

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6787844号
(P6787844)

(45) 発行日 令和2年11月18日(2020.11.18)

(24) 登録日 令和2年11月2日(2020.11.2)

(51) Int.Cl.

F 1

GO6T 7/00	(2017.01)	GO6T 7/00	250
GO6T 7/60	(2017.01)	GO6T 7/60	110
GO6T 7/194	(2017.01)	GO6T 7/194	
GO6T 7/174	(2017.01)	GO6T 7/174	

請求項の数 14 (全 16 頁)

(21) 出願番号

特願2017-141780 (P2017-141780)

(22) 出願日

平成29年7月21日 (2017.7.21)

(65) 公開番号

特開2019-21243 (P2019-21243A)

(43) 公開日

平成31年2月7日 (2019.2.7)

審査請求日

令和1年7月9日 (2019.7.9)

(73) 特許権者 000208891

KDDI 株式会社

東京都新宿区西新宿二丁目3番2号

(74) 代理人 100092772

弁理士 阪本 清孝

(74) 代理人 100119688

弁理士 田邊 善二

(72) 発明者 要 強

埼玉県ふじみ野市大原二丁目1番15号

株式会社 KDDI 総合研究所内

(72) 発明者 内藤 整

埼玉県ふじみ野市大原二丁目1番15号

株式会社 KDDI 総合研究所内

審査官 柏谷 満成

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】オブジェクト抽出装置およびそのスーパーピクセルラベリング方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

動画像を含む画像からオブジェクトを抽出するオブジェクト抽出装置において、前記画像のオブジェクトマスクM_kを取得する手段(20)と、

前記画像の各スーパーピクセルをオブジェクトマスクM_kに基づく第1分類手法により第1類、第2類および第3類のいずれかに分類する第1分類手段(40)と、

前記第3類に分類された各スーパーピクセルを前記第1分類手法とは異なる分類手法によりさらに分類する不明分類手段(100)と、

前記各分類の結果に基づいてオブジェクトマスクM_kのオブジェクト領域および背景領域を修正することで見直す手段(70)とを具備したことを特徴とするオブジェクト抽出装置。

【請求項 2】

前記不明分類手段は、前記第3類に分類されたスーパーピクセルを第1類、第2類および第3類のいずれかに分類する第2分類手段(50)を具備し、

前記第2分類手段(50)は、

前記画像と視点の異なる複数の画像のオブジェクトマスクM_{k-1}、M_{k+1}に基づいて前記オブジェクトマスクM_kを修正する手段(501)と、

第3類のスーパーピクセルを前記修正後のオブジェクトマスクM_{k'}に基づいて第1類、第2類および第3類のいずれかに分類する手段(502)とを具備したことを特徴とする請求項1に記載のオブジェクト抽出装置。

【請求項 3】

前記不明分類手段は、前記第3類に分類されたスーパーピクセルを第1類または第2類に分類する第3分類手段(60)を具備し、

前記第3分類手段(60)は、

第3類のスーパーピクセルを複数のスーパーピクセルに再分割する手段(601)と、

再分割された各スーパーピクセルをオブジェクトマスクMkに基づいて第1類、第2類および第3類のいずれかに再分類する再分類手段(602)とを具備し、

再分類後も第3類のスーパーピクセルを前記再分割及び再分類を繰り返すことを特徴とする請求項1に記載のオブジェクト抽出装置。

【請求項 4】

10

前記不明分類手段は、前記第2分類手段が第3類に分類したスーパーピクセルを第1類または第2類に分類する第3分類手段(60)を具備し、

前記第3分類手段(60)は、

第3類のスーパーピクセルを複数のスーパーピクセルに再分割する手段(601)と、

再分割された各スーパーピクセルをオブジェクトマスクMkに基づいて第1類、第2類および第3類のいずれかに再分類する再分類手段(602)とを具備し、

再分類後も第3類のスーパーピクセルを前記再分割及び再分類を繰り返すことを特徴することを特徴とする請求項2に記載のオブジェクト抽出装置。

【請求項 5】

20

前記不明分類手段は、前記第3類に分類されたスーパーピクセルを第1類または第2類に分類する第4分類手段(80)を具備し、

前記第4分類手段(80)は、

スーパーピクセルごとに特徴ベクトルを生成する手段(801)と、

第1類に分類された各スーパーピクセルの特徴ベクトルに基づいて第1類に固有のオブジェクトヒストグラムを生成する手段(802)と、

第2類に分類された各スーパーピクセルの特徴ベクトルに基づいて第2類に固有の背景ヒストグラムを生成する手段(803)と、

第3類に分類された各スーパーピクセルの特徴ベクトルを各ヒストグラムと比較して、当該各スーパーピクセルが第1類である確率および第2類である確率を計算する手段(804)と、

前記各確率に基づいて、前記第3類に分類された各スーパーピクセルが第1類および第2類のいずれであるかを判定する判定手段(805)とを具備したことを特徴とする請求項1に記載のオブジェクト抽出装置。

【請求項 6】

30

前記不明分類手段は、前記第2分類手段が第3類に分類したスーパーピクセルを第1類または第2類に分類する第4分類手段(80)を具備し、

前記第4分類手段(80)は、

スーパーピクセルごとに特徴ベクトルを生成する手段(801)と、

第1類に分類された各スーパーピクセルの特徴ベクトルに基づいて第1類に固有のオブジェクトヒストグラムを生成する手段(802)と、

第2類に分類された各スーパーピクセルの特徴ベクトルに基づいて第2類に固有の背景ヒストグラムを生成する手段(803)と、

第3類に分類された各スーパーピクセルの特徴ベクトルを各ヒストグラムと比較して、当該各スーパーピクセルが第1類である確率および第2類である確率を計算する手段(804)と、

前記各確率に基づいて、前記第3類に分類された各スーパーピクセルが第1類および第2類のいずれであるかを判定する判定手段(805)とを具備したことを特徴とする請求項2に記載のオブジェクト抽出装置。

【請求項 7】

前記第1分類手段(40)は、

40

50

オブジェクトマスクMkに基づいてスーパーピクセルごとにオブジェクト占有率を計算する手段(401)と、

オブジェクト占有率が所定のオブジェクト閾値を上回るスーパーピクセルを第1類に分類する手段(402)と、

オブジェクト占有率が所定の背景閾値を下回るスーパーピクセルを第2類に分類する手段(403)とを具備し、

第1類および第2類のいずれにも分類されないスーパーピクセルを第3類に分類することを特徴とする請求項1ないし6のいずれかに記載のオブジェクト抽出装置。

【請求項8】

前記見直し後のオブジェクトマスクMkに基づいてオブジェクトを抽出することを特徴とする請求項1ないし7のいずれかに記載のオブジェクト抽出装置。 10

【請求項9】

前記第1類、第2類および第3類が、それぞれ「オブジェクト」、「背景」および「不明」であることを特徴とする請求項1ないし8のいずれかに記載のオブジェクト抽出装置。

【請求項10】

オブジェクト抽出装置のスーパーピクセルラベリング方法において、
動画像を含む画像のオブジェクトマスクMkを取得し、
前記画像を複数のスーパーピクセルに分割し、
各スーパーピクセルをオブジェクトマスクMkに基づく第1分類手法により、第1類、第2類および第3類のいずれかに分類し、 20

