

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7310552号
(P7310552)

(45)発行日 令和5年7月19日(2023.7.19)

(24)登録日 令和5年7月10日(2023.7.10)

(51)国際特許分類 F I
A 6 1 B 6/00 (2006.01) A 6 1 B 6/00 3 5 0 N
A 6 1 B 6/00 3 3 1 D

請求項の数 10 (全15頁)

(21)出願番号	特願2019-199844(P2019-199844)	(73)特許権者	000001270 コニカミノルタ株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号
(22)出願日	令和1年11月1日(2019.11.1)	(74)代理人	110001254 弁理士法人光陽国際特許事務所
(65)公開番号	特開2021-69855(P2021-69855A)	(72)発明者	松谷 哲嗣 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コニカミノルタ株式会社内
(43)公開日	令和3年5月6日(2021.5.6)	審査官	蔵田 真彦
審査請求日	令和4年9月27日(2022.9.27)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 画像処理装置及びプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

摂食嚥下の動作中に被写体を放射線撮影することにより得られた放射線画像を取得する画像取得手段と、

前記放射線画像における摂食嚥下に関する複数の構造物の画像信号成分を強調する強調手段と、

を備え、

前記強調手段は、前記放射線画像を空間周波数帯域の異なる複数の周波数成分画像に分解し、前記摂食嚥下に関する複数の構造物のそれぞれに対応する複数の空間周波数帯域の周波数成分画像に当該周波数成分画像を強調するための強調パラメータを乗算して前記複数の周波数成分画像及び前記放射線画像を合成することにより、前記摂食嚥下に関する複数の構造物の画像信号成分が強調された放射線画像を生成する、画像処理装置。

10

【請求項2】

前記強調手段は、前記摂食嚥下に関する複数の構造物として、舌骨、喉頭蓋、及び食物の通過経路の構造物の画像信号成分を強調する請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項3】

前記強調手段は、前記摂食嚥下に関する複数の構造物として、舌、歯、及び食物の通過経路の構造物の画像信号成分を強調する請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項4】

前記強調手段は、前記強調パラメータを前記被写体の個体ごとに変更する請求項1～

20

3のいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 5】

前記強調手段による強調後の前記放射線画像を表示する表示手段を備える請求項 1 ~ 4のいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 6】

前記表示手段は、前記強調手段による強調後の前記放射線画像を前記強調手段による強調前の前記放射線画像と並べて又は切り替えて表示する請求項 5に記載の画像処理装置。

【請求項 7】

前記放射線画像は、前記摂食嚥下の動作中に前記被写体を所定時間間隔で繰り返し撮影することにより得られた動態画像であり、

前記動態画像に時間方向のハイパスフィルター処理を施す処理手段を備える請求項 1 ~ 6のいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 8】

前記放射線画像は、前記摂食嚥下の動作中に前記被写体を所定時間間隔で繰り返し撮影することにより得られた動態画像であり、

前記強調手段による強調後の前記動態画像のフレーム画像のうち、最後に撮影されたフレーム画像から所定期間前までのフレーム画像を記憶手段に記憶させる記憶制御手段を備える請求項 1 ~ 7のいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 9】

前記放射線画像は、前記摂食嚥下の動作中に前記被写体を所定時間間隔で繰り返し撮影することにより得られた動態画像であり、

前記強調手段による強調後の前記動態画像のフレーム画像のうち、所定のタイミングで撮影されたフレーム画像を含む所定期間のフレーム画像を記憶手段に記憶させる記憶制御手段を備える請求項 1 ~ 7のいずれか一項に記載の画像処理装置。

【請求項 10】

コンピューターを、
摂食嚥下の動作中に被写体を放射線撮影することにより得られた放射線画像を取得する画像取得手段、

前記放射線画像における摂食嚥下に関する構造物の画像信号成分を強調する強調手段、
として機能させ、

前記強調手段は、前記放射線画像を空間周波数帯域の異なる複数の周波数成分画像に分解し、前記摂食嚥下に関する複数の構造物のそれぞれに対応する複数の空間周波数帯域の周波数成分画像に当該周波数成分画像を強調するための強調パラメーターを乗算して前記複数の周波数成分画像及び前記放射線画像を合成することにより、前記摂食嚥下に関する複数の構造物の画像信号成分が強調された放射線画像を生成する、プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像処理装置及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、造影剤又は造影剤を含む食物を摂食嚥下させたときの状態を放射線撮影し、造影剤の動きや嚥下関連器官の状態と運動を透視下に観察する嚥下造影検査が知られている。

また、嚥下造影検査で得られた各フレーム画像の造影剤の部分のみを強調する技術が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開平 11 - 151234号公報

【発明の概要】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、従来の嚥下造影検査には、以下の問題点がある。

一般的な造影剤の種類として、硫酸バリウムとヨード系造影剤がある。硫酸バリウムは、溶解性が低いため、大量に誤嚥した場合に気管支や肺に残存し、窒息・呼吸器障害を引き起こす恐れがある。一方、ヨード系造影剤は、高価なため、医療機関の費用負担が大きい。そのため、造影剤を用いずに検査できることが好ましい。

