iTero

https://itero.com/ja-jp

販　売　名：　iTeroエレメント
一般的名称：　デジタル印象採得装置　歯科技工室設置型コンピュータ支援設計・製造ユニット　歯科診断用口腔内カメラ
承 認 番 号：　22900BZX00222000
製造販売業者：インビザライン・ジャパン株式会社

© 2022 Align Technology, Inc. All rights reserved.
Invisalign、Alignなどは、Align Technology, Inc.またはその子会社もしくは関連会社の商標および/またはサービスマークであり、米国および/またはその他の国において登録されています。

209061 Rev C

歯科における近赤外光画像（NIRI）技術
iTero Element 5D

この臨床ガイドでは、NIRI技術と合わせてデザインされたiTero 5Dの将来有望な機能と、日常的な歯科診療への応用について説明致します。iTeroエレメント5DのNIRI技術は、有害な放射線照射を行うことなく、歯肉縁上の隣接面う蝕の発見およびモニタリングに役立てることができます。

著者：Dr.Priyanka Keshav BDS, iTero Global Education

背景：

2001年、アメリカ国立衛生研究所の、一生におけるう蝕の診断と管理に関するコンセンサス会議では、次のように発表されました：「う蝕とは、糖分があると、歯垢、口腔内バイオフィルムに存在する酸形成細菌により歯牙構造が壊されていく、うつりやすい伝染性疾患です。この感染症に罹ると、歯牙のミネラル分が失われていきます。まずは、歯牙表面から始まり、象牙質を通って歯髄にまで進行し、最終的には歯牙の生命力が損なわれます」[i]。

概ね予防可能であるとしても、う蝕は口腔衛生にとっての二大脅威の1つであり、米国において最もよく見られる慢性疾患に数えられます。う蝕は、小児では最もよく見られる慢性疾患であり、その罹患率は喘息の5倍、花粉症の7倍となっています[ii]。現在では、成人の大半がう蝕処置を施す必要がある永久歯を抱えたまま生活しています。このため、この病変を早い段階で識別して治療するには、う蝕の早期発見が非常に重要となります。世界保健機関では、学童の60～90%、成人のほぼ100%にう蝕がある、あるいはう蝕があったことがあると推定しています[iii]。

う蝕の概念は、この10年間で大きく変化しました。かつては、う蝕治療の唯一の方法は脱灰された組織を完全に取り除くことでしたが、現在ではう蝕は動的なプロセスであり、適時に診断されれば可逆的であると考えられています。侵襲的な治療を避けるために、う蝕を予防し最も早い段階で発見するというのが現在の治療のスタンダードとなっています。う蝕の性質とそのプロセスに関する最新の見解から、現在では、治療方法がより保存的なアプローチに変化しつつあり、世界の最新の歯科治療では、侵襲性を最小限に抑える(Minimal　Intervention：MI)というコンセプトが一般的になりつつあります。う蝕を早期発見することにより、う蝕進行のプロセスを反転させ、外科的な治療を排除するか、少なくとも治療のタイミングを遅らせるチャンスが得られるため、う蝕の早期発見は、侵襲性を最小限に抑える歯科治療にとって不可欠です。う蝕発見のための処置としては、最も早い段階、つまり、有機基質がまだ損傷を受けていない段階から、う蝕部分の最終的な段階迄どの段階でも、う蝕を発見できるものが理想的です[iv]。現在利用されている従来型の診断では、主に視診および触診とX線写真を組み合わせた診断方法に依存しています。これらの方法にはそれぞれ重大な欠点があります。まず視診は、テクニックに大きく左右されるだけでなく、主観的です。また、触診の場合、隣接面を直接見ることができないため、隣接部の検査の信頼性が低くなります。さらに一部の研究では、プローブの先端部によってエナメル質のわずかな摩耗が生じたり、再石灰化部分がある場合は該当部分が傷つくおそれがあると指摘されています。さらに、X線撮影もテクニックに左右されるほか、患者が有害な電離放射線に暴露されることも知られているため、頻繁には利用できません。このようなう蝕の早期発見のための新たな画像取得技術が求められています。加えて、早期のう蝕の治療は、脱灰された歯牙構造を積極的に取り除こうとする窩洞形成から、非外科的、あるいは侵襲性を最小限に抑えた補綴修復へとシフトしています[v]。

近赤外光画像技術：

近赤外光画像は、隣接面う蝕の早期発見における診断の貴重な補助的手段として機能します。近赤外線（NIR）は、0.7～2.0マイクロメートル（μm）の電磁スペクトル範囲です[vi]。iTeroエレメント5Dは、歯牙の硬組織との相互作用により内部構造の詳細なデータを提供する電磁スペクトルの波長（=　850nm）の光を利用します。エナメル質は、光の散乱係数が小さくなるためNIRIに対して透明です。そのためエナメル質の厚み全体を光が通過し、画像には暗く映ります。一方で象牙質は、象牙質細管の向きによって光の散乱効果が生じるため、画像には明るく映ります。また、何らかの干渉がある部分/病変部/脱灰部分では散乱が大きくなるため、これらの部分は画像に明るく映ります。

iTero エレメント5Dは、革新的な診断補助装置（レーザ製品の安全基準クラス 1 を使用）であり、NIRI技術を搭載した初めての3D口腔内スキャナーとなります。1回のスキャンで、複数階層のデータを見ることができます。それには、3Dモデル、2Dカラー画像および3Dモデルにマッピングされた NIRI画像が含まれます。ユーザーは、コンピューターの画面上で歯牙の3Dモデルを回転させることができ、患者を見ずに3Dモデルを別の角度から評価することもできます。

