

B20200426_02_MIT

MIT、初のレーザー超音波人体画像生成

ほとんどの人にとって超音波による処置は比較的容易である。技術者が患者の皮膚にプローブを優しく押しつけると、プローブが生成する音波は、皮膚を透過し、筋肉、脂肪、他の柔らかい組織で跳ね回り、プローブに戻ってくる。プローブは、その波を検出し、下にある画像に変換する。

従来の超音波は、X線やCTスキャナのように患者を有害な照射に晒さない、またそれは一般に非侵襲的である。しかし、患者の身体と接触する必要がある。それ自体、状況によっては限界がある。臨床医は、プローブに耐えられない赤ん坊、やけどの患者あるいは、他の敏感な皮膚の患者などをイメージングしたいかもしれない。その上、超音波プローブの接触は、大きな画像変動を誘発し、これが現在の超音波イメージングの大きな課題となっている。

マサチューセッツ工科大学(MIT)のエンジニアは、従来の超音波の代替を考案した。これは、患者の内部を見るために身体に接触する必要がない。新しいレーザー超音波技術は、人体内部を遠隔で撮像するためにアイセーフ、皮膚に安全なレーザーシステムを活用している。患者の皮膚でトレーニングされると、一方のレーザーが遠隔で音波を生成し、これは身体を通して跳ね回る。第二のレーザーが遠隔で、反射波を検出する。研究者は、それを従来の超音波に似た画像に変換する。

Light: Science and Applications に発表された論文で、チームは、初めてのレーザー超音波人体画像生成を報告している。研究者は、複数のボランティアの前腕をスキャンし、皮下約6cmまでの筋肉、脂肪、骨などの一般的な組織特徴を観察した。これらの画像は、従来の超音波に匹敵するものであり、1/2メートル離れて遠隔からボランティアに集光したレーザーを利用して生成された。

医療イメージング用の非接触レーザー超音波の初期のコンセプトは、**Lincoln Laboratory** のプログラムが起源である。

近年、研究者は、光音響として知られる分野で超音波励起レーザーベースの方法を探求している。その考えでは、音波を直接人体に送る代わりに特殊波長にチューニングしたパルスレーザーの形で光を送り込む。それが皮膚に浸透して、血管に吸収される。

レーザーパルスで加熱されると直ぐに血管は、急速に拡大、次に身体によって急速に冷却

されて弛緩し元のサイズに戻る。再び次の光パルスを照射するだけである。結果としての機械的振動が音波を生成し、それが戻ってきて、皮膚に設置したトランスデューサで検出され、光音響画像に変換される。

光音響学はレーザを使って内部構造を遠隔プローブするが、その技術は、音波を取り出すには、まだ身体と直接接触するディテクタを必要とする。さらに、光は皮膚の内部まで非常に短い距離しか浸透しないで消えていく。その結果、他の研究者は、皮下の血管を撮像するために光音響学を使ったが、あまり深くない。

音波は、光よりも遙かに身体の奥に入り込むので、研究チームは、光ビームの光を皮膚表面で音波に変換する方法を探していた。身体のさらに深部を撮像するためである。

その研究をベースにして、チームは水による吸収が高い(目と皮膚に大きな安全マージンがある)1550nm レーザを選択した。皮膚は基本的に水で構成されているので、チームは、皮膚は効率的にこの光を吸収し、加熱し、それに応じて拡大すると考えた。皮膚が正常状態に振動してもどると、皮膚自体が音波を生成し、それが身体を伝搬する。

研究チームは、音波生成のために 1550nm パルスレーザを使いレーザセットアップでこの考えをテストした。また第二の連続波も同じ波長にチューニングし、反射された音波を遠隔で検出できるようにした。この第二のレーザは、高感度モーションディテクタであり、筋肉、脂肪、他の組織で跳びはねる音波によって生ずる皮膚表面の振動を計測する。反射音波によって生成される皮膚表面の動きが、レーザの周波数に変化を起し、それを計測することができる。レーザで身体を機械的にスキャンすることで研究者は、様々な位置でデータを取得し、その領域の画像を生成できる。

研究チームは、皮膚の水分含有量にかなり似たジェラチンモールドに埋め込んだ金属物体を撮像するために、初めてその新しいセットアップを利用した。チームは、商用超音波プローブを利用して同じジェラチンを撮像し、両方の画像が同じであることを確認し勇気づけられた。さらに、切除した動物の組織、この場合は豚の皮膚に移行し、ここではレーザ超音波が微妙な特徴、筋肉、脂肪、骨の間の境界など区別できることを確認した。

最後に、チームは、初めて人でレーザ超音波実験を実行した。これは **Use of Humans as Experimental Subjects** に基づく MIT Committee で承認された手順を用いた。何人かの健康なボランティアの前腕をスキャンした後、研究チームは、初の完全非接触レーザ超音波人体画像を生成した。脂肪、筋肉、組織境界は明確であり、商用の接触ベ

ース超音波プローブを使って生成した画像に匹敵するものである。

研究チームは、その技術の改善を計画しており、組織の精細特徴を解像するためにそのシステムの性能強化の方法を探している。将来、そのレーザセットアップを微小化することを研究チームは考えている。レーザ超音波が、ポータブルデバイスとして導入できるようにするためである。

Anthony は、「家庭で使えるシナリオを考えることができる」と言う。「朝起きたとき、わたしは甲状腺、あるいは動脈の画像を撮ることができ、自宅で体内の生理学的イメージングが可能になる。これを周囲環境に導入して、体内の理解を深めることができる」と話している。

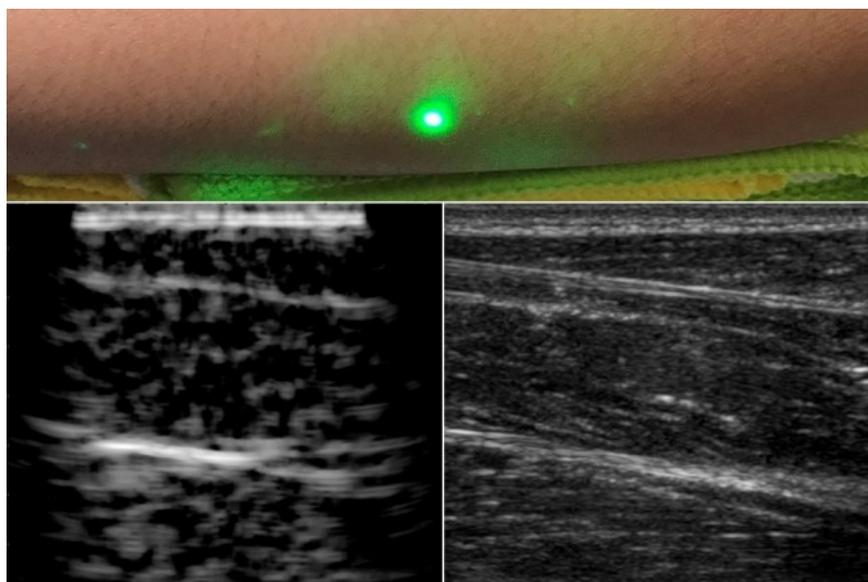


図1 新しい超音波技術はレーザを使って皮下の画像を生成する。従来の超音波プローブのように櫃に接触する必要はない。新しいレーザ超音波技術を使って人の前腕(上)の画像(左)を生成した。また、従来の超音波(右)を使って同じ前腕を撮像した。