

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-329596

(P2007-329596A)

(43) 公開日 平成19年12月20日(2007.12.20)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H04N 7/01 (2006.01)	H04N 7/01 G	5C023
G06T 7/20 (2006.01)	G06T 7/20 B	5C063
H04N 5/262 (2006.01)	H04N 5/262	5C122
H04N 5/232 (2006.01)	H04N 5/232 Z	5L096

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 38 頁)

(21) 出願番号 特願2006-157783 (P2006-157783)
 (22) 出願日 平成18年6月6日(2006.6.6)

(71) 出願人 000005821
 松下電器産業株式会社
 大阪府門真市大字門真1006番地
 (74) 代理人 100109210
 弁理士 新居 広守
 (72) 発明者 今川 太郎
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下
 電器産業株式会社内
 (72) 発明者 吾妻 健夫
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下
 電器産業株式会社内
 Fターム(参考) 5C023 AA11 BA04 BA09 BA11 BA19
 CA01
 5C063 BA03 BA08 BA09 BA10 BA12
 CA01 CA05 CA07
 最終頁に続く

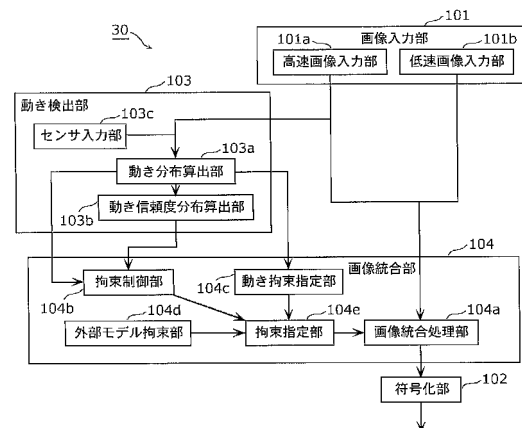
(54) 【発明の名称】 画像生成装置および画像生成方法

(57) 【要約】

【課題】 対応点検出や動き検出が正確に行えない画像領域も含めて複数の動画像を統合した新たな動画像を生成することができる画像生成装置を提供する。

【解決手段】 同一の対象物を撮像して得られる時空間解像度または時空間位相の異なる複数の動画像の入力を受け付ける画像入力部101と、それら複数の動画像の少なくとも1つから対象物の動きを検出するとともに、当該動き検出の信頼度を算出する動き検出部103と、生成される新たな動画像の画素値が満たすべき条件である外部モデル拘束条件を指定する外部モデル拘束部104dと、動き検出部103が検出した信頼度に基づいて、信頼度の高い画像領域については動き検出の結果を用い、信頼度の低い画像領域については外部モデル拘束部104dが指定する外部モデル拘束条件を用いることで、複数の動画像を統合した新たな動画像を生成する画像統合部104を備える。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の動画像から新たな動画像を生成する画像生成装置であって、
同一の対象物を撮像して得られる時空間解像度または時空間位相の異なる複数の動画像の入力を受け付ける画像入力手段と、

前記画像入力手段が受け付けた複数の動画像の少なくとも 1 つから前記対象物の動きを検出するとともに、当該動き検出の信頼度を算出する動き検出手段と、

生成される新たな動画像の画素値が満たすべき条件である外部モデル拘束条件を指定する外部モデル拘束手段と、

前記動き検出手段が検出した信頼度に基づいて、信頼度の高い画像領域については前記動き検出手段による動き検出の結果を用いて新たな画像を生成し、信頼度の低い画像領域については前記外部モデル拘束手段が指定する外部モデル拘束条件を用いて新たな画像を生成することにより、前記画像入力手段が受け付けた複数の動画像を統合して新たな動画像を生成する画像統合手段と

を備えることを特徴とする画像生成装置。

【請求項 2】

前記動き検出手段は、前記動画像を構成する各画像を分割したブロック単位で動きを検出し、ブロック同士の画素値の差の 2 乗和の符号を逆にした値を前記信頼度として算出し

、
前記画像統合手段は、前記差が予め定めた値よりも大きいブロックを信頼度の高い画像領域とし、前記差が予め定めた値よりも小さいブロックを信頼度の低い画像領域として、前記新たな動画像を生成する

ことを特徴とする請求項 1 記載の画像生成装置。

【請求項 3】

前記外部モデル拘束手段は、時空間的に隣り合う画素の画素値の連続性に関する条件を前記条件として指定する

ことを特徴とする請求項 1 記載の画像生成装置。

【請求項 4】

前記画像入力手段は、高速フレームレートで低解像度の第 1 動画像と低速フレームレートで高解像度の第 2 動画像を受け付け、

前記画像統合手段は、前記第 1 動画像と同じフレームレートで前記第 2 動画像と同じ解像度の動画像を前記新たな動画像として生成する

ことを特徴とする請求項 1 記載の画像生成装置。

【請求項 5】

前記第 2 動画像は、フレームごとの露出時間が前記第 1 動画像の露出時間よりも長い

ことを特徴とする請求項 4 記載の画像生成装置。

【請求項 6】

前記画像統合手段は、前記第 1 動画像から色差情報を抽出し、前記第 1 動画像から取得された輝度情報と前記第 2 動画像とから中間的な新たな動画像を生成し、生成した中間的な動画像に前記色差情報を付加することによって、最終的な前記新たな動画像を生成する

ことを特徴とする請求項 4 記載の画像生成装置。

【請求項 7】

前記動き検出手段はさらに、前記対象物を撮像する撮像装置の姿勢を検出する姿勢センサからの信号を受け付ける姿勢センサ入力部を有し、前記姿勢センサ入力部が受け付けた信号を用いて前記動きを検出する

ことを特徴とする請求項 1 記載の画像生成装置。

【請求項 8】

前記画像統合手段は、前記複数の動画像の少なくとも 1 つについて画像の時間的な変化量を算出し、算出した変化量が予め定めた値を超える時間範囲について、前記新たな動画像を生成する

ことを特徴とする請求項 1 記載の画像生成装置。

【請求項 9】

前記画像統合手段はさらに、生成した新たな動画像の信頼性を示す値を算出し、算出した値を前記新たな動画像とともに出力する

ことを特徴とする請求項 1 記載の画像生成装置。

【請求項 10】

複数の動画像から新たな動画像を生成する画像生成方法であって、

同一の対象物を撮像して得られる時空間解像度または時空間位相の異なる複数の動画像の入力を受け付ける画像入力ステップと、

前記画像入力ステップで受け付けた複数の動画像の少なくとも 1 つから前記対象物の動きを検出するとともに、当該動き検出の信頼度を算出する動き検出ステップと、 10

生成される新たな動画像の画素値が満たすべき条件である外部モデル拘束条件を指定する外部モデル拘束ステップと、

前記動き検出ステップで検出した信頼度に基づいて、信頼度の高い画像領域については前記動き検出ステップによる動き検出の結果を用いて新たな画像を生成し、信頼度の低い画像領域については前記外部モデル拘束ステップで指定する外部モデル拘束条件を用いて新たな画像を生成することにより、前記画像入力ステップで受け付けた複数の動画像を統合して新たな動画像を生成する画像統合ステップと

を含むことを特徴とする画像生成方法。

【請求項 11】

20

複数の動画像から新たな動画像を生成するためのプログラムであって、

請求項 10 記載の画像生成方法に含まれるステップをコンピュータに実行させる

ことを特徴とするプログラム。

【請求項 12】

前記画像入力手段は、前記時空間位相が異なる複数の動画像として、原動画像の本来のフレーム画像の複数の部分をそれぞれ異なる時刻について表す複数種類のフィールド画像のうち、一種類のフィールド画像を複数のフレームについて連ねてなる異なる複数の動画像を受け付け、

前記画像統合手段は、前記原動画像のフィールドレートと同等のフレームレートを有し、かつ前記本来のフレーム画像と同等の解像度を有するフレーム画像から構成される新たな動画像を生成する 30

ことを特徴とする請求項 1 記載の画像生成装置。

【請求項 13】

前記フィールド画像の露出時間が、時間的に隣接するフィールド間の時間間隔よりも長いことを特徴とする請求項 12 記載の画像生成装置。

【請求項 14】

前記画像統合手段は、前記動き検出手段が検出した動きの大きさを入力画像の画素間隔で丸めた場合の誤差に基づいて動き検出の信頼度のしきい値を設定し、前記動き検出手段が検出した動き検出の信頼度が前記しきい値よりも大きい位置を信頼度の高い画像領域とし、前記動き検出の信頼度が前記しきい値よりも小さい位置を信頼度の低い画像領域として、前記新たな動画像を生成する 40

ことを特徴とする請求項 1 記載の画像生成装置。

【請求項 15】

さらに、前記周波数強度算出部が、入力手段が受け付けた動画像から入力画像の時空間周波数強度を算出する周波数強度算出手段を備え、

前記画像統合手段は、前記周波数強度算出手段で算出された高周波強度が大きい場合に動き検出の信頼度のしきい値を小さく設定し、前記高周波強度が小さい場合に動き検出の信頼度のしきい値を大きく設定し、前記動き検出手段が検出した動き検出の信頼度が前記しきい値よりも大きい位置を信頼度の高い画像領域とし、前記動き検出の信頼度が前記しきい値よりも小さい位置を信頼度の低い画像領域として、前記新たな動画像を生成する 50

ことを特徴とする請求項 1 記載の画像生成装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、動画像を生成する画像生成装置に関し、特に、複数の動画像から夫々の優れた特性を併せ持つ新たな動画像を生成する画像生成装置に関する。

【背景技術】

【0002】

デジタル撮像デバイスの進展に伴い、高空間解像度の静止画像を比較的低コストで撮影することが可能となってきた。しかしながら、このような高空間解像度の静止画と同等の空間解像度を保ちながら滑らかに動く動画像（例えば、30 フレーム／秒程度）や更に高速度の撮影を実現するには課題がある。

【0003】

これは、単位時間あたりに得られる画像の情報量が莫大になるために、撮像デバイス内の画像情報の転送速度が不足することや、並列に画像情報を転送するなどの特殊な撮像デバイスを必要とする為、撮影装置のコストが増加したり、撮像デバイスの特性の調整が別途必要になることに因る。

【0004】

従来の時空間解像度（時間および空間の解像度）の高い画像を得る画像生成方法としては、高速低解像度カメラと低速高解像度カメラとの映像を用い、動画像のフレーム間の対応点検出を用いてモーフィングを行うものがある（例えば、特許文献 1 参照）。図 4 2 は、特許文献 1 に記載された従来 of 画像生成方法を説明する図である。なお、本明細書において、撮像能力または動画像の性質に関して、「高速」（または、「低速」）とは、フレームレートが相対的に大きい（または、小さい）ことを意味し、「高解像度」（または、「低解像度」）とは、空間解像度が相対的に高い（または、低い）ことを意味する。

【0005】

図 4 2 において、高速低解像度カメラ A 0 1 と低速高解像度カメラ A 0 2 は同じ対象を同じ画角で同期して撮影している。カメラ A 0 1 とカメラ A 0 2 の撮影画像の関係を図 4 3 に示す。図 4 3 は、2 つのカメラ A 0 1 および A 0 2 が撮影したフレームを時間の順に並べており、フレーム B 0 1 と B 0 2 はカメラ A 0 2 で得られた画像を表し、フレーム B 1 1 ～ B 1 5 は、カメラ A 0 1 で得られた画像を表している。ここで空間解像度の違いは画像の大きさで表現しており、フレーム B 1 1 ～ B 1 5 は、フレーム B 0 1 と B 0 2 に比べて画素数が少なく、空間解像度が低い。一方、カメラ A 0 1 はカメラ A 0 2 よりも撮影のフレームレートが高く、カメラ A 0 2 が 1 フレーム撮影する間にカメラ A 0 1 は 4 フレーム撮影している。また、カメラ A 0 2 のフレーム撮影の時間に同期してカメラ A 0 1 のフレーム撮影を行っている（フレーム B 0 1 とフレーム B 1 1 およびフレーム B 0 2 とフレーム B 1 5 は同じタイミングで撮影）。以下の例では、フレーム B 2 3 の位置（フレーム B 1 3 の撮影時間に相当）に相当する高解像度画像の中間フレーム画像の生成方法について説明する。

【0006】

このようにして撮影したフレーム画像について、一次マッチング部 A 0 3 はカメラ A 0 1 の高速撮影画像において隣りあう各フレーム間の画素の対応関係を求める。ここで、対応関係とは、あるフレーム画像内の各画素が映す対象の部位が他方のフレーム画像内のどの画素位置に写っているかの関係である。次に、隣り合う高速画像間の対応関係をつなぎ合わせることで、生成したいフレーム B 2 3 の時刻に位置する高速カメラ画像 B 1 3 と、高速画像と低速画像を同期して撮影しているフレーム B 1 1 との画素間の対応関係を求める。

【0007】

次に、二次マッチング部 A 0 4 は、高速画像と低速画像を同期して撮影しているフレーム B 0 1 とフレーム B 1 1 との画素の位置関係、フレーム B 1 3 とフレーム B 2 3 との画

素の位置関係、および、一次マッチング部A03で求めたフレームB11とフレームB13との対応関係をつなぎ合わせることで、フレームB01とフレームB23との画素の対応関係を決定する。

【0008】

次に、画像生成部A05は、フレームB01とフレームB23との画素の対応関係を用いて、フレームB01の画素値を用いてフレームB23の画素値を決定し、高解像度中間フレーム画像B23を生成する。同様の手順で他の中間フレームを生成することで、高解像度かつ高速の映像を生成する。

【0009】

また、非特許文献1や非特許文献2などでも同様に、高速低解像度カメラと低速高解像度カメラとの映像を用い、高速カメラの映像から動き検出を行い、その動きに合わせて低速高解像度動画像に対してモーフィングを行うことで高解像度の中間フレーム画像を生成している。

【特許文献1】特開2003-203237号公報（図18）

【非特許文献1】Toru MATSUNOBU, et al., "Generation of High Resolution Video Using Morphing", Technical report of IEICE, PRMU2004-178

【非特許文献2】Kiyotaka Watanabe, et al., "Generation of High Resolution Video Sequence from Two Video Sequences with Different Spatio-temporal Frequencies", 情報科学技術レターズ（FIT2004）, Vol. 3, No. LI-004, 2004

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、上記従来の技術では、高速画像において隣り合うフレーム間で対応関係を正確に求めることや、動き検出を正確に行えることが前提となっており、対応関係が正確に求まらない場合や、動き検出が行えない場合には、生成する画像が大きく劣化したり、低解像度画像を単に拡大した画像になってしまうという課題を有している。一般的に、画像中の動物体の動きが複雑な場合や照明状態が変化する場合やオクルージョンが発生する場合やアパーチャ問題が発生する場合などには、フレーム間の対応点を求めることや動き検出を全ての画素について正確に求めることは困難である。

【0011】

そこで、本発明は、上記従来の課題を解決するものであり、対応点検出や動き検出が正確に行えない画像領域も含めて複数の動画像を統合した新たな動画像を生成することができる画像生成装置およびその方法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】

【0012】

上記目的を達成するために、本発明に係る画像生成装置は、複数の動画像から新たな動画像を生成する画像生成装置であって、同一の対象物を撮像して得られる時空間解像度または時空間位相の異なる複数の動画像の入力を受け付ける画像入力手段と、前記画像入力手段が受け付けた複数の動画像の少なくとも1つから前記対象物の動きを検出するとともに、当該動き検出の信頼度を算出する動き検出手段と、生成される新たな動画像の画素値が満たすべき条件である外部モデル拘束条件を指定する外部モデル拘束手段と、前記動き検出手段が検出した信頼度に基づいて、信頼度の高い画像領域については前記動き検出手段による動き検出の結果を用いて新たな画像を生成し、信頼度の低い画像領域については前記外部モデル拘束手段が指定する外部モデル拘束条件を用いて新たな画像を生成することにより、前記画像入力手段が受け付けた複数の動画像を統合して新たな動画像を生成する画像統合手段とを備えることを特徴とする。