【0005】

また、嚥下造影検査で得られるX線動画像では、1つの動画像の中に、口腔周辺の骨や軟部組織、人体よりもX線透過度が低い造影剤、入れ歯などの金属など、X線透過度の異なるさまざまな構造物が含まれている。摂食嚥下の運動を正確に評価するためには、特許文献1に記載のように造影剤の部分のみに注目するだけでなく、複数ある摂食嚥下に関する構造物の挙動、例えば、軟口蓋の挙上、舌骨の移動量、咽頭腔面積の狭小、食物の喉頭内侵入（誤嚥）の有無等を同時に観察する必要がある。しかし、従来の技術では、嚥下機能や咀嚼機能の評価において重要となる全ての構造物を良好な画質で観察することが困難で、ユーザーが或る構造物に注目して画質や明るさを調整すると他の構造物の視認性が悪くなるという課題がある。例えば、図5Aでは、歯や舌（矩形R1で囲んだ部分）などは視認できるが、喉頭蓋を視認することはできない。一方、図5Bでは、喉頭蓋（矩形R2で囲んだ部分）を視認することはできるが、歯や舌の動きは容易に視認することができない。視認性が悪い構造物が存在することにより、例えば、読影する医師によって診断結果が変わってしまう（ばらつきが出る）といった問題が起こり得る。

【0006】

また、嚥下造影検査では、造影剤を口から入れ、咀嚼 嚥下という一連の流れを観察するため、フェーズが変わって注目する箇所が変わる度に、ユーザーが画質、明るさ等の調整をする必要があり、手間がかかるという問題があった。

【0007】

本発明の課題は、摂食嚥下の動作中に被写体を撮影することにより得られた放射線画像における摂食嚥下に関する構造物の視認性を向上させ、撮影時の造影剤の摂食の有無に拘わらず、また、手間をかけることなく、被写体の嚥下機能や咀嚼機能を精度よく評価できるようにすることである。

【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、本発明に係る画像処理装置は、

摂食嚥下の動作中に被写体を放射線撮影することにより得られた放射線画像を取得する画像取得手段と、

前記放射線画像における摂食嚥下に関する複数の構造物の画像信号成分を強調する強調手段と、

を備え、

前記強調手段は、前記放射線画像を空間周波数帯域の異なる複数の周波数成分画像に分解し、前記摂食嚥下に関する複数の構造物のそれぞれに対応する複数の空間周波数帯域の周波数成分画像に当該周波数成分画像を強調するための強調パラメータを乗算して前記複数の周波数成分画像及び前記放射線画像を合成することにより、前記摂食嚥下に関する複数の構造物の画像信号成分が強調された放射線画像を生成する。

【0009】

本発明に係るプログラムは、

コンピューターを、

摂食嚥下の動作中に被写体を放射線撮影することにより得られた放射線画像を取得する画像取得手段、

前記放射線画像における摂食嚥下に関する構造物の画像信号成分を強調する強調手段、

として機能させ、

10

20

30

40

50

前記強調手段は、前記放射線画像を空間周波数帯域の異なる複数の周波数成分画像に分解し、前記摂食嚥下に関する複数の構造物のそれぞれに対応する複数の空間周波数帯域の周波数成分画像に当該周波数成分画像を強調するための強調パラメーターを乗算して前記複数の周波数成分画像及び前記放射線画像を合成することにより、前記摂食嚥下に関する複数の構造物の画像信号成分が強調された放射線画像を生成する。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、摂食嚥下の動作中に被写体を撮影することにより得られた放射線画像における摂食嚥下に関する構造物の視認性を向上させることができるので、撮影時の造影剤の摂食の有無に拘わらず、また、手間をかけることなく、被写体の嚥下機能や咀嚼機能を精度よく評価することが可能となる。

10

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明の実施形態に係る放射線撮影システムを表すブロック図である。

【図2】図1の放射線撮影システムが備える画像処理装置を表すブロック図である。

【図3】図2の画像処理装置が実行する構造物強調処理Aの流れを示すフローチャートである。

【図4】摂食嚥下に関する構造物を説明するための図である。

【図5A】従来の嚥下造影検査の画像の一例を示す図である。

【図5B】従来の嚥下造影検査の画像の一例を示す図である。

20

【図5C】構造物強調処理Aが施された嚥下造影検査の画像の一例を示す図である。

【図6】図2の画像処理装置が実行する構造物強調処理B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】

【0022】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。ただし、本発明の範囲は、以下の実施形態や図面に記載されたものに限定されるものではない。

【0023】

<放射線撮影システム100の構成>

初めに、本実施形態に係る放射線撮影システム100の概略構成について説明する。図1は放射線撮影システム100を表すブロック図である。

30

【0024】

本実施形態の放射線撮影システム100は、図1に示すように、放射線発生装置1と、放射線検出器2と、画像処理装置3と、サーバー4と、を備えている。

これらは、通信ネットワークNTを介して互いに通信可能となっている。

【0025】

なお、放射線撮影システム100は、図示しない病院情報システム(Hospital Information System: HIS)や、放射線科情報システム(Radiology Information System: RIS)、画像保存通信システム(Picture Archiving and Communication System: PACS)、画像解析装置等と接続することが可能となってもよい。

40

【0026】

放射線発生装置1は、図示を省略するが、照射指示スイッチが操作されたことに基づいて、予め設定された放射線照射条件(管電圧や管電流、照射時間(mAs値)等)に応じた電圧を印加するジェネレーターや、ジェネレーターから電圧が印加されると、印加された電圧に応じた線量の放射線(例えばX線)を生成する放射線源等を備えている。

