人間総合デザイン部門

「アイトラッキングシステムを用いた歯の色調決定に対する視認行動の解析」

若林 一道，田中 美裕，有田 まどか，内田　葵，西山 貴浩，西村 正宏（歯学研究科），
中村　亨（基礎工学研究科），野村 泰伸（京都大学大学院 情報学研究科）

1.　研究の背景

審美歯科の研究および臨床において、歯の白さは笑顔の魅力に対する満足度と結びつきがあると言われており[1-3]、重要な評価項目となっている。歯を白くする方法として、歯を切削した後、セラミッククラウンやラミネートベニアなどの歯冠補綴装置を装着する方法や、過酸化水素や過酸化尿素といった薬液を用いて歯を白くするホワイトニングが行われる。歯冠補綴治療では、隣接歯や対合歯、顔貌と調和した色調の補綴装置を製作する必要がある。その際、一般臨床では、色見本としてシェードガイドが広く使用されている（図 1、2）。

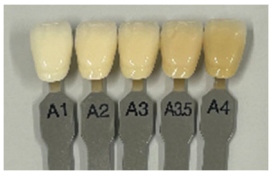

図 1. シェードガイド．患者の歯の比色に用いる色見本

図 2. シェードガイドを用いた歯の色調の判定

ホワイトニングでは、施術前後における効果の評価として用いられる。これらは、患者と医師とが同時にシェードガイドを確認しながら行われることが多く、色情報の共有のためのコミュニケーションツールとしての役割も果たしている。

しかし、歯やシェードガイドの色調は単一ではなく、グラデーションを有しており、歯頸部から切縁部にかけて段階的に変化している。加えて、半透明性、不均質性、光拡散性など、様々な光学的性質を有している（図 3）。そのため、照明条件だけではなく、医師と患者間で注目している箇所の違いにより、両者で歯の色調に対する認識に差が生じる可能性がある。さらには歯科医師と歯科技工士といった専門分野の違い、熟練歯科医師と若手歯科医師といった経験年数の差による認識の違いにより、差が生じる可能性もある。

図 3. 歯は多層構造によりグラデーションを有している

この、“人がどこをみているのか？”という行為をデータとして得るための技術としてアイトラッキングがあり、様々な領域で用いられている。アイトラッキングとは人の眼球の動きを記録、分析し、視線情報を可視化する技術である。アイトラッキングでは、人が注視した部位や、順序、時間などの情報も得ることが可能である。加えて、大きな特徴として、無意識な視線の移動を計測することが可能であり、都市環境、マーケティング、教育、スポーツの研究や、医療、心理学や認知科学などに応用されている（図 4）。

図 4. アイトラッキングの応用例（SiB 社ホームページより引用）

2.　研究の目的

アイトラッキングシステムのこれまでの歯科医療域での応用として、食形態の嗜好評価の検討[4]、不正咬合がもたらす人の印象の評価[5]、パノラマ X 線画像の注視部の認識[6]などの研究が行われてきたが、グラデーションを有する歯において、どのようなプロセスで

色調を視認しているかを解析した研究は認められない。そのため、人の視覚において、アイトラッキングシステムを用い、歯の色調の認知・判断、および処理方法を解析することで、今まで困難あった歯科医師と患者間や、歯科医療経験年数の差などによって、歯の色調決定に差が生ずるかを定量的に解析することが可能となり、審美歯科学分野に多大な貢献ができるものと考えられる。

そこで本研究では、歯科医師や歯科医療業務に携わっていない者が、歯のどの部位を注視して、色調の評価を行なっているのかを、アイトラッキングにより分析することを目的とした。

3. 研究の方法

対象者は、眼科的異常を認めない若手歯科医師 11 名（YD 群）、および歯科医療に携わっていない者 6 名（ND 群）とした。アイトラッキングには、アイトラッカー（Eye Tracking Core+、SiB、東京）を用いた（図 5）。トラッキング時のサンプリングレートは 120Hz とした。

図 5. アイトラッカー

評価画像として、歯の色調評価に用いるシェードガイド（Vita Classic、Vita Zahnfabrik、Germany）の A1、A2、A3、A3.5、A4 の 5 色のうち、3 色をランダムに並べ、標準光源ブース（JudgeQC、X-rite、 USA）内で撮影した画像を用いた（図 6）。