【0013】

このような構成によって、前記画像入力手段が、例えば、高速フレームレートで低解像度の第1動画像と低速フレームレートで高解像度の第2動画像を受け付けた場合には、前記画像統合手段は、前記第1動画像と同じフレームレートで前記第2動画像と同じ解像度の動画像を前記新たな動画像として生成することができる。つまり、入力された複数の動画像の夫々の優れた特性を併せ持つ新たな動画像が生成される。

【0014】

なお、本発明は、このような画像生成装置として実現できるだけでなく、画像生成方法、その方法をコンピュータに実行させるプログラム、そのプログラムを記録したCD-ROM等のコンピュータ読み取り可能な記録媒体等としても実現することができる。

10

【発明の効果】

【0015】

本発明の画像生成装置によれば、動画像中において必ずしも動きや対応点が正確に求まらない画像領域を含んでいる場合にでも、その画像の時空間解像度を動画像全体で向上させた新たな動画像が生成される。たとえば、高速低解像度動画像と低速高解像度動画像とから、夫々の優れた特性を併せ持つ高速高解像度動画像が確実に生成される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

(第1の実施の形態)

本発明の第1の実施形態は、複数の動画像から新たな動画像を生成する画像生成装置であって、同一の対象物を撮像して得られる時空間解像度または時空間位相の異なる複数の動画像の入力を受け付ける画像入力手段と、前記画像入力手段が受け付けた複数の動画像の少なくとも1つから前記対象物の動きを検出するとともに、当該動き検出の信頼度を算出する動き検出手段と、生成される新たな動画像の画素値が満たすべき条件である外部モデル拘束条件を指定する外部モデル拘束手段と、前記動き検出手段が検出した信頼度に基づいて、信頼度の高い画像領域については前記動き検出手段による動き検出の結果を用いて新たな画像を生成し、信頼度の低い画像領域については前記外部モデル拘束手段が指定する外部モデル拘束条件を用いて新たな画像を生成することにより、前記画像入力手段が受け付けた複数の動画像を統合して新たな動画像を生成する画像統合手段とを備えることを特徴とする。これによって、動き検出の信頼度が低い領域については、予め定めた外部モデル拘束条件に従って画像が統合されるので、本発明によれば、従来において対応点検出や動き検出が正確に行えない画像領域も含めて画像が統合され得る。

20

30

【0017】

ここで、前記動き検出手段は、例えば、前記動画像を構成する各画像を分割したブロック単位で動きを検出し、ブロック同士の画素値の差の2乗和の符号を逆にした値を前記信頼度として算出し、前記画像統合手段は、前記差が予め定めた値よりも大きいブロックを信頼度の高い画像領域とし、前記差が予め定めた値よりも小さいブロックを信頼度の低い画像領域として、前記新たな動画像を生成してもよい。また、前記外部モデル拘束手段は、例えば、時空間的に隣り合う画素の画素値の連続性に関する条件を前記条件として指定してもよい。

40

【0018】

このような構成によって、前記画像入力手段は、例えば、高速フレームレートで低解像度の第1動画像と低速フレームレートで高解像度の第2動画像を受け付け、前記画像統合手段は、前記第1動画像と同じフレームレートで前記第2動画像と同じ解像度の動画像を前記新たな動画像として生成することができる。つまり、入力された複数の動画像の夫々の優れた特性を併せ持つ新たな動画像が生成される。

【0019】

なお、前記第2動画像は、フレームごとの露出時間が前記第1動画像の露出時間よりも長くしておいてもよい。第2動画像は、第1動画像に比べてフレームレートが低いので、より長い露出時間で撮像することが可能であり、これによって、第2動画像に、移動物体

50

の移動軌跡のような動き情報が含まれることとなり、その動き情報を用いて、より動き精度の高い新たな動画像を生成することができる。

【0020】

また、入力される複数の動画像がカラーの動画像である場合には、前記画像統合手段は、前記第1動画像から色差情報を抽出し、前記第1動画像から取得された輝度情報と前記第2動画像とから中間的な新たな動画像を生成し、生成した中間的な動画像に前記色差情報を付加することによって、最終的な前記新たな動画像を生成するのが好ましい。これによって、例えば、RGBの各色ごとに新たな動画像を生成する処理に比べ、少ない処理量でカラーの高速高解像度動画像を生成することができる。

【0021】

また、前記動き検出手段はさらに、前記対象物を撮像する撮像装置の姿勢を検出する姿勢センサからの信号を受け付ける姿勢センサ入力部を有し、前記姿勢センサ入力部が受け付けた信号を用いて前記動きを検出してもよい。これによって、より精度の高い動き検出が確保されるので、より動き精度の高い新たな動画像を生成することができる。

【0022】

また、前記画像統合手段は、前記複数の動画像の少なくとも1つについて画像の時間的な変化量を算出し、算出した変化量が予め定めた値を超える時間範囲について、前記新たな動画像を生成してもよい。これによって、必要な時間区間だけにおいて画像の統合処理を行うだけで済むとともに、統合処理をする時間区間とそうでない時間区間とが滑らかに接合され、その不連続性が知覚されにくくなる。

【0023】

また、前記画像統合手段はさらに、生成した新たな動画像の信頼性を示す値を算出し、算出した値を前記新たな動画像とともに出力するのが好ましい。これによって、信頼性を利用した動画像の後処理が可能となる。例えば、これら2つの情報を取得した符号化手段が、信頼性の低い画像を高い圧縮率で符号化し、信頼性の高い画像を低い圧縮率で符号化することで、全体として、符号化に伴う情報の欠損が少ない高圧縮率の符号化が可能となる。

【0024】

以下、図面を参照しながら本発明の第1の実施の形態に係る画像生成システムについて詳細に説明する。

【0025】

図1は、本発明の実施の形態に係る画像生成システムのハードウェア構成を示すブロック図である。

【0026】

画像生成システム100は、同一の対象についての複数の動画像（ここでは、高速低解像度動画像および低速高解像度動画像）から時空間解像度の高い新たな動画像（ここでは、高速高解像度動画像）を生成するシステムであり、撮像装置10と、画像記憶装置20と、画像生成装置30と、表示装置40とを備えている。撮像装置10は、被写体を撮影し、異なる2種類の時空間解像度で動画像（ここでは、同一の対象についての高速低解像度動画像および低速高解像度動画像）を得るカメラ等である。画像記憶装置20は、撮像装置10で撮像された動画像を一時的に記憶するメモリ等である。画像生成装置30は、画像記憶装置20に記憶された動画像を読み出し、読み出した複数の動画像から、時空間解像度を高めた新たな動画像を生成する装置である。表示装置40は、画像生成装置30で生成された新たな動画像を表示する表示装置である。なお、画像生成装置30は、専用回路等のハードウェアによって実現してもよいし、汎用の計算機における画像処理プログラム等のソフトウェアによって実現してもよい。

【0027】

図2は、図1に示された画像生成システム100における画像生成装置30の内部構成を示す機能ブロック図である。この画像生成装置30は、画像入力部101と、動き検出部103と、画像統合部104とを備える。

10

20

30

40

50

【0028】

画像入力部101は、同一の対象物を撮像して得られる時空間解像度または時空間位相の異なる複数の動画像の入力を受け付けるインターフェース等であり、ここでは、高速（高速フレームレート）かつ低空間解像度で撮影した動画像（高速低解像度動画像）の入力を受け付ける（あるいは、取得する）高速画像入力部101aと、高速画像入力部101aと同じ対象を低速（低速フレームレート）かつ高空間解像度で撮影した動画像（低速高解像度動画像）の入力を受け付ける（あるいは、取得する）低速画像入力部101bとを有する。このように、高速画像入力部101aに入力された画像と低速画像入力部101bに入力された画像は、時空間解像度は異なるが、同じ対象を撮影した画像である。

【0029】

10

動き検出部103は、画像入力部101に入力される画像を生成する撮像装置10の動きを検出するセンサ（撮像装置10に備えられた加速度センサ等）からの信号を取得するセンサ入力部103cと、画像入力部101に入力された画像または／およびセンサ入力部103cに入力された動き信号に基づいて、入力画像中の画像（つまり、撮像の対象物）の動き検出を各フレームの画像全体において行う動き分布算出部103aと、動き分布算出部103aにおける動き検出の信頼度を各フレームの画像全体において算出する動き信頼度分布算出部103bとを有する。

【0030】

画像統合部104は、画像入力部101に入力された複数の動画像のうち、信頼度の高い画像領域については動き検出部103による動き検出の結果を用いて新たな動画像を生成し、信頼度の低い領域については予め定められた一定の拘束条件を用いて複数の動画像を統合する処理部であり、統合処理部104aと、拘束制御部104bと、動き拘束指定部104cと、外部モデル拘束部104dと、拘束指定部104eとを有する。

20

【0031】

動き拘束指定部104cは、動き分布算出部103aによる動き検出の結果を用いて、生成する高速高解像度動画像の各画素値が満たすべき拘束条件（以下、動き検出の結果に依存して指定される拘束条件を「動き拘束条件」という。）を指定する処理部である。

【0032】

外部モデル拘束部104dは、生成する高速高解像度動画像の各画素値が動き分布算出部103aによる動き検出の結果とは別に満たすべき拘束条件（以下、動き検出の結果に依存することなく指定される拘束条件を「外部モデル拘束条件」という。）を指定する。

30

【0033】

拘束制御部104bは、動き分布算出部103aで算出された動き検出の結果と動き信頼度分布算出部103bで算出された信頼度とを用いて、生成する高速高解像度動画像中の各フレーム画像中の各位置において、動き拘束条件と外部モデル拘束条件とをそれぞれ有効にする度合いを決定し、その度合いを拘束指定部104eに通知する。

【0034】

拘束指定部104eは、拘束制御部104bが決定した動き拘束条件と外部モデル拘束条件との有効度合いに基づいて、動き拘束指定部104cが指定する動き拘束条件と外部モデル拘束部104dが指定する外部モデル拘束条件とを統合した拘束条件、つまり、生成する高速高解像度動画像の各画素値が満たすべき拘束条件を指定する。

40

【0035】

統合処理部104aは、拘束指定部104eによって指定される拘束条件に従って、高速画像入力部101aに入力された高速画像と低速画像入力部101bに入力された低速画像とを統合し、高速高解像度動画像を生成する。

【0036】

符号化部102は、統合処理部104aによって生成された画像を圧縮符号化して出力する。

【0037】

なお、本実施の形態における「フレーム」には、プログレッシブ方式におけるフレーム

50

だけでなく、インターレース方式における偶数フィールドおよび奇数フィールドが含まれる。

【0038】

次に、以上のように構成された画像生成装置30が実行する処理について説明する。図3は、画像生成装置30の実行する処理のフローチャートである。

【0039】

ステップ601では、高速画像入力部101aが高速低解像度動画像の入力を受け付け、低速画像入力部101bが同一対象についての低速高解像度動画像の入力を受け付ける。以降、説明に用いる画像は輝度画像を用いて説明する。

【0040】

高速画像入力部101aに入力される高速低解像度動画像と低速画像入力部101bに入力される低速高解像度動画像の関係を図4に示す。図4は、それら2つの画像の連続したフレーム画像を時間の順に並べており、フレーム201と202は低速高解像の画像を表し、フレーム211～215は高速低解像の画像を表している。

【0041】

本図において、空間解像度の違いは画像の大きさで表現されている。フレーム211～215は、フレーム201と202に比べて画素数が少なく空間解像度が低い。一方、フレームレートについては、高速画像入力部101aは、低速画像入力部101bに比べ、撮影のフレームレートが高く、ここでは、低速画像入力部101bの1フレーム間隔で高速画像入力部101aは4フレーム撮影している。また、フレーム201と202の画像の時間方向の幅は露出時間を表している。低速画像入力部101bに入力される画像はフレームレートが低い分、高速画像入力部101aに入力される画像に比べて長い露出が可能となる。図4では、低速高解像度動画像のフレーム201は、高速低解像度動画像の4フレーム間隔分の露出が行われている。

【0042】

なお、高速画像入力部101aに入力されるフレームと低速画像入力部101bに入力されるフレームとの撮影タイミングは、時間の相対関係が既知であればよく、必ずしも同時に撮影される必要は無い（つまり、撮像タイミングにおける位相が異なってもよい）。また、長時間露出を行うことで、高解像度の画像中においても移動物体の移動軌跡のような動き情報を取得することが可能となる。高解像度画像から得た動き情報と矛盾のない動画像を後述する画像の統合処理において生成することで、時空間解像度の高い動画像を生成することが可能となる。

【0043】

ここで、撮像装置10の具体例、つまり、2種類の画像を取得する撮影手段の例を示す。2種類の画像は、図5（a）のように、特性の異なる2種類のカメラを同一画角になるようにハーフミラーを用いて配置して撮影しても良いし、図5（b）のように、1つのカメラ内において特性の異なる2種類の撮像素子を同一画角になるようにハーフミラーやプリズムを用いて配置して撮影しても良いし、図5（c）のように特性の異なる2種類の画像を同時に撮影する撮像素子を用いても良い。

【0044】

次に、図6を用いて、目的とする高速高解像度動画像の画素値（ここでは、輝度値）と、高速画像入力部101aに入力される高速低解像度動画像および低速画像入力部101bに入力される低速高解像度動画像の画素値（ここでは、輝度値）との関係を説明する。この関係は、高速高解像度動画像の各画素が満たすべき外部モデル拘束条件として画像生成に使用する。

【0045】

ここで、各画像の画素値は撮像時の入射光量に比例し、比例定数も共通であるとする。図6（a）は、目的とする高速高解像度動画像の各フレームの画素の配置を示したものである。説明の便宜のため、高速高解像度動画像の一部を取り出して説明する。図6（a）は、縦（Y軸）方向3画素、横（X軸）方向3画素、4フレームの画素の配置を表してい

10

20

30

40

50

る。画素位置 (X, Y, t) の画素の値を HH (X, Y, t) とする。ここで X と Y は 0, 1, 2 の値の範囲とし、t は 0, 1, 2, 3 の値の範囲とする。

【0046】

同様に、図 6 (b) は、図 6 (a) と同じ画角を同じ時間に撮影した高速低解像度動画の画素の配置を示す。ここで、高速低解像度動画の画素位置 (X_L, Y_L, t) の画素値を HL (X_L, Y_L, t) と表す。低解像度画像と高解像度画像では x、y 方向の画素数が異なるため、低解像度画像の x、y 座標値をそれぞれ X_L, Y_L と表して高解像度画像の場合と区別する。ここでは高解像度画像の x、y 方向それぞれ 3 画素からなる 9 画素分の領域が低解像度画像の 1 画素に相当する関係にあり、画素値の関係は数 1 のようになる。

【0047】

【数 1】

$$HL(x_L, y_L, t) = \sum_{x=0}^2 \sum_{y=0}^2 HH(x, y, t)$$

【0048】

同様に、図 6 (c) は、図 6 (a) と同じ画角を同じ時間に撮影した低速高解像度動画の画素の配置を示す。ここで、低速高解像度動画の画素位置 (X, Y, t_L) の画素値を LH (X, Y, t_L) と表す。

【0049】

高速画像と低速画像では時間方向のフレーム数が異なるため、低速画像のフレーム番号を t_L と表して高速画像の場合と区別する。ここでは高速画像の 4 フレーム分の間隔が低速画像の 1 フレーム間隔に相当する関係にあり、画素値の関係は数 2 のようになる。

【0050】

【数 2】

$$LH(x, y, t_L) = \sum_{t=0}^3 G(t) * HH(x, y, t)$$

【0051】

ここで、G (t) は、時刻 t の撮影強度を表し、撮像素子の感度や撮影時の絞りの時間的変化による画素値の変化倍率を示している。撮像素子の感度や撮影時の絞りに時間的変化が無い場合には、G (t) = 1. 0 である。

