

Tuned-Aperture Computed Tomography (TACT[®]) による 歯および周囲組織の 三次元画像診断の有用性

東京歯科大学歯科放射線学講座*¹ / 同 小児歯科学講座*²

Health Sciences Center, The University of Louisville, Louisville, Kentucky, USA*³

山本一普*¹ / 早川吉彦*¹ / 小林紀雄*¹ / 光菅裕治*¹

和光 衛*¹ / 関口 浩*² / 薬師寺仁*² / Allan G. Farman*³

はじめに

口腔内挿入用の CCD 型 X 線センサーおよびデジタル画像処理システム CompuRay ((株) ヨシダ, 東京, OEM-supplied by TREX/Trophy Radiologie, Marne-la-Vallée, France) を応用して、任意断面の再構成・表示法である Tuned-Aperture Computed Tomography (TACT) による歯および周囲組織の三次元表示を行った。

ここでは、TACT の原理を簡単に解説するとともに、一連の二次元的なスライス断面像の連続表示 (多断面再構成) による歯と下顎管 (下歯槽神経管) の位置関係の描出および上顎前歯部の埋伏歯と周囲組織の関係の把握における有用性について報告する。

歯科用デジタルイメージングシステム CompuRay

口腔内挿入用の CCD 型 X 線センサー CompuRay は、ドイツの歯科医 Dr. Francis Mouyen の発明を製品化した Trophy 社の新バージョン RVG-ui である。初期製品が出荷された 1980 年代末から 10 余年が経過した。Dr. Mouyan らは、この 6 月 CARS2002 Congress (Paris, France) で、このようなセンサー技術をレビューする keynote lecture を行った。使用したセンサーの画像化領域は 30mm × 20mm で、画素サイズは 19.5 μm × 19.5

μm である。画素数は約 160 万になる (図 1)。これは現在の世界マーケットにおける最小サイズ、最大数である¹⁾。なお現在では同じ画素サイズで画像化領域 36mm × 27mm、250 万画素も利用できる。世界で最も多く使われているフラットパネル・ミニ X 線センサーである。ユーザが扱える画像データは 8bit の TIFF ファイルである。このセンサーを、改良した Snap-A-Ray フィルムホルダー (Dentsply/Rinn, Elgin, IL, USA) で口腔内に保持した (図 1)。

TACT の原理

図 2 のように、異なる方向から撮影した複数枚の画像 (component projections または TACT base images と表現) から、三次元データを構築し、一連の任意断面の画像や擬似ホログラムを得る方法である。原理的には tomo-synthesis と aperture theory に基づいている²⁻⁴⁾。reference となる fiduciary marker (直径 1.5mm の X-Spot 鉛ベレット、Beekley Corp., Bristol, CT, USA) を被写体に貼付して撮影し、再構成アルゴリズムにその画像上の座標を入力する。CompuRay のような口腔内センサーを応用し、低被曝線量で実施できる三次元画像診断システムとして、Dr. Richard L. Webber (Wake Forest Univ., North Carolina, USA) によって考案された。

