

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5892592号
(P5892592)

(45) 発行日 平成28年3月23日(2016.3.23)

(24) 登録日 平成28年3月4日(2016.3.4)

(51) Int.Cl. F 1
G 0 6 T 3 / 4 0 (2 0 0 6 . 0 1) G 0 6 T 3 / 4 0 7 3 0

請求項の数 4 (全 22 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2011-277225 (P2011-277225) (22) 出願日 平成23年12月19日 (2011.12.19) (65) 公開番号 特開2013-127718 (P2013-127718A) (43) 公開日 平成25年6月27日 (2013.6.27) 審査請求日 平成26年12月17日 (2014.12.17)</p>	<p>(73) 特許権者 504171134 国立大学法人 筑波大学 茨城県つくば市天王台一丁目1番1 (74) 代理人 110000925 特許業務法人信友国際特許事務所 (72) 発明者 延原 肇 茨城県つくば市天王台一丁目1番1 国立 大学法人筑波大学内 (72) 発明者 橋上 英宜 茨城県つくば市天王台一丁目1番1 国立 大学法人筑波大学内 審査官 村松 貴士</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超解像画像処理装置及び超解像画像処理用コードブック作成装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

入力画像データを拡大する拡大処理部と、
 前記拡大処理部で拡大された前記入力画像データから所定の矩形範囲で抜き出して入力局所領域低周波成分を出力する局所領域抽出部と、
 前記入力局所領域低周波成分のノルムを演算して入力局所領域ノルムを出力するノルム演算部と、
 前記入力局所領域低周波成分を前記入力局所領域ノルムで除算して入力局所領域正規化低周波成分を出力する除算器と、
 画像データを所定の矩形範囲で抜き出した局所領域の低周波成分を正規化した正規化低周波成分が格納される正規化低周波成分フィールドと、前記局所領域の高周波成分を正規化した正規化高周波成分が格納される正規化高周波成分フィールドとを有すると共に、前記正規化低周波成分に基づく主成分値でレコードがグルーピングされているコードブックと、
 前記入力局所領域正規化低周波成分に基づいて前記コードブックをツリー検索して所定のレコード群を特定するツリー探索部と、
 前記入力局所領域正規化低周波成分と前記所定のレコード群の前記正規化低周波成分との類似度を演算して最も類似するレコードを特定するベクトル類似度演算部と、
 前記ベクトル類似度演算部によって特定された前記レコードの前記正規化高周波成分と、前記入力局所領域ノルムとを乗算して局所領域高周波成分を出力する乗算器と、

10

20

前記局所領域高周波成分と前記入力局所領域低周波成分とを加算する加算器と、
 前記入力局所領域正規化低周波成分と前記コードブックの第一主成分基底ベクトルとの
 内積を演算して第一主成分値を出力する第一内積演算器と、
 前記入力局所領域正規化低周波成分と前記コードブックの第二主成分基底ベクトルとの
 内積を演算して第二主成分値を出力する第二内積演算器と
 を具備し、

前記コードブックは、前記正規化低周波成分フィールドと、前記正規化高周波成分フ
 ールドと、前記正規化低周波成分の第一主成分値が格納される第一主成分値フィールドと
 、前記第一主成分値の近似するレコードについてグルーピングした第一主成分グループ番
 号が格納される第一主成分グループ番号フィールドと、前記正規化低周波成分の第二主成
 分値が格納される第二主成分値フィールドと、前記第一主成分グループ番号が等しいレコ
 ードのうち前記第二主成分値の近似するレコードについてグルーピングした第二主成分グ
 ループ番号が格納される第二主成分グループ番号フィールドとを有し、

前記ツリー探索部は、前記第一主成分値と前記第二主成分値で前記コードブックをツリ
 ー検索して所定のレコード群を特定する、
 超解像画像処理装置。

【請求項 2】

前記拡大処理部は B i c u b i c 拡大処理を実行する、請求項 1 記載の超解像画像処理
 装置。

【請求項 3】

サンプル画像データを所定の矩形範囲で抜き出した局所領域毎に、正規化した低周波成
 分と正規化した高周波成分とを作成し、前記正規化した低周波成分が格納される正規化低
 周波成分フィールドと前記正規化した高周波成分が格納される正規化高周波成分フィール
 ドよりなる原コードブックを作成するコードブックレコード作成部と、

評価用画像データを所定の矩形範囲で抜き出した局所領域毎に前記原コードブックに最
 も類似するレコードを特定して超解像画像処理を施した後、類似度を算出して前記原コー
 ドブックのレコードを選定してコードブックを作成するレコード選定処理部と、

前記コードブックに、前記コードブックの前記正規化低周波成分を主成分分析した第一
 主成分値が格納される第一主成分値フィールドと、前記第一主成分値の近似するレコード
 についてグルーピングした第一主成分グループ番号が格納される第一主成分グループ番号
 フィールドと、前記正規化低周波成分の第二主成分値が格納される第二主成分値フィール
 ドと、前記第一主成分グループ番号が等しいレコードのうち前記第二主成分値の近似する
 レコードについてグルーピングした第二主成分グループ番号が格納される第二主成分グ
 ループ番号フィールドを設けると共に、第一主成分基底ベクトルと、第二主成分基底ベクト
 ルとを演算して出力する主成分分析処理部と

を具備する、超解像画像処理用コードブック作成装置。

【請求項 4】

前記コードブックレコード作成部は B i c u b i c 拡大処理を実行する、請求項 3 記載
 の超解像画像処理用コードブック作成装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超解像画像処理装置及び超解像画像処理用コードブック作成装置に適用して
 好適な技術に関する。

より詳細には、低解像度の原画像から高解像度の画像を出力する、超解像画像処理装置
 と、この超解像画像処理装置が利用するコードブックを作成する超解像画像処理用コー
 ドブック作成装置に関する。

【背景技術】

【0002】

超解像技術とは、低解像度の原画像から高解像度の画像を生成することで、違和感の少

10

20

30

40

50

ない拡大画像を得るための技術である。この超解像技術は、テレビやパソコン等といった画像閲覧装置の高解像度化に伴い、注目され、一部の民生機器等で採用されている。

例えば、携帯電話に付属する比較的低解像度のカメラで撮影した画像を高解像度のディスプレイで閲覧する場合や、アナログテレビ時代に作成された低解像度の動画コンテンツを高解像度のテレビで閲覧する場合、或は低解像度の動画ストリーミングデータを高解像度のディスプレイで閲覧する場合等に、この超解像技術が用いられる。

更には、監視カメラ等の撮影画像データを高解像度化することで、社会基盤の安全性向上に寄与できる可能性もある。

【 0 0 0 3 】

前述のように、超解像技術は違和感のない拡大画像を得るための技術であるが、これは 10
転じて「失われた高周波成分を類推する」技術である。

例えば、ある画像データのピクセルサイズを縦横 1 / 2 倍ずつ、1 / 4 倍に縮小する場合、隣り合う二つのピクセルの平均値を算出して、一つのピクセルに変換する。この平均値演算は、積分の一種といえる。そして、ピクセルの羅列を信号として捉えた場合、平均値演算を行ってピクセルを間引くことは、信号の高周波成分を除去することと等価である。

逆に、ある画像データのピクセルサイズを縦横 2 倍ずつ、4 倍に拡大する場合、一番簡単な方法としては、隣り合う二つのピクセルの中間値を算出して、間のピクセルを得る方法であるが、この算出方法では失われた高周波成分が再現されない。このため、中間値演算による拡大画像はあたかもピンぼけのような、境界線が曖昧な画像になる。 20

つまり、超解像技術は、ピクセルのパターンを解析して、適切と思われるピクセルを算出し、元画像の隣接するピクセル同士の間埋めることで、「失われた高周波成分を類推する」技術である。

【 0 0 0 4 】

これまで、多くの研究者が超解像画像処理の技術を開発している。発明者が本発明の先行技術文献として参考にした非特許文献を非特許文献 1 乃至 5 に挙げる。これらの技術は、予め「高周波成分の辞書ファイル」とも呼べるコードブックを作成しておき、入力画像データから微視的な局所領域を抜き出して、局所領域のデータでコードブックを検索する、という手法において共通する。

【 先行技術文献 】

【 非特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【非特許文献 1】W. T. Freeman, E. C. Pasztor, O. T. Carmichael, Learning Low-Level Vision, International Journal of Computer Vision, 40(1), pp. 25-47, 2000. [2011年11月21日検索]、インターネット <URL:http://www.stat.ucla.edu/~sczhu/workshops/sctv99/papers/freeman_sctv99.pdf >

【非特許文献 2】J. Sun, N. N. Zheng, H. Tao, and S. H.-Y. Generic image hallucination with primal sketch prior. CVPR, 2003. [2011年11月21日検索]、インターネット <URL:http://research.microsoft.com/en-us/um/people/jiansun/papers/Hallucination_CVPR03.pdf >

【非特許文献 3】「自己分解コードブックとマハラノビス距離を用いた画像拡大法」河野英昭、末竹規哲、車炳キ、麻生隆史、電子情報通信学会論文誌、J91-D, vol. 8, pp. 1983-1985, [2011年12月16日検索]、インターネット <URL:http://ci.nii.ac.jp/naid/110007385952/ >

【非特許文献 4】Super-Resolution from a Single Image, D. Glasner, S. Bagon, and M. Irani, ICCV 2009. [2011年11月21日検索]、インターネット <URL:http://www.wisdom.weizmann.ac.il/~vision/single_image_SR/files/single_image_SR.pdf >

【非特許文献 5】J. Sun, J. Sun, Z. B. Xu, and H.-Y. Shum, "Image super-resolution using gradient profile prior," in Proceedings of IEEE Computer Society Conference Computer Vision and Pattern Recognition, 2008. [2011年11月21日検索 50

]、インターネット < URL: <http://nguyendangbinh.org/Proceedings/CVPR/2008/data/papers/319.pdf> >

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

非特許文献1乃至5に開示される先行技術には、超解像画像の再現性や、コードブックのデータサイズに難点がある。再現性が低ければ画像の品質が低下する。コードブックのデータサイズが大きいと演算速度の低下や装置の大型化に繋がり、実用性が低下する。

