

パノラマ X 線像における
下顎骨皮質骨厚さの自動計測値に
影響を与える因子

ふくい たつまさ
福井 達真

本論文の要旨は第159回歯学研究科発表会（2014年9月17日，岐阜）において発表した．本論文の一部は，第54回歯科放射線学会総会・学術大会（平成25年6月2日，福岡），第43回日本口腔インプラント学会学術大会（平成25年9月15日，福岡）において発表した．

緒言

高齢社会を迎え様々な疾患をもつ患者が歯科医院に来院する。近年は骨粗鬆症も歯科治療に大きく影響を与える疾患の一つである¹⁾。骨粗鬆症の診断は主に X 線検査によるものが多く、一般的なのは二重エネルギー X 線吸収測定法 (DXA 法)、定量的 CT 法 (QCT 法)、X 線写真濃度測定法 (Microdensitometry 法) など、四肢や体幹の骨を対象としたものである^{2,3)}。骨粗鬆症のスクリーニングは、インプラント治療^{4,5)}や歯周病治療^{6,7)}で重要であるが、そこで専用の X 線装置を必要とする検査を一般歯科臨床に導入するのは困難である。

近年、パノラマ X 線像における下顎骨下縁の皮質骨の所見から骨粗鬆症の可能性をスクリーニングする方法が注目されている⁸⁻¹³⁾。骨粗鬆症患者のパノラマ X 線像では、下顎骨下縁の骨皮質が薄く粗造となることに基づく方法で、注意深く観察すれば 80% を越える高い感度 (sensitivity) が得られるとされている¹¹⁾。しかし、歯科医師がパノラマ X 線像でもっとも注目するのは歯や歯槽骨の所見であり、一般歯科臨床ではあまり注視されていない左右オトガイ孔下付近の下顎骨下縁皮質骨の厚さ (Mandibular Cortical Width, MCW) の変化は見過ごされることが多い。そこで藤田ら^{11,14)}お

よび中元ら¹⁵⁾はデジタルパノラマ X 線像の下顎皮質骨形態を基に骨粗鬆症をスクリーニングするコンピュータ診断支援／検出 (Computer Assisted Diagnosis/Detection, CAD) システムを開発している。パノラマ CAD システム^{11,14,15)}は、文部科学省地域イノベーションクラスタープログラム都市エリア型、岐阜県南部エリア、および総務省戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE) により開発されたものである。画像処理技術を応用して、パノラマ X 線像から頸動脈石灰化の検出と解析、上顎洞 X 線透過性の解析を自動処理するほか、MCW を自動的に計測する機能を持っている。MCW が骨粗鬆症の指標となることは、すでに報告されている^{6,16-18)}。ただし、これらは観察者がフィルムまたはデジタル画像を目視で計測したものであり、CAD による自動計測の精度に関しては報告がない。

一方、骨粗鬆症患者では歯周病が進行しやすいことが指摘されている¹⁹⁾。しかし、歯槽骨吸収の程度、歯の欠損状態、咬合状態あるいは補綴の状態といった口腔内環境が MCW にどの様に影響するのかは調べられていない。

本研究の目的はパノラマ CAD の開発を通じて、CAD を用いた MCW 自動計測の精度を術者の目視による計測と比較検討すること、および患者の

MCW 計測を行い，骨粗鬆症および咬合や歯周病の臨床データと対比し，MCW と全身状態および口腔内環境の関係を検討することである。

材料と方法

1. パノラマ X 線像の CAD 解析

朝日大学 PDI 岐阜歯科診療所の臨床経験 5 年以上の歯科医師 10 名が 2011 年に歯科診療のために撮影した 1380 例のパノラマ X 線像のうち、成人男女合計 804 例のパノラマ X 線像を対象とした。分析に用いる画像の選別に際して、臨床経験 5 年以上の歯科医師 5 名が乳歯列および混合歯列の症例、パノラマ撮影時の位置付けが不良であるもの、画像濃度が不良であるもの、イヤリング等の障害陰影のあるもの、および撮影時の体動などにより画像に不良箇所のあるものを除外した。内訳は女性 419 名、男性 385 名、年齢層は 12~92 歳で、平均年齢は女性 50.9 歳、男性 50.6 歳である。なお、本研究は朝日大学歯学部倫理委員会の承認（23104 号）を得て実施している。

パノラマ撮影には、半導体方式のデジタルパノラマ X 線撮影装置（veraviewepocs3D、モリタ、京都）を用いた。撮影時の患者位置付けは常法どおり行い、照射条件はオート（自動）とした。撮影される画像マトリックスは幅 1935 ピクセル、高さ 1024 ピクセルで、1 ピクセルの大きさは公称 144 μm である。撮影された画像は JPEG 型式で取り扱われる。

パノラマ CAD システムは Web 上のサーバで処理

を行うクラウド型のソフトウェアである。図1には、パノラマCADシステムのインターフェイスを示す。パノラマCADは、Webブラウザ（http://cad.media-inc.co.jp/admin/request_list.php）より画像データをアップロードして遠隔地のサーバで処理を実施して結果をブラウザ上に表示する。パノラマCADは、パノラマX線像から骨粗鬆症のスクリーニングのためのMCW計測のほか、頸動脈石灰化の検出と解析、および上顎洞X線透過性の解析を自動的に行う機能を持ち、ユーザが画像をアップロードしてから約1分で結果が返信される。

