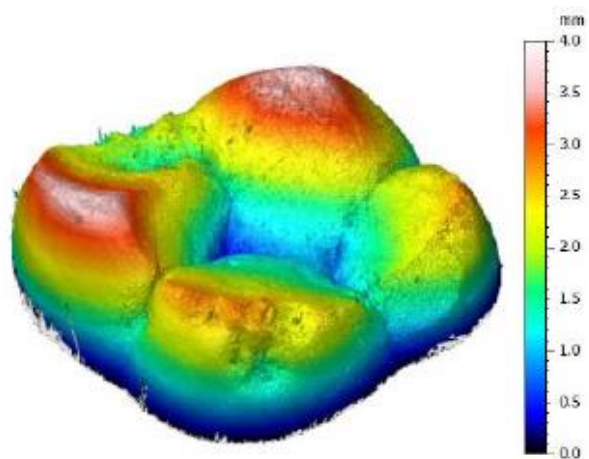


## リアル3D表面検査で歯の摩耗を検証



## はじめに

歯の摩耗とは、虫歯や急性の外傷以外の原因で生涯にわたって生じる歯質の喪失であり、全ての成人において正常なプロセスです。歯の最上層はエナメル質であり、これは人体で最も硬い物質であり、自然には再生されません。エナメル質は、歯と歯の間、歯と異物、歯と歯冠の接触による摩耗、あるいは酸性環境への曝露によっても消耗します。歯や歯冠の摩耗速度、体積減少、形状変化を正確に測定できることが、歯の摩耗を効果的に遅らせるためには重要です。これらの計算はすべて、表面減算解析を用いて行うことができます。表面減算解析は、サンプル全体に対して比較的小さな領域の形状変化を調べることができ、あらゆる用途において極めて重要です。この手法により、表面摩耗や腐食、あるいは二つの部品や金型の類似度を効果的に定量化できるのです。関心領域の表面積および体積損失を精密に測定できることは、耐摩耗性・耐食性コーティング、フィルム、基材を適切に設計する上で不可欠です。

### ■摩耗研究に3D非接触形状測定を使用する重要性

他の接触式プローブや白色干渉法などの技術とは異なり、軸色差差を利用した3D非接触プロファイル測定機は、ほぼあらゆる表面を測定可能であり、オープンな測定ステージによりサンプルサイズが幅広く対応でき、サンプル前処理も不要などの特徴があります。体積および/または面積測定などにおいて、ナノからマイクロ範囲までを測定可能で、サンプルの反射率や吸収率の影響を全く受けません。本システムは高度な表面角度測定に優れた能力を有し、結果のソフトウェア補正は一切行われません。そして、素材としては透明・不透明・鏡面反射・拡散反射・研磨面・粗面などあらゆる材料を容易に測定可能です。3D非接触プロファイラーの技術は、摩耗面や腐食面の表面解析を2D/3D両方で最大化する理想的で広範かつユーザーフレンドリーな機能を提供し、ナノビアでは卓上型とポータブル型の両オプションを用意しています。

### ■測定項目

サンドペーパーによる摩耗前後の人間の歯の表面形状を、ナノビアST400プロファイラーを用いて測定します。摩耗度合いの変えて異なる計4回の測定を実施します。最初の測定値と最後の測定値を組み合わせ、ソフトウェアの表面差分演算機能を用いて比較することで、失われた材料を可視化し、関心領域における歯の摩耗の表面積と体積を算出します。



ST400リアル3D表面検査装置



歯のサンプルとプロファイラー光学系

## 結果と考察

歯はポリマー樹脂に固定され、図1に示すようにバイスで位置を固定しました。そして、高速の光学式ラインセンサーを用いて、歯の頂面全体を高解像度（15×15 mm）でスキャンしました。スキャン時間は2分以内でした。測定した3D表示図を摩耗前の歯の<図1.(a)>から、摩耗量を変えて異なる状態を<図1.(b)-(d)>に表示しています。