また、対応するカラー画像とNIRI画像を同時に表示し、状況を包括的に把握することも可能です。このシステムでは、独自の非接触形の光学焦点検出技法を利用し、3D形状と患者の口腔内の歯科構造の色をデジタルで取得します。

この装置には、通常のスキャン中にNIR照射を使用して表面の下にあるデータを取得するNIR機能も搭載されています。システムが取得したNIR画像とカラー画像の両方を組み合わせることにより、う蝕の発見に役立ちます。画像はスクリーン上でリアルタイムに表示されます。拡大やコントラストの調整も可能です。さらに、スキャンを保存しておき、必要に応じてあとから確認したり、タイム・ラプスなどのツールと組み合わせて、注目すべき部分をモニタリングすることもできます。

「この技術を使うことにより、放射線を使用する機会を減らすというメリット」があります。この方法ならば、う蝕のモニタリングに必要な頻度で用いることができます。いくつかの臨床研究では、NIRIの感度はX線撮影による検査と同程度の効果があり、隣接面う蝕の発見と印象採得に適しているという結果が示されています[Vii]。

文献：

近赤外光に関しては、1990年代初めから多数の研究が行われてきました。特に注目すべき論文をいくつか紹介します。

1. **Fried D, Glena RE, Featherstone JD, Seka W. Nature of light scattering in dental enamel and dentin at visible and nearinfrared wavelengths. Applied Optics. 1995;34(7):12781286[Viii]**

目的：この研究で、Friedらは、歯牙のエネルギーの分散を計算する1つの手順として、完全なインデックスマッチングを行ったエナメル質と象牙質の標本の光学特性を測定した。適切なインデックスマッチング液中で、角度範囲0°～180°の543、632、1053nmで歯牙のエナメル質および象牙質の光散乱特性を測定した。測定された分布、およびこれらの組織における光散乱のモンテカルロ1MC2シミュレーションとの比較から、これらの波長での象牙質およびエナメル質の光学係数、位相関数の性質および散乱異方性が導き出された。

結果：可視波長およびNIR波長において、象牙質およびエナメル質は光を弱く吸収しており、光散乱は組織内の歯牙のエネルギー分布の判定において重要な役割を果たす。エナメル質の散乱係数および吸収係数は、積分球を使用して測定された文献値と比較して大きなずれがなく、象牙質の散乱係数および吸収係数の測定値は、いずれもエナメル質よりもほぼ一桁分大きいことが分かった。この研究で判定された光学パラメーターを使用した、予備的な二次元空間分解MCシミュレーションでは、直径1 mmの可視および

NIRレーザー光線をエナメル質の表面に当てると、象牙質とエナメル質の接触面付近に優先して歯牙のエネルギーが生じる可能性が認められた。これにより、表面下の温度上昇や割れといったマイナスの影響が生じる可能性がある。

重要度：高い透明性を示すエナメル質におけるNIRIの使用についての研究。歯牙、特にエナメル質と象牙質におけるこの技術に関しては、公表されているデータを閲覧できる。近赤外線を照射するとエナメル質は高い透明性を示すため、エナメル質におけるう蝕の検出にNIRを利用することの可能性については、1990年より実質的な証拠が存在する。

2. **Comparison of diagnostic methods for early interproximal caries detection with near-infrared light transillumination: an in vivo study, Ismail Hakki Baltacioglu and Kaan Orhan[ix]**

背景：デジタル口腔内イメージングを使用した研究は多数存在するが、う蝕の診断に写真光学の方法を用いた研究は少数に留まっている。さらに、観察者（経験と専門性）およびう蝕そのものの観点から、いくつかの限界も存在する。したがって、この研究では、近赤外光透過（NILT）およびPSP咬翼法レントゲンの診断能力を評価し、生体内での早期隣接面う蝕発見の観察者の経験レベルに加え、複数の観察者間、および同一の観察者における差違を比較することを目的とした。

方法：程度の異なる早期隣接面う蝕が存在する歯牙と存在しない歯牙を含め、合計で52本の未治療の臼歯を研究対象とした。診断を明確にするために、デジタル蛍光体プレートを使用する咬翼法レントゲン（PSP咬翼法）およびNILTを使用した。口腔および顎顔面の放射線技師および補綴修復のコンサルタントが画像を別々の診察の機会に2度評価した。それぞれの評価方法に対する同一観察者内および複数観察者間の一致を評価するために、カッパ係数を算出した。PSP咬翼法およびNILTから得たスコアを受信者操作特性（ROC）分析により臨床検証と比較した。

結果：Az値の結果が平均して高く、早期隣接面う蝕の発見に関してはPSP咬翼法レントゲンとNILTには有意差が見られなかった。同一観察者内および複数の観察者間の両方において、NILT評価の方が相対的に高かった。Az値は、両方のう蝕発見方法について、2度目の評価の方が高くなった。

結論：NILT検査は、早期隣接面う蝕の発見について適切な感度と診断精度を有しており、電離放射線を使用しないう蝕発見方法の選択肢として考慮し得る。

3. **Evaluation of two imaging techniques: near-infrared transillumination and dental radiographs for the detection of early approximal enamel caries. Maia AM, Karlsson L, Margulis W, Gomes AS.[x]**

目的：この論文の目的は、早期隣接面う蝕の発見のための近赤外線（NIR）を使用する徹照（TI）システムおよび咬翼法レントゲンを評価することである。

方法：歯牙の近遠心部（n = 14）を1.5 mm～4.75 mmのさまざまな厚みでカットした。各切片の両面を観察したところ、17の隣接面に自然発生したエナメル質のう蝕が見られ、11の隣接面にはう蝕はないとみなされた。隣接面にNIRとX線を照射し、基準を合わせた2名の放射線専門技師が取得画像を分析した。さらに。6か月後に立体顕微鏡画像を判断基準として使用して再度分析を行った。

