

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7622837号
(P7622837)

(45)発行日 令和7年1月28日(2025.1.28)

(24)登録日 令和7年1月20日(2025.1.20)

(51)国際特許分類 F I
G 0 6 T 7/00 (2017.01) G 0 6 T 7/00 3 5 0 C
G 0 6 V 10/82 (2022.01) G 0 6 V 10/82

請求項の数 6 (全25頁)

| | | | |
|-------------|-----------------------------|----------|--|
| (21)出願番号 | 特願2023-527143(P2023-527143) | (73)特許権者 | 000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 |
| (86)(22)出願日 | 令和3年6月7日(2021.6.7) | (74)代理人 | 100098394 弁理士 山川 茂樹 |
| (86)国際出願番号 | PCT/JP2021/021541 | (74)代理人 | 100153006 弁理士 小池 勇三 |
| (87)国際公開番号 | WO2022/259299 | (74)代理人 | 100064621 弁理士 山川 政樹 |
| (87)国際公開日 | 令和4年12月15日(2022.12.15) | (74)代理人 | 100121669 弁理士 本山 泰 |
| 審査請求日 | 令和5年9月29日(2023.9.29) | (72)発明者 | 鷓澤 寛之 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内 |
| | | (72)発明者 | 中村 健 |

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 物体検出装置および方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

入力画像を分割して複数の分割画像を出力するように構成された分割部と、
フレーム毎に前記入力画像の全体をスケーリングして得られる縮小画像に対して物体検出処理を行うように構成された全体処理部と、

前記複数の分割画像のうち物体検出の対象となるフレーム毎の分割画像をN（Nは分割画像総数以上の整数）フレームの周期で前もって決定して、決定した分割画像の予約を行うように構成された割当処理部と、

前記割当処理部による予約の結果に基づいて、前記複数の分割画像のうち物体検出の対象となる一部の分割画像をフレーム毎に選択して出力するように構成された第1の選択処理部と、

前記第1の選択処理部から出力された分割画像の各々に対して物体検出処理を行うように構成された分割処理部と、

前記分割処理部による物体検出結果を記憶するように構成された保持部と、
前記割当処理部による予約の結果に基づいて、物体検出を実行しない分割画像について、前記保持部に記憶されている過去の物体検出結果をフレーム毎に選択して出力するように構成された第2の選択処理部と、

前記全体処理部による物体検出結果と前記分割処理部による物体検出結果と前記第2の選択処理部から出力された物体検出結果とをフレーム毎に合成することで最終的な物体検出結果を得るように構成された合成処理部とを備えることを特徴とする物体検出装置。

10

20

【請求項 2】

請求項 1 記載の物体検出装置において、

前記割当処理部は、

前記全体処理部による物体検出結果に基づいて前記分割画像毎の検出物体数の推定値をフレーム毎に算出し、前記推定値のフレーム間の差分絶対値に基づいて前記分割画像毎の検出物体数のフレーム間での揺らぎの推定値を算出し、前記周期内の検出物体数の揺らぎの推定値の平均値を前記分割画像毎に算出するように構成された推定揺らぎ算出部と、

前記分割画像毎の検出物体数の揺らぎの推定値の平均値に基づいて、物体検出を実行する回数が各分割画像に比例分配されるように、次の周期における物体検出の対象となるフレーム毎の分割画像の予約を前記第 1 の選択処理部に対して行うように構成された分割画像割当処理部とを備えることを特徴とする物体検出装置。

10

【請求項 3】

請求項 2 記載の物体検出装置において、

前記分割画像割当処理部は、全ての前記分割画像が次の周期の間に少なくとも M (M は 1 以上の整数) 回、物体検出の対象として選択されるように決定した後、残りの割当可能なフレームに対して、前記分割画像毎の検出物体数の揺らぎの推定値の平均値に基づいて、物体検出を実行する回数が各分割画像に比例分配されるように、次の周期における物体検出の対象となるフレーム毎の分割画像を決定することを特徴とする物体検出装置。

【請求項 4】

請求項 2 または 3 記載の物体検出装置において、

前記推定揺らぎ算出部は、前記全体処理部によって検出された物体群の内、前記全体処理部によって算出された信頼度が閾値未満かつ閾値 / (α は 2 以上の実数) 以上である物体の検出物体数を、物体が位置する分割画像毎に集計することにより、前記分割画像毎の検出物体数の推定値を算出することを特徴とする物体検出装置。

20

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の物体検出装置において、

前記分割処理部による最新の物体検出結果と過去の物体検出結果とに基づいて前記入力画像が変化したかどうかを判定するように構成されたシーン変動検出処理部をさらに備え、

前記割当処理部は、前記入力画像が変化すると判定されたときに、前記予約を取り消して初期状態に戻すことを特徴とする物体検出装置。

30

【請求項 6】

入力画像を分割して複数の分割画像を出力する第 1 のステップと、

フレーム毎に前記入力画像の全体をスケーリングして得られる縮小画像に対して物体検出処理を行う第 2 のステップと、

前記複数の分割画像のうち物体検出の対象となるフレーム毎の分割画像を N (N は分割画像総数以上の整数) フレームの周期で前もって決定して、決定した分割画像の予約を行う第 3 のステップと、

前記第 3 のステップによる予約の結果に基づいて、前記複数の分割画像のうち物体検出の対象となる一部の分割画像をフレーム毎に選択して出力する第 4 のステップと、

前記第 4 のステップで出力された分割画像の各々に対して物体検出処理を行う第 5 のステップと、

40

前記第 5 のステップによる物体検出結果を記憶する第 6 のステップと、

前記第 3 のステップによる予約の結果に基づいて、物体検出を実行しない分割画像について、前記第 6 のステップによって記憶された過去の物体検出結果をフレーム毎に選択して出力するように構成された第 7 のステップと、

前記第 2 のステップによる物体検出結果と前記第 5 のステップによる物体検出結果と前記第 7 のステップによって出力された物体検出結果とをフレーム毎に合成することで最終的な物体検出結果を得る第 8 のステップとを含むことを特徴とする物体検出方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、入力画像の中から物体を検出する物体検出装置および方法に関するものである。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

物体検出装置は、入力画像の中から、その画像に含まれる物体の位置（物体を囲む四角い枠の位置）と、属性（人、車などの物体の種別）と、信頼度とから成るメタデータを検出する装置である。

【 0 0 0 3 】

近年、深層学習結果に基づいてメタデータを検出する Y O L O (You Only Look Once) や S S D (Single Shot multibox Detector) などの方法が提案され、監視カメラやエッジコンピューティングにおける A I (Artificial Intelligence) 画像処理等への利用が検討されている（非特許文献 1、非特許文献 2 参照）。これら深層学習に基づく物体検出方法では、入力画像サイズに制約がある。例えば、Y O L O v 3（非特許文献 1）では、幅 3 2 0 画素 × 高さ 3 2 0 画素、幅 4 1 6 画素 × 高さ 4 1 6 画素、幅 6 0 8 画素 × 高さ 6 0 8 画素のいずれかである。

10

【 0 0 0 4 】

上記のような入力画像サイズの制約下で、フル H D (Full High Definition) や 4 K 等の高精細画像に対して深層学習に基づく物体検出を行うために、従来は、入力画像を制約画像サイズに縮小して物体検出を行っていた。この縮小により、物体の特徴的な部位も縮小されるため、入力画像に含まれる小さな物体の検出が困難になる。入力画像を分割して分割画像毎に物体検出を行う方法も開示されている（非特許文献 3 参照）。しかしながら、分割画像を跨ぐような大きな物体については特徴的な部位も分割されるため、大きな物体の検出が困難であった。

20

【 0 0 0 5 】

高精細画像内の大小両方の物体を検出可能にするために、入力画像を制約画像サイズに縮小して画像全体に対して物体検出を行う全体処理と、入力画像を分割して分割画像毎に物体検出を行う分割処理の両方を行い、全体処理の結果と分割処理の結果とを合成して最終的な物体検出結果を得る方法が考えられる。この物体検出方法を図 1 7 を用いて説明する。

30

【 0 0 0 6 】

全体処理では、深層学習結果に基づく物体検出処理で対応可能な画像サイズに入力画像を縮小するために、画像スケーリング処理を行った後、検出処理を行って縮小画像内に含まれる物体を検出する。検出した物体の位置を示す四角枠（以下、B B）には、B B の中心座標（X, Y）、B B の高さ（H）、B B の幅（W）の情報が少なくとも含まれる。これらの情報は、縮小画像に対するものであるため、縮小前の元画像にマッピングするために B B のスケーリング（メタデータスケーリング）を行う。スケーリング後の検出物体群について、信頼度が予め設定された信頼度閾値以上の物体を選別して、後段の合成処理に進む。

【 0 0 0 7 】

一方、分割処理では、入力画像を分割した後、分割画像毎に検出処理を行って、各分割画像に含まれる物体を検出する。検出した物体の位置を示す B B は、分割画像に対するものであるため、分割前の元画像にマッピングするためのメタデータ調整を行う。調整後、全体処理と同様に、信頼度が信頼度閾値以上の物体のみを選別して、後段の合成処理に進む。

40

【 0 0 0 8 】

合成処理では、全体処理で検出されなかった物体を、分割処理で検出された物体で補間する。補間対象物体の選別においては、全体処理で検出された物体と、分割処理で検出された物体との一致判定を行い、一致しない物体を補間対象として出力する。補間処理で検出された物体との合成処理では、各分割画像に対するメタデータ選別処理の出力結果と全

50

体処理の出力結果とを合わせて、最終的な物体検出結果として出力する。

【0009】

図17で説明した方法により、深層学習に基づく物体検出方法における入力画像制約サイズを上回る高精細画像についても、大小両方の物体を一度に検出することが可能になる。しかしながら、4K(3840画素×2160画素)等の超高精細画像においては、分割処理における画像分割数が多くなり、計算量が膨大になるという課題がある。例えば、YOLOv3の場合においては、入力画像制約サイズが最大のYOLOにおいても、最大で分割画像数が18個となり、計算量が膨大となる。

【0010】

計算量を削減するために、物体検出を実行する画像のフレームと物体を追跡する画像のフレームとに分ける方法の適用(非特許文献4)が考えられる。物体を追跡するフレームでは、物体検出を実行するフレームによって得られたBBの位置を、動きベクトル値に基づいて補正する。非特許文献4に開示された方法の適用により、物体検出を実行するフレームが間引かれるため、フレーム毎に物体検出を実行する場合よりも計算量を削減することが可能となる。

