

Title	審美歯冠補綴装置の光学的シミュレーション解析
Author(s)	天羽, 康介
Citation	大阪大学, 2019, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/72231">https://hdl.handle.net/11094/72231</a>
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

## 論文内容の要旨

氏名 (天羽 康介)

論文題名 審美歯冠補綴装置の光学的シミュレーション解析

## 【緒言】

審美歯冠補綴治療において、歯冠補綴装置に天然歯に近似した光透過性、色調をもたせることが求められるが、実際に天然歯や補綴装置の中で光がどのように振る舞うのかを観察、分析することは極めて困難である。そのため、補綴装置の色調の再現は今なお歯科医師や歯科技工士の経験に頼るところが大きく、定性的である。これまでの研究は天然歯と歯冠補綴材料の色調を比較したものなどが多く、天然歯や材料の光学的性質を定量的に解析した研究はなされていない。一方、近年の光学シミュレーション技術の発展により、光の入射、反射、吸収、散乱などの光学特性を定量的に解析することが可能となっている。本研究の目的は、審美性の高い歯冠補綴治療を行うために、実際には観察が困難な審美歯冠補綴装置内部の光の振る舞いを光学シミュレーション技術で解析可能かどうかを検討し、その有用性について検討することである。

## 【方法】

## 実験1：各種歯冠修復材料の光学特性の測定

光学シミュレーションを行うためには、光学特性（全透過率、全反射率、透過分布、反射分布）が必要であるため、歯冠補綴治療に用いられる各種歯科材料について、上記4種類の光学特性を測定した。歯冠補綴装置用材料として、二ケイ酸リチウムガラスセラミックス（Rosetta SM, HASS, 以下 Rosetta）とハイブリッドレジン（松風ディスクHC, 松風, 以下 HC）を支台築造用材料として、コア用レジン（DCコアオートミックスONE, クラレノリタケデンタル, 以下 DC）とチタン（KM-チタンCAD, 京セラメディカル, 以下 Ti）を使用し、各材料 30 mm × 30 mm, 厚み 1.0 mm, 1.5 mm, 2.0 mm, 2.5 mmの4種類の板状試料（Tiは透過成分を有しないため 2.0 mmのみ）を作製した。各試料について、紫外可視近赤外分光光度計（UV-3600, 島津製作所）を用い、垂直入射/積分球受光（8°/d）条件下で表面成分を含む全透過率および全反射率を測定した。次に、三次元変角光度計（GP-200, 村上色彩）を用い、入射角 0°, 30°, 60° の3条件で透過分布および反射分布を測定した。

## 実験2：歯冠補綴装置と支台歯のCADモデルを用いた明度分布と照度分布のシミュレーション解析

本研究に用いる光学シミュレーション手法の等価性を検証するため、実際の審美歯冠補綴装置およびそのCADモデルを用いて解析を行い、比較した。

## 実験2-1) 明度分布の実測値とシミュレーション解析結果との比較

上顎右側中切歯のTi製支台歯をミリングで作製し、歯冠部をワックスアップした。歯科用3Dスキャナー（KaVo ARCTICA Scan, KaVo）で歯冠部を計測後、HC製クラウンをミリングで、Rosetta製クラウンを加圧成型法で作製した。次に、Ti製支台歯をシリコーンゴム印象材で印象採得後、流し込みによりDC製レジン支台歯を作製した。そしてRosetta-DC, Rosetta-Ti, HC-DC, HC-Tiの組み合わせで、実試料およびCADモデルの輝度分布を測定、解析した。測定に際し、クラウンの切縁を上方に向けて、唇側面に対して右側方 45° に人工太陽照明灯（SOLAX-i0, セリック）を、正面に輝度計（CS-160 クローズアップレンズNo135, KONICA MINOLTA）を配置し、歯冠部の9領域における輝度を測定した。輝度の基準には標準反射板（スペクトラロン, Labsphere）を用いた。次に、実測と同等の計測条件を光学解析ソフトウェア（LightTools8.5.0, CYBERNET）上に設定し、10,000本の光線を照射したシミュレーション解析により輝度を算出した。得られた輝度を明度（ $L^*$ ）に変換し、実測とシミュレーション結果を比較した。

## 実験2-2) 照度分布のシミュレーション解析

実験2-1で作成したクラウン-支台歯のCADモデルに、Rosetta, HC, DC, Tiの光学特性データを入力した。そし

て、クラウン内部に唇側から口蓋側へ4つ平行な受光面を設定し、光学シミュレーション技術を用いて各受光面での照度分布を解析した。

### 実験3：審美歯冠補綴装置内部の光線経路解析

実験2の結果を検証するため、人工太陽灯を歯冠補綴装置に照射した際の補綴装置内部における光線経路のシミュレーション解析を行った。クラウン-支台歯のCADモデルの前方、後方、上方、下方に受光面を設定し、切縁部、歯頸部に照射された光線がどのような経路をたどるのかを解析した。