そして、放射線発生装置1は、撮影する放射線画像(静止画像・動態画像)に応じた態様で放射線を発生させるようになっている。ここで、動態画像は、被写体の動態を示す複数のフレーム画像からなる動画像を指す。

【0027】

なお、放射線発生装置1は、撮影室内に据え付けられたものであってもよいし、画像処

50

理装置 3 等と共に回診車と呼ばれる移動可能に構成されたものとなってもよい。

【 0 0 2 8 】

放射線検出器 2 は、図示を省略するが、放射線を受けることで線量に応じた電荷を発生させる放射線検出素子や電荷の蓄積・放出を行うスイッチ素子を備えた画素が二次元的（マトリクス状）に配列された基板や、各スイッチ素子のオン/オフを切り替える走査回路、各画素から放出された電荷の量を信号値として読み出す読み出し回路、読み出し回路が読み出した複数の信号値から放射線画像を生成する制御部、生成した放射線画像のデータ等を外部へ出力する出力部等を備えている。

そして、放射線検出器 2 は、放射線発生装置 1 から放射線が照射されるタイミングと同期して、照射された放射線に応じた放射線画像を生成するようになっている。

10

【 0 0 2 9 】

なお、放射線検出器 2 は、シンチレータ等を内蔵し、照射された放射線をシンチレータで可視光等の他の波長の光に変換し、変換した光に応じた電荷を発生させるもの（いわゆる間接型）であってもよいし、シンチレータ等を介さずに放射線から直接電荷を発生させるもの（いわゆる直接型）であってもよい。

また、放射線検出器 2 は、撮影台と一体化された専用機型のもので、可搬型（カセット型）のものであってもよい。

【 0 0 3 0 】

画像処理装置 3 は、P C や専用の装置等で構成されている。

なお、画像処理装置 3 は、他のシステム（H I S や R I S 等）から取得した撮影オーダー情報やユーザーによる操作に基づいて、各種撮影条件（管電圧や管電流、照射時間（m A s 値）、フレームレート、被写体の体格、グリッドの有無等）を放射線発生装置 1 や放射線検出器 2 等に設定するコンソールであってもよい。

20

この画像処理装置 3 の詳細については後述する。

【 0 0 3 1 】

サーバー 4 は、P C や専用の装置、クラウド上の仮想サーバー等で構成されている。

また、サーバー 4 は、データベース（D B ）4 1 を有している。

データベース 4 1 は、放射線検出器 2 が生成した放射線画像（静止画像、動態画像）や、画像処理装置 3 の処理結果を蓄積することが可能となっている。

なお、本実施形態においては、画像処理装置 3 等から独立したサーバー 4 にデータベース 4 1 が設けられていることとしたが、データベース 4 1 は、画像処理装置 3 内（記憶部 3 3 等）に設けられていてもよいし、放射線撮影システム 1 0 0 が備える他の装置内に設けられていてもよい。

30

また、放射線撮影システム 1 0 0 に P A C S 等の他のシステムが接続される場合には、他のシステム内に設けられたものであってもよい。

【 0 0 3 2 】

このように構成された本実施形態に係る放射線撮影システム 1 0 0 は、放射線発生装置 1 の放射線源と放射線検出器 2 とを間を空けて対向配置し、それらの間に配置された被写体へ放射線源から放射線を照射することにより、被写体を放射線撮影することが可能となっている。

40

放射線画像が静止画像である場合には、1 回の撮影操作（照射指示スイッチの押下）につき放射線の照射及び放射線画像の生成を 1 回だけ行い、放射線画像が動態画像である場合には、1 回の撮影操作につきパルス状の放射線の照射及びフレーム画像の生成を短時間に所定時間間隔で複数回（例えば 1 秒間に 1 5 回）繰り返す。

その結果、放射線検出器 2 は、一枚の静止画像又は複数のフレーム画像からなる動態画像を生成する。

【 0 0 3 3 】

< 画像処理装置 3 の構成 >

次に、上記放射線撮影システム 1 0 0 が備える画像処理装置 3 の具体的構成について説明する。図 2 は画像処理装置 3 を表すブロック図である。

50

本実施形態に係る画像処理装置 3 は、図 2 に示すように、制御部 3 1 と、通信部 3 2 と、記憶部 3 3 と、表示部 3 4 と、操作部 3 5 と、を備えている。

各部 3 1 ~ 3 5 は、バス等で電氣的に接続されている。

なお、画像処理装置 3 に表示部 3 4 や操作部 3 5 を備えずに、画像処理装置 3 に表示部や操作部を備える表示装置（タブレット端末等）を接続するようにしてもよい。

【0034】

制御部 3 1 は、CPU（Central Processing Unit）、RAM（Random Access Memory）等により構成されている。

そして、制御部 3 1 の CPU は、記憶部 3 3 に記憶されている各種プログラムを読み出して RAM 内に展開し、展開されたプログラムに従って各種処理を実行し、画像処理装置 3 各部の動作を集中制御するようになっている。本実施形態において、制御部 3 1 は、後述する構造物強調処理を実行することにより、画像取得手段、強調手段、記憶制御手段、処理手段として機能する。