結果：NIR TI技法の検査担当者間の信頼性（カッパ試験係数）は、1回目（0.55）および2回目（0.48）の評価で中程度の一致を示し、咬翼法レントゲンでは、1回目（0.26）および2回目（0.32）の評価で低い一致を示した。精度に関しては、NIR　TIシステムの感度が0.88、特異度が0.72だったのに対し、咬翼法レントゲンでは感度が0.35～0.53、特異度は0.50～0.72となった。

結論：同じ標本と条件を対象とした試験では、NIR　TI画像の信頼度が高く、歯牙レントゲンよりもエナメル質のう蝕面の識別に優れていることが分かった。

4. **Russotto F, Tirone F, Salzano S, Borga FC, Paolino D, Ferraro A, Botasso S. Clinical evaluation of near-infrared light transillumination (NIRT) as an interproximal caries detection tool in a large sample of patients in a private practice. J Radiol Imaging. 2016;1(1):1-5[xi]**

背景：クラスIIのう蝕の発見における近赤外線徹照（NIRT）の診断性能をデジタルレントゲン撮影検査（RE）と比較し、生体内で評価するための研究が実施された。

方法：合計で114名の患者が参加し、2,957箇所の隣接面を評価対象とした。NIRTおよび輝尽性蛍光体システムによるレントゲン撮影で表面の画像を取得し、NIRTおよびレントゲン画像を、画像内容を知らされていない2名の担当者が観察した。その診断を患者の診察時の診断と比較した。その際、視診および触診のデータ、レントゲンおよびNIRTのデータを専門の担当者が照合し、参照診断を取得した。その後、感度、特異度、観察者間の一貫性を計算した。

結果：診察全体を通じて、395箇所のう蝕が発見された。臨床情報がなく画像内容を知らされない状態の検査の場合、感度分析ではレントゲン撮影検査（RE）の方がNIRTよりも大幅に優れており（0.591対0.456、p<0.001）、特異度分析に関してはNIRTの方がREよりも大幅に優れていた（0.980対0.933、p<0.001）。ただし、エナメル質のう蝕だけに限ると、NIRTはREと同程度の感度を示した。エナメル質のう蝕の2回の陽性間の不一致については、REで不一致が見られた（0.699～0.791で95%）。NIRTは、REを使用して得られたエナメル質のう蝕の誤った陽性診断をほぼ発見し、修正した（確率0.938～0.979で955 CI）。

結論：NIRTは、レントゲン画像と組み合わせてう蝕の診断に用いるべきである。実際に、NIRTはエナメル質のう蝕の誤った陽性診断を修正するのに役立つ。さらに、NIRTは、不急の放射線照射が制限されている患者のう蝕発見、および医学的な治療を受けている患者のう蝕のモニタリングにも利用することができる。

5. **Caries Detecion and Diagnostics with near – infrared light transillumination : Clinical experiences. Friederike Sochtig, DDS/Reinhard Hickel, DDS./Jan Kuhnisch、DDS、MDS[xii]**

この研究の目的は、最近導入された近赤外線（NIR）徹照技法（DI-AGNOcam、KaVO）を使用したう蝕診断の機能と可能性を示すことである。

材料と方法：研究では、永久歯列が完全に生えそろった130名の青少年および成人を対象とした（12歳超）。全員が視診を受け、必要に応じて咬翼法レントゲン撮影を行った。補綴されていない隣接面および咬合面を、電離放射線ではなく780nmの光線を使用するNIR徹照カメラシステムを使用して撮影した。被験者のうち、85名の127箇所の象牙質のう蝕の処置が必要であった。

結果：著者らのそれまでの臨床経験に基づき、診断の分類案が提案された。NIRは隣接面および咬合面のう蝕を視覚的に示すことができるというのが、この研究の主な結果である。