10

【0011】

しかしながら、信頼度が信頼度閾値近傍の物体群、隣接している物体群、および一部が隠れている物体群については、物体の検出結果自体が安定しない。このため、物体の検出が可能であったフレームを、フレームの間引きによって失ってしまい、物体を検出し難くなるという問題が生じる。

20

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0012】

【文献】Joseph Redmon et.al, "YOLOv3: An Incremental Improvement", 2018年, <<https://arxiv.org/abs/1804.02767>>

【文献】Wei Liu et.al, "SSD: Single Shot MultiBox Detector", 2016年, <<http://arxiv.org/pdf/1512.02325.pdf>>

【文献】Vit Ruzicka et.al, "Fast and accurate object detection in high resolution 4K and 8K video using GPUs", 2018 IEEE High Performance extreme Computing Conference (HPEC)

30

【文献】氏家 隆之他, "動画画像コーデックにおける動きベクトルを用いたCNN物体検出の負荷緩和", 情報処理学会研究報告, Vol. 2018-CVIM-210, No. 4, 2018年

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、物体検出の取りこぼしの発生を抑えつつ、計算量削減を実現することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明の物体検出装置は、入力画像を分割して複数の分割画像を出力するように構成された分割部と、フレーム毎に前記入力画像の全体をスケールリングして得られる縮小画像に対して物体検出処理を行うように構成された全体処理部と、前記複数の分割画像のうち物体検出の対象となるフレーム毎の分割画像をN(Nは分割画像総数以上の整数)フレームの周期で前もって決定して、決定した分割画像の予約を行うように構成された割当処理部と、前記割当処理部による予約の結果に基づいて、前記複数の分割画像のうち物体検出の対象となる一部の分割画像をフレーム毎に選択して出力するように構成された第1の選択処理部と、前記第1の選択処理部から出力された分割画像の各々に対して物体検出処理を行うように構成された分割処理部と、前記分割処理部による物体検出結果を記憶するように構成された保持部と、前記割当処理部による予約の結果に基づいて、物体検出を実行し

40

50

ない分割画像について、前記保持部に記憶されている過去の物体検出結果をフレーム毎に選択して出力するように構成された第2の選択処理部と、前記全体処理部による物体検出結果と前記分割処理部による物体検出結果と前記第2の選択処理部から出力された物体検出結果とをフレーム毎に合成することで最終的な物体検出結果を得るように構成された合成処理部とを備えることを特徴とするものである。

【0015】

また、本発明の物体検出装置の1構成例において、前記割当処理部は、前記全体処理部による物体検出結果に基づいて前記分割画像毎の検出物体数の推定値をフレーム毎に算出し、前記推定値のフレーム間の差分絶対値に基づいて前記分割画像毎の検出物体数のフレーム間での揺らぎの推定値を算出し、前記周期内の検出物体数の揺らぎの推定値の平均値を前記分割画像毎に算出するように構成された推定揺らぎ算出部と、前記分割画像毎の検出物体数の揺らぎの推定値の平均値に基づいて、物体検出を実行する回数が各分割画像に比例分配されるように、次の周期における物体検出の対象となるフレーム毎の分割画像の予約を前記第1の選択処理部に対して行うように構成された分割画像割当処理部とを備えることを特徴とするものである。

10

また、本発明の物体検出装置の1構成例において、前記分割画像割当処理部は、全ての前記分割画像が次の周期の間に少なくともM（Mは1以上の整数）回、物体検出の対象として選択されるように決定した後、残りの割当可能なフレームに対して、前記分割画像毎の検出物体数の揺らぎの推定値の平均値に基づいて、物体検出を実行する回数が各分割画像に比例分配されるように、次の周期における物体検出の対象となるフレーム毎の分割画像を決定することを特徴とするものである。

20

また、本発明の物体検出装置の1構成例において、前記推定揺らぎ算出部は、前記全体処理部によって検出された物体群の内、前記全体処理部によって算出された信頼度が閾値未満かつ閾値/（は2以上の実数）以上である物体の検出物体数を、物体が位置する分割画像毎に集計することにより、前記分割画像毎の検出物体数の推定値を算出することを特徴とするものである。

【0016】

また、本発明の物体検出装置の1構成例は、前記分割処理部による最新の物体検出結果と過去の物体検出結果とに基づいて前記入力画像が変化したかどうかを判定するように構成されたシーン変動検出処理部をさらに備え、前記割当処理部は、前記入力画像が変化したと判定されたときに、前記予約を取り消して初期状態に戻すことを特徴とするものである。

30

【0017】

また、本発明の物体検出方法は、入力画像を分割して複数の分割画像を出力する第1のステップと、フレーム毎に前記入力画像の全体をスケーリングして得られる縮小画像に対して物体検出処理を行う第2のステップと、前記複数の分割画像のうち物体検出の対象となるフレーム毎の分割画像をN（Nは分割画像総数以上の整数）フレームの周期で前もって決定して、決定した分割画像の予約を行う第3のステップと、前記第3のステップによる予約の結果に基づいて、前記複数の分割画像のうち物体検出の対象となる一部の分割画像をフレーム毎に選択して出力する第4のステップと、前記第4のステップで出力された分割画像の各々に対して物体検出処理を行う第5のステップと、前記第5のステップによる物体検出結果を記憶する第6のステップと、前記第3のステップによる予約の結果に基づいて、物体検出を実行しない分割画像について、前記第6のステップによって記憶された過去の物体検出結果をフレーム毎に選択して出力するように構成された第7のステップと、前記第2のステップによる物体検出結果と前記第5のステップによる物体検出結果と前記第7のステップによって出力された物体検出結果とをフレーム毎に合成することで最終的な物体検出結果を得る第8のステップとを含むことを特徴とするものである。

40

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、複数の分割画像のうち物体検出の対象となるフレーム毎の分割画像をNフレームの周期で前もって決定して、決定した分割画像の予約を行う割当処理部と、割

50

当処理部による予約の結果に基づいて、複数の分割画像のうち物体検出の対象となる一部の分割画像をフレーム毎に選択して出力する第1の選択処理部とを設けることにより、物体検出の取りこぼしの発生を抑えつつ、計算量を削減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】図1は、本発明の第1の実施例に係る物体検出装置の構成を示すブロック図である。

【図2】図2は、本発明の第1の実施例に係る物体検出装置によって処理される分割画像を説明するための図である。

【図3】図3は、本発明の第1の実施例における分割画像の検出物体数の推定値の算出処理を説明するフローチャートである。 10

【図4】図4は、本発明の第1の実施例に係る割当処理部による割当処理の例を示す図である。

【図5】図5は、本発明の第1の実施例に係る分割画像割当処理部の動作を説明するフローチャートである。

【図6】図6は、本発明の第1の実施例に係る分割画像割当処理部による予約処理を説明するフローチャートである。

【図7】図7は、本発明の第1の実施例に係る分割画像割当処理部による予約処理の具体例を説明する図である。

【図8】図8は、本発明の第1の実施例に係る物体検出装置による物体検出処理の流れを説明するフローチャートである。 20

【図9】図9は、本発明の第1の実施例に係る全体処理部による全体処理の詳細を説明するフローチャートである。

【図10】図10は、本発明の第1の実施例に係る割当処理部による割当処理の詳細を説明するフローチャートである。

【図11】図11は、本発明の第1の実施例に係る分割処理部による物体検出処理の詳細を説明するフローチャートである。

【図12】図12は、本発明の第1の実施例に係る合成処理部による合成処理の詳細を説明するフローチャートである。

【図13】図13は、本発明の第1の実施例に係る合成処理部によるメタデータ選別処理の詳細を説明するフローチャートである。 30

【図14】図14は、本発明の第2の実施例に係る物体検出装置の構成を示すブロック図である。

【図15】図15は、本発明の第2の実施例に係るシーン変動検出処理部の動作を説明するフローチャートである。

【図16】図16は、本発明の第1、第2の実施例に係る物体検出装置を実現するコンピュータの構成例を示すブロック図である。

【図17】図17は、従来の物体検出方法を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】 40

[第1の実施例]

以下、本発明の実施例について図面を参照して説明する。図1は本発明の第1の実施例に係る物体検出装置の構成を示すブロック図である。物体検出装置は、入力画像に対して物体検出処理を実行する。そして物体検出装置は、物体検出処理による物体検出結果をメタデータで出力する。物体検出装置は、入力画像に含まれる物体の位置情報、物体の属性情報、および信頼度を少なくとも含むメタデータを出力する。

【0021】

物体検出装置は、分割部1と、選択処理部2と、全体処理部3と、分割処理部4と、割当処理部5と、保持部6と、選択処理部7と、合成処理部8とを備える。

【0022】 50

全体処理部 3 は、画像スケーリング処理部 3 0 と、物体検出処理部 3 1 と、メタデータスケーリング処理部 3 2 と、信頼度フィルタ処理部 3 3 とを備えている。

分割処理部 4 は、画像スケーリング処理部 4 0 と、物体検出処理部 4 1 と、メタデータ調整処理部 4 2 と、信頼度フィルタ処理部 4 3 とを備えている。

割当処理部 5 は、推定揺らぎ算出部 5 0 と、分割画像割当処理部 5 1 とを備えている。

【 0 0 2 3 】

全体処理部 3 の画像スケーリング処理部 3 0 は、深層学習結果に基づく物体検出処理に
入力可能な画像サイズまで入力画像を縮小するスケーリング処理を実行する。画像スケー
リング処理部 3 0 は、入力画像の幅および高さの比を維持したまま、画像サイズを縮小す
ることができる。縮小方法としては、例えば双線形補間法がある。

10

【 0 0 2 4 】

全体処理部 3 の物体検出処理部 3 1 は、画像スケーリング処理部 3 0 によって縮小され
た入力画像を入力として、所定の深層学習に基づく学習済みの物体検出モデルの演算を行
う。物体検出処理部 3 1 は、縮小された入力画像を、予め用意された物体検出モデルに入
力として与え、物体検出モデルの演算を行い、入力画像に含まれる物体の属性値と B B (
 Bounding Box) とを含む属性情報の集合を、入力画像のメタデータとして生成する。

【 0 0 2 5 】

属性値は、物体の固有の姿、形、性質を表す。属性値の例としては、例えば「 d o g 」
、「 b i c y c l e 」、「 c a r 」などがある。

B B (Bounding Box) は、例えば検出された物体に外接して、その物体を囲うことが
可能な最小の矩形の範囲を有する。入力画像のメタデータに含まれる B B の情報としては
、 B B の中心座標 (X , Y) 、 B B の高さ (H) 、 B B の幅 (W) の情報が少なくとも含ま
れる。