図 6. シェードガイド画像

図 7. 光源ブース内でのシェードガイドの確認

計測は、アイトラッキングに先立ち、標準光源ブース内で実際のシェードガイドを 3 分間視認したのちに行った（図 7）。そして、撮影した 60 枚の画像の中から、無作為に選択した画像 1 枚をディスプレイ（iMac2017、Apple、 USA）に表示し、アイトラッカーで 60 秒間計測を行った。なお、トラッキング前には、注視点とモニター上の点が一致するようにキャリブレーションを行った。加えて、頭部の位置が変わらないよう、頭部を顎台に固定した。計測は静寂を保った暗室で行い、眼球とディスプレイとの距離は、視線の動きが明確になるように 50 cm に設定し、目の高さとモニターの中心の高さが一致するように調整した（図 8）。

図 8. トラッキング環境

注視点の解析には、専用解析ソフトウェア（CoreStudio、SiB、東京）を用いた。研究協力者の見ている画像の形を可及的に同じにし、分析時の差が生じないようにするため、撮影した動画を本ソフトウェアの有する画像解析技術を用いて、トラッキングデータをオリジナルの画像にマッピングさせた（図 9）。各計測動画について、どの領域が最も注視されているかを、計測開始から 60 秒のデータについて、サンプリングレート 60Hz で分析を行った。なお、研究対象者には、3 本の歯のシェードの判定に関する研究を行っているとのみ伝え、アイトラッキングについては伝えず、シェードの判別結果を紙に記載させた。