【0007】

本発明はかかる課題に鑑みてなされたものであり、比較的少ないハードウェアリソースで高い再現性を実現する、実用的な超解像画像処理装置と、この超解像画像処理装置が利用するコードブックを作成する超解像画像処理用コードブック作成装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するために、本発明の超解像画像処理装置は、入力画像データを拡大する拡大処理部と、拡大処理部で拡大された入力画像データから所定の矩形範囲で抜き出して入力局所領域低周波成分を出力する局所領域抽出部と、入力局所領域低周波成分のノルムを演算して入力局所領域ノルムを出力するノルム演算部と、入力局所領域低周波成分を入力局所領域ノルムで除算して入力局所領域正規化低周波成分を出力する除算器と、画像データを所定の矩形範囲で抜き出した局所領域の低周波成分を正規化した正規化低周波成分が格納される正規化低周波成分フィールドと、局所領域の高周波成分を正規化した正規化高周波成分が格納される正規化高周波成分フィールドとを有すると共に、正規化低周波成分に基づく主成分値でレコードがグルーピングされているコードブックとを具備する。更に、入力局所領域正規化低周波成分に基づいてコードブックをツリー検索して所定のレコード群を特定するツリー探索部と、入力局所領域正規化低周波成分と所定のレコード群の正規化低周波成分との類似度を演算して最も類似するレコードを特定するベクトル類似度演算部と、ベクトル類似度演算部によって特定されたレコードの正規化高周波成分と、入力局所領域ノルムとを乗算して局所領域高周波成分を出力する乗算器と、局所領域高周波成分と入力局所領域低周波成分とを加算する加算器と、入力局所領域正規化低周波成分とコードブックの第一主成分基底ベクトルとの内積を演算して第一主成分値を出力する第一内積演算器と、入力局所領域正規化低周波成分とコードブックの第二主成分基底ベクトルとの内積を演算して第二主成分値を出力する第二内積演算器とを具備する。コードブックは、正規化低周波成分フィールドと、正規化高周波成分フィールドと、正規化低周波成分の第一主成分値が格納される第一主成分値フィールドと、第一主成分値の近似するレコードについてグルーピングした第一主成分グループ番号が格納される第一主成分グループ番号フィールドと、正規化低周波成分の第二主成分値が格納される第二主成分値フィールドと、第一主成分グループ番号が等しいレコードのうち第二主成分値の近似するレコードについてグルーピングした第二主成分グループ番号が格納される第二主成分グループ番号フィールドとを有する。ツリー探索部は、第一主成分値と第二主成分値でコードブックをツリー検索して所定のレコード群を特定する。

【0009】

また、上記課題を解決するために、本発明の超解像画像処理用コードブック作成装置は、サンプル画像データを所定の矩形範囲で抜き出した局所領域毎に、正規化した低周波成分と正規化した高周波成分とを作成し、正規化した低周波成分が格納される正規化低周波成分フィールドと正規化した高周波成分が格納される正規化高周波成分フィールドよりなる原コードブックを作成するコードブックレコード作成部と、評価用画像データを所定の矩形範囲で抜き出した局所領域毎に原コードブックに最も類似するレコードを特定して超解像画像処理を施した後、類似度を算出して原コードブックのレコードを選定してコードブックを作成するレコード選定処理部とを具備する。主成分分析処理部は、コードブック

10

20

30

40

50

に、コードブックの正規化低周波成分を主成分分析した第一主成分値が格納される第一主成分値フィールドと、第一主成分値の近似するレコードについてグルーピングした第一主成分グループ番号が格納される第一主成分グループ番号フィールドと、正規化低周波成分の第二主成分値が格納される第二主成分値フィールドと、第一主成分グループ番号が等しいレコードのうち第二主成分値の近似するレコードについてグルーピングした第二主成分グループ番号が格納される第二主成分グループ番号フィールドを設けると共に、第一主成分基底ベクトルと、第二主成分基底ベクトルとを演算して出力する。

【 0 0 1 0 】

超解像画像処理に用いるコードブックを作成する際、高品位な出力を得られるレコードだけを選定して、検索速度と画像再現性を向上させる。また、主成分分析を用いてコードブックのレコードをグルーピングすることで、ベクトル演算のステップ数をできる限り低減させる。

10

【発明の効果】

【 0 0 1 1 】

本発明により、比較的少ないハードウェアリソースで高い再現性を実現する、実用的な超解像画像処理装置と、この超解像画像処理装置が利用するコードブックを作成する超解像画像処理用コードブック作成装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図 1】本発明の実施形態の例である、超解像画像処理装置とコードブック作成装置の概略図である。

20

【図 2】コードブック作成装置の機能ブロック図である。

【図 3】コードブック作成装置によるコードブック作成処理のフローチャートである。

【図 4】コードブックレコード作成部の機能ブロック図である。

【図 5】コードブックレコード作成部による、コードブックレコード作成処理の流れを示すフローチャートである。

【図 6】局所領域の取得方法を説明する概念図である。

【図 7】画像の低周波成分と高周波成分の関係を説明する概略図である。

【図 8】レコード選定処理部の機能ブロック図である。

【図 9】レコード選定処理部による、レコード選定処理の流れを示すフローチャートである。

30

【図 10】レコード選定処理部による、レコード選定処理の流れを示すフローチャートである。

【図 11】主成分分析処理部が実施する処理とデータとの関係を示す概略図である。

【図 12】主成分分析処理部による、主成分分析処理の流れを示すフローチャートである。

【図 13】主成分分析処理部による主成分分析処理の処理内容を説明する概略図である。

【図 14】主成分分析処理部による主成分分析処理の処理内容を説明する概略図である。

【図 15】超解像画像処理装置の機能ブロック図である。

【図 16】超解像画像処理装置による、超解像画像処理の流れを示すフローチャートである。

40

【図 17】超解像画像処理装置による、超解像画像処理の流れを示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 3 】

本実施形態では、超解像画像処理装置とコードブック作成装置を説明する。

超解像画像処理装置は、入力画像データを所定の倍率で拡大する装置である。画像を拡大する際、超解像画像処理装置は入力画像データに存在しない、高周波成分を推定する。この推定は、入力画像データを矩形範囲で細分化した局所領域毎に、コードブックという辞書ファイルを検索することで実現する。

50

超解像画像処理装置の性能は、超解像画像処理に要する時間と、超解像画像データの再現性で評価される。

本実施形態に係る超解像画像処理装置は、超解像画像処理に要する時間を短縮させるために、インデキシングに主成分分析を用いて、演算ステップ数を低減させている。

また、本実施形態に係る超解像画像処理装置が超解像画像データの再現性を向上させるために、コードブック作成装置はコードブックを作成する過程で、良質のレコードのみ選択する処理を実行している。

【 0 0 1 4 】

[全体構成]

図 1 は、本発明の実施形態の例である、超解像画像処理装置とコードブック作成装置の概略図である。 10

超解像画像処理装置 1 0 1 は、デジタルカメラ 1 0 2 や画像ファイル 1 0 3 等から、縦 m ピクセル \times 横 n ピクセルの入力画像データ 1 0 4 を受け取ると、縦 $k \cdot m$ ピクセル \times 横 $k \cdot n$ ピクセルの出力画像データ 1 0 5 を生成する。ここで、 k は 1 より大きい整数であり、 m 及び n は 2 以上の自然数である。

超解像画像処理装置 1 0 1 が処理する画像は、静止画像であっても動画画像であってもよい。本実施形態では説明を簡単にするため、静止画像を中心に説明する。

【 0 0 1 5 】

超解像画像処理装置 1 0 1 は、入力画像データ 1 0 4 に対して超解像画像処理を施して出力画像データ 1 0 5 を生成する際、失われた高周波成分を類推するために、コードブック 1 0 6 と、第一主成分基底ベクトル 1 0 7 と、第二主成分基底ベクトル 1 0 8 と、第三主成分基底ベクトル 1 0 9 とを用いる。これらのデータはコードブック作成装置 1 1 0 によって生成され、予め超解像画像処理装置 1 0 1 に組み込まれる。 20

コードブック作成装置 1 1 0 は、一つ以上のサンプル画像データ 1 1 1 と一つ以上の評価用画像データ 1 1 2 を受け取ると、後述する所定の演算処理を行うことで、コードブック 1 0 6 と、第一主成分基底ベクトル 1 0 7 と、第二主成分基底ベクトル 1 0 8 と、第三主成分基底ベクトル 1 0 9 とを生成する。

ここで、コードブック 1 0 6、第一主成分基底ベクトル 1 0 7、第二主成分基底ベクトル 1 0 8 及び第三主成分基底ベクトル 1 0 9 は、これら四つで一つの組である。これ以降、コードブック 1 0 6、第一主成分基底ベクトル 1 0 7、第二主成分基底ベクトル 1 0 8 及び第三主成分基底ベクトル 1 0 9 をまとめて「コードブック 1 0 6 等」と呼ぶ。 30

【 0 0 1 6 】

図 1 では、超解像画像処理装置 1 0 1 の具体的な実装形態について明記していないが、超解像画像処理装置 1 0 1 は画像データを処理する演算装置であるので、様々な形態で実装可能である。

例えば、超解像画像処理装置 1 0 1 を周知のパソコンにインストールするプログラムとして実現することができる。その際、コードブック 1 0 6 等はハードディスク装置等の不揮発性ストレージに格納されるであろう。

また、デジタルカメラ 1 0 2 のファームウェアとして、デジタルカメラ 1 0 2 に組み込むこともできる。 40

更には、FPGA (Field Programmable Gate Array) 等の PLD (programmable logic device) や ASIC (Application Specific Integrated Circuit) 等を用いて実現することもできる。

【 0 0 1 7 】

図 1 では、コードブック作成装置 1 1 0 の具体的な実装形態について明記していないが、コードブック作成装置 1 1 0 はサンプル画像データ 1 1 1 からコードブック 1 0 6 等を生成する演算装置であるので、前述の超解像画像処理装置 1 0 1 と同様に、様々な形態で実装可能である。コードブック作成装置 1 1 0 は、例えばパソコン等にインストールされて実行されるプログラムで実現され、超解像画像処理装置 1 0 1 が製造される工場等の生産現場に設けられ、シーンに応じたコードブック 1 0 6 等を生成する。 50

ここでシーンとは、画像の特色をいう。例えば風景の撮影画像であったり、医療用レントゲン画像であったり、或はアニメーション等である。風景の撮影画像の場合、そのピクセルパターンには中間色や中間輝度が多く現れる。一方、アニメーションの画像の場合、輪郭が明確であり、色彩や輝度がある境界で急激に変化する（エッジの効いた）ピクセルパターンが多く見受けられる。このように、画像にはそのシーンに応じた特色がある。