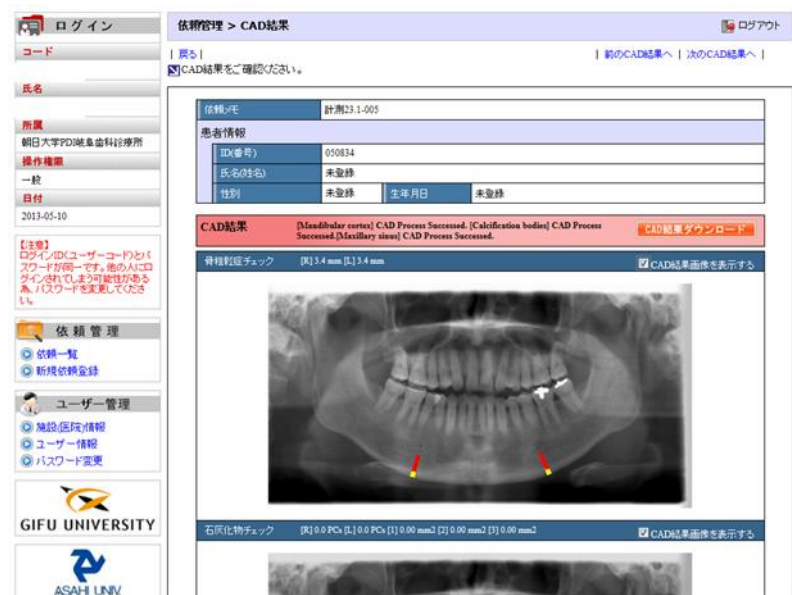


図1 パノラマCADシステム（クラウド型）のインターフェイス

MCW計測の結果を表示する画面

本研究では，パノラマ CAD システムの MCW 計測機能を用いた．パノラマ CAD による MCW 計測処理は以下の様に行われる．

- 1) ユーザが JPEG あるいは DICOM 画像データを Web ブラウザ経由でアップロードすることで，自動的に処理が開始される．
- 2) パノラマ X 線像に，パターン解析より作成した下顎骨の輪郭線が存在する領域のモデルを適用する（図 2 - ①）．
- 3) Canny フィルタを利用して，選択領域内の画像からエッジ検出処理を行う（図 2 - ②）．
- 4) 下顎骨の輪郭に相当するエッジを選択して輪郭線を決定し，下顎角からの距離を基にオトガイ孔の位置を推定する（図 2 - ③）．
- 5) 上記推定位置で下顎骨輪郭線に垂直な計測線を設定し，画像濃度の変化から皮質骨と海綿骨の境界を決定して皮質骨厚さを計算する（図 2 - ④）．
- 6) 計測線は数ピクセル間隔で 10 本設定され，10 回の計測値の平均が MCW として表示される．

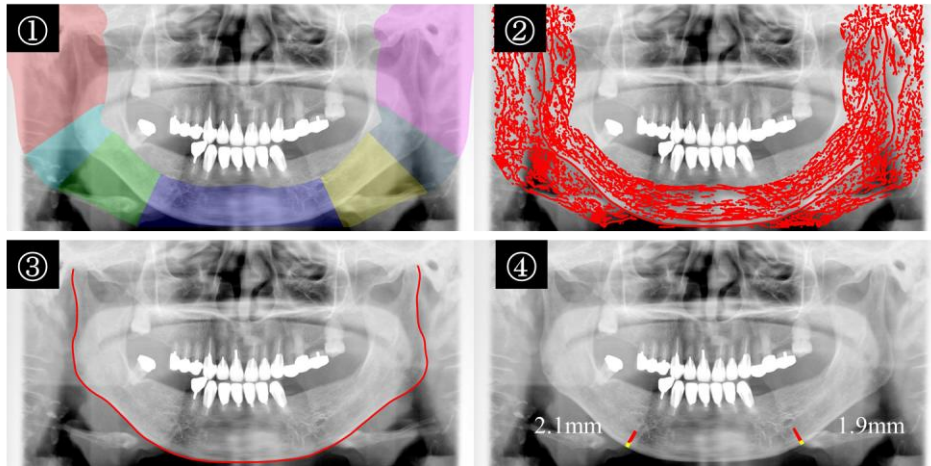


図 2 パノラマ CAD による MCW 計測の流れ

- ① 下顎骨の認識
- ② 下顎下縁の描出
- ③ 下顎下縁の決定
- ④ 測定点の決定と厚みの計測

2. 検討項目および統計解析

MCW 計測結果に関して，以下の項目を検討した．統計解析には SPSS ver.17 (IBM, Illinois, USA) を用い，有意水準は 5 % とした．

1) CAD 計測と目視計測

対象は，前述の CAD 解析に用いた症例から年齢分布を踏まえたうえで無作為に抽出した男性 82 例と女性 68 例である．JPEG 画像データを Adobe Photoshop CS5.1 (Adobe, California, USA) を用いてコンピュータモニター上に表示し，ソフトウェアの距離計測機能を用いて MCW を計測した．臨床経験が 5 年以上ある歯科医師 3 人が計測を行った．計測は 3 回行い，平均値を MCW として記録した．目視および CAD による MCW 計測値を比較するとともに，目視による MCW を基準としたパノラマ CAD 計測結果の誤差および誤差率を求めた．

MCW が正規分布の確認は Shapiro-Wilk の検定を行い，また MCW の有意差検定は Wilcoxon の符号付順位検定を用いた．

2) 年齢層，性別，および顎の左右側と MCW

CAD による MCW 計測値を用いて検討した．男女被験者を 10 歳代から 60 歳代と 70 歳以上の 7 群に分け，各群の右側および左側の MCW を比

較した。各群の MCW の正規分布の確認は Shapiro-Wilk の検定を用いた。各群間の MCW の差違の検討には、3 群以上の比較が可能な方法として Kruskal-Wallis の検定 (scheffe の方法) を用いた。MCW と年齢との関係を調べるため、性別と左右側に分け、回帰分析を行った。