図 3 は TACT Workbench の 1 画面である。三次

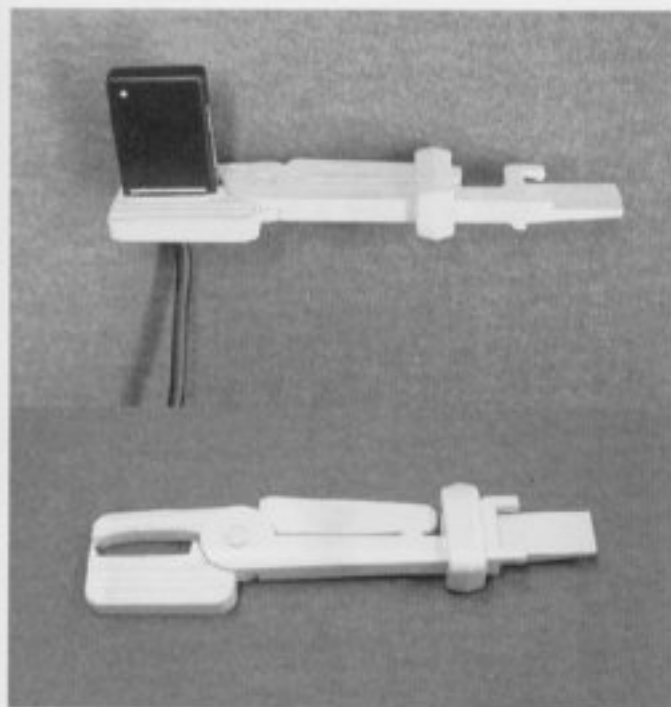


図1 CompuRayシステムの口腔内挿入用の
CCD型X線センサー
このようにセンサー用に改造したSnap-A-Ray
フィルムホルダーで口腔内に保持する。

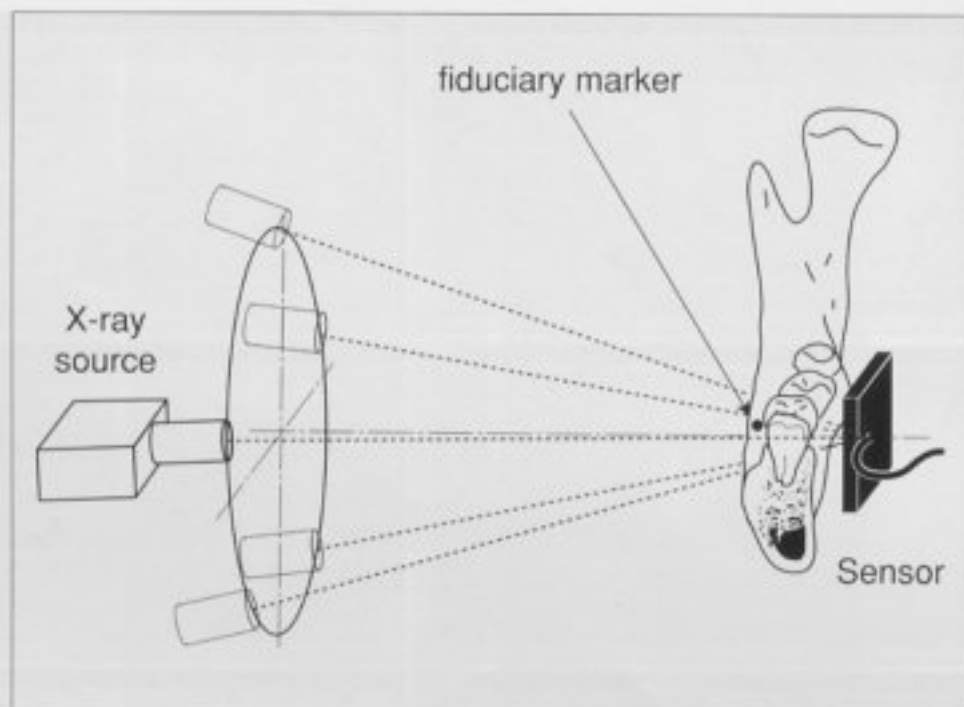


図2 TACTのためのX線撮影
Referenceとなるfiduciary markerを被写体の近く(歯肉の頬側面)
に貼付して、異なる方向から4、5回の投影を行う。X線センサーは
口腔内に保持する。



図3 TACT Workbenchの画面
“Clinical TACT control”のツールボックスでは、再
構成する一連の断面の位置と間隔をコントロールで
きる。

元画像の構成要素となる1枚1枚の画像データを収集しスタックさせる。そして、markerの投影位置を入力して、再構成アルゴリズムを働かせる。CTなどの一般的な三次元イメージの生成方法では、1枚1枚の画像データを収集している間、幾何学的な投影関係において連続性を保つ安定性が必要である。しかし、TACTではmarkerを使って投影関係の自由度を大きくしている。任意の回数、任意の幾何学的関係の投影データからretrospectiveに再構成ができる。そして、重ね合わせ理論による断面再構成操作をインタラクティ

ブに行い、診断タスクに応じて一連の任意な被写体深度の画像再構成を容易に実現している。現在はInstrumentarium Imaging社(Tuusula, Finland)にライセンスされている。最近ではWebberによる臨床研究も発表された⁵⁾。
われわれの研究⁶⁻¹⁰⁾では、任意断面のTACT画像の精度に対するcomponent projectionの投影回数、投影角度の影響について解析した。その結果を詳しく紹介するスペースはないが、4、5回の投影を被写体からみて角度30度程の円周上の焦点位置から行えば十分な精度が得られると考えられ