【0052】

図 4 のように、高速画像の露出時間に対して低速画像の露出時間を長くすることで、長い時間にわたる動きの軌跡情報を蓄積することが可能となり、高速高解像度動画を生成する上で動きの生じている部分の時空間解像度の改善に効果がある。

【0053】

以上の例では、画素値は撮像時の入射光量に比例する場合 (図 7 (a)) で説明したが、γ 補正等により比例しない場合 (図 7 (b)) や比例定数が画素によって異なる場合には、別途、画像が撮影されたときの撮像素子の入出力特性 (入出力関係) を逆に対応付けて利用することで、入射光に対して同一の比例関係を持つ値に画素値を補正し、数 1 や数 2 の関係を満たすことができる。例えば、図 7 (c) のような画素値と補正值の対応関係を用いることで図 7 (b) のようにして得られた画素値を補正し、図 7 (a) のようにして得られた画素値と同様に処理することができる。

【0054】

また、上述の説明では、画素値として輝度値を用いて説明したが、各画素に R, G, B のカラー値が存在する場合にも R, G, B の個々の値について輝度値と同様の関係が得られる。

【0055】

他の外部モデル拘束としては、時空間的に隣り合う画素との画素値の連続性や滑らかさ

10

20

30

40

50

がある。画素値の連続性を用いる場合、

【数 3】

$$Qs = \lambda s(x, y, t) \cdot \left[\sum_{x=1}^{x_{\max}} \{HH(x, y, t) - HH(x-1, y, t)\}^2 \right. \\ \left. + \sum_{y=1}^{y_{\max}} \{HH(x, y, t) - HH(x, y-1, t)\}^2 \right. \\ \left. + \sum_{t=1}^{t_{\max}} \{HH(x, y, t) - HH(x, y, t-1)\}^2 \right]$$

10

のように高速高解像度動画像の隣り合う画素間の輝度値の差の二乗和 Qs を考える。画素値の滑らかさを用いる場合には、

【数 4】

$$Qs = \lambda s(x, y, t) \cdot \left[\sum_{x=1}^{x_{\max}-1} \{2 \cdot HH(x, y, t) - HH(x+1, y, t) - HH(x-1, y, t)\}^2 \right. \\ \left. + \sum_{y=1}^{y_{\max}-1} \{2 \cdot HH(x, y, t) - HH(x, y+1, t) - HH(x, y-1, t)\}^2 \right. \\ \left. + \sum_{t=1}^{t_{\max}-1} \{2 \cdot HH(x, y, t) - HH(x, y, t+1) - HH(x, y, t-1)\}^2 \right]$$

20

のように高速高解像度動画像の隣り合う画素間の輝度値の二階差分の二乗和 Qs を考える。ここで、数 3、数 4 において、 $X_{\max}$ と $Y_{\max}$ と $t_{\max}$ はそれぞれ x 方向画素番号、 y 方向画素番号、フレーム番号の最大値を示す。また、 $\lambda s(x, y, t)$ は、拘束条件の時空間的分布を指定する係数であり、後述のステップ 604 において動きの信頼度を用いて決定する。

【0056】

このように、外部モデル拘束条件は、生成する高速高解像度動画像に対する評価関数として表現することができる。その評価関数の値（評価値）を下げることで上記外部モデル拘束を生成する高速高解像度動画像に加えることに対応する。

30

【0057】

他の外部モデル拘束として、エッジの時空間的連続性を用いても良い。この場合、例えば

【数 5】

$$Qte = \lambda te(x, y, t) \cdot \sum_{x=0}^{x_{\max}} \sum_{y=0}^{y_{\max}} \sum_{t=0}^{t_{\max}} \sum_{i=0}^{i_{\max}} \{edge(x+u(x, y, t), y+v(x, y, t), t+1, i) - edge(x, y, t, i)\}^2$$

に示すように、時間的に隣り合うフレーム間で対応する位置のエッジの向きの変化は少ないという拘束や、

40

【数 6】

$$Qse = \lambda se(x, y, t) \cdot \sum_{x=0}^{x_{\max}} \sum_{y=0}^{y_{\max}} \sum_{t=0}^{t_{\max}} \sum_{i=0}^{i_{\max}} \{edge(x+i_x, y+i_y, t, i) - edge(x, y, t, i)\}^2$$

のように、同じ向きのエッジは、そのエッジの方向に空間的に連続して存在するという拘束である。ここで数 5、数 6 の $edge(x, y, t, i)$ は、動画像中の (x, y, t) の位置に存在する i 番目の向きのエッジの強度を示す。 i はエッジの方向の種類を示し

50

、 i は 0 から i_{max} までの整数値をとるものとする。また、数 6 の (i_x, i_y) は i 番目のエッジの向きの方向を表すベクトルを示す。

【0058】

また、 $u(x, y, t)$ 、 $v(x, y, t)$ は画像中の (x, y, t) の位置における動きベクトルの x 方向成分と y 方向成分を示す。エッジの検出は方位依存性を有する Gabor フィルタなどのエッジ検出フィルタの出力を用いたり、数 7 のように微分演算でエッジの方向と強度を得た後、必要に応じてエッジの方向を離散化して用いることで実現できる。

【0059】

【数 7】

10

$$\left(\frac{\partial HH(x, y, t)}{\partial x}, \frac{\partial HH(x, y, t)}{\partial y} \right)$$

は高速高解像度動画画像 HH の座標 (x, y, t) におけるエッジの向きと強度を 2 次元ベクトルとして表しており、ベクトルの向きがエッジの向きに対応し、ベクトルの大きさがエッジの強度に対応する。

【0060】

ここで、 $\lambda_{te}(x, y, t)$ や $\lambda_{se}(x, y, t)$ は、 $\lambda_s(x, y, t)$ と同様に、拘束条件の時空間的分布を指定する係数であり、後述のステップ 604 において動きの信頼度を用いて決定する。

20

【0061】

また、他の拘束条件として、生成する動画画像が表現し得る自由度を予め定めた動画画像群の主成分に限定してもよい。例えば、動画画像を構成する各フレームの各画素の輝度値 $HH(x, y, t)$ を独立な要素とし、動画画像を 1 つのデータ点と考え、予め定めた同じフレーム数・画素数の動画画像群に対して主成分分析を行い、主成分を優先して動画画像を生成するものである。この場合、非主成分のベクトルを $NPC(x, y, t)$ とし、生成する動画画像を $HH(x, y, t)$ に対して、非主成分 NPC と生成する動画画像 HH との内積を拘束条件とする。この場合、拘束条件は、

【数 8】

$$Q_{pc} = \lambda_{pc}(x, y, t) \cdot \sum_{x=0}^{x_{max}} \sum_{y=0}^{y_{max}} \sum_{t=0}^{t_{max}} NPC(x, y, t) \cdot HH(x, y, t)$$

30

の Q_{pc} ようになる。 NPC は 1 種類ではなく複数個用意しても良いし、入力画像によって NPC の種類を切り換えても良い。この場合、入力画像と高解像度時の主成分との関係を予め学習しておき、この結果を用いて NPC の選択を行えばよい。例えば、異なる 3 種類の高速高解像度の動画画像群 1・2・3 を学習用の動画画像として用意する。その動画画像群それぞれから非主成分のベクトル $NPC1$ ・ $NPC2$ ・ $NPC3$ を求める。別途、上記動画画像群 1・2・3 のそれぞれから数 1 や数 2 の関係式を用いて高速低解像度動画画像群 $HL1$ ・ $HL2$ ・ $HL3$ と低速高解像度動画画像群 $HH1$ ・ $HH2$ ・ $HH3$ とを求める。ここで学習すべき関係は、画像群 $HL1$ ・ $HH1$ と画像群 $HL2$ ・ $HH2$ と画像群 $HL3$ ・ $HH3$ の 3 つの画像群と上記 3 種類の非主成分 $NPC1$ ・ $NPC2$ ・ $NPC3$ との対応関係である。対応関係の学習方法は任意の手法を用いてよく、画像群ごとに高速低解像度動画画像 HL と低速高解像度動画画像 HH の平均画像の組を求めておき、平均画像の組と非主成分の種類との対応関係を保持しておく（学習）。新たな入力画像 HL ・ HH の組に対して平均画像の組との差を求め、差の最も小さい平均画像の組に対応する非主成分を入力画像の復元処理に用いるようにする。平均画像と非主成分の種類との関係を保持する替わりに、高速低解像度動画画像 HL と低速高解像度動画画像 HH を入力とし、それら HL と HH に対応する非主成分の種類を出力とした入出力関係をニューラルネットワーク等の学習手法を用いて求めておき、学習後には入力画像 HL ・ HH の組をニューラルネットワークに入力して、出力として得られる種類の非主成分を拘束条件として用いるようにしてもよい。

40

50

【0062】

ここで、 $\lambda_{pc}(x, y, t)$ も上記 $\lambda_s(x, y, t)$ と同様に拘束条件の時空間的分布を指定する係数で後述のステップ604において、動きの信頼度を用いて決定する。

【0063】

次に、ステップ602では、動き検出部103が、高速低解像度動画画像から画像中の動きとその動きの信頼度を算出する。ここで、高速画像入力部101aから得た動画画像の各フレーム画像の各位置において、動き分布算出部103aが被写体の動きの向きと大きさを求め（動き検出）、動きの向きと大きさの時空間的分布を求める。また、動き信頼度分布算出部103bは、動き検出の信頼度の時空間的分布 $conf(x, y, t)$ を併せて求める。この場合、動き検出の信頼度とは、信頼度が高い程、動き検出の結果が尤もらしく、信頼度が低い場合には動き検出の結果に誤りがあることを意味する。隣り合う2フレーム画像間の画像上の各位置での動きの求め方については、例えば、P. ANANDAN, "A Computational Framework and an Algorithm for the Measurement of Visual Motion", IJCV, 2, 283-310 (1989) で用いられる方法や動画画像符号化で一般的に用いられる動き検出手法や、画像を用いた移動体追跡などで用いられる特徴点追跡手法などを用いることができる。また、画像全体の大域的動き(アフィン動きなど)検出の一般的手法や、Lihi Zelkik-Manor, "Multi-body Segmentation: Revisiting Motion Consistency", ECCV (2002) などの手法を用いて複数の領域ごとの動き検出を行い、各画素位置での動きとして用いてもよい。信頼度の求め方については、上記 P. ANANDAN の文献に記載の方法を用いてもよく、ブロックマッチングを用いた動き検出の場合には、数9のように、動きに対応するブロック同士の画素値の差の2乗和を差の2乗和が取り得る最大値 SSD_{max} から引いた値、つまりブロック同士の画素値の差の2乗和の符号を逆にした値 $conf(x, y, t)$ を信頼度として用いても良い。また、画像の大域的動き検出や領域ごとの動き検出を用いた場合にも、各画素位置の動きの始点近傍領域と終点近傍領域との画素値の差の2乗和を2乗和が取り得る最大値 SSD_{max} から引いた値 $conf(x, y, t)$ を信頼度として用いても良い。

【0064】

【数9】

$$Conf(x, y, t) = SSD_{max} - \sum_{i \in \text{ブロック}} \sum_{j \in \text{ブロック}} \{I(x+i, y+j, t) - I(x'+i, y'+j, t+1)\}^2$$

【0065】

数9において、位置 $(x', y', t+1)$ は、動き検出の結果として得られた画素位置 (x, y, t) の移動先に相当する画素位置である。また、数9の Σ はブロックマッチングで用いるブロック領域内での加算を表す。

【0066】

なお、上記説明では、高速画像入力部101aから得た画像を用いて動き検出と信頼度算出を行ったが、同様の動き検出処理を低速画像入力部101bから得た画像に対して動き検出と信頼度算出を行っても良い。

【0067】

また、撮影機器の姿勢の変化を検出するセンサの情報（センサ入力部103cに入力されてくる信号）を入力として用いても良い。この場合、撮像装置10が加速度や角加速度センサを備え、センサ入力部103cが加速度の積分値として速度や角速度を得ることで、動き分布算出部103aは、センサ入力部103cに入力された情報から、手ブレなどのようなカメラの姿勢の変化による画像全体の動きの情報を得ることができる。例えば、画像入力部101としてカメラを用いた場合、そのカメラに水平方向と垂直方向の角加速度センサを備えることで、そのセンサの出力から水平方向と垂直方向の加速度を各時刻における姿勢計測値として得ることができる。加速度値を時間で積分すると各時刻の角速度

を算出することができる。カメラが時刻 t に水平方向に ω_h の角速度を持ち、垂直方向に ω_v の角速度も持つ場合、カメラの角速度はカメラの向きの起因する撮像素子上（撮影画像上）の位置 (x, y) における時刻 t における像の 2 次元的動き (u, v) と一意に対応付けることができる。カメラの角速度と撮像素子上での像の動きとの対応関係は、カメラの光学系（レンズなど）の特性（焦点距離やレンズひずみなど）と撮像素子との配置や撮像素子の画素間隔とから一般的に決定できる。実際に算出するには、光学系の特性と撮像素子の配置や画素間隔から幾何学的・光学的に算出して対応関係を得るか、あらかじめ対応関係をテーブルとして保持しておき、カメラの角速度 $\omega_h \cdot \omega_v$ から、撮像素子上 (x, y) の像の速度 (u, v) を参照するようにしてもよい。

【0068】

このようなセンサを用いた動き情報も画像から得た動き検出の結果と合せて用いても良い。この場合、動き分布算出部 103a は、画像全体の動き検出には主にセンサの情報を用い、画像内での対象の動きは画像を用いた動き検出の結果を使用すればよい。

【0069】

次に、ステップ 603 では、動き拘束指定部 104c が動き検出部 103 が求めた動き検出結果と、目的とする高速高解像度動画像との関係を指定する。図 8 を用いて低解像度動画像で求めた動き検出結果と高速高解像度動画像との関係を説明する。図 8 (a) と図 8 (b) は、それぞれ、高速画像の隣り合うフレーム画像（フレーム番号 t と $t+1$ ）を表している。簡単のため、低解像度画像において 3 画素 $\times$ 3 画素の領域で説明する。ここで、低解像度画像の 1 画素を更に 3 画素 $\times$ 3 画素に分けた領域が高解像度画像の画素を表している。なお、図 8 では、説明に必要な高解像度画素のみ図示している。ここで、動き検出部 103 が動き検出を行った結果として、図 8 (a) の太線 501 の低解像度画素位置が、図 8 (b) の画素位置 502 に対応している（枠 501 の画像が枠 502 に移動した）とする。ここで、上述のような動き検出の手法では一般的に画素サイズより小さい単位で動きの向きや大きさを算出することができる。従って、低解像度画像の動き検出の結果を用いて、図 8 (b) のように低解像度画素位置に一致しない高解像度画像の画素単位の動きを算出し、高速高解像度の画素に対する数 10 の関係を得ることができる。

【0070】

この動き検出の結果を用いて、太線の枠内（501, 502）の高速高解像度動画像の各画素値について

【数 10】

$$HH(x, y, t) = HH(x + u(x, y, t), y + v(x, y, t), t + 1)$$

の関係が成り立つと想定する。

【0071】

ここで、 $u(x, y, t)$ と $v(x, y, t)$ は、検出結果を表しており、図 8 (a) の太線の黒枠（501）内の位置 (x, y, t) が図 8 (b) の太線の黒枠（502）内の位置に移動する動きのうち x 方向の移動量を $u(x, y, t)$ 、 y 方向の移動量を $v(x, y, t)$ と表している。上記の例では、動き検出を高速低解像度動画像で行ったが、低速高解像度動画像において動き検出を行った結果を同様に用いてもよい。高解像度画像を用いた場合は、動き検出を求めるフレームの時間間隔は増すが、フレーム内での対応付けの位置精度は向上する。