3) 咬合状態・歯槽骨吸収状態と MCW

ここでは、50 歳以上の患者を対象とした。評価の項目として、下顎の残存歯の状態、咬合関係、および歯周病の進行の指標として歯槽骨の吸収を数値化して歯の健康度を評価した。

咬合状態の評価には Eichner の分類を基にした Simplified Type を用いた²⁰⁾。咬合支持域が 3 か所以上存在する Eichner の分類の A1~B1 を Class 1, 2 か所以下であるが前歯部で咬合のある B2~C1 を Class 2, 咬合支持域のない C2 を Class 3 とした。インプラントを埋入し咬合の支持を求めているものを別途 Class Imp. に分類した。なお、上下顎無歯顎は今回の対象にはいなかった。Class 1~3 および Class Imp. の 4 群について MCW の平均を求めて比較した。

下顎の歯槽骨吸収の状態について、歯周基本検査の 1 点法のポケット深さおよびパノラマ X 線像の下顎歯槽骨吸収の度合いを、Schei ら²¹⁾

の骨吸収メジャー測定法を基に判断し，以下の3つに分類し分析を行った．

Slight（軽度）：歯周病による骨の吸収を $1/3$ 以下で認める

Moderate（中等度）：歯周病による骨の吸収を $1/3 \sim 2/3$ 認める

Severe（重度）：歯周病による骨の吸収を $2/3$ 以上認める

以上の3群について，それぞれ **MCW** の平均を求めて比較検討した．

MCW の分布は **Shapiro-Wilk** の検定を用いて，各群間の **MCW** の有意差検定は，**Kruskal-Wallis** の検定により検討した．

MCW と全身および口腔内の状態に関係があるかを検討するため，ロジスティック回帰分析を行った．初診時の問診で骨粗鬆症であると答え，かかりつけ医への対診で確認が取れたもの女性12名を対象とした．分析に用いるカットオフ値は，**MCW** と骨粗鬆症の **ROC** 曲線をもとに決定した．

結果

1) CAD 計測と目視計測

CAD と目視による MCW 平均値を示す(表 1)。分布の状態を確かめるため、それぞれの計測法で左右側ごとに正規性の検定 (Shapiro-Wilk の検定) を行ったところ、左右とも正規分布していないことが確認された。CAD 計測と目視計測に有意差を認められたのは女性の右側および左側で、男性の右側および左側には有意な差が認められなかった。

目視による計測値を基準とした CAD 計測による誤差を示す(表 1)。最も誤差が大きかったのは女性の右側で、最も小さかったのは男性の左側であった。

表 1 CAD と目視による MCW 平均値および誤差

	男性 (82 例)		女性 (68 例)	
	右側	左側	右側	左側
目視計測	2.81	2.82	2.56	2.51
CAD 計測	2.97	2.75	2.81	2.39
誤差	0.16	0.07	0.25	0.13
誤差率 (%)	6	2	10	5

(単位 : mm)

2) 年齢層，性別，および顎の左右側と MCW

女性の MCW を各年代，左右に分け表にしたものを表 2，および図 3 に示す．女性では 40 歳代をピークとして，50 歳代以降は徐々に骨の厚みが薄くなる傾向を示したが，統計上の有意差が確認されたのは，右側における 40 歳代と 70 歳以上の間にあった．

表 2 女性の年代ごとの MCW

	例数	右側			左側		
		最大値	中央値	最小値	最大値	中央値	最小値
10 歳代	12	3.8	2.5	1.8	3.2	2.7	2.0
20 歳代	54	4.4	2.6	1.8	3.6	2.7	2.0
30 歳代	58	4.4	2.5	1.5	3.4	2.8	1.6
40 歳代	45	4.4	2.5	1.4	3.6	2.8	1.9
50 歳代	57	4.4	2.5	1.4	3.6	2.8	1.6
60 歳代	73	4.4	2.4	1.4	3.6	2.6	1.2
70 歳～	83	4.2	2.4	1.4	3.6	2.6	1.2

(単位 : mm)

* : $p < 0.05$ で有意差が認められる

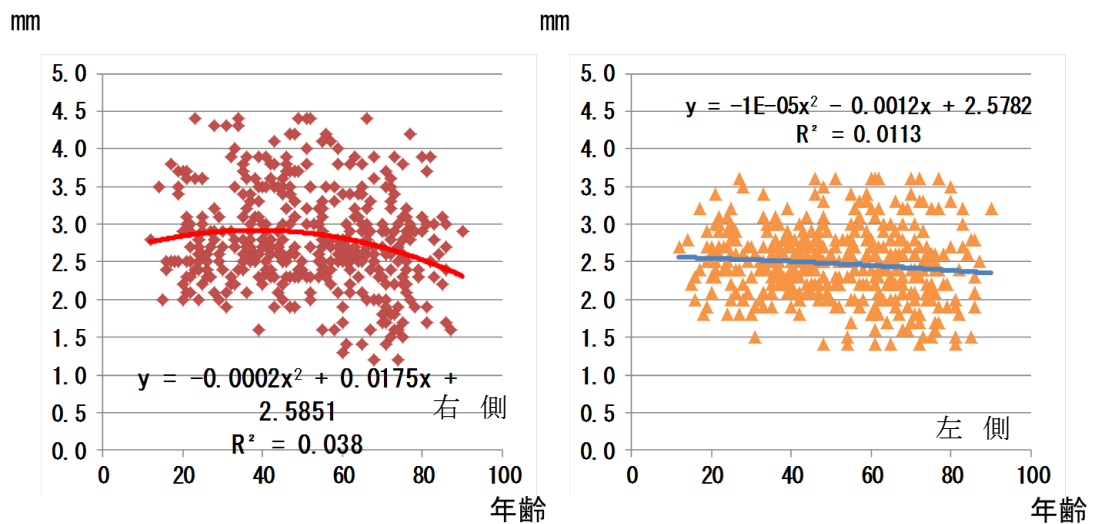


図 3 女性の MCW と年齢の分布および
2 次回帰曲線

回帰分析は，女性では，左右側とも年齢により有意に MCW が減少することを示していた．しかし，決定係数が小さく，予測精度が低いと考える．

男性の MCW を各年代，左右側に分けたものを示す（表 3，図 4）．男性では，年代に関わらずほぼ一定の MCW が維持されていることがわかった．回帰分析では有意な結果が得られなかった．

