように、本実施形態によれば、幾何的な奥行手掛かりにより消失点位置を推定できる場合は、消失点に基づいて画像の奥行モデルを生成することにより、幾何的な奥行手掛かりによる奥行感を強調した立体画像を生成することができる。また、幾何的な奥行手掛かりにより消失点位置を推定できない場合は、人の視覚特性に基づいた画像内の誘目性を表す顕著度から画像の奥行モデルを生成することにより、人の注目する部分の奥行感を強調した立体画像を生成することができる。

[0111] (奥行モデル生成部30の変形例(奥行モデル生成部30a))

上記実施形態において、奥行モデル生成部30では、顕著度に基づく奥行モデル作成手段の一例として、式(24)により各画素の顕著度 $M(x, y)$ をスケーリングし、基準となる奥行値 $D_{base}(x, y)$ だけシフトした値を各画素の奥行値 $D(x, y)$ として設定する場合について説明したが、本発明はこれに限定されない。例えば、奥行モデル生成部30を、図25に示すように切替部301を取り除き、画像 $F(t)$ が領域分割部303、顕著度算出部305へ入力されるように構成を変更してもよい。つまり、奥行モデル生成部30aは、切替部302、領域分割部303、距離算出部304、顕著度算出部305、および奥行値設定部306で構成される。

[0112] この場合の顕著度に基づく奥行モデル作成手段の動作例について、図25に基づいて説明する。なお、消失点に基づく奥行モデル作成手段の動作は、図15のステップS42～S45と同一の処理のため、ここでの説明を省略する。

[0113] まず、図25の顕著度算出部305は、図15のステップS47と同様の処理によって、処理対象画像 $F(t)$ より顕著度 $M(t)$ を算出し、その結果を奥行値設定部306へ出力する(図26のステップS47')。続いて、図25の領域分割部303は、図15のステップS44と同様の処理によ

って、処理対象画像 $F(t)$ を領域分割し、その結果を記述した領域情報 $R(t)$ を奥行値設定部 306 へ出力する（図 26 のステップ S48'）。

[0114] その後、図 25 の奥行値設定部 306 は、入力された顕著度 $M(t)$ と領域情報 $R(t)$ に基づいて、式 (29) に示すように、領域情報 $R(t)$ が示す各領域内にある画素の顕著度 $M(x, y)$ の平均値をスケーリングし、基準となる奥行値 $D_{base}(x, y)$ だけシフトした値を各画素の奥行値 $D(x, y)$ として設定する（図 26 のステップ S49'）。

[0115] [数29]

$$D(R_i) = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{M_{\max} - M_{\min}} \times \frac{1}{N_{R_i}} \sum_{(x,y) \in R_i} M(x,y) + D_{base}(x,y)$$

$M(x,y)$: 顕著度
 i : 領域を識別するラベル
 N_{R_i} : 領域 R_i の面積(ピクセル数)

…(式29)

[0116] なお、式 (29) において、 $D_{\max}$ は奥行値の上限値、 $D_{\min}$ は奥行値の下限値、 $M_{\max}$ は顕著度 $M(t)$ の最大値、 $M_{\min}$ は顕著度 $M(t)$ の最小値、 $D_{base}(x, y)$ は各画素の奥行値の基準値（最遠景とする奥行値）を調整するための所定の定数である。ここで、変形例における顕著度に基づいた奥行モデルの一例を図 27 に示す。図 27 において、画像 A は処理対象画像 $F(t)$ の一例を表し、画像 B は領域分割部 303 において求めた処理対象画像 $F(t)$ の領域分割結果（領域情報 $M(t)$ ）の一例を表し、画像 C は顕著度算出部 305 において求めた処理対象画像 $F(t)$ の顕著度 $M(t)$ を表し、画像 D は基準となる奥行モデル (D_{base}) の一例を表し、画像 E は奥行値設定部 306 において、画像 B の領域情報 $R(t)$ と画像 C の顕著度 $M(t)$ と画像 D の基準となる奥行モデル (D_{base}) に基づいて求めた奥行モデルの一例である。図 27 の画像 C において、明るい部分（白）が人の注目しやすい部分（誘目性が高い）を表し、暗い部分（黒）が人の注目しにくい部分（誘目性が低い）を表す。また、図 27 の画像 E において、明るい部分が手前であることを表し、暗い部分が奥であることを表す。なお、基準とな

る奥行モデル (D_{base}) に関して、図 27 の画像 D では、同一の奥行値をもつ平面を一例として挙げたが、これに限定されない。例えば、下記の式 (30) に示す平面方程式を予め定めて、各画素の座標 (x, y) によって基準となる奥行値 $D_{base}(x, y)$ を設定してもよい。式 (30) によって表される基準となる奥行モデルの一例を図 28 の画像 A に示す。図 28 の画像 A は、奥行が下端に近いほど手前となり上端に近いほど奥となるように式 (30) の係数 a, b, c を設定した基準となる奥行モデルである。図 28 の画像 A を、図 25 の画像 D の代わりに入力した場合に作成される奥行モデル $D(t)$ の結果を図 28 の画像 B に示す。

[0117] [数30]

$$D_{base}(x, y) = ax + by + c \quad \dots(\text{式}30)$$

[0118] 以上のように奥行モデル生成部 30a は、幾何的な奥行手掛かりにより消失点位置を推定できない場合は、人の視覚特性に基づいた画像内の誘目性を表す顕著度と、画像の領域分割結果（領域情報）に基づいて、領域毎に均一の奥行値を設定することで、奥行の前後関係の誤りを抑制した奥行モデルを生成することができる。

[0119] (シーンチェンジ検出部 10 の変形例)

上記実施形態において、シーンチェンジ検出部 10 では、シーンチェンジ検出に用いる画像特徴量として、輝度ヒストグラムを用いる場合について説明したが、本発明はこれに限定されない。例えば、輝度ヒストグラムの代わりに、各色成分の出現頻度を表すカラーヒストグラム、フレーム間差分の平均誤差、動きベクトルの分布を画像特徴量として用いてもよい。

[0120] (エッジ検出部 211 の変形例)

上記実施形態において、エッジ検出部 211 では、画像空間において局所的にエッジ強度が極大となる点 (Local Maxima) をエッジ点として抽出するエッジ検出について説明したが、本発明はこれに限られない。例えば、Canny Edge detection などの公知のエッジ検

出手法を用いてもよい。また、微分オペレータ（エッジ検出器）として、ソーベルフィルタ（Sobel filter）、プリューウィットフィルタ（Prewitt filter）、LoGフィルタ（Laplacian of Gaussian）、DoGフィルタ（Difference of Gaussian）、などの公知の手法を用いてもよい。

[0121]（消失点同定部213の変形例）

上記実施形態において、消失点同定部213では、混合モデルに用いる分布モデルとしてガウス分布を用いる場合について説明したが、本発明はこれに限られない。例えば、分布モデルには指数型分布族（ラプラス分布、ベータ分布、ベルヌーイ分布など）を用いてもよい。また、消失点同定部213は、混合モデルに用いるクラス数 K_c を予め定めた値とし、次の一例のように値を決定してもよい。消失点同定部213は、クラス数 K_c に予め定めたクラス数 $K_{c'}$ を設定し、K-means法により、クラスタリングを行う。その後、消失点同定部213は、クラス間距離が所定閾値以下（または未満）を満たすクラス C_i とクラス C_j がある場合は、クラス C_i とクラス C_j とを併合して、新たなクラス $C_{k'}$ とする処理を行う。消失点同定部213は、この処理を、クラス数が一定値へ収束するまで繰り返すことにより、クラス数 K_c （ $\leq K_{c'}$ ）を決定する。なお、消失点同定部213が交点の分布モデルの推定に用いる手法は、混合モデルなどのパラメトリックの推定手法に限定されず、Mean-shift法、K-means法、K最近傍探索法（近似K最近傍探索法）などのノンパラメトリックの推定手法であってもよい。

[0122]（領域分割部303の変形例）

上記実施形態において、領域分割部303では、特徴量空間でのクラスタリングを行う場合について説明したが、本発明はこれに限らず、画像空間でのクラスタリングを行ってもよい。画像空間でのクラスタリングとは、特徴量空間に写像せず、元の画像空間において、画素間、または領域を構成する画素群（領域）間の類似度を基に、領域分割を実施する手法である。例えば

、領域分割部303は、(a)画素結合法、(b)領域成長法(Region Growing法ともいう)、(c)領域分割統合法(Split & Merge法ともいう)の手法により、画像空間でのクラスタリングを行ってもよい。

[0123] (顕著度算出部305の変形例)

上記実施形態において、顕著度算出部305が局所的な色差および大局的な色差に基づいて顕著度を算出する場合について説明したが、本発明はこれに限定されず、局所的な色差(式(21)中の第一項 ΔE_{local})、または、大局的な色差(式(21)中の第二項 ΔE_{global})のいずれか一方の指標に基づいて顕著度を算出してもよい。また、赤-緑の知覚色度 a^* 、黄-青の知覚色度 b^* を用いずに、明度指数である L^* のみを用いて色差を算出してもよい。この場合は、人の視覚特性において、明るさの対比(コントラスト差)が大きい箇所が誘目性の高いことを表す。また、局所的な色差 ΔE_{local} 、および大局的な色差 ΔE_{global} は、CIE方式に基づいて明度の差 ΔL^* 、クロマの差 ΔC^* 、色相の差 ΔH^* を用いて、それぞれ式(31)、式(32)によって求めてもよい(例えば、非特許文献4を参照)。

[0124] [数31]

$$\begin{aligned}\Delta E_{local}(x, y) &= \left\{ \left(\Delta L_{local}^* \right)^2 + c \left(\Delta C_{local}^* \right)^2 + h \left(\Delta H_{local}^* \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \\ \Delta L_{local}^*(x, y) &= \left\{ \left(L^*(x, y) - \sum_{(u, v) \in S} w(u, v) L^*(x+u, x+v) \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \\ \Delta C_{local}^*(x, y) &= \left\{ \left(a^*(x, y) \right)^2 + \left(b^*(x, y) \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} - \left\{ \left(\sum_{(u, v) \in S} w(u, v) a^*(x+u, x+v) \right)^2 + \left(\sum_{(u, v) \in S} w(u, v) b^*(x+u, x+v) \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \\ \Delta H_{local}^*(x, y) &= \left\{ \left(a^*(x, y) - \sum_{(u, v) \in S} w(u, v) a^*(x+u, x+v) \right)^2 + \left(b^*(x, y) - \sum_{(u, v) \in S} w(u, v) b^*(x+u, x+v) \right)^2 - \left(\Delta C_{local}^* \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \\ &\dots \text{(式31)}\end{aligned}$$

[数32]

$$\begin{aligned}\Delta E_{global}(x, y) &= \left\{ \left(\Delta L_{global} \right)^2 + c \left(\Delta C_{global} \right)^2 + h \left(\Delta H_{global} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \\ \Delta L^*_{global}(x, y) &= \left\{ \left(L^*(x, y) - \bar{L}^* \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \\ \Delta C^*_{global}(x, y) &= \left\{ \left(a^*(x, y) \right)^2 + \left(b^*(x, y) \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} - \left\{ \left(\bar{a}^* \right)^2 + \left(\bar{b}^* \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \\ \Delta H^*_{global}(x, y) &= \left\{ \left(a^*(x, y) - \bar{a}^* \right)^2 + \left(b^*(x, y) - \bar{b}^* \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} - \left(\Delta C^*_{global} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}\end{aligned}$$

 $\bar{L}^*$: L*成分の平均値 $\bar{a}^*$: a*成分の平均値 $\bar{b}^*$: b*成分の平均値

…(式32)

[0125] なお、式（31）の係数w（u，v）は、式（12）と同一である。また、式（31）および式（32）中の係数l、c、hは所定の重み係数である。また、顕著度の求め方は、色差に限定されず、色差、エッジ勾配、動きベクトルなど複数の画像特徴量に基づいて顕著度を算出してもよい（例えば、非特許文献5を参照）。

[0126] （立体画像生成装置1の第一の変形例）

上記実施形態において、立体画像生成装置1のシーンチェンジ検出部10、消失点推定部20、及び奥行モデル生成部30で入出力の画像サイズは、入力画像F（t）と同一の画像サイズと仮定して説明してきたが、これに限定されない。例えば、演算量の低減、メモリサイズの低減を図るために、シーンチェンジ検出部10、消失点推定部20、及び奥行モデル生成部30に入力する画像を、予め所定の画像サイズへ縮小し、奥行モデル生成部30より出力される奥行モデルを入力画像サイズへ拡大する処理を追加して実施してもよい。つまり、立体画像生成装置1の第一の変形例（立体画像生成装置2）は、図29に示すように、縮小処理部50、シーンチェンジ検出部10、消失点推定部20、奥行モデル生成部30、拡大処理部60、視点画像生成部40によって構成される。縮小処理部50は、本発明の縮小画像生成手段に相当し、入力画像F（t）から所定の画像サイズの縮小画像を生成する

。そして、生成された縮小画像は、消失点推定部 20 と奥行モデル生成部 30 に入力される。拡大処理部 60 は、本発明の拡大奥行モデル生成手段に相当し、奥行モデル生成部 30 により生成された縮小画像の奥行モデルから入力画像 $F(t)$ と同一画像サイズの拡大奥行モデルを生成する。

[0127] 上記立体画像生成装置 2 の動作例について、図 30 に基づいて説明する。なお、図 29 のシーンチェンジ検出部 10、消失点推定部 20、奥行モデル生成部 30、及び視点画像生成部 40 の各動作（図 30 のステップ S63、ステップ S64、ステップ S65、ステップ S67）はそれぞれ前述の図 1 に示した立体画像生成装置 1 のシーンチェンジ検出部 10、消失点推定部 20、奥行モデル推定部 30、及び視点画像生成部 40 の各動作（前述の図 2 のステップ S12、ステップ S13、ステップ S14、ステップ S15）と同一であるため説明を省略する。

[0128] 図 30 において、まず、図 29 の立体画像生成装置 2 は、入力された時刻 t の画像を縮小処理部 50、及び視点画像生成部 40 へ出力する（図 30 のステップ S61）。

[0129] 図 29 の縮小処理部 50 は、入力された処理対象画像 $F(t)$ を予め定められた画像サイズへ縮小し、縮小画像 $F_d(t)$ をシーンチェンジ検出部 10、消失点推定部 20、及び奥行モデル生成部 30 へ出力する（図 30 のステップ S62）。なお、画像の縮小は、例えば、ニアレストネイバ法、バイリニア法、バイキュービック法のいずれかの方法を用いて行う。

[0130] 図 29 の拡大処理部 60 は、入力された奥行モデル $D(t)$ を入力画像 $F(t)$ の画像サイズへ拡大し、拡大奥行モデル $D_u(t)$ を視点画像生成部 40 へ出力する（図 30 のステップ S66）。なお、奥行モデルの拡大は、例えば、ニアレストネイバ法、バイリニア法、バイキュービック法のいずれかを用いて行う。

[0131] 上記立体画像生成装置 2 によれば、入力画像より小さい画像サイズの縮小画像を用いてシーンチェンジ検出処理、消失点推定処理、奥行モデル生成処理を行うため、図 1 の立体画像生成装置 1 に比べて、メモリサイズの低減、