20

【 0 0 2 6 】

物体検出処理部 3 1 は、例えば、事前に外部のサーバなどの演算装置で学習された畳み
込みニューラルネットワーク (C N N : Convolutional Neural Network) を用いた Y
O L O などの物体検出モデルを用いて、入力画像に含まれる物体を検出する。

【 0 0 2 7 】

全体処理部 3 のメタデータスケーリング処理部 3 2 は、物体検出処理部 3 1 によって生
成された入力画像のメタデータに含まれる B B を、縮小前の入力画像のサイズに対応する
ように拡大するスケーリング処理を行う。このスケーリング処理を行う理由は、物体検出
処理部 3 1 が生成したメタデータは、縮小された入力画像に対するものだからである。メ
タデータスケーリング処理部 3 2 は、例えば、双線形補間法を用いて、入力画像のメタデ
ータに含まれる B B のスケーリングを行う。

30

【 0 0 2 8 】

例えば、入力画像の幅を W_{in} 、高さを H_{in} とし、画像スケーリング処理部 3 0 で縮小さ
れた入力画像の幅を W_{det} 、高さを H_{det} とする。この場合、メタデータスケーリング処理
部 3 2 は、入力画像のメタデータに含まれる B B の中心座標 (X_{bb} , Y_{bb}) を ($X_{bb} \times W_{i}$
 n / W_{det} , $Y_{bb} \times H_{in} / H_{det}$) にスケーリングし、 B B の幅 W_{bb} 、高さ H_{bb} をそれぞれ W
 $_{bb} \times W_{in} / W_{det}$ 、 $H_{bb} \times H_{in} / H_{det}$ にスケーリングすることで、元の入力画像に B B を
マッピングする。

40

【 0 0 2 9 】

全体処理部 3 の信頼度フィルタ処理部 3 3 は、メタデータスケーリング処理部 3 2 によ
ってスケーリング処理された検出物体群から、信頼度が予め設定された信頼度閾値 T_h 以
上の物体を選別する。信頼度フィルタ処理部 3 3 は、信頼度が信頼度閾値 T_h 以上の物体
のメタデータ M D 2 を合成処理部 8 に送る。また、信頼度フィルタ処理部 3 3 は、信頼度
が信頼度閾値 T_h 未満の物体のメタデータ M D 3 を割当処理部 5 に送る。

【 0 0 3 0 】

分割処理部 4 の分割部 1 は、入力画像を複数の分割画像に分割する。入力画像の幅方向
の分割数を N_w 、高さ方向の分割数を N_h とする。例えば図 2 に示す例では、入力画像が N

50

$w = 2$ 、 $N_h = 2$ の、合計 4 つの分割画像に分割されている。

【 0 0 3 1 】

選択処理部 2 は、分割部 1 によって分割された複数の分割画像のうち一部の分割画像を選択的に出力する。この選択処理部 2 の処理の詳細については後述する。

【 0 0 3 2 】

分割処理部 4 の画像スケーリング処理部 4 0 は、選択処理部 2 から出力された複数の分割画像の各々を、深層学習に基づく物体検出モデルに入力することができる指定の画像サイズに縮小するスケーリング処理を行う。画像スケーリング処理部 4 0 は、後述の物体検出処理部 4 1 が用いる物体検出モデルの入力画像のサイズに対応するように、各分割画像の幅と高さとの比などのパラメータ値を維持したまま画像サイズを縮小する。

10

【 0 0 3 3 】

分割処理部 4 の物体検出処理部 4 1 は、画像スケーリング処理部 4 0 によって縮小された分割画像を入力として、所定の深層学習に基づく学習済みの物体検出モデルの演算を分割画像毎に行う。物体検出処理部 4 1 は、縮小された分割画像を、予め用意された物体検出モデルに入力として与え、物体検出モデルの演算を行い、分割画像に含まれる物体の属性値と B B とを含む属性情報の集合を、分割画像のメタデータとして生成する。分割画像のメタデータに含まれる B B の情報としては、B B の中心座標 (X , Y)、B B の高さ (H)、B B の幅 (W) の情報が少なくとも含まれる。

【 0 0 3 4 】

物体検出処理部 4 1 は、例えば、事前に外部のサーバなどの演算装置で学習された畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を用いた Y O L O などの物体検出モデルを用いて、分割画像に含まれる物体を検出する。

20

【 0 0 3 5 】

ここで、入力画像の幅を W_{in} 、高さを H_{in} として、予め用意された物体検出モデルに入力することができる指定の画像サイズの幅を W_{det} 、高さを H_{det} とする。この場合、入力画像の幅方向の分割数 N_w 、高さ方向の分割数 N_h は、以下の式 (1)、式 (2) で与えられる。 N_w_max は入力画像の幅方向の分割数の上限値、 N_h_max は、入力画像の高さ方向の分割数の上限値である。

$$N_w = \min (N_w_max , \text{ceiling} (W_{in} / W_{det})) \cdots (1)$$

$$N_h = \min (N_h_max , \text{ceiling} (H_{in} / H_{det})) \cdots (2)$$

30

【 0 0 3 6 】

式 (1)、式 (2) の $\text{ceiling} ()$ は、数値を指定された桁数で切り上げる関数を意味している。 $\min (N_w_max , \text{ceiling} (W_{in} / W_{det}))$ は、 N_w_max と $\text{ceiling} (W_{in} / W_{det})$ とのうち小さい方の値をとることを意味する。

【 0 0 3 7 】

分割処理部 4 のメタデータ調整処理部 4 2 は、物体検出処理部 4 1 によって検出された B B を、分割前の元画像、つまり入力画像にマッピングするためのメタデータの調整処理を、物体検出処理部 4 1 に入力された分割画像毎に行う。 N_{div} 個の分割画像 [i] [j] (0 i $N_w - 1$, 0 j $N_h - 1$) で検出された B B の中心座標を (x_{bb_div} , y_{bb_div})、幅を w_{bb_div} 、高さを h_{bb_div} とし、元画像の座標への調整後の B B の中心座標を (x_{bb} , y_{bb})、幅を w_{bb} 、高さを h_{bb} とする。

40

【 0 0 3 8 】

メタデータ調整処理部 4 2 は、物体検出処理部 4 1 によって検出された B B を以下の各式に基づいて入力画像へマッピングする。

【 0 0 3 9 】

$$x_{bb} = x_{bb_div} \times \text{floor} (W_{in} / N_w) + \text{floor} (W_{in} / N_w) \times i \cdots (3)$$

$$y_{bb} = y_{bb_div} \times \text{floor} (H_{in} / N_h) + \text{floor} (H_{in} / N_h) \times j \cdots (4)$$

$$w_{bb} = w_{bb_div} \times \text{floor} (W_{in} / N_w) \cdots (5)$$

50

$$h_{bb} = h_{bb_div} \times \text{floor}(H_{in} / N_h) \quad \dots (6)$$

【0040】

式(3)～式(6)の $\text{floor}()$ は、数値を指定された桁数で切り捨てる関数を意味している。

分割処理部4の信頼度フィルタ処理部43は、メタデータ調整処理部42によってメタデータが調整された後の検出物体群から、信頼度が予め設定された信頼度閾値 T_h 以上の物体を選別する。信頼度フィルタ処理部43によって選別された物体のメタデータ MD_1 は合成処理部8に出力されると共に、保持部6によって記憶される。

【0041】

選択処理部7は、保持部6によって記憶されている過去の検出結果のうち、一部の検出結果を選択的に出力する。この選択処理部7の処理の詳細については後述する。

10

【0042】

合成処理部8は、全体処理部3で検出されなかった物体を、分割処理部4で検出された物体で補間する処理を行う。合成処理部8は、全体処理部3で検出された物体と、分割処理部4で検出された物体との一致判定を行い、一致しない物体を補間対象として決定するメタデータ選別処理を行う。このメタデータ選別処理について説明する。

【0043】

合成処理部8は、複数の分割画像のうち1枚の分割画像のメタデータ MD_1 と、全体画像のメタデータ MD_2 とを比較し、全体画像のメタデータ MD_2 の属性値が分割画像のメタデータ MD_1 の属性値と一致するか否かを判断する。一致する場合には、合成処理部8は、重複度を計算する。具体的には、合成処理部8は、全体画像のメタデータ MD_2 に含まれる BB と、分割画像のメタデータ MD_1 に含まれる BB とで重複した面積を、分割画像のメタデータ MD_1 に含まれる BB の面積で除算して得られる重複度を算出する。合成処理部8は、このような一致/不一致の判断と重複度の算出とを分割画像毎に行う。

20

【0044】

そして、合成処理部8は、重複度が、予め設定された閾値を上回る場合には、分割画像のメタデータ MD_1 の属性情報と全体画像のメタデータ MD_2 の属性情報とが同一の属性情報であると判断し、同じ属性情報を分割画像のメタデータ MD_1 から除去する。

【0045】

さらに、合成処理部8は、メタデータ選別処理後の分割画像のメタデータ MD_1 と、全体画像のメタデータ MD_2 とを合わせて、最終的な物体検出結果として出力するメタデータ合計処理を行う。つまり、合成処理部8は、重複する属性情報が排除された分割画像のメタデータ MD_1 で全体画像のメタデータ MD_2 を補間して、入力画像のメタデータ MD を生成する。

30

【0046】

次に、割当処理部5と選択処理部2, 7の動作について説明する。割当処理部5は、全体処理部3の物体検出結果に基づいて、物体検出を実行するフレームレートを分割画像毎に動的に制御する。具体的には、割当処理部5は、分割画像毎の検出物体数の揺らぎを全体処理部3の処理結果から推定し、推定揺らぎが大きい分割画像(物体検出が不安定な分割画像)の物体検出を実行するフレームの間引き率を低くする。また、割当処理部5は、推定揺らぎが小さい分割画像(物体検出が安定した分割画像)のフレームの間引き率を高くする。これにより、フレームの間引きに伴う物体検出のし難さを回避し、安定的な物体検出を維持しつつ、計算量の削減を実現する。検出物体数の揺らぎが小さい分割画像においても、物体の移動等に伴う変化に追従できるように、間引くフレーム数には上限を設ける。なお、全体処理部3は、入力画像に対する物体検出処理を毎フレーム実行する。

40

【0047】

分割処理部4は、各分割画像の物体検出処理を実行する度に物体検出結果を保持部6に記録しておく。合成処理部8は、物体検出を実行した分割画像群については最新の物体検出結果を用い、物体検出を実行しなかった分割画像群については保持部6に記憶されている過去の物体検出結果を用いて、全体画像の物体検出結果との合成処理を行うことで、最