## **【結果および考察】**

### 実験1：各種歯冠修復材料の光学特性の測定

全透過率は、Rosetta, HC, DCで厚みが薄くなるに従い透過率は高くなり、長波長になるほど透過率は高くなった。全反射率は、短波長域では厚みによる差は認められなかったが、長波長域では厚みの薄い試料ほど反射率が低く、厚い試料ほど高くなった。透過分布は、DC, HC, Rosettaの順に拡散性が高かった。反射分布は、DCの拡散性は他のどの試料よりも高く、試料の厚みが薄くなるに従い拡散性は低くなった。Tiは他の試料と比べて鏡面反射成分が高かった。

### 実験2：歯冠補綴装置と支台歯のCADモデルを用いた明度分布と照度分布のシミュレーション解析

#### 実験2-1) 明度分布の実測値とシミュレーション解析結果との比較

実測において、光源に近い右側の領域では明度が高く、切縁の部位では明度が低かった。RosettaはHCと比較して明度が高く、DCはTiと比較して明度が高く、9領域の平均明度は、HC-Tiが 69.1, Rosetta-Tiが 69.4, HC-DCが 71.0, Rosetta-DCが 73.0 となり、HC-Tiが最も明度が低く、Rosetta-DCが最も高かった。Rosettaは透過性の高いガラスセラミックスであり、DCは拡散性の高い高分子レジンであるため、またTiはDCよりも拡散反射成分が少なく鏡面反射成分が多いため、上記の結果が得られたものと考えられた。シミュレーションにおいても、実測と同様、光源に近い右側の領域では明度が高く、切縁の部位では明度が低かった。9領域の平均明度は、HC-Tiが 67.2, Rosetta-Tiが 68.4, HC-DCが 70.1, Rosetta-DCが 71.1 となり、実測と近似した傾向を示した。

#### 実験2-2) 照度分布のシミュレーション解析

すべての試料で、唇側から口蓋側に進むに従い、受光面の平均照度が減弱しているのが認められた。最大照度で比べると、HC-DCとHC-Tiは唇側から口蓋側に進むに従い減弱していくのに対し、Rosetta-DCとRosetta-Tiは増加している部位も認められた。これは、HCはRosettaよりも拡散性が高いため内部で光は減弱しながら進むが、Rosettaは拡散性が低く直進する光の透過性が非常に高いことに加え、支台歯から反射された光も影響しているものと考えられた。

### 実験3：審美歯冠補綴装置内部の光線経路解析

歯冠補綴装置の材質の違いにより切縁部に照射された光線の経路は異なり、Rosettaでは後方へ透過する光線が多かったのに対し、HCでは内部で広く拡散した後に、透過していく光線が多かった。支台歯の材質の違いにより歯頸部に照射された光線の経路は異なり、DCでは内部で広く拡散し、様々な方向に光線が射出されていくのに対し、Tiでは内部での拡散はなく、前方へ光線が多く射出された。

## **【結論】**

審美性の高い歯冠補綴治療を行うために、実際には観察が困難な審美歯冠補綴装置内部の光の振る舞いを光学シミュレーション技術で解析可能かどうかを検討し、その有用性を評価した。その結果、光学シミュレーションにより得られた明度は、実際に計測した明度と近似していた。加えて、照度分布解析および光線経路解析においても、審美歯冠補綴装置が有する光学的特徴を表わしていた。以上より、本研究で用いた光学シミュレーションは、審美歯冠補綴治療における光の現象を解析する手法として有用であると考えられた。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (天羽 康介)		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	教 授
	副 査	教 授
	副 査	准教授
	副 査	講 師
		矢谷 博文
		林 美加子
		山口 哲
		和田 誠大
<b>論文審査の結果の要旨</b>		
<p>本研究は、 審美歯冠補綴装置内部の光の振る舞いを光学シミュレーション技術で解析可能かどうかを検討したものである。</p> <p>その結果、 光学シミュレーションにより得られた明度は、 実際に計測した明度と近似していること、 さらに照度分布解析および光線経路解析においても、 審美歯冠補綴装置が有する光学的特徴を表わしていることを確認することができた。</p> <p>本研究で用いた光学シミュレーションは、 審美歯冠補綴治療における光の現象を解析する手法として有用であり、 その意義は大きいと考えられる。 よって本論文は、 博士(歯学)の学位授与に値するものと認める。</p>		