【0035】

通信部 3 2 は、通信モジュール等で構成されている。

そして、通信部 3 2 は、通信ネットワーク NT（LAN（Local Area Network）、WAN（Wide Area Network）、インターネット等）を介して接続された他の装置（放射線検出器 2 等）との間で各種信号や各種データを送受信するようになっている。

【0036】

記憶部 3 3 は、不揮発性の半動態メモリーやハードディスク等により構成されている。

また、記憶部 3 3 は、制御部 3 1 が実行する各種プログラムやプログラムの実行に必要なパラメーター等を記憶している。

例えば、記憶部 3 3 は、嚥下機能評価用及び咀嚼機能評価用の空間周波数強調パラメーター（強調パラメーター） n （ $n = 1, 2, 3 \dots$ ）を記憶している。

なお、記憶部 3 3 は、放射線画像を記憶することが可能となってもよい。

【0037】

表示部 3 4 は、LCD（Liquid Crystal Display）や CRT（Cathode Ray Tube）等で構成されている。

そして、表示部 3 4 は、制御部 3 1 から入力される制御信号に基づいて、撮影された静止画像や動態画像等を表示するようになっている。

【0038】

操作部 3 5 は、カーソルキーや、数字入力キー、各種機能キー等を備えたキーボードや、マウス等のポインティングデバイス、表示装置の表面に積層されたタッチパネル等によってユーザーが操作可能に構成されている。

そして、操作部 3 5 は、ユーザーによってなされた操作に応じた制御信号を制御部 3 1 へ出力するようになっている。

【0039】

<動作>

次に、放射線撮影システム 100 の動作について説明する。

まず、放射線発生装置 1 及び放射線検出器 2 により、摂食嚥下の動作中に被検者（被写体）を所定間隔で繰り返し放射線撮影することにより動態画像を取得する。被検者に摂取させる模擬食品には、造影剤が含まれていても含まれていなくてもよい。撮影方向は、正面、側面、又は斜位を必要に応じて撮影する。

【0040】

放射線検出器 2 により生成された動態画像のフレーム画像のそれぞれには、動態画像を識別するための識別 ID、患者情報、検査情報（撮影部位等）、放射線照射条件、画像読取条件、撮影順を示す番号（フレーム番号）等の情報が付帯され（例えば、DICOM形式で画像データのヘッダ領域に書き込まれ）、順次画像処理装置 3 に送信される。なお、動態画像のフレーム画像をまとめて画像処理装置 3 に送信することとしてもよい。

【0041】

10

20

30

40

50

画像処理装置 3 においては、放射線検出器 2 からの動態画像のフレーム画像を通信部 3 2 により受信すると、制御部 3 1 は、受信したフレーム画像を記憶部 3 3 に記憶させる。また、制御部 3 1 は、ユーザーにより記憶部 3 3 に記憶された動態画像の中から処理対象の動態画像が選択されると、記憶部 3 3 に記憶されているプログラムとの協働により構造物強調処理（構造物強調処理 A とする）を実行する。以下、図 3 を参照しながら構造物強調処理 A について説明する。

【 0 0 4 2 】

まず、制御部 3 1 は、優先的に評価する機能があるか否かを判断する（ステップ S 1）。

ステップ S 1 においては、制御部 3 1 は、例えば、優先的に評価する機能があるか否かをユーザーに問い合わせるメッセージ及び優先的に評価する機能があるか否かを選択するための選択ボタンを表示部 3 4 に表示し、操作部 3 5 による選択ボタンの操作に応じて、優先的に評価する機能があるか否かを判断する。

10

【 0 0 4 3 】

優先的に評価する機能がないと判断した場合（ステップ S 1 ; N O）、制御部 3 1 は、デフォルトの評価モード（ここでは、嚥下機能評価モード）に移行する（ステップ S 3）。

【 0 0 4 4 】

優先的に評価する機能があると判断した場合（ステップ S 1 ; Y E S）、制御部 3 1 は、どの機能の評価を優先するかをユーザーに問い合わせる（ステップ S 2）。

ステップ S 2 において、制御部 3 1 は、例えば、嚥下又は咀嚼をユーザー操作により選択させる。

20

【 0 0 4 5 】

嚥下が選択された場合（ステップ S 2 ; 嚥下）、制御部 3 1 は、嚥下機能評価モードに移行する（ステップ S 3）。

【 0 0 4 6 】

次いで、制御部 3 1 は、記憶部 3 3 に記憶されている嚥下機能評価用の空間周波数強調パラメーター n を読み出して、低周波成分画像の空間周波数強調パラメーター 1 に $A 1$ を設定し（ステップ S 4）、中周波成分画像の空間周波数強調パラメーター 2 に $A 2$ を設定し（ステップ S 5）、高周波成分画像の空間周波数強調パラメーター 3 に $A 3$ を設定し（ステップ S 6）、ステップ S 1 1 に移行する。

【 0 0 4 7 】

ここで、摂食嚥下に関する構造物としては、例えば、食物（模擬食品（造影剤を含むものであっても含まないものであってもよい）、食物の通過経路の構造物（口唇、硬口蓋、咽頭（上咽頭、中咽頭、下咽頭）、喉頭、食道）、食物の通過経路の周辺にある構造物（舌、歯、顎、軟口蓋、舌骨、喉頭蓋、甲状軟骨、輪状軟骨）等が挙げられる（図 4 参照）。