表 3 男性の年代ごとの MCW

	例数	右側			左側		
		最	中	最	最	中	最
		大	央	小	大	央	小
		値	値	値	値	値	値
10 歳代	19	4.4	2.8	1.8	4.2	2.8	1.9
20 歳代	40	4.5	2.8	1.6	4.4	2.8	1.7
30 歳代	59	4.6	2.6	1.6	4.4	2.8	1.5
40 歳代	60	4.4	2.5	1.7	4.3	2.7	1.5
50 歳代	61	4.7	2.5	1.6	4.5	2.7	1.5
60 歳代	78	4.7	2.7	1.1	4.3	2.8	1.5
70 歳～	68	4.7	2.8	1.2	4.0	2.9	1.5

(単位 : mm)

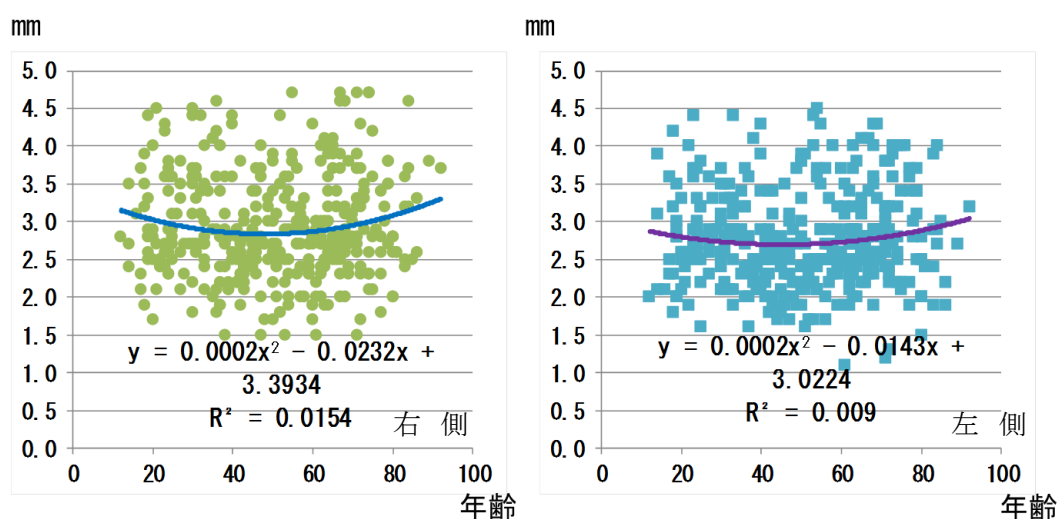


図 4 男性の MCW と年齢の分布および
2 次回帰曲線

3)咬合関係・歯槽骨吸収度とMCW

歯の咬合関係の各ClassにおけるMCWの分布を示す(表4)。欠損の分類ごとにはMCWの有意な差は認められなかったが、女性の場合、残存歯の減少によりMCWが減少する可能性が認められた。男性の場合、ほとんど変化が見られなかったが、「少数歯欠損」が一番骨の厚みが大い結果となった。インプラントを埋入した場合、男女とも埋入していない場合との間に差が認められない結果となったが、欠損がある場合よりもMCWが上回る傾向が認められた。

表 4 欠損および咬合分類と MCW

Class		女性			男性				
		例数	最大値	中央値	最小値	例数	最大値	中央値	最小値
右側	Imp	9	3.8	3.0	1.9	5	3.6	3.1	2.6
	1	107	4.4	2.7	1.2	103	4.7	2.8	1.5
	2	81	4.0	2.6	1.2	82	4.7	2.8	1.8
	3	16	4.4	2.7	1.6	17	4.3	3.2	1.5
左側	Imp	9	3.3	2.6	2.2	5	4.0	2.7	2.5
	1	107	3.6	2.5	1.4	103	4.5	2.7	1.1
	2	81	3.6	2.4	1.4	82	4.4	2.6	1.5
	3	16	3.3	2.4	1.4	17	4.3	2.7	1.2

(単位 : mm)

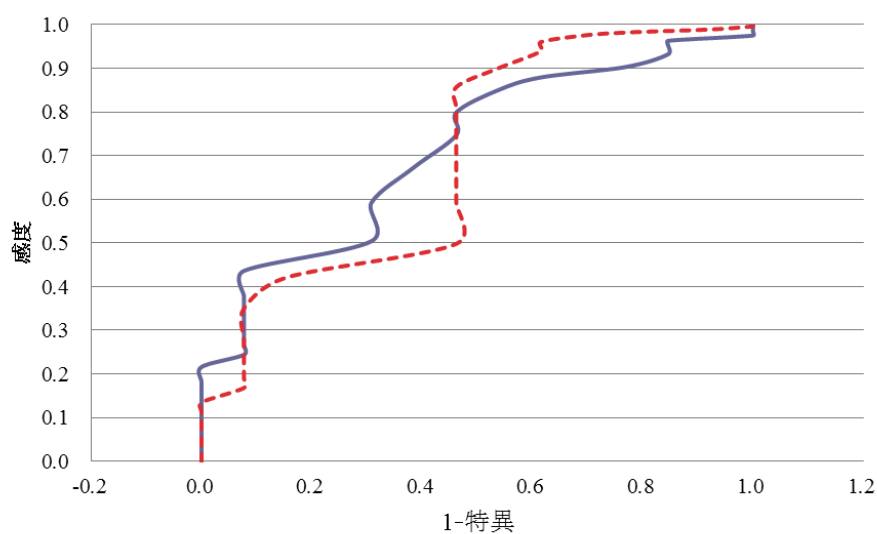
下顎の歯槽骨吸収の各群における MCW の分布を示す (表 5)。各群の MCW に統計的な有意差はなく, 歯槽骨吸収の進行による MCW の変化は認められなかった。