50

最終的な物体検出結果を得る。

【 0 0 4 8 】

上記の推定揺らぎは、全体処理部 3 の検出結果から以下の手順で得る。まず、割当処理部 5 の推定揺らぎ算出部 5 0 は、全体処理部 3 の物体検出結果から全体処理部 3 の信頼度フィルタ処理部 3 3 によって除外された物体群の内、信頼度を 倍 (は 2 以上の実数) した時に信頼度閾値 T_h 以上となる物体群を抽出する。具体的には、信頼度フィルタ処理部 3 3 からは、信頼度が信頼度閾値 T_h 未満の物体のメタデータ $M D 3$ が出力される。推定揺らぎ算出部 5 0 は、信頼度が信頼度閾値 T_h 未満の物体群のうち、信頼度を 倍した時に信頼度閾値 T_h 以上となる物体群を抽出する。

【 0 0 4 9 】

次に、推定揺らぎ算出部 5 0 は、抽出した物体群の各々について中心座標がいずれの分割画像の座標範囲内に位置するかを確認する。そして、推定揺らぎ算出部 5 0 は、抽出した物体の中心座標を含む分割画像の検出物体数の推定値をインクリメントする。例えば、推定揺らぎ算出部 5 0 は、抽出した物体の中心座標が分割画像 # 0 の座標範囲内に位置する場合、分割画像 # 0 の検出物体数の推定値をインクリメントする。このような検出物体数の推定値のインクリメントを、抽出した物体毎に行い、各分割画像の検出物体数の推定値を得る。

【 0 0 5 0 】

図 3 は、分割画像の検出物体数の推定値の算出処理を説明するフローチャートである。推定揺らぎ算出部 5 0 は、変数 I_m を 0 に設定する (図 3 ステップ $S 1 0 1$)。変数 I_m は、各分割画像に割り当てられる番号であり、0 から $(N_{div} - 1)$ の値をとる。推定揺らぎ算出部 5 0 は、変数 I_m が分割画像総数 N_{div} 未満であるかどうか判断する (図 3 ステップ $S 1 0 2$)。変数 I_m が分割画像総数 N_{div} 未満でなければ (ステップ $S 1 0 2$ において $N o$)、推定揺らぎ算出部 5 0 は、一連の検出物体数推定値算出処理を終了する。

【 0 0 5 1 】

推定揺らぎ算出部 5 0 は、変数 I_m が分割画像総数 N_{div} 未満の場合 (ステップ $S 1 0 2$ において $Y e s$)、番号 I_m の分割画像の検出物体数の推定値 $N o b j [I_m]$ を 0 に設定する (図 3 ステップ $S 1 0 3$)。

【 0 0 5 2 】

推定揺らぎ算出部 5 0 は、変数 $n o$ を 0 に設定する (図 3 ステップ $S 1 0 4$)。変数 $n o$ は、全体処理部 3 によって検出された、信頼度が信頼度閾値 T_h 未満の各物体に割り当てられる番号である。推定揺らぎ算出部 5 0 は、変数 $n o$ が抽出メタ数未満かどうかを判断する (図 3 ステップ $S 1 0 5$)。抽出メタ数とは、全体処理部 3 によって検出された、信頼度が信頼度閾値 T_h 未満の物体の数である。

【 0 0 5 3 】

推定揺らぎ算出部 5 0 は、変数 $n o$ が抽出メタ数以上である場合 (ステップ $S 1 0 5$ において $N o$)、変数 I_m を 1 つインクリメントする (図 3 ステップ $S 1 0 6$)。ステップ $S 1 0 6$ の処理が終わると、推定揺らぎ算出部 5 0 は、ステップ $S 1 0 2$ の処理に戻る。

【 0 0 5 4 】

一方、変数 $n o$ が抽出メタ数未満の場合 (ステップ $S 1 0 5$ において $Y e s$)、推定揺らぎ算出部 5 0 は、信頼度が信頼度閾値 T_h 未満の物体群のうち、番号 $n o$ の物体の中心座標が番号 I_m の分割画像の座標範囲内にあるかどうかを判定する (図 3 ステップ $S 1 0 7$)。なお、各分割画像の境界線上の座標はいずれか 1 つの分割画像のみの座標とし、重複することがないようにする。

【 0 0 5 5 】

推定揺らぎ算出部 5 0 は、番号 $n o$ の物体の中心座標が番号 I_m の分割画像の座標範囲内にある場合 (ステップ $S 1 0 7$ において $Y e s$)、番号 $n o$ の物体の信頼度に所定の係数 を乗じたものを、期待信頼値として算出する (図 3 ステップ $S 1 0 8$)。ここで、係数 は、全体処理と比較して、分割処理による物体の特徴的な部位の縮小緩和によって信頼度が向上する割合を表す値である。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 6 】

推定揺らぎ算出部 5 0 は、ステップ S 1 0 8 で求めた期待信頼値が信頼度閾値 T_h 以上かどうかを判定する（図 3 ステップ S 1 0 9）。推定揺らぎ算出部 5 0 は、期待信頼値が信頼度閾値 T_h 以上の場合（ステップ S 1 0 9 において Y_{es} ）、番号 I_m の分割画像の検出物体数の推定値 $N_{obj}[I_m]$ を 1 つインクリメントする（図 3 ステップ S 1 1 0）。

【 0 0 5 7 】

続いて、推定揺らぎ算出部 5 0 は、変数 n_o を 1 つインクリメントし（図 3 ステップ S 1 1 1）、ステップ S 1 0 5 に戻る。推定揺らぎ算出部 5 0 は、番号 n_o の物体の中心座標が番号 I_m の分割画像の座標範囲内でない場合（ステップ S 1 0 7 において N_o ）、あるいは期待信頼値が信頼度閾値 T_h 未満の場合は（ステップ S 1 0 9 において N_o ）、ステップ S 1 1 1 まで処理をスキップする。

10

【 0 0 5 8 】

こうして、推定揺らぎ算出部 5 0 は、図 3 に示した一連の処理を実行することで、各分割画像の検出物体数の推定値 N_{obj} を得ることができる。

【 0 0 5 9 】

次に、推定揺らぎ算出部 5 0 は、各分割画像の検出物体数の推定値 N_{obj} と直前のフレームにおける各分割画像の検出物体数の推定値 N_{obj} との差分絶対値を分割画像毎に算出することで、分割画像毎の推定揺らぎ値を得る。

【 0 0 6 0 】

ここで、上記の係数 α は、同一物体について全体画像で検出された信頼度と分割画像で検出された信頼度との比である。本実施例において、 α は予め定められた単一の実数値であるが、分割画像の座標範囲毎に異なる値としても良い。また、分割画像の検出物体数の推定値と実際の検出物体数との誤差に基づいて α を補正してもよい。

20

【 0 0 6 1 】

フレームの間引き率の制御は、各分割画像に対する物体検出を実行する、フレームおよび演算コアの割当を、 N フレームの周期（ N は分割画像総数 N_{div} 以上の整数）で決定することで実現する。ここで、演算コアとは、物体検出処理部 4 1 として機能する演算コアのことであり、計算量削減のために、演算コア数は分割画像総数 N_{div} よりも少ない数とする。つまり、物体検出処理部 4 1 と画像スケーリング処理部 4 0 とメタデータ調整処理部 4 2 と信頼度フィルタ処理部 4 3 とは、それぞれ演算コア数分だけ設けられることになる。

30

【 0 0 6 2 】

図 4 は割当処理の例を示す図である。ここでは、分割画像総数 $N_{div} = 4$ 、 $N = 4$ 、物体検出処理部 4 1 として機能する演算コアの数を 2 とする。図 4 の縦軸はフレームの間引き率 F_r 、横軸はフレーム番号である。図 4 の例では、フレームの間引き率 F_r の上限 F_{rmax} を 0.75 としている。初期状態においてはフレームの間引き率 F_r は分割画像間で均等である。

【 0 0 6 3 】

まず、推定揺らぎ算出部 5 0 は、1 周期（例えば番号 # 0 ~ # 3 のフレーム）内のフレーム毎に各分割画像の検出物体数の揺らぎの推定値を全体処理部 3 の処理結果から算出し、この揺らぎの推定値の 1 周期分の累積値を分割画像毎に算出する。各分割画像の検出物体数の揺らぎの推定値の算出方法は上記で説明したとおりである。

40

【 0 0 6 4 】

そして、推定揺らぎ算出部 5 0 は、1 周期内の末尾フレーム（例えば番号 # 3 のフレーム）に到達すると、分割画像毎の揺らぎの推定値の累積値を $N (= 4)$ で除算することで、1 周期内の検出物体数の揺らぎの推定値の平均値 $E_{ave}[I_m]$ を分割画像毎に算出する。

【 0 0 6 5 】

割当処理部 5 の分割画像割当処理部 5 1 は、推定揺らぎ算出部 5 0 によって算出された分割画像毎の検出物体数の揺らぎの推定値の平均値 $E_{ave}[I_m]$ に基づいて、物体検出を

50

実行する回数（割当量）が各分割画像に比例分配されるように、次の周期における物体検出の対象となるフレーム毎の演算コアおよび分割画像の予約を選択処理部 2 に対して行う。

【 0 0 6 6 】

上記のように、検出物体数の揺らぎの推定値の平均値 $E_{ave}[I_m]$ が小さい分割画像は、フレームの間引き率 F_r が高くなる。一方、検出物体数の揺らぎの推定値の平均値 $E_{ave}[I_m]$ が大きい分割画像は、フレームの間引き率 F_r が低くなる。このようにして、分割画像毎のフレームの間引き率 F_r の動的制御を実現する。

【 0 0 6 7 】

図 5 は分割画像割当処理部 5 1 の動作を説明するフローチャートである。最初に、分割画像割当処理部 5 1 は、割当可能量 J_n を設定する（図 5 ステップ S 2 0 0）。割当可能総量 J_{total} は、 N と演算コア数とを乗算して得られる整数値であり、1 周期内で実行可能な物体検出の回数である。上記の例では $N = 4$ 、演算コア数が 2 であるから、割当可能総量 J_{total} は 8 である。ステップ S 2 0 0 の時点では、割当可能量 J_n は割当可能総量 J_{total} と等しい値に設定される。