そこで、サンプル画像データ 111 はシーンに応じた画像が集められ、コードブック 106 等の基となる。どのようなシーンに対しても最適な超解像処理ができる万能なコードブック 106 等を作成することは困難であるが、シーンに最適化したコードブック 106 等を作成することで、超解像画像処理装置 101 が適用されるシーンに適したコードブック 106 等を与えることができる。勿論、複数のコードブック 106 等を用意して、超解像画像処理装置 101 がシーンに応じてコードブック 106 等を切り替えることで、シーンに最適な超解像画像処理を実現することができる。また、シーンを細分化すればするほど、そのシーンにより適合したコードブック 106 等を作成することができ、より再現度の高い超解像画像処理を実現することができる。

10

【0018】

コードブック 106、第一主成分基底ベクトル 107、第二主成分基底ベクトル 108 及び第三主成分基底ベクトル 109 は、その名称から明らかなように、周知の主成分分析を経て形成されている。このため、コードブック 106 と、第一主成分基底ベクトル 107、第二主成分基底ベクトル 108 及び第三主成分基底ベクトル 109 は密接な関係を有する。この関係の詳細は、コードブック作成装置 110 の説明にて後述する。

20

【0019】

なお、説明を容易にするために、これ以降の実施形態の説明では、コードブック作成装置 110 及び超解像画像処理装置 101 が取り扱う画像は白黒の静止画像であり、一つのピクセルは 8 ビットとする。このため、一つのピクセルは 0 ~ 255 の輝度データである。

【0020】

[コードブック作成装置 110 : 全体構成]

図 2 は、コードブック作成装置 110 の機能ブロック図である。

コードブックレコード作成部 201 は、一以上のサンプル画像データ 111 を読み込み、原コードブック 202 を作成する。これが、超解像画像処理に用いるコードブック 106 の基となる。

30

次に、レコード選定処理部 203 は評価用画像データ 112 を読み込み、原コードブック 202 から所定の条件を満たすレコードのみを選定して、コードブック 106 へ複写する。

次に、主成分分析処理部 204 は、コードブック 106 の全レコードの正規化低周波成分フィールドのデータを読み込み、周知の主成分分析を行い、第一主成分基底ベクトル 107 と、第二主成分基底ベクトル 108 と、第三主成分基底ベクトル 109 とを算出する。

また、主成分分析処理部 204 は、コードブック 106 の各レコードを、第一主成分値、第二主成分値及び第三主成分値でグルーピングする。

40

この主成分分析処理部 204 によって、コードブック 106 のレコードに、検索処理のための索引情報となるグループ番号が付与される。

なお、コードブック 106 のフィールド構成については図 11 にて後述する。

【0021】

[コードブック作成装置 110 : フローチャート]

図 3 は、コードブック作成装置 110 によるコードブック作成処理のフローチャートである。

処理を開始すると (S301)、コードブックレコード作成部 201 はサンプル画像データ 111 を読み込み、原コードブック 202 を作成する (S302)。

次に、レコード選定処理部 203 は評価用画像データ 112 を読み込み、原コードブッ

50

ク 2 0 2 から所定の条件を満たすレコードのみを選定して、コードブック 1 0 6 へ複写する (S 3 0 3) 。

次に、主成分分析処理部 2 0 4 は、コードブック 1 0 6 の全レコードの正規化低周波成分フィールドのデータを読み込み、周知の主成分分析を行い、第一主成分基底ベクトル 1 0 7 と、第二主成分基底ベクトル 1 0 8 と、第三主成分基底ベクトル 1 0 9 とを算出した後、コードブック 1 0 6 の各レコードを、第一主成分値、第二主成分値及び第三主成分値でグルーピングして (S 3 0 4) 、一連の処理を終了する (S 3 0 5) 。

【 0 0 2 2 】

[コードブックレコード作成部 2 0 1 : 全体構成及びフローチャート]

図 4 は、コードブックレコード作成部 2 0 1 の機能ブロック図である。

図 5 は、コードブックレコード作成部 2 0 1 による、コードブックレコード作成処理の流れを示すフローチャートである。

以下、図 5 のフローチャートを説明しつつ、図 4 のブロック図を説明する。

処理を開始すると (S 5 0 1) 、縮小処理部 4 0 1 はサンプル画像データ 1 1 1 を読み込み、サンプル画像データ 1 1 1 を $1 / (k \times k)$ 倍に縮小して、縮小画像データ 4 0 2 を得る (S 5 0 2) 。

【 0 0 2 3 】

次に、B i c u b i c 拡大処理部 4 0 3 は縮小画像データ 4 0 2 を読み込み、周知の B i c u b i c アルゴリズムにて拡大処理を行う (S 5 0 3) 。そして、エッジ領域判定部 4 0 4 は B i c u b i c 拡大処理部 4 0 3 が生成した拡大画像データから局所領域を抜き出して、局所領域内のピクセルデータに変動成分があるか否かを判定し、変動成分がある局所領域のみ抜き出して、サンプル B i c u b i c 画像データ 4 0 5 を生成する (S 5 0 4) 。

画像を拡大するアルゴリズムは B i c u b i c 法以外にも種々存在するが、本実施形態では、現在広く普及しているアルゴリズムの中で最もシャープな画像を得られる、という理由で B i c u b i c 法を採用している。

【 0 0 2 4 】

局所領域とは、本実施形態の超解像画像処理装置 1 0 1 及びコードブック作成装置で共通する、画像処理の単位である。膨大なピクセルデータの集合体である画像データを、微小な矩形範囲で区切って、縦 p ピクセル×横 q ピクセルの局所領域を構成する。本実施形態の超解像画像処理装置 1 0 1 及びコードブック作成装置 1 1 0 は、その矩形範囲に含まれるピクセルデータに対して、種々の演算処理を施す。一例として、本実施形態の場合は、縦 5 ピクセル、横 5 ピクセルの、合計 2 5 ピクセルで局所領域を構成する。

【 0 0 2 5 】

図 6 は、局所領域の取得方法を説明する概念図である。

コードブックレコード作成処理において、コードブックレコード作成部 2 0 1 は、局所領域を縦及び横に 1 ピクセルずつ移動して生成する。

【 0 0 2 6 】

図 5 に戻って説明を続ける。

次に、ノルムデータ演算部 4 0 6 はサンプル B i c u b i c 画像データ 4 0 5 を読み込み、局所領域毎にノルム (norm) を算出する。ノルムは周知の以下の式によって算出する。

【 0 0 2 7 】

【数 1】

$$\| \mathbf{x} \|_2 = \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2} \quad (1)$$

【 0 0 2 8 】

つまり、各ピクセルの値 (輝度値) を二乗して、それら二乗した値を全て加算した後、その加算値の平方根を求める。このノルムを、サンプル B i c u b i c 画像データ 4 0 5 に存在し得る全ての局所領域に対して演算して、ノルムデータ 4 0 7 を得る (S 5 0 5) 。

10

20

30

40

50

ノルムでサンプル B i c u b i c 画像データ 4 0 5 の局所領域を割ると、得られる値は 0 から 1 の間の値に収められる。つまり、絶対値の変化が相対値の変化に換算される。絶対値の変化を相対値の変化に換算することで、絶対値の異なる輝度の変化も輝度の相対的な変化に変換され、データの汎用性が向上する。これ以降、画像データをノルムで除算して得たデータを正規化画像データと呼ぶ。

除算器 4 0 8 はサンプル B i c u b i c 画像データ 4 0 5 とノルムデータ 4 0 7 を読み込み、局所領域毎に対応するノルムで除算して、正規化低周波成分 4 0 9 を得る (S 5 0 6)。

【 0 0 2 9 】

本実施形態の超解像画像処理装置 1 0 1 は、処理対象となる画像データに対して、失われた高周波成分を推定して、局所領域毎に当てはめる。したがって、その前提としてコードブック 1 0 6 に高周波成分が含まれている必要がある。

図 7 は、画像の低周波成分と高周波成分の関係を説明する概略図である。

画像 7 0 1 を縮小すると、画像 7 0 1 に含まれている高周波成分が失われる。そして、縮小画像 7 0 2 を再び元の大きさに拡大すると、高周波成分が失われているために輪郭がぼやけた画像が生成される。これが、元の画像の低周波成分 7 0 3 である。この低周波成分 7 0 3 を元の画像 7 0 1 から減算すると、元の画像の高周波成分 7 0 4 が得られる。

【 0 0 3 0 】

図 4 及び図 5 に戻って説明を続ける。

図 7 で説明したように、加算器 4 1 0 によってサンプル画像データ 1 1 1 からサンプル B i c u b i c 画像データ 4 0 5 を減算すると、サンプル画像データ 1 1 1 の高周波成分 4 1 1 が得られる (S 5 0 7)。なお、この減算処理において、エッジ領域判定部 4 0 4 で除外された領域は演算の対象外である。

さて、先にステップ S 5 0 6 において、低周波成分をノルムで正規化した。これと同じ処理を高周波成分にも施す必要がある。そこで、除算器 4 1 2 は高周波成分 4 1 1 とノルムデータ 4 0 7 を読み込み、局所領域毎に対応するノルムで除算して、正規化高周波成分 4 1 3 を得る (S 5 0 8)。

最後に、ラスタスキャン処理部 4 1 4 は、ステップ S 5 0 6 で得られた正規化低周波成分 4 0 9 と、ステップ S 5 0 8 で得られた正規化高周波成分 4 1 3 を、共通する局所領域毎にレコードとして組み合わせることで原コードブック 2 0 2 を作成して (S 5 0 9)、一連の処理を終了する (S 5 1 0)。

【 0 0 3 1 】

[レコード選定処理部 2 0 3 : 全体構成及びフローチャート]

コードブックレコード作成部 2 0 1 によって作成された原コードブック 2 0 2 は膨大なレコード数を有する。しかし、このレコード数のうち、実際に実用的な結果を得るレコードは極めて少数である。発明者が試算したところ、原コードブックで実用に耐えうるレコードはおよそ 3 % 程度であった。そこで、評価用の画像データを用いて、超解像画像処理を試してみ、使えるレコードだけを抽出する処理を行う。これがレコード選定処理部 2 0 3 の役割である。

図 8 は、レコード選定処理部 2 0 3 の機能ブロック図である。

図 9 及び図 1 0 は、レコード選定処理部 2 0 3 による、レコード選定処理の流れを示すフローチャートである。

以下、図 9 及び図 1 0 のフローチャートを説明しつつ、図 8 のブロック図を説明する。

処理を開始すると (S 9 0 1)、縮小処理部 4 0 1 はサンプル画像データ 1 1 1 とは異なる評価用画像データ 1 1 2 を読み込み、評価用画像データ 1 1 2 を $1 / (k \times k)$ 倍に縮小して、評価用縮小画像データ 8 0 1 を得る (S 9 0 2)。