演算量の低減を図ることができる。

[0132] (立体画像生成装置 1 の第二の変形例)

上記実施形態において、立体画像生成装置 1 では、幾何的な奥行手掛かりにより消失点位置を推定できる場合は、消失点に基づき画像の奥行モデルを生成し、幾何的な奥行手掛かりにより消失点位置を推定できない場合は、人の視覚特性に基づいた画像内の誘目性を表す顕著度に基づいて画像の奥行モデルを生成している。そのため、奥行モデル生成手段が切り替わる前後のフレームにおいて、時間方向に奥行モデルが異なるため、視差（奥行）の変化が大きくなると考えられる。また、同様にシーンチェンジが発生する前後のフレームにおいても、時間方向に奥行モデルが異なるため、視差（奥行）の変化が大きくなると考えられる。そこで、立体画像生成装置 1 の第二の変形例（図 3 1 の立体画像生成装置 3）では、時間方向の視差の変化を低減するために、奥行モデルを時空間方向に平滑化する時空間方向平滑化部 70 を、奥行モデル生成部 30 と視点画像生成部 40 の間に設ける。つまり、立体画像生成装置 3 は、図 3 1 に示すように、シーンチェンジ検出部 10、消失点推定部 20、奥行モデル生成部 30、時空間方向平滑化部 70、及び視点画像生成部 40 によって構成される。この時空間方向平滑化部 70 は、本発明の時空間方向平滑化手段に相当し、図 3 2 に示すように、空間方向平滑化部 701、時間方向平滑化部 702、及びバッファ 703 によって構成される。時空間方向平滑化部 70 は、奥行モデル生成部 30 により生成した処理対象画像 $F(t)$ の奥行モデル $D(t)$ を空間方向に平滑化し、空間方向に平滑化された画像 $F(t)$ の奥行モデル $D_s(t)$ と、画像 $F(t)$ よりも過去の比較対象画像 $F(t-1)$ の時空間方向に平滑化された奥行モデル $D_t(t-1)$ とに基づいて、画像 $F(t)$ の奥行モデル $D_s(t)$ を時間方向に平滑化し、画像 $F(t)$ の時空間方向に平滑化された奥行モデル $D_t(t)$ を生成する。

[0133] 上記立体画像生成装置 3 の動作例について、図 3 3、図 3 4 に基づいて説明する。なお、図 3 1 のシーンチェンジ検出部 10、消失点推定部 20、奥

行モデル生成部 30、及び視点画像生成部 40 の各動作（図 33 のステップ S72、ステップ S73、ステップ S74、ステップ S76）はそれぞれ前述の図 1 に示した立体画像生成装置 1 のシーンチェンジ検出部 10、消失点推定部 20、奥行モデル推定部 30、及び視点画像生成部 40 の各動作（前述の図 2 のステップ S12、ステップ S13、ステップ S14、ステップ S15）と同一であるため説明を省略する。

[0134] （時空間方向平滑化部 70 について）

図 31 の時空間方向平滑化部 70 は、入力された処理対象画像 $F(t)$ の奥行モデル $D(t)$ に関して、時空間方向に平滑化処理を行い、その結果（平滑化奥行モデル $D_t(t)$ ）を出力する（図 33 のステップ S75）。

[0135] 具体的には、図 32 の空間方向平滑部 701 は、水平方向、垂直方向、または垂直方向、水平方向の順に 1 次元の平滑化フィルタにより空間方向に奥行モデル $D(t)$ を平滑化し、その結果（奥行モデル $D_s(t)$ ）を時間方向平滑部 702 へ出力する（図 34 のステップ S81）。なお、1 次元の平滑化フィルタは、例えば、1 次元のガウシアンフィルタを用いる。

[0136] 図 32 の時間方向平滑部 702 は、入力された空間方向に平滑化された奥行モデル $D_s(t)$ と、バッファ 703 に記憶された前フレームの平滑化奥行モデル $D_t(t-1)$ とに基づいて、下記の式（33）により平滑化奥行モデル $D_t(t)$ を生成し、その結果をバッファ 703、及び外部へ出力する（図 34 のステップ S82）。なお、式（33）中の係数 α は、0～1 の間の所定の値である。

[0137] [数33]

$$D_t(t) = \alpha \times D_s(t) + (1 - \alpha) \times D_t(t-1) \quad \dots(\text{式}33)$$

[0138] 図 32 のバッファ 703 は、前フレームの平滑化奥行モデル $D_t(t-1)$ を削除し、入力された現フレームの平滑化奥行モデル $D_t(t)$ を記憶する（図 34 のステップ S83）。

[0139] 上記立体画像生成装置 3 によれば、時空間方向に奥行モデルを平滑化することにより、奥行モデル生成手段が切り替わる前後のフレーム、及びシーンチェンジが発生する前後のフレームにおいて、視差（奥行）の変化を低減することができる。

[0140] 以上、本発明に係る立体画像生成装置の各実施形態を中心に説明してきたが、本発明は、立体画像生成装置 1 による立体画像生成方法の形態とすることもできる。また、この立体画像生成方法をコンピュータに実行させるためのプログラムの形態としてもよい。

[0141] つまり、上述した実施形態における立体画像生成装置 1 の一部をコンピュータで実現するようにしても良い。その場合、この制御機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することによって実現しても良い。なお、ここでいう「コンピュータシステム」とは、立体画像生成装置 1 に内蔵されたコンピュータシステムであって、OS や周辺機器等のハードウェアを含むものとする。また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、CD-ROM 等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。さらに「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムを送信する場合の通信線のように、短時間、動的にプログラムを保持するもの、その場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリのように、一定時間プログラムを保持しているものも含んでも良い。また上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであっても良く、さらに前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるものであっても良い。

[0142] また、上述した実施形態における立体画像生成装置 1 の一部、または全部を、LSI (Large Scale Integration) 等の集積

回路として実現しても良い。立体画像生成装置 1 の各機能ブロックは個別にプロセッサ化してもよいし、一部、または全部を集積してプロセッサ化しても良い。また、集積回路化の手法は L S I に限らず専用回路、または汎用プロセッサで実現しても良い。また、半導体技術の進歩により L S I に代替する集積回路化の技術が出現した場合、当該技術による集積回路を用いても良い。

[0143] 以上、図面を参照してこの発明の一実施形態について詳しく説明してきたが、具体的な構成は上述のものに限られることはなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲内において様々な設計変更等を行うことが可能である。

符号の説明

[0144] 1、2、3…立体画像生成装置、10…シーンチェンジ検出部、20…消失点推定部、21…フレーム内消失点推定部、22…フレーム間消失点推定部、30…奥行モデル生成部、40…視点画像生成部、50…縮小処理部、60…拡大処理部、70…時空間方向平滑化部、101…輝度ヒストグラム生成部、102，203，204、703…バッファ、103…ヒストグラム類似度算出部、104…シーンチェンジ判定部、201，202，301，302…切替部、211…エッジ検出部、212…直線検出部、213…消失点同定部、221…特徴点検出部、222…対応点算出部、223…変換行列算出部、224…消失点位置算出部、303…領域分割部、304…距離算出部、305…顕著度算出部、306…奥行値設定部、401…視差ベクトル算出部、402…テクスチャシフト部、403…ギャップフィリング部、404…フローティングウィンドウ重畳部、701…空間方向平滑部、702…時間方向平滑化部。

請求の範囲

- [請求項1] 2 D画像に両眼立体情報を付加し、3 D画像を生成する立体画像生成装置であって、
- 処理対象画像から消失点を推定する消失点推定手段と、
- 該消失点推定手段により消失点が推定できたか否かに基づいて異なる奥行モデルを生成する奥行モデル生成手段と、
- 該奥行モデル生成手段により生成した奥行モデルと前記処理対象画像と想定視聴条件情報とに基づいて、右眼提示画像と左眼提示画像を生成する視点画像生成手段とを備え、
- 前記奥行モデル生成手段は、前記消失点推定手段により消失点が推定できた場合、前記消失点に基づいて奥行モデルを生成し、また、前記消失点推定手段により消失点が推定できなかった場合、前記処理対象画像内の各画素の顕著度に基づいて奥行モデルを生成することを特徴とする立体画像生成装置。
- [請求項2] 処理対象画像から所定の画像サイズの縮小画像を生成する縮小画像生成手段を備え、
- 前記縮小画像を、前記消失点推定手段と前記奥行モデル生成手段の入力とし、該奥行モデル生成手段により生成した前記縮小画像の奥行モデルから前記処理対象画像と同一画像サイズの拡大奥行モデルを生成する拡大奥行モデル生成手段を備えることを特徴とする請求項1に記載の立体画像生成装置。
- [請求項3] 前記奥行モデル生成手段により生成した処理対象画像の奥行モデルを空間方向に平滑化し、該空間方向に平滑化された前記処理対象画像の奥行モデルと、該処理対象画像よりも過去の比較対象画像の時空間方向に平滑化された奥行モデルとに基づいて、前記処理対象画像の奥行モデルを時間方向に平滑化し、前記処理対象画像の時空間方向に平滑化された奥行モデルを生成する時空間方向平滑化手段を備えることを特徴とする請求項1に記載の立体画像生成装置。

- [請求項4] 前記想定視聴条件情報は、前記3D画像を表示するディスプレイの画素ピッチ、該ディスプレイの画像サイズ、視聴者から前記ディスプレイまでの距離、前記3D画像の奥行きを表す視差範囲、左右の仮想視点間の距離である基線長を含むことを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の立体画像生成装置。
- [請求項5] 前記処理対象画像内の各画素の顕著度は、注目画素とその周辺画素との色差が大きい箇所、あるいは、注目画素と画像全体との色差が大きい箇所、あるいは、注目画素を含む局所領域とその周辺領域との色差が大きい箇所ほど高く算出されることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の立体画像生成装置。
- [請求項6] 前記奥行モデル生成手段は、前記消失点推定手段により消失点が推定できなかった場合、前記処理対象画像内の各画素の顕著度が高い箇所が手前側になるように奥行モデルを生成することを特徴とする請求項5に記載の立体画像生成装置。
- [請求項7] 前記消失点推定手段は、前記処理対象画像内の直線情報から該処理対象画像の消失点を推定するフレーム内消失点推定手段と、前記処理対象画像と該処理対象画像よりも過去の比較対象画像と該比較対象画像における消失点の位置とに基づいて、前記処理対象画像の消失点を推定するフレーム間消失点推定手段とを備えることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の立体画像生成装置。
- [請求項8] 前記処理対象画像と前記比較対象画像との間でシーンチェンジがあったか否かを検出するシーンチェンジ検出手段を備え、該シーンチェンジ検出手段によりシーンチェンジが検出された場合、前記フレーム内消失点推定手段が選択され、前記シーンチェンジ検出手段によりシーンチェンジが検出されない場合、前記フレーム間消失点推定手段が選択されることを特徴とする請求項7に記載の立体画像生成装置。
- [請求項9] 前記比較対象画像の消失点の位置を含む消失点情報を記憶する記憶手段を備え、該記憶手段に前記比較対象画像の消失点情報が記憶され

ている場合、前記フレーム間消失点推定手段が選択され、前記記憶手段に前記比較対象画像の消失点情報が記憶されていない場合、前記フレーム内消失点推定手段が選択されることを特徴とする請求項 8 に記載の立体画像生成装置。

[請求項10] 前記比較対象画像は、前記処理対象画像の 1 つ前の画像であることを特徴とする請求項 7 ～ 9 のいずれか 1 項に記載の立体画像生成装置。

[請求項11] 2 D 画像に両眼立体情報を付加し、3 D 画像を生成する立体画像生成装置による立体画像生成方法であって、

前記立体画像生成装置が、処理対象画像から消失点を推定する消失点推定ステップと、

該消失点推定ステップにて消失点が推定できたか否かに基づいて異なる奥行モデルを生成する奥行モデル生成ステップと、

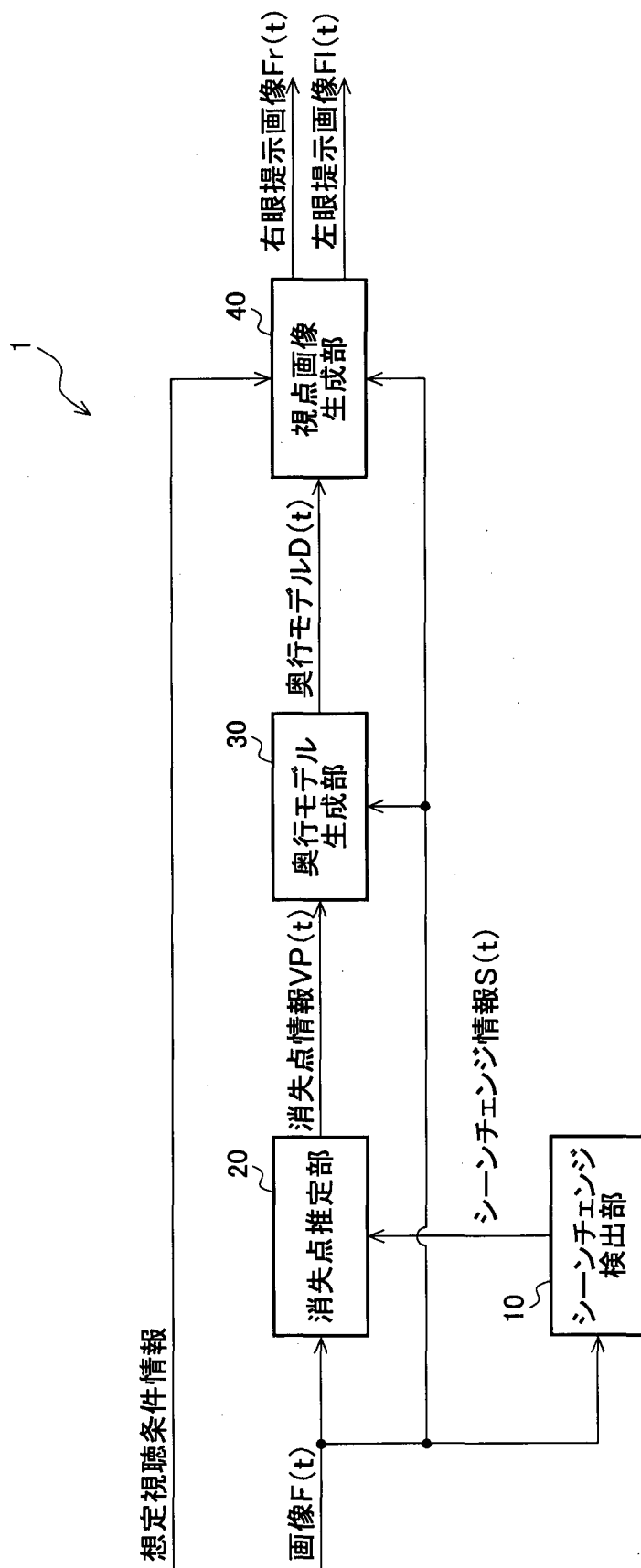
該奥行モデル生成ステップにて生成した奥行モデルと前記処理対象画像と想定視聴条件情報とに基づいて、右眼提示画像と左眼提示画像を生成する視点画像生成ステップとを備え、

