

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第 1 部門第 2 区分  
 【発行日】平成 27 年 6 月 25 日 (2015.6.25)

【公開番号】特開 2013-244189 (P2013-244189A)  
 【公開日】平成 25 年 12 月 9 日 (2013.12.9)  
 【年通号数】公開・登録公報 2013-066  
 【出願番号】特願 2012-119810 (P2012-119810)  
 【国際特許分類】

A 6 1 B 6/14 (2006.01)

G 0 6 T 5/00 (2006.01)

【 F I 】

A 6 1 B 6/14 3 1 1

G 0 6 T 5/00 3 0 0

【手続補正書】  
 【提出日】平成 27 年 5 月 11 日 (2015.5.11)  
 【手続補正 1】  
 【補正対象書類名】特許請求の範囲  
 【補正対象項目名】全文  
 【補正方法】変更  
 【補正の内容】  
 【特許請求の範囲】  
 【請求項 1】

入力画像にポアソンノイズ除去処理を施して出力画像を生成するポアソンノイズ除去装置であって、

前記ポアソンノイズ除去処理が、前記出力画像がノイズが存在しない理想画像に近づくほど、その値が小さくなるように定式化されたエネルギー関数を用い、前記エネルギー関数を最小にするまたは近似的に最小にする前記出力画像を求める処理であり、

前記エネルギー関数が、注目画素における平滑化の強さを示し前記注目画素毎に動的に変化する因子を含んでいることを特徴とするポアソンノイズ除去装置。

【請求項 2】

前記エネルギー関数が、

【数 2 0】

$$E(\mathbf{f}|\mathbf{g}) = \frac{\alpha}{2} \sum_i \sum_j (f_i - f_{ij})^2 + \frac{\beta}{2} \sum_i h(f_i) (f_i - g_i)^2$$

又は

【数 2 1】

$$E(\mathbf{f}|\mathbf{g}) = \frac{\alpha}{2} \sum_i \frac{1}{h(f_i)} \sum_j (f_i - f_{ij})^2 + \frac{\beta}{2} \sum_i (f_i - g_i)^2$$

(ここで、

$\mathbf{f}$

は前記出力画像であり、

$\mathbf{g}$

は前記入力画像であり、 $i$  は前記注目画素のラベルであり、 $ij$  は前記注目画素の近傍に位置する画素のラベルであり、 $h(f_i)$  が前記注目画素における平滑化の強さを示し前記注目

画素毎に動的に変化する因子である。)   
 である請求項 1 に記載のポアソンノイズ除去装置。

【請求項 3】

前記出力画像が、確率分布

$$P(\mathbf{f}|\mathbf{g}) = \frac{\exp\{-E(\mathbf{f}|\mathbf{g})\}}{\int \exp\{-E(\mathbf{F}|\mathbf{g})\}d\mathbf{F}}$$

を用いた期待値計算によって前記エネルギー関数を近似的に最小にする画像である請求項 2 に記載のポアソンノイズ除去装置。

【請求項 4】

前記期待値計算が、前記確率分布に平均場近似を適用した計算である請求項 3 に記載のポアソンノイズ除去装置。

【請求項 5】

入力画像にポアソンノイズ除去処理を施して出力画像を生成するポアソンノイズ除去方法であって、

前記ポアソンノイズ除去処理が、前記出力画像がノイズが存在しない理想画像に近づくほど、その値が小さくなるように定式化されたエネルギー関数を用い、前記エネルギー関数を最小にするまたは近似的に最小にする前記出力画像を求める処理であり、

前記エネルギー関数が、注目画素における平滑化の強さを示し前記注目画素毎に動的に変化する因子を含んでいることを特徴とするポアソンノイズ除去方法。

【請求項 6】

被写体に対して X 線を照射する X 線照射部と、

前記被写体を透過した X 線を検出する X 線検出部と、

前記 X 線検出部の検出結果に基づく画像を入力する請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載のポアソンノイズ除去装置とを備えることを特徴とする X 線撮影装置。

【請求項 7】

X 線撮影で得られる投影画像に対して、第 1 の関数  $y = f(x)$  を用いてビームハードニング補正を行うビームハードニング補正装置を備え、

第 1 の関数が、第 2 の関数の逆関数であり、

第 2 の関数が、ロジスティック曲線を表す第 3 の関数  $y = 1/[1+\exp\{-(x-x_0)\}]$  を平行移動して得られる関数である請求項 6 に記載の X 線撮影装置。