前記第3類に分類された各スーパーピクセルを前記第1分類手法とは異なる分類手法により第1類または第2類に分類し、

前記各分類の結果に基づいて各スーパーピクセルをラベリングすることを特徴とするオブジェクト抽出装置のスーパーピクセルラベリング方法。

【請求項11】

前記第1分類手法とは異なる分類手法が第2分類手法を含み、
前記第2分類手法は、
前記画像と視点の異なる複数の画像のオブジェクトマスクMk-1, Mk+1に基づいて前記オブジェクトマスクMkを修正し、 30

第3類のスーパーピクセルを前記修正後のオブジェクトマスクMk'に基づいて第1類、第2類および第3類のいずれかに分類することを特徴とする請求項10に記載のオブジェクト抽出装置のスーパーピクセルラベリング方法。

【請求項12】

前記第1分類手法とは異なる分類手法が第3分類手法を含み、
前記第3分類手法は、
第3類のスーパーピクセルを複数のスーパーピクセルに再分割し、
再分割された各スーパーピクセルをオブジェクトマスクMkに基づいて第1類、第2類および第3類のいずれかに再分類し、 40

再分類後も第3類のスーパーピクセルを前記再分割及び再分類を繰り返すことを特徴とする請求項10に記載のオブジェクト抽出装置のスーパーピクセルラベリング方法。

【請求項13】

前記第1分類手法とは異なる分類手法が第4分類手法を含み、
前記第4分類手法が段(80)は、
スーパーピクセルごとに特徴ベクトルを生成し、
第1類に分類された各スーパーピクセルの特徴ベクトルに基づいて第1類に固有のオブジェクトヒストグラムを生成し、

第2類に分類された各スーパーピクセルの特徴ベクトルに基づいて第2類に固有の背景ヒストグラムを生成し、

第3類に分類された各スーパーピクセルの特徴ベクトルを各ヒストグラムと比較して、 50

当該各スーパーピクセルが第1類である確率および第2類である確率を計算し、

前記各確率に基づいて、前記第3類に分類された各スーパーピクセルが第1類および第2類のいずれであるかを判定することを特徴とする請求項10に記載のオブジェクト抽出装置のスーパーピクセルラベリング方法。

【請求項14】

前記第1類、第2類および第3類が、それぞれ「オブジェクト」、「背景」および「不明」であることを特徴とする請求項10ないし13のいずれかに記載のスーパーピクセルラベリング方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、カメラ画像からオブジェクトを抽出するオブジェクト抽出装置およびそのスーパーピクセルラベリング方法に係り、特に、少ない処理負荷でスーパーピクセルを高い精度でラベリングすることができ、このラベリング結果に基づいてカメラ画像からオブジェクトを正確に抽出できるオブジェクト抽出装置およびそのスーパーピクセルラベリング方法に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、入力されたカメラ画像を多数のスーパーピクセルに分割し、対応するオブジェクトマスクに基づいて画像内の各スーパーピクセルを「オブジェクト」または「背景」のいずれかに分類してラベル付けし、ラベリング結果に基づいてオブジェクトを抽出する技術が開示されている。

20

【0003】

非特許文献1には、3Dボクセルの投影を複数の較正されたカメラに照らし合わせることによって、各3Dボクセルを「物体」または「背景」にラベル付けするための3D視覚交差法ベースのモデルが開示されている。非特許文献2には、グラフ理論に基づくエネルギー最適化手法が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0004】

【特許文献1】特願2017- 97953号

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】Hiroshi Sankoh, Mehrdad Panahpour Tehrani, Sei Naito, "Method and program for extracting silhouette image and method and program for constructing three dimensional model", US 8363941 B2

【非特許文献2】Rother, C., Kolmogorov, V., & Blake, A. (2004, August). Grabcut: Interactive foreground extraction using iterated graph cuts. In ACM transactions on graphics (TOG) (Vol. 23, No. 3, pp. 309-314). ACM.

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1では、「オブジェクト」および「背景」のいずれにも明確に分類できない「不明」の取り扱いが考慮されていない。

【0007】

非特許文献1では、3Dボクセルのラベリングがピクセルまたはボクセルレベルで行われるので非常に敏感であり、抽出されたマスク内に不足領域や不連続領域が生じ得る。したがって、不要な画素の除去と欠落した画素の復元とのトレードオフを回避することができなかった。

【0008】

50

非特許文献2では、初期オブジェクト領域と背景領域の割り当てを必要とし、単一のオブジェクト抽出であれば問題ないものの、複数のオブジェクトがある場合は満足のいく結果が得られない。また、物体内部の色分布と背景の色分布が類似していると、物体内部のテクスチャが背景とみなされて除去され易くなり、抽出されたマスクの領域が欠落しまう。

【0009】

本発明の目的は、上記の技術課題を解決し、少ない処理負荷でスーパーピクセルを高い精度で分類、ラベリングすることができ、このラベリング結果に基づいてカメラ画像からオブジェクトを正確に抽出できるオブジェクト抽出装置およびそのスーパーピクセルラベリング方法を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記の目的を達成するために、本発明は、画像からオブジェクトを抽出するオブジェクト抽出装置において、画像のオブジェクトマスク M^k を取得する手段と、画像を複数のスーパーピクセルに分割する手段と、各スーパーピクセルをオブジェクトマスク M^k に基づく第1分類手法により、「オブジェクト」、「背景」および「不明」のいずれかに分類する第1分類手段と、「不明」に分類された各スーパーピクセルを「オブジェクト」または「背景」に分類する不明分類手段と、各分類結果に基づいてオブジェクトマスク M^k を見直す手段とを具備し、見直し後のオブジェクトマスク M^k に基づいてオブジェクトを抽出するようにした。

20

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、以下のような効果が達成される。

【0012】

(1) 第1分類手法によりカテゴリ「不明」に分類されたスーパーピクセルに対してのみ、追加的に他の分類手法を適用するので、全てのスーパーピクセルに対して選択性の高い、換言すれば計算負荷の大きい分類手法を適用する場合に較べて、カテゴリ分類に係る処理負荷を軽減できる。