表 5 歯槽骨吸収度と MCW

		女性				男性			
		例数	最大値	中央値	最小値	例数	最大値	中央値	最小値
右側	Slight	42	4.4	2.7	1.4	45	4.7	2.9	1.5
	Moderate	108	4.4	2.6	1.2	109	4.7	2.8	1.5
	Severe	63	4.4	2.6	1.2	53	4.7	2.8	1.5
左側	Slight	42	3.6	2.4	1.4	45	4.5	2.6	1.7
	Moderate	108	3.6	2.4	1.4	109	4.4	2.8	1.1
	Severe	63	3.6	2.4	1.4	53	4.3	2.7	1.2

(単位 : mm)

MCW と全身および口腔内の状態の関係を検討するため、ロジスティック回帰分析を行った。まず、MCW のカットオフ値を MCW と骨粗鬆症の ROC 曲線より求めたところ、右側 2.3、左側 2.0 となった(図 5、表 6)。ROC 曲線下面積(AUC: area under the curve)は右側が 0.716、左側が 0.699 でほぼ Moderate accuracy となっていた。今回、最低値の 2.0 をカットオフ値として採用した。



(— 右側 , ... 左側)

図 5 骨粗鬆症患者の年齢と左右側 MCW の ROC 曲線

表 6 ROC 曲線の座標点

	MCW	感度	1 - 特異		MCW	感度	1 - 特異
右側	1.7	0.963	0.846	左側	1.7	0.960	0.615
	1.8	0.953	0.846		1.8	0.939	0.615
	1.9	0.932	0.846		1.9	0.900	0.538
	2.0	0.903	0.769		2.0	0.857	0.462
	2.1	0.879	0.615		2.1	0.807	0.462
	2.2	0.850	0.538		2.2	0.736	0.462
	2.3	0.799	0.462		2.3	0.676	0.462
	2.4	0.747	0.462		2.4	0.592	0.462
	2.5	0.673	0.385		2.5	0.498	0.462
	2.6	0.592	0.308		2.6	0.421	0.154
2.7	0.504	0.308	2.7	0.350	0.077		

MCW 2.0 mm 以下を病的と仮定し，年齢，性別，骨粗鬆症の有無，残存歯数，咬合関係，歯槽骨吸収を独立変数とした尤度法による変数増加法による多重ロジスティック回帰分析を行った．

ロジスティック回帰分析の結果，右側では有意な結果が示されず，左側では性別，骨粗鬆症の有無，歯槽骨吸収の進行度が有意に MCW に影響することが示された（表 7）．判別的中率は 85.3% であった．

表 7 左側 MCW への影響因子に関する
ロジスティック回帰分析結果

	性別	骨粗鬆症	歯槽骨吸収	定数
偏回帰係数	0.492	1.572	-0.315	0.531
有意確率	0.018	0.007	0.015	0.403
オッズ比	1.6	4.8	0.7	
オッズ比の下限	1.0	1.5	0.5	
95%信頼区間上限	2.459	15.026	0.942	

考察

本研究は、歯科診療で一般的に用いられているデジタルパノラマ X 線像から、自動的に MCW を計測するパノラマ CAD の開発を目指すとともに、MCW に影響を与える局所因子を探索している。目視による MCW 計測は観測者の主観に影響されるのに対して、CAD では計測方法を標準化されるので、客観的な計測値が得られる。まず、CAD の計測値を手作業による計測（目視計測）値と比較した。その結果、個々の患者の計測値は目視と CAD の間でよく一致したが、全体を平均すると、目視計測には左右差が少なく、CAD 計測では左右差が認められた。田口ら¹⁷⁾は、ファントムの位置付けと撮影者を変えてパノラマ X 線撮影を行い、目視による MCW 計測値の再現性を検討し、患者位置付けと撮影者の違いによる MCW の変動は小さいことを示している。また、生体の MCW 計測結果も、左右差が小さかったことを示している。本研究で計測値の左右差が大きくなった原因にはパノラマ CAD のアルゴリズムが関係していると考えられる。パノラマ CAD では、画像の形態と濃度の情報を基に、MCW 計測位置が設定される。一方、デジタルパノラマ X 線撮影システムでは、画質向上のために、回転撮影の途中で電圧を変動させたり、画像濃度を平均化したりする自動処理が行われることが多

い。また、画像構築アルゴリズムの設定によっては、画像マトリックスの中央と被写体の正中がずれる場合もある。目視による MCW 計測結果にはこのような左右差がなかったことから、肉眼的な観察には影響を与えない画像濃度や形態の差異が、パノラマ CAD では計測値の左右差として顕在化するのではないかと考える。パノラマ X 線撮影装置の機種による画像の違いに対応する CAD 計測の標準化は、今後の課題となる。また、上記のことを考慮して、本研究では左右側の MCW を別個のものとして検討している。