【0072】

次に、ステップ 604 では、拘束制御部 104b が拘束条件の強度の時空間的分布を決定し、拘束指定部 104e が生成する高速高解像度動画像に対する総合的な拘束条件を指定する。以下詳細を説明する。拘束指定部 104e は、上記数 1、数 2 で示す高速高解像度動画像と高速画像・低速画像との画素値の関係と、上記数 10 で示す動き検出結果と高速高解像度動画像との関係と、上記数 3、数 4、数 5、数 6、数 8 など示す外部モデル拘束とを用いて、目的とする高速高解像度動画像に対する総合的な拘束条件 $J(HH)$ を

指定する。数 1 1 に総合的な拘束条件 J の例を示す。

【 0 0 7 3 】

【 数 1 1 】

$$J = |HL - HL'|^2 + |LH - LH'|^2 + Q_s + Q_m + Q_{se} + Q_{te} + Q_{pc}$$

【 0 0 7 4 】

数 1 1 において、右辺の第 1 項は高速高解像度動画像から数 1 の関係式を使って作り出した高速低解像度動画像 H L ' と高速画像入力部 1 0 1 a に実際に入力される高速低解像度動画像 H L との差（対応する画素値との差の 2 乗和）を表す拘束で、第 2 項目は高速高解像度動画像から数 2 の関係式を使って作り出した低速高解像度動画像 L H ' と、低速画像入力部 1 0 1 b に実際に入力される高速低解像度動画像 L H との差（対応する画素値との差の 2 乗和）を表す拘束である。第 1 項目の拘束と第 2 項目の拘束は、生成した画像と撮影した画像との輝度値の関係が、上記数 1 と数 2 の関係をできるだけ満たすようにするものであり、撮影画像と生成画像との間で輝度値の矛盾を生じにくくする条件である。

【 0 0 7 5 】

数 1 1 の右辺の第 3 項目は外部モデル拘束条件 Q s であり数 3 や数 4 の条件を用いる場合には生成した画像において時空間的に隣り合う画素の輝度値は近い値を持ちやすいような拘束である。従って、ノイズのように輝度値が時空間的に小刻みに変化するような画像の生成を抑制する。数 1 1 の右辺の第 4 項目は動き検出結果に基づいた拘束条件 Q m であり、動き検出を行った結果と生成画像との間に矛盾が生じにくいように動き検出の結果を用いた拘束の例を数 1 2 に示す。

【 0 0 7 6 】

【 数 1 2 】

$$Q_m = \sum_{x=0}^{x_{\max}-1} \sum_{y=0}^{y_{\max}-1} \sum_{t=0}^{t_{\max}-1} \lambda_m(x, y, t) \cdot \{HH(x+u(x, y, t), y+v(x, y, t), t+1) - HH(x, y, t)\}^2$$

【 0 0 7 7 】

数 1 2 では高速高解像度動画像における隣り合うフレーム間（t と t + 1）の動き u , v を用いて拘束を構成しているが、1 フレーム以上離れたフレーム間での動き検出結果 u ' , v ' を用いて数 1 3 のように離れたフレームとの間の動き検出を行った結果を用いて拘束条件を設定してもよい。また、数 1 2 と数 1 3 のような拘束を併用しても良い。

【 0 0 7 8 】

【 数 1 3 】

$$Q_m = \sum_{x=0}^{x_{\max}-2} \sum_{y=0}^{y_{\max}-2} \sum_{t=0}^{t_{\max}-2} \lambda_m(x, y, t) \cdot \{HH(x+u'(x, y, t), y+v'(x, y, t), t+2) - HH(x, y, t)\}^2$$

【 0 0 7 9 】

異なるフレーム間隔での動き検出を用いることで、遅い動きなどのように少ないフレーム間隔では検出しにくい動きなどを検出し、画像生成に反映させることが可能となる。

【 0 0 8 0 】

数 1 1 の右辺の第 5 項目はエッジの時間的連続性を示す拘束条件であり、数 1 1 の右辺の第 6 項目はエッジの空間的連続性を示す拘束条件、数 1 1 の右辺の第 7 項目は生成画像から非主成分を抑制する拘束条件である。

【 0 0 8 1 】

ここで、λ s 、λ m 、λ s e 、λ t e 、λ p c は拘束条件の強度の時空間的分布を決定する係数であり拘束制御部 1 0 4 b が決定する。ステップ 6 0 2 で動き信頼度分布算出部 1 0 3 b が求めた動き検出の信頼度を c o n f (x , y , t) (> 0) とし、値が大きいと動き検出の信頼度が高いとする。

【 0 0 8 2 】

λs 、 λm 、 λse 、 λte 、 λpc の決め方の例として、 α を予め定めた定数として $\text{conf}(x, y, t) > \alpha$ を満たす場合に $\lambda m(x, y, t) = 1.0$ のように動き拘束を有効にし、他の拘束条件を座標 (x, y, t) において予め定めた小さな値 ε (< 1.0)に設定し、 $\text{conf}(x, y, t) \leq \alpha$ では $\lambda m(x, y, t) = 0.0$ 、他の λ を 1.0 とする。つまり、動き検出部103において、動画像を構成する各画像を分割したブロック単位で動きを検出するに際し、ブロック同士の画素値の差の2乗和を前記2乗和の取り得る値の最大値から引いた値を動き検出の信頼度 $\text{conf}(x, y, t)$ として算出し、画像統合部104において、その差が予め定めた値 α よりも大きいブロックを信頼度の高い画像領域とし、その差が予め定めた値 α 以下のブロックを信頼度の低い画像領域として、信頼度の高い画像領域については動き検出の結果を用いて新たな画像を生成し、信頼度の低い画像領域については外部モデル拘束条件を用いて新たな画像を生成する。

10

【0083】

ここで、動き検出の信頼度の比較基準となる α (動き検出信頼度のしきい値)を動き検出で得た動きの大きさに応じて変更しても良い。

【0084】

図9に変更の手続きの例を示す。ステップ3901では、位置 (x, y, t) において動き検出部で得た動きの大きさ $|v_x(x, y, t)|$ と $|v_y(x, y, t)|$ を得る。ここで、 $|v_x(x, y, t)|$ は動きベクトルの水平成分の大きさ、 $|v_y(x, y, t)|$ は動きベクトルの垂直成分の大きさを示す。

20

【0085】

次にステップ3902ではステップ3901で求めた動きの大きさと低解像度入力画像の画素間隔 P の倍数 (P 、 $2P$ 、 $3P$ 、 $\dots$)との差のうち最小の値を求める。この値は、言い換えれば、動き検出部が検出した動きの大きさを低解像度入力画像の画素間隔で丸めた場合の誤差である。

【0086】

ここで、動きの大きさおよび画素間隔を表す単位は生成する高解像度画像の画素間隔を基準値1として考える。例えば、動きの大きさが4で、 P が3の場合、 P の倍数のうち動きの大きさ4に最も近い値は3であるため、3と4との差を求める。

【0087】

このようにして求めた、水平方向の動きの大きさと P の倍数との差を $D_x(x, y, t)$ 、垂直方向の動きの大きさと P の倍数との差を $D_y(x, y, t)$ と置く。最終的な差分は両者を統合した値 $D_{xy}(x, y, t)$ とする。統合した値の求め方は、総加平均 $D_{xy}(x, y, t) = \{D_x(x, y, t) + D_y(x, y, t)\} / 2$ や、2乗平均 $D_{xy}(x, y, t) = \sqrt{\{D_x(x, y, t)^2 + D_y(x, y, t)^2\}}$ などを用いる。ここで $\sqrt{\quad}$ は平方根をあらわす。

30

【0088】

次に、ステップ3903では前記 $D_{xy}(x, y, t)$ を用いて位置 (x, y, t) の α の値 $\alpha(x, y, t)$ を決定する。 $D_{xy}(x, y, t)$ が小さくなるに従い、 $\alpha(x, y, t)$ を大きく設定し、動き検出の信頼度判定を厳しくする。例えば、 $\alpha(x, y, t) = \alpha_{\max} - (\alpha_{\max} - \alpha_{\min}) \times D_{xy}(x, y, t) / D_{\max}$ のようにして決定する。ここで、 $\alpha_{\max}$ は α の最大値、 $\alpha_{\min}$ は α の最小値としてあらかじめ定めおき、 $D_{\max}$ は $D_{xy}(x, y, t)$ がとりうる最大値である。 α の設定方法は、 $D_{xy}(x, y, t)$ が小さくなるに従い、 $\alpha(x, y, t)$ を大きくなるように設定していれば他の方法で設定しても良い。

40

【0089】

動きの大きさが低解像度入力画像の画素間隔の倍数に近い場合、動き検出を行った移動前の入力画像と移動後の入力画像とにおいて、移動する被写体のほぼ同じ位置に画素が対応するため、被写体領域における両画像の相関が高くなる。

【0090】

50

図 1 2 を用いて説明する。図 1 2 の (a) と (b) は低解像度入力画像の隣り合うフレーム画像の一部を示している。図 1 2 (a) の黒色の被写体 4 2 0 1 は次のフレーム (b) では低解像度画像の 2 画素分右に移動している。図中の斜線部分は画素の大きさよりも小さい凹形状が被写体の左側にあることを示している。被写体 2 4 0 1 の形状については図 1 2 (a) と (b) は同じ形を平行移動した関係となっている。動き拘束を用いて両画像間の対応関係を設定しても解像度を向上させるための相補的な情報は得られ難い。逆に、動きベクトルに含まれる誤差が大きいと、動き拘束を用いることで生成画像を劣化させてしまう可能性が生じる。

【0091】

一方、動きの大きさが低解像度入力画像の画素間隔の倍数と離れている場合、動き検出を行った移動前の入力画像と移動後の入力画像とには移動する被写体に対する相対的画素位置に差異が生じる。このことを図 1 3 を用いて説明する。

【0092】

図 1 3 の (a) と (b) は低解像度入力画像の隣り合うフレーム画像の一部を示している。図 1 3 (a), (b) の黒色の被写体 4 3 0 1 は、被写体 4 2 0 1 (図 1 2 を参照) と同じ形状の被写体異なる速度 (右へ 2.5 画素分) で移動した様子を表している。移動量が画素間隔の倍数と異なるため、同一の被写体であるにも係わらず、図 1 3 (a) と (b) とでは異なる写り方になっている。

【0093】

この場合、動き拘束を用いて両画像間の対応関係を設定することで、相関の低い 2 つの画像を相補的に利用し、被写体の画素の大きさよりも小さい形状に関する情報を得ることができる。この結果、解像度改善効果が得やすい。このとき、異なる写りの画像に対して動き拘束を用いることによる解像度改善効果が大きくなるため、図 1 2 の場合には画像劣化を引き起こすような誤差が動きベクトルに多少含まれていても、動き拘束を用いる利点が勝る。

【0094】

このように、動きベクトルの大きさと低解像度入力画像の画素間隔の倍数との差が小さい場合は、より精度の高い動き検出結果のみを動き拘束に用いることで、動き検出に含まれる誤差が生成する画質を低下させることを回避することができる。一方、動きベクトルの大きさと低解像度入力画像の画素間隔の倍数との差が大きい場合には、比較的精度の低い動き検出結果を用いても、解像度の改善効果が期待できる。動きベクトルの大きさを α を変えることで、動き拘束を有効に用いて高解像度化処理を行うことが可能となる。

【0095】

また、図 1 1 に示すように、画像生成装置 3 0 に周波数強度算出部 1 0 5 を追加してなる画像生成装置 3 0 a を考え、前記周波数強度算出部 1 0 5 が、画像入力部 1 0 1 が入力した画像の周波数別の信号強度を算出し、前記周波数別の信号強度に基づいて動き検出信頼度のしきい値 α を変更してもよい。

【0096】

図 1 0 に変更の手続きの例を示す。ステップ 4 0 0 1 では、周波数強度算出部 1 0 5 が入力画像 (ここでは、一例として高速画像を用いるが、低速画像を用いても良いし、両方用いても良い) に対して次式のようにフーリエ変換を行い、空間周波数別の信号強度を求める。

【0097】

$$F(\omega_x, \omega_y, t) = FT(HL(x, y, t))$$

【0098】

ここで、 $HL(x, y, t)$ は高速画像の輝度分布を表し、 $FT()$ は空間方向の周波数強度への変換を表し、 $F(\omega_x, \omega_y, t)$ は高速画像の周波数強度分布を示す。 ω_x と ω_y はそれぞれ、水平方向の空間周波数と垂直方向の空間周波数を表す。

【0099】

次にステップ 4 0 0 2 では、高周波成分と低周波成分の強度比を求める。ここで、高速

画像が撮影できる空間周波数の上限を $\omega_{\max}$ とし、空間周波数 $0 \sim \omega_{\max}/2$ において $F(\omega_x, \omega_y, t)$ を積算した値を低周波成分 LF とし、空間周波数 $\omega_{\max}/2 \sim \omega_{\max}$ において $F(\omega_x, \omega_y, t)$ を積算した値を高周波成分 HF とする。高周波成分と低周波成分の強度比 R は $R = HF / LF$ として求める。この場合、 R は各時間 t について求まる。

【0100】

次に、ステップ4003では前記強度比 R を用いて動き検出信頼度のしきい値 α を変更する。ここで、 R が大きい画像に対して α が小さくなるように設定する。例えば、 α の最大値 $\alpha_{\max}$ と、 α の最小値 $\alpha_{\min}$ と、 R に対するしきい値 R_{th} とをあらかじめ定めおき、 R が R_{th} を超えたときに $\alpha = \alpha_{\min}$ とし、 R が R_{th} 未満の場合に $\alpha = \alpha_{\max}$ とする。 α の設定方法は、 R が大きい画像に対して α が小さくなるように設定すれば、他の方法を用いてもよい。

10

【0101】

一般に、撮影できる空間周波数の上限に近い周波数帯では、低周波数帯に比べて撮像利得が低くなる。このため、撮影可能な周波数の範囲内であっても、高解像度化処理による画質改善の余地が大きい。

【0102】

ここで、低周波数成分が高周波成分に対して相対的に多い画像の場合、高解像度化可能な潜在的成分が少ないことが予想される。このような場合、正確な動きの拘束を用いて高解像度化を図っても、改善余地は少ない。しかも、動き検出に誤差を含む場合、動き拘束を用いることで画像劣化が生じ得る。

20

【0103】

一方、高周波成分が相対的に多い画像の場合、高解像度化可能な潜在的成分が多いことが予想される。この場合、動き検出に多少の誤差が含まれていても、動き拘束を用いて高解像度化する効果が勝ることになる。

【0104】

このように、入力画像の周波数強度に応じて動き拘束の信頼度しきい値 α を変えることで、動き拘束により画質が改善しやすい場合には、より多くの動きを用い、動き拘束による画質改善が限定されやすい場合には、精度の高い動きのみを用いて処理を行う。動き拘束を有効に用いて高解像度化の処理を行うことが可能となる。

【0105】

なお、上記の例では、画像全体に対して周波数強度を求めたが、ウェーブレット変換などを用いて、画像の局所ごとに周波数強度を求めて同様の処理を行っても良い。また、上記の例では、高速画像を用いて、空間方向の周波数強度を算出して用いたが、低速画像を用いて、時間方向の周波数強度を算出し、同様の処理を行ってもよい。

30

【0106】

他の λ の決め方として、ある単調増加関数 $g(x)$ を用いて $\lambda_m(x, y, t) = g(\text{conf}(x, y, t))$ 、他の λ の (x, y, t) における値を $g(\text{conf_max}) - g(\text{conf}(x, y, t))$ とするように、連続的に定義してもよい。ここで、 conf_max は信頼度を取り得る値の最大値である。このように、動き検出の信頼度が高い時には動き拘束に重きを置き、信頼度が低い時には外部モデル拘束の割合を増すことで、動き検出が正確に行えない位置においても、画像が劣化することを抑え、時空間解像度を高めることが可能となる。また、上記では外部モデル拘束として複数の拘束を同時に用いたが、同様に他の拘束を更に加えて用いても良いし、一部の拘束のみを用いても本発明の効果は得られる。