【0013】

(2) 第1分類手法によりカテゴリ「不明」に分類されたスーパーピクセルに対して、不明原因である可能性の高い「マスク精度」および「スーパーピクセル分割ミス」に対して選択性の高い分類手法が適用されるので、精度の高い分類、ラベリングが可能になる。

30

【0014】

(3) 「オブジェクト」に固有のヒストグラムおよび「背景」に固有のヒストグラムに基づいて、「不明」に分類されたスーパーピクセルの特徴ベクトルが「オブジェクト」である確率および「背景」である確率を求めて分類、ラベリングを行うので、定量的な閾値に拘らない適応的で高精度の分類が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明を適用したオブジェクト抽出装置のブロック図である。

40

【図2】カメラ画像の一例を示した図である。

【図3】オブジェクトマスク M^k の一例を示した図である。

【図4】本発明の第1実施形態に係るオブジェクトマスク抽出装置の構成を示した機能ブロック図である。

【図5】第1分類部(40)による分類結果の一例を示した図である。

【図6】「オブジェクト」、「背景」および「不明」の各分類結果をカメラ画像との比較で示した図である。

【図7】スーパーピクセルの再分割方法を示した図である。

【図8】第1分類手法によるスーパーピクセル p_i の分類手順を示したフローチャートである。

50

【図9】第2分類手法によるスーパーピクセル p_i の分類手順を示したフローチャートである。

【図10】第3分類手法によるスーパーピクセル p_i の分類手順を示したフローチャートである。

【図11】本発明の第2実施形態に係るオブジェクトマスク抽出装置の構成を示した機能プロック図である。

【図12】第4分類手法によるスーパーピクセル p_i の分類手順を示したフローチャートである。

【図13】本発明の第3実施形態に係るオブジェクトマスク抽出装置の構成を示した機能プロック図である。

【図14】本発明の第4実施形態に係るオブジェクトマスク抽出装置の構成を示した機能プロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について詳細に説明する。図1は、本発明を適用したオブジェクト抽出装置の概要を示したプロック図である。本発明のオブジェクト抽出装置は、汎用のコンピュータやサーバに各機能を実現するアプリケーション（プログラム）を実装することで構成できる。あるいは、アプリケーションの一部がハードウェア化またはROM化された専用機や単能機として構成しても良い。

【0017】

多視点画像入力部10は、オブジェクトObjを異なる視点で撮影する複数台のカメラCak（Ca1, Ca2...）から、図2に一例を示したカメラ画像（動画像を含む）を視点ごとに所定の周期で取得する。オブジェクトマスク生成部20は、オブジェクトが存在しない環境下で撮影した背景映像をカメラ画像から減じて差分画像を取得し、この差分画像の各ピクセルを所定の閾値と比較する閾値処理により、図3に一例を示したオブジェクトマスク M^k を生成する。

【0018】

スーパーピクセル分割部30は、カメラ画像を多数のスーパーピクセル $p_1, p_2 \dots p_k$ （以下、 p_i で代表する）に分割する。スーパーピクセル p_i とは、輝度や色等の性質が比較的似ている複数のピクセルをまとめた、知覚的に意味のある小領域である。スーパーピクセルを算出するための手法としては、Graph-based手法、Mean Shift手法あるいはNormalized Cut手法などが知られている。各スーパーピクセル p_i はオブジェクトマスクを定義するために有益な境界情報を有している。

【0019】

第1分類部40は、後に詳述するように、各スーパーピクセル p_i に占めるオブジェクト領域の割合（占有率 π_i ）をオブジェクトマスク M_k に基づいて求め、各スーパーピクセル p_i を占有率 π_i に基づいて「オブジェクト（第1類）」、「背景（第2類）」および「不明（第3類）」のいずれかのカテゴリに分類する第1分類手法を採用する。

【0020】

不明分類部100は、第1分類部40が「不明」に分類した各スーパーピクセルのみを対象に、前記第1分類手法とは異なる1ないし複数の分類手法を適用、併用して「オブジェクト」または「背景」に分類する。本実施形態では、不明分類部100が後述する第2分類部50、第3分類部60および/または第4分類部80を有する。

【0021】

オブジェクトマスク見直し部70は、前記分類結果に基づいて前記オブジェクトマスク M^k を見直す。本実施形態では、「オブジェクト」ラベル L_{obj} を付されたスーパーピクセル p_i 内の各画素に対応する画素範囲がオブジェクト領域に修正され、背景ラベル L_{bg} を付されたスーパーピクセル p_i 内の各画素に対応する画素範囲が背景領域に修正される。

【0022】

図4は、本発明の第1実施形態に係るオブジェクトマスク抽出装置の構成を示した機能

ブロック図であり、前記と同一の符号は同一または同等部分を表している。本実施形態では、前記不明分類部 100 が第 2 分類部 50 および第 3 分類部 60 を備えている。

【0023】

第 1 分類部 40 において、オブジェクト占有率計算部 401 は、スーパーピクセル p_i ごとに当該スーパーピクセル p_i 内の各画素に対応するオブジェクトマスク M^k の画素がオブジェクト領域であるか否かに基づいて、各スーパーピクセル p_i に占めるオブジェクト領域の割合を示すオブジェクト占有率 i を計算する。

【0024】

オブジェクト識別部 402 は、スーパーピクセル p_i ごとに、そのオブジェクト占有率 i を所定のオブジェクト識別閾値 th_{1_obj} と比較し、次式(1)が成立すると当該スーパーピクセル p_i をカテゴリ「オブジェクト」に分類する。

【0025】

$$th_{1_obj} < i < 1 \quad \dots (1)$$

【0026】

背景識別部 403 は、スーパーピクセル p_i ごとに、そのオブジェクト占有率 i を所定の背景識別閾値 th_{1_bg} と比較し、次式(2)が成立すると当該スーパーピクセル p_i をカテゴリ「背景」に分類する。

【0027】

$$0 < i < th_{1_bg} \quad \dots (2)$$

【0028】

ラベリング部 404 は、カテゴリが「オブジェクト」のスーパーピクセル p_i に「オブジェクト」ラベル L_{obj} を付し、カテゴリが「背景」のスーパーピクセル p_i に背景ラベル L_{bg} を付する。なお、「オブジェクト」および「背景」のいずれのカテゴリにも分類されなかったスーパーピクセル p_i はカテゴリ「不明」に分類され、この時点ではラベル付けが行われない。

【0029】

図 5 は、前記第 1 分類部 40 による分類結果の一例を示した図であり、白色部分（画素値 = 255）がカテゴリ「オブジェクト」に分類された領域、黒色部分（画素値 = 0）がカテゴリ「背景」に分類された領域である。また、一部拡大して示したように、主に「オブジェクト」領域と「背景」領域との境界に位置するグレー部分が、「オブジェクト」および「背景」のいずれにも分類されなかったカテゴリ「不明」の領域である。