30

【 0 0 4 8 】

嚥下機能を重点的に評価する場合、摂食嚥下に関する構造物のうち、主として、舌骨、喉頭蓋、及び食物の通過経路の構造物の動きを観察できることが重要となる。特に、舌骨、及び喉頭蓋の動きを観察できることが重要である。動態画像内の構造物の空間周波数帯域を予め設定された閾値に基づき低周波、中周波、高周波の 3 つに分ける場合、食物の通過経路の構造物は低周波、舌骨と喉頭蓋は中周波に属する。そこで、ステップ S 4 ~ S 6 では、舌骨、喉頭蓋、及び食物の通過経路の構造物、特に、舌骨及び喉頭蓋の周波数成分が強調されるように、すなわち、低周波成分及び中周波成分が強調されるように、空間周波数強調パラメーター $1 \sim 3$ を設定する。例えば、 1 に $A 1$ 、 2 に $A 2$ 、 3 に $A 3$ （ $A 1 \sim A 3$ は 0 以上の数値。 $A 2 > A 1 > A 3$ ）を設定する。なお、 $A 1 \sim A 3$ は、実験的経験的に予め求められた値である。

40

【 0 0 4 9 】

一方、ステップ S 2 において、咀嚼が選択されたと判断した場合（ステップ S 2 ; 咀嚼）、制御部 3 1 は、咀嚼機能評価モードに移行する（ステップ S 7）。

【 0 0 5 0 】

50

次いで、制御部 3 1 は、記憶部 3 3 に記憶されている咀嚼機能評価用の空間周波数強調パラメーター n を読み出して、低周波成分画像の空間周波数強調パラメーター 1 に $A 4$ を設定し（ステップ S 8）、中周波成分画像の空間周波数強調パラメーター 2 に $A 5$ を設定し（ステップ S 9）、高周波成分画像の空間周波数強調パラメーター 3 に $A 6$ を設定し（ステップ S 1 0）、ステップ S 1 1 に移行する。

【 0 0 5 1 】

咀嚼機能を重点的に評価する場合、主として、舌、歯、及び食物の通過経路の動きを観察できることが重要となる。特に、舌及び歯の動きを観察できることが重要である。動態画像内の構造物の空間周波数帯域を予め設定された閾値に基づき低周波、中周波、高周波の 3 つに分ける場合、舌及び歯は高周波、食物の通過経路の構造物は低周波に属する。そこで、ステップ S 8 ~ S 1 0 では、歯、舌、及び食物の通過経路の構造物、特に、歯と舌が複雑に重なる領域の周波数成分が強調されるように、すなわち、高周波成分及び低周波成分が強調されるように、空間周波数強調パラメーター 1 ~ 3 を設定する。例えば、1 に $A 4$ 、2 に $A 5$ 、3 に $A 6$ ($A 4 \sim A 6$ は 0 以上の数値。 $A 6 > A 4 > A 5$) を設定する。なお、 $A 4 \sim A 6$ は、実験的経験的に予め求められた値である。

10

【 0 0 5 2 】

ステップ S 1 1 において、制御部 3 1 は、周波数強調の対象となる動態画像を記憶部 3 3 から読み出して取得する（ステップ S 1 1）。

【 0 0 5 3 】

次いで、制御部 3 1 は、取得した動態画像の各フレーム画像に対し、空間周波数強調処理を実行する。

20

まず、制御部 3 1 は、各フレーム画像に対し、周波数分解処理を行って、空間周波数帯域の異なる複数の周波数成分画像に分解する（ステップ S 1 2）。

本実施形態では、空間周波数フィルターを用いて、各フレーム画像を、低周波成分画像、中周波成分画像、高周波成分画像の 3 つの周波数帯域の周波数成分画像に分解する。空間周波数フィルターとしては、例えば、ハイパスフィルター、ローパスフィルター、バンドパスフィルター等を用いることができる。

【 0 0 5 4 】

次いで、制御部 3 1 は、各フレーム画像について、分解した周波数成分画像のそれぞれに、対応する空間周波数強調パラメーター n を乗算して元のフレーム画像（オリジナルのフレーム画像）に加算することにより、周波数成分の強調を行う（ステップ S 1 3）。

30

例えば、嚥下評価モードの場合、低周波成分画像に $A 1$ 、中周波成分画像に $A 2$ 、高周波成分画像に $A 3$ を乗算して ($A 2 > A 1 > A 3$)、オリジナルのフレーム画像に加算することにより、低周波成分及び中周波成分（特に、中周波成分）を強調する。これにより、嚥下機能の評価において注目すべき舌骨や喉頭蓋、及び食物の通過経路上の構造物（特に、舌骨や喉頭蓋）の画像信号成分を強調することができる。

例えば、咀嚼評価モードの場合、低周波成分画像に $A 4$ 、中周波成分画像に $A 5$ 、高周波成分画像に $A 6$ を乗算して ($A 6 > A 4 > A 5$)、オリジナルのフレーム画像に加算することにより、低周波成分及び高周波成分（特に、高周波成分）を強調する。これにより、咀嚼機能の評価において注目すべき舌や歯が重なる領域の画像信号成分を強調することができる。