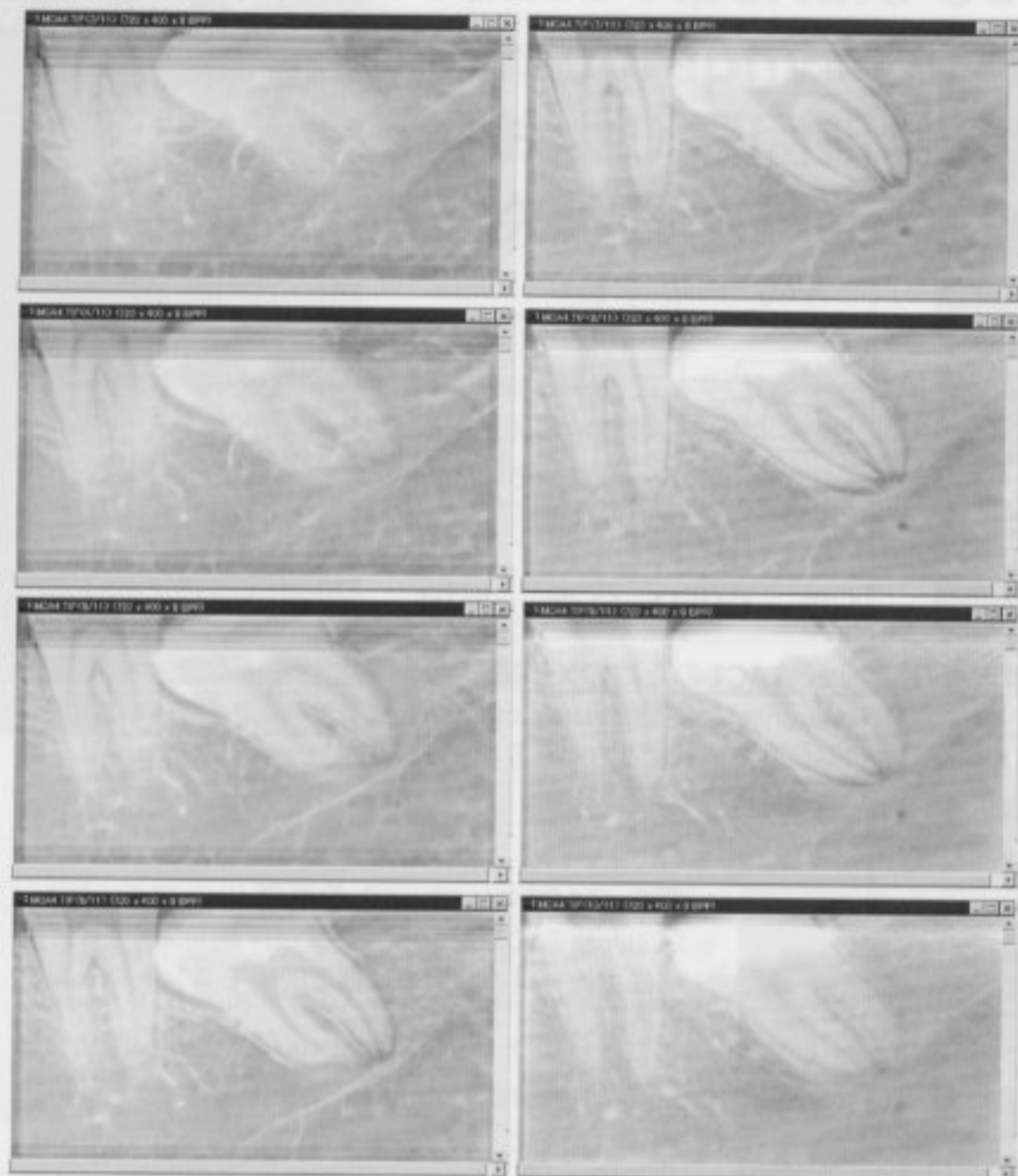


図4 下顎第三大臼歯(智歯)部のTACT画像

第三大臼歯の根尖部と下顎管壁を別々に観察でき、両者の頬舌的位置関係を把握することができる。左上が最も頬側寄りであり、連続的に断面の位置が変化し、右下が最も舌側寄りである。