【 0 0 3 2 】

次に、B i c u b i c 拡大処理部 4 0 3 は評価用縮小画像データ 8 0 1 を読み込み、周知の B i c u b i c アルゴリズムにて拡大処理を行う (S 9 0 3)。そして、エッジ領域判定部 4 0 4 は B i c u b i c 拡大処理部 4 0 3 が生成した拡大画像データから局所領域

10

20

30

40

50

を抜き出して、局所領域内のピクセルデータに変動成分があるか否かを判定し、変動成分がある局所領域のみ抜き出して、評価用 B i c u b i c 画像データ 8 0 2 を生成する (S 9 0 4)。ここで、拡大処理に用いるアルゴリズムは、画像の再現性を高めるため、先に説明したコードブックレコード作成部 2 0 1 の B i c u b i c 拡大処理部 4 0 3 と同じアルゴリズムを用いる必要がある。

【 0 0 3 3 】

これ以降はループ処理である。

まず、図示しない制御部は、カウンタ変数 i を 1 に設定する (S 9 0 5)。このカウンタ変数 i は、評価用 B i c u b i c 画像データ 8 0 2 が有する局所領域の数を最大数とする。

10

次に、局所領域抽出部 8 0 3 は評価用 B i c u b i c 画像データ 8 0 2 から i 番目の局所領域のデータを抜き出して、評価用局所領域低周波成分 8 0 4 を得る (S 9 0 6)。この局所領域は、先にコードブックレコード作成処理にて説明した局所領域と同一の形態 (縦 p ピクセル \times 横 q ピクセル) である。本実施形態の場合は、 5×5 ピクセルである。

【 0 0 3 4 】

次に、ノルム演算部 8 0 5 は評価用局所領域低周波成分 8 0 4 を読み込み、評価用局所領域ノルム 8 0 6 を算出する (S 9 0 7)。

次に、除算器 8 0 7 は評価用局所領域低周波成分 8 0 4 を評価用局所領域ノルム 8 0 6 で除算して、評価用局所領域正規化低周波成分 8 0 8 を得る (S 9 0 8)。

【 0 0 3 5 】

20

ステップ S 9 0 8 にて、除算器 8 0 7 によって算出された評価用局所領域正規化低周波成分 8 0 8 は、原コードブック 2 0 2 に含まれるレコードの正規化低周波成分フィールドの値と対応する。つまり、評価用局所領域正規化低周波成分 8 0 8 に対して最も近い値を持つ、正規化低周波成分フィールドの値のレコードの、正規化高周波成分フィールドの値が、超解像画像処理のために求めたい正規化高周波成分となる。そこで、SSD探索処理部 8 0 9 は評価用局所領域正規化低周波成分 8 0 8 を読み込み、評価用局所領域正規化低周波成分 8 0 8 と、原コードブック 2 0 2 に存在する全てのレコードの正規化低周波成分フィールドの値との距離を算出し、最も近いレコードを特定する (S 9 0 9)。

SSD探索処理部 8 0 9 は、周知のSSD (Sum of Squared Difference) にて、画像の類似度を算出する。具体的には以下の式 (2) である。

30

【 0 0 3 6 】

【 数 2 】

$$R_{SSD} = \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{M-1} (I(i, j) - T(i, j))^2 \quad (2)$$

【 0 0 3 7 】

すなわち、比較対象の局所領域同士の、同じ位置に存在するピクセル同士の輝度を減算して二乗し、その二乗値の合計を算出する。比較する二つの画像データが全く同じ画像であれば、最小値「0」となる。この演算処理を原コードブック 2 0 2 に存在する全てのレコードの正規化低周波成分フィールドに対して行い、最も小さい値のレコードを特定する。

40

【 0 0 3 8 】

図 1 0 にてフローチャートの説明を続ける。

次に、乗算器 8 1 0 はステップ S 9 0 9 で特定された原コードブック 2 0 2 のレコードにおける正規化高周波成分フィールドの値と、ステップ S 9 0 7 にて算出した評価用局所領域ノルム 8 0 6 を乗算して、局所領域高周波成分を得る (S 1 0 1 0)。

次に、加算器 8 1 1 はステップ S 1 0 1 0 にて乗算器 8 1 0 が算出した局所領域高周波成分と、ステップ S 9 0 6 にて得た評価用局所領域低周波成分 8 0 4 とを加算して、評価用局所領域超解像データ 8 1 2 を得る (S 1 0 1 1)。

【 0 0 3 9 】

50

ステップS1011で、原コードブック202のレコードを基に、評価用局所領域超解像データ812を得た。一方、評価用画像データ112が存在するので、この時点で評価用画像データ112に含まれる本当の高周波成分と、超解像画像処理にて使用した原コードブック202内のレコードにおける正規化高周波成分フィールドの値との類似性を確認することができる。そこで、RMSE演算部813は、評価用局所領域超解像データ812と、評価用画像データ112と、局所領域抽出部803からi番目の局所領域に対応する評価用画像データ112内のアドレスを得て、局所領域同士の類似度を演算する(S1012)。

RMSE演算部813は、周知のRMSE演算値(Root Mean Square Error)を算出する。RMSEとは以下の式(3)に示すように、先に説明したSSDの平方根である。RMSEの意味は、統計学の標準偏差と同じ指標であり、原画像とのピクセル単位での誤差を表す。

【0040】

【数3】

$$R_{MSE} = \sqrt{\sum_{j=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{M-1} (I(i, j) - T(i, j))^2} \quad (3)$$

【0041】

次に、コンパレータ814はRMSE演算部813が算出したRMSE演算値を、RMSE閾値815と比較して、論理値の比較結果を出力する(S1014)。本実施形態の場合、RMSE閾値815は「5」である。RMSEが「5」とは、原画像と超解像画像との誤差が1ピクセルあたり5(画素値)、ずれていることを意味する。

もし、RMSE閾値815の比較結果が、RMSE閾値815よりRMSE演算値が小さいと判定した場合(S1014のYES)、レコード複写処理部816はRMSE閾値815の比較結果である論理の「真」を受けて、ステップS909で特定した原コードブック202のレコードを、コードブック106へ複写する(S1015)。

逆に、RMSE閾値815の比較結果が、RMSE演算値がRMSE閾値815以上であると判定した場合(S1014のNO)、レコード複写処理部816はRMSE閾値815の比較結果である論理の「偽」を受けて、動作しない。したがって、ステップS909で特定した原コードブック202のレコードは、コードブック106へ複写されない。

【0042】

ステップS1015の後、或はステップS1014にてRMSE演算値がRMSE閾値815以上であると判定した場合(S1014のNO)の、何れの場合でも、次に図示しない制御部は、カウンタ変数iを1インクリメントする(S1016)。そして、図示しない制御部は、カウンタ変数が最大値、つまり局所領域の最大数を越えたか否か、確認する(S1017)。未だ超えていなければ(S1017のNO)、再び図9のステップS906から処理を繰り返す。

カウンタ変数が最大値、つまり局所領域の最大数に達していれば(S1017のYES)、図示しない制御部は一連の処理を終了する(S1018)。

【0043】

[主成分分析処理部204：フローチャートと処理の概要]

超解像画像処理装置101は、入力画像データ104から局所領域を抜き出して、コードブック106を検索する。検索の際、最終的にはベクトルの類似度を計算して、最も類似するレコードを選択する。本実施形態の場合、 $5 \times 5 = 25$ ピクセルであり、変数の数が多い。変数が多い、ということは演算ステップ数が多いことを意味し、検索速度の低下に繋がる。

そこで、変数の数を低減させて、演算ステップ数を削減するために、主成分分析を用いる。主成分分析を用いれば、ベクトルをスカラ値に変換できるので、インデキシングが容易になり、コードブック106の検索速度を向上できる。

【0044】

10

20

30

40

50

図 1 1 は、主成分分析処理部 2 0 4 が実施する処理とデータとの関係を示す概略図である。

コードブック 1 0 6 は、原コードブック 2 0 2 から複写した正規化低周波成分フィールドと、正規化高周波成分フィールドの他、第一主成分値フィールドと、第一主成分グループ番号フィールドと、第二主成分値フィールドと、第二主成分グループ番号フィールドと、第三主成分値フィールドと、第三主成分グループ番号フィールドとよりなる。主成分分析処理部 2 0 4 は、コードブック 1 0 6 の全レコードの正規化低周波成分 4 0 9 から、図 1 2 に示す演算処理を行って、第一主成分値フィールドと、第一主成分グループ番号フィールドと、第二主成分値フィールドと、第二主成分グループ番号フィールドと、第三主成分値フィールドと、第三主成分グループ番号フィールドに値を記入すると共に、第一主成分基底ベクトル 1 0 7 と、第二主成分基底ベクトル 1 0 8 と、第三主成分基底ベクトル 1 0 9 とを算出する。

10

【 0 0 4 5 】

図 1 2 は、主成分分析処理部 2 0 4 による、主成分分析処理の流れを示すフローチャートである。

処理を開始すると (S 1 2 0 1)、先ず主成分分析処理部 2 0 4 は、コードブック 1 0 6 の全レコードの正規化低周波成分フィールドの値に、周知の主成分分析を行い、第一主成分基底ベクトル 1 0 7 を算出する (S 1 2 0 2)。周知のように、第一主成分基底ベクトル 1 0 7 は第一主成分軸を表し、その起点が主成分分析の対象となるデータの特徴を最も表す基底ベクトルである。

20

【 0 0 4 6 】

次に主成分分析処理部 2 0 4 は、コードブック 1 0 6 の全レコードの正規化低周波成分フィールドの値と、ステップ S 1 2 0 2 にて求めた第一主成分基底ベクトル 1 0 7 とを内積演算器 1 1 0 1 にて内積演算して第一主成分値を得て、これをレコード毎に記録する (S 1 2 0 3)。

次に主成分分析処理部 2 0 4 は、コードブック 1 0 6 の全レコードの第一主成分値について所定のレコード数でグルーピングし、第一主成分グループ番号をレコード毎に記録する (S 1 2 0 4)。

【 0 0 4 7 】

次に主成分分析処理部 2 0 4 は、先に実行した主成分分析の結果から、第一主成分軸と直交する第二主成分基底ベクトル 1 0 8 を取得する (S 1 2 0 5)。第一主成分基底ベクトル 1 0 7 と同様、第二主成分基底ベクトル 1 0 8 も第二主成分軸を表し、第一主成分基底ベクトルに直交するベクトルの中で、最もデータの特徴を捉える基底ベクトルである。