前記奥行モデル生成ステップは、前記消失点推定ステップにて消失点が推定できた場合、前記消失点に基づいて奥行モデルを生成し、また、前記消失点推定ステップにて消失点が推定できなかった場合、前記処理対象画像内の各画素の顕著度に基づいて奥行モデルを生成することを特徴とする立体画像生成方法。

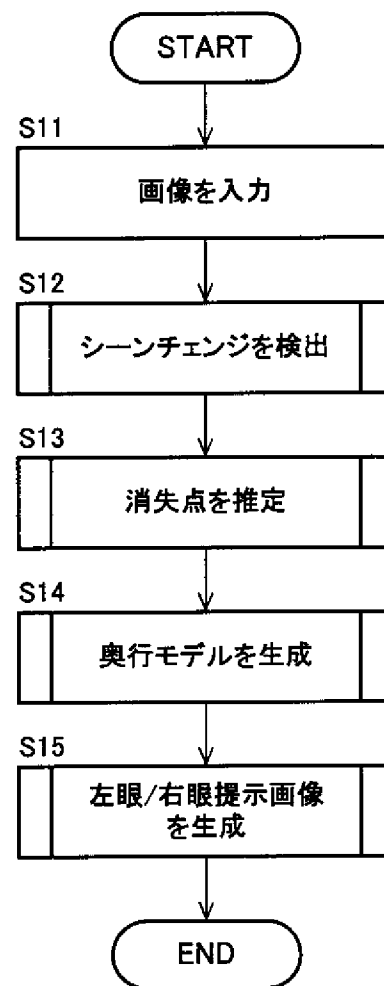
[請求項12] コンピュータに、請求項 11 に記載の立体画像生成方法を実行させるためのプログラム。

[請求項13] 請求項 12 に記載のプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

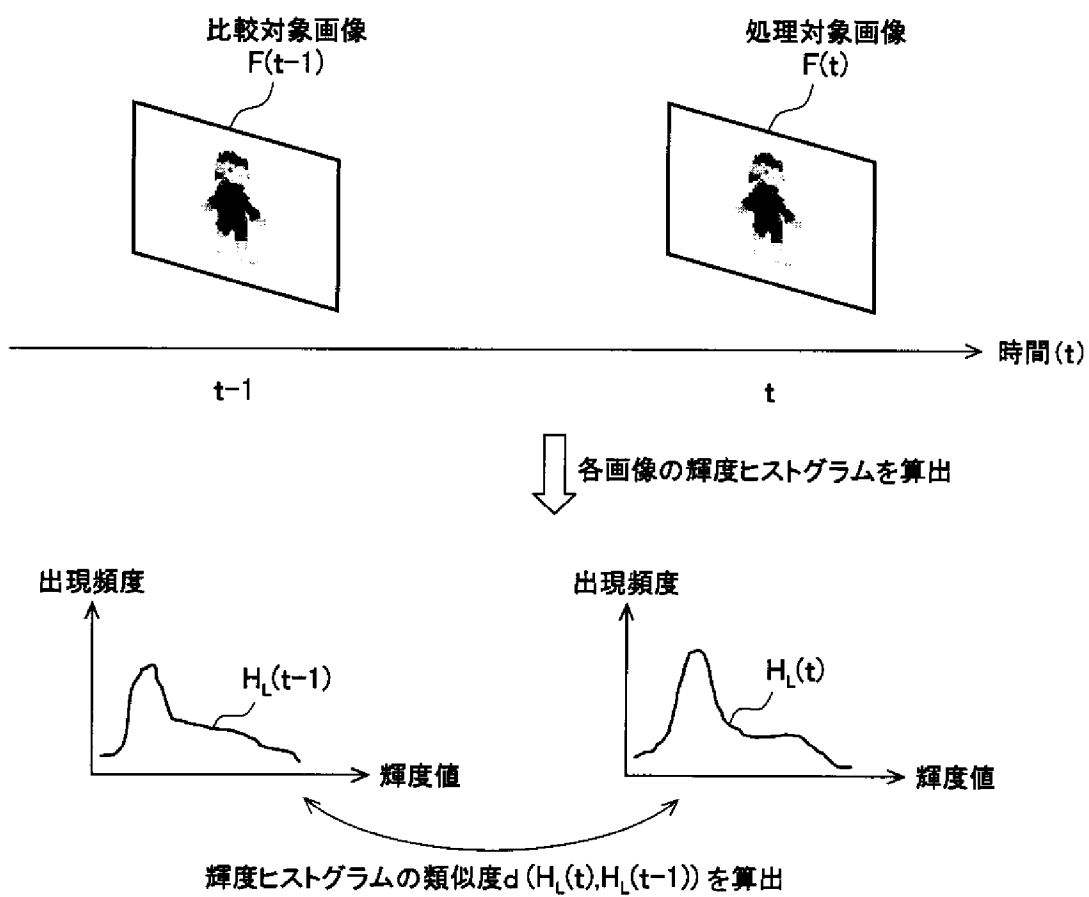
[図1]



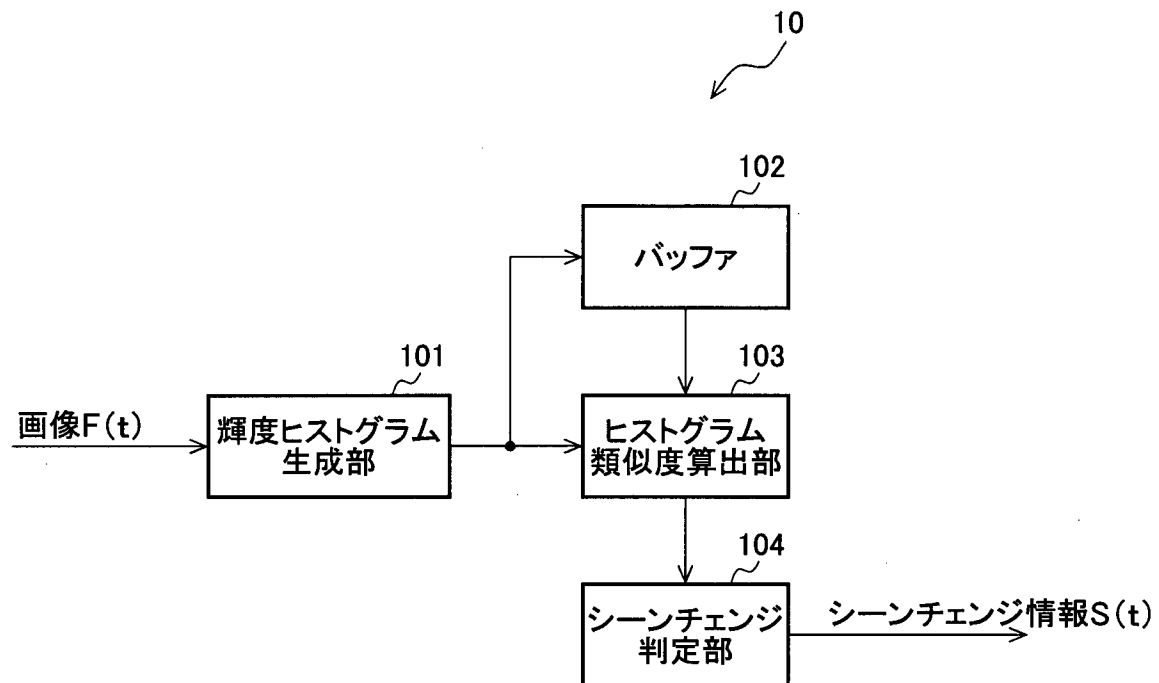
[図2]



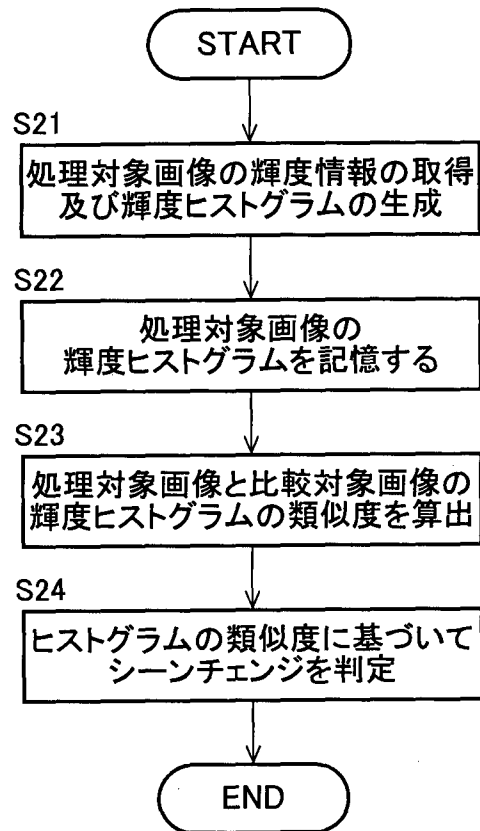
[図3]



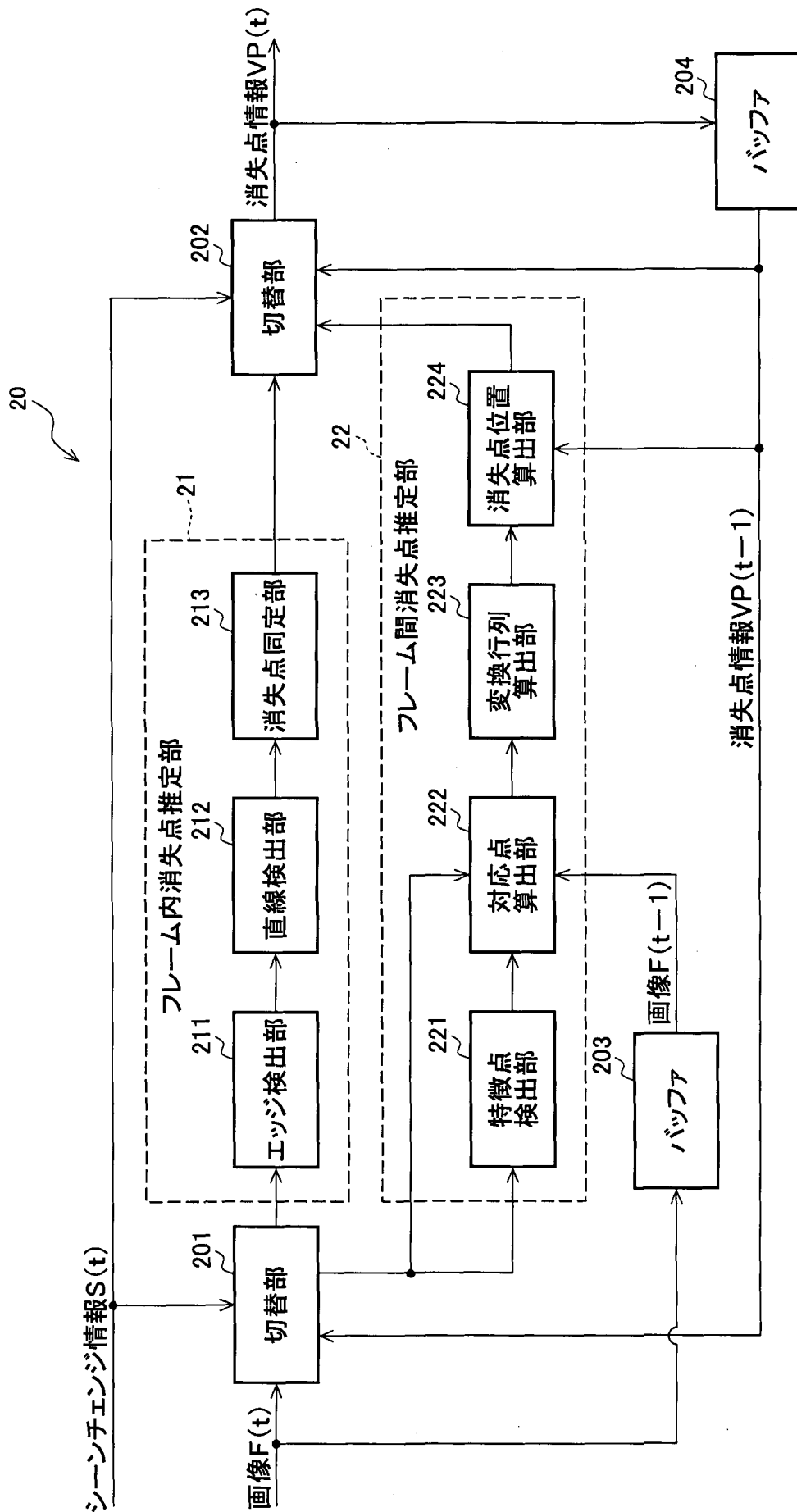
[図 4]



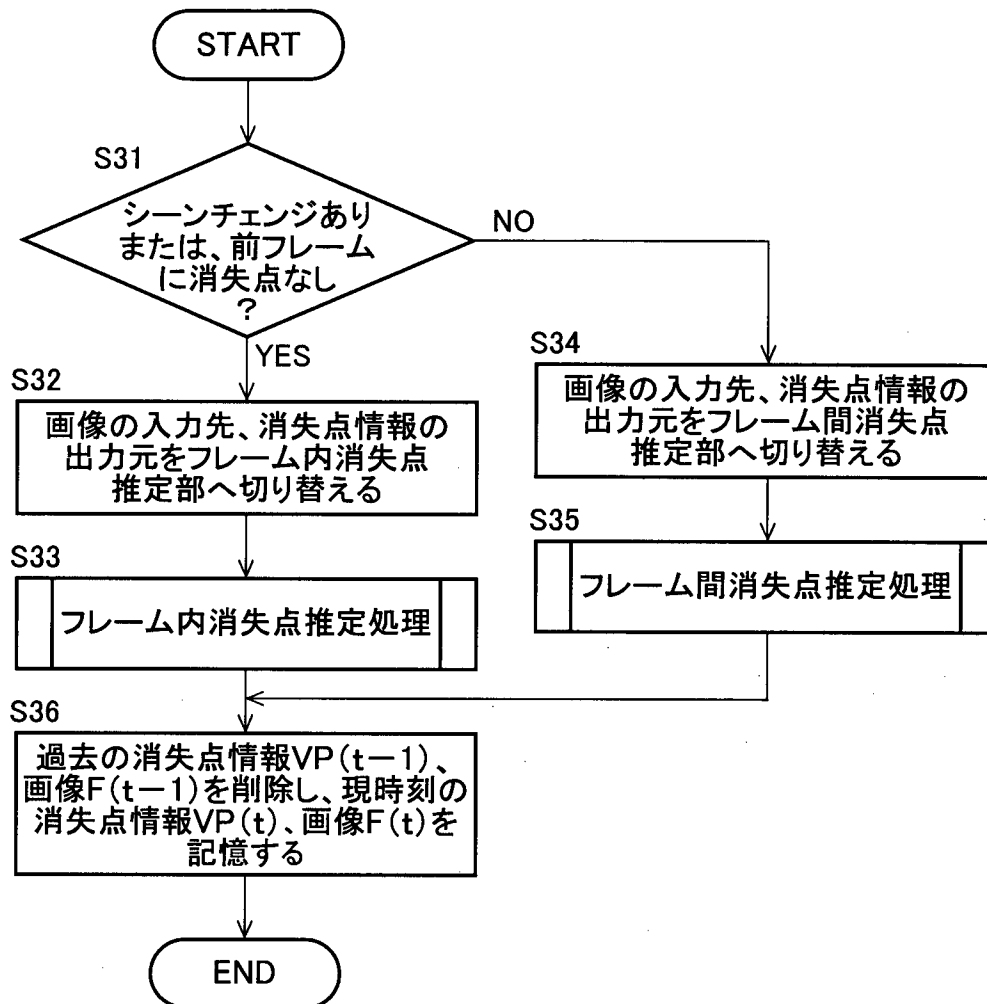
[図 5]