【0030】

図 6 は、「オブジェクト」、「背景」および「不明」の各分類結果をカメラ画像との比較で示した図である。本発明の発明者らは、スーパーピクセル p_i の一部がカテゴリ「不明」に分類される原因が、カテゴリ「不明(1)」のように、スーパーピクセル分割のミスによるものと、カテゴリ「不明(2)」のように、オブジェクトマスクの精度によるものとに大別できることを新たに知見した。

【0031】

そこで、本発明ではカテゴリ「不明」の領域に対してのみ更に、マスク精度に関わらず選択性の高い高精度の分類を可能にする第 2 分類手法、およびスーパーピクセル分割のミスに関わらず選択性の高い高精度の分類を可能にする第 3 分類手法を適用することにより、「不明」領域を「オブジェクト」および「背景」のいずれかに分類するようにしている。

【0032】

図 4 へ戻り、第 2 分類部 50 は、カテゴリ「不明」のスーパーピクセル p_i のみを対象に、特に「不明(2)」の分類の好適な第 2 分類手法を適用することで「オブジェクト」または「背景」のいずれかのカテゴリに分類する。そして、カテゴリ「オブジェクト」に分類されたスーパーピクセル p_i にはオブジェクトラベル L_{obj} を付し、カテゴリ「背景」に分類されたスーパーピクセルには背景ラベル L_{bg} を付するようにしている。

【0033】

10

20

30

40

50

第2分類部50において、オブジェクトマスク修正部501は、後に詳述するように、前記オブジェクトマスク M^k とは視点の異なる複数の他のカメラ画像のオブジェクトマスク M^{k-1}, M^{k+1} に基づいて前記オブジェクトマスク M^k を修正する。

【0034】

分類再試行部502は、カテゴリが「不明」の各スーパーピクセル pi を前記修正後のオブジェクトマスク M^k に基づいて「オブジェクト」、「背景」および「不明」のいずれかのカテゴリに分類する。ラベリング部503は、カテゴリ「オブジェクト」のスーパーピクセル pi にオブジェクトラベル L_{obj} を付し、カテゴリ「背景」のスーパーピクセル pi に背景ラベル L_{bg} を付する。

【0035】

第3分類部60は、前記第2分類部50による分類後も依然としてカテゴリ「不明」のスーパーピクセル pi を対象に、特に「不明(1)」の分類に好適な第3分類手法を適用することで「オブジェクト」または「背景」のいずれかのカテゴリに分類する。そして、カテゴリ「オブジェクト」のスーパーピクセルにオブジェクトラベル L_{obj} を付し、カテゴリ「背景」のスーパーピクセルに背景ラベル L_{bg} を付する。

【0036】

第3分類部60において、スーパーピクセル再分割部601は、図7に示したように、カテゴリが「不明(1)」のスーパーピクセル pi を更に複数のスーパーピクセルに分割する。再分割部602は、各スーパーピクセル pi を、そのオブジェクト占有率 α_i に基づいて「オブジェクト」または「背景」に分類する。

【0037】

そして、依然として「不明」のスーパーピクセルについてはスーパーピクセル分割を繰り返し、最終的に全てのスーパーピクセルを「オブジェクト」または「背景」に分類する。ラベリング部603は、カテゴリ「オブジェクト」のスーパーピクセル pi にオブジェクトラベル L_{obj} を付し、カテゴリ「背景」のスーパーピクセル pi に背景ラベル L_{bg} を付する。

【0038】

図8は、前記第1分類部40によるスーパーピクセル pi の分類手順を示したフローチャートである。

【0039】

ステップS41では、スーパーピクセル分割部30からカメラ画像のスーパーピクセル pi が取得される。ステップS42では、オブジェクトマスク生成部20からオブジェクトマスク M^k が取得される。ステップS43では、オブジェクト占有率計算部401において、スーパーピクセル pi ごとにオブジェクトマスク M^k に基づいてオブジェクト占有率 α_i が計算される。

【0040】

ステップS44では、オブジェクト識別部402が、スーパーピクセル pi の一つに注目し、今回の注目スーパーピクセル pi がオブジェクト領域であるか否かを、オブジェクト識別閾値 t_{h1_obj} とオブジェクト占有率 α_i との比較結果に基づいて判断する。本実施形態では、上式(1)が成立すればオブジェクト領域と識別されてステップS45へ進み、今回の注目スーパーピクセル pi がカテゴリ「オブジェクト」に分類される。

【0041】

これに対して、上式(1)が成立しなければステップS46へ進み、背景識別部403が、今回の注目スーパーピクセル pi が背景領域であるか否かを、背景識別閾値 t_{h1_bg} とオブジェクト占有率 α_i との比較結果に基づいて判断する。本実施形態では、上式(2)が成立すれば背景領域と識別されてステップS47へ進み、今回の注目スーパーピクセル pi がカテゴリ「背景」に分類される。

【0042】

ステップS48では、前記ラベリング部404により、カテゴリ「オブジェクト」のスーパーピクセルにオブジェクトラベル L_{obj} が付され、カテゴリが「背景」のスーパーピ

10

20

30

40

50

クセルに背景ラベル L_{bg} が付される。「オブジェクト」および「背景」のいずれにも分類されなかったスーパーピクセルはカテゴリ「不明」に分類され、ラベル付けは行わない。

【0043】

ステップ S 4 9 では、全てのスーパーピクセル pi について上記の分類処理が完了したか否かが判断される。完了していない場合はステップ S 4 4 へ戻り、注目するスーパーピクセル pi を切り換えるながら上記の各処理が繰り返される。

【0044】

図 9 は、前記第2分類部 5 0 によるカテゴリ「不明」のスーパーピクセル pi を対象とした分類手順を示したフローチャートである。

【0045】

ステップ S 5 1 では、「オブジェクト」および「背景」のいずれにも分類されなかったカテゴリ「不明」のスーパーピクセル pi が取得される。ステップ S 5 2 では、他のカメラ画像に関して生成された複数のオブジェクトマスク M^{k-1}, M^{k+1} およびそのカメラパラメータが取得される。

【0046】

ステップ S 5 3 では、オブジェクトマスク M^k および各参照用のオブジェクトマスク M^{k-1}, M^{k+1} に基づいて 3D ビジュアルハルが構築され、マスク M^k におけるカテゴリ「不明」のスーパーピクセルの各座標を各参照用のオブジェクトマスク M^{k-1}, M^{k+1} へ投影することで対応画素が識別される。ステップ S 5 4 では、前記オブジェクトマスク修正部 5 0 1 により、対応画素との比較でマスク M^k が修正される。