40

【 0 0 5 5 】

図 5 A、図 5 B に、従来の嚥下造影検査において取得された画像の例を示す。

図 5 A は、矩形 R 1 で囲んだ領域（歯・舌）を関心領域としてユーザーが画質及び明るさを調整した画像である。図 5 B は、矩形 R 2 で囲んだ喉頭蓋のあたりを関心領域としてユーザーが画質及び明るさを調整した画像である。図 5 A においては、関心領域である歯や舌は見えるが、喉は全く見えていない。図 5 B においては、関心領域である喉頭蓋付近は見えるが、歯や舌は全く見えていない。すなわち、関心領域が見えるように調整すると、他の構造物が見えなくなる。したがって、注目する関心領域が変わるたびに画質調整を行う必要があり、手間であった。

50

【 0 0 5 6 】

図 5 C に、上記構造物強調処理 A において嚥下評価モードで生成された画像の例を示す。図 5 C に示すように、本実施形態の構造物強調処理 A によれば、嚥下機能の評価において注目すべき舌骨及び喉頭蓋付近の視認性が向上しているとともに、従来のように、摂食嚥下に関する他の構造物の視認性が悪化することなく、摂食嚥下に関する構造物の全体が視認可能となっている。したがって、医師等が嚥下機能を精度良く評価することが可能となるとともに、注目する箇所が変わるたびに画質調整を行う必要がなくなり、手間を省き、効率よく観察を行うことが可能となる。

なお、咀嚼評価モードで生成された画像についても、咀嚼評価モードにおいて注目すべき歯や骨の視認性が向上するとともに、従来のように、摂食嚥下に関する他の構造物の視認性が悪化することなく、摂食嚥下に関する構造物の全体が視認可能な画像が得られる。したがって、医師等が咀嚼機能を精度良く評価することが可能となるとともに、注目する箇所が変わるたびに画質調整を行う必要がなくなり、手間を省き、効率よく観察を行うことが可能となる。

10

【 0 0 5 7 】

また、食物の通過経路の構造物を強調すると、相対的に、強調した経路と食物との信号値に差が生じ、食物の位置が際立って見える。そのため、造影剤を使用しなくても、嚥下機能や咀嚼機能の評価を行うための画像を生成することが可能となる。

【 0 0 5 8 】

次いで、制御部 3 1 は、周波数強調後の動態画像を表示部 3 4 に表示させる（ステップ S 1 4 ）。

20

例えば、周波数強調後の動態画像のフレーム画像を表示部 3 4 に順次切り替え表示（再生）する。これにより、摂食嚥下に関する構造物の視認性が向上した動態画像で嚥下や咀嚼の様子を観察することが可能となるので、嚥下機能や咀嚼機能を精度良く評価することが可能となる。

【 0 0 5 9 】

または、周波数強調を行っていないオリジナルの動態画像と周波数強調後の動態画像を並べて表示部 3 4 に同期再生してもよい。または、オリジナルの動態画像と周波数強調後の動態画像を切り替えて再生する（例えば、オリジナルの動態画像を再生してから周波数強調を行った動態画像を再生する）こととしてもよい。これにより、オリジナルの動態画像と周波数強調された動態画像の双方の情報を活用して、さらに精度よく嚥下機能や咀嚼機能の評価することが可能となる。

30

【 0 0 6 0 】

または、周波数強調後の動態画像は視認性が向上しているため、例えば、周波数強調後の動態画像（フレーム画像）を用いて摂食嚥下に関する構造物に関する計測を行い、その計測情報を動態画像（フレーム画像）上に重畳表示してもよい。計測する情報としては、例えば、舌骨の上昇量、移動距離、咽頭面積等が挙げられるが、これらに限定されるものではない。計測は、表示部 3 4 に表示した周波数強調後の動態画像（フレーム画像）上においてユーザーが操作部 3 5 を用いて手動で計測点を指定して行うこととしてもよいし、自動で行ってもよい。

40

【 0 0 6 1 】

次いで、制御部 3 1 は、撮影された動態画像（オリジナルの動態画像）及び周波数強調後の動態画像を通信部 3 2 によりサーバー 4 に送信してデータベース 4 1 に保存（記憶）させ（ステップ S 1 5 ）、構造物強調処理 A を終了する。

例えば、データベース 4 1 に十分な容量がある場合は、周波数強調後の動態画像の全てのフレーム画像をデータベース 4 1 に保存させることが好ましいが、データベース 4 1 に十分な容量がない場合は、一部のフレーム画像のみを保存（サーバー 4 に送信）することとしてもよい。

一部のフレーム画像のみを保存する例として、例えば、撮影終了時点から所定期間前までのフレーム画像を保存させることとしてもよい。また、誤嚥が発生したタイミング等の

50

所定のタイミングのフレーム画像を抽出し、そのフレーム画像を含む所定期間のフレーム画像を保存させることとしてもよい。これにより、少ない記憶容量で診断に重要なフレーム画像を保存することが可能となる。なお、誤嚥が発生したタイミングのフレーム画像の抽出方法としては、抽出誤嚥が発生すると気道に模擬食品が入るため、例えば、各フレーム画像から気道の領域を抽出し、気道領域の画素値が低下し始めたタイミングのフレーム画像を誤嚥が発生したタイミングのフレーム画像として抽出することができる。