30

【 0 0 4 8 】

次に主成分分析処理部 2 0 4 は、コードブック 1 0 6 の全レコードの正規化低周波成分フィールドの値と、ステップ S 1 2 0 5 にて求めた第二主成分基底ベクトル 1 0 8 とを内積演算器 1 1 0 2 にて内積演算して第二主成分値を得て、これをレコード毎に記録する (S 1 2 0 6)。

次に主成分分析処理部 2 0 4 は、コードブック 1 0 6 の第一主成分グループ番号が同じレコードの第二主成分値について所定のレコード数でグルーピングし、第二主成分グループ番号をレコード毎に記録する (S 1 2 0 7)。つまり、第一主成分グループ番号が同じレコードを、第二主成分グループ番号で更に細分化する。

40

【 0 0 4 9 】

次に主成分分析処理部 2 0 4 は、先に実行した主成分分析の結果から、第一主成分軸及び第二主成分軸と直交する第三主成分基底ベクトル 1 0 9 を取得する (S 1 2 0 8)。第一主成分基底ベクトル 1 0 7 と同様、第三主成分基底ベクトル 1 0 9 も第三主成分軸を表し、第一、第二主成分ベクトルに直交するベクトルの中で最もデータの特徴を捉える基底ベクトルである。

【 0 0 5 0 】

次に主成分分析処理部 2 0 4 は、コードブック 1 0 6 の全レコードの正規化低周波成分

50

フィールドの値と、ステップ S 1 2 0 8 にて求めた第三主成分基底ベクトル 1 0 9 とを内積演算器 1 1 0 3 にて内積演算して第三主成分値を得て、これをレコード毎に記録する (S 1 2 0 9)。

次に主成分分析処理部 2 0 4 は、コードブック 1 0 6 の第一主成分グループ番号及び第二主成分グループ番号が同じレコードの第三主成分値について所定のレコード数でグルーピングし、第三主成分グループ番号をレコード毎に記録する (S 1 2 1 0)。つまり、第一主成分グループ番号及び第二主成分グループ番号が同じレコードを、第三主成分グループ番号で更に細分化する。そして、一連の処理を終了する (S 1 2 1 1)。

【 0 0 5 1 】

図 1 3 (a)、(b)、(c) 及び (d)、図 1 4 (e) 及び (f) は、主成分分析処理部 2 0 4 による主成分分析処理の処理内容を説明する概略図である。 10

図 1 3 (a) は主成分分析の対象となる正規化低周波成分 4 0 9 の概念図である。本来なら正規化低周波成分 4 0 9 は 5×5 ピクセルの 2 5 個のスカラ値の集合体、つまり 2 5 次元ベクトルであるが、仮に二次元であるものとして図示する。ある座標系内に、正規化低周波成分 4 0 9 は各々が任意の位置に存在している。

主成分分析とは、これらのデータに対し、最も分散が大きい軸を見つける。この軸が第一主成分軸である。図 1 2 のステップ S 1 2 0 2 の処理に該当する。

【 0 0 5 2 】

図 1 3 (b) は、図 1 3 (a) の図を第一主成分軸から見た概念図である。第一主成分軸から各々のデータを見ると、最もデータがばらけて見える。つまり、第一主成分軸は、各データの第一主成分軸上の値 (第一主成分値) の最小値から最大値迄の距離が最大である。 20

第一主成分値は、各々のデータと第一主成分基底ベクトル 1 0 7 とを内積演算して得る (図 1 2 のステップ S 1 2 0 3)。そして、第一主成分値の出現頻度を縦軸に取ると、図 1 3 (c) のように出現頻度の偏りが観察できる。そこで、この出現頻度のグラフを図 1 3 (d) のように等面積に分割して、番号を付与する。これが、図 1 2 のステップ S 1 2 0 4 の処理である。

【 0 0 5 3 】

図 1 4 にて主成分分析処理の説明を続ける。

図 1 4 (e) は、第一主成分軸、第二主成分軸及び第三主成分軸にて形成される固有空間の概念図である。図 1 2 のステップ S 1 2 1 0 迄処理を進めると、データの集合は第一主成分軸、第二主成分軸及び第三主成分軸で区切られ、等しい要素数の集合が形成される。 30

コードブック 1 0 6 のレコードが属するグループは、第一主成分値の範囲と、第二主成分値の範囲と、第三主成分値の範囲とを有する。図 1 4 (f) に示すように、この主成分値の範囲が、ツリー検索にてレコードを絞り込むために用いられる。

【 0 0 5 4 】

[超解像画像処理装置 1 0 1 : フローチャートと処理の概要]

図 1 5 は、超解像画像処理装置 1 0 1 の機能ブロック図である。

図 1 6 及び図 1 7 は、超解像画像処理装置 1 0 1 による、超解像画像処理の流れを示すフローチャートである。 40

以下、図 1 6 及び図 1 7 のフローチャートを説明しつつ、図 1 5 のブロック図を説明する。

処理を開始すると (S 1 6 0 1)、B i c u b i c 拡大処理部 1 5 0 1 は入力画像データ 1 0 4 を読み込み、周知の B i c u b i c アルゴリズムにて拡大処理を行い、入力 B i c u b i c 画像データ 1 5 0 2 を生成する (S 1 6 0 2)。

【 0 0 5 5 】

これ以降はループ処理である。

先ず、図示しない制御部は、カウンタ変数 i を 1 に設定する (S 1 6 0 3)。このカウンタ変数 i は、入力 B i c u b i c 画像データ 1 5 0 2 が有する局所領域の数を最大数と 50

する。なお、超解像画像処理装置101における局所領域の採り方は、図6で説明した重複を有する方法とは異なり、重複を有さないタイル状の採り方である。重複を排除することで、超解像画像処理装置101の処理ステップ数を低減させることができる。

【0056】

次に、局所領域抽出部1503は入力Bicubic画像データ1502からi番目の局所領域のデータを抜き出して、入力局所領域低周波成分1504を得る(S1604)。この局所領域は、先にコードブックレコード作成処理にて説明した局所領域と同一の形態(縦pピクセル×横qピクセル)である。本実施形態の場合は、5×5ピクセルである。

【0057】

次に、ノルム演算部1505は入力局所領域低周波成分1504を読み込み、入力局所領域ノルム1506を算出する(S1605)。

次に、除算器1507は入力局所領域低周波成分1504を入力局所領域ノルム1506で除算して、入力局所領域正規化低周波成分1508を得る(S1606)。

【0058】

ステップS1606にて、除算器1507によって算出された入力局所領域正規化低周波成分1508は、コードブック106に含まれるレコードの正規化低周波成分と対応する。つまり、入力局所領域正規化低周波成分1508に対して最も近い値を持つ、正規化低周波成分フィールドの値のレコードの正規化高周波成分が、超解像画像処理のために求めたい正規化高周波成分となる。

先に図11及び図12にて説明したように、コードブック106には主成分分析を用いたインデキシングが施されている。そこで、入力局所領域正規化低周波成分1508から第一主成分値、第二主成分値及び第三主成分値を算出する。

第一内積演算器1509は、入力局所領域正規化低周波成分1508と第一主成分基底ベクトル107と内積演算して、第一主成分値を得る(S1607)。

第二内積演算器1510は、入力局所領域正規化低周波成分1508と第二主成分基底ベクトル108と内積演算して、第二主成分値を得る(S1608)。

第三内積演算器1511は、入力局所領域正規化低周波成分1508と第三主成分基底ベクトル109と内積演算して、第三主成分値を得る(S1609)。

【0059】

図17にてフローチャートの説明を続ける。

ツリー探索部1512は、第一内積演算器1509が算出した第一主成分値と、第二内積演算器1510が算出した第二主成分値と、第三内積演算器1511が算出した第三主成分値とを用いて、コードブック106をツリー検索して、入力局所領域正規化低周波成分1508に最も近い値を有するレコードのグループ(レコード群)を特定し、ベクトル類似度演算部1513に当該レコード群を指すアドレス情報を引き渡す(S1710)。

【0060】

ベクトル類似度演算部1513は、ツリー探索部1512から引き渡されたレコード群のアドレス情報を得て、レコード群に属する全てのレコードの正規化低周波成分フィールドの値と、入力局所領域正規化低周波成分1508とのSSDを演算し、最も近いレコードを特定する(S1711)。

ステップS1711にて、ベクトル類似度演算部1513がレコードを特定することで、超解像画像処理に必要な当該レコードの正規化高周波成分1514を得ることができる。乗算器1515は、ベクトル類似度演算部1513が特定したレコードの正規化高周波成分1514と、ステップS1605にてノルム演算部1505が算出した入力局所領域ノルム1506を乗算して、局所領域高周波成分1516を算出する(S1712)。

【0061】

加算器1517は、乗算器1515が算出した局所領域高周波成分1516と、ステップS1604にて局所領域抽出部1503が出力した入力局所領域低周波成分1504を加算して、局所領域超解像画像データ1518を作成する(S1713)。そして、結合

10

20

30

40

50

処理部 1519 は局所領域抽出部 1503 から i 番目の局所領域に対応するアドレス情報を得て、図示しない RAM 上に局所領域超解像画像データ 1518 を配置する (S1714)。

【0062】

次に、図示しない制御部は、カウンタ変数 i を 1 インクリメントする (S1715)。そして、図示しない制御部は、カウンタ変数 i が局所領域の最大値を超えたか否か、確認する (S1716)。未だ超えていなければ (S1716 の NO)、再び図 16 のステップ S1604 から処理を繰り返す。

カウンタ変数 i が局所領域の最大値を超えていれば (S1716 の YES)、一連の処理を終了する (S1717)。

ステップ S1717 の時点で、図示しない RAM 上には超解像画像データである出力画像データ 105 が形成される。

【0063】

本実施形態は、以下のような応用例が考えられる。

(1) 上述の実施形態では、白黒の静止画を対象とする装置を説明したが、超解像画像処理装置 101 の入力画像データ 104 (ソース) は動画像であってもよい。この場合、評価の対象となる局所領域は時間軸を考慮したものとなる。例えば、時間軸上で隣り合う 2 枚の画像を対象にして、縦 p ピクセル \times 横 q ピクセル \times r サンプル数を局所領域の単位とする。

【0064】

(2) 上述の実施形態では、白黒の静止画を対象とする装置を説明したが、超解像画像処理装置 101 の入力画像データ 104 (ソース) はカラー画像であってもよい。この場合、局所領域は三原色を考慮したものとなる。つまり、各々のビットマップを構成するピクセルの個数が単純に三倍になる。