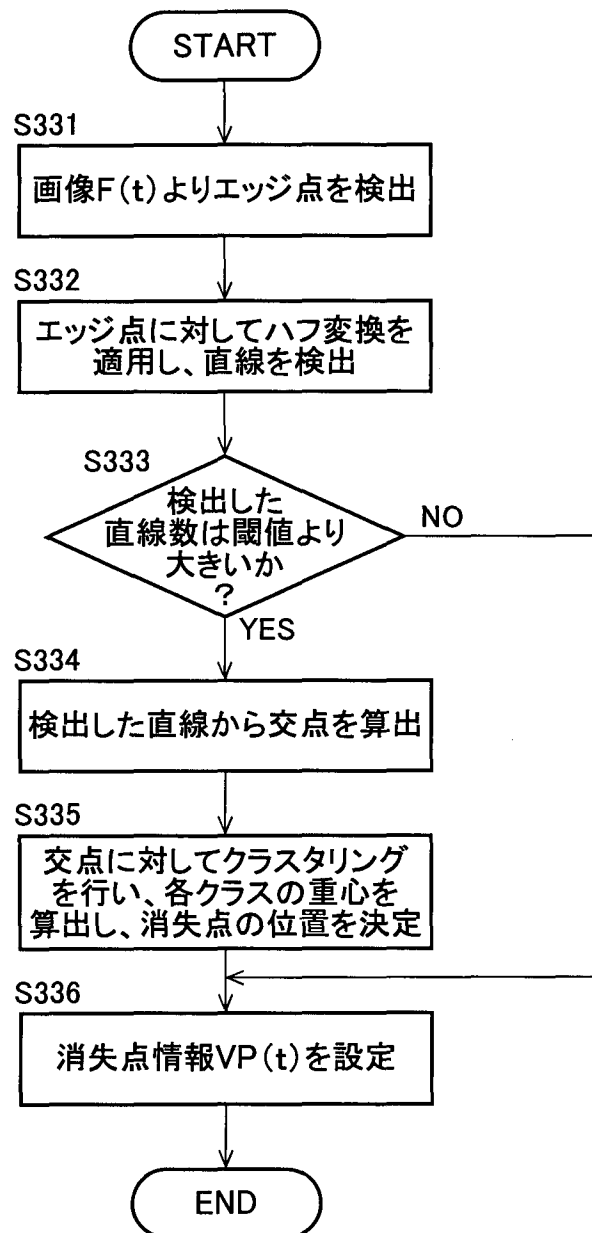
[図6]



[図 7]



[図 8]



[図9]

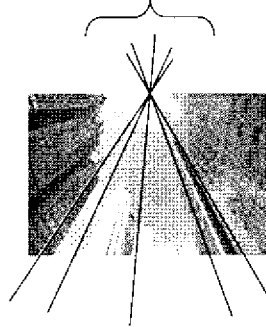
(A)

画像F(t)

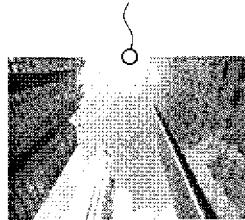


(B)

検出した直線Ls



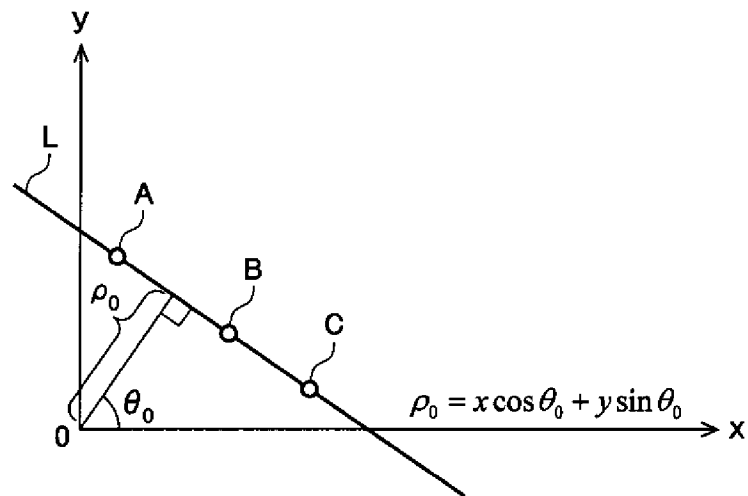
(C)

推定した消失点
VP(t)

[図10]

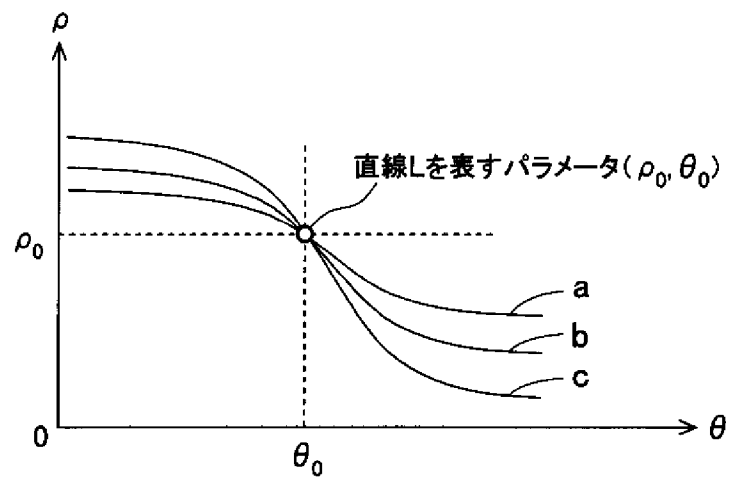
(A)

画像空間

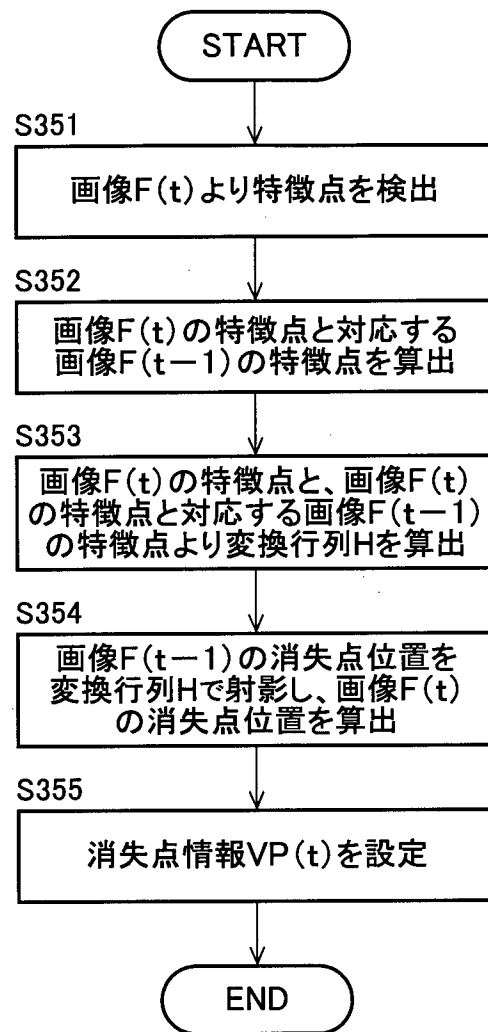


(B)

パラメータ空間

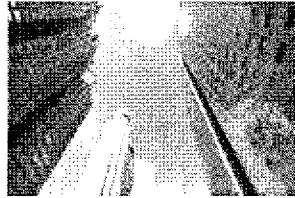


[図 11]

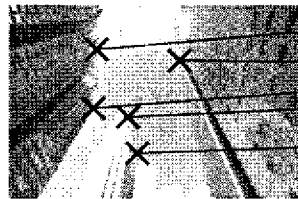
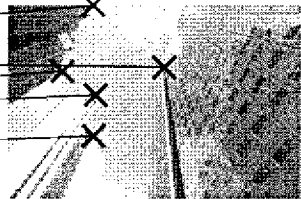


[図12]

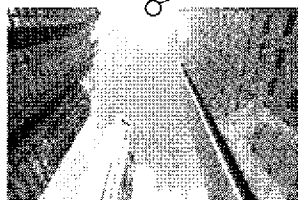
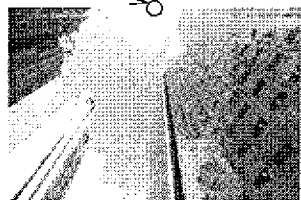
(A)

画像 $F(t-1)$ 画像 $F(t)$ 

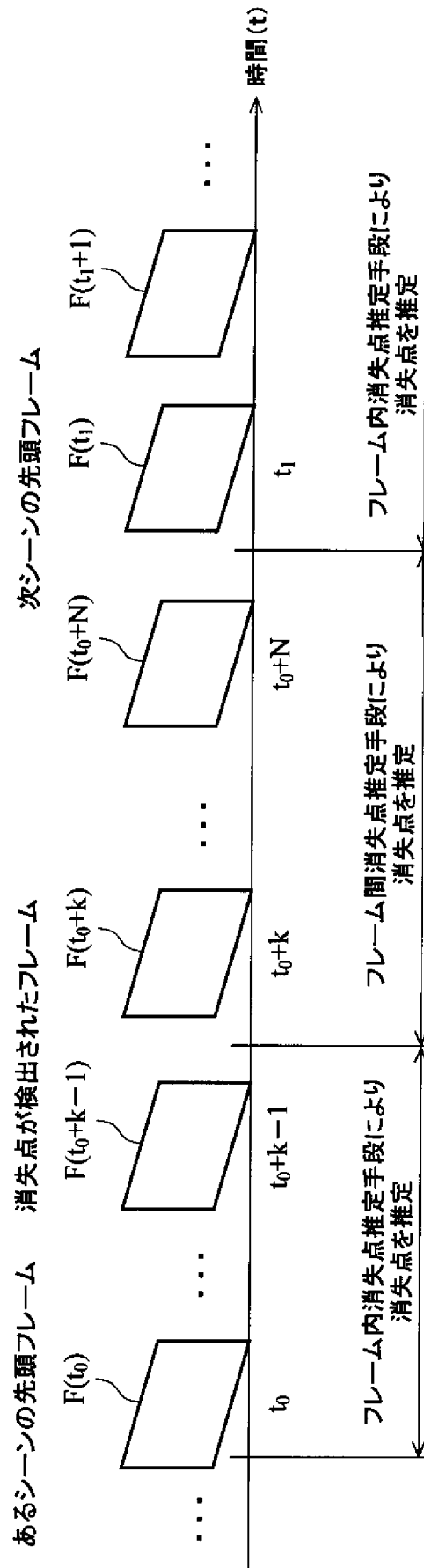
(B)

画像 $F(t)$ 上の特徴点 K_s と
対応する画像 $F(t-1)$ 上の特徴点画像 $F(t)$ 上の特徴点 K_s 

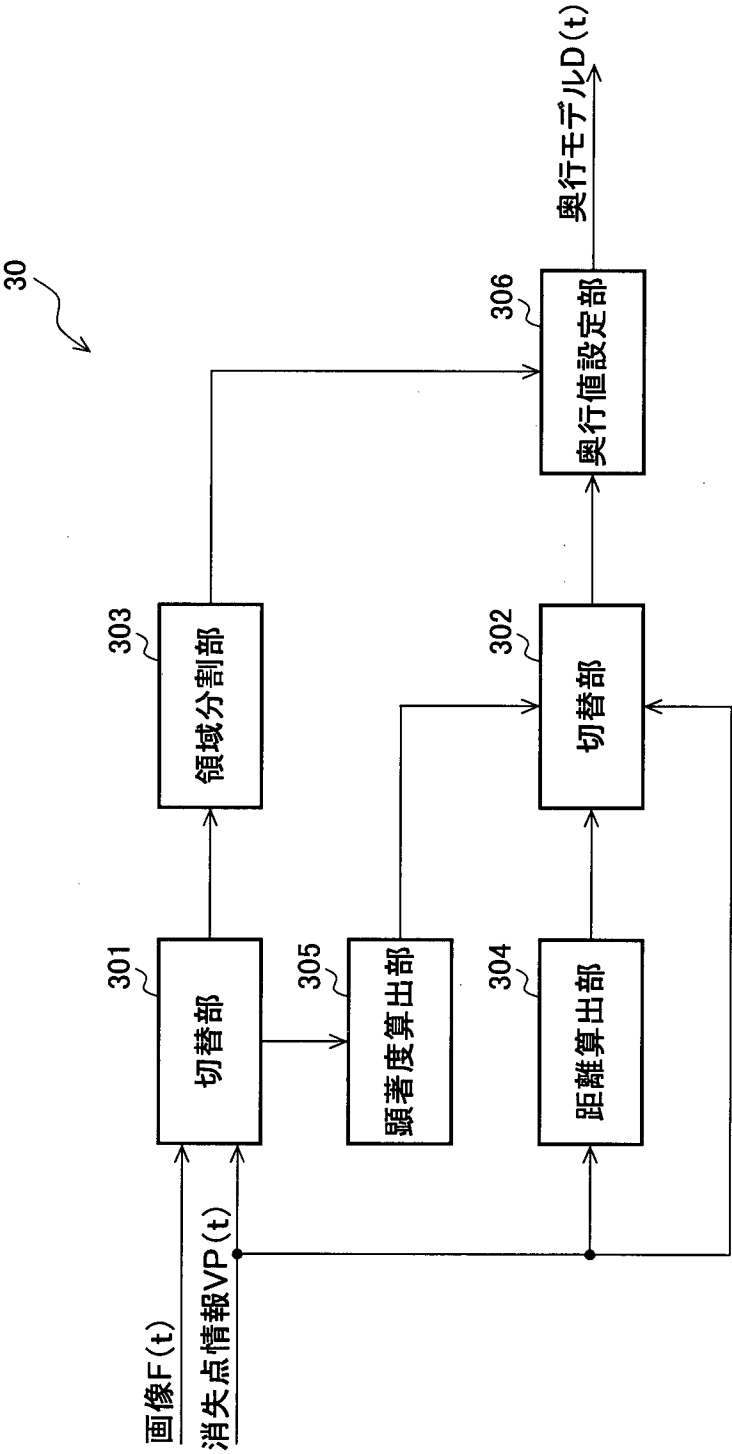
(C)

