

令和元年6月5日現在

機関番号：33602

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K11530

研究課題名(和文) パノラマX線画像における局所輝度勾配に着目した頸動脈狭窄症の判別法の試み

研究課題名(英文) A trial of discrimination method of carotid artery stenosis based on local brightness gradient in panoramic X-ray image

研究代表者

内田 啓一 (Uchida, Keiichi)

松本歯科大学・歯学部附属病院・教授

研究者番号：40288353

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：石灰化候補の形状復元の解析を主に検討を行った。その結果について頸動脈石灰化(頸動脈狭窄症)のパノラマエックス線写真から制約条件を付加したクラスタリング法を用いた石灰化候補の検出に関する検討を行った。その結果、新たな特徴量から学習データによる画像解析を行い、頸動脈石灰化領域と画像に含まれる誤検出領域との評価値と比較検討することで、画像解析の信頼性の向上として、頸動脈石灰化範囲を正確に求めることができた。

パノラマX線画像から得られる頸動脈石灰化の形状輪郭の復元をこれまでの検出方法と比較検討した結果、正確な頸動脈石灰化の形状輪郭の描出の期待ができる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

パノラマX線写真に存在する頸部石灰化領域と血管障害の発生に関する関連性をより深く追求できる点にある。医用画像処理の観点からは、複雑な頸部石灰化領域形状輪郭を画像からより信頼しうる指標として評価することにより、相対的に高い輝度の石灰化領域を発見するというX線画像の処理では汎用性の高い処理に新たな手法を提案できる点にある。

本手法を他のX線画像診断に適用することにより、有用なシステムを構築できると考えられる。患者に自らの健康リスクを単に数値データとして示すだけでなく、目に見える形で告げることができ動脈硬化の歯科での早期発見や予防、医科への受診を促すシステム構築ができる点も意義がある。

研究成果の概要(英文)： The analysis of shape restoration of calcification candidate was mainly examined. We examined the detection of calcification candidate using the clustering method which added the constraint condition from the panoramic radiograph of carotid artery calcification (carotid artery stenosis) about the result. As a result, image analysis is performed using learning data from the new feature amount, and comparison with the evaluation value of the carotid artery calcification region and the false detection region included in the image is performed to improve the reliability of the image analysis. The arterial calcification range could be accurately determined.

As a result of comparing the restoration of the shape contour of the carotid artery calcification obtained from the panoramic X-ray image with the conventional detection method, it is possible to expect an accurate depiction of the shape contour of the carotid artery calcification.

研究分野： 歯科放射線学

キーワード： 頸動脈狭窄症 頸動脈石灰化 パノラマX線画像 局所輝度勾配 画像解析

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

歯科で撮影されるパノラマ X 線写真には、口腔内に隣接する頸動脈が撮影されることがあり、この頸動脈に石灰化現象が観測される場合がある。この石灰化現象について、「高齢者において歯科パノラマ X 線写真上で検出される頸動脈の石灰化は血管障害の続発と関係があるのか」ということが検討されている。パノラマ X 線写真において観察される頸動脈石灰化は、頸動脈狭窄症(動脈硬化)の発生に関連することが知られている。動脈硬化は、日本人の死因の第 1 位である脳卒中や心卒中の原因で、日本の突然死の大部分を占めている。歯の治療のために撮影されたパノラマ X 線写真を利用して、頸動脈の石灰化の有無を歯科で判断する。更に日本における死因の原因は悪性新生物が一位であるが、要介護になるものは心疾患および脳血管障害であり、超高齢化社会である我が国では大きな問題である。さらに歯科で撮影されるパノラマ X 線撮影は年間 6 万 7 千人とされており、その 65% が 60 歳から 70 歳であり頸動脈狭窄症(動脈硬化)の好発年齢と相関している。そこで頸動脈石灰化が示唆された場合は、血管障害の発生の可能性を説明し医科への受診を促すことで、血管障害の急な発症を未然に防ぐこと、更に口腔を通じて全身への健康に寄与できるものである。パノラマ X 線画像からこの頸動脈狭窄症(動脈硬化)の診断を行うことは歯科において医科との連携診療の重要な役割の一部になる。