【 0 0 6 2 】

< 変形例 >

図 3 に示す構造物強調処理 A では、撮影後に、動態画像に対して周波数強調を行う場合のフローを示したが、撮影をしながら、撮影により得られたフレーム画像に順次リアルタイムで周波数強調を行い、順次表示部 3 4 に表示させることとしてもよい。

10

図 6 に、撮影により得られたフレーム画像に順次リアルタイムで周波数強調を行う場合の構造物強調処理（構造物強調処理 B とする）のフローチャートを示す。構造物強調処理 B は、ユーザーによる指示に応じて、制御部 3 1 と記憶部 3 3 に記憶されているプログラムとの協働により実行される。

【 0 0 6 3 】

構造物強調処理 B において、制御部 3 1 は、まずステップ S 2 1 ~ S 3 0 の処理を実行し、評価モードに応じた空間周波数強調パラメーター 1 ~ 3 の設定を行う。ステップ S 2 1 ~ S 3 0 の処理は、図 3 のステップ S 1 ~ S 1 0 で説明したものと同様であるので説明を援用する。

20

【 0 0 6 4 】

ここで、検査実施者は、ステップ S 2 1 ~ S 2 2 における優先的に評価する機能に関する選択を行った後、被検者（被写体）に摂食嚥下の動作を行わせ、摂食嚥下の動作中の被検者の動態画像の撮影を開始する。

【 0 0 6 5 】

ステップ S 3 1 において、制御部 3 1 は、変数 N に 1 を設定し（ステップ S 3 1 ）、撮影された N 番目のフレーム画像が通信部 3 2 により受信（取得）されるのを待機する（ステップ S 3 2 ）。

N 番目のフレーム画像が通信部 3 2 により受信されると（ステップ S 3 2 ; Y E S ）、制御部 3 1 は、ステップ S 3 3 ~ S 3 4 の処理を実行し、N 番目のフレーム画像に対して空間周波数強調処理を行う。ステップ S 3 3 ~ S 3 4 の処理は、図 3 のステップ S 1 2 ~ S 1 3 で説明したものと同様であるので説明を援用する。

30

【 0 0 6 6 】

次いで、制御部 3 1 は、周波数強調後の N 番目のフレーム画像を表示部 3 4 に表示させる（ステップ S 3 5 ）。周波数強調後の N 番目のフレーム画像とオリジナルの N 番目のフレーム画像を並べて表示してもよい。

【 0 0 6 7 】

次いで、撮影が終了したか否かを判断する（ステップ S 3 6 ）。撮影が終了していないと判断した場合（ステップ S 3 6 ; N O ）、制御部 3 1 は、変数 N を 1 インクリメントし（ステップ S 3 7 ）、ステップ S 3 2 に戻る。

40

撮影が終了したと判断した場合（ステップ S 3 6 ; Y E S ）、制御部 3 1 は、撮影された動態画像（オリジナルの動態画像）及び周波数強調後の動態画像を通信部 3 2 によりサーバー 4 に送信してデータベース 4 1 に保存させ（ステップ S 3 8 ）、構造物強調処理 B を終了する。ステップ S 3 8 の処理は、図 3 のステップ S 1 5 の処理と同様であるので説明を援用する。

【 0 0 6 8 】

このように、構造物強調処理 B では、撮影された動態画像のフレーム画像にリアルタイムで空間周波数強調処理を行い、表示部 3 4 に表示させることができるため、検査実施者は、リアルタイムで被検者の摂食嚥下の様子を観察することができる。

【 0 0 6 9 】

50

なお、その他の変形例として、例えば、上記構造物強調処理 A、B のステップ S 1 2 (S 3 3) の前又はステップ S 1 3 (S 3 4) の後に、制御部 3 1 は、階調処理などの前処理又は後処理を施すこととしてもよい。これにより、さらに摂食嚙下に関する構造物の視認性を向上させることができる。

また、上記構造物強調処理 A、B のステップ S 1 2 (S 3 3) の前またはステップ S 1 3 (S 3 4) の後に、制御部 3 1 は、動態画像又は周波数強調後の動態画像に対して、時間方向の周波数フィルター処理を施すこととしてもよい。例えば、模擬食品は、咀嚼嚙下の作用及び重力により周辺の構造物よりも運動量が多いため、時間方向のハイパスフィルター処理により低周波成分を低減し、高周波成分を強調させることで、模擬食品が動く様子の視認性を向上させることができる。なお、カットオフ周波数は、実験的経験的に求められた模擬食品の移動に最適化されたものを用いる。

10

【 0 0 7 0 】

また、被検者の個体ごとに摂食嚙下に関する構造物の強度や位置が異なるため、制御部 3 1 は、個体ごとに空間周波数強調パラメーター n を変更することとしてもよい。例えば、年齢や体重、身長、BMI (Body Mass Index) を参考指標とし、参考指標に基づいて、空間周波数強調パラメーター n を変更する。例えば、年齢が高く、体重、身長、BMI が低いほど、骨密度が低く放射線画像の視認性が悪くなるため、空間周波数強調パラメーター n の値を大きくする。これにより、被写体の個体に拘わらず、視認性を向上させることができる。

【 0 0 7 1 】

また、咀嚼や嚙下の運動によりフレーム画像ごとに構造物の形状や重なりが変化するため、注目する関心領域の周波数のレベルが変化する場合がある。そこで、フレーム画像ごとに異なる空間周波数強調パラメーター n を設定することとしてもよい。これにより、注目する関心領域の視認性を全フレーム画像において向上させることができる。