【請求項 8】

第 1 の関数が、

【数 2 2】

$$y = \frac{a}{2} \log \left( \frac{2a}{a-x} - 1 \right)$$

であり、

前記ポアソンノイズ除去装置が請求項 2 に記載のポアソンノイズ除去装置であって、

【数 2 3】

$$\begin{aligned} h(f_i) &= I_0(i) \exp(-y_i) \\ y_i &= \frac{a}{2} \log \left( \frac{2a}{a-x_i} - 1 \right) \\ x_i &= \log \left( \frac{I_0(i)}{f_i} \right) \end{aligned}$$

(ここで、 $I_0(i)$  は、被写体が存在しないときの測定画像のラベルが  $i$  である画素の画素値

である。)

を満たす請求項 7 に記載の X 線撮影装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0003

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0003】

ノイズには、信号の大きさに依存して大きさが変動するノイズと、信号の大きさに関わらず大きさが一定であるノイズとの二種類がある。ポアソンノイズは前者である。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0011】

本発明は、上記の状況に鑑み、ポアソンノイズがビームハードニング補正処理によって非線形に増幅された場合であっても、画像のポアソンノイズを適切に除去することができるポアソンノイズ除去装置、ポアソンノイズ除去方法、及び X 線撮影装置を提供することを目的とするものである。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0012】

上記目的を達成するために本発明に係るポアソンノイズ除去装置においては、入力画像にポアソンノイズ除去処理を施して出力画像を生成するポアソンノイズ除去装置であって、前記ポアソンノイズ除去処理が、前記出力画像がノイズが存在しない理想画像に近づくほど、その値が小さくなるように定式化されたエネルギー関数を用い、前記エネルギー関数を最小にするまたは近似的に最小にする前記出力画像を求める処理であり、前記エネルギー関数が、注目画素における平滑化の強さを示し前記注目画素毎に動的に変化する因子を含んでいる構成（第 1 の構成）としている。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0013】

このような構成によると、ポアソンノイズ除去処理で用いるエネルギー関数が、注目画素における平滑化の強さを示し注目画素毎に動的に変化する因子を含んでいるので、平滑化の強さを画素毎に動的に変化させることができる。これにより、ポアソンノイズがビームハードニング補正処理によって非線形に増幅された場合であっても、画像のポアソンノイズを適切に除去することができる。。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0014】

さらに、前記エネルギー関数が、  
【数 1】

$$E(\mathbf{f}|\mathbf{g}) = \frac{\alpha}{2} \sum_i \sum_j (f_i - f_{ij})^2 + \frac{\beta}{2} \sum_i h(f_i) (f_i - g_i)^2$$

又は

【数 2】

$$E(\mathbf{f}|\mathbf{g}) = \frac{\alpha}{2} \sum_i \frac{1}{h(f_i)} \sum_j (f_i - f_{ij})^2 + \frac{\beta}{2} \sum_i (f_i - g_i)^2$$

(ここで、

$\mathbf{f}$

は前記出力画像であり、

$\mathbf{g}$

は前記入力画像であり、 $i$ は前記注目画素のラベルであり、 $ij$ は前記注目画素の近傍に位置する画素のラベルであり、 $h(f_i)$ が前記注目画素における平滑化の強さを示し前記注目画素毎に動的に変化する因子である。)

である構成(第2の構成)が好ましい。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0015】

このような構成によると、互いに近傍に位置する画素同士は同じ値を持ちやすいという傾向の強さをパラメータによって容易に調整でき、ノイズの全体的な大きさをパラメータによって容易に調整できる。また、上記第2の構成において、前記出力画像が、確率分布

$$P(\mathbf{f}|\mathbf{g}) = \frac{\exp\{-E(\mathbf{f}|\mathbf{g})\}}{\int \exp\{-E(\mathbf{F}|\mathbf{g})\} d\mathbf{F}}$$

を用いた期待値計算によって前記エネルギー関数を近似的に最小にする画像である構成(第3の構成)にしてもよい。さらに、上記第3の構成において、前記期待値計算が、前記確率分布に平均場近似を適用した計算である構成(第4の構成)にしてもよい。上記第4の構成によると、注目画素における平滑化の強さを示し注目画素毎に動的に変化する因子を含んでいるエネルギー関数の最小化問題を、確率分布を用い当該確率分布に平均場近似を適用した期待値計算によって解くことになるので、ガウス関数の公式等を利用することができ、解析的な扱いが可能となる。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0016】