2. 研究の目的

歯科診療で撮影されるパノラマ X 線写真において観察される頸部の石灰化は頸動脈狭窄症(動脈硬化)の発生に関連することが知られている。最近、歯科におけるコンピュータ-画像診断支援システムの開発が進み骨粗鬆症の診断解析が行われているが、この石灰化領域の検出法については、国内外を問わずいまだ精度の高い検出手法が開発されていないのが現状である。また、我々は、G 型フリーエ記述子を用いた画像解析により頸動脈石灰化の診断が可能であることを見出してきた。しかしながら、従来手法では、また削除後に残った領域に対してサポートベクタマシンを用いて領域の分類を行い、誤検出と分類されたものを削除している。この手法を適用した結果として、誤検出数が 1109 例とさらに減らすことができる。しかし、石灰化領域の検出数も 104 例と減少する。サポートベクタマシンを適用するに当たっては、石灰化領域の適切な特徴を与える必要がある。しかし、前述のような理由で必ずしも正確な形状が得られていない。また特徴量についても、面積、円形度、位置などの複数のものを用いているが、十分に形状の特徴を表せているとは言えない。したがって、これらの問題点を解決することにより、石灰化領域の検出数が向上すると考えられる。そのため、形状を正確に把握するために、石灰化候補とみなせる領域の輝度変化の強調方法の問題点にここでは焦点をあてる。また、新たな形状特徴の検討も行う。これらを取り込むことにより、石灰化領域の検出率を向上する手法で検討を行った。

石灰化領域の検出率を向上するために、本研究では石灰化候補領域検出時における新たなクラスタリング手法の導入および石灰化領域周辺の輝度分布に着目した新たな特徴量の導入による誤検出削減手法について検討を行い、頸動脈石灰化の自動検出システムの構築を目的とする。具体的には、骨の領域近辺に存在する石灰化領域を正確に検出できるようにするため、制約条件を追加した k-means 法を用いた石灰化領域の検出法について検討した。また、周辺領域占有率という新たな特徴量を定義し、この特徴量と各検出領域の周囲の輝度変化を新たな特徴量として、石灰化領域でないと考えられる領域を判定し削除する手法について検討し、これらの手法を用いた石灰化領域の検出アルゴリズムの確立を目指した。さらに、新たなクラスタリング手法および石灰化領域周辺の輝度分布に着目した新たな特徴量の導入によりパノラマ X 線写真における頸動脈狭窄症(動脈硬化)の画像解析法を明らかにすることである。

3. 研究の方法

パノラマ X 線画像 (DDICOM データ) を用い、(1) 頸動脈石灰化領域の検出率の向上手法として、骨の領域近辺に存在する石灰化領域を正確に検出できるようにするため、制約条件を追加した K-means 法を用いた石灰化領域の検出法による画像解析に関して検討した。(2) より正確に形状を表現できる新たな特徴量、特に石灰化領域周辺の輝度分布に着目した新たな特徴量を定義し、石灰化領域でないと考えられる領域を判定し削除を行う手法について検討した。(3) これらの検討結果を踏まえて有効な誤検出削減手法について検討を行った。(4) 画像解析結果より、サポートベクタマシンで用いる学習データ数の組み合わせ、学習データ数の選定を行い頸動脈石灰化領域の検出率の有効性を検討した。

石灰化領域の検出精度向上を目的として、アルゴリズム中の要素技術についての検討。

(1) 制約条件を付加したクラスタリング手法を用いた石灰化領域候補の検出に関する検討で

得られた石灰化候補位置を中心として一定の大きさの領域を原画像から切り出し、検出対象画像を得る。検出対象画像に対して、事前に石灰化領域位置で形状の強調を行ってから候補を検出しているが、頸椎などの骨の領域も強調するという問題があるので、クラスタリング法の改良により石灰化に相当する部分だけを強調可能な手法について検討を行い、さらに、石灰化形状を正確に切り出すための手法についても検討を行った。

(2) 検出対象画像内で検出された各検出領域周辺の周囲の輝度変化とこの特徴量を用いた誤検出の削除法について検討誤検出領域の多くは頸椎の一部を検出しており、形状は細長く検出領域の周囲の輝度変化が大きい、それに対し石灰化領域は丸型の形状で検出され周囲の輝度変化が小さいという特徴があるので、この輝度変化に着目した新たな特徴量について検討し、その有効性についての評価とサポートベクタマシンを用いた特徴量としても評価を行った。