た。そこで、TACTの特徴を活用し、歯科臨床における画像診断に顕著な有用性を見出せると思われる例を述べる。なお、図4、5に示すTACT画像には逐次近似法(iterative restoration)¹¹⁾によるボケの除去を3~5回繰り返している。

下顎管の位置情報

下顎骨内を走行している下顎管(下歯槽神経管)の位置情報は、抜歯や歯科インプラント植立の術前検査に不可欠である。図4のように、乾燥骨を用いた下顎第三大臼歯(智歯)部のTACT像では、歯の根尖部と下顎管壁が別々の断面で与えられるので、両者の頬舌的位置関係を指摘することができる。この場合、下顎管壁が鮮明にみえる断面は頬側寄りにあり、歯の根尖部が、それより舌側寄りにある。

埋伏歯の位置情報

上顎前歯部における埋伏歯は、咬合と審美の観点からその扱いは重視されている。埋伏歯のX線画像診断では、埋伏歯とその周囲組織の形態学的関係が、処置法の選択に影響を与える。そのため従来から何種類かのX線検査が併用されている。図5に上顎前歯部埋伏歯のTACTによる再構成像とconventional radiographyによるdiagnostic yieldを比較した例を示す。患者は、23歳の女性。上顎右側の前歯部に埋伏歯が認められる。埋伏歯とそれに近接する歯の位置関係を精査するためにTACT像を得た。単純投影では偏心投影法(Buccal-Object Rule)が応用できる例であるが、埋伏歯と歯が近接している場合うまく把握できない場合もある。この症例では、埋伏歯の歯根部は根尖病巣に近接し、周囲骨におおわれて存在してい