パノラマ CAD の MCW 計測精度へ影響するもうひとつの因子はパノラマ X 線像の拡大率である。パノラマ X 線像の拡大率は、撮影装置の機種、歯列上の部位、および患者頭部の位置付けにより変化する。犬飼ら²²⁾は、パノラマ X 線像の拡大率について、下顎臼歯部における拡大率は 1.3 倍程度であること、患者の体格や位置付けによる拡大率の変化は、垂直方向より水平方向の距離計測に影響することを述べている。MCW による骨粗鬆症スクリーニングで示されている基準値¹⁸⁾は、あくまで既に拡大投影されたパノラマ X 線像上での距離であり、拡大率は織り込まれている。MCW が拡大率変動の影響を受けにくい垂直方向の距離であることもあわせて考えると、実用的には十分な精度

と再現性を持つスクリーニング基準であると言えよう。

MCW による骨粗鬆症のスクリーニングに関して、黒田⁴⁾らは、下顎骨下縁皮質骨厚さとアルミニウム等量で評価した右手第2中手骨の間に相関を認めている。パノラマCADにより、さらに多数例のMCWデータが収集されれば、パノラマCADによる骨密度の推定²³⁾に発展することが期待される。また近年、問題となっているビスフォスフォネート系薬剤に関連した顎骨壊死(BRONJ)²⁴⁾では、該当薬剤の服用を歯科医師に申告していない患者の存在が考えられる。パノラマCADによるスクリーニングは、このような患者におけるBRONJ²⁴⁾発生を予防する観点からも有用と考える。

本研究では、成人女性はMCWが経年齢的に減少し、男性は変化しない傾向を認めた。今回の女性の結果は、Robertsらの報告²⁵⁾と類似している。50～70歳代ではMCWの減少傾向が著明となるが、これは閉経による骨代謝の変化を反映するものである。歌門ら¹⁶⁾は、CT画像の観察により、男女とも加齢にともない下顎下縁部皮質骨、下顎中央部頬側皮質骨および下顎下部頬側皮質骨の厚みが減少することを報告している。

骨粗鬆症は、インプラント治療においては、インプラント体の骨接触率や骨結合力の低下がある

という報告²⁶⁻²⁹⁾もあることから、歯科では注意すべき全身疾患と言われている。また、骨粗鬆症と歯周病の関係についての報告^{6,7,19,30-40)}があり、骨粗鬆症と歯科の関係性は少なからず考えられる。骨粗鬆症と歯周病の関係について音琴ら⁶⁾は、歯周病患者のパノラマ X 線所見と臨床所見を比較して閉経後の女性の骨粗鬆症患者に歯周病の進行例が多いことを報告している。本研究では歯槽骨吸収が大きい症例で MCW が小さくなる傾向が認められた。杉石ら¹⁹⁾は、骨粗鬆症検診や骨ドッグに歯科検診を加えた総合的なスクリーニングが望まれると述べている。坂東ら³⁵⁾は、閉経後女性において、健康な歯の存在が全身骨と下顎骨皮質骨の骨密度の維持に貢献していること、および、下顎皮質骨の骨代謝は天然歯を介する直接の咀嚼力により影響を受けるため、歯が喪失すると顎骨の代謝は全身骨の骨代謝に類似してくることを示唆している。これに対して、腰椎や橈骨の骨密度が有歯顎と無歯顎で異なるかについて複数の研究が行われているが、有意差を認めた報告³⁶⁻³⁸⁾と、有意差を認めなかった報告^{39,40)}がある。口腔環境は骨量・骨質に何らかの影響を与えられられるが、最大でも 2 mm 程度しか変動幅のない MCW 単独の評価には限界がある様に思われる。骨量・骨質を反映する他の画像所見と組合せた評価法の検討が

今後の課題となろう。

また，本研究の様に集団を一時点で観測した横断的研究では，被験者個々の口腔内環境や，全身的な要因による MCW の変化をとらえることはできない。今後は，個々の患者の中長期的な追跡調査に基づく縦断的研究も必要と思われる。客観的で再現性のある MCW 計測が可能なパノラマ CAD は，骨粗鬆症のスクリーニングする目的にも有用であると考えられる。

骨粗鬆症が疑われる症例のパノラマ X 線像では下顎骨皮質骨と海綿骨の境界の構造が粗造となる点もスクリーニングへの有効性が注目されている^{10,11)}。今後，MCW の計測アルゴリズムに皮質骨の粗造度を評価するアルゴリズム¹⁵⁾を組み合わせることで，より進化した CAD が開発可能と考える。

結 論

804 症例のパノラマ X 線像に対して CAD による MCW 自動計測を行った。女性は経年齢的に MCW の減少する傾向が得られた。歯の欠損状態、咬合関係、歯槽骨の吸収状態などの口腔内環境が MCW に影響する可能性をロジスティック回帰分析で検討し、以下の結果を得た。