10

【 0 0 6 8 】

分割画像割当処理部 5 1 は、各分割画像の割当量 $J[I_m]$ を 0 に設定する（図 5 ステップ S 2 0 1）。割当量 $J[I_m]$ は、1 周期内に 1 つの分割画像について物体検出を実行する回数を分割画像毎に定めた値である。

【 0 0 6 9 】

次に、分割画像割当処理部 5 1 は、全ての分割画像の割当量 $J[I_m]$ を、フレームの間引き率 F_r の上限 F_{rmax} に相当する最小割当量 J_{min} に設定する（図 5 ステップ S 2 0 2）。これにより、全ての分割画像のフレームの間引き率 F_r が上限 F_{rmax} に設定されることになる。本実施例では、最小割当量 J_{min} を M とする。 M は予め定められた 1 以上の整数である。最小割当量 J_{min} を M と設定することで、全ての分割画像が 1 周期の間に少なくとも M 回、物体検出の対象として選択される。

20

【 0 0 7 0 】

分割画像割当処理部 5 1 は、各分割画像の割当量 $J[I_m]$ を最小割当量 J_{min} に設定したため、現在の割当可能量 J_n から、 $N_{div} \times J_{min}$ の乗算結果を減じた値を、最新の割当可能量 J_n として更新する（図 5 ステップ S 2 0 3）。

【 0 0 7 1 】

続いて、分割画像割当処理部 5 1 は、全ての分割画像について検出物体数の揺らぎの推定値の平均値 $E_{ave}[I_m]$ が 0 か否かを確認する（図 5 ステップ S 2 0 4）。検出物体数の揺らぎの推定値の平均値 $E_{ave}[I_m]$ が全ての分割画像で 0 の場合は、全ての分割画像の検出物体数の揺らぎがないことを意味している。そこで、分割画像割当処理部 5 1 は、残りの割当可能量 J_n （実行可能な物体検出の回数）を、各分割画像の割当量 $J[I_m]$ に均等に分配する（図 5 ステップ S 2 0 5）。

30

【 0 0 7 2 】

分割画像割当処理部 5 1 は、ステップ S 2 0 5 の均等分配では、各分割画像の割当量 $J[I_m]$ を次式のように算出する。

$$J_{new}[I_m] = J_{old}[I_m] + \text{Floor}(J_n / N_{div}) \cdot \cdot \cdot (7)$$

40

【 0 0 7 3 】

$J_{old}[I_m]$ は分配前の各分割画像の割当量、 $J_{new}[I_m]$ は分配後の各分割画像の割当量である。また、分割画像割当処理部 5 1 は、少なくとも一部の分割画像について検出物体数の揺らぎの推定値の平均値 $E_{ave}[I_m]$ が 0 でない場合（ステップ S 2 0 4 において N_o ）、残りの割当可能量 J_n を、揺らぎの推定値の平均値 $E_{ave}[I_m]$ の比で重み付けして各分割画像の割当量 $J[I_m]$ に分配する（図 5 ステップ S 2 0 6）。

【 0 0 7 4 】

分割画像割当処理部 5 1 は、ステップ S 2 0 6 の比例分配では、各分割画像の割当量 $J[I_m]$ を次式のように算出する。

$$J_{new}[I_m] = J_{old}[I_m]$$

50

$$+ \min(N, \text{Floor}(J_n \times (E_{ave}[Im] / E_{ave}[Im])))$$

・・・(8)

【0075】

式(8)の $E_{ave}[Im]$ は全ての分割画像の検出物体数の揺らぎの推定値の平均値の総和であることは言うまでもない。 $\min(N, \text{Floor}(J_n \times (E_{ave}[Im] / E_{ave}[Im])))$ は、 N と $\text{Floor}(J_n \times (E_{ave}[Im] / E_{ave}[Im]))$ とのうちどちらか小さい方の値をとることを意味する。

【0076】

なお、ステップS205またはS206によって分配しきれなかった未割当量(残りの割当可能量 J_n から各分割画像の割当量 $J[Im]$ の総和を減算して得られる値)が発生することが有り得る。この場合、分割画像割当処理部51は、 N を超えない範囲で、全分割画像に未割当量を均等分配してもよいし、割当量 $J[Im]$ が大きい分割画像あるいは小さい分割画像に未割当量を分配するようにしてもよい。

10

【0077】

分割画像割当処理部51は、ステップS205またはS206によって各分割画像の割当量 $J[Im]$ が決定すると、割当量 $J[Im]$ が大きい分割画像から順番に、物体検出処理を実行する演算コアの予約および物体検出処理の対象となる分割画像とフレームの予約を選択処理部2,7に対して行う(図5ステップS207)。

【0078】

図6はステップS207の予約処理を説明するフローチャートである。最初に、分割画像割当処理部51は、各分割画像の予約完了フラグを0にセットする(図6ステップS300)。続いて、分割画像割当処理部51は、各分割画像の予約完了フラグが1かどうかを判定する(図6ステップS301)。

20

【0079】

ここでは、各分割画像の予約完了フラグが0のため、ステップS302に進む。分割画像割当処理部51は、予約完了フラグが0の分割画像の中で割当量 $J[Im]$ が最大の分割画像を予約対象として探索する(図6ステップS302)。探索した予約対象の分割画像の番号を i 、割当量を $J[i]$ とする。

【0080】

そして、分割画像割当処理部51は、予約対象の分割画像について N_d フレーム毎に $J[i] / N_d$ 回だけ物体検出処理が実行されるように、未予約の演算コアを予約対象の分割画像の物体検出処理用として予約する(図6ステップS303)。 N_d は1以上 N 未満の整数である。ただし、この予約においては、フレーム毎に同一分割画像の予約は1回までとする。

30

【0081】

分割画像割当処理部51は、予約が終わった番号 i の分割画像の予約完了フラグを1にセットし(図6ステップS304)、ステップS301に戻る。

こうして、予約完了フラグが0(予約未了)の分割画像を割当量 $J[Im]$ が大きい順に予約対象として、演算コアの割当を行う。

【0082】

全ての分割画像の予約完了フラグが1になった時点で(ステップS301においてYes)、予約処理(ステップS207)が終了する。

40

なお、分割画像割当処理部51は、ステップS303において N_d フレーム毎に予約する際において、この N_d フレームの期間内に未予約の演算コアが存在しない場合には、次の N_d フレームの期間内の未予約の演算コアを予約対象の分割画像の物体検出処理用として予約すればよい。

【0083】

図4と図7を用いて予約処理の具体例を説明する。図4の1周期(番号#0~#3のフレーム)の検出物体数の揺らぎの推定値の平均値 $E_{ave}[Im]$ の算出結果から、次の周期(番号#4~#7のフレーム)の演算コアを分割画像の物体検出処理用として予約する場

50

合に、番号# 0の分割画像の割当量 $J[0]$ が1、番号# 1の分割画像の割当量 $J[1]$ が4、番号# 2の分割画像の割当量 $J[2]$ が2、番号# 3の分割画像の割当量 $J[3]$ が1であるとする。 N_d は2とする。

【0084】

まず、分割画像割当処理部51は、割当量 $J[1]$ が最大の番号# 1の分割画像について、番号# 4～# 5のフレームで番号# 0の演算コアを2回予約し、さらに番号# 6～# 7のフレームで番号# 0の演算コアを2回予約する。次に、分割画像割当処理部51は、割当量 $J[2]$ が2番目に大きい番号# 2の分割画像について、番号# 4～# 5のフレームで番号# 1の演算コアを1回予約し、さらに番号# 6～# 7のフレームで番号# 1の演算コアを1回予約する。

10

【0085】

続いて、分割画像割当処理部51は、割当量 $J[0]$ 、 $J[3]$ が同一の番号# 0、# 3の分割画像のうち、番号が小さい方の分割画像から予約を行う。具体的には、分割画像割当処理部51は、番号# 0の分割画像について、番号# 4～# 5のフレームで番号# 1の演算コアを1回予約する。最後に、分割画像割当処理部51は、番号# 3の分割画像について、番号# 4～# 5のフレームで演算コアを予約しようとするが、番号# 4～# 5のフレームに未予約の演算コアが既にないため、番号# 6～# 7のフレームで番号# 1の演算コアを1回予約する。図7は以上の予約結果を示している。

【0086】

次に、予約処理に応じた選択処理部2、7と分割処理部4と保持部6と合成処理部8の動作について説明する。

20

【0087】

分割画像割当処理部51による予約処理により、次周期では、フレーム毎に分割画像を選択して物体検出処理を実行する。選択処理部2は、例えば図7の番号# 4のフレームに対する予約結果に基づいて、番号# 0の演算コア(番号# 0の物体検出処理部41)とこの演算コアに対応する画像スケーリング処理部40とメタデータ調整処理部42と信頼度フィルタ処理部43とによって番号# 1の分割画像に対する物体検出処理が実行されるように、番号# 1の分割画像を番号# 0の演算コアに対応する画像スケーリング処理部40に出力する。

【0088】

また、選択処理部2は、番号# 4のフレームに対する予約結果に基づいて、番号# 1の演算コア(番号# 1の物体検出処理部41)とこの演算コアに対応する画像スケーリング処理部40とメタデータ調整処理部42と信頼度フィルタ処理部43とによって番号# 2の分割画像に対する物体検出処理が実行されるように、番号# 2の分割画像を番号# 1の演算コアに対応する画像スケーリング処理部40に出力する。

30

【0089】

番号# 1、# 2の分割画像についての物体検出結果であるメタデータMD1は、合成処理部8と保持部6とに出力される。保持部6は、メタデータMD1を記憶する。

【0090】

選択処理部7は、番号# 4のフレームに対する予約結果に基づいて、番号# 4のフレームに対して物体検出処理を実行しない番号# 0、# 3の分割画像については、保持部6に記憶されている番号# 0、# 3の分割画像の過去の物体検出結果(メタデータMD1)のうち最新の検出結果をそれぞれ、番号# 4のフレームに対する検出結果として合成処理部8に出力する。

40

【0091】

合成処理部8は、信頼度フィルタ処理部43から出力された、番号# 1、# 2の分割画像のメタデータMD1と、選択処理部7から出力された、番号# 0、# 3の分割画像のメタデータMD1とに対して上記のメタデータ選別処理を行う。そして、合成処理部8は、メタデータ選別処理後のメタデータMD1と、番号# 4のフレームに対する全体処理部3の物体検出結果(メタデータMD2)とを合成して、最終的な物体検出結果であるメタデ

