

〈口演〉

「歯根外形線研究会」からの報告 第1報：歯根外形線観察の概略とその判定法

貝出 泰範 Hironori KAIDE
齊間 治夫 Haruo SAIMA
九鬼 武良 Takeyoshi KUKI

長内 彩子 Saiko OSANAI
豊島 敦哉 Atsuya TOYOSHIMA
戸高 勝之 Katsuyuki TODAKA

1. 歯根外形線の観察とは

歯根外形線の観察とは、文字通り図1に示されるとおり（図中の半透明な黄色部分を指す）、歯根外形部の状態を詳しく観察し、その状態を診断していくことです。この点、歯根周囲の観察には、デンタルフィルム X 線撮影に加えパノラマ断層撮影や歯科用 CT 撮影も存在しますが、従前から唱えられている方法では日々の臨床に必要十分な情報が得られているとは言い難いのが現状です。そこで、「歯根外形線研究会」では、デンタルフィルム X 線撮影の特徴を生かして歯根外形線を観察、検討することにより、他の画像撮影を補完、またはそれらを超えてより正確な診断方法の確立を目指して活動しています。

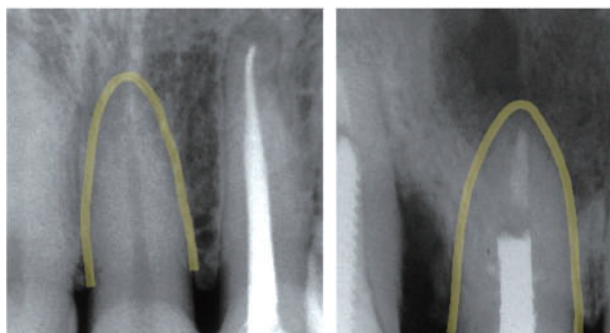


図1

2. 歯根外形線の明瞭、不明瞭は存在するのか

歯根外形線の観察では「歯根外形線が明瞭」とか「・・・が不明瞭」といった表現をします。これは、健全歯の歯根外形線は削りたての鉛筆でそれをなぞっていくと、一本の綺麗な線で辿られるのですが、病的、例えば根尖性歯周炎に罹患した場合にはどこが歯根外形の境界なのかが怪しく

なるという現象を表しています（図2：左が健全歯、右が Per 罹患歯）。ただ、こうした状況は歯根膜腔の肥厚や骨吸収像の附帯観察事項であって、すなわち、わざわざ歯根外形線など観察しなくとも、または観察したとしても疾病診断や病態推移の確認などは不可能ではないかという疑念が生ずるのも無理ないと思われます。

そこで、歯根外形線が明瞭、不明瞭となる状態を機械的検討方法により、確認してみました。

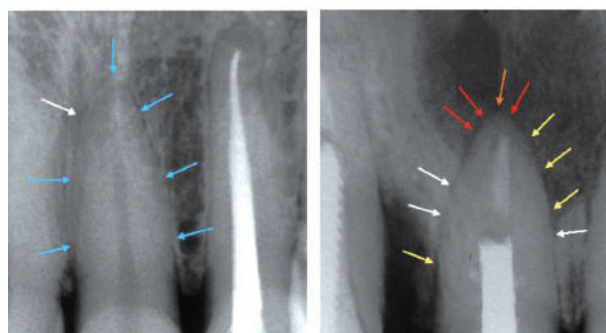


図2

A. 機械的観察（1）

まず、歯根外形線が明瞭、不明瞭とされる場合、その状態は高倍率でどのようなになっているかを ImageJ₁₎ を用いて観察してみました。健全歯の場合、図3のとおり歯根外形境界部は明瞭な V 字状で示される部位が存在し、これにより歯根外形線が明瞭に観察されるものと考えられます。一方根尖性歯周炎が存在するような場合には、歯根外形境界部は W 字状やギザギザ状、皿状になります（図4：白色、黄色、赤色、オレンジ色の矢印の順に歯根外形線の不明瞭度が増す）歯根外形線がだんだん不明瞭と見えてくるのはこの現象が要