結論：この研究は、NIR徹照は、日常の臨床におけるう蝕の診断で咬翼法レントゲンの使用を回避するのに役立つ可能性のある1つの方法と言える。

NIRI – 光の反射概念 - 作用機序



iTeroエレメント5D口腔内スキャナーは、歯牙構造を透過しNIRI画像を撮影する850nmの光を使用しています。

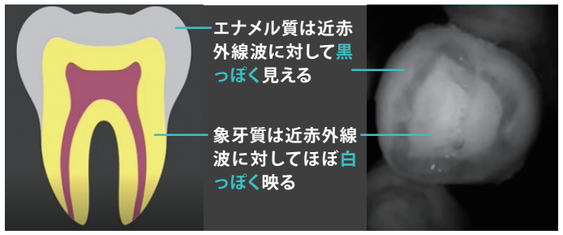
NIRI



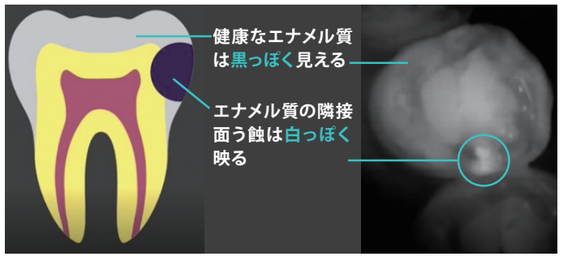
健康な歯牙のNIRI画像

画像の解析

健康な歯牙



う蝕を有した歯牙



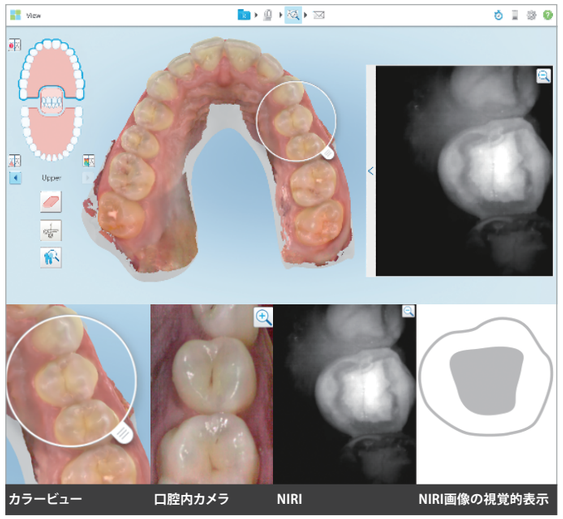
放射線を使用せずに、歯肉縁上の隣接面う蝕を発見し、診断補助として使用できるNIRI

隣接面う蝕は、臨床上は、粉を吹いたような白い変色として認められます。初期の隣接面う蝕が臨床的に視覚で確認できるようになるには、約4年かかると言われています[xiii]。隣接面う蝕の有効な診断は、歯牙の先天的な形状や歯列弓内での歯並びの影響を受け、さらに、レントゲン撮影技法にも左右されます。

カリフォルニア大学ロサンゼルス校歯科学校(UCLA)で実施された研究では、従来のフィルム式のレントゲン撮影を使用した場合、う蝕の存在や深さの誤診の割合が40%に上るという結果が出ています。さらに、健康な歯牙がう蝕と誤診されるケースも20%に上ります[xiv]。

したがって、う蝕の存在を早い段階で確認するのに役立つ効果的なツールを利用することが、患者の治療の際に大きな利点となるということが証明できます。

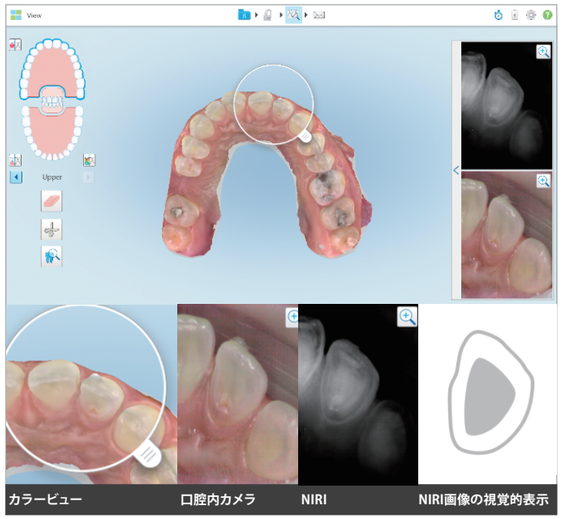
症例1：健康な歯牙構造（UL4）



NIRI画像に写っているのは、UL4です。中心に象牙質を示す明るい部分があり、外側のエナメル質の層は均一に暗く表示されています。これは、明らかなう蝕のない健康な歯牙構造の典型的な例です。エナメル質と象牙質のコントラストにより、エナメル質と象牙質の境界がはっきり識別できることに注目してください。

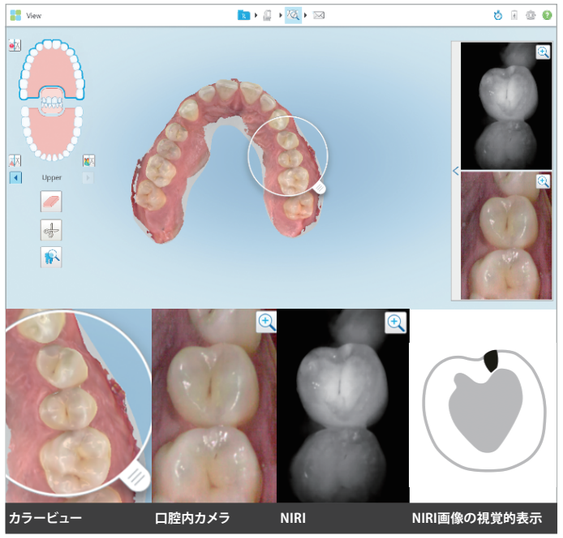
複数のモード（カラービュー、口腔内カメラビューおよびNIRI）で検査すると、ビューを比較して鑑別診断に役立てることができます。この症例では、明らかな変色や構造的完全性の欠損のない均一な色により、健康な歯牙であることが示されています。

症例2：アタッチメントの付いた健康な歯牙（UL2）



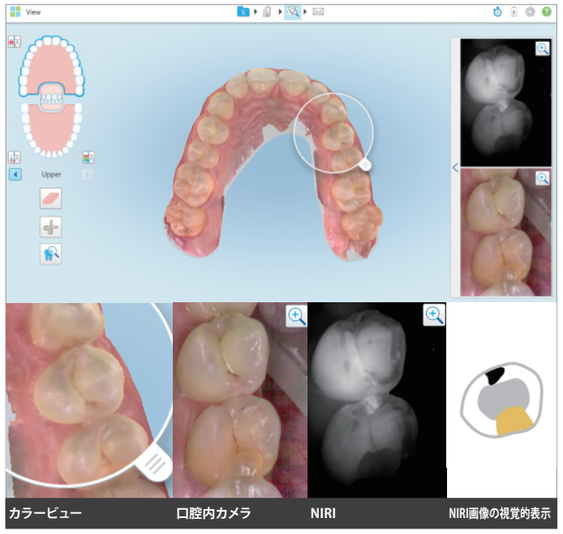
この画像は、頬側にインビザラインアタッチメントを設置した左上側切歯になります。NIRIで咬合面を検査すると、う蝕やエナメル質の脱灰の兆候はなく、健康な歯牙構造であることが分かります。
注：アタッチメントに使用するコンポジットレジンの種類によりNIRI画像に影響するものがあります。