【0047】

本実施形態では、オブジェクトマスク M^k の座標 x, y における画素値を $M^k(x, y)$ 、オブジェクトマスク M^{k-1} の対応座標 x^{k-1}, y^{k-1} における画素値を $M^{k-1}(x^{k-1}, y^{k-1})$ 、オブジェクトマスク M^{k+1} の対応座標 x^{k+1}, y^{k+1} における画素値を $M^{k+1}(x^{k+1}, y^{k+1})$ としたとき、次式に基づいてオブジェクトマスク M^k が修正される。

【0048】

【数1】

$$M^k(x^k, y^k) = \begin{cases} 0 & \text{if } M^{k-1}(x^{k-1}, y^{k-1}) = 0, \& M^{k+1}(x^{k+1}, y^{k+1}) = 0 \\ 255 & \text{if } M^{k-1}(x^{k-1}, y^{k-1}) = 255, \& M^{k+1}(x^{k+1}, y^{k+1}) = 255 \\ M^k(x^k, y^k) & \text{otherwise} \end{cases} \quad \dots (3) \quad 30$$

【0049】

すなわち、参照用のオブジェクトマスク M^{k-1}, M^{k+1} の画素値がいずれも 0 (背景) の座標については、オブジェクトマスク M^k の現画素値に関わらず、その画素値が「0」に書き替えられる。同様に、参照用のオブジェクトマスク M^{k-1}, M^{k+1} の画素値がいずれも 255 (オブジェクト) の座標については、オブジェクトマスク M^k の現画素値に関わらず、その画素値が「255」に書き替えられる。参照オブジェクトマスク M^{k-1}, M^{k+1} の画素値が一致しない場合はオブジェクトマスク M^k の現画素値が維持される。

【0050】

ステップ S 5 5 では、修正後のオブジェクトマスク M_k に基づいて、カテゴリが「不明」のスーパーピクセル pi ごとにオブジェクト占有率 i が再計算される。

【0051】

ステップ S 5 6 では、スーパーピクセル pi の一つに注目して、今回の注目スーパーピクセル pi がオブジェクト領域に対応しているか否かが、オブジェクト判定閾値 $th2_{obj}$ とオブジェクト占有率 i の比較結果に基づいて判断される。本実施形態では、次式(4)が成立すればオブジェクト領域と識別されてステップ S 5 7 へ進み、今回の注目スーパーピクセル pi がカテゴリ「オブジェクト」に分類される。

【0052】

$$th2_{obj} < i < 1 \quad \dots (4) \quad 50$$

【0053】

これに対して、上式(4)が成立しなければステップS58へ進み、今回の注目スーパーピクセル p_i が背景領域に対応しているか否かが、背景判定閾値 th_{2_bg} とオブジェクト占有率 ρ_i との比較結果に基づいて判断される。本実施形態では、次式(5)が成立すれば背景領域と識別されてステップS59へ進み、今回の注目スーパーピクセル p_i がカテゴリ「背景」に分類される。

【0054】

$$0 < \rho_i < th_{2_bg} \quad \dots (5)$$

【0055】

ステップS60では、前記ラベリング部503により、カテゴリ「オブジェクト」のスーパーピクセルにオブジェクトラベル L_{obj} が付され、カテゴリ「背景」のスーパーピクセルに背景ラベル L_{bg} が付される。「オブジェクト」および「背景」のいずれにも分類されなかったスーパーピクセルはカテゴリ「不明」のままでラベル付けは行わない。

10

【0056】

ステップS61では、カテゴリ「不明」の全てのスーパーピクセルについて上記の分類処理が完了したか否かが判断される。完了していなければステップS56へ戻り、注目する「不明」のスーパーピクセル p_i を切り換えながら上記の各処理が繰り返される。

【0057】

図10は、前記第3分類部60によるカテゴリ「不明」のスーパーピクセルを対象とした分類手順を示したフローチャートである。

20

【0058】

ステップS70では、依然として「不明」のスーパーピクセル p_i が取得される。ステップS71では、前記図7(a)に示したように、前記スーパーピクセル p_i に外接矩形が設定される。ステップS72では、前記図7(b)に示したように、前記外接矩形内が複数のスーパーピクセルに分割される。

【0059】

ステップS73では、スーパーピクセル p_i ごとにオブジェクト占有率 ρ_i が計算される。ステップS74では、オブジェクト占有率 ρ_i とオブジェクト識別閾値および背景識別閾値との関係に基づいて、上記と同様に、各スーパーピクセル p_i が「オブジェクト」、「背景」、「不明」のいずれかに分類されてラベリングされる。

30

【0060】

ステップS75では、「不明」のスーパーピクセル p_i が十分に少なくなったか否かが判断される。十分に少なくなっているなければステップS71へ戻り、以前として「不明」のスーパーピクセル p_i を更にスーパーピクセルに分解して上記の各処理が繰り返される。

【0061】

これに対して、「不明」のスーパーピクセル p_i が十分に少なくなるとステップS76へ進み、前記ラベリング部603により、カテゴリ「オブジェクト」のスーパーピクセルにオブジェクトラベル L_{obj} が付され、カテゴリ「背景」のスーパーピクセルに背景ラベル L_{bg} が付される。「オブジェクト」および「背景」のいずれにも分類されなかったスーパーピクセルはカテゴリ「不明」のままでラベル付けは行わない。

40

【0062】

ステップS77では、前記ステップS70で抽出された全ての「不明」のスーパーピクセル p_i について上記の処理が完了したか否かが判断される。完了していなければステップS70へ戻り、注目する「不明」のスーパーピクセル p_i を切り換えながら上記の各処理を繰り返す。

【0063】

本実施形態によれば、第1分類手法によりカテゴリ「不明」に分類されたスーパーピクセルに対してのみ、追加的に他の分類手法を適用するので、全てのスーパーピクセルに対して選択性の高い、換言すれば計算負荷の大きい分類手法を適用する場合に較べて、カテゴリ分類に係る処理負荷を軽減できる。

50

【0064】

また、本実施形態によれば、第1分類手法によりカテゴリ「不明」に分類されたスーパーピクセルに対して、不明原因である可能性の高い「マスク精度」および「スーパーピクセル分割ミス」に対して選択性の高い分類手法が適用されるので、精度の高い分類、ラベリングが可能になる。

【0065】

図11は、本発明の第2実施形態に係るオブジェクトマスク抽出装置の構成を示した機能ブロック図であり、前記と同一または同等部分を表している。本実施形態は、前記不明分類部100を第4分類部80で構成し、第1分類部40が「不明」と判断したスーパーピクセル p_i を対象に第4分類部80が再分類を実行する点に特徴がある。