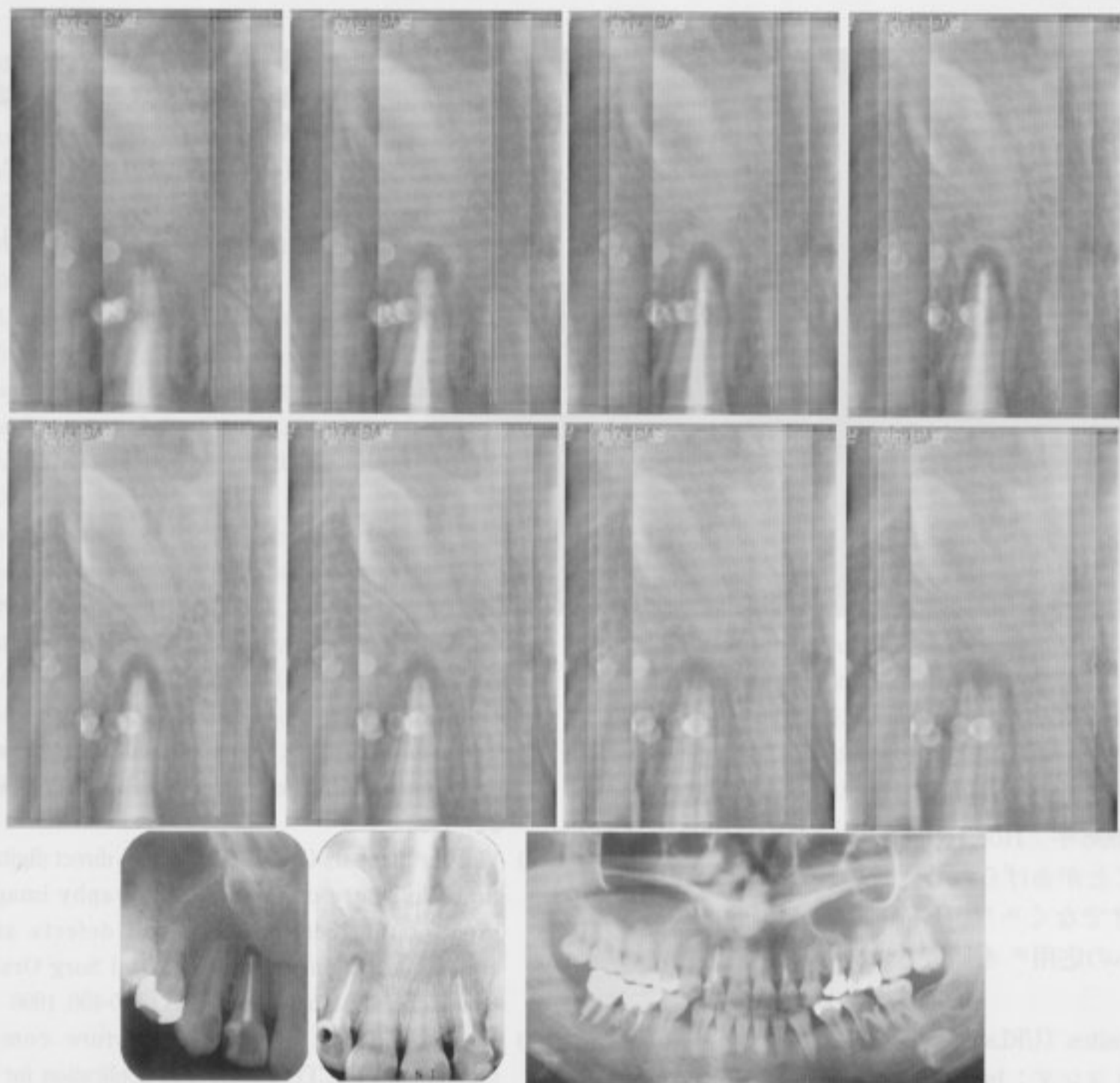


図5 上顎前歯部埋伏歯のTACT像

隣接歯に根尖病巣が認められる。左上が最も唇側寄りであり、連続的に断面の位置が変化し、右下が最も口蓋側寄りである。単純口内法X線写真およびパノラマ像を下方に示す。

る状態が詳細に観察された。

われわれはこのような上顎前歯部埋伏歯の20症例にTACTを応用し、単純投影(口内法、パノラマ法、側方向撮影)のみで診断した場合とTACTを加えた場合における臨床判断を比較した。16名の歯科医師で評価を行った結果を統計処理すると、「埋伏歯と周囲組織の関係」と「唇-口蓋側方向」の把握においてTACTは有意に優れていた。また、外科的あるいは歯科矯正的処置の判断における信頼性および予後の予測可能性についても、TACT像を用いたときが有意に優れていた¹²⁾。

おわりに

TACTには特別なハードウェアは必ずしも必要ではない。近年、医療界で求められている低コスト・低線量な手法である¹³⁾。ここに述べた歯科臨床における応用例はTACTによる三次元表示が有用であることを示している。最近の*in vitro*研究でもTACTで骨変化を鋭敏に検出できることが示されている¹⁴⁾。またわれわれは図6のような「TACT三次元擬似ホログラム表示」の臨床的価値を検討している。