勿論、扱う画像はカラーの動画像であってもよい。

【0065】

(3) 例えば、アニメーションやコンピュータグラフィックス等の別の映像に実写の人物を合成する、周知のクロマキー合成によって生成される画像データの場合、一つの画像データ内に複数の全く異なる特徴を備えた部分が混在することとなる。このような画像データの場合は、予め異なる特徴の画像部分とを切り分けて、夫々に適したコードブック 106 等を用いて超解像画像処理を施すことが望ましい。

【0066】

(4) 周知のように、主成分分析では、主成分分析の対象となる行列の要素数が膨大で、第一主成分軸、第二主成分軸及び第三主成分軸だけでは集合の絞り込みを良好に実施できない場合に、第一主成分軸、第二主成分軸及び第三主成分軸の双方に直交し、最も分散が大きい第四主成分軸を算出することが行われる。そして、主成分軸は第五、第六...と、その用途に応じて増やすことも可能である。これは本実施形態の超解像画像処理装置 101 及びコードブック作成装置 110 にも同じことが言える。つまり、コードブック 106 等に含まれる主成分軸の基底ベクトルは、必ずしも第一主成分軸、第二主成分軸及び第三主成分軸だけではなく、必要に応じて第四主成分軸以降を含めることができる。そして、その際、コードブック 106 にもこれに応じて「第四主成分」フィールド等が追加されることとなる。

【0067】

(5) コードブック 106 の正規化低周波成分フィールドは、図 4 の Bicubic 拡大処理部 403 によって拡大された局所領域のビットマップデータが基になっている。この、Bicubic 拡大処理部 403 によって拡大された局所領域を用いる代わりに、縮小画像データ 402 の、局所領域に相当する箇所のビットマップデータをノルムで正規化して、正規化低周波成分として利用してもよい。前述の通り、画像を縮小処理した時点で高周波成分が失われるので、拡大処理を施す前に、縮小処理した時点の画像データをそのまま原コードブック 202 の正規化低周波成分フィールドの値に利用する。このようにす

10

20

30

40

50

ることで、正規化低周波成分フィールドに格納される要素数が低減されるので、SSD探索処理部809、RMS E演算部813、主成分分析処理部204、ベクトル類似度演算部1513等の演算ステップ数が低減できる。

【0068】

(6)本実施形態の超解像画像処理装置101は、コードブック106を作成する際、ノルムを用いて正規化を施すため、演算処理に浮動小数点演算が含まれる。コードブック106に格納される値を所定の値で逡倍することで、浮動小数点演算を回避して、整数演算処理だけで装置を構成することもできる。

【0069】

本実施形態においては、超解像画像処理装置101と、これに用いるコードブック作成装置110を開示した。

10

汎用性の高い超解像画像処理を短時間に実行するため、本実施形態の超解像画像処理装置101は、先ず、処理対象とする画像から原コードブック202を作成し、原コードブック202から超解像処理に適したレコードのみを選定したコードブック106を作成した。

また、コードブック106に用いるレコード数を効果的に低減させるために、ノルムを用いた。

これらの技術の採用により、比較的少ない計算量で高い高周波成分の再現率を達成する超解像画像処理装置101を実現できる。

【0070】

20

以上、本発明の実施形態例について説明したが、本発明は上記実施形態例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した本発明の要旨を逸脱しない限りにおいて、他の変形例、応用例を含む。

【符号の説明】

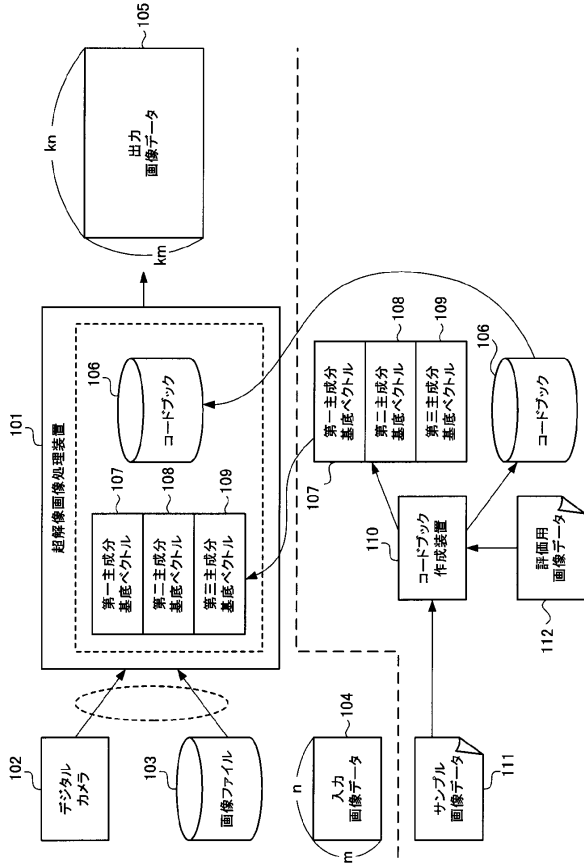
【0071】

101...超解像画像処理装置、102...デジタルカメラ、103...画像ファイル、104...入力画像データ、105...出力画像データ、106...コードブック、107...第一主成分基底ベクトル、108...第二主成分基底ベクトル、109...第三主成分基底ベクトル、110...コードブック作成装置、111...サンプル画像データ、112...評価用画像データ、201...コードブックレコード作成部、202...原コードブック、203...レコード選定処理部、204...主成分分析処理部、401...縮小処理部、402...縮小画像データ、403...B i c u b i c 拡大処理部、404...エッジ領域判定部、405...サンプルB i c u b i c 画像データ、406...ノルムデータ演算部、407...ノルムデータ、408...除算器、409...正規化低周波成分、410...加算器、411...高周波成分、412...除算器、413...正規化高周波成分、414...ラスタスキャン処理部、701...画像、702...縮小画像、703...低周波成分、704...高周波成分、801...評価用縮小画像データ、802...評価用B i c u b i c 画像データ、803...局所領域抽出部、804...評価用局所領域低周波成分、805...ノルム演算部、806...評価用局所領域ノルム、807...除算器、808...評価用局所領域正規化低周波成分、809...SSD探索処理部、810...乗算器、811...加算器、812...評価用局所領域超解像データ、813...RMS E 演算部、814...コンパレータ、815...RMS E 閾値、816...レコード複写処理部、1101...内積演算器、1102...内積演算器、1103...内積演算器、1501...B i c u b i c 拡大処理部、1502...入力B i c u b i c 画像データ、1503...局所領域抽出部、1504...入力局所領域低周波成分、1505...ノルム演算部、1506...入力局所領域ノルム、1507...除算器、1508...入力局所領域正規化低周波成分、1509...第一内積演算器、1510...第二内積演算器、1511...第三内積演算器、1512...ツリー探索部、1513...ベクトル類似度演算部、1514...正規化高周波成分、1515...乗算器、1516...局所領域高周波成分、1517...加算器、1518...局所領域超解像画像データ、1519...結合処理部