50

ータMDを出力する。

【0092】

次に、選択処理部2は、図7の番号#5のフレームに対する予約結果に基づいて、番号#0の演算コア(番号#0の物体検出処理部41)とこの演算コアに対応する画像スケーリング処理部40とメタデータ調整処理部42と信頼度フィルタ処理部43とによって番号#1の分割画像に対する物体検出処理が実行されるように、番号#1の分割画像を番号#0の演算コアに対応する画像スケーリング処理部40に出力する。

【0093】

また、選択処理部2は、番号#5のフレームに対する予約結果に基づいて、番号#1の演算コア(番号#1の物体検出処理部41)とこの演算コアに対応する画像スケーリング処理部40とメタデータ調整処理部42と信頼度フィルタ処理部43とによって番号#0の分割画像に対する物体検出処理が実行されるように、番号#0の分割画像を番号#1の演算コアに対応する画像スケーリング処理部40に出力する。

10

【0094】

番号#1, #0の分割画像についての物体検出結果であるメタデータMD1は、合成処理部8と保持部6とに出力される。

選択処理部7は、番号#5のフレームに対する予約結果に基づいて、番号#5のフレームに対して物体検出処理を実行しない番号#2, #3の分割画像については、保持部6に記憶されている番号#2, #3の分割画像の過去の物体検出結果(メタデータMD1)のうち最新の検出結果をそれぞれ、番号#5のフレームに対する検出結果として合成処理部8に出力する。

20

【0095】

合成処理部8は、信頼度フィルタ処理部43から出力された、番号#1, #0の分割画像のメタデータMD1と、選択処理部7から出力された、番号#2, #3の分割画像のメタデータMD1とに対して上記のメタデータ選別処理を行う。そして、合成処理部8は、メタデータ選別処理後のメタデータMD1と、番号#5のフレームに対する全体処理部3の物体検出結果(メタデータMD2)とを合成して、最終的な物体検出結果であるメタデータMDを出力する。

以降のフレームに対しても同様の処理を実施すればよい。

【0096】

次に、本実施例の物体検出装置の処理の流れを図8のフローチャートを用いて説明する。まず、物体検出装置には入力画像が入力される(図8ステップS400)。例えば、図示しない外部のカメラなどで撮影された画像が物体検出装置に入力される。

30

【0097】

全体処理部3は、入力画像全体に対して物体検出を行う全体処理を実行する(図8ステップS401)。

【0098】

割当処理部5は、複数の分割画像のうち物体検出の対象となるフレーム毎の分割画像をNフレームの周期で前もって決定して、決定した分割画像の予約を行う割当処理を実行する(図8ステップS402)。

40

【0099】

分割処理部4の分割部1は、入力画像を複数の分割画像に分割する(図8ステップS403)。

選択処理部2は、割当処理部5の決定に基づいて、処理対象のフレームの全ての分割画像のうち、物体検出処理を実行する分割画像を画像スケーリング処理部40に出力する(図8ステップS404)。

【0100】

分割処理部4の画像スケーリング処理部40と物体検出処理部41とメタデータ調整処理部42と信頼度フィルタ処理部43とは、選択処理部2から出力された分割画像に対して物体検出処理を実行する(図8ステップS405)。

50

【 0 1 0 1 】

なお、上記の説明から明らかなように、割当処理部 5 は、次の周期の割当を決定する。したがって、選択処理部 2 と画像スケーリング処理部 4 0 と物体検出処理部 4 1 とメタデータ調整処理部 4 2 と信頼度フィルタ処理部 4 3 とは、1 つ前の周期の全体処理部 3 の処理結果に基づいて、分割画像に対して物体検出処理を実行する。

【 0 1 0 2 】

選択処理部 7 は、物体検出処理を実行しない分割画像の過去の物体検出結果を、保持部 6 に記憶されている物体検出結果の中から選択して合成処理部 8 へ出力する（図 8 ステップ S 4 0 6）。

【 0 1 0 3 】

合成処理部 8 は、全体処理部 3 から出力された物体検出結果と分割処理部 4 から出力された物体検出結果と選択処理部 7 から出力された過去の物体検出結果とを合わせる合成処理を行う（図 8 ステップ S 4 0 7）。そして、合成処理部 8 は、最終的な物体検出結果であるメタデータ MD を出力する（図 8 ステップ S 4 0 8）。物体検出装置は、以上の図 8 の処理を入力画像のフレーム毎に行う。

【 0 1 0 4 】

図 9 はステップ S 4 0 1 の全体処理の詳細を説明するフローチャートである。全体処理部 3 の画像スケーリング処理部 3 0 は、入力画像に対するスケーリング処理を実行する（図 9 ステップ S 5 0 0）。

【 0 1 0 5 】

全体処理部 3 の物体検出処理部 3 1 は、画像スケーリング処理部 3 0 によって縮小された入力画像全体に対する物体検出処理を実行する（図 9 ステップ S 5 0 1）。

【 0 1 0 6 】

全体処理部 3 のメタデータスケーリング処理部 3 2 は、物体検出処理部 3 1 によって生成された入力画像のメタデータに含まれる BB を、縮小前の入力画像のサイズに対応するように拡大するスケーリング処理を実行する（図 9 ステップ S 5 0 2）。

【 0 1 0 7 】

全体処理部 3 の信頼度フィルタ処理部 3 3 は、信頼度が信頼度閾値 T_h 以上の物体の検出結果（メタデータ MD 2）を合成処理部 8 に送り、信頼度が信頼度閾値 T_h 未満の物体の検出結果（メタデータ MD 3）を割当処理部 5 に送る（図 9 ステップ S 5 0 3）。

【 0 1 0 8 】

図 10 はステップ S 4 0 2 の割当処理の詳細を説明するフローチャートである。割当処理部 5 の推定揺らぎ算出部 5 0 は、信頼度が信頼度閾値 T_h 未満の物体の検出結果に基づいて、各分割画像の検出物体数の推定値 N_{obj} をフレーム毎に算出する（図 10 ステップ S 6 0 0）。この処理の詳細は図 3 で説明したとおりである。

【 0 1 0 9 】

推定揺らぎ算出部 5 0 は、各分割画像の検出物体数の推定値 N_{obj} と直前のフレームにおける各分割画像の検出物体数の推定値 N_{obj} との差分絶対値を分割画像毎に算出することで、分割画像毎の検出物体数のフレーム間での揺らぎの推定値を算出する（図 10 ステップ S 6 0 1）。

【 0 1 1 0 】

そして、推定揺らぎ算出部 5 0 は、1 周期内の検出物体数の揺らぎの推定値の平均値 $E_{ave}[Im]$ を分割画像毎に算出する（図 10 ステップ S 6 0 2）。

【 0 1 1 1 】

割当処理部 5 の分割画像割当処理部 5 1 は、推定揺らぎ算出部 5 0 によって算出された各分割画像の検出物体数の揺らぎの推定値の平均値 $E_{ave}[Im]$ に基づいて、各分割画像の割当量 $J[Im]$ を算出する（図 10 ステップ S 6 0 3）。

【 0 1 1 2 】

分割画像割当処理部 5 1 は、割当量 $J[Im]$ が大きい分割画像から順番に、物体検出処理を実行する演算コアおよびフレームの予約を選択処理部 2, 7 に対して行う（図 5 ス

10

20

30

40

50

テップ S 2 0 7)。分割画像割当処理部 5 1 の処理の詳細は図 5、図 6 で説明したとおりである。

【 0 1 1 3 】

図 1 1 はステップ S 4 0 5 の分割画像に対する物体検出処理の詳細を説明するフローチャートである。

分割処理部 4 の画像スケーリング処理部 4 0 は、選択処理部 2 から出力された複数の分割画像の各々を指定の画像サイズに縮小するスケーリング処理を実行する (図 1 1 ステップ S 7 0 0)。

【 0 1 1 4 】

分割処理部 4 の物体検出処理部 4 1 は、画像スケーリング処理部 4 0 によって縮小された分割画像に対する物体検出処理を実行する (図 1 1 ステップ S 7 0 1)。 10

【 0 1 1 5 】

分割処理部 4 のメタデータ調整処理部 4 2 は、物体検出処理部 4 1 によって検出された B B を、分割前の入力画像にマッピングするためのメタデータの調整処理を、物体検出処理部 4 1 に入力された分割画像毎に行う (図 1 1 ステップ S 7 0 2)。

【 0 1 1 6 】

分割処理部 4 の信頼度フィルタ処理部 4 3 は、メタデータ調整処理部 4 2 によってメタデータが調整された後の検出結果のうち、信頼度が信頼度閾値 T_h 以上の物体の検出結果 (メタデータ M D 1) を合成処理部 8 と保持部 6 とに出力する (図 1 1 ステップ S 7 0 3)。 20

【 0 1 1 7 】

保持部 6 は、信頼度フィルタ処理部 4 3 から出力されたメタデータ M D 1 を記憶する (図 1 1 ステップ S 7 0 4)。

【 0 1 1 8 】

図 1 2 はステップ S 4 0 7 , 4 0 8 の合成処理の詳細を説明するフローチャートである。合成処理部 8 は、分割処理部 4 から出力された物体検出結果 (メタデータ M D 1) と選択処理部 7 から出力された物体検出結果 (メタデータ M D 1) とに対してメタデータ選別処理を実行する (図 1 2 ステップ S 8 0 0)。

【 0 1 1 9 】

ここで、ステップ S 8 0 0 のメタデータ選別処理の流れについて、図 1 3 のフローチャートを参照してより詳細に説明する。 30

まず、合成処理部 8 に、全体処理部 3 から出力された物体検出結果 (メタデータ M D 2) が入力される (図 1 3 ステップ S 9 0 0)。また、合成処理部 8 には、分割処理部 4 から出力された物体検出結果 (メタデータ M D 1) と選択処理部 7 から出力された物体検出結果 (メタデータ M D 1) とが入力される (図 1 3 ステップ S 9 0 1)。

【 0 1 2 0 】

次に、合成処理部 8 は、全体画像のメタデータ M D 2 の属性値が分割画像のメタデータ M D 1 の属性値と一致するか否かを判定する (図 1 3 ステップ S 9 0 2)。合成処理部 8 は、メタデータ M D 2 と、メタデータ M D 2 と属性値が一致するメタデータ M D 1 との重複度を計算する (図 1 3 ステップ S 9 0 3)。具体的には、合成処理部 8 は、メタデータ M D 2 に含まれる B B と、メタデータ M D 1 に含まれる B B とで重複した面積を、メタデータ M D 1 に含まれる B B の面積で除算して得られる値を重複度とする。 40