40

【0107】

次に、ステップ605では、統合処理部104aが拘束条件 J を最小にする高速高解像度動画像を求める。拘束条件 J を最小にする高速高解像度動画像の求め方としては、例えば、拘束条件 J を高速高解像度動画像の各画素値で微分した式が0とおいた数14の方程式を解いて求めることや、最急勾配法などを用いて繰り返し法を用いて求めても良い。最後に、ステップ606では、統合処理部104aは、生成した高速高解像度の画像を出力す

50

る。

【0108】

【数14】

$$\frac{\partial J}{\partial HH(x,y,t)}=0$$

【0109】

より具体的な入力画像の組と出力画像の例を図14から図18を用いて説明する。ここでは説明を容易にするために、6画素×6画素×4フレームの動画像を用いて説明する。これはより大きな画像やフレーム数の大きい動画像の一部とみなすことができる。ここで、図14は、撮影の対象を仮に高速高解像度で撮影できた場合の画像を示す。図14の映像は本来撮影により取得できないが、説明の為に示す。図14(a)から(d)は4フレームを時間の順番に並べており、静止している被写体1401と移動している被写体1402が写っている。このような被写体に対して、高速低解像度動画像と低速高解像度動画像を得る(ステップ601)。このような被写体の高速低解像度動画像(画素数が縦横それぞれ1/3の場合)の例を図15に示す。図15(a)から(d)は、図14の(a)から(d)の撮影時間に対応するフレームである。ここで、黒の画素と白の画素との中間の画素値の画素は左下向きの斜線で示している。フレーム数は図14と同じであるが、空間解像度が図14よりも低い。同様に、このような被写体の低速高解像度動画像(フレーム数1の場合)の例を図16に示している。空間解像度は図14と同じであるが、図14の(a)から(d)のフレームの間を露出しているため、被写体1402が移動軌跡として撮影されている。

【0110】

次に、高速低解像度動画像から、動き検出部103は、画像中の被写体の動きと動きの信頼度を求める(ステップ602)。図14の画像がより大きな画像の一部を示しているため、動き検出自体はより大きな画像全体で行った結果のうち、図14の画像領域に関する結果を得ても良い。

【0111】

図17に信頼度の分布の例を示す。図17(a)から(d)は、図14の(a)から(d)の撮影時間に対応する。図17において、右下向きの斜線部分が動き検出の信頼度が低い場所を示し、他の領域(白および黒の画素)は動き検出の信頼度が高い場所を示している。ここで白と黒の画素の表示は被写体との関係を表しており、信頼度では区別はない。また、静止している被写体や背景に対する動き検出の結果は動きの量が0という扱いになる。図14の被写体のような場合、2つの被写体1401と1402が接近するあたりでは正確な動き検出が困難となる。拘束制御部104bは、動き検出結果を用いた拘束の設定(ステップ603)と動きの信頼度の低い位置に対する外部拘束条件とから総合的な拘束条件を設定し(ステップ604)、その拘束条件を用いて統合処理部104aは高速高解像度動画像を生成・出力する(ステップ605、606)。

【0112】

図18に生成した画像の例を示す。図18(a)から(d)は、図14(a)から(d)の撮影時間に対応する。2つの被写体が接近するフレーム図18(b), (c)では画素値が中間的な値になっているものの、本来撮影では得られない図14の映像に近い映像が得られる。図19には動き検出の結果のみを用い、動きの信頼度や外部拘束条件を用いない場合の生成画像の例を示す。動き検出が正確に行えない図19(b), (c)のフレームの画像の右上において正確な画像の生成が行えていない。図18の結果では、動き検出が図18(b), (c)の右上の領域で正確に行えていないことから、外部拘束条件により、画像の他の位置や他のフレームとの画素値の連続性(数3, 4など)やエッジの連続性(数5, 6など)や動画像の主成分の傾向(数8など)を用いることで、統合処理部104aは高速高解像度動画像として望ましい画像を生成することができる。

【0113】

上記の例では、画像統合部 104 は、生成画像を出力するのみであるが、生成画像の出力と併せて画像生成の信頼度を出力しても良い。画像生成の信頼度 γ は生成した画像が正確に高速高解像化されている度合いを予測する値である。 γ の決め方としては、以下の数 15 に示される動きの信頼度の総和や、

【0114】

【数 15】

$$\gamma = \sum_{x=0}^{X_{\max}} \sum_{y=0}^{Y_{\max}} \sum_{t=0}^{T_{\max}} \text{conf}(x, y, t)$$

【0115】

有効な拘束条件の数 N と求めるべき動画像の総画素数 M ($=$ フレーム数 $\times$ 1 フレーム画像の画素数) との比率 N/M などを用いることができる。ここで $N = N_h + N_l + N_\lambda \times C$ であり、 N_h は高速画像の総画素数 (フレーム数 $\times$ 1 フレーム画像の画素数)、 N_l は低速画像の総画素数、 N_λ は外部拘束条件を有効にする時空間位置 (x, y, t) の総数、 C は外部拘束の種類の数とする。なお、数 14 などの方程式を連立 1 次元方程式として解く場合には、Cline, A. K., Moler, C. B., Stewart, G. W. and Wilkinson, J. H., "An Estimate for the Condition Number of a Matrix", SIAM J. Num. Anal. 16 (1979), 368-375. などに記載されている解の算出計算の安定性を示す条件数を信頼度として用いることができる。動きの信頼度の高い場合、動き拘束を用いた生成画像の信頼度も高いことが期待できる。また、生成する動画像の総画素数に対して有効な拘束条件が多い場合には、解としての生成画像を安定して得ることができ、生成画像の信頼度も高いことが期待できる。同様に、上記条件数が小さい場合にも解の誤差が小さいことが期待できる為、生成画像の信頼度が高いと期待できる。

【0116】

このように、生成画像の信頼度を出力することで、出力した動画像に対して MPEG などの圧縮符号化を行う際に、信頼度の低い場合には圧縮率を高め、逆に、信頼度の高い場合には圧縮率を低く設定することが可能となり、適切な圧縮率の設定が可能となる。例えば生成画像の信頼度 γ と符号化の圧縮率 δ との関係を図 20 のように単調増加の関係に設定し、生成した動画像の信頼度 γ の値に対応する圧縮率 δ で符号化を行う。生成画像の信頼度 γ が低い場合には生成画像が誤差を含みうるため、圧縮率を高くしても実質的に情報の欠損があまり生じないことが期待されるため、効果的にデータ量を削減できる。ここで圧縮率とは、もとの画像のデータ量に対する符号化後のデータ量の割合で、圧縮率が高い (大きい値) ほど、符号化後のデータ量は小さくなり、復号化した際の画質は低下する。

【0117】

同様に、MPEG の場合などでは、前記信頼度の高いフレームを優先的に I ピクチャなどのフレーム内符号化の対象とし、他のフレームをフレーム間符号化の対象とすることで、動画像の再生時の速送り再生や一次停止時などの画質を向上させることが可能となる。例えば、前記生成画像の信頼度をフレーム毎に求めておき $\gamma(t)$ と置く。 t はフレーム時刻である。連続する複数のフレームの中から、フレーム内符号化を行うフレームを選択する際に $\gamma(t)$ が予め定めた閾値 γ_{th} より大きいフレームの中から選択したり、予め定めた連続フレーム区間の中で最も $\gamma(t)$ の大きいフレームを選択する。

【0118】

なお、出力動画像を符号化する処理の有無に関わらず本発明の効果は得られる。

また、上記の例では、画素値として単一の輝度のみを前提に説明したが、輝度に対する上記の処理を RGB カラー表現の R と G と B の各成分について個々に同じ処理を行って高速高解像度動画像を得ることで、カラー画像に対しても高速高解像度動画像を生成することが可能である。また、より簡易に色情報を扱う方法としては、低速画像を輝度と色差に分解し、輝度画像のみを上記の処理で高速高解像度化し、色差情報は補完拡大して前記高速高解像度輝度画像に付加することでも、効果は得られる。この場合、画像の情報の主成

10

20

30

40

50

分は輝度に含まれる為、他の色差の情報が補完拡大された場合であっても、両者を合せることで、入力した画像に比べて、高速高解像度化した動画像を得ることが可能となり、RGB独立に処理する場合に比べて処理量を削減することが可能となる。

【0119】

このようなカラー画像に対する処理の手順を図21に示す。ステップ2101では高速低解像度動画像を輝度画像と色差画像に分離し、続いて、ステップ2102で、前記輝度画像と低速高解像度動画像の輝度画像とを用いて図3の手順に基づいて高速高解像度動画像を生成する。ステップ2103では、前記色差画像を高解像度画像と同じ画素数に補間拡大する。ステップ2104では、前記生成輝度画像と前記補間拡大した色差画像とを合成して高速高解像度のカラー画像を生成する。このように、画像統合部104が、高速低解像度動画像から色差情報を抽出し、高速低解像度動画像の輝度情報と低速高解像度動画像とから中間的な新たな動画像を生成し、生成した中間的な動画像に色差情報を付加することによって、最終的な新たな動画像を生成することで、カラーの動画像を少ない処理量で統合することができる。

10

【0120】

以上のように、本実施の形態における画像生成システム100によれば、動き検出部103が求めた動きの信頼度に応じて、拘束制御部104bが外部モデル拘束条件と動き拘束条件とを有効にする度合いを決定し、前記拘束条件を用いて高速画像と低速画像を統合することにより、動き検出が行えない場合や、動き検出の精度が低い画像領域においても高速高解像の動画を得ることができる。

20

【0121】

なお、本実施の形態では、動画像全体を一括で処理する例を説明したが、動画像を時空間的に複数の領域に分割し、前記各領域において上記と同様の処理を行って高速高解像の部分動画像を生成した後、生成した前記各部分動画像を時空間的に接合し、動画像全体の高速高解像の動画像を得ても良い。このように時空間的に分割処理を行う事で、画素数の多い画像やフレーム数の多い動画像を行う際に必要となる計算処理量やメモリ量を抑制する事が可能となる。特に、時間方向に動画像を分割することで、過去に入力された複数フレームを一括処理することによる画像生成の時間遅れを短縮することも可能になる。

【0122】

また、上記のように分割処理する際に、隣接する時空間領域が分割境界近傍において、重複するように、各領域を設定してもよい。図22に空間的に重複を持たせて領域分割をした例を示す。図22では画像を空間的に重複領域を持たせて領域701～704の4領域に分割している。個々の領域に相当する動画像を生成した後に、重複部分の画素値は重複する各領域の画素値を重み付け加算平均を行うことで、滑らかな接合を行うことができる。また、時間方向に重複を持たせて図22と同様に領域分割しても良い。このように、重複領域を持たせることで、領域分割処理において隣接する領域間での処理結果の不連続性を抑制する事ができる。

30

【0123】

なお、このような重複を許す分割処理において、重複領域の大きさは、予め定めておく。重複領域の大きさを大きくすることで、処理領域間での処理結果の不連続性を低減する効果が増す。重複領域の大きさを小さくすると重複によって増加する計算量を抑えることが可能となる。

40

【0124】

また、上記のように領域分割する際の時間方向の領域境界としては、予め動画像のフレーム間の画像の変化を算出し、フレーム間の画像の変化が予め定めた基準より大きいフレーム間に時間的な領域境界を設定しても良い。例えば、隣り合うフレーム画像の差として数16のような値SSD(t)を定義し、 $SSD(t) > t_h$ を満たす場合に、時刻tのフレームと時刻t+1のフレームとの間を処理の境界とし、時刻t以前のシーケンスと時刻t+1以降のシーケンスの処理を分けて行う。

【0125】

50

【数 1 6】

$$SSD(t) = \sum_{x=0}^{X_{\max}} \sum_{y=0}^{Y_{\max}} \{I(x, y, t) - I(x, y, t+1)\}^2$$

【0 1 2 6】

ここで、 $I(x, y, t)$ は時刻 t のフレーム画像中の位置 (x, y) における輝度を示し、 t_h は予め定めた閾値である。また、閾値 t_h を基準として処理の区切りを決定する替わりに、処理の区切りを設けたい時間領域のシーケンスにおいて前記 $SSD(t)$ が最大になる時刻 t を処理の区切りとしても良い。このようにすることで、時間的に隣接する領域間の処理結果の不連続性がフレーム間の画像の変化に対して相対的に小さくなる事で不連続性が知覚されにくくなるという効果が期待できる。 10

【0 1 2 7】

以上、本発明に係る画像生成装置について、実施の形態に基づいて説明したが、本発明は、この実施の形態に限定されるものではない。実施の形態に対して当業者が思いつく変形を施して得られる形態も本発明に含まれる。

【0 1 2 8】

また、本発明の画像生成装置が行なう画像生成処理の一部または全部は、専用の機器で行わせるようにしてもよいし、コンピュータ端末装置や、基地局等に配置される通信機器や、スタンドアロンのコンピュータに内蔵される CPU が画像生成処理プログラムを実行することによって、画像生成処理を行うようにしてもよい。 20

【0 1 2 9】

また、図 1 に示された画像生成システム 100 の構成のうち、表示装置 40 を除いた構成を用いて、図 2 3 に示すようなカメラ 300 として、つまり、単体の装置として本発明を実現してもよい。

【0 1 3 0】

さらに、図 2 3 に示されたカメラ 300 に表示装置 40 を付加することにより、動画像録画・再生機能付きのカメラとして実現しても良い。

【0 1 3 1】

また、図 2 に示された画像生成システム 100 の構成のうち、撮像装置 10 を除いた構成を用いて、図 2 4 に示すようにテレビなどのディスプレイ機器 400 として本発明を実現しても良い。この場合、あらかじめ録画してある動画像の時空間解像度を向上させて表示することが可能になる。 30

【0 1 3 2】

(第 2 の実施の形態)

本発明の第 2 の実施形態は、前述した画像生成装置を時空間位相が異なる複数の動画像に適用する一例であって、前記画像入力手段は、時空間位相が異なる複数の動画像として、原動画像の本来のフレーム画像の複数の部分をそれぞれ異なる時刻について表す複数種類のフィールド画像のうち、一種類のフィールド画像を複数のフレームについて連ねてなる異なる複数の動画像を受け付け、前記画像統合手段は、前記原動画像のフィールドレートと同等のフレームレートを有し、かつ前記本来のフレーム画像と同等の解像度を有するフレーム画像から構成される新たな動画像を生成する。 40

【0 1 3 3】

これにより、本来のフレーム画像に比べて解像度が低いフィールド画像を第 1 の実施の形態で説明した処理によって統合することによって、本来のフレーム画像と同等の解像度を持つフレーム画像をフィールドの時間レートで含む、高解像度かつ高速な新たな動画像を得ることができる。

【0 1 3 4】

また、前記フィールド画像の露出時間を、時間的に隣接するフィールド間の時間間隔よりも長く取るように撮影することにより、より多くの情報量を得ることができる。 50

【0135】

以下、図面を参照しながら本発明の第2の実施の形態に係る画像生成システムについて詳細に説明する。

【0136】

図25に第2の実施形態における画像生成装置の構成を示す。基本的な構成は第1の実施形態と同じであるが、画像入力部101が、同一の対象物を撮像するマルチインタレース画像入力部101cから構成される点で異なる。

【0137】

マルチインタレース画像入力部101cは、1フレームの画像を1対nインタレース（nは2以上の整数）画像として得るもので、撮像画素位置と撮影タイミングの異なるn種類のフィールド画像（時空間位相の異なる複数の動画像）を入力する。 10

【0138】

図26、22、23、24、25を用いて異なるフィールド画像の撮影方法の例について説明する。図26と図27は、 $n=3$ の場合の各フィールド画像の一部分の撮影タイミングを表している。図の横軸の番号がフィールドの番号を表しており撮影時刻に対応する。図の縦軸は画像の縦軸（水平ライン数）を表している。iは0以上の任意の整数で水平ラインの画像中での位置を表している。

【0139】

図中の矩形は各画素位置での露出期間を示しており、 $n=3$ の場合、撮影されるライン位置と撮影タイミングの異なる3種類のフィールド画像のそれぞれを白色の矩形、格子模様の矩形、斜線の矩形で表現している。この場合、1フレームの画像を異なる水平ライン位置に分けて異なるタイミングで撮影し複数のフィールド画像を得る。各フィールド画像の横方向、つまり各ラインは同時に撮影される。 20