(3) 画像解析結果より、サポートベクタマシンで用いる学習データ数の組み合わせ、学習データ数の選定を行い頸動脈石灰化領域検出率の有効性を検討。

学習データ数の選定方法

検出領域の新たな特徴量と石灰化領域の信頼度分類法を用いて、各検出領域の信頼度を示す判断基準を設ける手法について検討する。例えば、石灰化領域はある程度の大きさを持つと考えられるので、各検出領域の面積を用いて、石灰化領域であると判断する信頼度を高中低の3つに分類する。その上で石灰化領域および誤検出領域の可能性の評価値を求めるような手法が考えられる。面積と各領域の可能性の評価値の関係について、予備実験を行った。その結果から、石灰化領域の可能性の評価値と誤検出領域の評価値を比較するとあるしきい値を得ることができる。このしきい値を元に何らかの信頼区間を得ることができないかどうかについて検討を行った。

値による学習データ数および組み合わせの決定。

石灰化領域の検出手法で検出された石灰化領域と誤検出領域のデータ数を変更し、F 値を利用した学習データ数の組み合わせ、およびデータ数の決定に関する検討を行った。ここでは最良の F 値が得られたとき、分類に最適な学習データ数と組み合わせであるとする。F 値は、正と負の 2 クラスの分類問題を考える際に、予測結果の評価尺度として用いられる。F 値は、正と予測したデータのうち、実際に正であるものの割合を表す適合率 (precision) と、実際に正で

あるもののうち、正であると予測されたものの割合を表す再現率(recall)の調和平均で求められる。評価が可能になれば効率的に誤検出の削減を行うことができる。なお TP(true positive)とは正しく分類された異常データ数、FN(false negative)は正常と間違っ て分類された異常のデータ数、FP(false positive)は異常と間違っ て分類された正常のデータ数、TN(true negative)は正しく識別された正常のデータ数である。

学習データ数の選定と学習データの組み合わせ決定。

石灰化領域と誤検出領域の学習データ数を変更し、最良のF値が得られたとき、分類に最適な学習データ数と組み合わせであるとする。なお、用いる石灰化領域の学習データは、前述の検出処理によって得られたデータを使用する。パノラマX線写真における骨領域周辺に検出される石灰化領域を特定し誤検出領域とする。誤検出領域の学習データは、で述べた信頼区間の検討を通じて得られた石灰化領域の分類手法を用いて分類し、分類されたグループにおける誤検出領域を用いて解析を行った。

以上の画像解析により、パノラマX線写真における頸動脈狭窄症(動脈硬化)の画像解析法を明らかにした。

4. 研究成果

平成28年度は頸動脈石灰化(頸動脈狭窄症)のパノラマエックス線写真から制約条件を付加したクラスタリング手法を用いた石灰化候補の検出に関する検討を行った。平成28年度は石灰化候補領域の形状の復元を主に検討を行った。その方法はSnakesを用い、サポートベクタマシン(SVM)に使用しておこなった。また特徴量を再検討することで、より有効な石灰化領域石灰化候補領域の検出を行い、検出された候補領域に対して輝度値とSnakesを用いた輪郭線検出を行った。それに使用特徴量の再検討も同時に行った。その使用特徴量は、しきい値による誤検出削除で使用する特徴量と特徴ベクトルを使用して検討を行った。特徴量を用いたSVMを適用した結果、石灰化領域数33.5個、誤検出数85.5個、F値0.445となり、検出石灰化領域数が増加し、誤検出数が減少した。また、F値が向上していることが確認できた。

平成28年度の結果から、平成29年度はサポートベクタマシンを用いてこれまでの学習データから頸動脈石灰化の領域検出の有効性を検討した。新たな特徴量からの学習データによる画像解析を行い、頸動脈石灰化の領域と画像に含まれる誤検出領域との評価値と比較検討することで、画像解析の信頼度の向上し、頸動脈石灰化範囲を正確に求めることができた。また、頸動脈石灰化の発生頻度と年齢層との相関関係についても同時に検討を行っており、頸動脈石灰化を認める250名に男性と女性における年齢層の調査検討を行った結果、とくに60歳以上では年齢と発生頻度が相関していた。