症例3：隣接面う蝕（UL5）



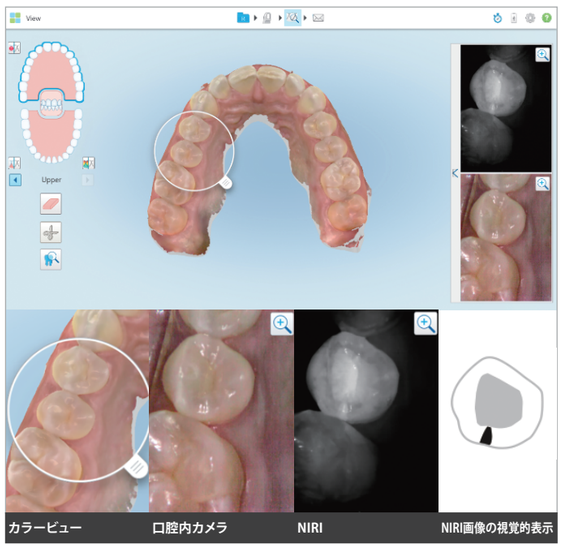
UL5の近心面に明るい点があり、隣接面う蝕があることが示されています。UL5に対するUL4（捻転および傾斜あり）の位置により空間が狭い場所ができることで、歯磨きがしにくく、食べ物や汚れが溜まりやすくなっていると考えられます。口腔内カメラの画像では、う蝕の進行を示す兆候がないことに注意してください。

症例4：隣接面う蝕およびコンポジット充填（UL5）



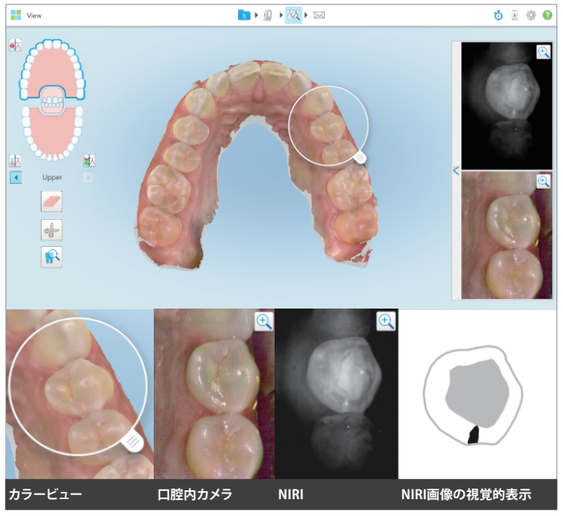
UL5の近心部に明るい点があり、う蝕の存在が示されています。UL5の遠心は暗く表示されています。口腔内カメラのカラー画像と照合すると、コンポジット補綴が施されていることが確認できることに注意してください。

症例5：隣接面う蝕（UR5）



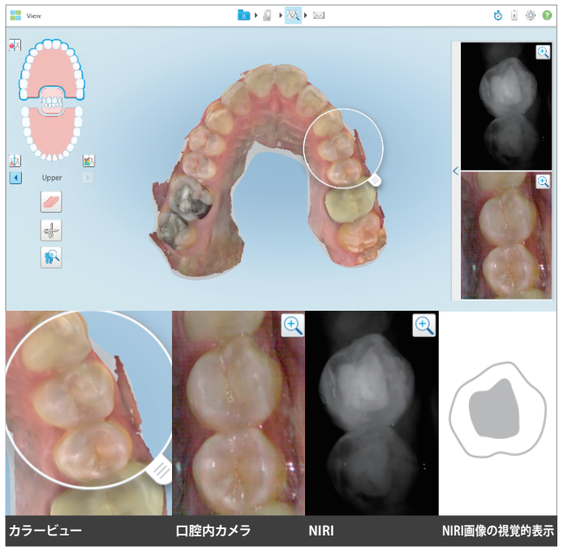
UR5のNIRI画像では、エナメル質象牙質境界（DEJ）に向かってくさび形の明るい部分があることが分かります。これは、う蝕の存在を示しています。