また、上記目的を達成するために本発明に係るポアソンノイズ除去方法においては、入力画像にポアソンノイズ除去処理を施して出力画像を生成するポアソンノイズ除去方法であって、前記ポアソンノイズ除去処理が、前記出力画像がノイズが存在しない理想画像に

近づくほど、その値が小さくなるように定式化されたエネルギー関数を用い、前記エネルギー関数を最小にするまたは近似的に最小にする前記出力画像を求める処理であり、前記エネルギー関数が、注目画素における平滑化の強さを示し前記注目画素毎に動的に変化する因子を含んでいるようにする。

【手続補正 9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0022

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0022】

本発明によると、ポアソンノイズ除去処理で用いるエネルギー関数が、注目画素における平滑化の強さを示し注目画素毎に動的に変化する因子を含んでいるので、平滑化の強さを画素毎に動的に変化させることができる。これにより、ポアソンノイズがビームハードニング補正処理によって非線形に増幅された場合であっても、画像のポアソンノイズを適切に除去することができる。

【手続補正 10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0038

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0038】

全顎CT撮影モードは、X線検出部9の中心をX線照射部8と旋回アーム6の旋回軸中心206とを結ぶラインの延長線上からずらして撮影を行っているので、上述した全歯CT撮影モードよりも画像再構成範囲207を拡大することができる。したがって、X線検出部9のサイズアップを抑えながら歯顎領域の全ての範囲を撮影対象とすることができる。

【手続補正 11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0051

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0051】

画像処理装置10は、測定画像または投影画像をポアソンノイズ除去装置の入力画像として扱う。当該ポアソンノイズ除去装置が入力画像に施すポアソンノイズ除去処理は、当該ポアソンノイズ除去装置の出力画像がノイズが存在しない理想画像に近づくほど、その値が小さくなるように定式化されたエネルギー関数を用い、前記エネルギー関数を近似的に最小にする前記出力画像を求める処理である。そして、前記エネルギー関数は、注目画素における平滑化の強さを示し前記注目画素毎に動的に変化する因子を含んでいることを特徴としている。

【手続補正 12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0053

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0053】

ここで、

$f$

は前記出力画像であり、

## g

は前記入力画像であり、 $i$ は前記注目画素のラベルであり、 $ij$ は前記注目画素の近傍に位置する画素のラベルであり、 $h(f_{ij})$ が前記注目画素における平滑化の強さを示し前記注目画素毎に動的に変化する因子である。

【手続補正 1 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 5 4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 5 4】

式(3)で表されるエネルギー関数の第1項は、互いに近傍に位置する画素同士は同じ値を持ちやすいという仮定に基づいて設計されている項であり、パラメータ  $\alpha$  は互いに近傍に位置する画素同士は同じ値を持ちやすいという傾向の強さを表すパラメータである。また、式(3)で表されるエネルギー関数の第2項は、因子 $h(f_{ij})$ に従って平滑化の強さが変化するという仮定に基づいて設計されている項であり、パラメータ  $\beta$  はノイズの全体的な大きさを表すパラメータである。

【手続補正 1 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 6 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 6 3】

平均場近似を適用した式(8)は1変数の確率分布であり、因子

$$h\left(\frac{1}{J}\sum_j m_{ij}\right)$$

は単なる定数であるため、ガウス積分の公式などが適用でき、解析的な扱いができるようになる。よって、あとは各画素の期待値を次の式(9)で表される連立方程式に従って計算すればよい。この連立方程式は反復法を用いて解くことができる。全ての画素値の期待値が収束したとき、ノイズが除去された画像(エネルギー関数を最小にする出力画像)が得られる。すなわち、画像処理装置10は、式(3)で表されるエネルギー関数を近似的に最小にする出力画像を求める処理として、式(9)で表される連立方程式を反復法を用いて解く処理を実行している。なお、上述した式(3)で表されるエネルギー関数が2つのパラメータ  $\alpha$ 、 $\beta$  を導入しているのに対し、式(9)で表される連立方程式ではその2つのパラメータ  $\alpha$ 、 $\beta$  を1つのパラメータAにまとめることができる。

【数 1 4】

$$\begin{aligned} m_i &= \int f_i Q(f_i | g_i) df_i \\ &= \frac{A \sum_j m_{ij} + h\left(\frac{1}{J}\sum_j m_{ij}\right) g_i}{JA + h\left(\frac{1}{J}\sum_j m_{ij}\right)} \quad \left( \because A = \frac{\alpha}{\beta} \right) \end{aligned} \quad (9)$$