画像 $F(t-1)$ 上の消失点
を変換行列 H によって、
画像 $F(t)$ 上に射影 $VP(t-1)$  $VP(t)$ 

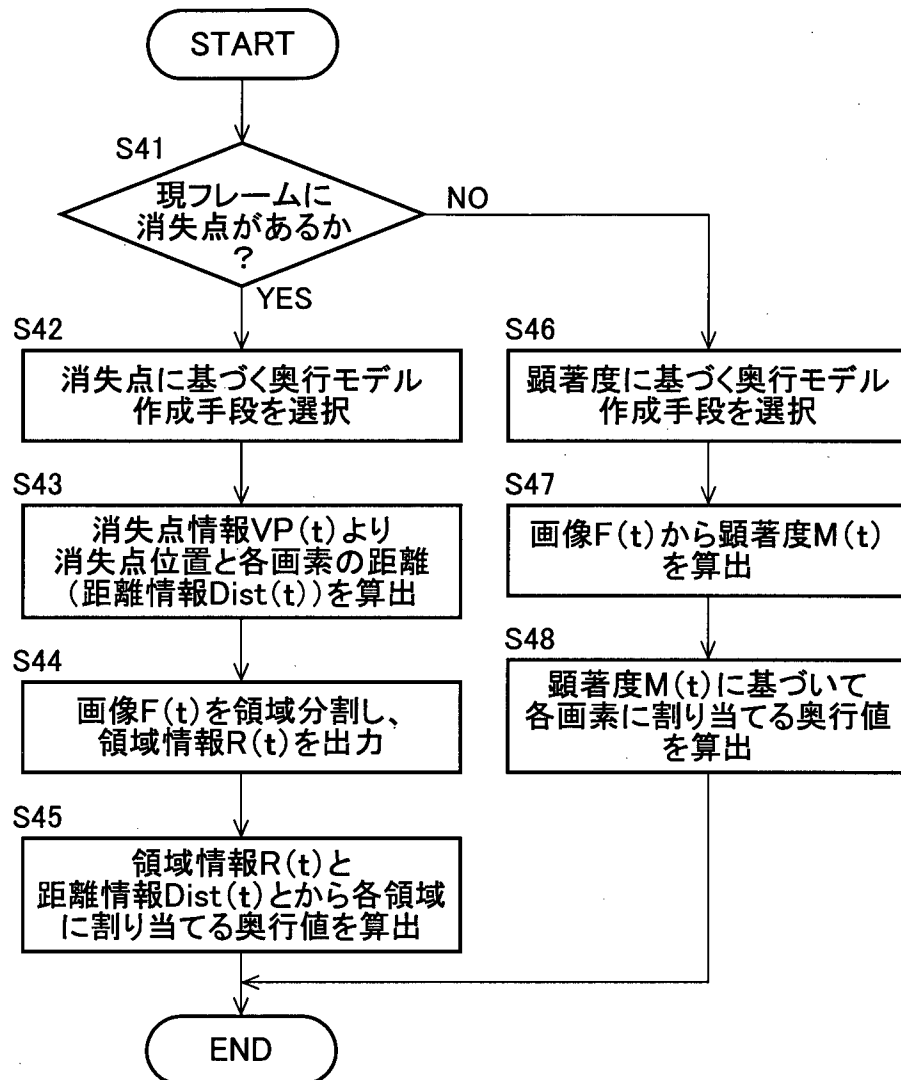
[図13]



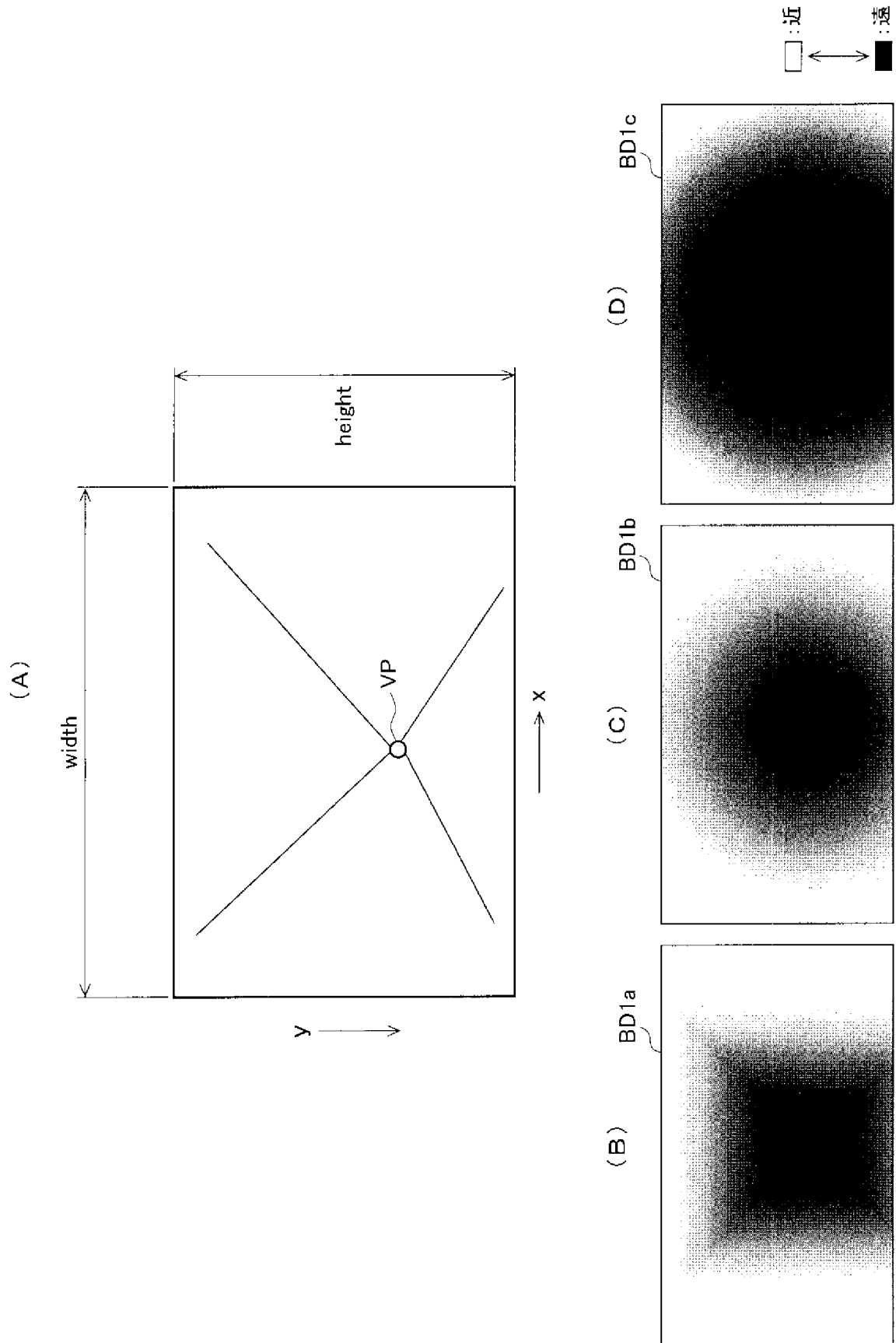
[図14]



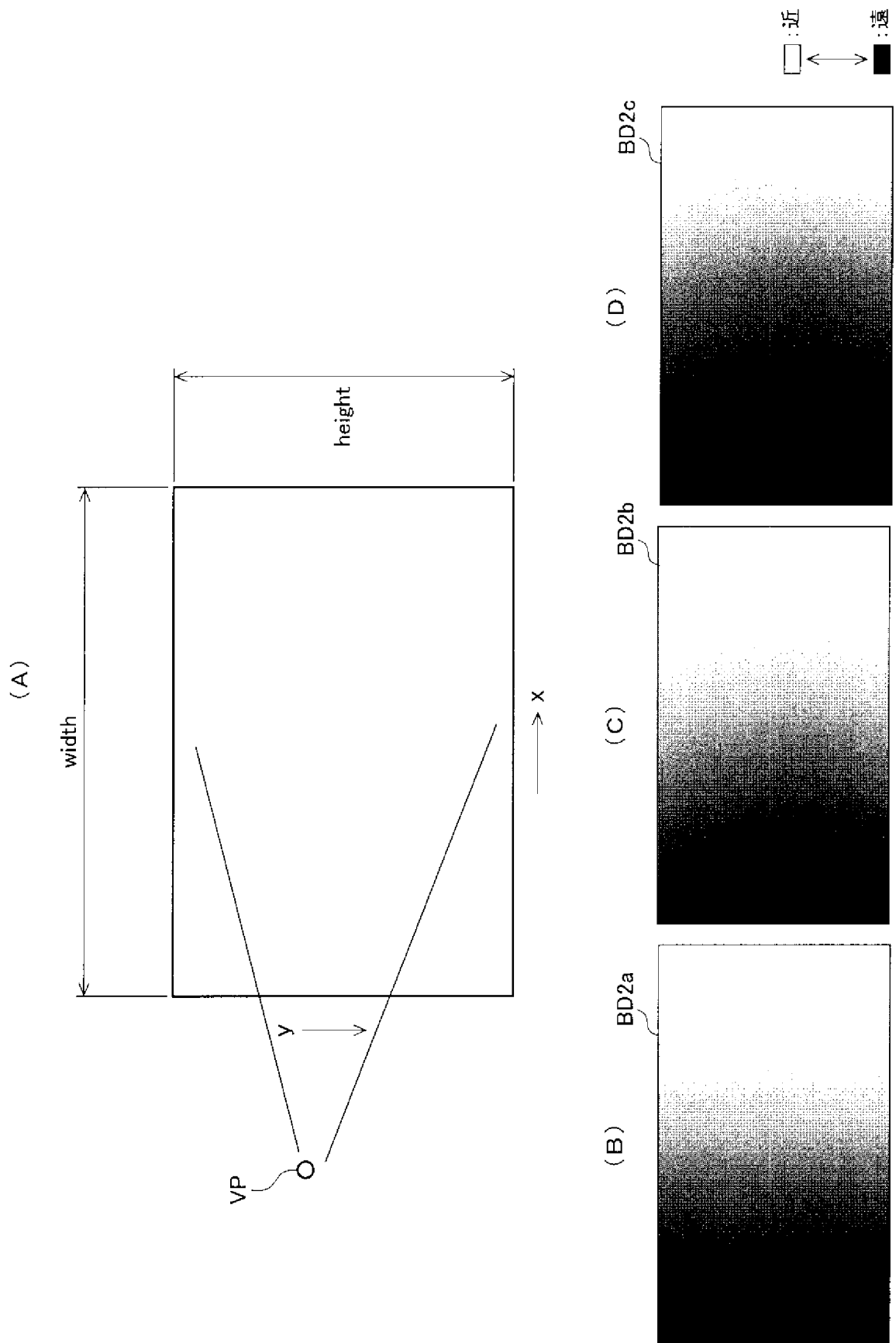
[図15]



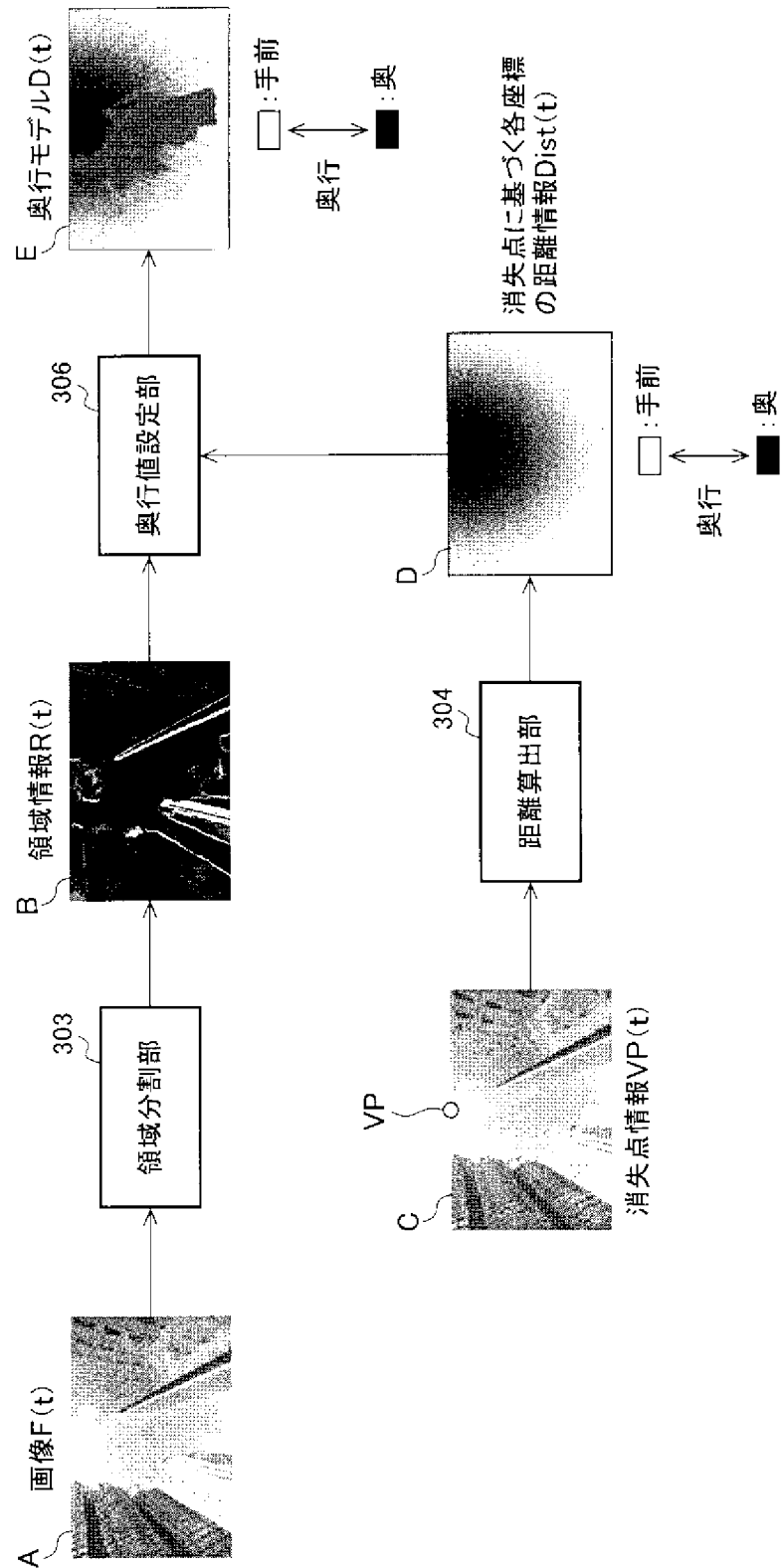
[図16]