【 0 1 2 1 】

なお、ステップ S 9 0 2 において、全体画像のメタデータ M D 2 に含まれる属性値が分割画像のメタデータ M D 1 に含まれる属性値と一致しない場合には (ステップ S 9 0 2 において N o)、同じ分割画像のメタデータ M D 1 に含まれる別の属性情報についての処理が行われる。

【 0 1 2 2 】

次に、合成処理部 8 は、ステップ S 9 0 3 で算出した重複度が予め設定された閾値を上回る場合 (図 1 3 ステップ S 9 0 4 において Y e s)、分割画像のメタデータ M D 1 の属 50

性情報と全体画像のメタデータMD2の属性情報とが同一の属性情報であると判断し、同じ属性情報をメタデータMD1から除去する(図13ステップS905)。つまり、分割画像と全体画像とで検出された物体の属性値が同じであり、かつ、その物体が入力画像において対応する位置関係にあるメタデータの属性情報が分割画像のメタデータMD1から排除される。

【0123】

一方、重複度が閾値以下の場合(ステップS904においてNo)、処理を終了する。こうして、合成処理部8は、複数の分割画像の各々について、図13のメタデータ選別処理を実行する。

【0124】

次に、合成処理部8は、メタデータ選別処理後のメタデータMD1と全体画像のメタデータMD2とを合成して、最終的な物体検出結果であるメタデータMDを出力する(図12ステップS801)。

【0125】

以上のようにして、本実施例では、物体検出の取りこぼしの発生を抑えつつ、計算量を削減することができる。

【0126】

本実施例では、割当の結果、あるフレームにおいて非選択となった分割画像の検出結果を保持部6に記憶されている過去の検出結果としている。これに対して別の例として、各分割画像における物体の動きベクトル値を毎フレーム算出し、上記の非選択となった分割画像に対する過去の検出結果を、算出した動きベクトル値で補正(過去の検出結果におけるBBの中心座標を動きベクトル値で補正)するようにしてもよい。

【0127】

[第2の実施例]

次に、本発明の第2実施例について説明する。図14は本発明の第2の実施例に係る物体検出装置の構成を示すブロック図である。本実施例の物体検出装置は、分割部1と、選択処理部2,7と、全体処理部3と、分割処理部4と、割当処理部5aと、保持部6と、合成処理部8とを備える。

【0128】

分割部1と選択処理部2,7と全体処理部3と分割処理部4と保持部6と合成処理部8については第1の実施例で説明したとおりである。

本実施例の割当処理部5aは、推定揺らぎ算出部50と、分割画像割当処理部51aと、シーン変動検出処理部52とを備えている。

【0129】

本実施例の物体検出装置は、第1の実施例と同様に物体検出処理を行うが、周期内で入力画像が急激に変化した場合に予約済みの演算コアおよびフレームをキャンセルして初期状態に戻す点が第1の実施例と異なる。この処理のために、本実施例では、割当処理部5aにシーン変動検出処理部52を設けている。

【0130】

図15はシーン変動検出処理部52の動作を説明するフローチャートである。シーン変動検出処理部52は、分割処理部4から出力された最新の検出結果に含まれる物体と同一の属性値を有する物体を、保持部6に記憶されている過去の検出結果の中から探索する(図15ステップS1000)。

【0131】

そして、シーン変動検出処理部52は、最新の検出結果と過去の検出結果とに含まれる同一の属性値の物体のI o U (Intersection over Union)を算出する(図15ステップS1001)。I o Uは、最新の検出結果に含まれる物体のBBの領域と過去の検出結果に含まれる物体のBBの領域との共通の面積を、最新の検出結果に含まれる物体のBBの領域と過去の検出結果に含まれる物体のBBの領域との和集合で割った値である。シーン変動検出処理部52は、このようなI o Uの算出を、同一の属性値を有する物体毎に算出

10

20

30

40

50

する。

【0132】

シーン変動検出処理部52は、物体毎に算出したIoUの平均値が予め定められた閾値未満の状態がフレーム（は予め定められた2以上の整数）連続して発生したかどうかを判定する（図15ステップS1002）。シーン変動検出処理部52は、このような判定をフレーム毎に行う。

【0133】

シーン変動検出処理部52は、IoUの平均値が閾値未満の状態がフレーム連続して発生した場合（ステップS1002においてYes）、入力画像に急激な変化が発生したと判定し、判定結果を分割画像割当処理部51aに通知する（図15ステップS1003）。

10

【0134】

シーン変動検出処理部52からの通知を受けた分割画像割当処理部51aは、選択処理部2,7に対して行った演算コアおよびフレームの予約を全て取り消して初期状態（予約無し）に戻す（図15ステップS1004）。そして、分割画像割当処理部51aは、入力画像に急激な変化が発生したと判定結果がでたフレームを周期の起点（例えば図4の例では、番号#0, #4, #8のフレーム）に再設定し、図10の処理を再開する（図15ステップS1005）。その他の構成は第1の実施例で説明したとおりである。

【0135】

第1、第2の実施例で説明した物体検出装置は、CPU（Central Processing Unit）、記憶装置及びインタフェースを備えたコンピュータと、これらのハードウェア資源を制御するプログラムによって実現することができる。このコンピュータの構成例を図16に示す。コンピュータは、CPU200と、記憶装置201と、インタフェース装置（I/F）202とを備えている。CPU200は、複数の演算コアを備えている。

20

【0136】

I/F202には、例えばカメラ等が接続される。このようなコンピュータにおいて、本発明の物体検出方法を実現させるためのプログラムは、記憶装置201に格納される。CPU200は、記憶装置201に格納されたプログラムに従って第1、第2の実施例で説明した処理を実行する。

【産業上の利用可能性】

30

【0137】

本発明は、画像処理技術に適用することができる。

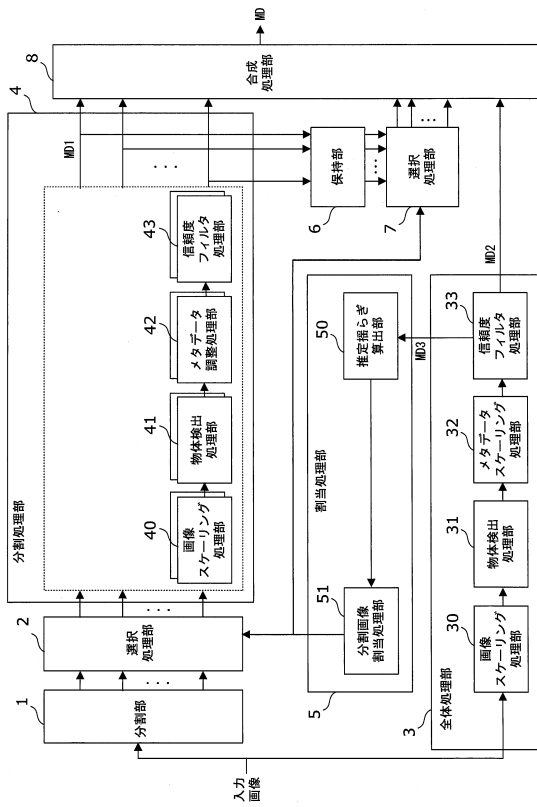
【符号の説明】

【0138】

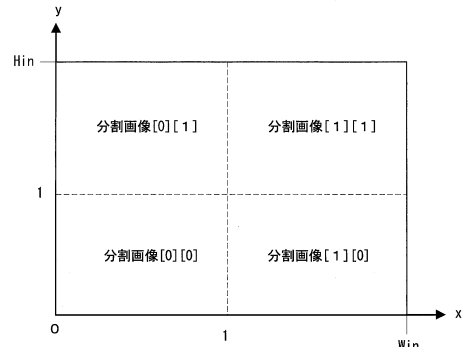
1...分割部、2...選択処理部、3...全体処理部、4...分割処理部、5,5a...割当処理部、6...保持部、7...選択処理部、8...合成処理部、30...画像スケーリング処理部、31...物体検出処理部、32...メタデータスケーリング処理部、33...信頼度フィルタ処理部、40...画像スケーリング処理部、41...物体検出処理部、42...メタデータ調整処理部、43...信頼度フィルタ処理部、50...推定揺らぎ算出部、51,51a...分割画像割当処理部、52...シーン変動検出処理部。

