

I 領域別超音波検査・診断・治療のトピックス

7. 運動器領域における 光超音波イメージングの現状と可能性

——微小血管を，非造影で，三次元かつダイナミックに 撮像できる新しい可視化技術

齊藤 晋 京都大学大学院医学研究科形成外科

光超音波イメージング（または光音響イメージング）は，皮下血管に光を照射し，熱膨張した赤血球から生じる高周波振動を超音波センサで探知する，新しい血管イメージング法である。造影剤を使用せず，かつ被ばくリスクもないため，次世代の無侵襲な画像診断機器として期待されている。主に皮膚，乳腺，頭頸部領域で臨床研究が行われている。

京都大学は，Luxonus社 (<https://www.luxonus.jp/>) とともに，光超音波イメージング機器の開発研究を行っている。特に，高難度皮弁手術の手術支援システムの開発や，バイオメカニクス研究における光超音波イメージングの有用性を探索してきた。本稿では，京都大学形成外科で得られた臨床研究の成果を紹介する。

光超音波イメージングの撮像原理

近年，基礎研究分野では，細胞や組織を標識せずに可視化する技術，ラベルフリーイメージングが普及している。光超音波イメージングは，血管を標識せずに可視化できるラベルフリーイメージング技術の一種である。光超音波イメージングにおいては，近赤外帯域のレーザー光を使用している。赤外線の中で可視光に近い帯域は，近赤外帯域と呼ばれ，生体内におけるヘモグロビンや水による吸収率が低いため，「生体の窓」と言われている。近赤外レーザー光が生体分

子に吸収されると，熱弾性によって超音波が発生する。これを光音響効果という。血管では，赤血球のヘモグロビンが膨張し放出される超音波を検出して，血管を画像化する。

光音響効果により血管から放出される超音波は四方八方に拡散する。単一のトランスデューサでは検出効率がきわめて悪いため，Luxonus社が開発する光超音波イメージング機器では，半球状カップに多数のトランスデューサが三次元空間的に配置されている（図1）。三次元空間的に配置することにより，複数の角度から超音波を検出できる。この三次元配置に加えて，カップ自体がらせん状に移動しながら撮像を行うことにより，解像度0.2mmの高精細三次元描出を可能とする。撮像可能深度は皮膚表面より30mm以上まで達するが，筋膜や腱膜などの比較的硬い線維性組織より深部にある血管については解像度が

低下する¹⁾。筋膜より深部の血管については，通常の超音波診断装置で十分に観察可能であるため，関心領域の深さにより画像診断モダリティを使い分ける必要がある。

光超音波イメージングの実際

京都大学では，形成外科以外に乳腺外科，皮膚科，整形外科など，多数の診療科が光超音波イメージングの利用可能性について探索を行ってきた。そのため，頭部を除くあらゆる体幹および四肢の生体部位の撮像を目的とし，ベッド内中央に撮像ユニットを埋め込んだ装置とした。被検者（患者）は撮像部位を下にしてベッド上に安静となり，レーザー光を遮断するサングラスを着用する。撮像ユニット全体も暗幕で覆い，安全性を担保する。レーザー照射については，

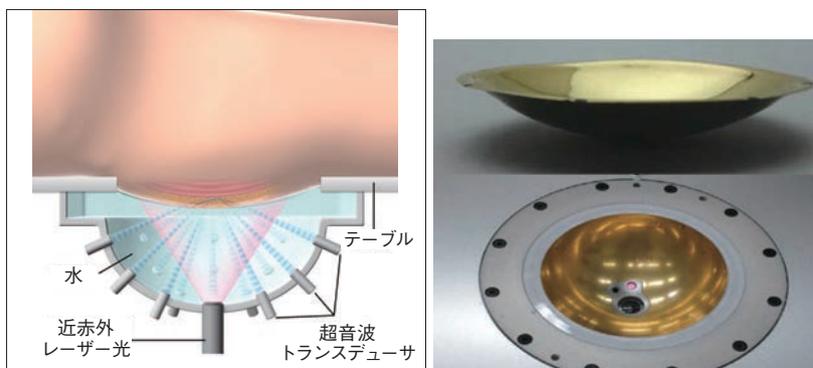


図1 近赤外レーザー光照射装置と半球状カップの超音波センサ
(参考文献1)より引用転載)