因だと考えられます。すなわち、機械には探知される変化も、解像度の低い人間の眼には差異と判断されず、ぼやけて見えてしまうものと推測されます。

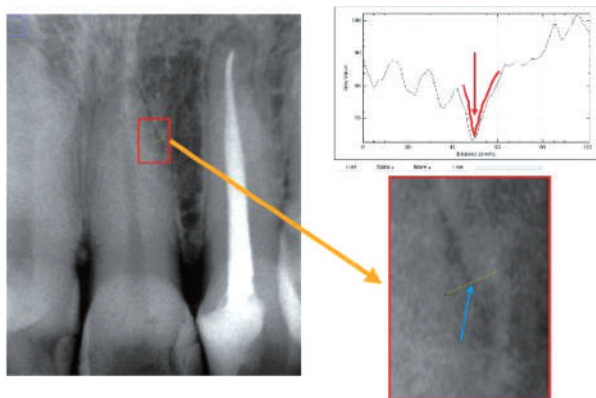


図3

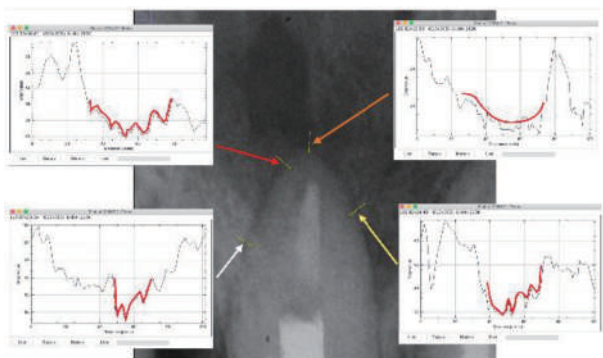


図4

B. 機械的観察（2）

ImageJの観察で歯根外形線が明瞭、不明瞭となるメカニズムは凡そ理解できる、またはそのような現象が存在することは納得できるとして、そのことが疾病分類まで貢献するかどうかは未知のままです。よって次に、疾病の違いによって歯根外形線の不明瞭の出現形態が異なってくるかどうか。すなわち、疾病により歯根外形線の形状に特徴が存在するかどうかを深層学習（SONY Neural Network Console₂₎）を用いて検討してみました。深層学習は顔認証システムなどに応用されている技術₃₎で、疾病が異なることによりレントゲン画像の特徴も変化するかどうかを検索する目的で採用しました。今回は日常診療のことを考えて、Perとそれ以外で違いがあるかを観てみま

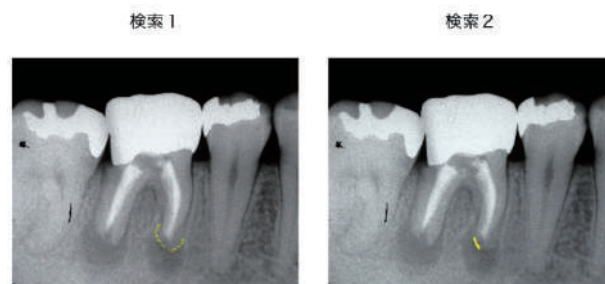


図5

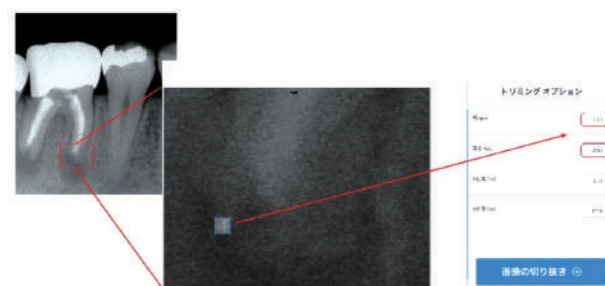


図6



図7

した。探索1では、per画像700枚、p画像280枚、pul壊死画像180枚、normal画像(=疾病(-)だが、撮影の失敗で歯根が伸展して、歯根膜の拡大が生じているように撮影されたもの)240枚をトレーニング用(1200枚)、テスト用(200枚)に分けて深層学習してみました。また、探索2では、検索1で用いた資料よりサンプリング範囲を狭めて(根尖付近)のper画像430枚、p画像280枚、pul壊死画像170枚をトレーニング用(800枚)、テスト用(80枚)に分けて深層学習させてみました。