症例6：隣接面う蝕（UL4）



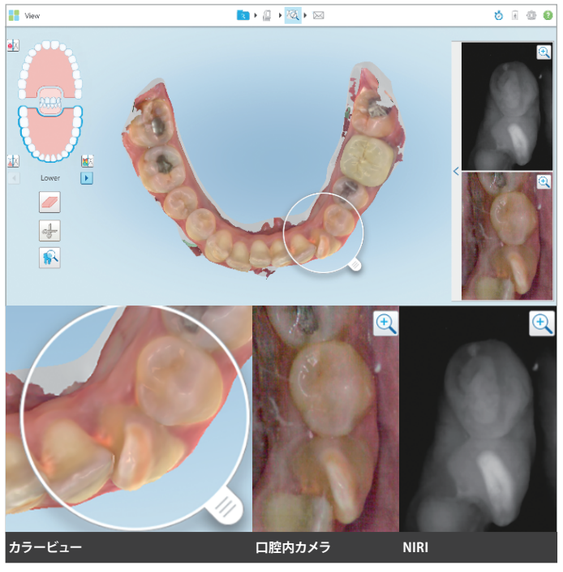
UL4のNIRI画像は、隣接面う蝕（遠心部）の存在を示しています。

症例7：健康な歯牙（UL4）



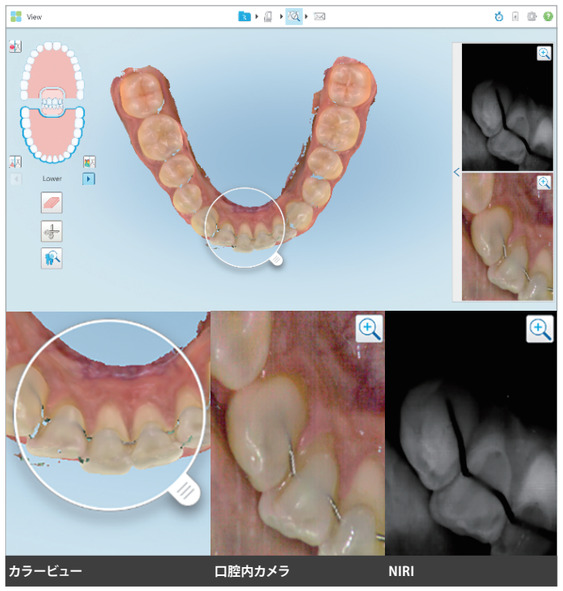
画像は、UL４です。対応するNIRI画像を見ると、う蝕やエナメル質の脱灰の兆候はなく、健康な歯牙構造であることが分かります

症例8：歯のフッ素症（LL3）、遠心部の隣接面う蝕（LL4）



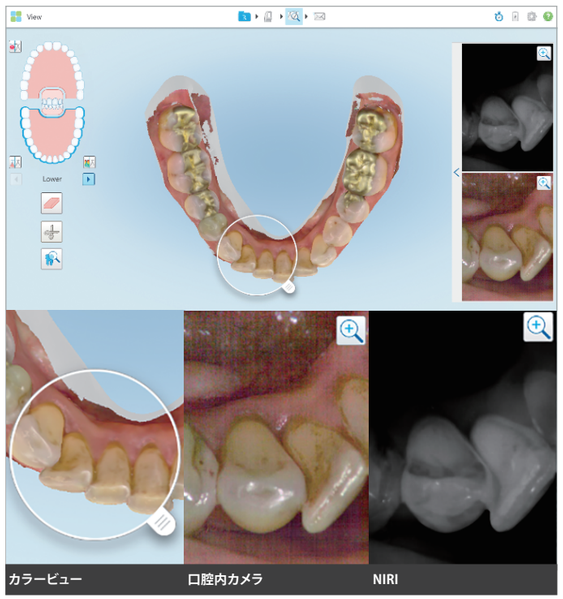
歯のフッ素症は、よく見られるエナメル質の異常で、恒久的な変色を特徴とします。この症例は、NIRIによってエナメル質の構造の変化を検出できることが示されているという点で、特に興味深い例となっています。注：このような例は、う蝕の存在と似ている場合があります。そのため、結論を出す前にカラー画像と比較することが必要です。この画像では、LL4の遠心部に隣接面う蝕も見られます。

症例9：下顎に設置されたリンガルワイヤー



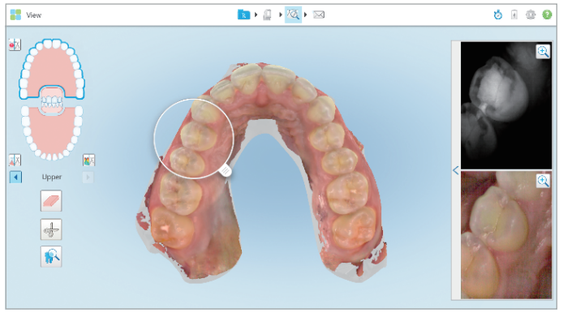
画像は、下顎前歯部にリンガルワイヤーが接着された典型的な例です。注：NIRI画像は何の障害もなくはっきり撮影されており、そのまま画像を活用し、診断することができます。

症例10：下顎前歯部の色素沈着（舌側）

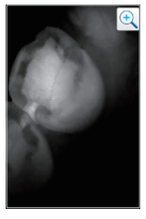


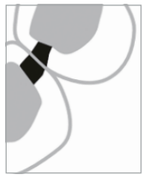
特に喫煙習慣のある人の場合、口腔内の色素沈着はよく見られます。この画像では、結果として得られるNIRI画像には色素がほぼ影響していないことが分かります。

症例11：隣接面う蝕（UR5の近心、UR4の遠心）

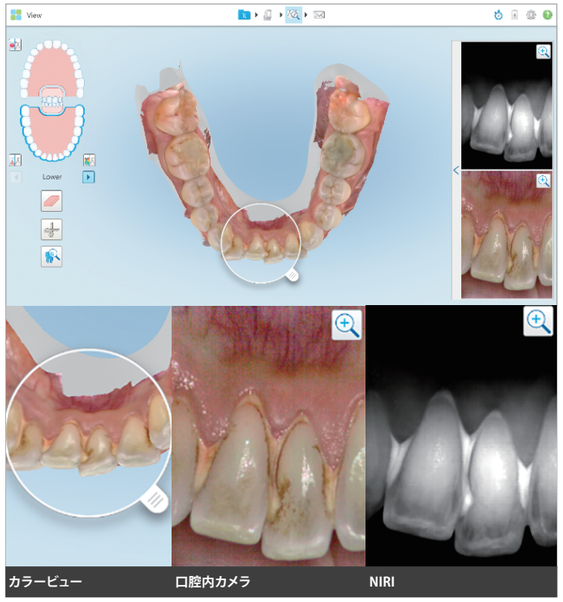


この画像は、定期検診時の患者のスキャンを示しています。口腔内の視診ではう蝕の兆候は見られず、関連する痛みの訴えもありません。診断と治療計画の作成の手順の詳細は以下のとおりです。これにより、UR4の隣接面う蝕を早い段階で1回の診療で完了することができました。