【0140】

ここで、各フィールド画像の露出時間は必ずしも隣り合うフィールド間の時間間隔よりも短い（図27）必要はなく図26のように長く行っても良い。このように長時間の露出を行った場合には、被写体の輝度変化の情報も取得することが可能となり、前記情報を活用した高解像度画像を生成することが可能となる。

【0141】

図28、24には、 $n=4$ の場合の4種類のフィールド画像（白色矩形、格子模様の矩形、斜線の矩形、縦縞の矩形）の撮影タイミングを示している。図28と24とでは各ラインの撮影順序が異なる。図28のように隣り合うラインを順次撮影する必要は必ずしもなく、図29のように撮影されるラインが時空間的に分散して配置されている方が望ましい。 30

【0142】

図30は $n=4$ の場合に画像の横方向（図中のX軸方向）の位置についても撮影位置と撮影タイミングを変えた場合の各フィールド画像の撮影位置（各矩形は画素位置を表す）と撮影タイミング（矩形の模様の違い）を表している。図において4種類の画素の撮影タイミングは図28、図29と同様に時間的に異なり、撮影画素が画像の縦方向（図中のY軸方向）および横方向の何れにも時間的に分散されるように定められる。 40

【0143】

上記のようなマルチインタレース画像を入力する場合、異なるフィールドは異なるタイミングで画素値を得ることができるため、通常のプログレッシブ撮影方法などと同じ画素読み出し速度でも、より多くの画素からなる画像の入力が可能となる。

【0144】

次に、上記の画像入力（ $n=3$ ）を用いた場合の入力画素値（ここでは、輝度値）と高速高解像度画像の画素値との関係を数17～数19に示す。第1の実施の形態の数1と数2と同様に数17～数19の関係は、高速高解像度動画像の各画素が満たすべき外部モデル拘束条件として画像生成に使用される。

【0145】

【数 1 7】

$$MI1(x, y, t1) = \sum_{t=3 \times t1}^{3 \times t1 + 2} HH(x, y, t)$$

【0 1 4 6】

【数 1 8】

$$MI2(x, y, t2) = \sum_{t=3 \times t2 + 1}^{3 \times t2 + 3} HH(x, y, t)$$

【0 1 4 7】

【数 1 9】

$$MI3(x, y, t3) = \sum_{t=3 \times t3 + 2}^{3 \times t3 + 4} HH(x, y, t)$$

【0 1 4 8】

ここで、HH (X, Y, t) は第 1 の実施形態と同様に高速高解像度画像の画素位置 (X, Y, t) における画素値を表す。ここで、高速高解像度画像の画素数は全フィールド画像の画素数の和 (= 1 種類のフィールド画像の画素数 × n) であり、高速高解像度画像のフレーム間隔は時間的に隣り合うフィールド画像の時間間隔とする。

【0 1 4 9】

図 3 1 に図 2 6, 2 2 に対応する高速高解像度画像の各フレームの画素配置の例を示す。図 3 1 において白色の矩形が各フレームの画素位置を示す。MI 1 (X, Y, t 1) は第 1 フィールド画像の画素位置 (X, Y, t 1) の画素値を表し、数 1 7 では 3 フィールド分露出していることを表している。MI 2 (X, Y, t 1)、MI 3 (X, Y, t 1) についても同様である。

【0 1 5 0】

ここで、各画像の画素値は撮像時の入射光量に比例し、比例定数も共通であるとしている。比例しない場合の補正は第 1 の実施形態と同様である。また、R、G、B のカラー値も輝度値と同様に扱うことが可能である。画像を入力した後の処理は第 1 の実施形態と同様である。

【0 1 5 1】

図 3 2 を用いて本実施形態における動作を説明する。主な動作は第一の実施形態と同様であるが、最初の画像入力ステップ 2 7 0 1 において画素位置および撮影タイミングの異なる n 種類のインタレース画像を読み込む。ここで、被写体 (言い換えれば実際に生成されるべき高速高解像度の画像) の例を図 3 3 に示す。図 3 3 では (a) から (f) まで時間順に 1 2 画素 × 1 2 画素で 6 フレームの画像を表しており、図中には静止している黒色の矩形 2 8 0 1 と右下方向に移動している黒色の矩形 2 8 0 2 が存在する。

【0 1 5 2】

図 3 4, 3 0, 3 1 に、図 2 6 に示される n = 3 の場合の撮影方法を用いて、図 3 3 に示される被写体を撮影した場合に得られるインタレース画像の例を示す。図 3 4 は図 2 6 の白色の矩形の撮影位置と撮影タイミングで図 3 3 の被写体を撮影した結果であり、離れた画素位置は空白で間を空けて図示される。画素数は縦が 4 画素、横 1 2 画素で、図 3 4 (a) は図 3 3 の第 1 フレームから第 3 フレームの間を写した結果であり、黒色の矩形の移動によるぶれた位置の画素は斜線で示している。同様に図 3 4 (b) は第 4 フレームから第 6 フレームの間を写した結果である。

【0 1 5 3】

図 3 4 と同様に、図 3 5 は図 2 6 の格子模様の矩形の撮影位置と撮影タイミングで得られる 2 枚のフィールド画像を示し、図 3 6 は図 2 6 の斜線の矩形の撮影位置と撮影タイミングで得られる 2 枚のフィールド画像を示している。

【0 1 5 4】

10

20

30

40

50

次に、ステップ 2702 では図 35, 31, 32 の画像から、必要に応じて補間処理を行い、未撮影の位置やタイミングの画素値を求めることによって、高速高解像度画像を得る。

【0155】

図 26 の撮影方法では高速高解像度画像の 3 フレーム分の時間露出を行っているために、未撮影時間は存在しないが、図 27 のような撮影方法を用いた場合には、未撮影位置や未撮影タイミングが存在する。

【0156】

図 27 の撮影方法を用いた場合に得られるインタレース画像の例を、図 39, 35, 36 に示す。図 34, 30, 31 に示されるインタレース画像と比べて、ぶれた画素がない反面、未撮影タイミングにおける情報は画素値に反映されていない。 10

【0157】

そのため、一般的な画像の補間手法（バイキュービック法など）を用いて、既に得られている画素値から未撮影位置・未撮影タイミングの画素値を求める。補間の手法は他の方法でも良く、例えば、第 1 の実施の形態で説明した画像生成手法において動き情報（動き検出を用いた拘束条件）を除いた他の拘束条件のみを用いて画像生成を行なって補間画像を得ても良い。

【0158】

また、図 26 の撮影方法を用いて未撮影位置が存在しない画像が得られる場合であっても第 1 の実施の形態の画像生成手法で画像生成を行なってもよい。そうすれば、動きブレを含んだままの画像から拘束条件を用いてより望ましい画像に変換することが可能となり、次のステップにおける動き検出の精度の向上が期待できる。 20

【0159】

なお、上記の例では、ステップ 2702 で補間画像を生成した後、動き検出および動き検出の信頼度を求めているが、補間画像を生成する前の画像を用いて動き検出および動き検出の信頼度を求めても、上記の例と同様に本願発明の効果が得られる。

【0160】

次に未撮影位置のない画像を用いて、動き検出と動きの信頼度を算出する（ステップ 2703）。ステップ 2703 からステップ 2704 までの処理は第 1 の実施の形態と同様である（図 3 ステップ 602 からステップ 603 を参照）。 30

【0161】

次に、目的とする高速高解像度動画像に対する総合的な拘束条件 J（HH）を設定する（ステップ 2705）。本実施の形態での総合的な拘束条件 J の例を数 20 に示す。

【0162】

【数 20】

$$J = |MI1 - MI1'|^2 + |MI2 - MI2'|^2 + |MI3 - MI3'|^2 + Qs + Qm + Qse + Qte + Qpc$$

【0163】

数 20 の右辺において、第 1 項は高速高解像度動画像から数 17 の関係式を使って作り出したインタレース画像 MI1' とマルチインタレース画像入力部 101c に実際に入力されるインタレース画像 MI1 との差（対応する画素値との差の 2 乗和）を表す拘束である。 40

【0164】

第 2 項は、高速高解像度動画像から数 18 の関係式を使って作り出したインタレース画像 MI2' とマルチインタレース画像入力部 101c に実際に入力されるインタレース画像 MI2 との差を表す拘束である。

【0165】

第 3 項は、高速高解像度動画像から数 19 の関係式を使って作り出したインタレース画像 MI3' とマルチインタレース画像入力部 101c に実際に入力されるインタレース画 50

像 M I 3 との差を表す拘束である。

【0166】

第1～3項の拘束は、生成した画像と撮影した画像との輝度値の関係が、上記数17～数19の関係をできるだけ満たすようにするものであり、撮影画像と生成画像との間で輝度値の矛盾を生じにくくする条件である。数20の右辺の第4項目以降は第1の実施の形態の数11と同等である。

【0167】

以降のステップ2706およびステップ2707は、第1の実施の形態の図3のステップ605とステップ606と同様である。

【0168】

生成される画像の例を図37及び図38に示す。ここで、図37は動き検出の信頼度を用いない場合の結果の例で、図38は動き拘束の信頼度を用いた場合の結果の例を示している。

【0169】

第1の実施の形態と同様に図33の映像では2つの黒色の矩形が接触する付近で動き検出が一般的に困難になるため、動き検出の誤りが起こりやすい。従って、各フィールド画像において動き検出の信頼度が前記2つの矩形が接触する付近で低い値を持つようになる。

【0170】

ここで、動き検出の信頼度を用いないで画像の生成を行なうと、矩形が接触する付近で誤った動き検出を用いて画像を生成することになり、図37のような画像を得ることになる。一方、動き検出の信頼度を用いて、矩形が接触する付近では動き検出の結果を重視せずに、他の高速条件を優先的に用いることで図38のようにより、望ましい画像を得ることが可能となる。

【0171】

このように、本実施例のような画像入力を行なった場合にでも、動き検出結果を用いる際に、動き検出の信頼度を利用して拘束条件を設定することで、動き検出が困難な場所も含めて高速高解像度の動画像を得ることが可能となる。また、第1の実施の形態と同様に、動きベクトルの大きさとマルチインターレース画像の画素間隔の倍数との差に基づいて、動き検出信頼度のしきい値)を動き検出で得た動きの大きさに応じて変更しても同様の効果が得られる。更に、第2の実施形態の構成では、通常の撮像素子の画素値の読み出しの順序やタイミングや露出形態を変更するのみで、入力部を構成し、通常の撮像素子の撮影画像に比べて時空間解像度を向上させることが可能となる利点もある。

【0172】

なお、特許請求の範囲と実施の形態における構成要素の対応は次の通りである。つまり、特許請求の範囲における「画像入力手段」、「動き検出手段」、「外部モデル拘束手段」、「画像統合手段」の一例が、それぞれ、実施の形態における画像入力部101、動き検出部103、外部モデル拘束部104d、画像統一部104である。ただし、特許請求の範囲における各構成要素は、これら実施の形態における対応する構成要素だけに限定されるのではなく、その等価物も含まれる。

【産業上の利用可能性】

【0173】

本発明は、複数の動画像から新たな動画像を生成する画像生成装置として、特に、高速低解像度動画像と低速高解像度動画像とから高速高解像度動画像を生成する画像生成装置、そのような装置が組み込まれた映像機器やシステム、映像合成装置、映像編集装置、画像復元装置、画像復元プログラム等として利用できる。

【図面の簡単な説明】

【0174】

【図1】本発明の実施の形態における画像生成システムのハードウェア構成を示すブロック図

10

20

30

40

50

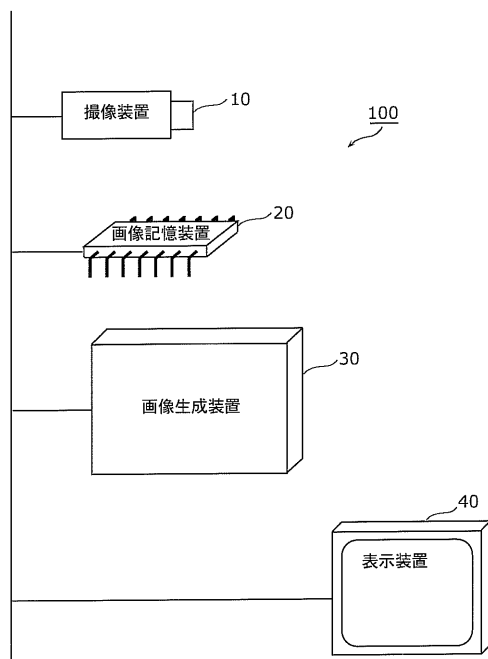
- 【図 2】第 1 の実施形態における画像生成装置の構成を示す機能ブロック図
- 【図 3】画像生成装置の動作を示すフローチャート
- 【図 4】入力画像の時系列の一例を示す図
- 【図 5】撮影装置の具体例を示す図
- 【図 6】(a) ~ (c) は、それぞれ、生成する高速高解像度動画像、入力される高速低解像度動画像および低速高解像度動画像の画素配置の一例を示す図
- 【図 7】画素値を補正する場合における入射光量と画素値との関係の例を示すグラフ
- 【図 8】高速低解像度動画像で求めた動き検出結果と高速高解像度動画像との関係を示す図
- 【図 9】動き検出の信頼度のしきい値の決定手順の一例を示すフローチャート 10
- 【図 10】動き検出の信頼度のしきい値の決定手順の一例を示すフローチャート
- 【図 11】周波数強度算出部を設けた画像生成装置の構成を示す機能ブロック図
- 【図 12】(a)、(b) 入力画像の一例を示す図
- 【図 13】(a)、(b) 入力画像の一例を示す図
- 【図 14】生成する高速高解像度動画像のフレーム画像の一例を示す図
- 【図 15】入力される高速低解像度動画像のフレーム画像の一例を示す図
- 【図 16】入力される低速高解像度動画像のフレーム画像の一例を示す図
- 【図 17】信頼度の分布例を示す図
- 【図 18】生成された動画像のフレーム画像の一例を示す図
- 【図 19】信頼度を用いないで生成した場合の動画像のフレーム画像の一例を示す図 20
- 【図 20】生成した画像の信頼度を用いて画像を符号化する圧縮率を変化させる場合の信頼度と圧縮率との関係の一例を示すグラフ
- 【図 21】カラーの動画像を統合する場合の処理手順を示すフローチャート
- 【図 22】領域分割処理の一例を示す図
- 【図 23】画像生成システムの具体例を示すブロック図
- 【図 24】画像生成システムの具体例を示すブロック図
- 【図 25】第 2 の実施形態における画像生成装置の構成を示す機能ブロック図
- 【図 26】入力画像の撮影位置と撮影タイミングの一例を示す図
- 【図 27】入力画像の撮影位置と撮影タイミングの一例を示す図
- 【図 28】入力画像の撮影位置と撮影タイミングの一例を示す図 30
- 【図 29】入力画像の撮影位置と撮影タイミングの一例を示す図
- 【図 30】入力画像の撮影位置と撮影タイミングの一例を示す図
- 【図 31】高速高解像度画像の画素配置の一例を示す図
- 【図 32】画像生成装置の動作を示すフローチャート
- 【図 33】第 2 の実施形態における高速高解像度動画像のフレーム画像の一例を示す図
- 【図 34】入力されるフィールド画像の一例を示す図
- 【図 35】入力されるフィールド画像の一例を示す図
- 【図 36】入力されるフィールド画像の一例を示す図
- 【図 37】信頼度を用いないで生成した場合の動画像のフレーム画像の一例を示す図
- 【図 38】生成された動画像のフレーム画像の一例を示す図 40
- 【図 39】入力されるフィールド画像の一例を示す図
- 【図 40】入力されるフィールド画像の一例を示す図
- 【図 41】入力されるフィールド画像の一例を示す図
- 【図 42】従来の画像生成装置の構成を示すブロック図
- 【図 43】従来の画像生成装置における入力画像の時系列を示す図
- 【符号の説明】
- 【0175】
- 10 撮像装置
- 20 画像記憶装置
- 30 画像生成装置