- 1) 女性の方が男性よりも MCW が減少する。
- 2) 骨粗鬆症により MCW は減少する。
- 3) 歯槽骨吸収の進行によって MCW は減少する。

以上の結果により、今回用いた CAD による MCW の測定は骨粗鬆症のスクリーニングに有用であることが明らかになった。

参考文献

- 1) 申 基 詰 . 歯 周 病 患 者 に お け る イ ン プ ラ ン ト 治 療 の 指 針 2008 . 日 本 歯 周 病 学 会 編 . 東 京 . 医 歯 薬 出 版 . 8-10 .
- 2) 福 永 仁 夫 . 原 発 性 骨 粗 鬆 症 の 診 断 基 準 (2012 年 度 改 訂 版) . 椎 体 骨 折 評 価 委 員 会 編 . Osteoporosis Japan . 2013 ; 21 : 9-16 .
- 3) 折 茂 肇 . 骨 粗 鬆 症 の 予 防 と 治 療 ガ イ ド ラ イ ン (2011 年 版) . 骨 粗 鬆 症 の 予 防 と 治 療 ガ イ ド ラ イ ン 作 成 委 員 会 編 . 東 京 . ラ イ フ サ イ エ ン ス 出 版 . 2011 ; 20-25 .
- 4) 黒 田 利 宣 , 高 森 等 , 代 居 敬 . イ ン プ ラ ン ト 患 者 に お け る 第 二 中 手 骨 骨 塩 量 と 顎 骨 骨 密 度 と の 相 関 . 歯 放 線 . 2006 ; 46 : 49-57 .
- 5) 上 田 実 , 沢 木 佳 弘 , 伊 藤 正 夫 , 藤 内 祝 , 水 谷 英 樹 , 金 田 敏 郎 . イ ン プ ラ ン ト 治 療 に お け る 術 前 顎 骨 評 価 法 に 関 す る 研 究 - DIP 法 に よ る 骨 質 診 査 の 試 み - . 日 補 綴 会 誌 . 1991 ; 35 : 381-389 .
- 6) 音 琴 淳 一 , 渡 邊 英 俊 , 大 野 美 知 昭 , 日 垣 孝 一 , 佐 藤 哲 夫 , 椎 名 直 樹 , 伊 豫 田 比 南 , 温 慶 雄 , 上 條 博 之 , 坂 本 浩 , 河 谷 和 彦 , 伊 藤 茂 樹 , 太 田 紀 雄 . パ ノ ラ マ X 線 写 真 パ ラ メ ー タ ー を 用 い た 歯 周 病 と 骨 粗 鬆 症 の 関 係 の 検 討 お よ び 骨 粗 鬆 症 診 断 の 試 み . 日 歯 周 誌 . 2001 ; 43 : 13-24 .
- 7) 藤 城 治 義 , 大 島 康 成 , 浅 井 勇 吾 , 川 瀬 仁 史 , 柳

- 楽たまき, Poblete MGS, 吉成伸夫, 稲垣幸司, 野口俊英. 歯周病を主訴とした閉経後成人女性の骨粗鬆症所見と歯周病態との関係. 日歯周誌. 1997; 39: 226-233.
- 8) Taguchi A, Suei Y, Ohtsuka M, Otani K, Tanimoto K and Ohtaki M. Usefulness of panoramic radiography in the diagnosis of postmenopausal osteoporosis in women. Width and morphology of diagnosis of inferior cortex of the mandible. *Dentomaxillfac Radiol.* 1996; 25: 263-267.
- 9) Taguchi A, Suei Y, Sanada M, Ohtsuka M, Nakamoto T, Sumida H, Ohama K and Tanimoto K. Validation of dental panoramic radiographic measures in identifying postmenopausal women with spinal osteoporosis. *Am J Roentgenol.* 2004; 183: 1755-1760.
- 10) Taguchi A. Triage screening for osteoporosis in dental clinics using panoramic radiographs. *Oral Diseases.* 2010; 16: 316-327.
- 11) Katsumata A and Fujita H. Progress of computer-aided detection / diagnosis (CAD) in dentistry. *JDSR.* 2014; 50: 63-68.
- 12) 勝又明敏. 歯科画像診断の最新事情. 医画情誌. 2014; 31: 65-69.
- 13) Sisounthone J, Ejima K, Nakajima I, Honda K,

Hosono S, Vongsa S, Matsumoto K, Kuwata F, Aboshi H, Sidaphone B, Lyvongsa A, Ngonephady S, Sitthiphanh A, Otsuka K, Katsumata A and Fujita H. Application of telemedicine to assess mandibular cortical width on panoramic images of dental patients in the Lao People's Democratic Republic. *Oral Radiol.* 2015; Internet first. DOI 10.1007/s11282-015-0198-4

- 14) 藤田 広志, 勝又 明敏, 原 武史, 林 達郎, 林 佳典. 文部科学省地域イノベーション戦略支援プログラム(都市エリア型)岐阜県南部エリアにおける「歯科領域における画像診断支援システムの開発. 医画情誌. 2013; 30: 18-30.
- 15) 中元 崇, 田口 明, 浅野 晃, Zaman MUZ, 谷本 啓二. パノラマエックス線画像上の下顎骨下縁皮質骨内面の線状の骨吸収像を用いた骨粗鬆症診断支援システムの再現性と診断精度. 歯放線. 2011; 51: 33-38.
- 16) 歌門 美枝, 代田 達夫, 山崎 正貴, 大野 康亮, 道 健一. 下顎骨骨量の加齢的变化に関する研究 - DentaScan R による再構築画像を用いた骨形態計測学的検討 -. 昭歯誌. 2002; 22: 85-95.
- 17) 田口 明, 谷本 啓二, 末井 良和, 山田 信一, 大塚 昌彦, 隅田 博臣, 山根 由美子, 砂屋 敷忠, 和田 卓郎. パノラマ X 線写真における顎骨骨量

- の指標とその評価．歯放線．1993；33：309-316．
- 18) Karayianni K, Horner K, Mitsea A, Berkas L, Mastoris M, Jacobs R, Lindh C, van der Stelt PF, Harrison E, Adams JE, Pavitt S and Devlin H. Accuracy in osteoporosis diagnosis of a combination of mandibular cortical width measurement on dental panoramic radiographs and a clinical risk index (OSIRIS): the OSTEODENT project. *Bone*. 2007; 40: 223-229.
- 19) 杉石 泰，稲垣幸司，黒須康成，夫馬大介，坂野雅洋，山本弦太，吉成伸夫，野口俊英，森田一三，中垣晴男．閉経後女性の歯周病所見と骨粗鬆症所見の関係．日歯周誌．2006；48：10-16．
- 20) Osterberg T, Mellstorm D and Sundh V. Dental health and function ageing. A study of 70-year-old people. *Community Dent Oral Epidemiol*. 1990; 18: 313-318.
- 21) Schei O, Waerhaug J, Lovdal A and Arno A. Alveolar bone loss as related to oral hygiene and age. *J. Periodontol*. 1959; 30: 7-16.
- 22) 犬飼啓介，飯田幸弘，勝又明敏，永原國央．デジタルパノラマX線画像の拡大率を評価できる特殊ファントムの開発．歯放線．2012；52：47-60．
- 23) Taguchi A, Sanada M, Krall E, Nakamoto T,