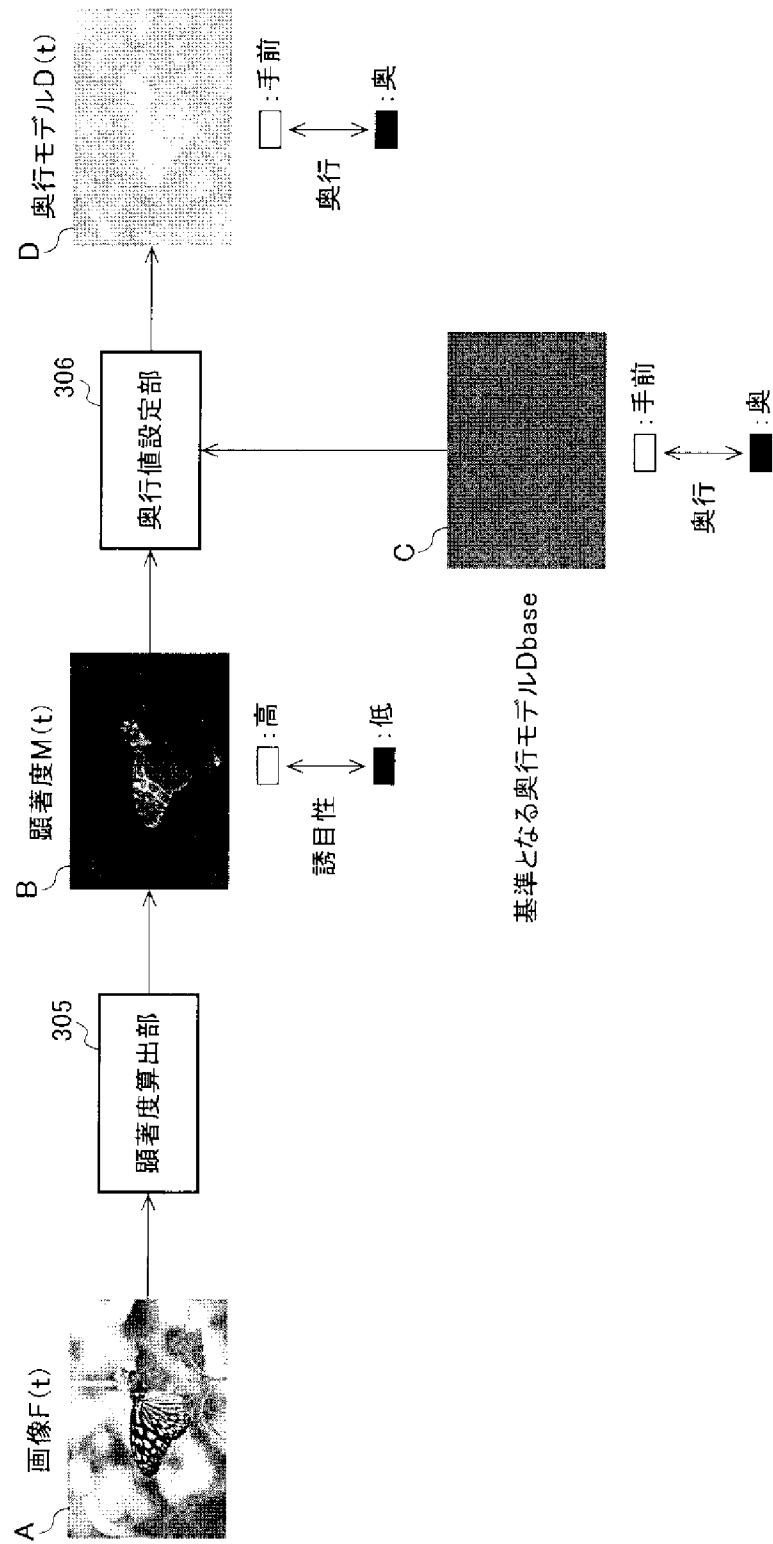
[図17]



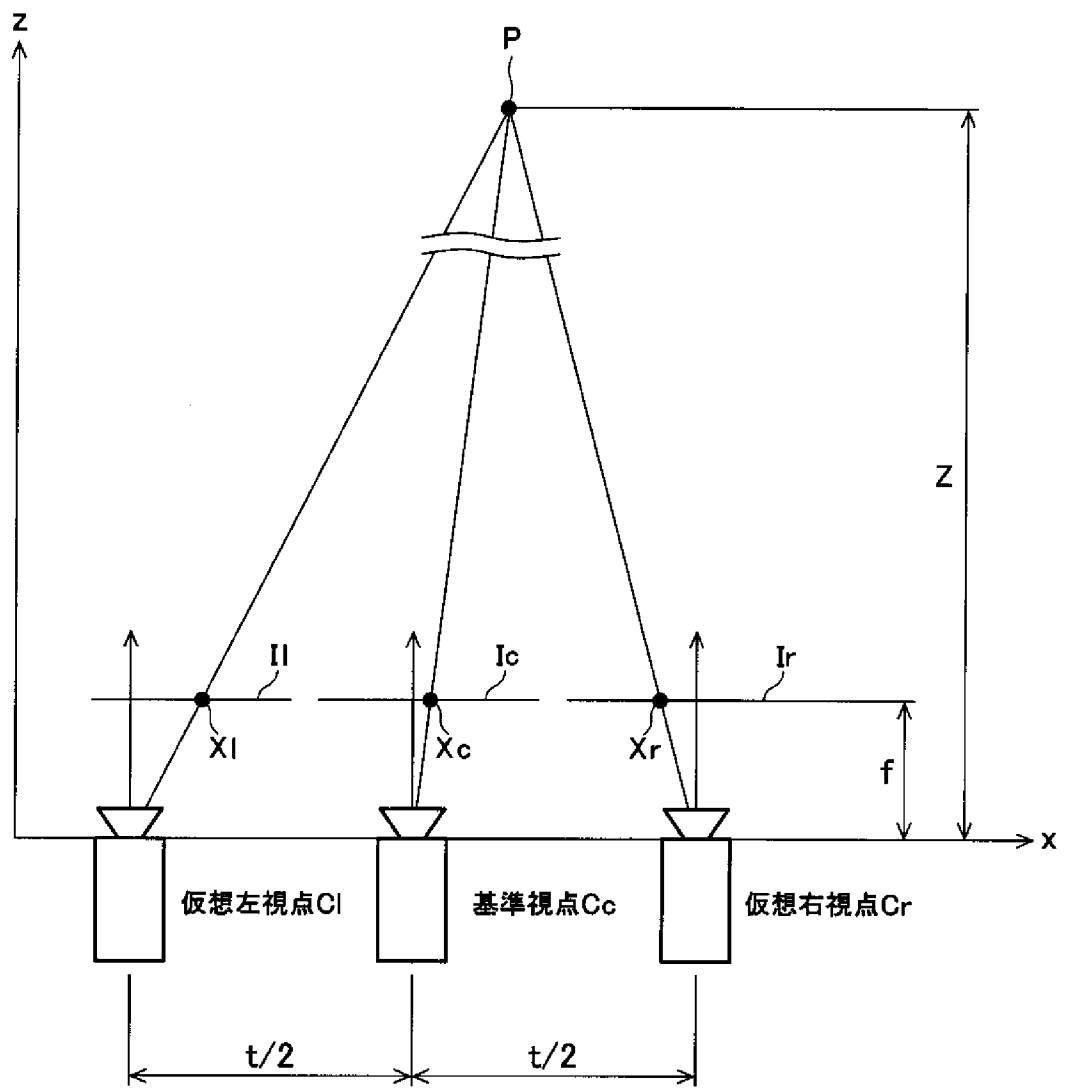
[図18]



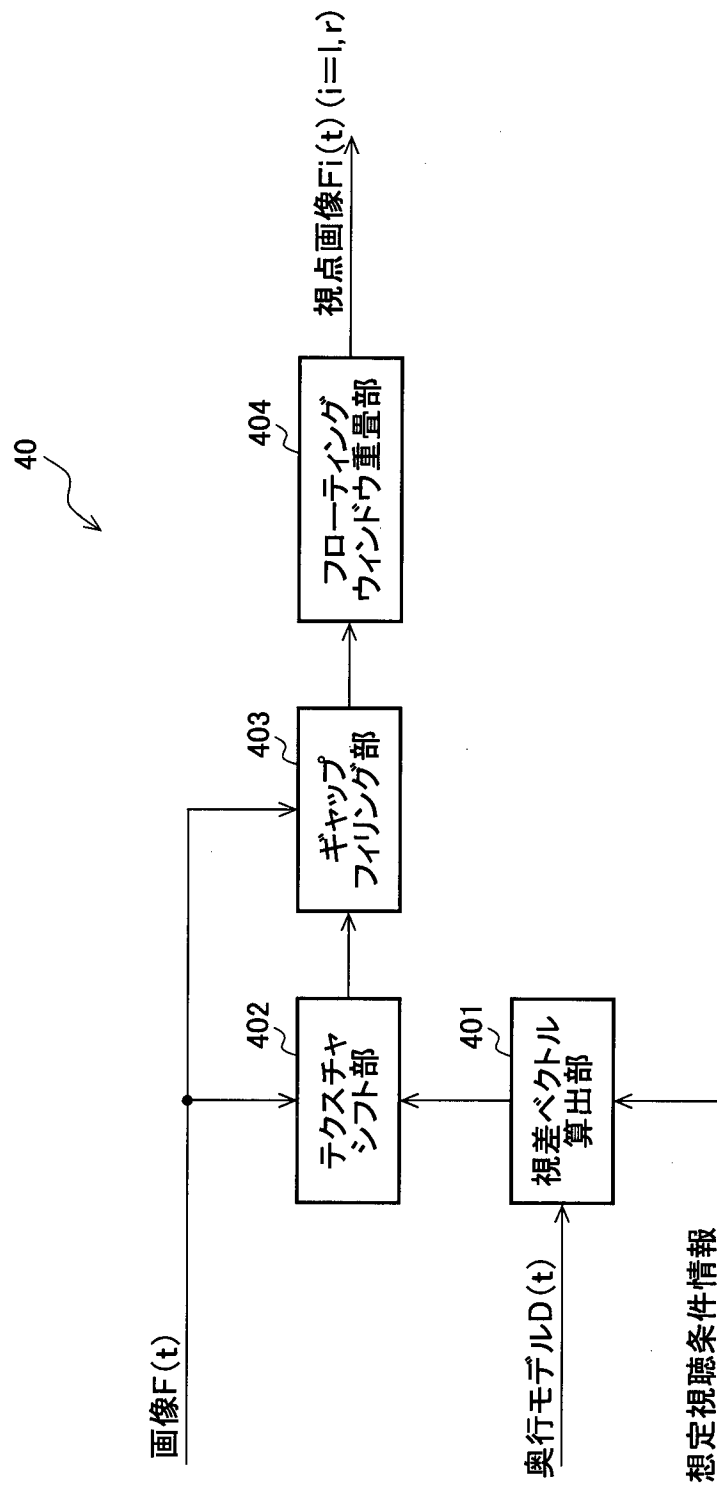
[図19]



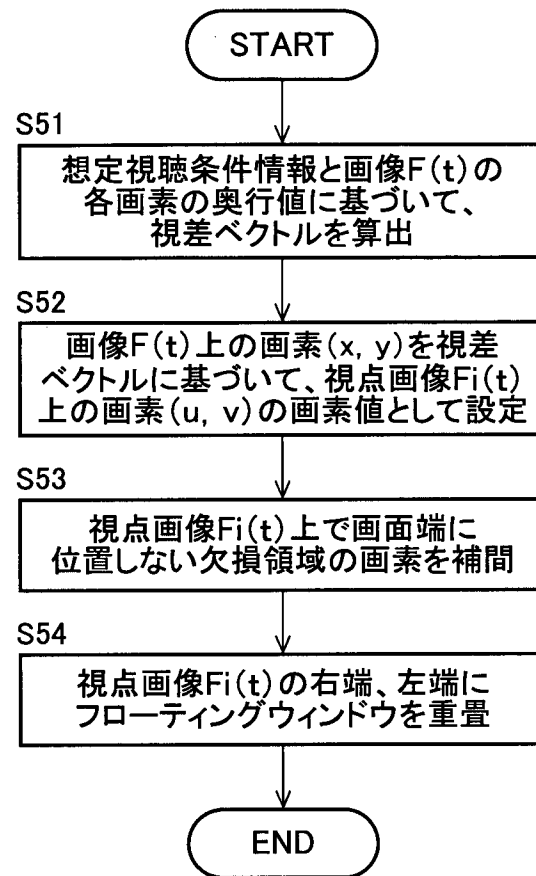
[図20]



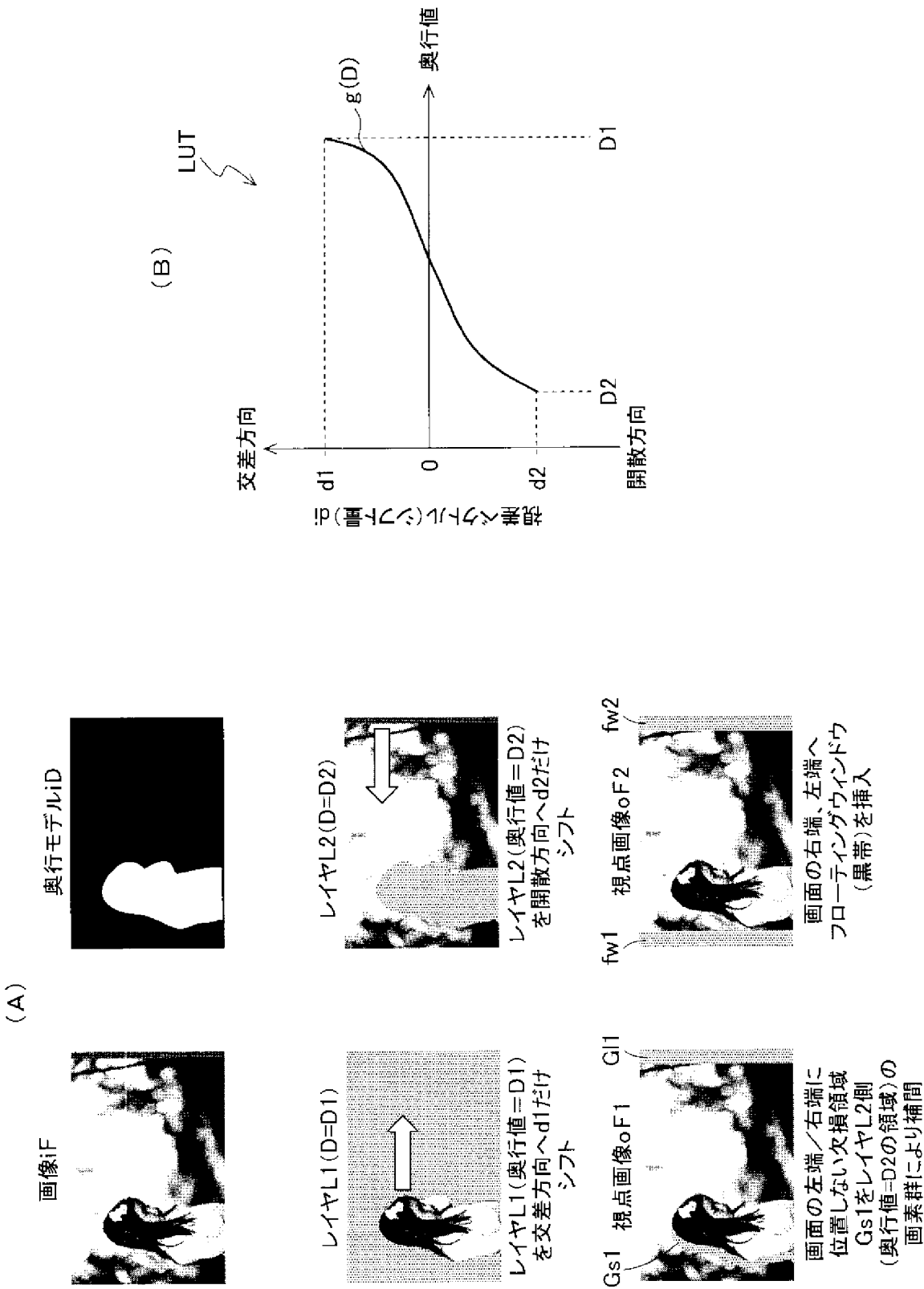
[図21]



