

歯科パノラマ X 線写真における頸動脈石灰化の自動検出 — 手動 ROI を用いた検出性能の検証 —

服部 佑香[†], 村松 千左子^{††}, 高橋 龍^{††}, 原 武史^{††}, 林 達郎^{†††},
周 向榮^{††}, 勝又 明敏^{††††}, 藤田 広志^{††}

[†]岐阜大学工学部応用情報学科 〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1

^{††}岐阜大学大学院医学系研究科知能イメージ情報分野 〒501-1194 岐阜県岐阜市柳戸 1-1

^{†††}メディア株式会社 〒113-0033 東京都文京区本郷 3-26-6

^{††††}朝日大学歯学部歯科放射線学分野 〒501-0223 岐阜県瑞穂市穂積 1851-1

(2015 年 4 月 3 日受付, 2015 年 5 月 30 日最終受付)

Automated detection for carotid artery calcifications in dental panoramic radiographs : Verification of detection performance using manual ROIs

Yuka HATTORI[†], Chisako MURAMATSU^{††}, Ryo TAKAHASHI^{††}, Takeshi HARA^{††}, Tatsuro HAYASHI^{†††},
Xiangrong ZHOU^{††}, Akitoshi KATSUMATA^{††††}, Hiroshi FUJITA^{††}

[†]Department of Information Science, Faculty of Engineering, Gifu University
1-1, Yanagido, Gifu, Gifu 501-1193, Japan

^{††}Department of Intelligent Image Information, Graduate School of Medicine, Gifu University
1-1, Yanagido, Gifu, Gifu 501-1194, Japan

^{†††}Media Co., Ltd.

3-26-6, Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0033, Japan

^{††††}Department of Oral Radiology, Asahi University School of Dentistry
1851-1, Hozumi, Mizuho, Gifu 501-0223, Japan

(Received on April 3, 2015. In final form on May 30, 2015)

Abstract : It is desired to develop a computer-aided detection system that automatically detects carotid artery calcifications (CACs) on dental panoramic radiographs (DPRs). In our previous study, an automated method for the detection of CACs was proposed, in which the sensitivity of CAC detection was 90 % with 4.6 false positives (FPs) per image. We noticed that the regions of interest (ROIs) determined automatically as possible carotid artery regions by our previous scheme were relatively larger than those estimated by a dental radiologist. In this paper, we verified the necessity of an introduction of appropriate size and location of ROIs which are similar with those by the dental radiologist. We found that the sensitivity was maintained along with those appropriate ROIs, but the number of FPs per image was reduced to 0.9 using 100 DPRs. This result indicates that it is possible to reduce the number of FPs by accurately tailoring ROIs to individual cases.

Keywords : Carotid artery, Calcification, Dental panoramic radiograph, Computer-aided detection

1. はじめに

心血管疾患や脳血管疾患は動脈硬化性疾患と呼ばれ、日本における死因の割合[1]の約4分の1を占めている。動脈硬化性疾患は自覚症状が乏しく、早期発見・早期治療が望まれる。頸動脈における石灰化は、動脈硬化性疾患の罹患危険性を予測するマーカーとして期待されている[2]。歯科治療のために撮影される歯科パノラマ X 線写真には、頸動脈の石灰化が描出されているという報告がある[3]。しかし通常、歯科医は主に歯と顎骨を観察しており、頸動脈領域は注視していない。そこで、歯科パノラマ X 線写真に描出される頸動脈石灰化を検出するコンピュータ支援検出 (computer-aided detection: CADe) システムの開発が期待されている。

我々が開発した石灰化検出の従来法[4]では、まず下顎骨輪郭線を用いて関心領域 (region of interest: ROI) を設定する。次に、ROI において石灰化の初期候補領域を検出する。各候補領域の特徴量を用いて、ルールベース (RB)

法とサポートベクターマシンにより偽陽性 (false positive: FP) を削除する。石灰化を 100 箇所含む石灰化症例 31 枚、対照症例 69 枚を用いた実験の結果、検出感度 90.0% のとき、画像 1 枚あたり 4.6 箇所の FP 数であった。これは比較的高い検出感度を達成しているが、実用化にはさらなる FP 数の削減が望まれることを示唆している。そこで本研究では、石灰化が存在すると予想される ROI の位置と大きさにさらに着目し、検出性能の向上のためにはより適切な位置と大きさの ROI 設定の必要性があることを検証した。

2. 実験と結果

2.1 ROI の比較と結果

頸動脈石灰化はパノラマ X 線写真上で Fig.1 (a) 矢印のように描出される。従来法[4]による自動 ROI 抽出結果の一例を、Fig.1 (b) に示す。歯科パノラマ X 線写真において頸動脈の境界線は不明瞭であるが、歯科放射線科医は頸動脈領域をある程度特定している。そこで、従来法で実験