探索1および2のサンプリング領域は図5に示すとおりです(探索1では歯根端を囲むように、また探索2では根尖孔近辺を中心にサンプリングしました。)。サンプリング方法は図6のように、200x200ピクセルで切り取りました。図7は切り

Accuracy	0.745		
Avg Precision	0.7432		
Avg Recall	0.745		
Avg F-Measures	0.7439		
	Recall	y=0 (予測: per以外)	y=1 (予測: per)
Precision		0.7505	0.7379
F-Measures		0.7411	0.7488
y=0 (per以外)	0.73	13	27
y=1 (per)	0.76	24	76

Accuracy	0.9625		
Avg Precision	0.9601		
Avg Recall	0.9625		
Avg F-Measures	0.9624		
	Recall	y=0 (予測: per以外)	y=1 (予測: per)
Precision		0.9392	1
F-Measures		0.9639	0.981
y=0 (per以外)	1	40	0
y=1 (per)	0.958	1	17

取った画像のフォルダに格納した状態のものです。今回深層学習のうちCNN (=convolutional neural network)³⁾を用いました。convolution層は2層とし、活性化関数としては画像処理に一般的に用いられるReLU関数と特徴量の差異を明確化する目的でtanh関数を用いました。MaxPooling層で圧縮作業を行い、全結合層(Affine)を2箇所設けて統合させました。そして、今回は2値分類タスクなので、Sigmoid関数で確率計算を行い、損失関数としてBinaryCrossEntropyを使用して学習させました。

探索1および2の結果は、図8.9のとおりです。これらの結果から、歯根外形線の明瞭、不明瞭を検討することは、疾病鑑別を可能とすることに寄与すると推測され、また検討範囲を根尖付近に狭めることは、疾病鑑別の精度向上に資すると考えられます。

3. 歯根外形線の観察の実際と判定作業

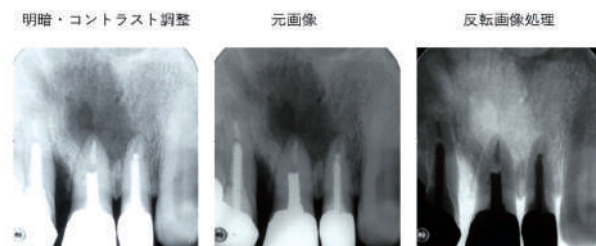


図10

前述の2つの機械的観察結果をもってしても、歯根外形線の診査が従前の放射線検査に代替する診査方法であることを証明したことには到底なりません。ただ、歯根外形線に注目して歯科臨床を行うことは有意義であることは示されたものと考えられます。すなわち、法律用語で言えば、反証程度の事由にはなるものと思います。そうであれば、特別な機器を新たに導入することなく、日々の診療に即時導入でき、ストレス軽減に役立ちそうであるのなら、使わない手は無いと思います。そこで、最後に歯根外形線の観察の実際と判定作業を、学会の口頭発表の時より少し詳細に述べていきます。

1) PCへのデンタルX線画像の取り込み

観察に用いるデンタルX線画像にはある程度の解像度が必要です。720dpi程度の解像度が求められています。もっとも、原本のフィルムが不鮮明では意味が無いので、高品質のフィルムを選ばれることが肝要と思われます。デジタル撮影にあつては、保存形式によって解像度が大きく左右されますので、PCに保存する場合は.tiffという拡張子で、できるだけ高解像度により保存することを推奨します。