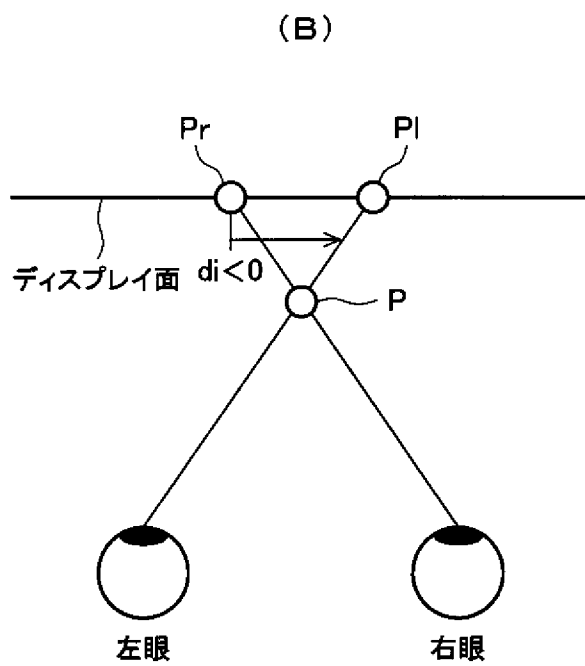
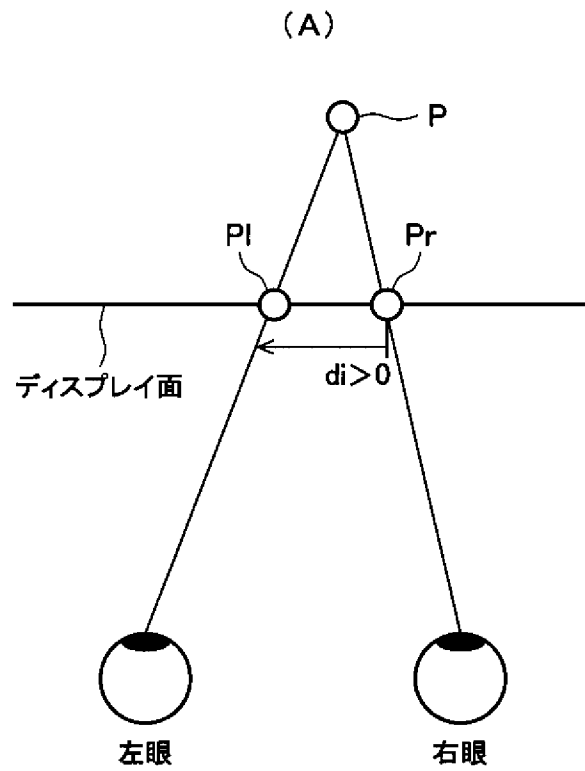
[図 22]



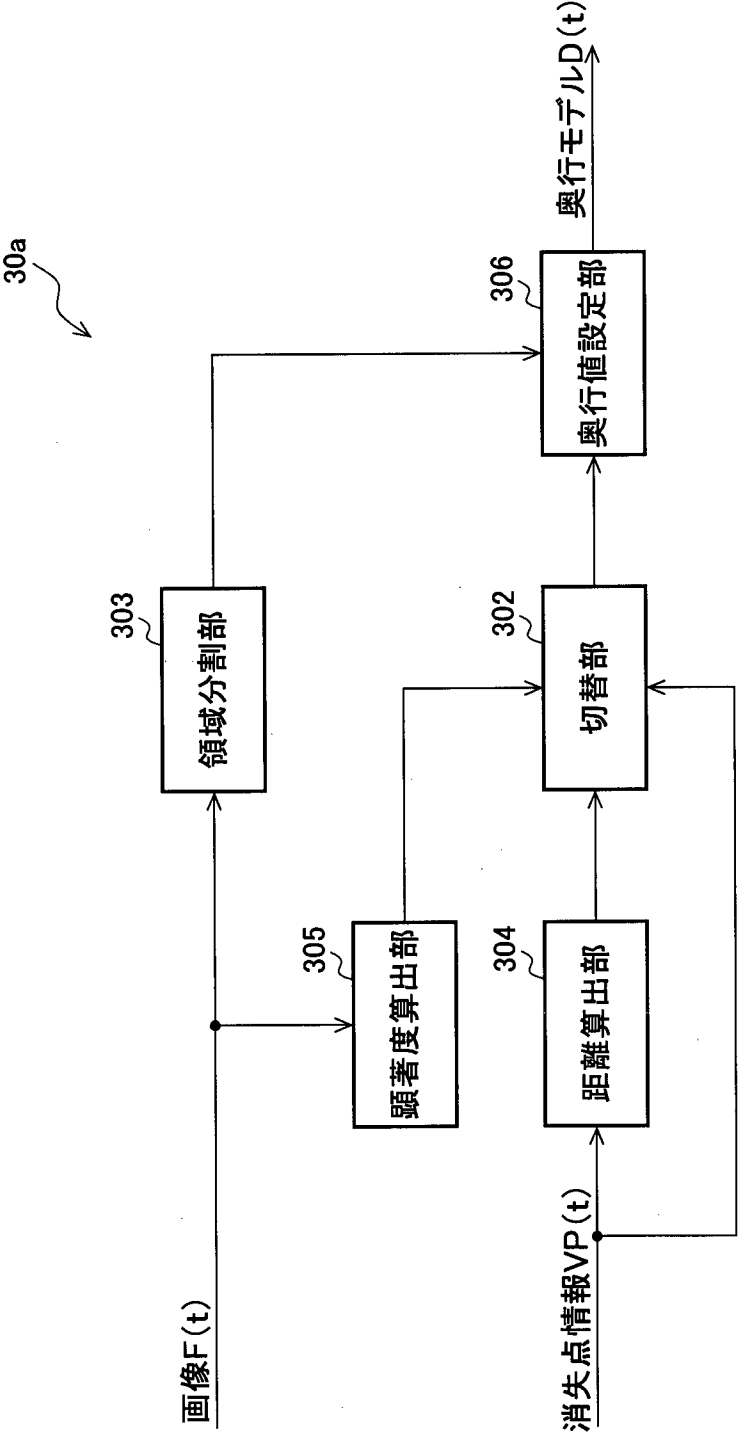
[図23]



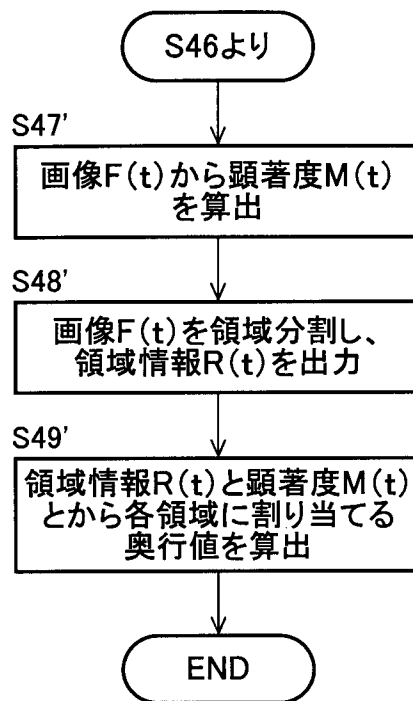
[図24]



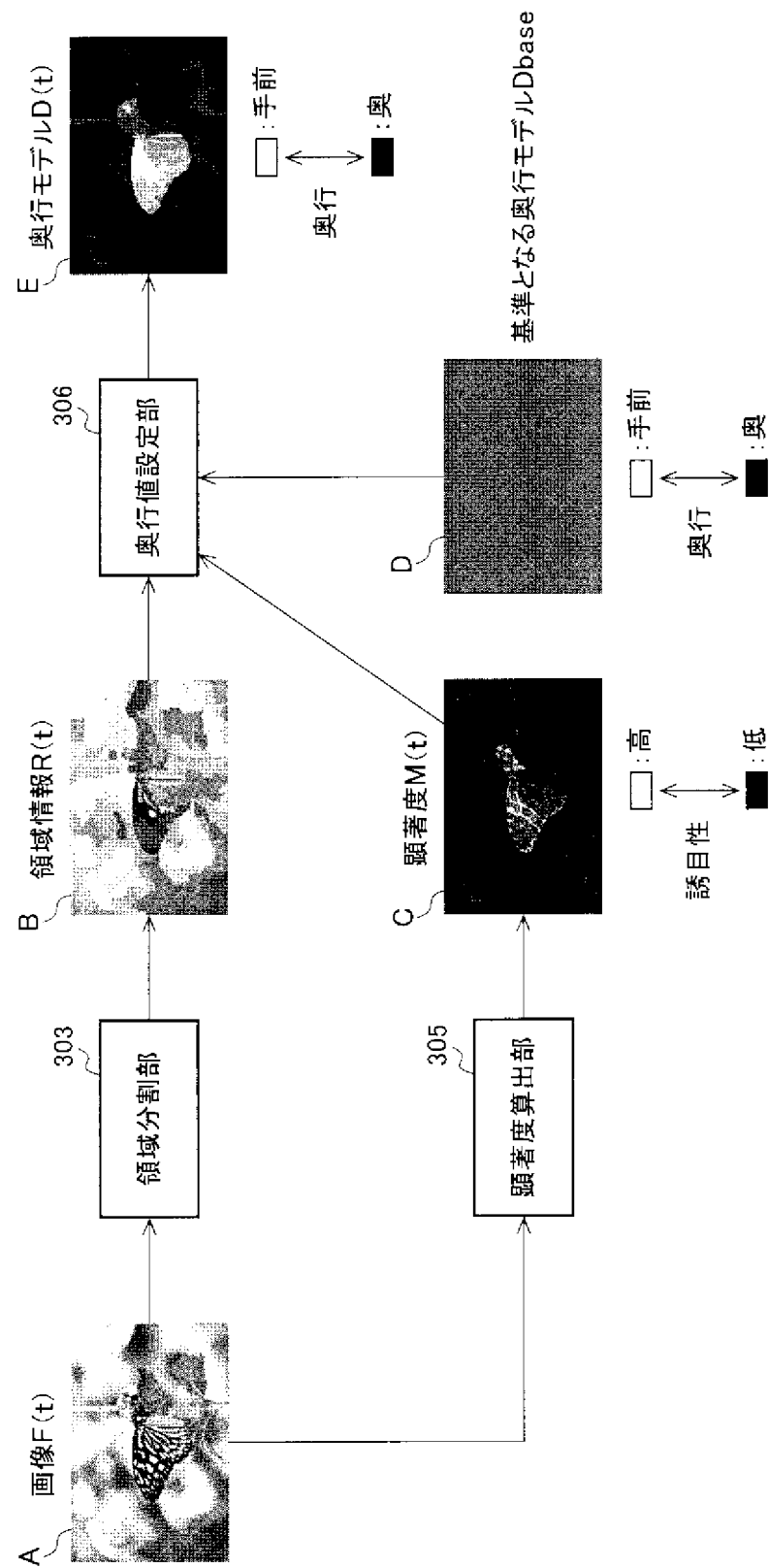
[図25]



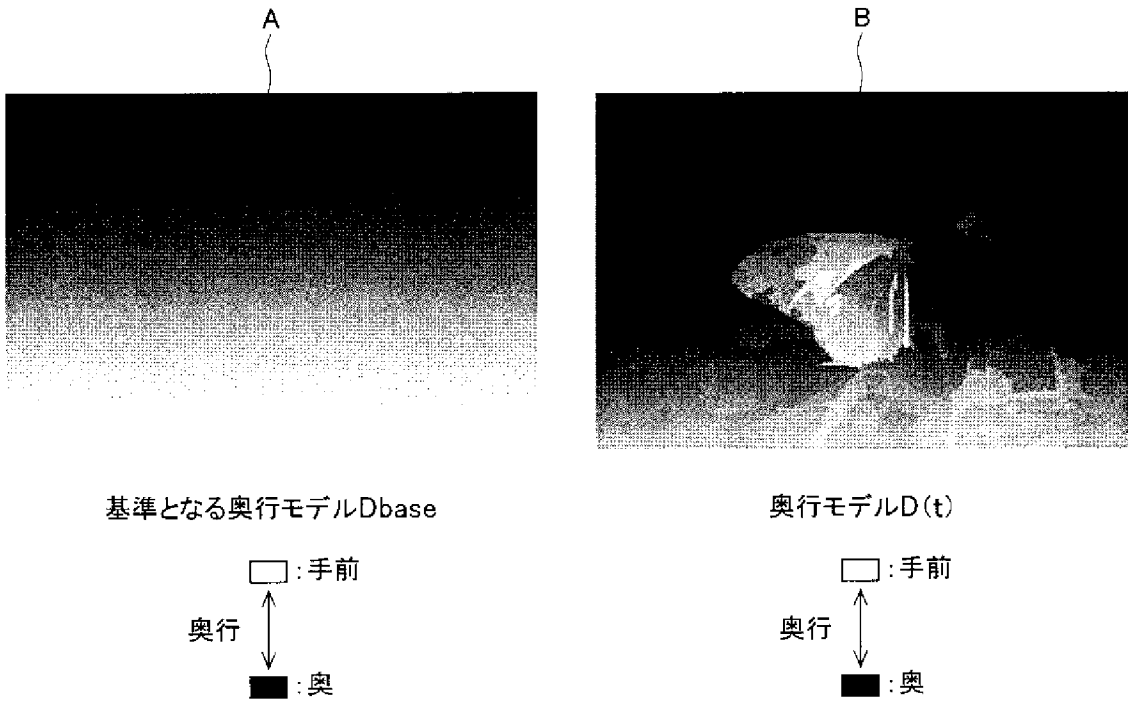
[図 26]