平成30年度はパノラマX線画像から得られる頸動脈石灰化の形状輪郭の復元をこれまでの検出方法と比較検討し、よりの確に精度の高い検出ができるアルゴリズムの構築を行って、画像解析を行った。その結果、誤検出の25%の低減を行うことができた。アルゴリズムの汎用化を企図しその他のX線画像に対しても適用可能な手法の開発を目指すことができ、今回の研究結果より、正確な頸動脈石灰化の形状輪郭の描出の期待ができる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計2件)

1. Study on the Carotid Artery Calcification Appearing on the Panoramic Radiography and Computed Tomography. Journal of Hard Tissue Biology 29:93-96 2019

Kiyomi Kohinata, Yasuaki Ishioka, Shinichiro Yamada, Noriyuki Sugino, Hiroko Kuroiwa,

NobuoYoshinari, Akira Asano, Mitsuji Muneyasu, Keiichi Uchida. (査読あり)

2. 歯周疾患治療中のパノラマX線写真で顎動脈石灰化(顎動脈狭窄症)を指摘された1症例. 日本口腔診断学会雑誌 32: 51-56 2019 小日向清美, 内田 啓一, 石岡 康明, 黒岩 博子, 山田真一郎, 岩井 由紀子, 石田 直之, 杉野 紀幸, 石原 裕一, 田口 明, 吉成 伸夫 (査読あり)

〔学会発表〕(計7件)

1. 第28回日本口腔内科学会・第31回日本口腔診断学会合同学術大会. 自覚症状のない顎動脈石灰化(顎動脈狭窄症)への対応. 2018年9月15日 神奈川県 横浜市 横浜市開港記念会館 内田啓一, 小日向清美, 石岡康明, 杉野紀幸, 山口正人, 岩崎由紀子, 石田直之, 富田美穂子, 吉成伸夫, 石原裕一, 田口 明
2. 第61回日本歯周病学会春季学術大会. 日常診療において顎動脈狭窄症のスクリーニングを行う重要性. 2018年6月2日 東京都 新宿区 京王プラザホテル 内田啓一, 石岡康明, 佐故竜介, 岩井由紀子, 石田直之, 高橋晋平, 田井康寛, 中村 卓, 尾崎友輝, 高橋惇哉, 山口正人, 吉成雅子, 石原裕一, 國松和司, 吉成伸夫, 田口 明
3. 第10回日本総合歯科学会学術大会・総会. 骨粗鬆症オートスクリーニング支援システムNEOSTEOの概要. 2017年11月5日 新潟県 新潟市 アートホテル新潟駅前 新潟大学 駅南キャンパス ときめいと 内田啓一, 杉野紀幸, 富田美穂子, 石原裕一, 吉成伸夫, 田口 明
4. 第29回日本口腔診断学会学術大会. 顎動脈石灰化(顎動脈狭窄症)の年齢層の検討. 2016年9月24日 岡山県 岡山市 さん太ホール 内田啓一, 石岡康明, 國松和司, 杉野紀幸, 石原裕一, 吉成伸夫, 田口 明
5. 電子情報通信ソサイエティ大会. 歯科パノラマX線写真におけるSnakesとSVMを用いた石灰化領域検出法. 2016年9月22日 北海道 札幌市 北海道大学 那須 剛, 川地一輝, 棟安実治, 浅野 晃, 内田啓一, 田口 明
6. 第59回春季日本歯周病学会学術大会. 顎動脈石灰化(顎動脈狭窄症)と現在歯数, 年齢との関係. 2016年5月21日 鹿児島県 鹿児島市 かがしま県民交流センター・宝山ホール 石岡康明, 内田啓一, 山田真一郎, 高橋弘太郎, 高橋惇哉, 岩井由紀子, 海瀬聖仁, 三木 学, 窪川恵太, 山口正人, 石田直之, 石原裕一, 田口 明, 吉成伸夫

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年:
国内外の別:

取得状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:

取得年：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：棟安 実治

ローマ字氏名：Muneyasu Mituji

所属研究機関名：関西大学・

部局名：・システム理工学部

職名：教授

研究者番号(8桁): 30229942

(1)研究分担者

研究分担者氏名：浅野 晃

ローマ字氏名：Asano Akira

所属研究機関名：関西大学・

部局名：・総合情報部

職名：教授

研究者番号(8桁): 60243987

(2)研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。