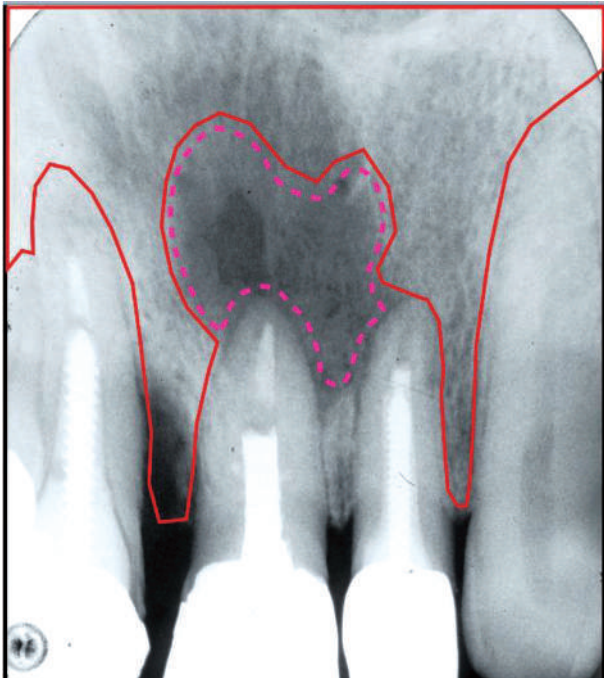


図 11



図 12

取り込んだ原本画像とは別に作業用画像と反転画像を用意します（図 10）。原本画像ではその撮影条件により明暗が不適であったり、またコントラストが明瞭でなかったりします。よって、作業用画像は画像編集ソフトを用いてそのコントラストや明暗、露出などを調節して、歯根外形線が判定しやすいように加工する必要があります。



図 13

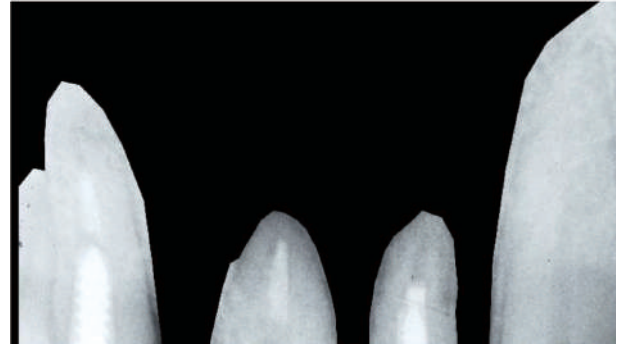


図 14

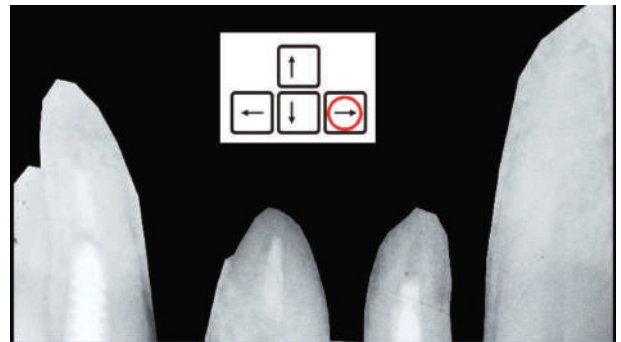


図 15

具体的には、コントラスト調節では歯根外形領域をできるだけはっきりさせ、明暗においては明るめの画像が望ましいようです。反転画像は大阪の九鬼先生が提唱されて、宅重先生もその有用性を認めておられます。画像編集ソフトのトーンカーブを逆にすれば簡単に得られますので、試みて下さい。

