皮膚内の微小血管を非侵襲で可視化
～光超音波と超音波を同時に計測が可能に～

東北大学および株式会社アドバンテストの研究開発グループは、２波長の光超音波画像と超音波画像を同時に撮影できる、皮膚の「invivo イメージング技術」の開発に成功しました。

光超音波イメージング法は、生体に光を照射し、光のエネルギーを選択的に吸収した血液などから発生した超音波を測定することで、生体内部を画像化する手法です。従来の技術では困難な、皮膚内の微小血管の測定に適した新たな非侵襲イメージング手法として注目されています。

しかし、光超音波のみを使用するイメージング法では、皮膚内にある直径数十μｍ以下の微小血管を画像化しても、得られた血管像が皮膚内各層のどの領域にあるのか確認することができませんでした。また、複数波長の光源を用いることで血管の酸素飽和度も計測可能ですが、生体の動きで測定結果に影響するため、その利用は動物実験などの研究用途にとどまっていました。

今回、開発に成功した皮膚の invivo イメージング技術は、超音波を集束して検出する超音波センサーを用いることで光超音波と超音波を同一センサーで計測し、２つの波長を交互に照射することで発生する超音波を検出して生体浅部の微小血管網と血中酸素飽和度のイメージングが可能となりました（図１）。約４分間で深度２ｍｍ、６ｍｍ角範囲の画像データを取得できます。また、取得したデータを用いて、酸素飽和度のマッピング、光超音波画像と超音波画像を重ね合わせることも可能です。

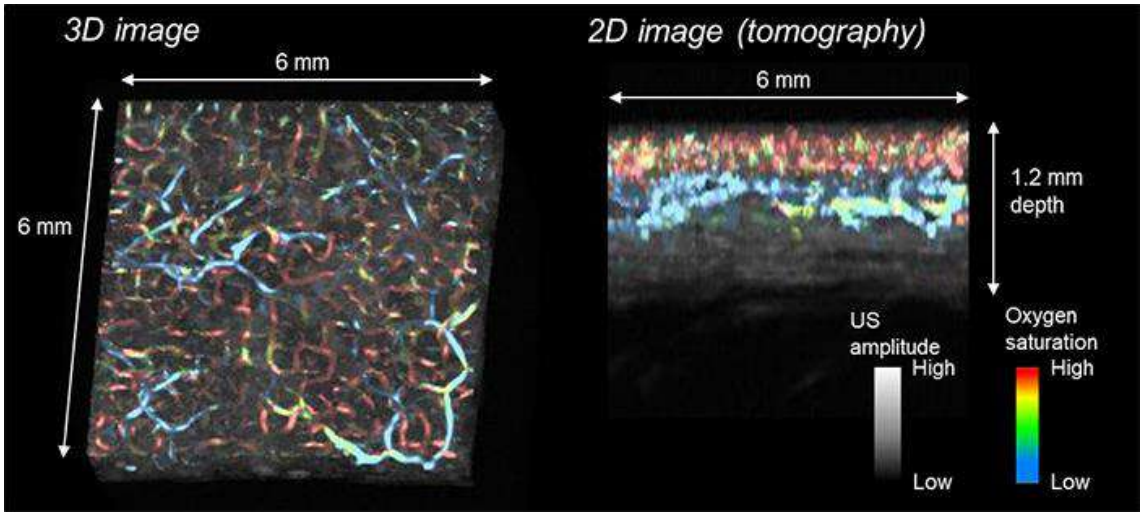

図１　前腕皮膚の測定例

血管の色が青いほど酸素飽和度が低く、赤いほど高い。

東北大学と（株）アドバンテストは、超音波センサーを小型化し、２波長の光超音波画像と超音波画像を同時に計測できる光超音波３Ｄイメージング技術の開発に成功しました。これにより、顔皮膚の血管やメラニンを非侵襲でイメージングすることが可能となり、美容領域への応用の道を拓くことができました。

これまで、数十μｍ以下の皮膚の微小血管や血液状態を計測する光超音波イメージングは、動物実験などの研究用途に留まっていました。また、得られた血管データが、皮膚内部のどの位置にあるのか確認することができませんでした。

高解像度の光超音波イメージング方式としては、集束型の超音波センサーで走査する方式を採用しました。集束型超音波センサーにすることで、血管などから発生する超音波を超音波センサー面に集束させて光超音波画像を取得でき（図２（左））、同センサーから超音波を集光して送信し反射した超音波を受信することで超音波画像を取得することが可能となります（図２（右））。また、レーザー光を照射する光学系と超音波センサーを一体化することで小型化し、複雑な形状の顔皮膚に超音波センサーを近づけることが可能となりました。