手順	裏付けとなるエビデンス	観察事項
01 口腔内カメラの画像		• 視診では、UR4の表面に小さな白い点が認められた。 • 患者は、UR4に関連する痛みを感じていなかった。
02 歯根尖端周囲のレントゲン写真		• 定期検診の一環として歯根尖端周囲のレントゲン撮影を実施。 • レントゲン写真では重大な所見なし。
03 カラーのiTeroスキャン		• スキャンの所見は口腔内カメラの所見と同様。
04 NIRI画像		• 同じ部分のNIRI画像を見ると、UR4の遠心部に明るい点があり、DEJへ向けて進行している隣接面う蝕の存在が示唆される。

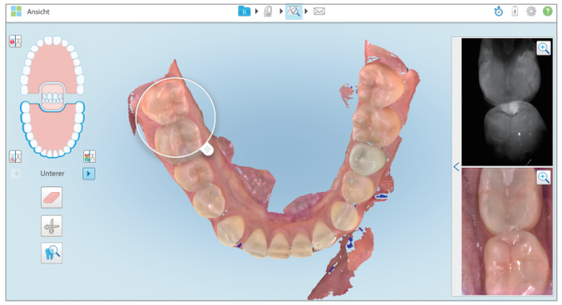
手順	裏付けとなるエビデンス	観察事項
05 グラフィック表示		• UR4のグラフィック表示
06 治療手順の写真		• NIRIの所見に基づき、歯牙表面構造を取り除くと、遠心部に着色したう蝕が見つかった。

症例12：下顎前歯部の歯石と色素沈着

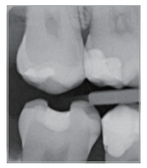


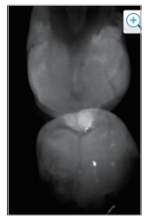
歯石形成には複数の要因が考えられます。最も一般的なものとしては食事内容、非衛生的な口腔衛生状態、全身性疾患、服薬が挙げられます。歯石の存在は、NIRIにおいて歯牙にほとんど影響を及ぼしません。歯石は、NIRIにおいて白っぽく表示されます。

症例13：および治療計画：隣接面う蝕（LR6の遠心）



この画像は、定期検診時の患者のスキャンを示しています。う蝕の兆候は見られず、関連する痛みの訴えもありません。診断と治療計画の作成に利用した手順の詳細は以下のとおりです。これにより、LR6の遠心部の隣接面う蝕を発見できました。

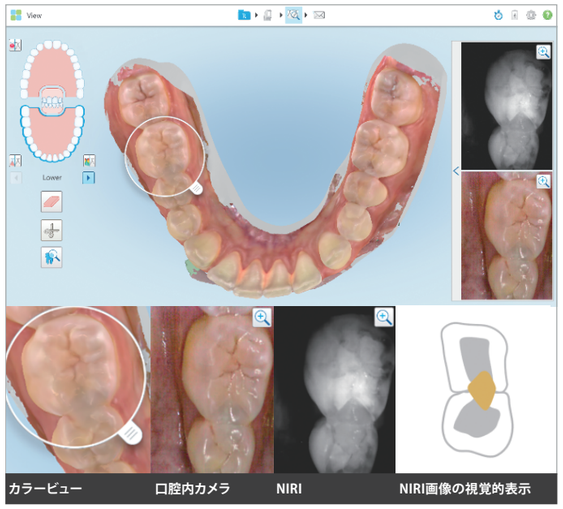
手順	裏付けとなるエビデンス	観察事項
01 口腔内カメラの画像		• 視診では、LR6に軽い変色は見られたが、はっきりとした表面の変質は見られなかった。LR7の遠心にコンポジット修復の跡あり。
02 咬翼法レントゲン		• 定期検診の一環として咬翼法レントゲン撮影を実施。 • レントゲン写真では重大な所見なし。
03 OPG (osteoprotegerin)		• この症例ではOPGが撮影された。

手順	裏付けとなるエビデンス	観察事項
04 NIRI画像		• NIRI画像では、頂点が象牙質に向かっている明るい円錐形の病変が認められる。これは、LR6の遠心部にう蝕があることを示している。 • また、この画像では、LR7の遠心に暗く、不明瞭な部分も見られるが、これは、補綴修復物の存在を示している。
05 グラフィック表示		• LR6のグラフィック表示
06 補綴手順		• NIRI画像を参照しながらドリルを使用し、歯牙構造を除去すると下にう蝕があることが確認された。

技術の限界：現在この技術に関する限界は、既存の補綴修復物に関するものです。アマルガムやコンポジットレジンなどの補綴修復物が存在すると、NIRIは歯牙構造を透過することができません。このような場合は、スキャンからのデータが不十分となり、検査には不適切な不明瞭で暗く、分かりにくい画像となってしまいます。