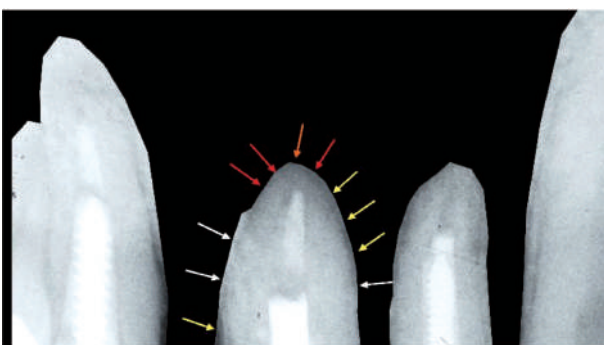
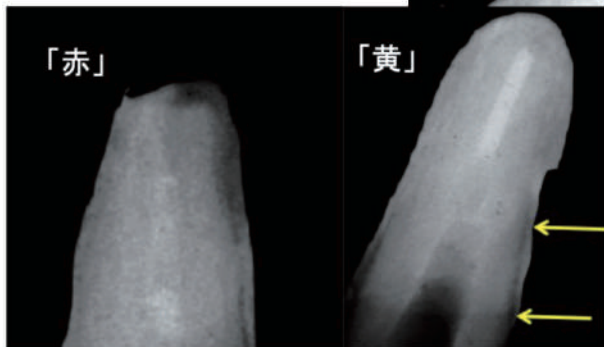
2) PowerPoint で作業を行う

前述のように、歯根外形線が明瞭になったり、不明瞭になったりするのには、人間の目の低解像度が為せる技です。ですから、周囲に観察に不要なものがあると、その判定の振れ幅は大きくなり普遍性が低下します。よって、歯根外形線を PC 上

で詳細に観察する際には、余計なものをまず隠していくことが必要です。それを PowerPoint 上で行います。使うツールは「ホーム」画面にある「図形」です。これを用いて以下に述べる 1 次、2 次トリミングを行います。ただ、同じようなことは mac の keynote でも出来ますし、その他廉価のプレゼン用ソフトでも可能ですので、お持ちのソフトで試してみてください。

判定 (=評価) の基準

1. 「青」: 健康
細くて綺麗な曲線 (削りたてのえんぴつで書いた線)
2. 「白」: 健康と思われるが、少々懸念される点がある。
細い曲線。「にじみ・かすみ」で汚れている。
3. 「黄」: 病気の初期段階と思われるが、自然治癒の可能性もある。
やや太い線。「数珠型」や「波型」がある。
4. 「赤」: 病的状態
太い線
(拡大した歯根膜腔と融合)
5. 「オレンジ」: 病的状態
外形線が見えない。



3) 1 次、2 次トリミング

この作業と次の判定作業は連動しており重要なところですので、我流にならないようにすることが肝要です。3Mix-MP 法の遵法と同様にお考えいただければ良いと思います。

まず 1 次トリミングですが、図 11 のように病的部位に注意しつつ大雑把に歯槽骨部分を枠線で囲います。囲い終わったら図 12 のように囲った領域と枠線を黒色で塗り潰します。続いて 2 次トリミングを行います。2 次トリミングは歯根表面ストレスを囲っていきますので慎重な作業が必要です。間違えて歯根外形内部までトリミングしてしまうと、判定が大きく異なり誤診に直結するので気をつけて下さい (図 13)。ここも 1 次トリミングと同様囲い終わったら黒色で塗り潰します (図 14)。

4) 歯根外形線の判定

判定作業は図 15 に示すように PC の十字キーを使い、画像を幾度もあらゆる方向に動かしながら行います。この際、動かす画像は最背面の歯牙レントゲン画像にしておくのが肝要であり、簡便です。歯根外形線の見え方の判定は宅重先生が設定されている図 16 の基準に準じて下さい。判定作業が終了すると図 17 のようになります。

以上が現時点 (令和 2 年 9 月 20 日) における「歯根外形線研究会」からの報告内容となります。歯根外形線を応用した診断方法については「難しい」とか「分かりにくい」とか言われますが、単に今回取り上げた内容以外にも色々と応用が効き、我々の診療をととも助けてくれる有益な方法です。これを機会に読者諸氏の先生方が一人でも多く、そしてより多くの症例を習得されることを願っております。

参考文献)

- 1) ImageJ: <https://imagej.nih.gov/ij/>
- 2) SONY Neura Network
Con-sole : <https://dl.sony.com/ja/>
- 3) 岡谷貴之: 深層学習. 講談社. 1-110, 2015