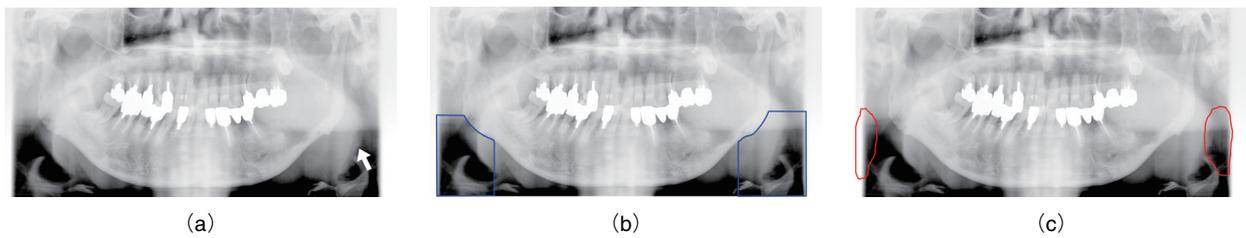


Fig.1 An example of ROIs. (a) Carotid artery calcification (arrow), (b) automatically determined ROIs by our previous method, and (c) manual ROIs by a dental radiologist.

試料として用いた 100 症例に対し、推測される頸動脈領域を歯科放射線科医がマーキングした。その一例を Fig.1(c) に示す。本論文では、このマーキング領域を“歯科放射線科医の ROI”として取り扱う。

次に、従来法による ROI と歯科放射線科医の ROI の比較を行った。その結果、従来法の自動 ROI の平均面積は 4.8×10^6 pixels, 標準偏差は 1.0×10^6 pixels, 一方、歯科放射線科医の手動 ROI の平均面積は 1.4×10^6 pixels, 標準偏差は 3.6×10^6 pixels であった。また、従来法と歯科放射線科医の左右 ROI の平均一致率は 18.8%, 再現率は 64.3%, 適合率は 20.6% であった。ここで一致率は両領域全体における共通領域の割合, 再現率は歯科放射線科医の ROI に対する共通領域の割合, 適合率は従来法による ROI に対する共通領域の割合である。

これらの結果から、従来法の自動 ROI は歯科放射線科医の手動 ROI に比べ、ROI の過抽出領域が大きいことが明らかである。特に、Fig.1 に見られるように、従来法では頸動脈の前方に大きく過抽出領域が存在する傾向にある。

2.2 検出性能の比較と結果

2.1 の結果から、従来法の自動 ROI は頸動脈領域を過抽出していることが明らかとなった。そこで、歯科放射線科医により推測される頸動脈領域を石灰化自動検出法の ROI に用いた場合の性能について検証する。

2.2.1 石灰化自動検出法

石灰化検出手法の概要を記す。まず原画像において、下顎骨輪郭線を自動抽出手法[5]を用いて取得し ROI を設定する。歯科パノラマ X 線写真において頸椎の椎体は横方向のエッジとして観察できるため、水平方向のソーベルフィルタを用いて頸椎を検出する。頸動脈領域は頸椎の前方であることから、頸椎前縁線の後方を ROI の対象外とする。歯科パノラマ X 線写真において、石灰化領域は局所的に画素値が高い傾向があるためトップハット変換後、2 値化処理により初期候補領域を検出する。検出した各領域について面積や円形度、平均画素値といった 12 個の特徴量を算出する。これらの特徴量を用いて FP を削除するためルールベース法（以下、RB 法）を適用する。RB 法で削除しきれなかった FP は、サポートベクターマシン（以下、SVM）を用いて特徴量空間において超平面により真陽性と偽陽性の境界を決定し、削除する。

2.2.2 ROI の取得方法

従来法では以下の手法により ROI を自動設定する。頸動脈領域の上端は下顎角付近であることを利用し、自動抽出した下顎骨輪郭線上で画像の中央から左右端に向かって下顎角を探索する。下顎角は角度変化が大きい傾向があるため、下顎輪郭線上の注目画素・周辺画素と鉛直方向とのなす角 θ が一定値を下回る点を「変曲点」として導出する (Fig.2)。閾値の初期値は 15° とし、見つからなかった

場合は徐々に増加させる。下顎骨輪郭線と変曲点、左右の変曲点間距離 d を用いて ROI を設定する。

歯科放射線科医は、頸椎、下顎角、舌骨、画像全体から観察できる患者の撮影姿勢などの基準を用いて頸動脈領域を推測している。前述したように、歯科放射線科医が推測する頸動脈領域を歯科放射線科医の ROI として扱う。

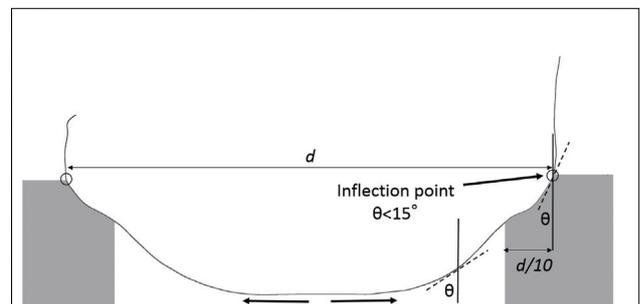


Fig.2 Schematic diagram for determination of inflection points and ROIs. θ : angle between vertical and tangent lines, d : distance between right and left inflection points.