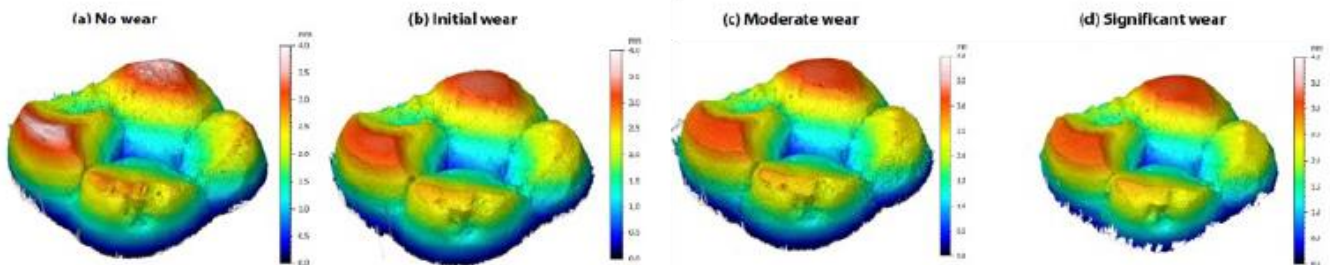
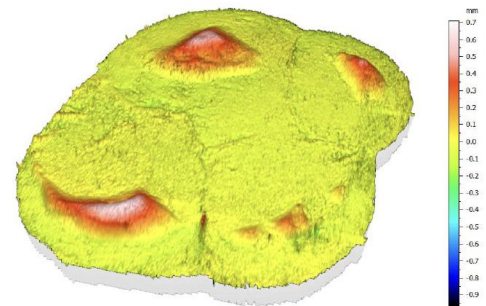
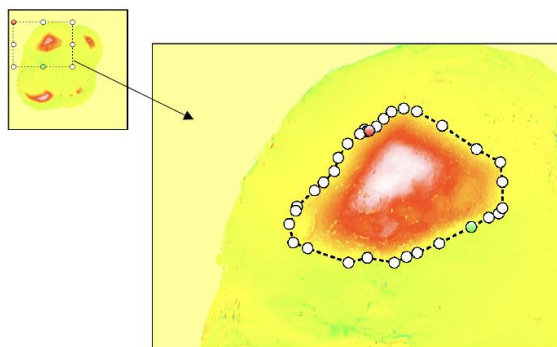


図1.(a)-(d)

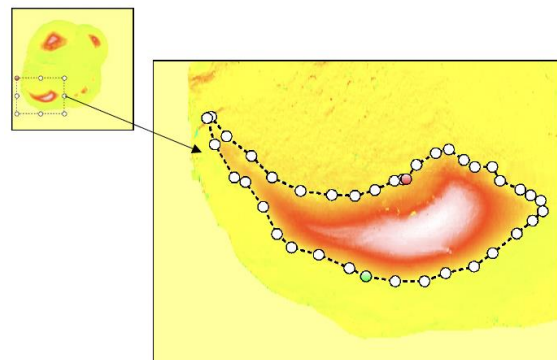
「摩耗なし」スキャンaと「著しい摩耗」スキャンdの表面差分は以下のとおりです。各ピークは2つのスキャン間で失われた材料に対応します。摩耗した材料の大部分は歯冠各隅のピーク上に存在していました。



詳細に検討するために、以下において歯の左上領域と左下領域の表面積および体積損失を算出しています。表面差分解析における穴についても同様の解析が可能です。そのため、必要に応じて、正方向および負方向の両方のz方向における2つのスキャン間の差異、ならびにその結果生じる表面積および体積の差異を同時に比較することができます。

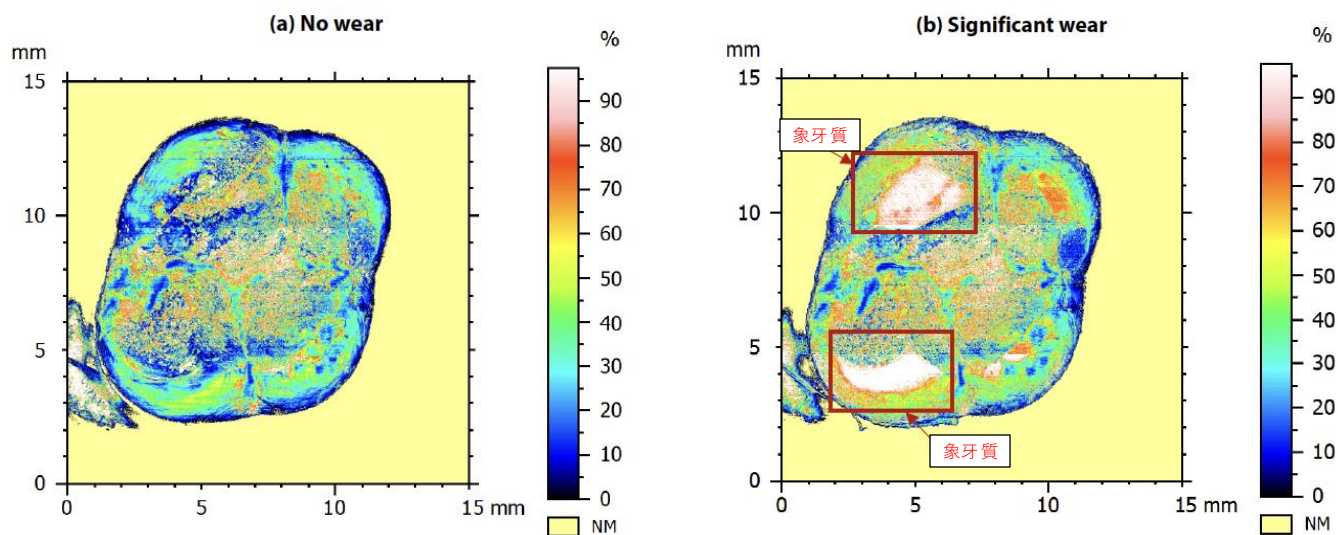


Parameters	Unit	Peak
Surface	mm <sup>2</sup>	6.932
Volume	mm <sup>3</sup>	1.577
Max. depth/height	mm	0.5866
Mean depth/height	mm	0.2275