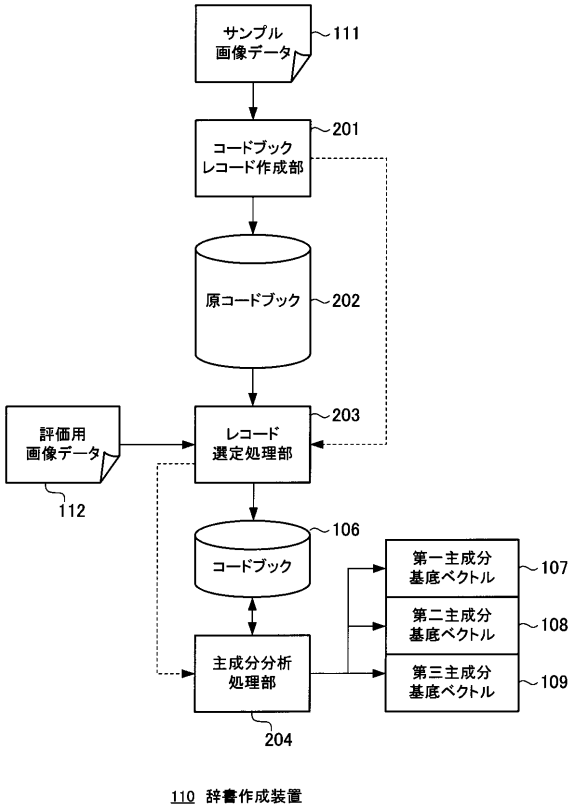
30

40

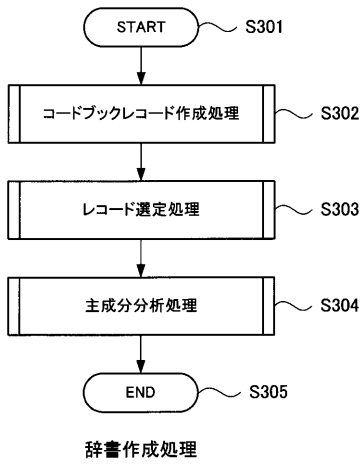
【図1】



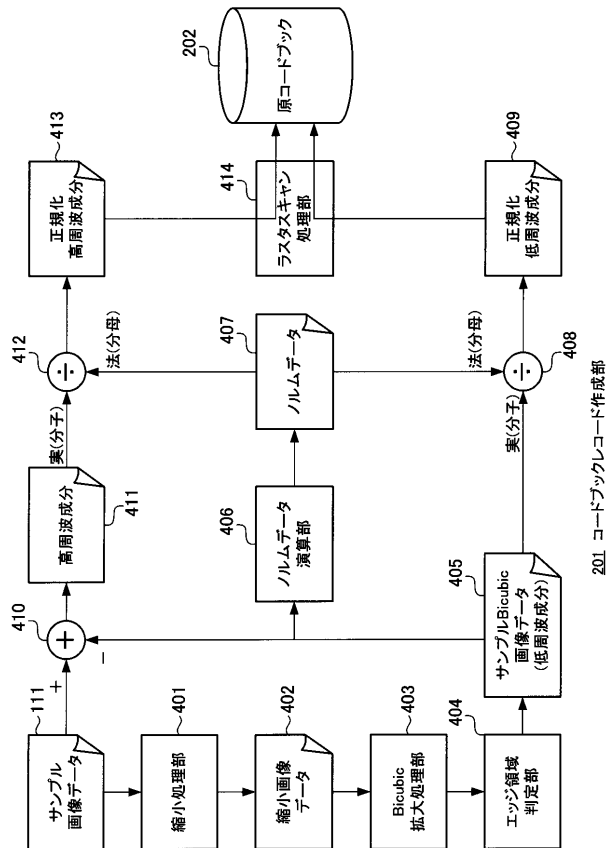
【図2】



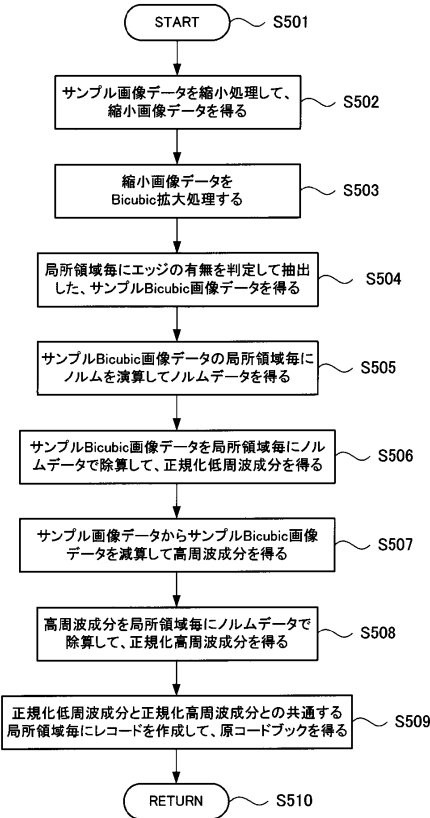
【図3】



【図4】

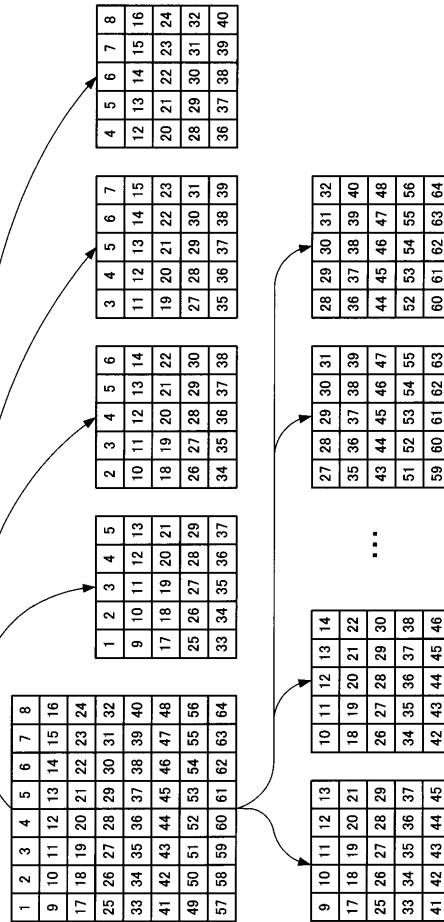


【図5】



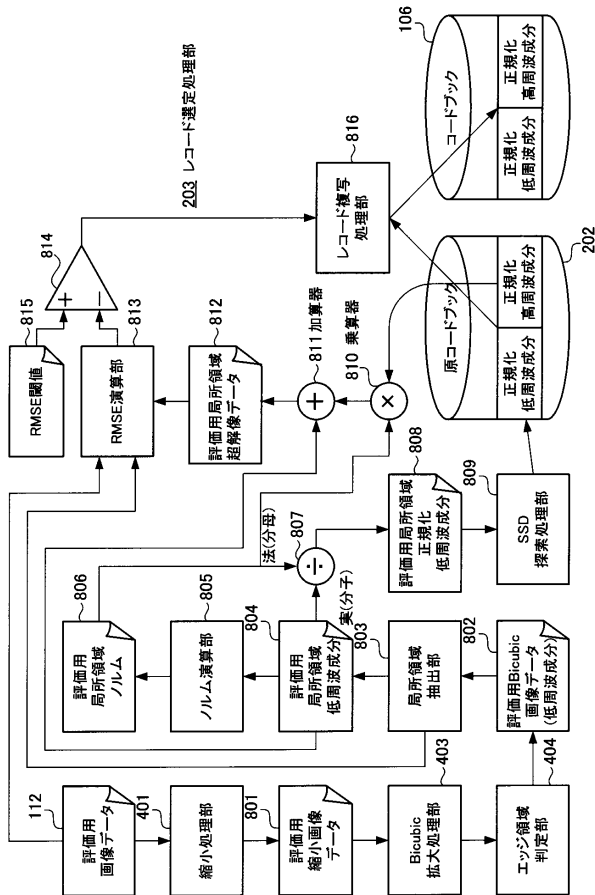
コードブックレコード作成処理

【図6】

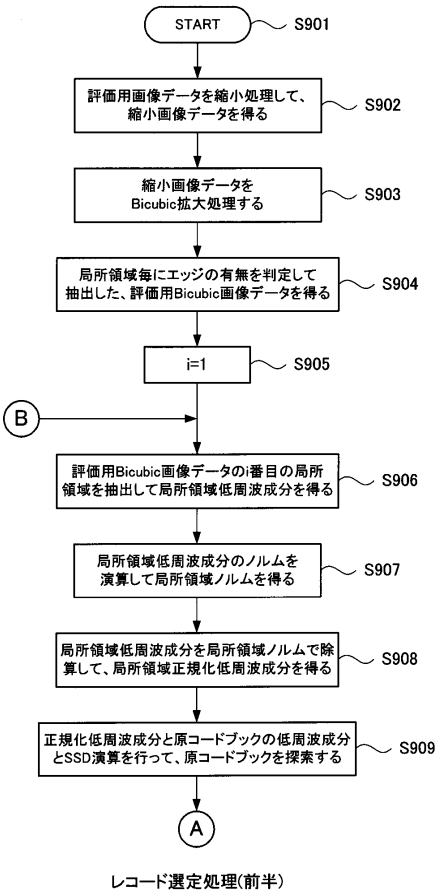


コードブック作成処理における局所領域の取得方法

【図8】

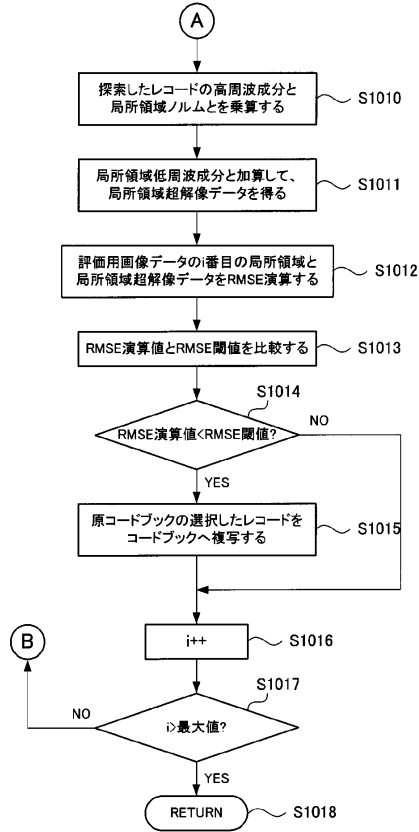


【図9】



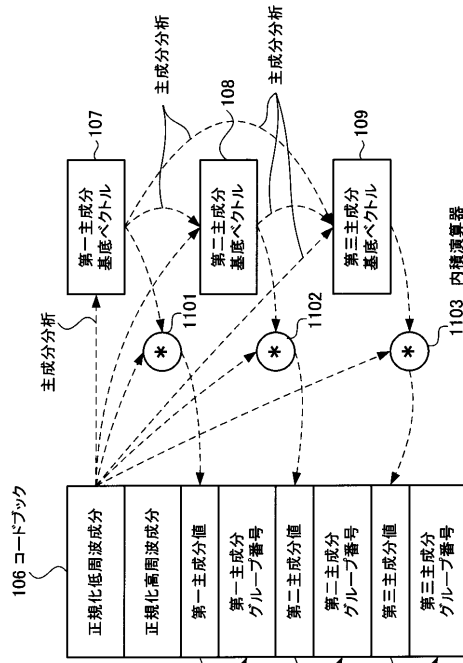
レコード選定処理(前半)

【図10】

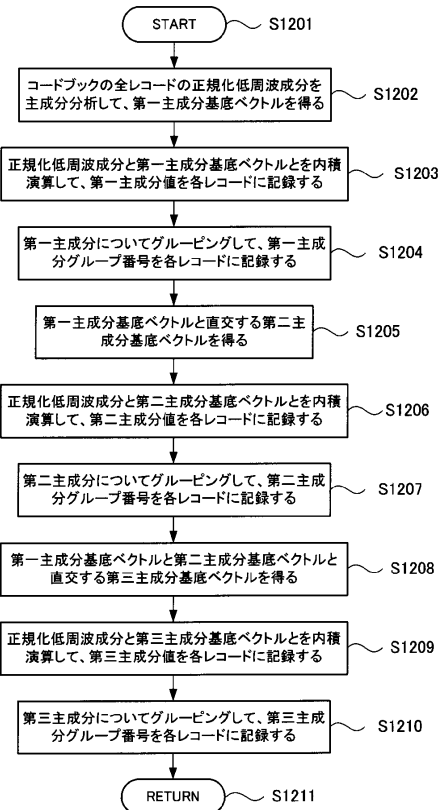


レコード選定処理(後半)