例年のRSNA Meetingではわれわれ以外にも

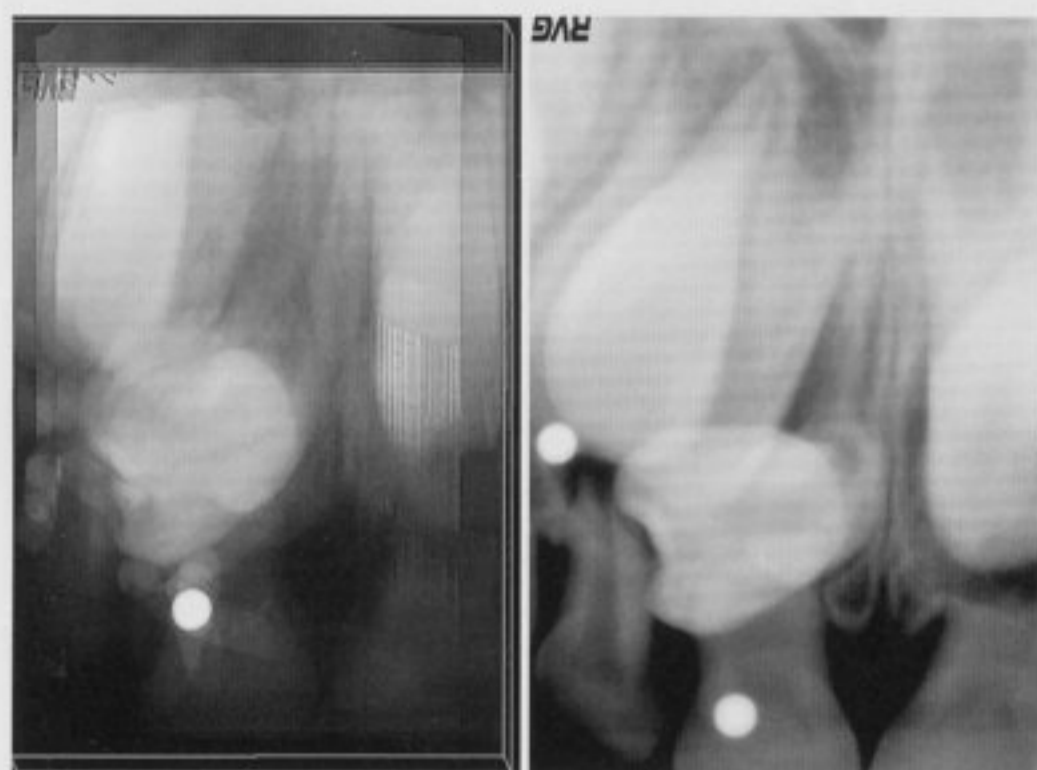


図6 唇一口蓋側方向に埋伏した上顎前歯部埋伏歯のTACT三次元擬似ホログラム表示像(左)

ディスプレイに表示された座標上でホログラムを回転させることにより、立体的に観察することができる。右は口内法X線画像。

TACTに関する発表がある¹⁵⁾。ここ4年間を振り返ると、まずデジタル・マンモグラフィの応用として1998年“Hot Topics”のひとつに取り上げられたことがあげられる。その後もデジタル・マンモだけでなく^{16, 17)}、ETACTシンチ・マンモグラフィへの応用¹⁸⁾も研究されている。

< Websites (URLs) >

- ・ (株)ヨシダ : <http://www.yoshida-dental.co.jp/>
- ・ TREX/Trophy Radiologie : <http://www.trophy-imaging.com/>
- ・ Dentsply/Rinn : <http://www.rinncorp.com/>
- ・ Beekley : <http://www.beekley.com/>
- ・ TACT : <http://www.bgsml.edu/dentistry/docsrs/tacteqp.htm>
- ・ Dr. Richard L. Webber : <http://www.rad.bgsml.edu/~webber/home.html>
- ・ Instrumentarium Imaging : <http://www.instrumentariumimaging.com/>
- ・ CARS2002 Congress : <http://www.cars-int.de/>

< 文献 >

- 1) Ludlow J et al : Image-receptor performance: A comparison of Trophy RVG UI sensor and Kodak Ektaspeed Plus film. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 91 : 109-119, 2001
- 2) Groenhuis RA et al : Computerized tomosynthesis of dental tissues. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 56 : 206-214, 1983
- 3) Webber RL et al : Comparison of film, direct digital, and tuned-aperture computed tomography images to identify the location of crestal defects around endosseous titanium implants. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 81 : 480-490, 1996
- 4) Webber RL et al : Tuned-aperture computed tomography(TACT). Theory and application for three-dimensional dentoalveolar imaging. Dentomaxillofac Radiol 26 : 53-62, 1997
- 5) Webber RL et al : An *in vivo* comparison of diagnostic information obtained from tuned-aperture computed tomography and conventional dental radiographic imaging modalities. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 88 : 239-247, 1999
- 6) Yamamoto K et al : Effects of projection geometry and number of projections on accuracy of depth discrimination using tuned-aperture computed tomography(TACT) in dentistry. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 86 : 126-130, 1998
- 7) 山本一善 : Tuned-aperture computed tomography (TACT) の画像精度に影響する因子について. 歯科学報 99 : 283-288, 1999
- 8) Yamamoto K et al : Effects of number of projections on accuracy of depth discrimination using tuned-aperture computed tomography(TACT) for three-dimensional dentoalveolar imaging of low-contrast details. Oral Surg