2.2.3 実験試料

実験に用いた画像は、歯科疾患の診断のために撮影された頸動脈石灰化を含む 31 症例と対照群 69 症例の歯科パノラマ X 線写真である。歯科パノラマ X 線写真は、パノラマ X 線装置 (Veraview epocs, Morita, Japan) と Computed Radiography (CR) (CR 75.0, Agfa, Germany) を用いて撮影された。画像形式は DICOM, 空間分解能は 0.1 mm, 濃度分解能は 12 bits, 画像サイズは縦 1420 pixels, 横 2920 pixels である。

2.2.4 結果

ROI を自動設定する従来法においては、最高感度 90.0% のとき画像 1 枚あたり 4.6 箇所 の FP が検出された。これに対して、歯科放射線科医の ROI を用いたところ、最高感度 90.0% を維持し、画像 1 枚あたりの FP 数は 0.9 箇所となった。Fig.3 に FROC 曲線を示す。従来法の画像 1 枚あたりの FP 数は、RB 法の適用後が 6.34 箇所であり、SVM 適用後が 4.57 箇所であった。これに対して本実験では、RB 法適用後の FP 数は 1.73 箇所/画像、SVM 適用後では 0.90 箇所/画像となった。これらの結果より、ROI を適切な位置と大きさの局所領域に絞り込むと、FP 数が削減されることが分かる。

3. 考察

歯科放射線科医の ROI は従来法の ROI に比べ、局所化されていることが明らかとなった。そして、歯科放射線科医の ROI を用いた場合、最高感度を維持し、FP 数の大幅な削減ができることが示され、Fig.2 の FROC 曲線から性能の向上が確認された。また、自動設定する ROI を歯科

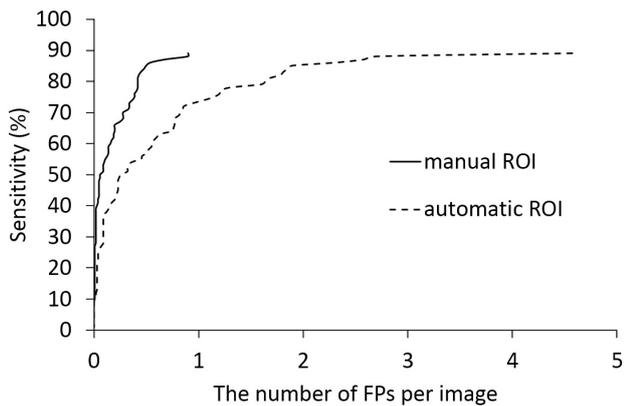


Fig.3 FROC curves for our previous (automatic ROI) and present (manual ROI) methods.

放射線科医が推測する頸動脈領域に近づけることがFP数の削減に有効であることが示唆された。そのためには、頸椎の有無の判断，第2～4頸椎のセグメンテーション，頸椎前縁線や舌骨の高精度な検出，患者の撮影姿勢の推定といった個々の症例に対応したROI設定が求められる。

4. 結 語

自動設定するROIを歯科放射線科医が推測する頸動脈領域に近づけることがFP数の削減に有効であることが示唆された。正確に頸動脈領域を決定することができれば，石灰化自動検出法においてFPが削減される可能性が明ら

かになった。頸動脈領域の正確な決定には，頸椎前縁線や椎体，舌骨の高精度な検出が必要となる。

なお，本研究の一部は，JSPS 科研費・基盤研究B (26293402)，新学術領域研究 (26108005)，および岐阜大学技術交流研究会活動助成金の支援を受けたものです。

参考文献

- [1] 厚生労働省，平成25年度人口統計月報年計（概数）の概況。
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/geppo/nengai13/dl/gaikyou25.pdf>
- [2] Nandalur KR, Baskurt E, Hagspiel KD, et al.: Carotid artery calcification on CT may independently predict stroke risk, *AJR Am J Roentgenol*, 189(2), 547-552, 2006.
- [3] Kumagai M, Yamagishi T, Fukui N, et al.: Long-term cigarette smoking increases the prevalence of carotid artery calcification seen on panoramic dental radiographs in male patients, *Tohoku J Exp Med*, 212(1), 21-25, 2007.
- [4] 高橋 龍，村松千左子，原 武史，他：位置特徴量の導入と特徴量選択による頸動脈石灰化の自動検出法の改良，*日本放射線技術学会雑誌*，70(6)，526-533，2014.
- [5] Muramatsu C, Matsumoto T, Hayashi T, et al.: Automated measurement of mandibular cortical width on dental panoramic radiographs, *Int J CARS*, 8(6), 877-885, 2013.