Parameters	Unit	Peak
Surface	mm <sup>2</sup>	4.679
Volume	mm <sup>3</sup>	1.107
Max. depth/height	mm	0.6740
Mean depth/height	mm	0.2366

多くの場合、高さデータに加えてスキャンの強度測定値を確認することで、重要な情報が明らかになることがあります。次に示すように、この応用例では、摩耗後のスキャンの強度測定により、エナメル質が完全に摩耗して歯の象牙質が露出している箇所を特定することができます。これは、両層に反射率の違いがあることによるものです。

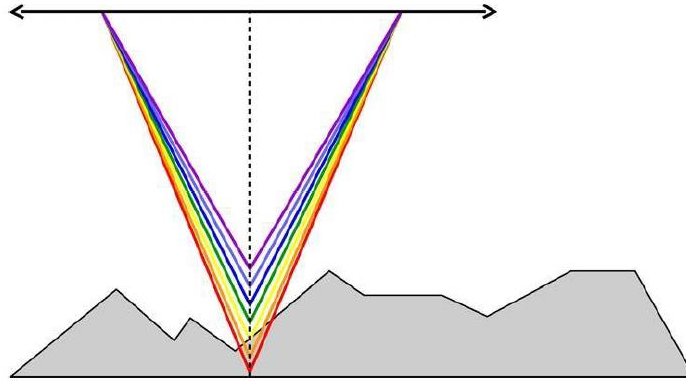


## おわりに

未知だった摩耗領域の特徴は、ナノビアST400リアル3D非接触プロファイラーを用いて精密に特性評価できました。高速の光学式ラインセンサーにより、広範囲を高解像度かつ短時間でスキャン可能となりました。摩耗前後の表面を比較することで、表面差分法が摩耗領域における精密な体積損失測定をいかに実現できるかが明確になりました。3D表面測定から、関心領域を迅速に特定し、必要な測定項目（寸法、粗さ、仕上げ、テクスチャ、形状、形態、トポグラフィ、平坦度、反り、平面度、体積、面積、段差高さ、深さ、厚さなど）を分析できます。この情報があれば、摩耗・腐食表面の包括的な表面測定リソースとして広範囲に調査可能となります。ここに示したデータは、解析ソフトウェアで利用可能な計算結果の一部に過ぎません。ナノビア・プロファイルメータは、半導体、マイクロエレクトロニクス、太陽電池、光ファイバー、自動車、航空宇宙、冶金、機械加工、コーティング、製薬、バイオメディカル、環境など、あらゆる分野のほぼあらゆる表面を測定します。

## リアル3Dプロファイラ測定原理

軸上色収差法では白色光源を使用し、光は高度の色収差を持つ対物レンズを通過します。対物レンズの屈折率は光の波長に応じて変化します。つまり、入射白色光の各波長は、レンズから異なる距離（異なる高さ）で再焦点を結びます。測定対象サンプルが測定可能な高さの範囲内にある場合、単一の単色点に焦点が結ばれ、画像が形成されます。システムの共焦点構成により、焦点が合った波長のみが高効率で空間フィルタを通過するため、他の波長はすべて焦点が合わなくなります。スペクトル分析は回折格子を使用して行われます。この技術は各波長を異なる位置で偏向させ、CCDのラインを遮断します。このラインは最大強度の位置を示し、Z高さ位置への直接計測を可能にします。



### ■クロマティック共焦点白色光による測定

プローブ接触や走査的な干渉法によって生じる誤差とは異なり、白色光軸上色収差技術では、焦点が合ったサンプルの表面に当たる波長を検出して高さを直接測定します。これは、数学的なソフトウェア操作を必要としない直接測定です。データポイントはソフトウェアによる解釈なしに正確に測定されるか、まったく測定されないかのいずれかであるため、測定された表面に関して比類のない精度が得られます。ソフトウェアは未測定ポイントを完了しますが、ユーザーはそれを完全に認識しており、ソフトウェアによる推測によって作成された隠れた波乱要因がないことを確信できます。Nanovea光学センサーは、サンプルの反射率や吸収率の影響を受けません。測定装置にはサンプルの準備が必要なく、高い表面角度を測定できる高度な機能があります。広いZ軸測定範囲に対応しています。透明または不透明、鏡面または拡散性、研磨済みまたは粗い材質など、あらゆる材料を測定できます。



〒274-0812 千葉県船橋市三咲7-22-7  
TEL:047-449-2961 FAX:047-449-2926