- Ohtsuka M, Suei Y, Tanimoto K, Kodama I, Tsuda M and Ohama K. Relationship between dental panoramic radiographic findings and biochemical markers of bone turn over. *J Bone Miner Res.* 2003; 18: 1689-1694.
- 24) Yoneda T, Hagino H, Sugimoto T, Ohta H, Takahashi S, Soen S, Taguchi A, Toyosawa S, Nagata T and Urade M. Bisphosphonate-Related Osteonecrosis of the Jaw: Position Paper from the allied task force. Committee of Japanese Society for Bone and Mineral Research, Osteoporosis Society Japan, Japanese Society of Periodontology, Japanese Society for Oral and Maxillofacial Radiology and Japanese Society of Oral and Maxillofacial Surgeons. *J Bone Miner Metab.* 2010; 28: 365-383.
- 25) Roberts M, Yuan J, Graham J, Jacobs R and Devlin H. Changes in mandibular cortical width measurements with age in men and women. *Osteoporos Int.* 2011; 22: 1915-1925.
- 26) Keller JC, Stewart M, Roehm M and Schneider GB. Osteoporosis-like bone conditions affect osseointegration of implants. *Int J Oral Maxillofac.* 2004; 19: 687-694.
- 27) Lugero GG, Caparbo V, Guzzo ML, Konig B and

- Jorgetti V. Histomorphometric evaluation of titanium implants in osteoporotic rabbits. *Implant Dent.* 2000; 9: 303-309.
- 28) Mori H, Manabe M, Kurachi Y and Nagumo M. Osseointegration of dental implants in rabbit bone with low mineral density. *J Oral Maxillofac Surg.* 1997; 55: 351-361.
- 29) 山崎正貴，代田達夫，徳川友希，本橋征之，大野康亮，道健一，山口朗．骨粗鬆症モデルラットにおけるインプラント体埋入後の骨反応．昭歯誌．1998；18：150-158．
- 30) 稲垣幸司，夫馬大介，杉石泰，坂野雅洋，黒須康成，吉成伸夫，石原裕一，祖父江尊範，野口俊英，森田一三，中垣晴男，三木隆巳，中弘志，田口明，谷本啓二，Krall EK．骨粗鬆症治療の口腔への影響：歯の喪失に関連する歯周病との関係 第1報 閉経後骨粗鬆症患者の下顎骨骨粗鬆化，骨梁パターンと歯周病罹患状況．*Osteoporosis Jpn.* 2004；12：516-521．
- 31) 佐藤連造，稲垣幸司，黒須康成，夫馬大介，吉成伸夫，古川美喜子，山根隆，野口俊英，森田一三，中垣晴男，徳田隆一，長谷川良広，村田寛泰，安藤正憲，野田和裕，墨宏．閉経後女性の歯周病所見と骨密度．*Osteoporosis Jpn.* 2003；11：333-338．

- 32) 黒須康成，神谷武秀，川瀬仁史，近藤富貴子，藤城治義，Ti VL，柳楽たまき，宮下朋久，澤政樹，吉成伸夫，稲垣幸司，野口俊英．閉経後成人女性歯周病患者の歯周病所見と骨粗鬆症所見．日歯保存誌．1998；41：952-960．
- 33) 大島康成，藤城治義，浅井勇吾，川瀬仁史，柳楽たまき，吉成伸夫，稲垣幸司，野口俊英，長尾智子，熊崎映子，早川純子，山田和代，蜂谷裕道．閉経後成人歯周病患者の骨粗鬆症所見．愛院大歯誌．1997；35：449-454．
- 34) 稲垣幸司，大島康成，鈴木秀人，藤城治義，柳楽たまき，吉成伸夫，橋本雅範，瀧川融，小澤晃，野口俊英．骨粗鬆症患者の歯周病罹患状況．日歯周誌．1996；38：220-225．
- 35) 坂東薫，新田浩，笹生宗賢，野口和行，誉田栄一，植松宏，石川烈．歯の存在と全身骨，下顎骨の骨密度との関係について．日歯周誌．2000；42：122-128．
- 36) Kribbs PJ. Comparison of mandibular bone in normal and osteoporotic women. *J Prosthet Dent.* 1990; 63: 218-222.
- 37) Wactawski-Wende J, Grossi SG, Tevisan M, Genco RJ, Tezal M, Dunford RG, Ho AW, Hausmann E and Hershchyshyn MM. The role of osteopenia in oral bone loss and periodontal

- disease. *J Periodontol.* 1996; 67: 1076-1084.
- 38) Krall EA, Dawson-Hughes B, Papas A and Garcia RI. Tooth loss and skeletal bone density in healthy postmenopausal women. *Osteoporos Int.* 1994; 4: 104-109.
- 39) Elders PJ, Habets LL, Netelenbos JC, van den Linden LW and van den Stelt PF. The relationship between periodontitis and systemic bone mass in women between 46 and 55 years of age. *J Clin Periodontol.* 1992; 19: 492-496
- 40) .Klemetti E, Collin HL, Forss H, Markkanen H and Lassila V. Mineral status of skeleton and advanced periodontal disease. *J Clin Periodontol.* 1994; 21: 184-188.