10

【0066】

第4分類部80において、特徴ベクトル生成部801は、全てのスーパーピクセル p_i について、その特徴ベクトルを構築する。本実施形態では、スーパーピクセル p_i がLab色空間に変換され、L-a-b色空間におけるスーパーピクセル p_i の全ピクセルの平均値 μ_l 、 μ_a 、 μ_b およびLab色空間内の色成分の共分散 ll 、 aa 、 bb 、 la 、 lb 、 ab が求められ、これらを特徴量とするベクトル $V_{pi} = \{\mu_l, \mu_a, \mu_b, ll, aa, bb, la, lb, ab\}$ が構築される。

【0067】

オブジェクトヒストグラム生成部802は、カテゴリ「オブジェクト」に分類された全てのスーパーピクセル p_i に関して、各特徴ベクトルの特徴量を個別に投票することで、各特徴量の分布を定量的に示すオブジェクトヒストグラム $Hist_{obj}$ を生成する。

20

【0068】

背景ヒストグラム生成部803は、カテゴリ「背景」に分類された全てのスーパーピクセル p_i に関して、各特徴ベクトルの特徴量を個別に投票することで、各特徴量の分布を定量的に示す背景ヒストグラム $Hist_{bg}$ を生成する。

【0069】

確率計算部804は、カテゴリ「不明」の各スーパーピクセル p_i の特徴ベクトルを、オブジェクトヒストグラム $Hist_{obj}$ および背景ヒストグラム $Hist_{bg}$ と比較することで、カテゴリ「不明」のスーパーピクセル p_i ごとに、オブジェクトである確率 R_{obj} および背景である確率 R_{bg} を計算する。

30

【0070】

判定部805は、確率 $R_{obj} > 確率R_{bg}$ のスーパーピクセル p_i はカテゴリ「オブジェクト」に分類し、確率 $R_{obj} < 確率R_{bg}$ のスーパーピクセル p_i はカテゴリ「背景」に分類する。ラベリング部806は、カテゴリ「オブジェクト」のスーパーピクセル p_i に「オブジェクト」ラベル L_{obj} を付し、カテゴリ「背景」のスーパーピクセル p_i に背景ラベル L_{bg} を付する。

【0071】

図12は、前記第4分類部80による分類手順を示したフローチャートであり、ステップS81では、「オブジェクト」、「背景」および「不明」の各カテゴリに分類されたスーパーピクセル p_i が取得される。ステップS82では、特徴ベクトル生成部801により、全てのスーパーピクセル p_i について特徴ベクトル V_{pi} が生成される。

40

【0072】

本実施形態では、L-a-b色空間におけるスーパーピクセル p_i の全ピクセルの平均値 μ_l 、 μ_a 、 μ_b およびLab色空間内の色成分の共分散 ll 、 aa 、 bb 、 la 、 lb 、 ab を特徴量とする特徴ベクトル $V_{pi} = \{\mu_l, \mu_a, \mu_b, ll, aa, bb, la, lb, ab\}$ が生成される。

【0073】

ステップS83では、オブジェクトヒストグラム生成部802が、カテゴリ「オブジェクト」に分類された全てのスーパーピクセル p_i に関して、その特徴ベクトルの各特徴量を個別に投票することでオブジェクトヒストグラム $Hist_{obj}$ を生成する。同様に、背景ヒス

50

トグラム生成部 803 が、カテゴリ「背景」に分類された全てのスーパーピクセル pi に関して、その特徴ベクトルの各特徴量を個別に投票することで背景ヒストグラム $Hist_{bg}$ を生成する。

【0074】

ステップ S 8 4 では、確率計算部 804 が、カテゴリ「不明」の各スーパーピクセル pi の特徴ベクトルを、オブジェクトヒストグラム $Hist_{obj}$ および背景ヒストグラム $Hist_{bg}$ と比較することで、カテゴリ「不明」の各スーパーピクセル pi がオブジェクトである確率 R_{obj} および背景である確率 R_{bg} を計算する。

【0075】

ステップ S 8 5 では、確率 R_{obj} 、確率 R_{bg} の大小関係が比較され、 $R_{obj} > R_{bg}$ であれば、10 ステップ S 8 6 へ進んでカテゴリ「オブジェクト」に分類される。これに対して、 $R_{obj} < R_{bg}$ であれば、ステップ S 8 7 へ進んでカテゴリ「背景」に分類される。ステップ S 8 8 では、ラベリング部 806 が、カテゴリ「オブジェクト」のスーパーピクセル pi に「オブジェクト」ラベル L_{obj} を付し、カテゴリ「背景」のスーパーピクセル pi に背景ラベル L_{bg} を付する。

【0076】

本実施形態によれば、「オブジェクト」に固有のヒストグラムおよび「背景」に固有のヒストグラムに基づいて、「不明」に分類されたスーパーピクセルの特徴ベクトルが「オブジェクト」である確率および「背景」である確率を求めて分類、ラベリングを行うので、定量的な閾値に拘らない適応的で高精度の分類が可能になる。

20

【0077】

図 13 は、本発明の第 3 実施形態に係るオブジェクトマスク抽出装置の構成を示した機能ブロック図であり、前記と同一の符号は同一または同等部分を表している。本実施形態は、前記不明分類部 100 が第 2 分類部 50 および第 4 分類部 80 を具備し、第 1 分類部 40 がカテゴリ「不明」に分類したスーパーピクセルに対して第 2 分類部 50 が再分類を実施し、第 2 分類部 50 がカテゴリ「不明」に分類したスーパーピクセルに対して第 4 分類部 80 が更に再分類を実施する点に特徴がある。

【0078】

図 14 は、本発明の第 4 実施形態に係るオブジェクトマスク抽出装置の構成を示した機能ブロック図であり、前記と同一の符号は同一または同等部分を表している。本実施形態は、前記不明分類部 100 を第 3 分類部 60 で構成し、第 1 分類部 40 がカテゴリ「不明」に分類したスーパーピクセルに対して、第 3 分類部 60 が分類を実施する点に特徴がある。