4 0	表示装置
1 0 0	画像生成システム
1 0 1	画像入力部
1 0 1 a	高速画像入力部
1 0 1 b	低速画像入力部
1 0 1 c	マルチインターレース画像入力部
1 0 2	符号化部
1 0 3	動き検出部
1 0 3 a	動き分布算出部
1 0 3 b	動き信頼度分布算出部
1 0 3 c	センサ入力部
1 0 4	画像統合部
1 0 4 a	統合処理部
1 0 4 b	拘束制御部
1 0 4 c	動き拘束指定部
1 0 4 d	外部モデル拘束部
1 0 4 e	拘束指定部
1 0 5	周波数強度算出部
3 0 0	カメラ
4 0 0	ディスプレイ機器

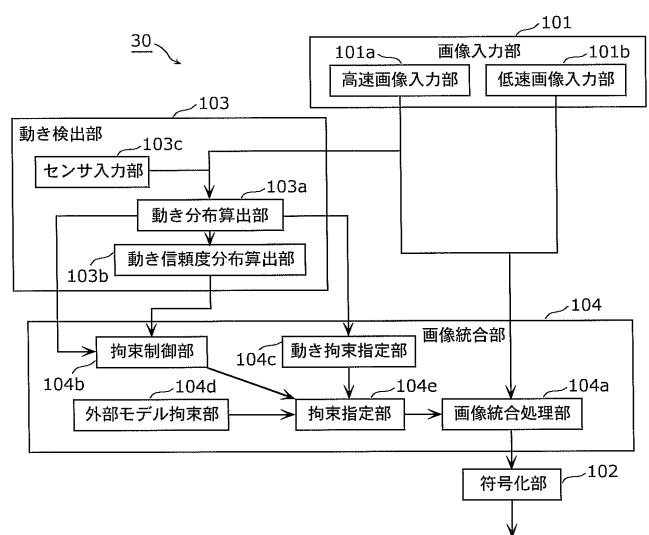
10

20

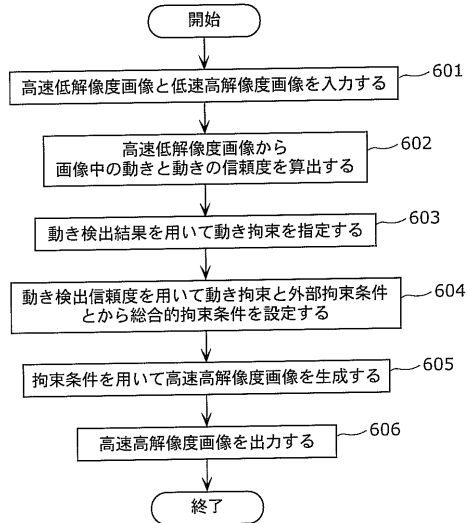
【図 1】



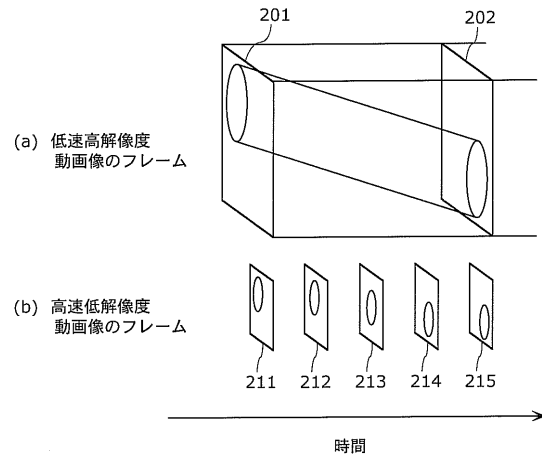
【図 2】



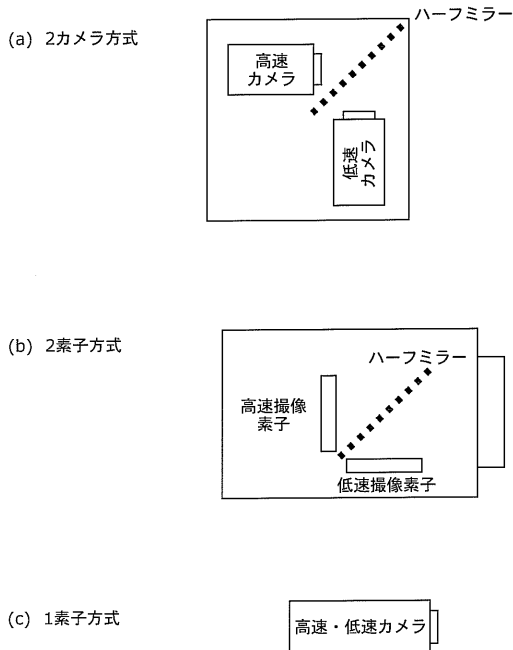
【図 3】



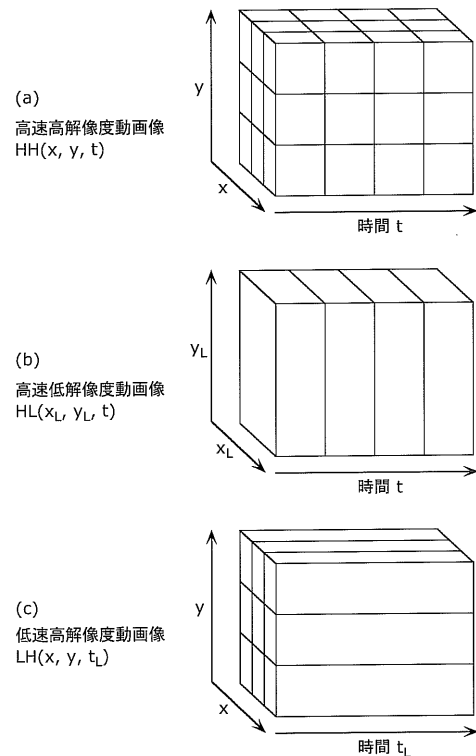
【図 4】



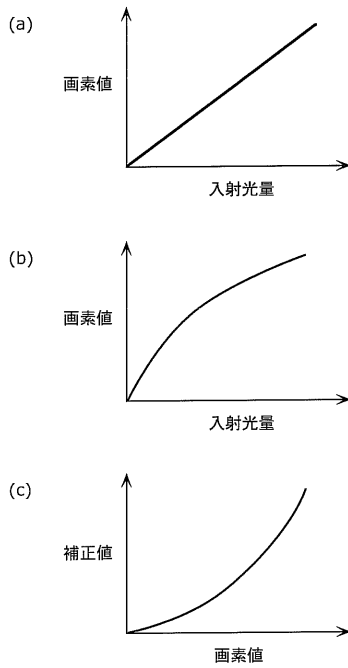
【図 5】



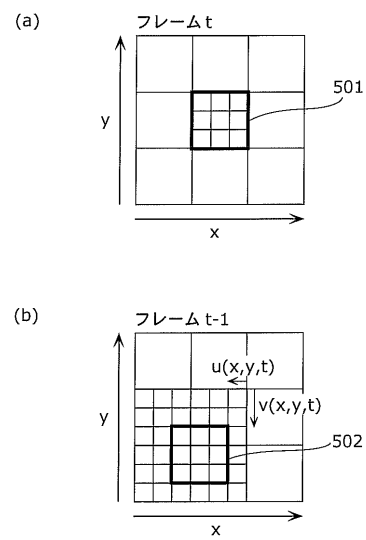
【図 6】



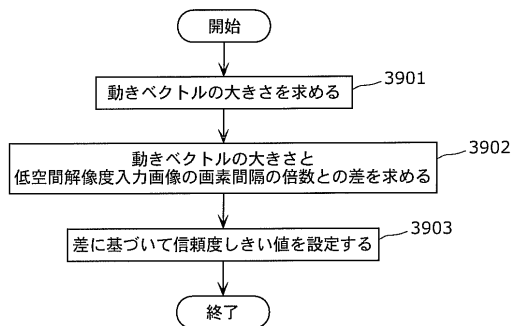
【図 7】



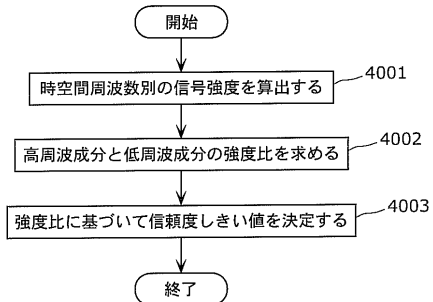
【図 8】



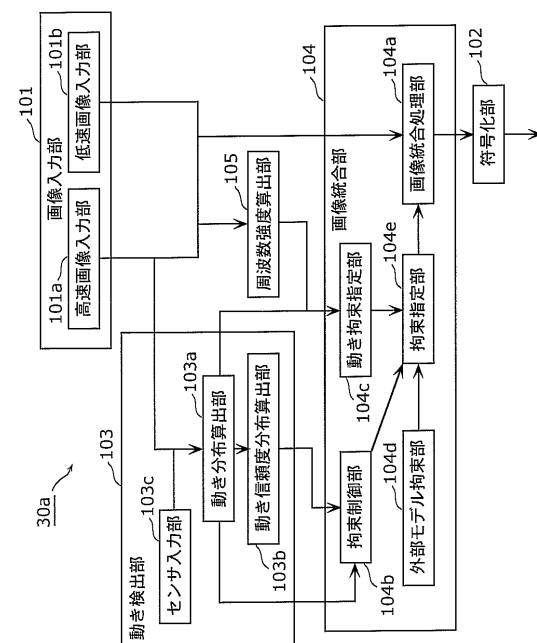
【図 9】



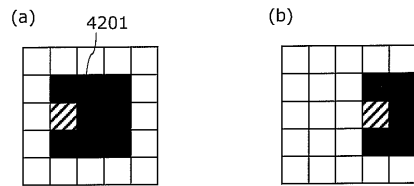
【図 10】



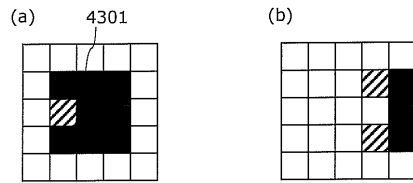
【図 11】



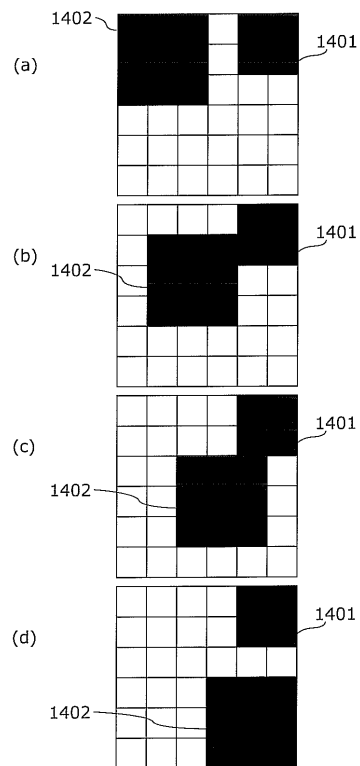
【図 1 2】



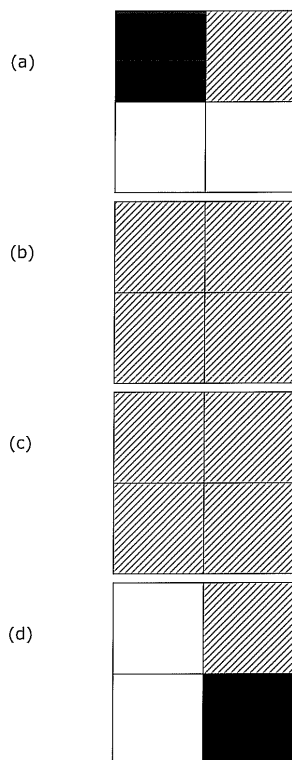
【図 1 3】



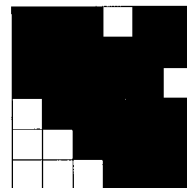
【図 1 4】



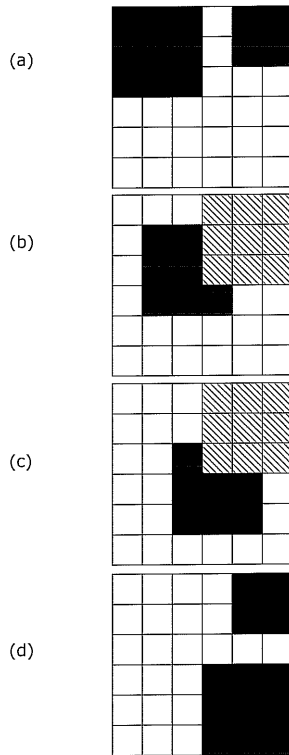
【図 1 5】



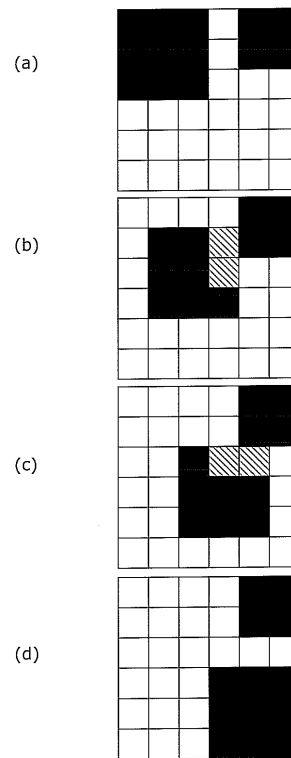
【図 1 6】



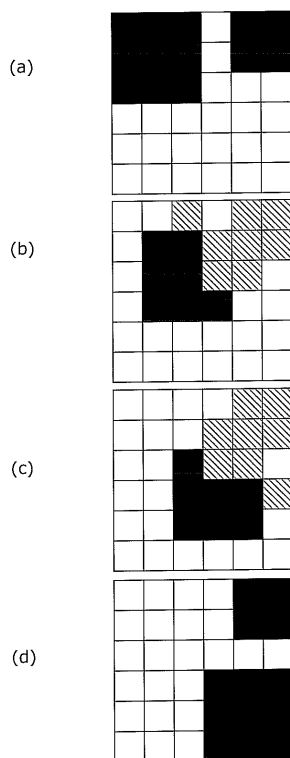
【図 17】



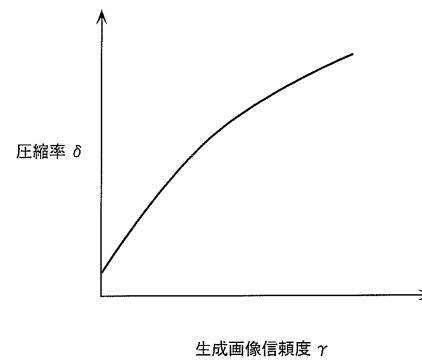
【図 18】



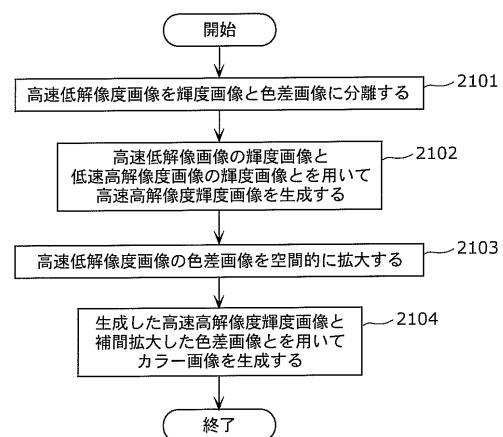