【図11】

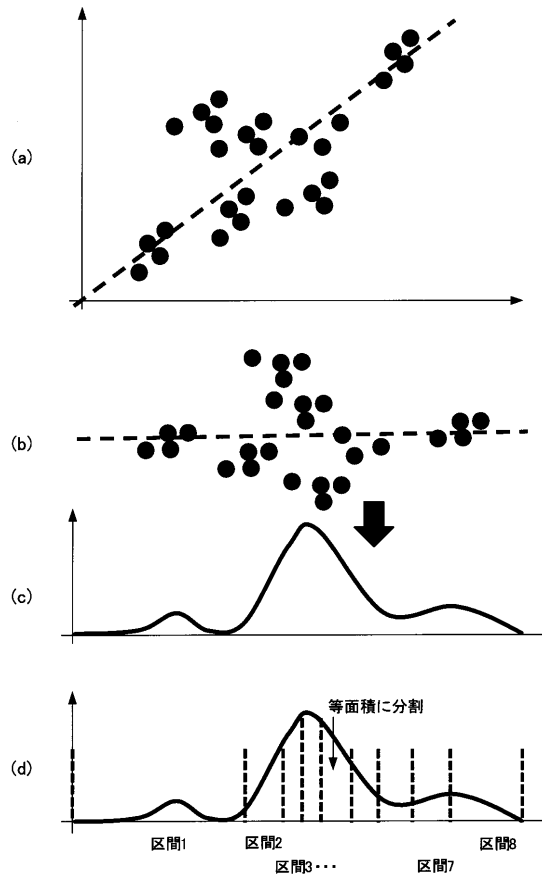


【図12】

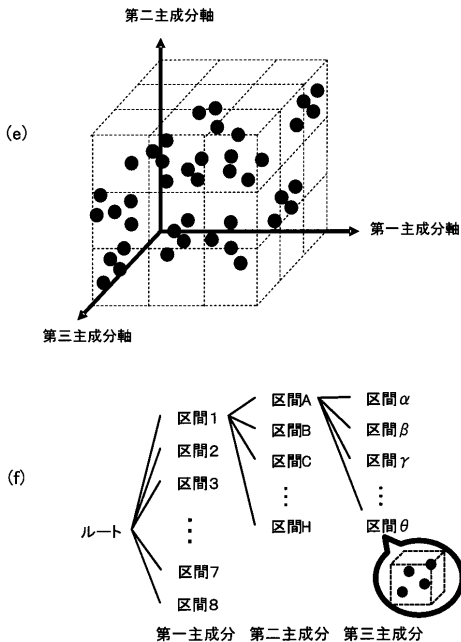


主成分分析処理

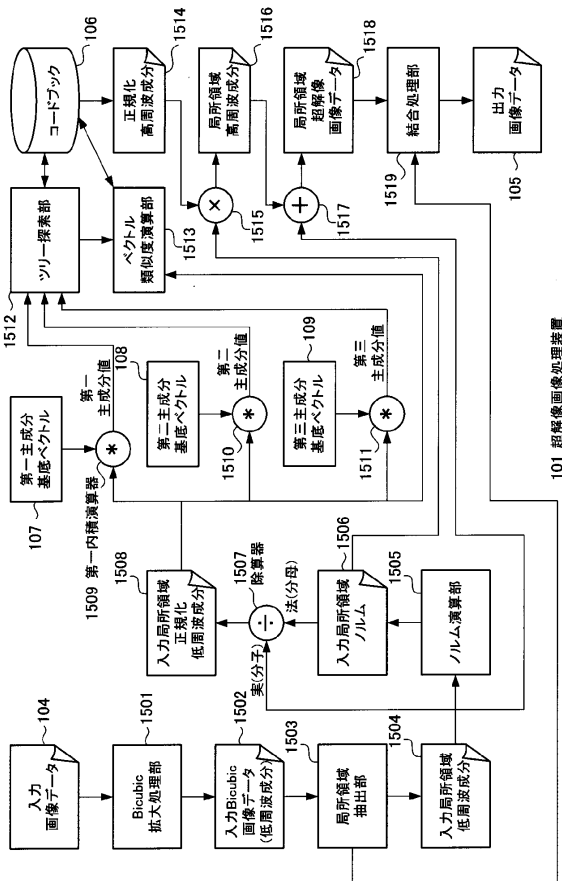
【図13】



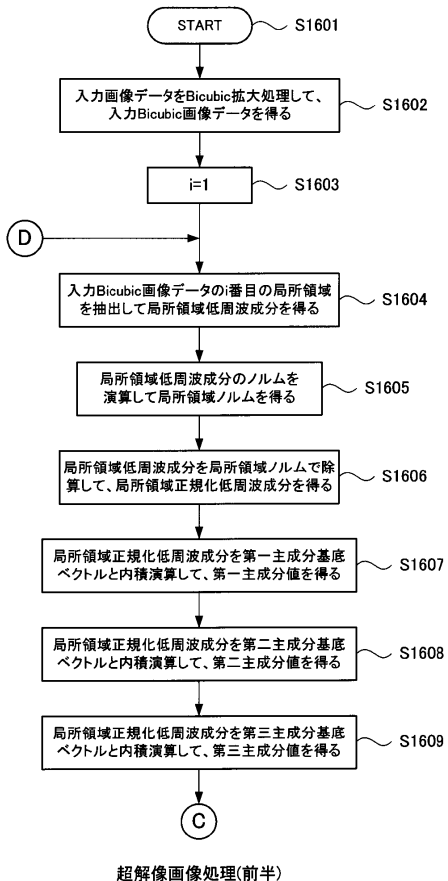
【図14】



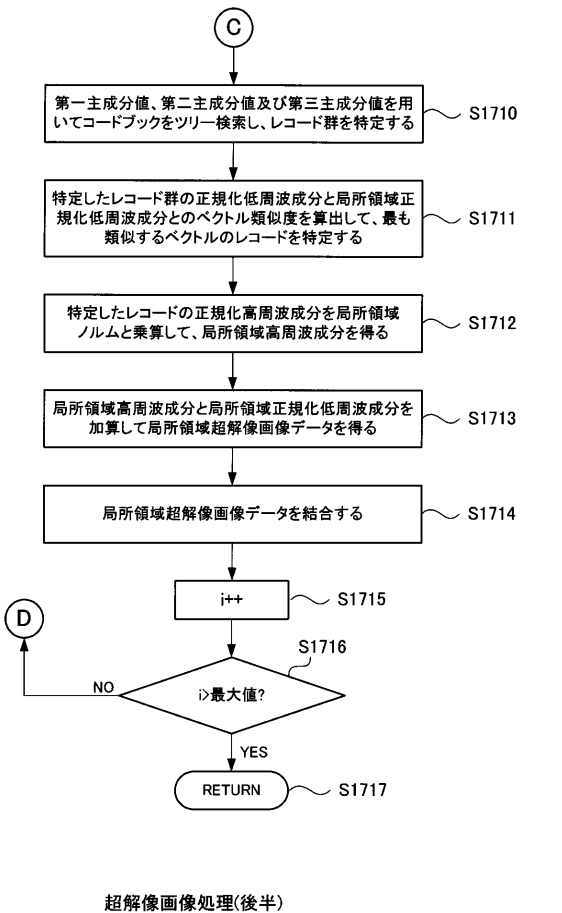
【図15】



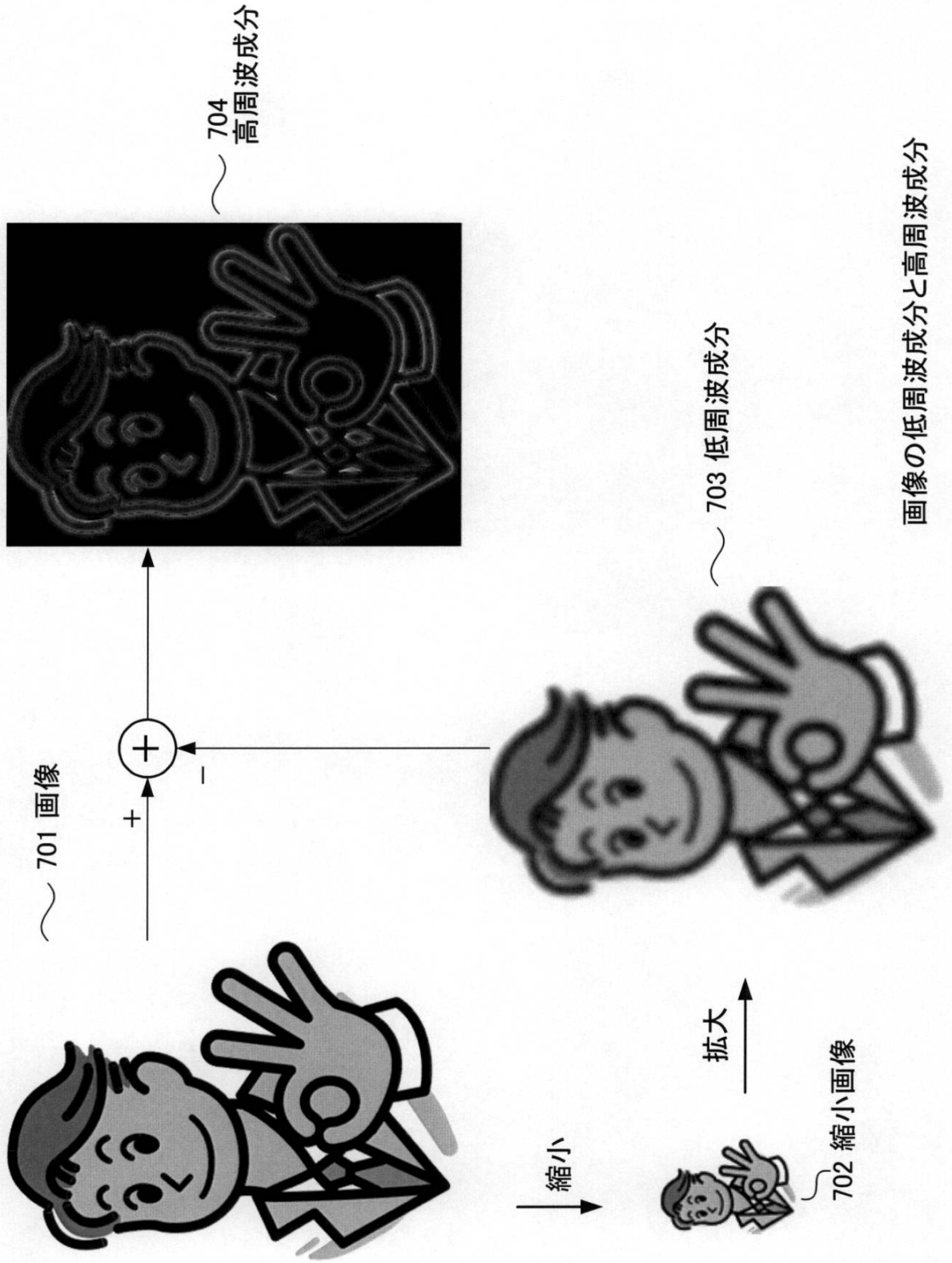
【図16】



【図17】



【図7】



フロントページの続き

- (56)参考文献 橋本明信, 外 4 名, “学習型超解像のための高能率な辞書”, 映像情報メディア学会技術報告, 社団法人映像情報メディア学会, 2011年11月 4日, Vol. 35, No. 45, p. 35 - 40
田口安則, 外 3 名, “画像超解像のための閉ループ学習による代表事例の学習方法”, 電子情報通信学会論文誌, 社団法人電子情報通信学会, 2009年 6月 1日, Vol. J92 - D, No. 6, p. 831 - 842

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 6 T 1 / 0 0 - 7 / 6 0