30

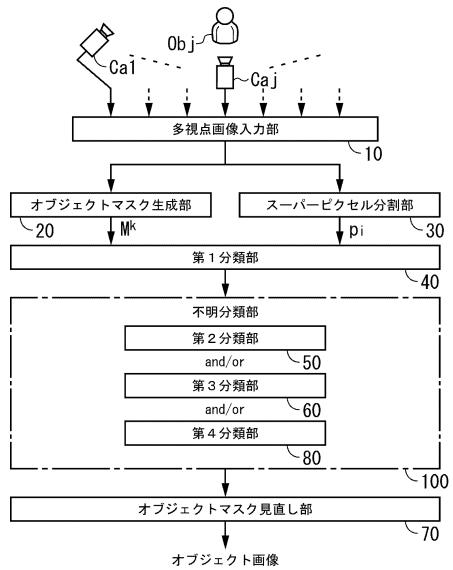
【符号の説明】

【0079】

10 ... 多視点画像入力部, 20 ... オブジェクトマスク生成部, 30 ... スーパーピクセル分割部, 40 ... 第 1 分類部, 50 ... 第 2 分類部, 60 ... 第 3 分類部, 70 ... オブジェクトマスク見直し部, 80 ... 第 4 分類部, 401 ... オブジェクト占有率計算部, 402 ... オブジェクト識別部, 403 ... 背景識別部, 404 ... ラベリング部, 501 ... オブジェクトマスク修正部, 502 ... 分類再試行部, 503 ... ラベリング部, 601 ... スーパーピクセル再分割部, 602 ... 再分割部, 603 ... ラベリング部, 801 ... 特徴ベクトル生成部, 802 ... オブジェクトヒストグラム生成部, 803 ... 背景ヒストグラム生成部, 804 ... 確率計算部, 805 ... 判定部, 806 ... ラベリング部

40

【図1】



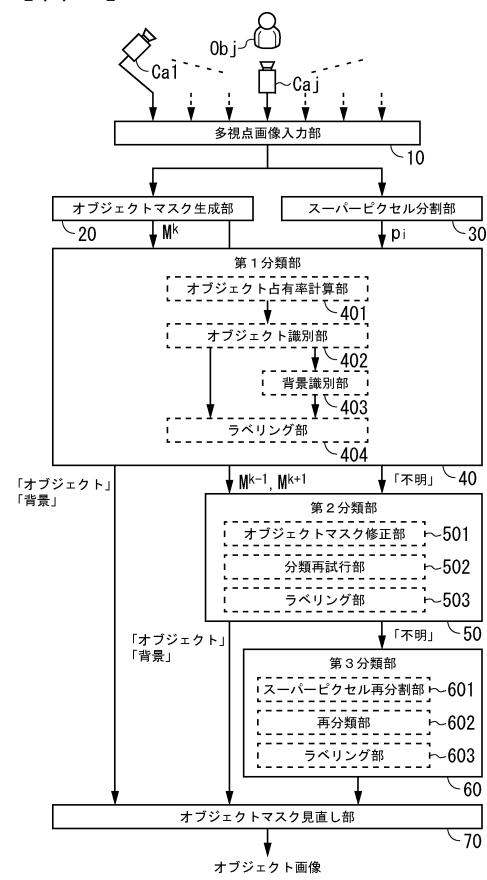
【図2】



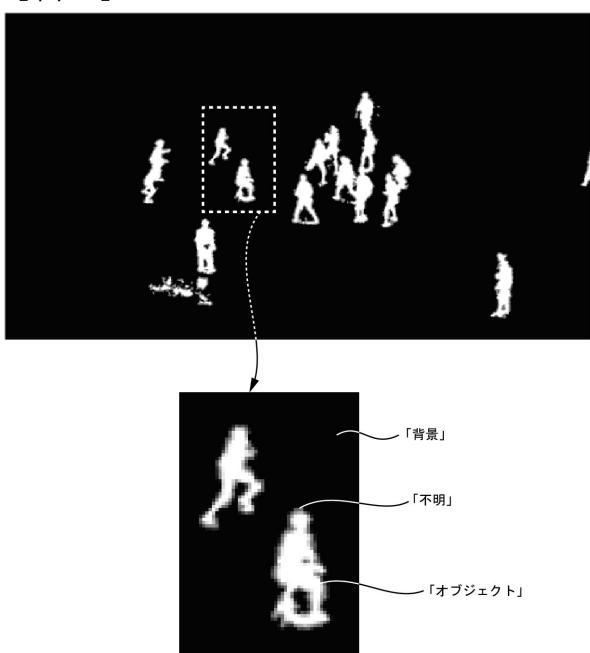
【図3】



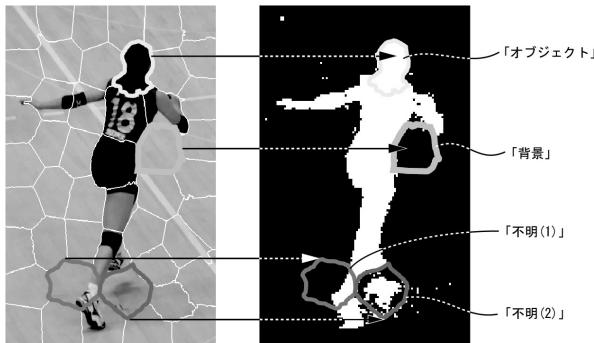
【図4】



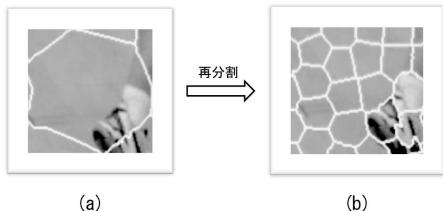
【図5】



【図6】



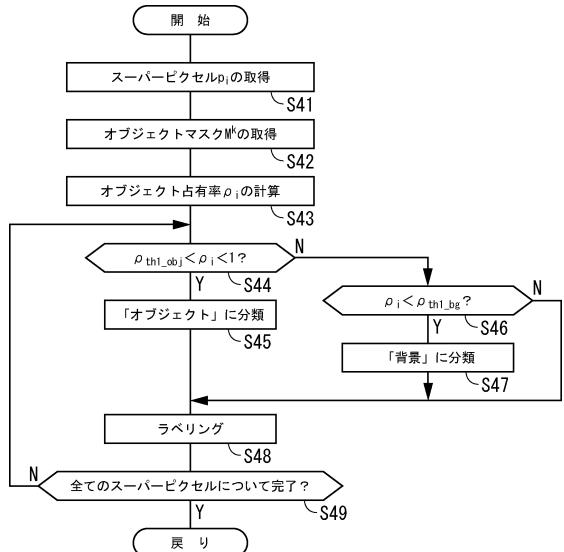
【図7】



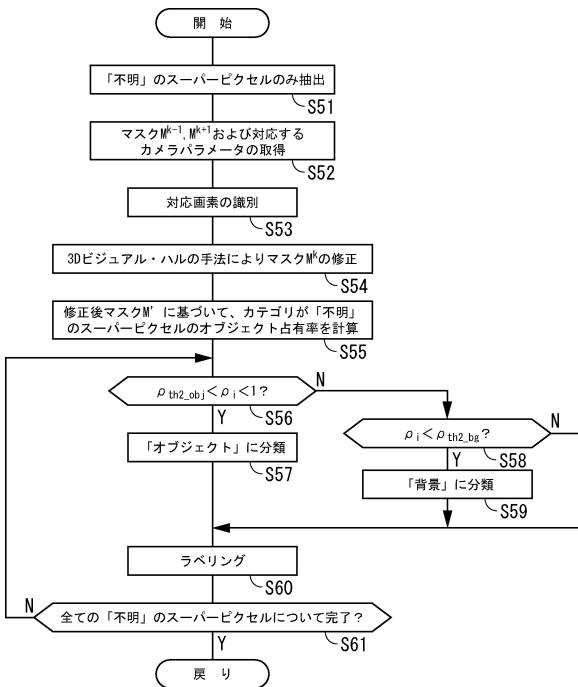
(a)