【図 19】



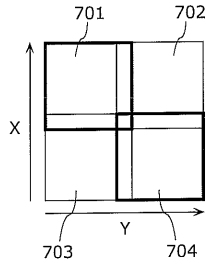
【図 20】



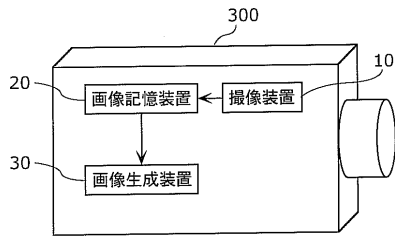
【図 21】



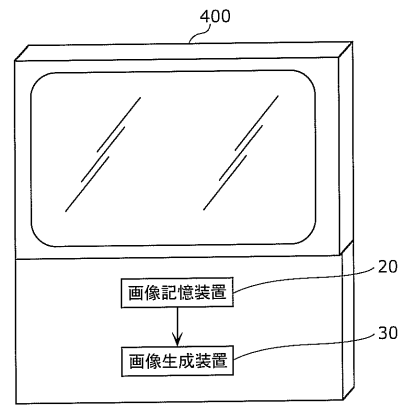
【図 2 2】



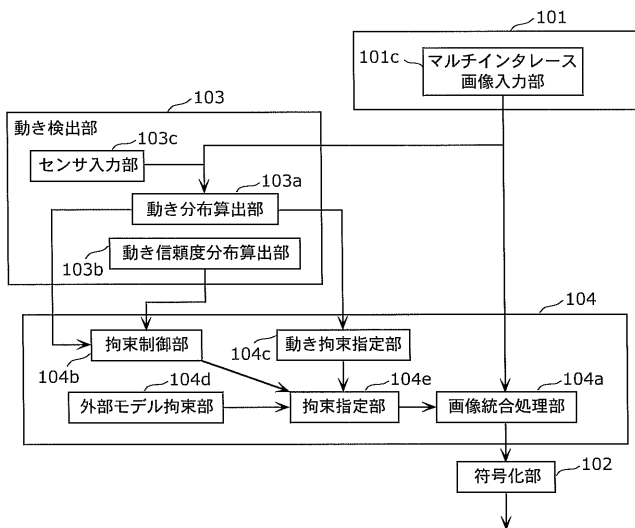
【図 2 3】



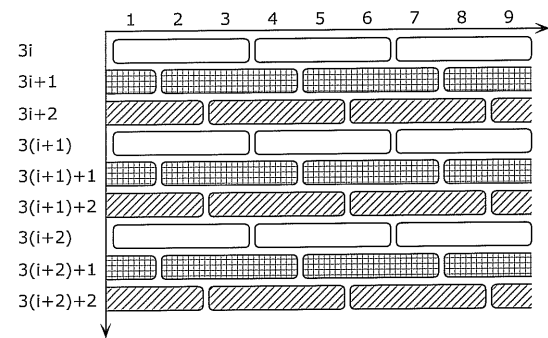
【図 2 4】



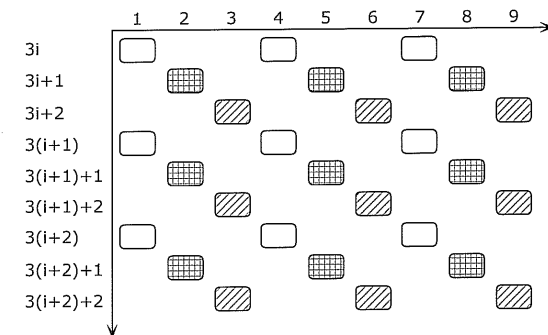
【図 2 5】



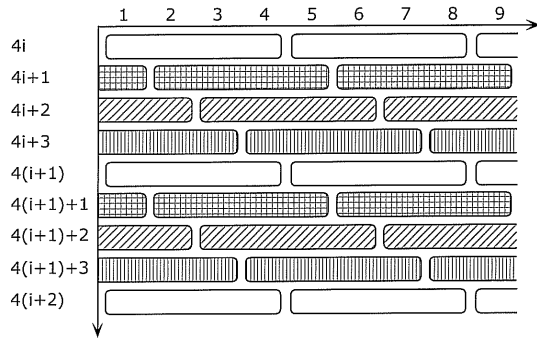
【図 2 6】



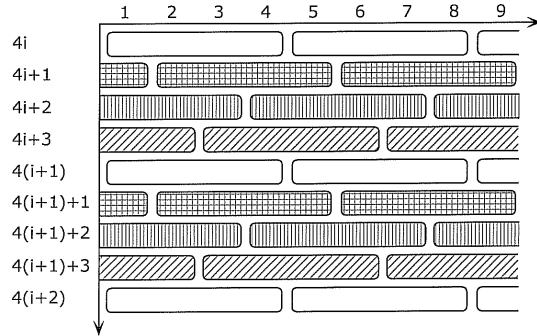
【図 2 7】



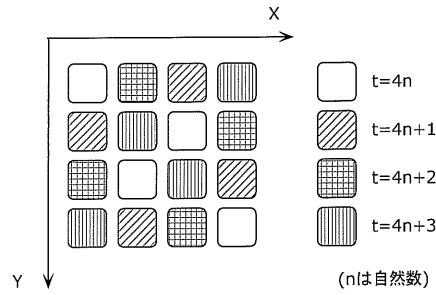
【図 28】



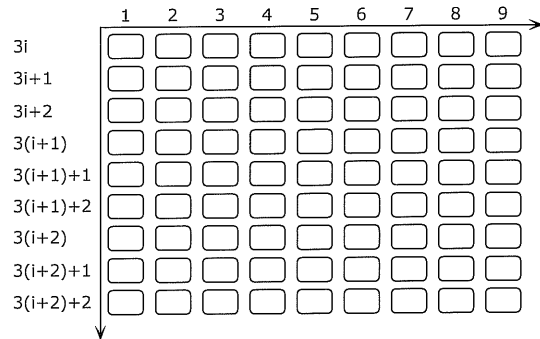
【図 29】



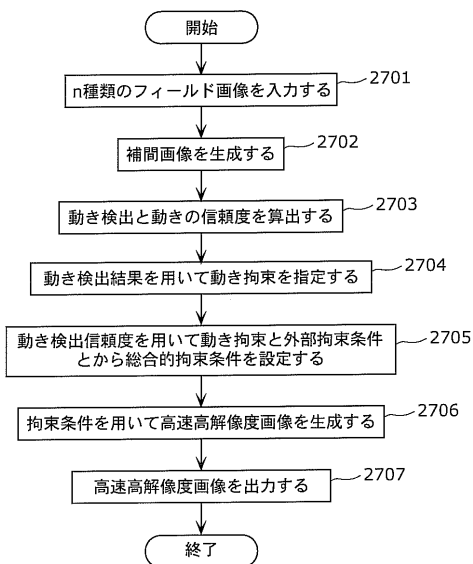
【図 30】



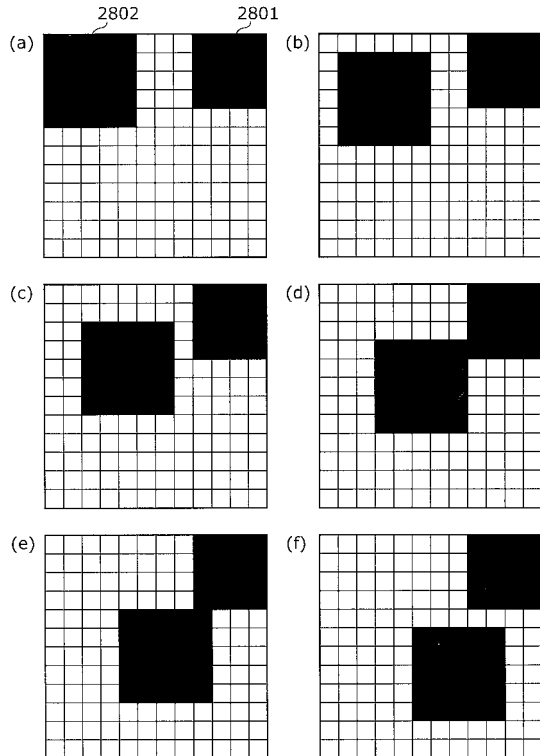
【図 31】



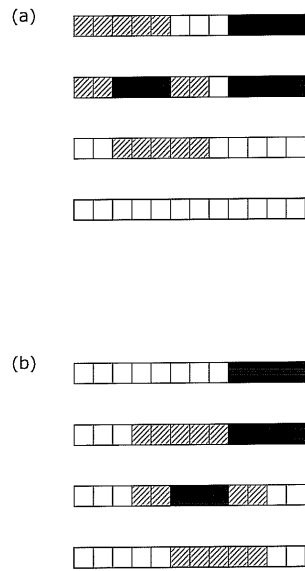
【図 32】



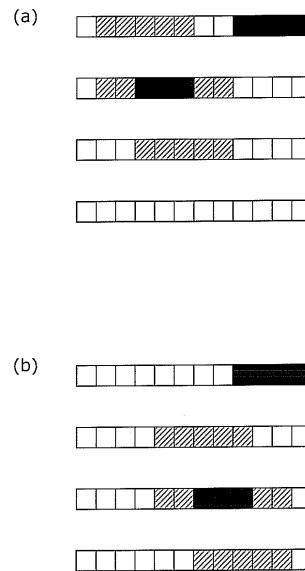
【図 33】



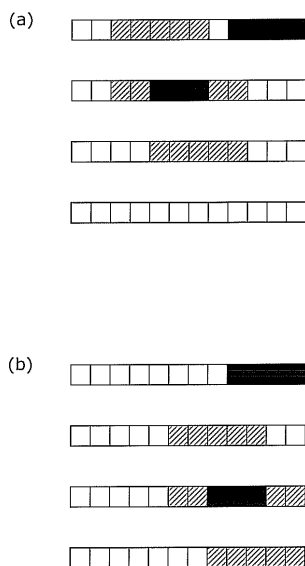
【図 3 4】



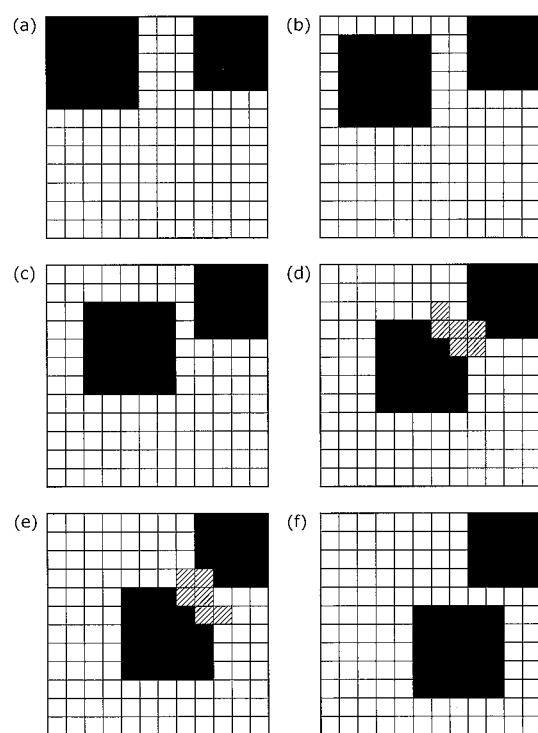
【図 3 5】



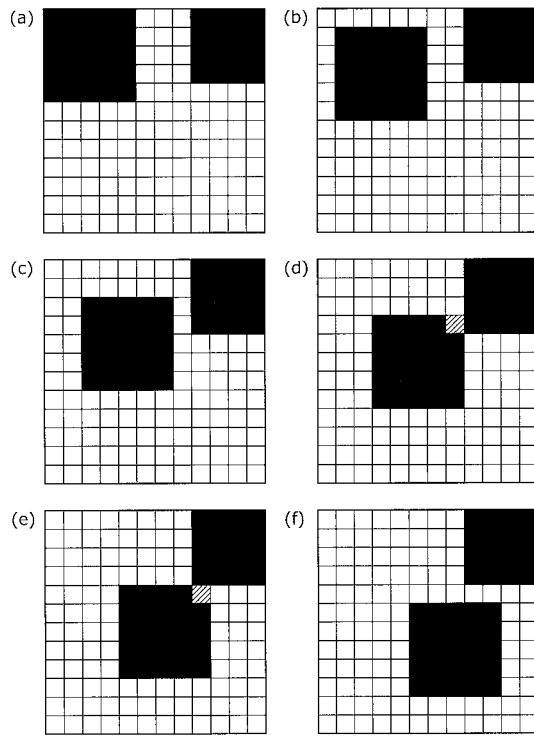
【図 3 6】



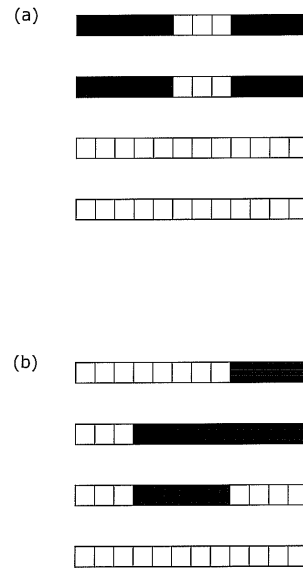
【図 3 7】



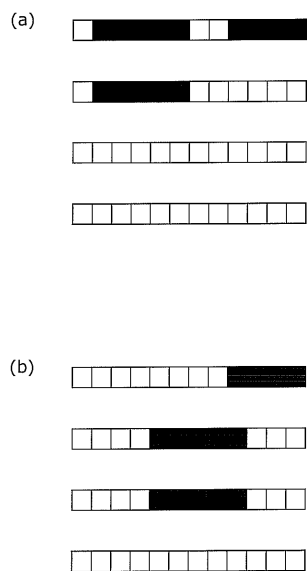
【図 38】



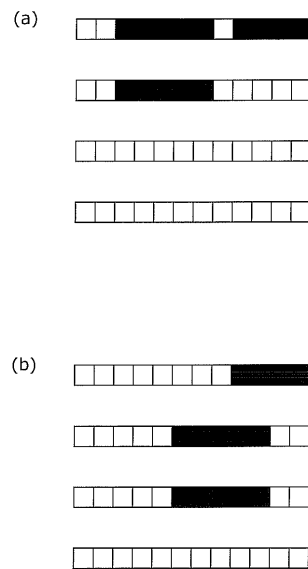
【図 39】



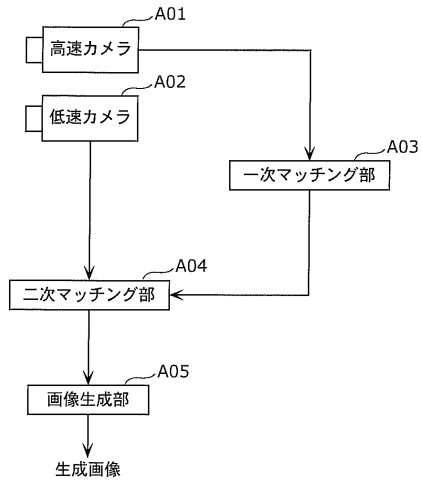
【図 40】



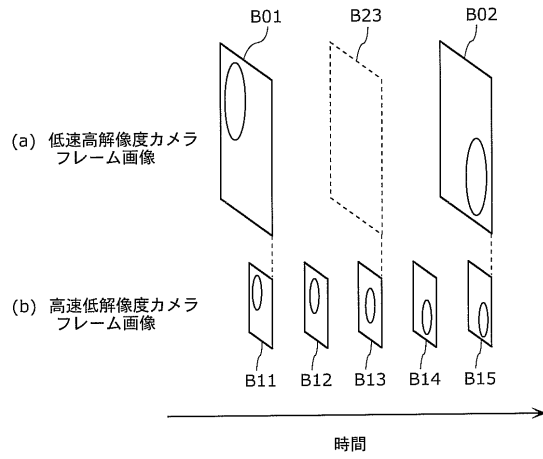
【図 41】



【図 4 2】



【図 4 3】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5C122 DA03 EA61 FH12 FH18 HA89 HB01 HB06
5L096 AA06 CA04 GA19 HA04