20

【 0 0 7 2 】

また、上記構造物強調処理 A、B における周波数分解では、動態画像の各フレーム画像を低周波成分画像、中周波成分画像、高周波成分画像の 3 つの周波数帯域の周波数成分画像に分ける場合を例にとり説明したが、この周波数帯域の分割数は、特に限定されない。

【 0 0 7 3 】

また、上記構造物強調処理 A、B においては、空間周波数強調パラメーター n を乗算した各周波数成分画像をオリジナル画像に加算して空間周波数を強調した画像を生成することとして説明したが、例えば、強調対象以外の周波数成分画像については、周波数減弱パラメーター n を乗算した周波数成分画像をオリジナル画像から減算して減弱することにより、相対的に他の周波数帯域の周波数成分画像を強調させることとしてもよい。

30

【 0 0 7 4 】

また、上記構造物強調処理においては、摂食嚙下の様子を撮影した動態画像の各フレーム画像に周波数強調を行った場合を例にとり説明したが、摂食嚙下の或るタイミングを撮影した静止画像に対して同様の空間周波数強調処理を行って、静止画像の視認性を向上させることとしてもよい。

【 0 0 7 5 】

以上、本発明の実施形態及びその変形例について説明したが、上述の実施形態及び変形例における記述内容は、本発明の好適な一例であり、これに限定されるものではない。

40

【 0 0 7 6 】

例えば、上記の説明では、本発明に係るプログラムのコンピューター読み取り可能な媒体としてハードディスクや半導体の不揮発性メモリー等を使用した例を開示したが、この例に限定されない。その他のコンピューター読み取り可能な媒体として、CD-ROM 等の可搬型記録媒体を適用することが可能である。また、本発明に係るプログラムのデータを通信回線を介して提供する媒体として、キャリアウエーブ (搬送波) も適用される。

【 0 0 7 7 】

その他、放射線撮影システムを構成する各装置の細部構成及び細部動作に関しても、本

50

発明の趣旨を逸脱することのない範囲で適宜変更可能である。

【符号の説明】

【0078】

100 放射線撮影システム

1 放射線発生装置

2 放射線検出器

3 画像処理装置

3 1 制御部

3 2 通信部

3 3 記憶部

3 4 表示部

3 5 操作部

4 サーバー

4 1 データベース

10

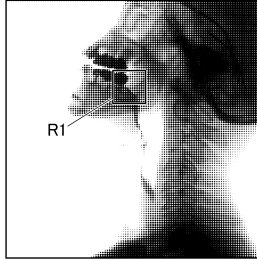
20

30

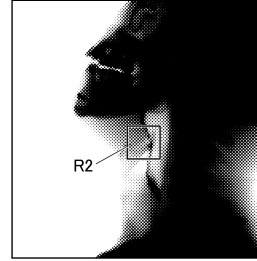
40

50

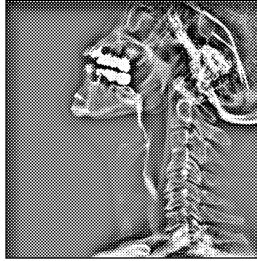
【図 5 A】



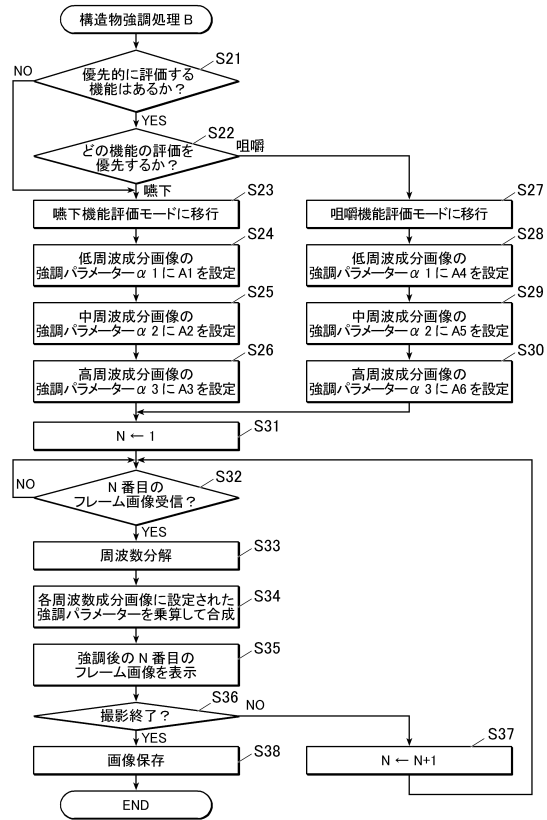
【図 5 B】



【図 5 C】



【図 6】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2004-086802(JP,A)
特開2018-007801(JP,A)
特開2000-201924(JP,A)
特開2018-15263(JP,A)
筆谷拓他,64列MDCTのシネモードを用いた陰性造影剤(空気)嚥下時の咽喉頭の描出,日本放射線技術学会雑誌,2010年,第66巻,第5号,535-539
- (58)調査した分野 (Int.Cl.,DB名)
A61B 6/00-6/14
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)