図 9. オリジナル画像への注視点のマッピング

4. 研究成果

歯科医療従事者 11 名の注視点の分析結果を示す（図 10）。

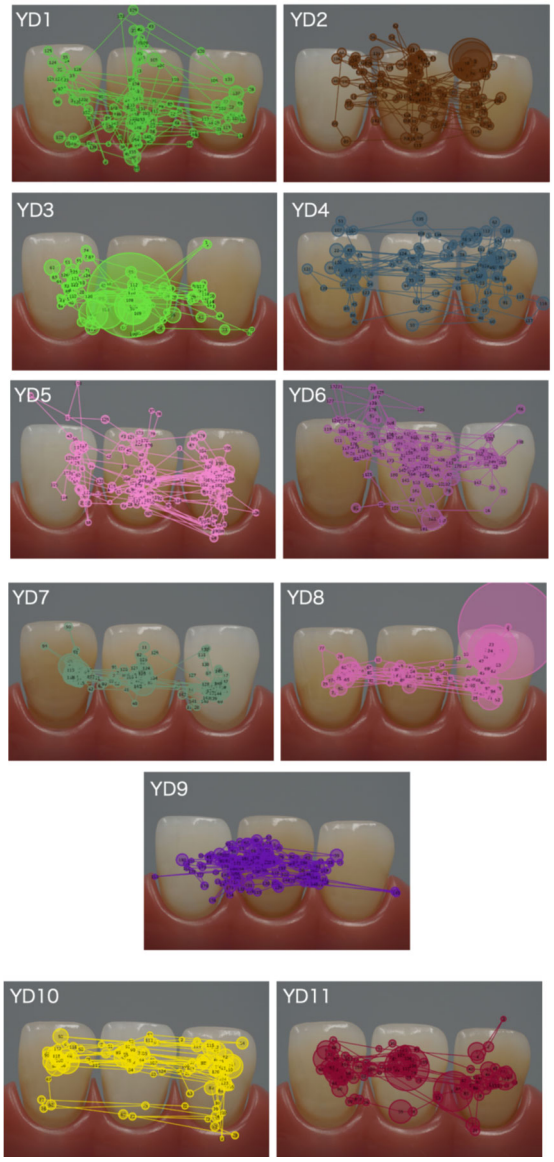

図 10. 若手歯科医療従事者の注視プロット画像

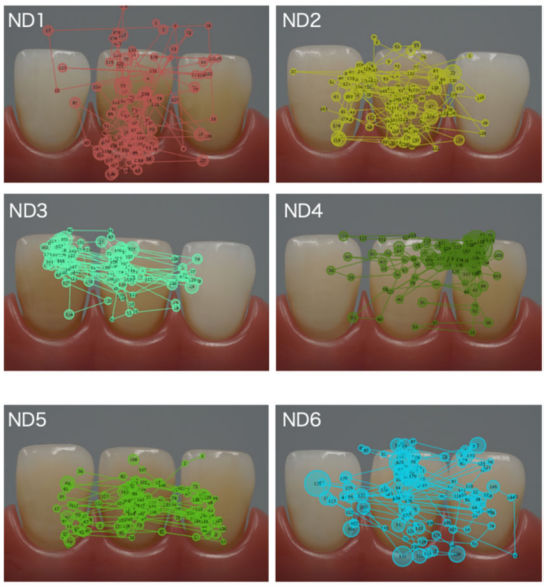

図 11. 歯科医療に従事していいない者の注視プロット画像

YD1-6 では 3 本のシェードガイドを確認し、色調の決定を行なっている傾向が認められた。YD7-9 では、3 歯ともに、シェードガイドの歯冠中央部を確認し、色調の決定を行なっていた。YD-10、11 では、YD7-9 とは異なり、歯冠中央部を視認の中心としながら、歯頸部の色調も視認しているのが認められた。

一方、歯科医療に従事していない者について、ND1-4 では、3 本のシェードガイドをバランスよく視認することは行われておらず、特定のシェードガイドのみが視認されている傾向が認められた。 これは、歯科医師は歯の色の違いにより、色調を決定するのに対し、歯科医療に携わっていない者は、単独を中心に色調を決定しようとしているものと思われた。ND5、 6 については、歯科医師と同様に、3 本のシェードガイドを比較することで、色調を判断している様子が認められた（図 11）。

5. 今後の展望

歯科診療において、歯科医師による視診・触診を通じた診断や、それらに基づいた処置方針の決定が行われる。しかし、治療方針や、治療内容の優先順位、使用機器や材料の決定は、経験に基づくいわゆる「暗黙知」であることも日常臨床ではいまなお多く認められ、言語化や教育による知識や技能の伝承を困難にしている。近年では、専門家の視点や判断過程を可視化し、客観的に記録・分析しようとする取り組みが他分野で行われるようになっている。本研究では、シェードテイキングの際、歯科医師が歯のどの箇所をどのような順番で注視しているかを、若手歯科医師と歯科医療に従事していない者に対し、アイトラッキング技術を用いてデータとして収集し定性的に分析した。歯科医療に従事していない者を患者とみなした場合、歯科医師と患者では、色合わせやホワイトニングの効果の確認の際、同じシェードガイドを見ているにも関わらず、

認識に差が生じている可能性があることを示唆している。さらに、本手法は、熟練者の臨床的思考プロセスや判断の手順を明らかにし、歯科治療や歯科教育における知識や技術の伝承に極めて有用であるものと考えられる。今後、研究対象者の追加、さらには、熟練歯科医師や歯科技工士のデータ収集を行い、 AI 技術等も応用し、色調決定の差が生ずる原因を定量的に解析していきたい。

引用文献

[1] Joiner A: A review of tooth color and whiteness, J Dent. 2008: 36 Suppl 1: S2-7.

[2] Shiomi S, et al.: Color variation of multilayered with different thickness, JJADD, 2019, 82.

[3] Joiner A, et al.: Tooth color and whiteness: A review, J Dent. 2017 Dec: 67S: S3-S10.

[4] Yasui Y, et al.: Relationship between preference and gaze in modified food using eye tracker J Prosthodont Res. 2019 Apr; 63(2): 210-215.

[5] Evaluation of the impact of orthodontists' smile with malocclusions on social media and professional credibility: Clin Oral Investig. 2024 Jan 4;28(1):74.

[6] GY Bhadila, et al. : Visual analysis of panoramic radiographs among pediatric dental residents using eye-tracking technology: A cross-sectional study, Children (Basel). 2023 Aug 29;10(9): 1476.

〔学会発表〕

田中美裕，若林一道，大住雅之，西山貴浩，西村正宏，光学特性を考慮した天然歯用新規白色度式の導出，日本歯科審美学会(2024 年 12 月 7,8 日)

〔外部資金〕

[1]データビリティフロンティア機構(IDS)学際共創プロジェクト 「アイトラッキングシステムを用いた歯の色調決定に対する視認行動の解析」，(代表)若林一道

謝辞

本研究を遂行するにあたり，ご協力いただいた SiB 株式会社様に感謝申し上げます.