40

【図面】
【図 1】



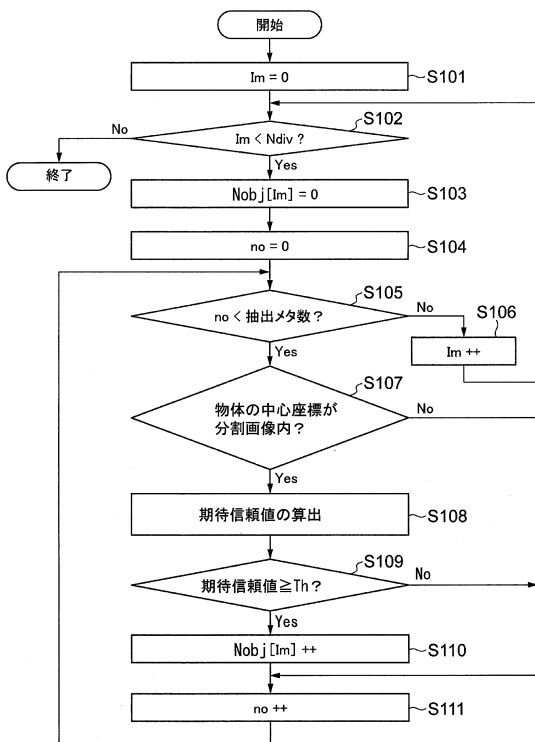
【図 2】



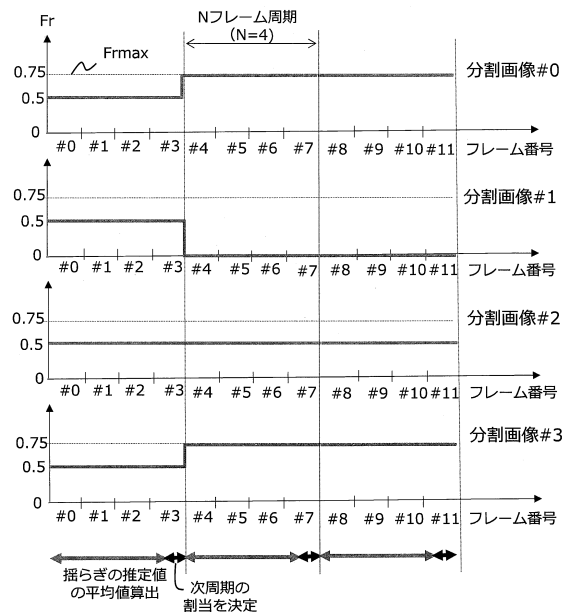
10

20

【図 3】



【図 4】

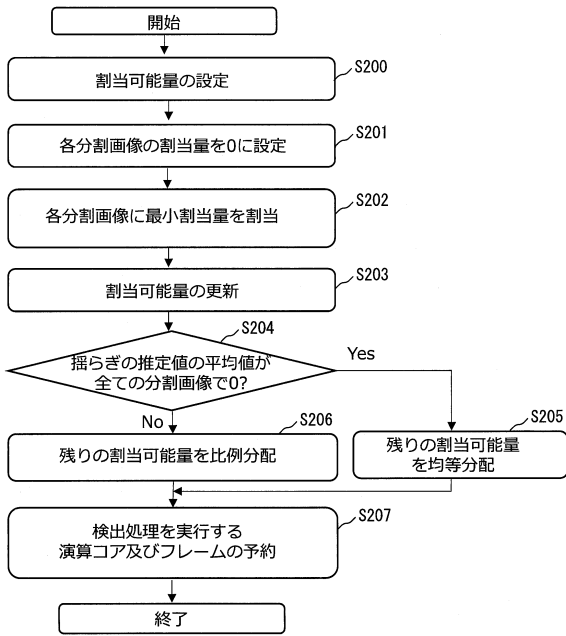


30

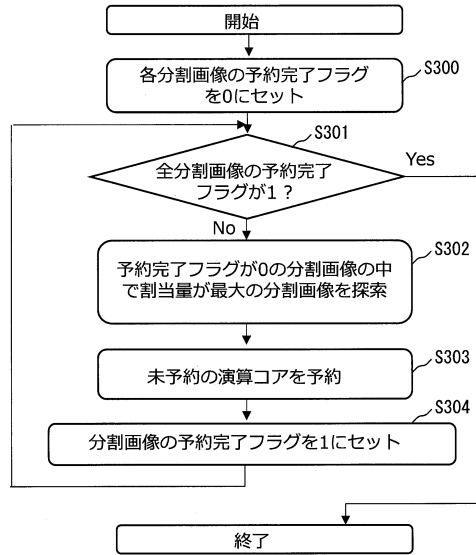
40

50

【図5】



【図6】



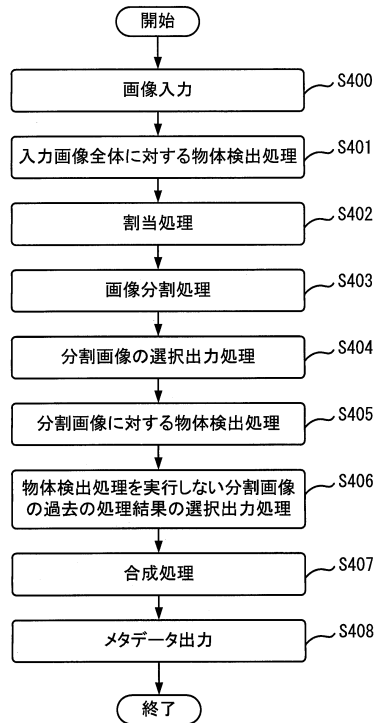
10

20

【図7】

| 演算 コア | フレーム番号 | | | |
|----------|------------|------------|------------|------------|
| | #4 | #5 | #6 | #7 |
| コア#0 | 分割画像 #1 | 分割画像 #1 | 分割画像 #1 | 分割画像 #1 |
| コア#1 | 分割画像 #2 | 分割画像 #0 | 分割画像 #2 | 分割画像 #3 |

【図8】

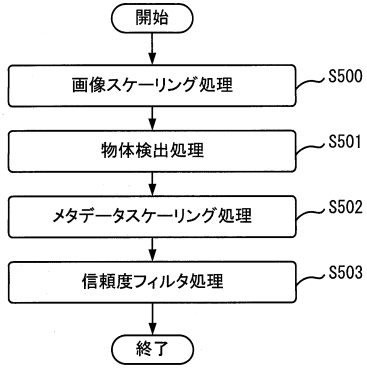


30

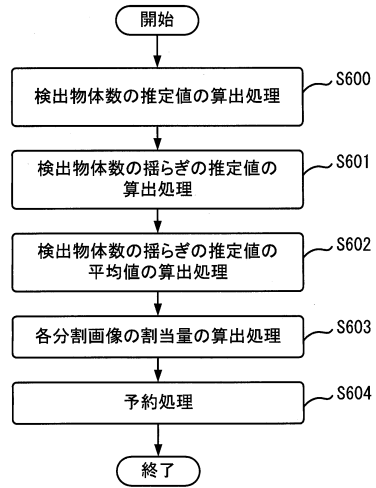
40

50

【図 9】

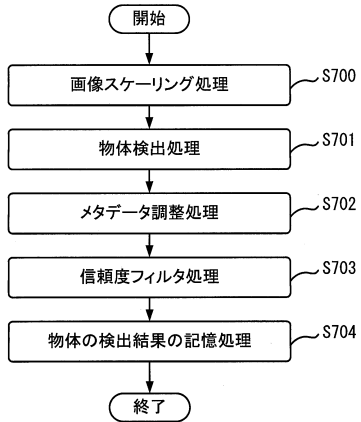


【図 10】

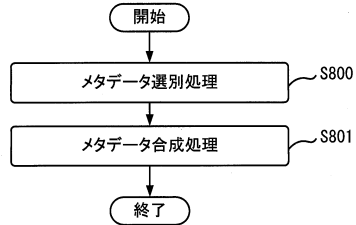


10

【図 11】



【図 12】



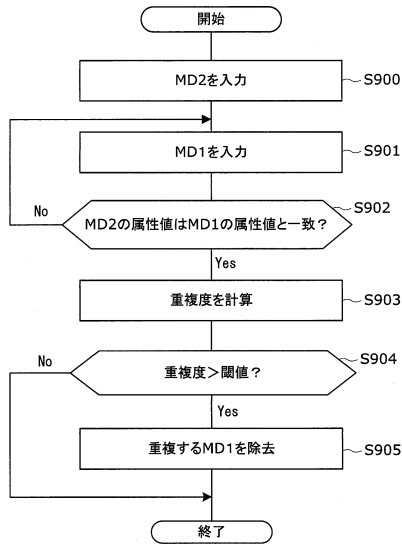
20

30

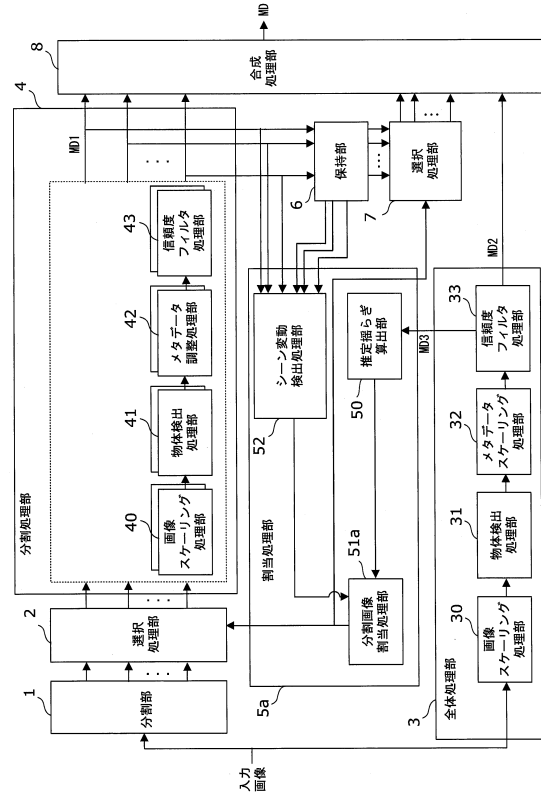
40

50

【図 13】



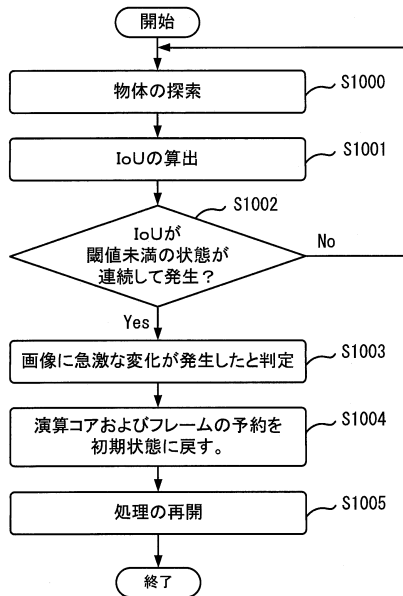
【図 14】



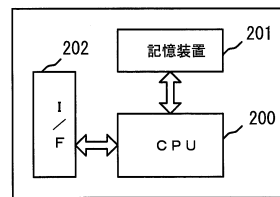
10

20

【図 15】



【図 16】

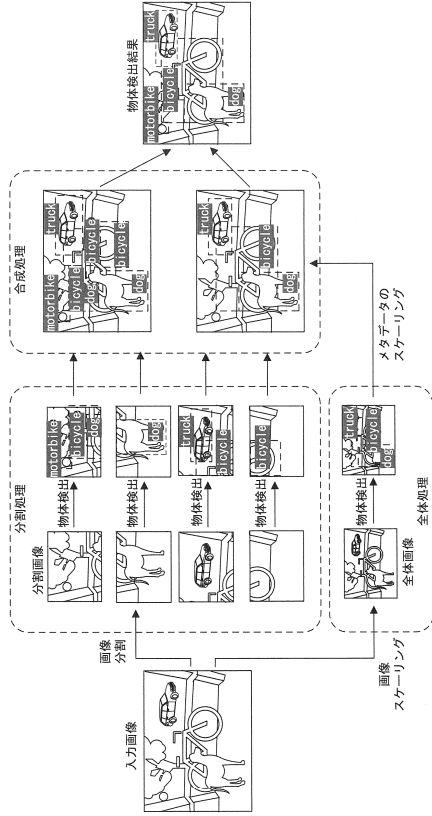


30

40

50

【図 17】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
(72)発明者 八田 彩希
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
(72)発明者 吉田 周平
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
(72)発明者 小林 大祐
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
(72)発明者 大森 優也
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
(72)発明者 新田 高庸
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
審査官 広 島 明芳
(56)参考文献 特開2014-092997(JP,A)
国際公開第2018/180386(WO,A1)
(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G06T 7/00 - 7/90
G06V 10/00 - 20/90