(b)

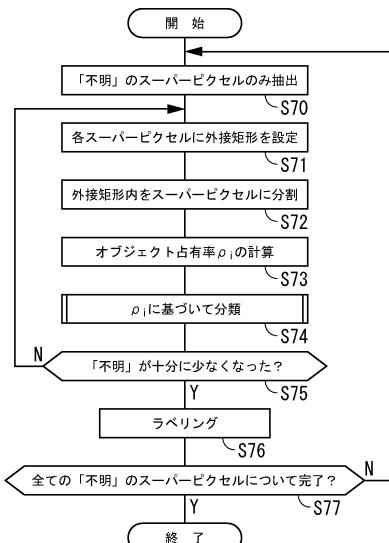
【図8】



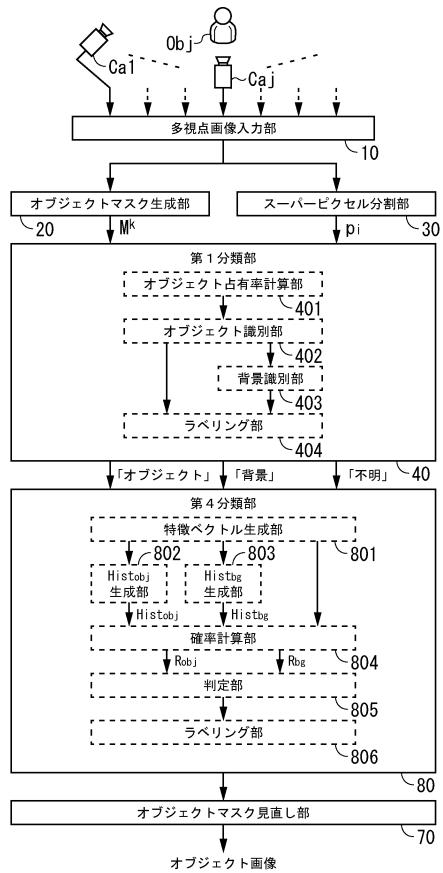
【図9】



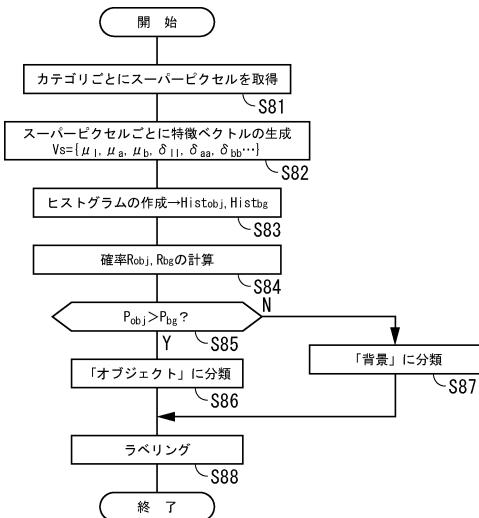
【図10】



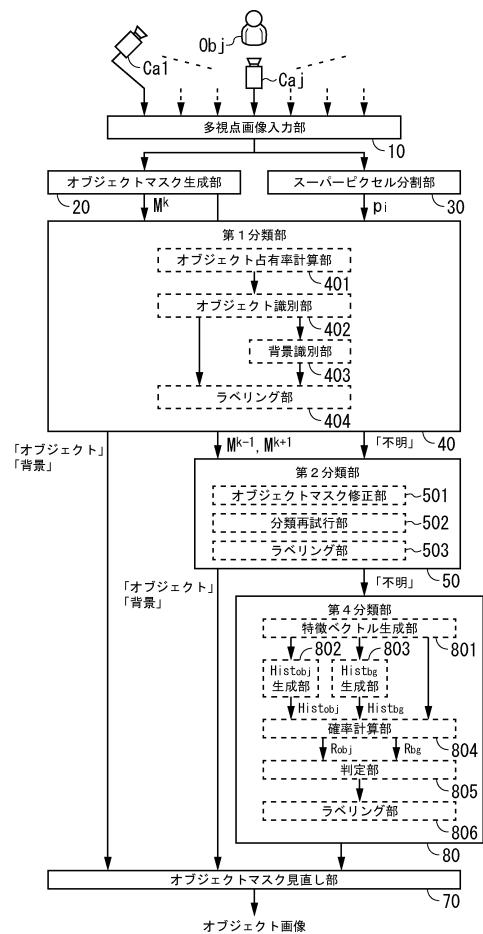
【図11】



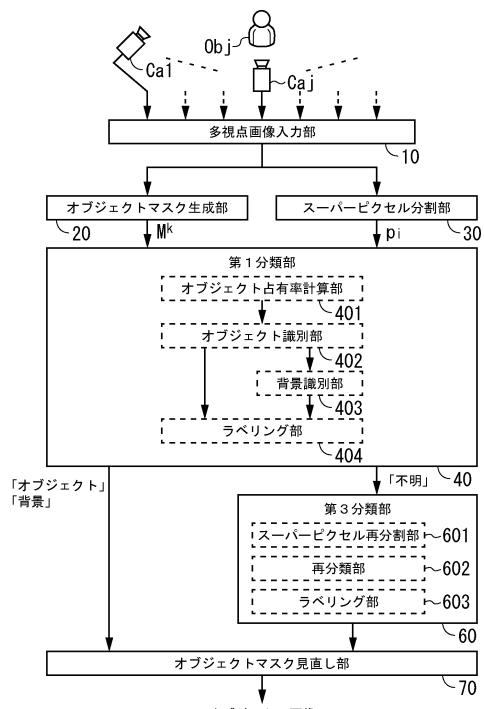
【 図 1 2 】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2017-091298(JP, A)
特開2011-034178(JP, A)
特開2010-066802(JP, A)
米国特許出願公開第2011/0249190(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G 06 T	7 / 0 0
G 06 T	7 / 6 0
G 06 T	7 / 1 7 4
G 06 T	7 / 1 9 4