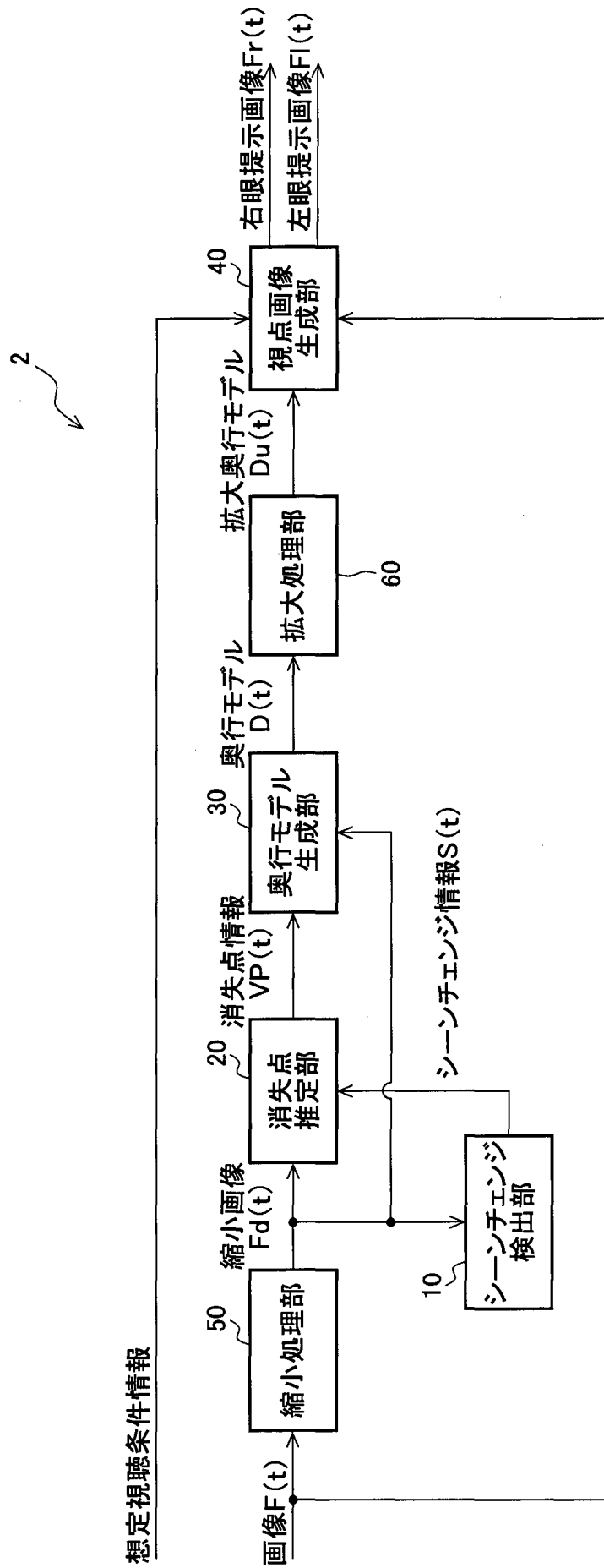
[図27]



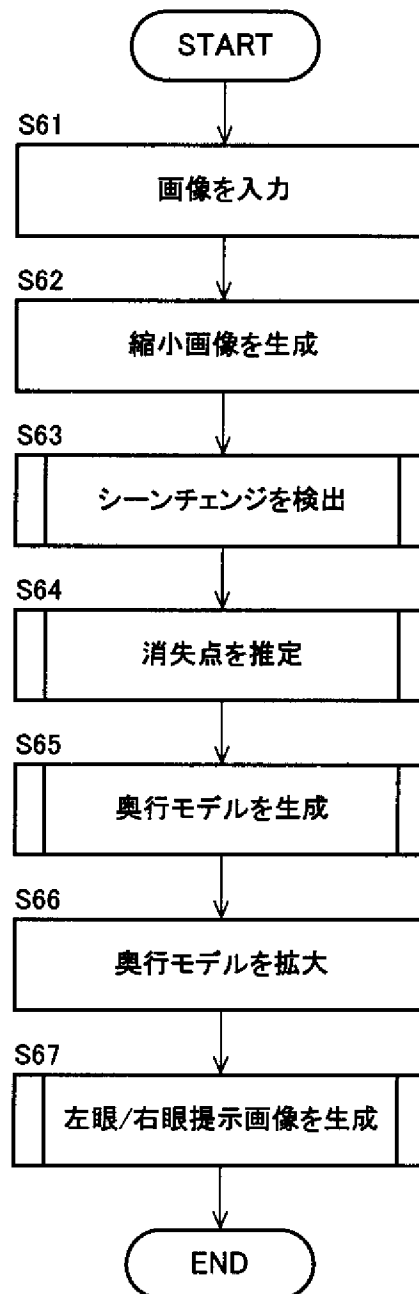
[図28]

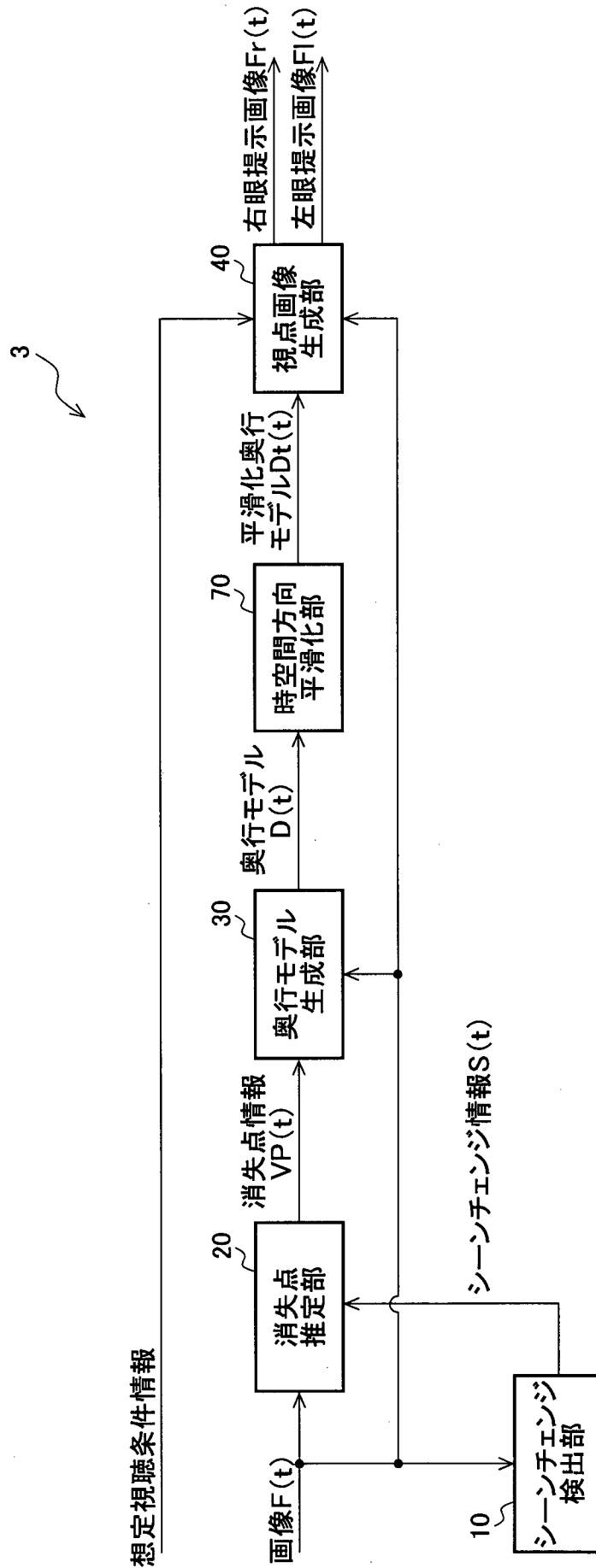


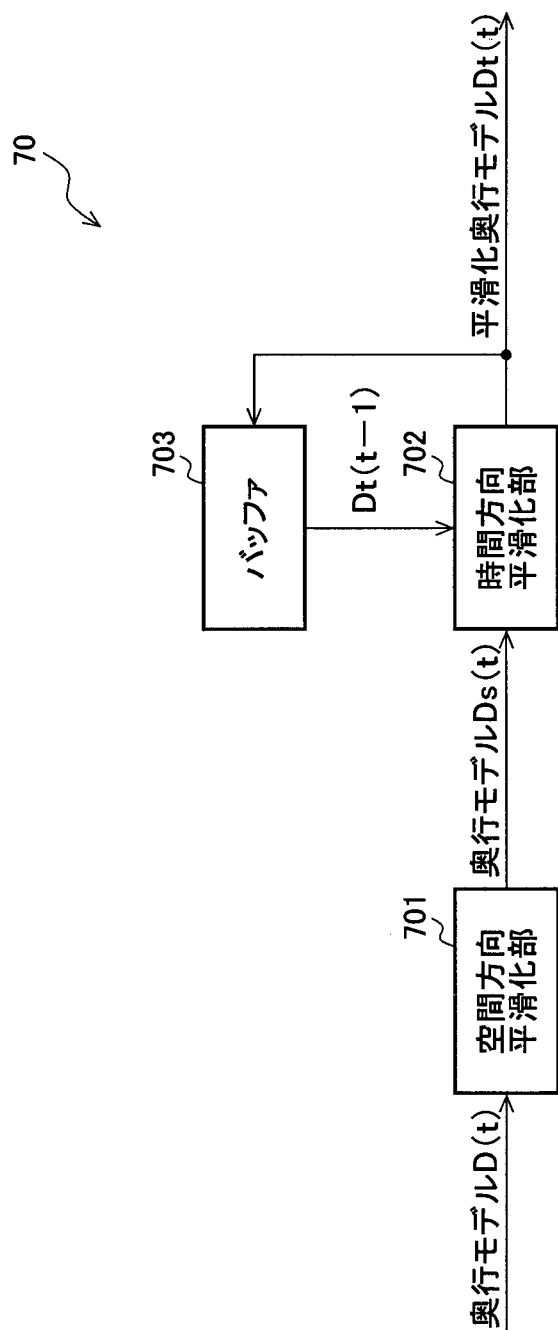
[図29]



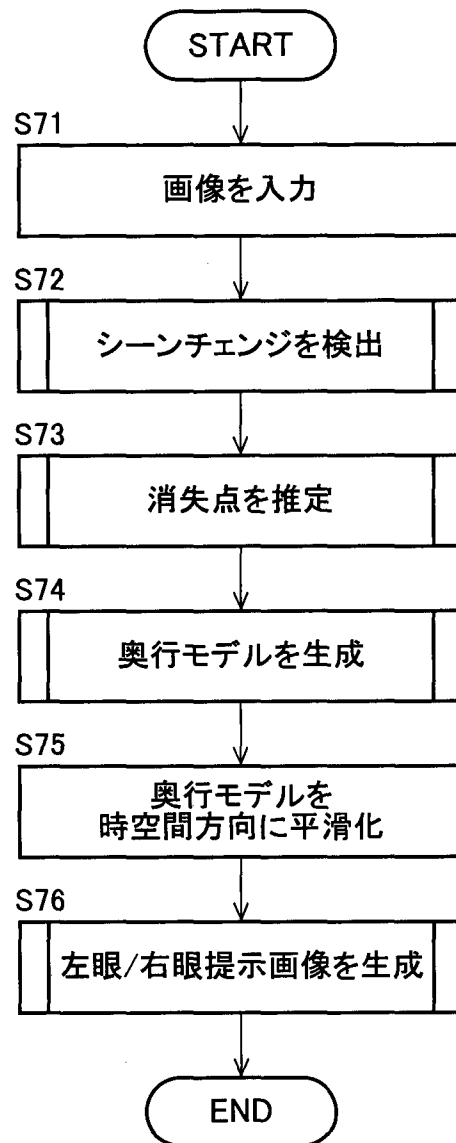
[図30]



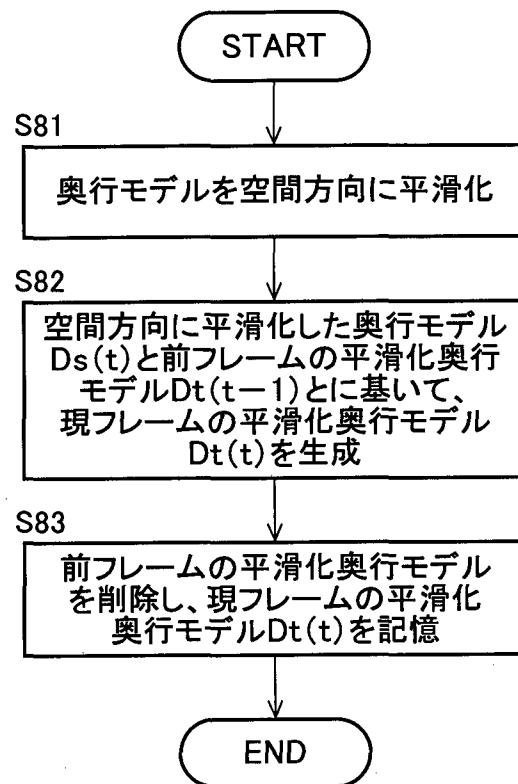




[図 33]



[図 34]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/059043

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04N13/02 (2006.01) i, G06T19/00 (2011.01) 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)

H04N13/02, G06T19/00

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2009-38794 A (Panasonic Corp.), 19 February 2009 (19.02.2009), paragraphs [0033] to [0087]; fig. 1 to 13 & US 2009/0022396 A1	1-13
Y	JP 2001-359119 A (Toshiba Corp.), 26 December 2001 (26.12.2001), paragraphs [0001] to [0003] (Family: none)	1-13
Y	JP 10-108220 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 24 April 1998 (24.04.1998), paragraphs [0011] to [0093]; fig. 1 to 6 (Family: none)	1-13

☒ 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
20 June, 2012 (20.06.12)

Date of mailing of the international search report
03 July, 2012 (03.07.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/059043

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 2011-501496 A (Koninklijke Philips Electronics N.V.), 06 January 2011 (06.01.2011), paragraph [0006] & US 2010/0215251 A1 & WO 2009/047681 A1	2
Y	JP 2001-103513 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 13 April 2001 (13.04.2001), paragraph [0067] (Family: none)	3
Y	JP 11-239364 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 31 August 1999 (31.08.1999), paragraph [0178] (Family: none)	3
Y	JP 2003-30626 A (Toshiba Corp.), 31 January 2003 (31.01.2003), paragraphs [0032] to [0085]; fig. 1 to 12 & US 2003/0016287 A1	7-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. H04N13/02(2006.01)i, G06T19/00(2011.01)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（I P C））

Int.Cl. H04N13/02, G06T19/00

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	1971-2012年
日本国実用新案登録公報	1996-2012年
日本国登録実用新案公報	1994-2012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）

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	JP 2009-38794 A（パナソニック株式会社） 2009.02.19, 段落【0033】－【0087】, 図1－図13 & US 2009/0022396 A1	1-13
Y	JP 2001-359119 A（株式会社東芝） 2001.12.26, 段落【0001】－【0003】 （ファミリーなし）	1-13

☒ 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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日
20.06.2012

国際調査報告の発送日
03.07.2012

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（I S A/J P）
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） 菅 和幸	5 P	4547
電話番号 03-3581-1101 内線 3581		

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 10-108220 A (三洋電機株式会社) 1998.04.24, 段落【0011】－【0093】, 図1－図6 (ファミリーなし)	1-13
Y	JP 2011-501496 A (コーニンクレッカ フィリップス エレクトロニクス エヌ ヴ ィ) 2011.01.06, 段落【0006】 & US 2010/0215251 A1 & WO 2009/047681 A1	2
Y	JP 2001-103513 A (三洋電機株式会社) 2001.04.13, 段落【0067】 (ファミリーなし)	3
Y	JP 11-239364 A (三洋電機株式会社) 1999.08.31, 段落【0178】 (ファミリーなし)	3
Y	JP 2003-30626 A (株式会社東芝) 2003.01.31, 段落【0032】－【0085】, 図1－図12 & US 2003/0016287 A1	7-10