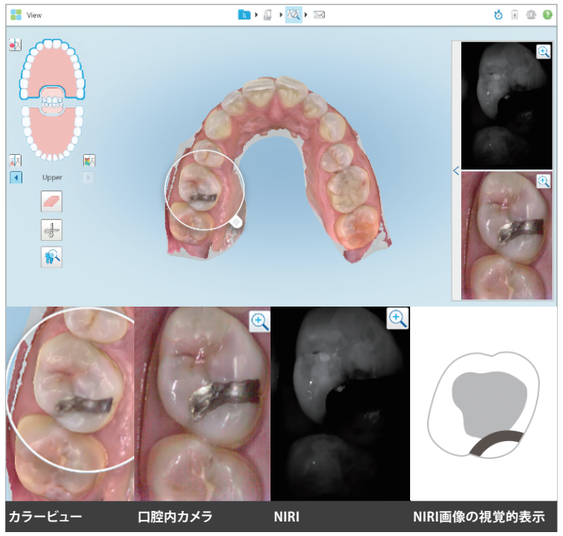
隣接面う蝕と紛らわしい例：歯牙の摩耗、エナメル質形成不全、フッ素症（症例8参照）などのエナメル質の脱灰を呈する歯牙は、NIRIでは隣接面う蝕と紛らわしく見える場合があります。一部の歯科用セメント（酸化物やリン酸塩など）もNIRIに対してう蝕と似た反応を示す場合があります。このような誤診を防ぐには、NIRI画像をスキャンのカラー画像やその他の適切な検査と照らし合わせながら、診療する必要があります。

症例14：コンポジット（LR5、LR6）



LR5の遠心とLR6の近心にコンポジット補綴があり、暗い部分として示されています。これは、隣接する構造と比較するとコントラストがぼやけて見えます。近赤外線は既存の補綴物を通過できないため、暗く写ることになります。

症例15：アマルガム（UR6）



既存のアマルガムの補綴物（左記参照）。アマルガムは合金のため、近赤外線を散乱させる影響が大きく、画像が暗くなり、解剖学的構造をはっきり写し出すことができません。したがって、解析には不適切な画像となります。このような場合、利用できる他のデータとの照らし合わせが必要となります。

結論：歯科においても技術の継続的な進歩により、世界中で医師の診療方法が確立されつつあります。インタラクティブな技術も、歯科を受診するすべての年齢層の患者にとって付加的なメリットとして活用されています。

この資料で紹介したすべての症例プレゼンテーションに見られるように、NIRIは、臨床の幅広い現場で早期隣接面う蝕の診断の補助およびモニタリングにおいて有効なツールであることが実証されており、最終的には、早期う蝕の治療につなげることもできます。 NIRIは、非侵襲的な技法であり、患者の口腔衛生のモニタリングの必要に応じて頻繁に使用することができます。また、チェアサイドでの患者の啓発にも利用でき、患者自身が自分の口腔衛生に関連する詳細を認識し、理解できるようになります。

iTeroエレメント5Dは、包括的な歯科を日々の診療の中で実現させます。

参考資料：

i Diagnosis and Management of Dental Caries Throughout Life National Institutes of Health Consensus Development Conference Statement, March 26–28, 2001

ii Oral Health: The Silent Epidemic; the Surgeon Generals Perspective
Regina M. Benjamin, MD, MBA, VADM, USPHS

iii The Global Burden of Oral Diseases and Risks to Oral Health, W.H.o Policy and Practice

iv Dalli M, Çolac H, Hamidi MM. Minimal intervention concept: a new paradigm for operative dentistry. J Invest Clin Dent. 2012;3(3):167–175

v J. D. B. Featherstone and D. Young, "The need for new caries detection methods," Lasers in Dentistry V, San Jose, CA, Proc. SPIE 3593, 134-140 (1999).

vi : Near-Infrared Imaging of Dental Decay at 1310 nm Daniel Fried, PhD*, Michal Staninec, DDS, Cynthia L. Darling, PhD University of California San Francisco (UCSF) School of Dentistry, San Francisco, California

vii Effectiveness of Near-Infrared transillumination in early caries diagnosis
Mirela-Marinova – Tokorova
Clinical Evaluation of Near Infrared light transillumination as an interproximal caries detection tool in a large sample of patients in a private practice – Francesco Russotto,F Tirone,Stepho Salzano, Borga, Ferraro,S.Botasso 2016
DIAGNOcam--a Near Infrared Digital Imaging Transillumination (NIDIT) technology.
Abdelaziz M, Krejci I

viii Fried D, Glena RE, Featherstone JD, Seka W. Nature of light scattering in dental enamel and dentin at visible and nearinfrared wavelengths. Applied Optics. 1995;34(7):12781286.

ix Comparison of diagnostic methods for early interproximal caries detection with near-infrared light transillumination: an in vivo study Ismail Hakki Baltacioglu and Kaan Orhan

x Evaluation of two imaging techniques: near-infrared transillumination and dental radiographs for the detection of early approximal enamel caries. Maia AM1, Karlsson L, Margulis W, Gomes AS.

xi Clinical evaluation of near-infrared light transillumination (NIRT) as an interproximal caries detection tool in a large sample of patients in a private practice Francesco Russotto1 , Federico Tirone1,*, Stefano Salzano1 , Francesco Coero Borga1,*, Davide Paolino2 , Alberto Ferraro1 , and Samanta Botasso3
Journal of Radiology and Imaging

xii Caries Detecion and Diagnostics with near – infrared light transillumination : Clinical experiences
Friederike Sochtig,DDS/Reinhard Hickel,DDS./Jan Kuhnisch,DDS,MDS

xiii Elsevier Textbook of Oral Medicine Oral diagnosis and Oral radiology edition 2, Editiors Ravikiran Ongole BDS,MDS,Praveen BN, BDS,MDS

xiv White SC, Hollender L, Gratt BM. Comparison of xeroradiographs and film for detection of proximal surface caries. J Am Dent Assoc. 1984;108:755-759.

謝辞：アライン社は、本記事へのご協力に関し、Dr. Baresel、Dr. BoujenahおよびDr. Brendelに感謝の意を表します。