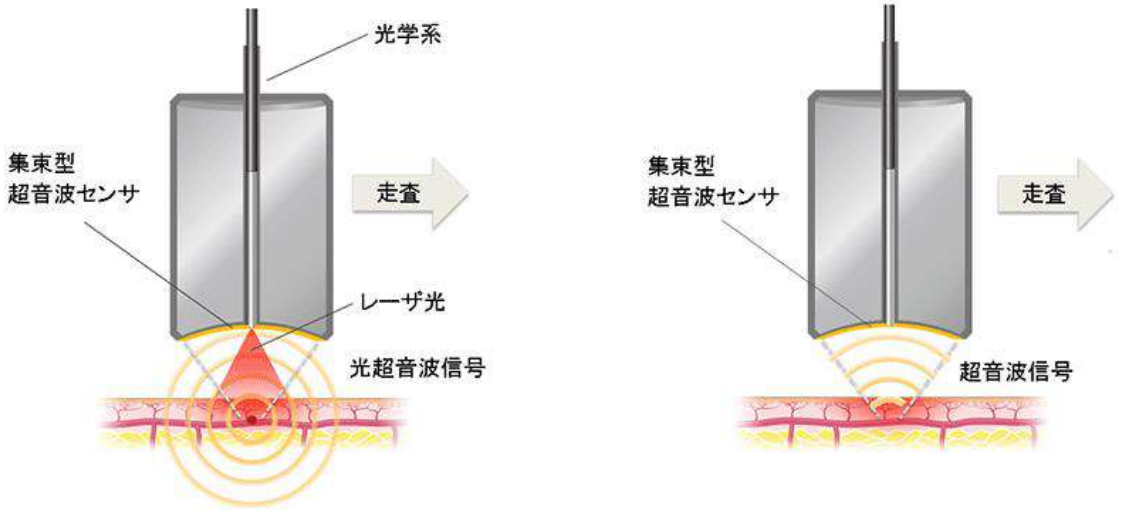

図２　集束型超音波センサーを用いた光超音波イメージング（左）と超音波イメージング（右）の原理図

本走査方式では、波長ごとに走査すると生体の動きや変化が測定結果に影響するため、１つの測定場所で２波長の光超音波イメージングおよび超音波イメージングを行ってからセンサーで走査する必要があります。この時間のロスを少なくするには、システムで２波長の光

源、超音波の送受信、センサーによる走査を同期させなくてはなりません。本システム（図３）では、専用の波長光源、超音波センサー、ＸＹステージを開発し、専用ボードで制御することで計測時間を短縮、深度 2mm、6mm 角を 15μｍステップで走査し約４分で測定できるようになりました。

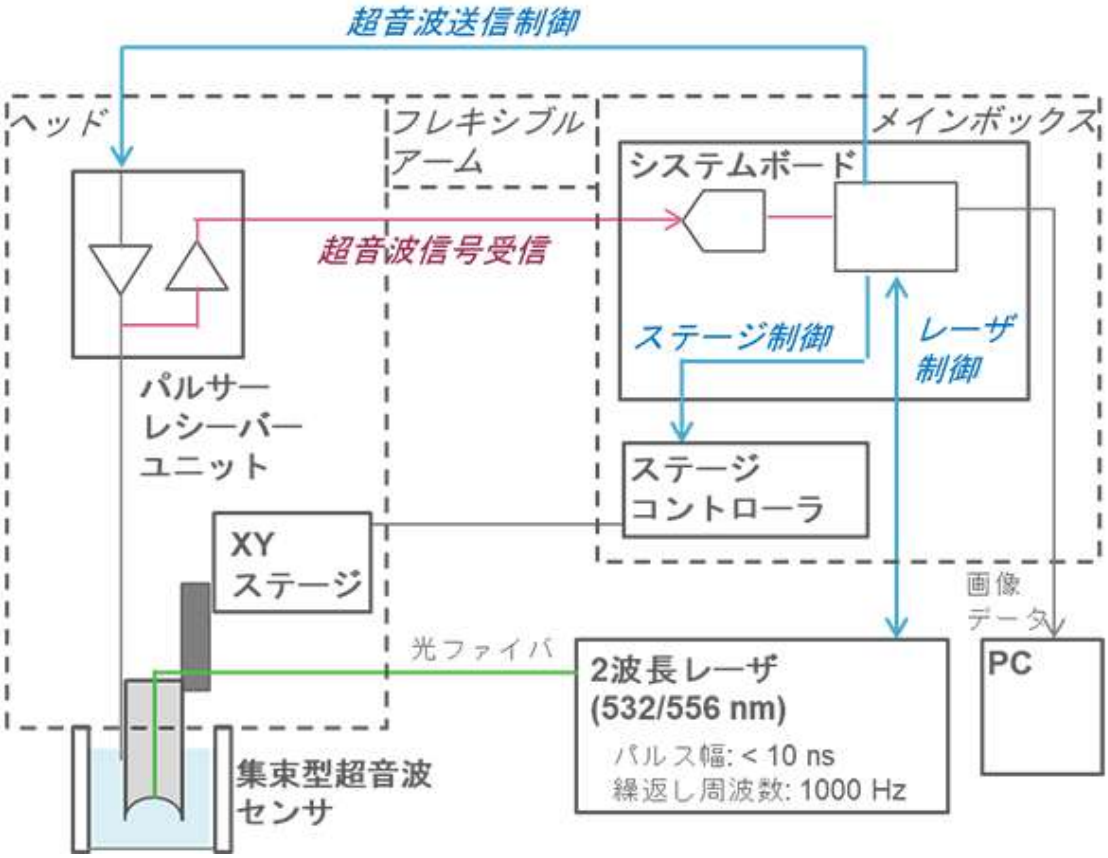

図３　開発したシステムのブロック図

２波長光源は、532ｎｍと 556ｎｍのパルス光を交互に照射可能であり、得られた光超音波信号の差分から酸素飽和度を求めることができます。また、超音波画像を光超音波画像と重ねることで、皮膚表面からの血管の深さ情報や、毛穴、皮脂腺などとの相関を調べることも可能となります。

生体（目または皮膚）に対するレーザーの安全基準として、最大許容露光量（Maximum Permissible Exposure、以下 MPE）が規定されています。本システムは皮膚の MPE を満足しており、顔の皮膚などの invivo イメージングが可能です。このように、従来得ることのできなかった皮膚血管網の酸素飽和度情報を光超音波画像と合わせて画像化することで、皮膚に関する新たな研究開発ツールや診断装置としての可能性が期待されます。今後、酸素飽和度計測の有効性について研究を進め、工業材料中の劣化や亀裂などを可視化し、非破壊計測への展開を進めています。