# 光音響法を用いた不顕性う蝕イメージングシステムの構築

## Hidden-Dental Caries Detection Using a Photoacoustic Imaging System

東北大医工[1]，東京医科歯科大[2]　○(M2)小山 卓耶[1]，柿野 聡子[2]，松浦 祐司[1]
Tohoku Univ., Graduate School of Biomedical Engineering[1], Tokyo Medical and Dental Univ.[2],
°Takuya Koyama[1], Satoko Kakino[2], Yuji Matsuura[1]
E-mail: takuya.koyama.r2@dc.tohoku.ac.jp

### 1. はじめに

不顕性う蝕は，歯牙咬合面のエナメル質表面は健常に見えるが，内部ではエナメル質から象牙質まで侵襲が進んでいるう蝕のことである．このようなう蝕は，視診による診断が困難であるため，咬合面からの歯牙内部の非侵襲な診断方法が求められている．

光音響法は生体組織の比較的深部の構造イメージングが可能なため，おもに粘膜などの軟組織へのさまざまな適用が行われている．一方，硬組織である歯牙への適応も行われており，う蝕の検出も試みられている[1]．本研究では，可視光を光源とした光音響法を用い，不顕性う蝕のイメージングを試みた．また，臨床応用に向け中空光ファイババンドルを用いたイメージングシステムの構築を行ったので報告する．

### 2. う蝕モデルからの光音響波検出

不顕性う蝕のモデルとして，抜去後の健常な大臼歯を，歯髄腔からエナメル質と象牙質の境界まで穿孔し，そこにう蝕部とほぼ同等の吸収スペクトルを有する茶色の色素を注入したものを作製した．波長 532 nm のマイクロチップ YAG レーザ光（パルスエネルギー1 mJ，パルス幅 1.2 nsec）を光音響波の励起光として，歯牙の咬合面から入射した際の，健常部位と模擬う蝕部位から得られた光音響波形を Fig. 1 に示す．う蝕部位においては，およそ数 μsec から 30 μsec の範囲に高い周波数成分を含む波形が得られた．この時間波形をフーリエ変換した結果，う蝕部位においては 0.5~1.5 MHz 程度の周波数成分が発生していることが分かり，光音響波の周波数スペクトルを解析することで，不顕性う蝕の検出が可能であることが示された．

### 3. 中空光ファイバを用いたう蝕イメージング

臨床への応用を考慮し，Fig. 2 に示す中空光ファイバを用いた不顕性う蝕イメージングシステムの構築を行った．測定系においては，内径が 320 μm，長さが 40 cm の中空光ファイバ 91 本を六方最密格子状に束ねてバンドル化し，音響波励起レーザ光の照射に用いた．Fig. 3 に本システムを用いて不顕性う蝕モデルのイメージングを行った結果を示す．これは検出した光音響波の 0.5~1.5 MHz の強度の積分値をマッピングしたものであり，表面より 1 mm 程度深部に存在する疑似う蝕付近に，強度が高い部分が現れ，う蝕のイメージングに成功した．次に，実際の不顕性う蝕歯のイメージングを行った．Fig. 4 に用いたう蝕歯咬合面の可視像，X 線透視画像および光音響イメージング結果を示す．可視像ではう蝕は確認できないが，X 線透視画像からは表面のエナメル層と象牙質の境界付近にう蝕部位が暗部として確認できる．一方，光音響イメージング画像においても，う蝕が存在するとみられる咬合面裂溝部において，高強度の部分が現れ，実際の不顕性う蝕歯における本手法の有効性が実証できた．

今後は，複数の歯牙への適応をもとに個体差の考慮を行うとともに，感度およびコントラストの向上を目指す．

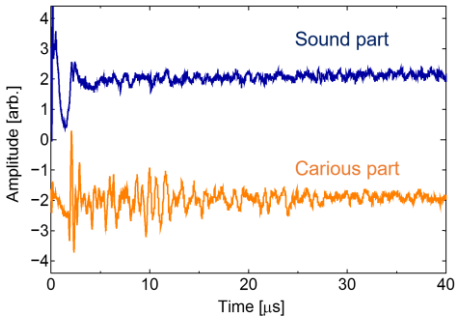



Fig. 1 Photoacoustic signals from tooth sample

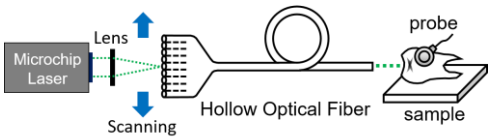
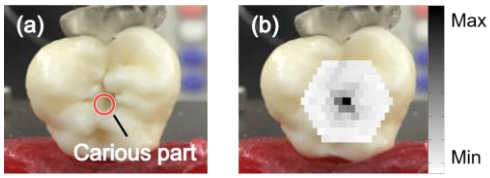
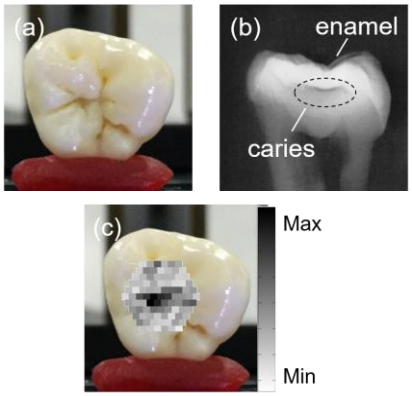



Fig. 2 Proposed imaging system using hollow optical fibers




(a) Occlusal surface　(b) PA image

Fig. 3 Imaging result of model tooth




(a) Occlusal surface　(b) X-ray image
(c) PA image

Fig. 4 Imaging result of actual carious tooth

### ＜参考文献＞

[1] R. Cheng, J. Shao, X. Gao, C. Tao, and X. Liu, Scienticfic Report **6**: 217998 (2016).

© 2017年 応用物理学会